



Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong:
Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience*
Architecture



Disusun Oleh:

Eko Wahyu Nur Lestianto
20512013

Dosen Pembimbing:

Dyah Hendrawati, S.T., M. Sc., GP
045120411

Program Studi Arsitektur
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

***Designing The Development Of The Major Port Of Sorong:
Application Of Multi-Hazard In Reselience Architecture
Approach***

Arranged By:

**Eko Wahyu Nur Lesttianto
20512013**

Supervisor:

**Dyah Hendrawati, S.T., M. Sc., GP
045120411**



Bachelor of Architecture
Faculty of Civil Engineering and Planning
University Islam of Indonesia



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

Lembar Pengesahan

Studio Akhir Desain Arsitektur yang Berjudul :
Final Architecture Design Studio Entitled :

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience Architecture*
Designing The Development Of The Major Port Of Sorong: Application Of Multi-Hazard In Resilience Architecture Approach

Nama Lengkap Mahasiswa : Eko Wahyu Nur Lestianto
Student's Full Name

Nomor Mahasiswa : 20512013
Students Identification Number

Telah diuji dan disetujui pada : Yogyakarta, 14 Februari 2025
Has been evaluated and agreed on
Yogyakarta, February 14th 2025

Pembimbing
Supervisor

Dyah Hendrawati, S.T., M.Sc., GP

Penguji 1
1st Jury

Supriyanta, Ir., M.Si

Penguji 2
2nd Jury

Dr. Ir. Arif Wismadi, M.Eng.

Diketahui Oleh / Acknowledged By
Ketua Program Studi S1 Arsitektur
Head of Undergraduate Program in Architecture



Ir. Hanif Budiman., M.T., Ph.D.



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

Lembar Catatan Dosen Pembimbing

Penilaian Buku Studio Akhir Desain Arsitektur :
Final Architecture Design Studio Book Assessment:

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience Architecture*
Designing The Development Of The Major Port Of Sorong: Application Of Multi-Hazard In Resilience Architecture Approach

Nama Lengkap Mahasiswa _____ :
Student's Full Name

Eko Wahyu Nur Lestianto

Nomor Mahasiswa _____ :
Student's Full Name

20512013

Kualitas Buku Studio Akhir Desain Arsitektur :
Final Architecture Design Studio Book Quality

Sedang*) Baik*) Sangat Baik*)

Sehingga,
Direkomendasikan / Tidak Direkomendasikan (*)
untuk menjadi acuan produk Studio Akhir Desain Arsitektur (*)
Dilingkari salah satu

Pembimbing
Supervisor

Dyah Hendrawati, S.T., M.Sc., GP

Lembar Pernyataan Keaslian

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Final Architecture Design Studio Book Assessment:

Nama Lengkap _____ :

Full Name

Eko Wahyu Nur Lestianto

Nomor Mahasiswa _____ :

Students Identification Number

20512013

Program Studi _____ :

Department

Sarjana Arsitektur

bachelor od Architecture

Judul Perancangan _____ :

Design Title

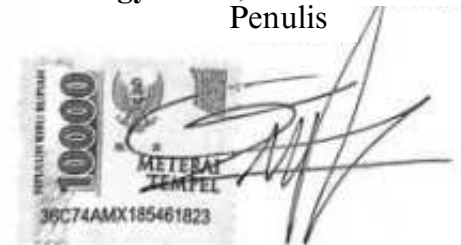
Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience Architecture*

***Designing The Development Of The Major POrt Of Sorong:
Application Of Multi-Hazard In Reselience Architecture
Approach***

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa seluruh bagian dari karya ini merupakan hasil karya saya sendiri. Jika terdapat kutipan yang berasal dari karya orang lain, kutipan tersebut telah dicantumkan sebagai referensi dengan sumber yang jelas. Dalam proses pembuatan karya ini tidak ada bantuan dari pihak lain baik sebagian ataupun keseluruhan dalam proses pembuatannya. Saya juga menyatakan bahwa tidak adanya konflik kepemilikan intelektual atas karya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat, hasil akhir sepenuhnya diserahkan kepada Jurusan Arsitektur Universitas Islam Indonesia untuk dapat digunakan bagi kepentingan pendidikan dan publikasi.

Yogyakarta, 14 Februari 2025
Penulis



Eko Wahyu Nur Lestianto

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabatnya yang telah memberikan syafa'at kepada umatnya. Berkat izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan Studio Akhir Desain Arsitektur (SADA) dengan judul "Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience Architecture*."

Dalam penyusunan tugas akhir sarjana ini, penulis menghadapi berbagai tantangan dan kendala. Namun, berkat bantuan, dukungan, serta masukan dari berbagai pihak, proses ini dapat dilalui dengan baik. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

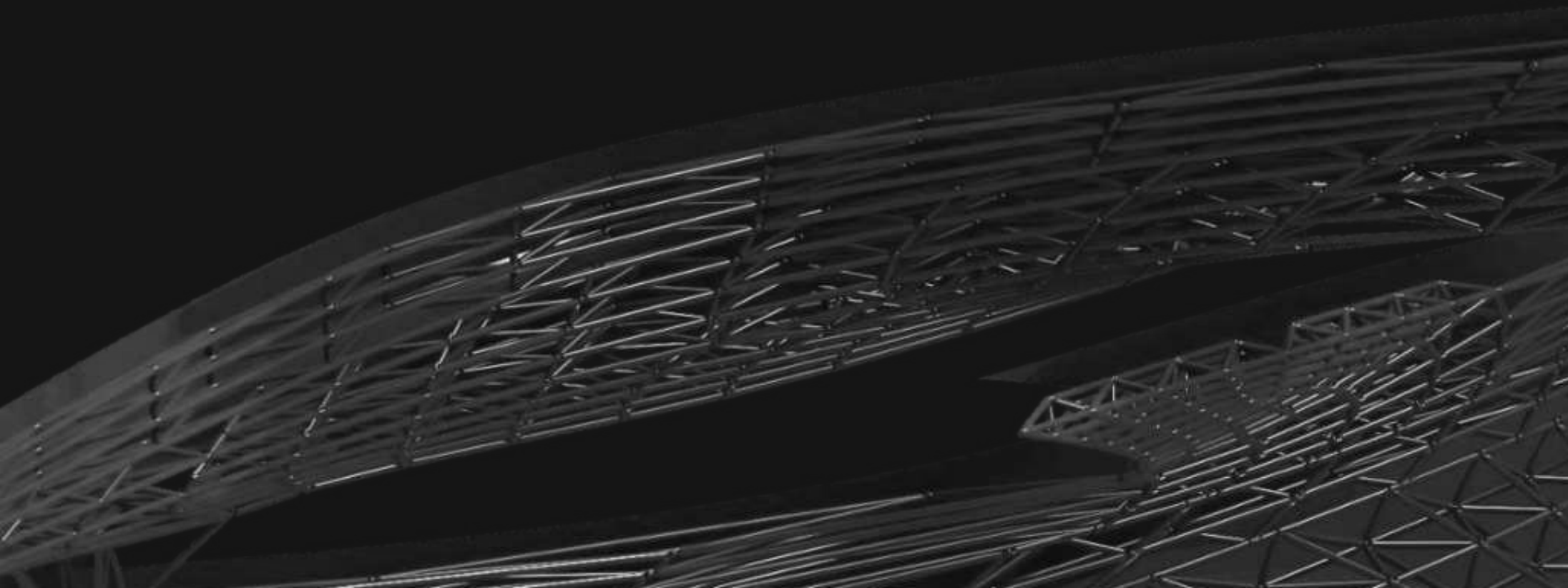
1. Kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kemudahan dan keberkahan dalam setiap proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Kepada kedua orang tua, Ibu Samtini dan Bapak Leles, yang senantiasa memberikan arahan, semangat, kasih sayang, serta dukungan tanpa batas, baik secara material maupun non-material.
3. Kepada Ibu Dyah Hendrawati, S.T., M.Sc., GP, selaku dosen pembimbing Studio Akhir Desain Arsitektur (SADA), yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, serta dorongan dalam setiap tahapan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan mendapatkan banyak pelajaran berharga.
4. Kepada Bapak Ir. Supriyanta, M.Si, selaku dosen penguji 1, atas kritik, saran, dan masukan konstruktif terhadap kajian dan konsep rancangan, sehingga dapat terus diperbaiki menjadi lebih baik.
5. Kepada Bapak Dr. Ir. Arif Wismadi, selaku dosen penguji 2, yang telah berbagi ilmu, memberikan saran, kritik, serta masukan teknis yang berharga dalam penyusunan tugas akhir ini, sehingga rancangan yang dihasilkan menjadi lebih matang.
6. Kepada Bapak Ir. Hanif Budiman, M.T., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Arsitektur Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan izin untuk penelitian ini. Juga kepada seluruh dosen, staf, serta panitia Studio Akhir Desain Arsitektur (SADA) yang telah membimbing dan mendukung selama proses berlangsung.
7. Kepada Khoirunnisa, atas segala dukungan emosional serta bantuan materil yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan ini.
8. Kepada seluruh teman-teman SUGASTON dan BADMIN ARSI 20, atas kebersamaan, saling membantu, menyemangati, berdiskusi, serta berbagi cerita sepanjang perjalanan akademik ini.
9. Kepada Abrar, Gusti, Habib, Alifa, Dininda, Amay, Raihan, Piscal serta seluruh teman-teman di Program Studi Arsitektur angkatan 2020, atas segala dukungan, dedikasi, serta kebersamaannya dalam berbagi ilmu, pengalaman, dan cerita selama menghadapi Studio Akhir Desain Arsitektur (SADA). Mohon maaf jika tidak dapat menyebutkan satu per satu.

Atas segala dedikasi dan bantuan yang telah diberikan, semoga mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa karya ini jauh dari kata sempurna. Namun, penulis berharap hasil karya Studio Akhir Desain (SADA) ini dapat dijadikan sebagai refleksi agar kita sebagai perancang lebih sadar terkait dengan mitigasi bencana yang mungkin akan terjadi dan menanganinya sedini mungkin.

Terima kasih.
Eko Wahyu Nur Lestianto

ABSTRAK

Mengingat potensi risiko multi-hazard di kawasan Sorong yang terletak di sepanjang garis pantai, termasuk risiko gempa bumi dan tsunami, perancangan sebuah Pelabuhan Utama dengan pendekatan *resilience architecture* menjadi sangat penting. Perancangan ini bertujuan untuk menciptakan infrastruktur transportasi laut yang mampu bertahan dan pulih dengan cepat dari bencana, memfasilitasi distribusi bantuan, dan mendukung evakuasi massal dengan efisien. Pelabuhan ini harus dirancang untuk bertahan dalam empat tahap penting: dalam fase persiapan (1), selama fase tanggap darurat (2), selama fase pemulihan (3), dan dalam langkah mitigasi (4). Selain itu, pelabuhan ini harus menggabungkan teknologi canggih, material tahan bencana, dan tata ruang yang fleksibel untuk menjamin kontinuitas operasional dan keselamatan pengguna, bahkan dalam situasi darurat sekalipun.



BAB 1

Bagian Pendahuluan

1.1 Kota Sorong.....	05
1.1.1 Komoditas Unggulan dan Pariwisata Kota Sorong.....	05
1.1.2 Kontribusi Sumber Daya Alam Terhadap Peningkatan PDRB Kota Sorong dan Papua Barat.....	06
1.1.3 Potensi Geografis Kota Sorong.....	06
1.2 Program Tol Laut Indonesia	07
1.3 Jalur Tol Laut Sorong.....	07
1.3.1 Pembangunan Pelabuhan Sorong Menuju Tol Laut.....	08
1.3.2 Pelabuhan Sorong sebagai Titik Konsolidasi di Tanah Papua.....	09
1.3.3 Pelabuhan Sorong sebagai Hub di Tanah Papua.....	10
1.3.4 Potensi <i>Multi-Hazard</i>	10
1.4 Potensi <i>Multi-Hazard</i> di Indonesia.....	11
1.4.1 Potensi Bencana Geologis (Gempa & Tsunami).....	11
1.4.1.1 Kompleksitas Geologi di Wilayah Timur Indonesia.....	11
1.4.1.2 Segmentasi dan Potensi Seismik Sesar Indonesia.....	12
1.4.1.3 Struktur Geologi Zona Sesar Sorong.....	12
1.5 Urgensi Perancangan.....	13
1.6 <i>Resilience Architecture</i>	14
1.7 Rumusan Permasalahan.....	15
1.8 Metode Perancangan.....	16
1.9 Kerangka Berpikir.....	17
1.10 Limitasi Perancangan.....	18

BAB 2

Bagian Penelusuran Persoalan Perancangan Dan Pemecahannya

2.1. Tata Ruang Kota Sorong	23
2.1.1 Regulasi Tata Ruang Kota Sorong	25
2.2. Kepelabuhanan	27
2.2.1 Definisi Pelabuhan	28
2.2.2 Kegiatan Pelabuhan.....	28
2.2.3 Peran Pelabuhan.....	29
2.2.4 Fungsi Pelabuhan.....	29
2.2.5 Jenis Pelabuhan.....	31
2.2.6 Hirarki Pelabuhan.....	33
2.2.7 Otoritas Pelabuhan.....	35
2.2.8 Badan Hukum Pelabuhan.....	37
2.3. Rencana Pengembangan Pelabuhan Utama Sorong.....	38
2.3.1 Skema Alur Pelayanan Kapal.....	39
2.3.2 Pelayanan Kapal.....	41
2.3.3 Kinerja Pelabuhan Utama Sorong.....	42
2.3.4 Fasilitas Pokok Pelabuhan.....	43
2.3.4.1 Terminal.....	43
2.3.4.1.1 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Jalan.....	45
2.3.4.1.2 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Laut.....	49
2.3.4.2 Lapangan Penumpukan.....	51
2.3.4.3 Alur Pelayanan.....	53
2.3.4.4 Kolam Pelabuhan.....	55
2.3.4.5 Dermaga.....	56
2.3.4.6 Tambatan Dermaga.....	57

2.3.4.7 Breakwater.....	58
2.3.5 Pelabuhan Utama Sorong dan Potensi <i>Multi-Hazard</i>	59
2.4. Potensi <i>Multi-Hazard</i> di Indonesia.....	60
2.4.1 <i>Building Resilience Index</i> (BRI).....	61
2.4.1.1 Kriteria Penilaian BRI.....	62
2.4.1.2 BRI Tools.....	62
2.4.2 Geosismik.....	63
2.4.2.1 Gempa Bumi.....	63
2.4.2.2 Subsiden.....	63
2.4.2.3 Longsor.....	63
2.4.3 Hidrometeorologi.....	65
2.4.3.1 Banjir.....	65
2.4.3.2 Banjir Pesisir.....	65
2.4.3.3 Tsunami.....	65
2.4.4 Badai Angin.....	69
2.4.4.1 Badai (<i>Cyclone, Typhoon, Hurricane</i>).....	69
2.4.4.1 <i>Tornado</i>	69
2.4.4.1 <i>Downburst</i>	70
2.4.5 Kebakaran.....	71
2.4.5.1 Kebakaran Hutan.....	71
2.4.5.2 Kebakaran Lokal.....	71
2.5. <i>Resilience Architecture</i>	75
2.5.1 Dasar <i>Resilience Architecture</i>	75
2.5.2 Prinsip Inti <i>Resilience Architecture</i>	75
2.5.3 Merancang untuk Bencana dengan <i>Resilience Architecture</i>	76
2.5.4 Fase Bencana dalam <i>Resilience Architecture</i>	76
2.5.5 Capaian Perancangan dalam Fase Bencana dalam <i>Resilience Architecture</i>	77
2.5.6 Manajemen Bencana pada Perancangan dalam <i>Resilience Architecture</i>	79
2.6. Kajian Preseden dan Penelitian.....	81
2.6.1 <i>New main building of the Institute of Technology, Shimizu Corporation</i>	81
2.6.1.1 Sistem Struktur.....	81
2.6.1.2 Base Isolator.....	82
2.6.1.3 Hasil Simulasi.....	82
2.6.1.4 Analisis Dinamik <i>Time History</i> Sistem Isolasi Antar Tingkat pada Bangunan dengan Penempatan Sistem Isolasi yang Berbeda.....	82
2.6.2 <i>Raft Structure + Spun Pile Structure</i>	83
2.6.2.1 Sistem Struktur Pada Tanah Reklamasi.....	84
2.6.3 <i>AD Classics: Yokohama International Passenger Terminal Foreign Office Architecture (FOA)</i>	85
2.6.3.1 Konsep Desain.....	87
2.6.3.2 Konsep Sirkulasi.....	88
2.6.3.3 Hubungan dengan Lingkungan.....	88
2.6.3.4 Fasilitas dan Penggunaan.....	88
2.6.3.5 Kelebihan dan Keuntungan dari Pendekatan.....	88
2.6.3.6 Kekurangan dan Hambatan dari Pendekatan.....	88
2.6.3.7 Konsep Bentuk Bangunan.....	89
2.6.3.8 Struktur Pondasi.....	90
2.6.3.9 Detail Bangunan.....	91
2.6.3.10 Ruang Fleksibel.....	92
2.6.3.11 Program Ruang.....	93
2.6.4 Gambaran Umum Permasalahan dan Hipotesis Permasalahan Awal.....	95
2.6.5 Skematik Penyelesaian Hipotesis Permasalahan Awal.....	99

BAB 4

Bagian Pengembangan Perancangan

4.1 <i>Building Resilience Project Rating</i>	153
4.1.1 Geosismik.....	153
4.1.2 Hidrometeorologi.....	155
4.1.3 Badai Angin.....	157
4.1.4 Kebakaran.....	158
4.1.5 <i>Building Resilience Project Rating Result</i>	160
4.2 Transformasi Massa.....	161
4.2.1 Zona.....	161
4.2.2 Orientasi dan Vista.....	162
4.2.3 <i>Resilience Approach</i>	163
4.2.4 Gubahan Massa.....	164
4.2.5 Design Development.....	166
4.3 Rancangan Kawasan Tapak.....	167
4.3.1 Block Plan.....	167
4.3.2 Site Plan.....	169
4.4 Operasional Pelabuhan dan Fungsi Evakuasi.....	171
4.4.1 <i>Basement</i>	171
4.4.2 <i>GroundFloor</i>	172
4.4.3 Lantai 1.....	173
4.4.4 Lantai 2.....	174
4.4.5 Lantai 3.....	175
4.4.6 Lantai 4.....	176
4.4.7 Lantai 5.....	177
4.5 Desain Selubung dan Responnya.....	177
4.5.1 Elevasi.....	177
4.5.2 Potongan Kawasan.....	179
4.6 Exploded.....	182
4.6.1 Skema Struktur.....	182
4.6.2 Detail Parsial Struktur.....	183
4.6.2.1 Shear Wall dan H Beam.....	184
4.7 Lansekap.....	185
4.8 Transportasi Vertikal	189
4.8.1 Skema Evakuasi.....	191
4.8.2 Scissor Lift.....	191
4.9 Desain Atap dan Selubung Bangunan.....	193
4.9.1 Desain Atap Aerodinamis.....	193
4.9.2 Atap dan Selubung Terintegrasi.....	193
4.10 Visualisasi Perancangan.....	195

Daftar Pustaka

Daftar Pustaka.....	247
---------------------	-----

Daftar Gambar

1.1 Lokasi Perancangan.....	04
1.2 Rancangan Arsitektur Tol Laut Indonesia.....	07
1.3 Tol Laut Jokowi.....	08
1.4 <i>View Towards The Sea</i>	09
1.5 Peta Sumber Gempa Indonesia.....	11
1.6 Sebagian Zona Sesar Sorong.....	12
1.7 Kepala BPBD Kota Sorong Herlin Sasabone.....	12
1.8 <i>Children Of Papua</i>	13
1.9 Limitasi Perancangan.....	18
2.1 Tata Ruang Kota Sorong.....	23
2.2 Sarana dan Prasarana Lokasi Perancangan.....	26
2.3 Skema Alur Pelayanan Kapal.....	40
2.4 Terminal Petikemas.....	43
2.5 Terminal Penumpang.....	43
2.6 Terminal Konvensional.....	44
2.7 Terminal Kendaraan.....	44
2.8 Skema Alur di Lapangan Penumpukan.....	52
2.9 Alur Pelayaran.....	53
2.10 Pelampung Suar.....	53
2.11 Alur Pelayaran <i>semi-restricted</i> dan <i>fully restricted</i>	53
2.12 Alur Pelayaran satu jalur dan dua jalur.....	54
2.13 Lengkung Alur Pelayaran.....	54
2.14 Konstruksi Dermaga.....	56
2.15 <i>BRI Guideline Book</i>	60
2.16 <i>Rating Levels</i>	61
2.17 Sistem Parameter.....	61
2.18 Tampilan Website BRI Tools.....	62
2.19 Identifikasi Distribusi Gempa Terhadap Magnitude.....	63
2.20 List Mitigasi untuk Bencana Gempa.....	63
2.21 Klasifikasi Bahaya Bencana Hidrometeorologi.....	65
2.22 List Mitigasi untuk Bencana Air.....	66
2.23 Klasifikasi Bahaya Badai Angin.....	69
2.24 Ringkasan Klasifikasi Siklon Tropis yang Digunakan Oleh Pusat Peringatan Resmi di Seluruh Dunia.....	69
2.25 List Mitigasi untuk Bencana Bada Angin.....	70
2.26 Waktu yang Diperlukan untuk Mempertahankan Integritas Struktural terhadap Bahaya Kebakaran.....	71
2.27 List Mitigasi untuk Bencana Kebakaran.....	72
2.28 Shimizu Corporation.....	81
2.29 Penerapan <i>Raft Structure + Spum Pile Structure</i>	83
2.30 <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	85
2.31 Dokumentasi <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	86
2.32 Gambar Teknis <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	86
2.33 Konsep <i>No Return Circulation</i>	88
2.34 Konteks Lingkungan <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	89
2.35 Konsep Bentuk <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	89
2.36 Struktur <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	90
2.37 Pencahayaan Alami <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	91
2.38 Ruang Fleksibel <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	92
2.39 Program Ruang <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	93
2.40 Tata Ruang <i>Yokohama International Passenger Terminal</i>	94

3.1 Pergerakan Tsunami.....	103
3.2 Batimetri.....	104
3.3 Pergerakan Matahari.....	105
3.4 Pergerakan Ombak.....	106
3.5 Program Ruang Pengangkutan.....	116
3.6 Program Ruang Pengelolaan.....	118
3.7 Program Ruang Penunjang.....	120
3.8 Program Ruang Kesehatan.....	122
3.9 Program Ruang Penumpukan dan Dermaga.....	124
3.10 Matriks Program Ruang Zona Pengangkutan.....	125
3.11 Matriks Program Ruang Zona Pengelolaan.....	126
3.12 Matriks Program Ruang Zona Penunjang.....	126
3.13 Matriks Program Ruang Zona Kesehatan.....	126
3.14 Matriks Program Ruang Zona Sirkulasi.....	126
3.15 Matriks Program Ruang Zona Penumpukan.....	127
3.16 Matriks Program Ruang Zona Sabuk Hijau.....	127
3.17 Matriks Program Ruang.....	127
3.18 Rekonsiliasi Zoning Ruang.....	128
3.19 Zoning Ruang.....	129
3.20 Indikator Keselamatan Bangunan Tsunami.....	131
3.21 Indikator Keselamatan Bangunan Gempa Bumi.....	133
3.22 Indikator Keselamatan Bangunan Badai Angin.....	135
3.23 Indikator Keselamatan Bangunan Kebakaran Lokal.....	137
3.24 Gubahan Massa 1.....	139
3.25 Simulasi Gubahan Massa 1.....	140
3.26 Gubahan Massa 2.....	141
3.27 Simulasi Gubahan Massa 2.....	142
3.28 Gubahan Massa 3.....	143
3.29 Simulasi Gubahan Massa 3.....	144
3.30 Gubahan Massa 4.....	145
3.31 Simulasi Gubahan Massa 4.....	146
3.32 Atap <i>Static Pressure</i>	147
3.33 Aerodinamis Selubung.....	147
3.34 Radiasi Matahari.....	148
3.35 Radiasi Matahari Tanpa <i>Skylight</i>	148
3.36 Radiasi Matahari Dengan <i>Skylight</i>	148
3.37 <i>Breakwater</i> dan Vegetasi.....	149
3.38 Penataan Lanskap Mendukung Sirkulasi.....	150
3.39 <i>Super Impose Barrier</i>	150
4.1 Siluet Pelabuhan Utama Sorong.....	154
4.2 Siluet Pelabuhan Utama Sorong.....	156
4.3 Siluet Pelabuhan Utama Sorong.....	159
4.4 <i>Building Resilience Project Rating Result</i>	160
4.5 <i>Project Location</i>	160
4.6 Zona Massa.....	161
4.7 Orientasi dan Vista.....	162
4.8 <i>Resilience Approach</i>	163
4.9 Gubahan Massa.....	164
4.10 <i>Design Development</i>	165
4.11 <i>Block Plan</i>	168
4.12 <i>Site Plan</i>	170

4.13 Basement.....	171
4.14 GroundFloor.....	172
4.15 Denah Lantai 1.....	173
4.16 Denah Lantai 2.....	174
4.17 Denah Lantai 3.....	175
4.18 Denah Lantai 4.....	176
4.19 Denah Lantai 5.....	177
4.20 Tampak Sisi Belakang - Vista Laut.....	178
4.21 Tampak Sisi Depan - Vista Darat.....	178
4.22 Tampak Sisi Kiri - Vista Laut.....	178
4.23 Tampak Sisi Kanan - Vista Darat.....	178
4.24 Potongan Kawasan C-C.....	179
4.25 Potongan Kawasan D-D.....	179
4.26 Potongan Kawasan E-E.....	179
4.27 Potongan Kawasan A-A.....	180
4.28 Potongan Kawasan B-B.....	180
4.29 Exploded Struktur.....	181
4.30 Skema Struktur.....	182
4.31 Detail Parsial Struktur.....	183
4.32 Parsial Struktur.....	184
4.33 Detail Parsial Bangunan.....	184
4.34 Shear Wall dan H Beam.....	184
4.35 Detail Shear Wall dan H Beam.....	184
4.36 Lansekap.....	185
4.37 Lansekap Menghalau Gelombang.....	186
4.38 Lansekap Mereduksi Gelombang.....	185
4.39 Potongan Lansekap A-A.....	185
4.40 Detail Lansekap B.....	186
4.41 Detail Lansekap A.....	187
4.42 Dinding Pemecah Ombak.....	197
4.43 Desain Lansekap yang Terintegrasi Sebagai Sirkulasi dan Proteksi.....	187
4.44 Pohon Pinus.....	188
4.45 Skema Evakuasi.....	190
4.46 Potongan Scissor Lift.....	191
4.47 Scissor Lift.....	192
4.48 Scissor Lift Sebagai Efisiensi Dalam Operasional.....	192
4.49 Desain Atap Aerodinamis.....	193
4.50 Atap dan Selubung Terintegrasi.....	193
4.51 Ball Joint - Oktaplat.....	194
4.52 Detail Ball Joint - Oktaplat.....	194
4.53 Perspektif Eksterior - Vista Darat.....	195
4.54 Perspektif Eksterior - Vista Darat.....	197
4.55 Perspektif Eksterior - Vista Darat.....	199
4.56 Perspektif Eksterior - Vista Darat.....	199
4.57 Perspektif Eksterior - Vista Darat.....	199
4.58 Perspektif Eksterior - Vista Laut.....	201
4.59 Perspektif Eksterior - Vista Laut.....	203
4.60 Ruang Tunggu 1.....	205
4.61 Ruang Tunggu 1.....	207
4.62 Ruang Tunggu 2.....	209
4.63 Ruang Tunggu 3.....	211
4.64 Ruang Tunggu 3.....	213

4.65 Ruang Kesehatan Pelabuhan.....	
4.66 Ruang Kesehatan Pelabuhan.....	
4.67 Skema Ruang Kantor Menjadi Ruang Evakuasi.....	
4.68 Skema Ruang Evakuasi 1.....	
4.69 Skema Ruang Evakuasi 2.....	
4.70 Ruang Kantor Pengelola.....	
4.71 Skema Ruang Evakuasi 1.....	
4.72 Skema Ruang Evakuasi 2.....	
4.73 Ruang Restoran.....	

5.1 Skema Penyelesaian Pemborosan Ruang.....	
5.2 Skema Penyelesaian Aksesibilitas Kendaraan.....	
5.3 Skema Penyelesaian Aksesibilitas Penumpang.....	
5.4 Skema Akses Tangga Darurat.....	
5.5 Skema Sirkulasi Penumpang.....	
5.6 Skema Scissor Lift.....	
5.7 Pembagian Zona pada Lantai 2.....	

Daftar Tabel

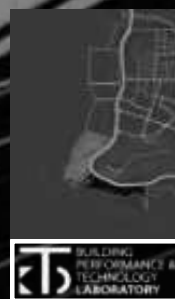
1.1 Rumusan Masalah.....	15
1.2 Kerangka Berpikir.....	17
1.3 <i>State Of The Art</i>	20
2.1 Jenis Pelabuhan.....	31
2.2 Hirarki Pelabuhan.....	33
2.3 Badan Hukum Pelabuhan.....	37
2.4 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Jalan.....	45
2.5 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Laut.....	49
2.6 Karakteristik Kapal.....	58
2.7 Rangkuman Kategori dan Sub Kategori <i>Multi-Hazard</i>	62
2.8 Mitigasi untuk Bencana Gempa.....	64
2.9 Mitigasi untuk Bencana Air.....	66
2.10 Mitigasi untuk Bencana Badai Angin.....	70
2.11 Mitigasi untuk Bencana Kebakaran.....	72
2.12 Capaian Perancangan dalam Fase Bencana dalam <i>Resilience Architecture</i>	77
2.13 Empat Fase dalam Manajemen Bencana Alam.....	79
2.14 Aktivitas Pada Tahap Mitigasi.....	79
2.15 Aktivitas Pelabuhan Pada Tahap Persiapan.....	80
2.16 Aktivitas Pelabuhan Pada Tahap Respon.....	80
2.17 Aktivitas Pelabuhan Pada Tahap Pemulihan.....	80
2.18 <i>Design Seismic Input Motions</i>	82
2.19 Gambaran Umum Permasalahan dan Hipotesis Permasalahan Awal.....	95
2.20 Skema Hipotesis Permasalahan Awal.....	99
3.1 <i>Property Size</i> Kelompok Kegiatan Utama.....	107
3.2 <i>Property Size</i> Kelompok Kegiatan Penunjang.....	108
3.3 <i>Property Size</i> Kelompok Kegiatan Pengelola.....	110
4.1 <i>Building Resilience Project Rating</i> Geoseismik.....	153
4.2 <i>Building Resilience Project Rating</i> Hidrometeorologi.....	155
4.3 <i>Building Resilience Project Rating</i> Badai Angin.....	157
4.4 <i>Building Resilience Project Rating</i> Kebakaran.....	158

BAB 1

Bagian Pendahuluan

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience* *Architecture*

“Kota sorong adalah kota yang hanya bisa diakses melalui jalur laut dan udara. Jalan darat yang menghubungkan antara kota Sorong dan kota besar lainnya seperti Manokwari, Fakfak dan Bintuni belum dapat digunakan untuk perpindahan logistik dan membutuhkan kendaraan khusus.”
BPK Papua Barat





46FV+P7C, Jl. Yos. Sudarso, Kampung Baru, Distrik Sorong, Kota Sorong, Papua Barat Daya



Gambar 1.1 Lokasi Perancangan
Sumber: Perancang (2024)

Ibu Kota Provinsi Papua Barat Daya, Sorong dikenal sebagai Kota Minyak karena aktivitas pengeboran minyak bumi yang dimulai oleh *Nederlands Nieuw-Guinea Petroleum Maatschappij* (NNGPM) pada tahun 1935.

1.1 Kota Sorong

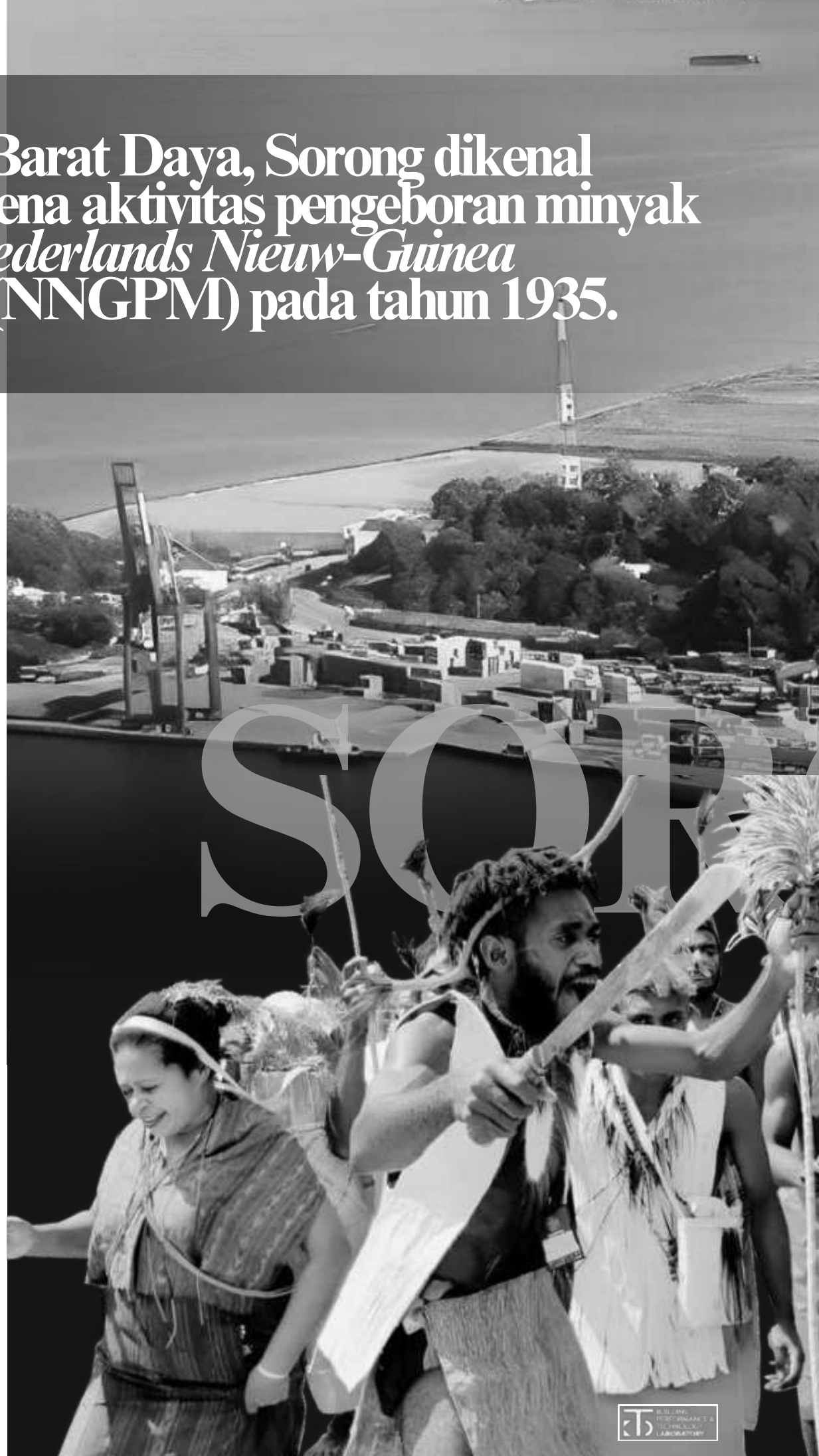
Pembentukan dan penyelenggaraan Pemerintahan Kota Sorong, sejak Pemerintahan Belanda sampai ke Pemerintahan Republik Indonesia, telah terjadi perubahan signifikan dalam implementasi roda pemerintahan. Kilas balik penyelenggaraan Pemerintahan Daerah dimasa lalu dan masa depan, sebagai berikut:

Pemerintah Sorong awal mulanya dibentuk oleh Sultan Tidore guna perluasan wilayah kesultanan dengan diangkat 4 (empat) orang raja yang disebut Kalano Muraha atau Raja Ampat. Keempat raja adalah Raja Fan Gering, Raja Fan Malaba, Raja Fan Mastarai dan Raja Fan Malanso yang diangkat sesuai dengan 4 pulau besar yang tersebar dari gugusan pulau –pulau raja empat yakni Waigeo, Missol, Salawati dan Batanta. Selain mengangkat raja – raja, pemberian nama pangkat dan jabatan pun diberikan oleh Kesultanan Tidore seperti Sangaji (bidang pemerintahan), Kapiten Laut dan Mayor (bidang keamanan), Marinyo (bidang keagamaan) dan sebagainya.

(PEMKOT & PEMKAB Sorong,2022)

1.1.1 Komoditas Unggulan dan Pariwisata Kota Sorong

Kota Sorong memiliki sejumlah komoditas unggulan di berbagai sektor, termasuk pertanian, perkebunan, kelautan, perikanan, kehutanan, perhubungan, dan jasa. Di sektor perkebunan, komoditas utamanya adalah kakao, kelapa, dan cengkih. Kota Sorong juga terkenal dengan pariwisata alam, adat, dan budaya. Selain itu, Kota Sorong menjadi pusat transaksi jual beli hasil laut, hutan, pertanian, perkebunan, serta jasa angkutan umum dan pariwisata.





1.1.2 Kontribusi Sumber Daya Alam Terhadap Peningkatan PDRB Kota Sorong dan Papua Barat

Sumber daya alam dari kabupaten-kabupaten sekitar Kota Sorong, termasuk ikan laut dari nelayan di Raja Ampat, Fak-Fak, Sorong Selatan, Sorong, Tambrau, dan Manokwari, diangkut dan diperdagangkan di berbagai daerah sekitar Kota Sorong. Produksi ikan laut ini kemudian dijual di berbagai kabupaten dan kota sekitar Kota Sorong. Pada tahun 2018, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Sorong mencapai sekitar Rp 15,1 triliun, yang menunjukkan peningkatan setiap tahun dan berkontribusi terhadap PDRB Provinsi Papua Barat (KEMENKEU RI, 2018).

1.1.3 Potensi Geografis Kota Sorong

Sorong memiliki lokasi strategis sebagai pintu masuk dan transit. Selain itu, kota ini merupakan pusat industri, perdagangan, dan jasa, berkat dikelilingi oleh kabupaten dengan sumber daya alam yang melimpah, sehingga menarik minat investor domestik dan internasional. Sorong mencakup area seluas 1.105 km², yang merupakan sekitar 1,13% dari total luas wilayah Papua Barat, dan terletak pada ketinggian 3 meter di atas permukaan laut meliputi pegunungan, lereng, bukit-bukit, serta dataran rendah (PEMPROV Papua Barat BPD, 2016).



Jalur perpindahan orang dan khususnya distribusi barang dari dan ke Kota Sorong mengandalkan jalur laut (Pelabuhan Sorong) dan jalur udara (Bandara Domine Edouard Osok).

Kota Sorong juga dapat diakses secara terpisah melalui jalur darat. Jalur trans yang menghubungkan Kota Sorong, Kabupaten Sorong Selatan, dan Maybrat telah dibuka namun kondisi infrastruktur seperti jalan trans di beberapa bagian masih berupa jalan kasar dengan kondisi medan yang sangat rumit, sehingga memperlambat jalur distribusi barang dan orang dan menghambat pertumbuhan ekonomi (detiknews, 2023).

1.2 Program Tol Laut Indonesia

Sebagai negara kepulauan, upaya untuk mendorong bangkitnya perekonomian nasional tentunya memerlukan transportasi laut yang kuat, infrastruktur pelabuhan, dan berbagai sarana yang dapat diandalkan seperti armada kapal, sarana bongkar muat yang memadai untuk menopang geliat dari pembangunan ekonomi antar daerah. (KEMENHUB, 2021)

Sejak awal pemerintahan, Presiden RI Joko Widodo dengan program Nawa Cita telah menggagas penguatan jati diri Indonesia sebagai negara maritim. Presiden Joko Widodo juga memiliki visi untuk mengembalikan kejayaan maritim Indonesia yang dapat dicapai dengan melakukan pembangunan sektor maritim. (KOMINFO, 2017)

Gambar 1.2 Rancangan Arsitektur Tol Laut Indonesia
Sumber: Supply Chain Indonesia (2014)



Istilah Tol Laut memang mulai terkenal semenjak Ir. Joko Widodo menjadi calon presiden Republik Indonesia. Tol Laut yang direncanakan Jokowi diharapkan dapat turut membantu distribusi barang dan penumpang di seluruh penjuru Indonesia. Se jauh ini **tingkat kesejahteraan masyarakat di kawasan Indonesia Timur** yang rendah ditengarai karena susah nya distribusi barang menuju ke kawasan tersebut. Dengan adanya Tol Laut nanti, akan terdapat kapal kapal besar yang mampu mengangkut sekisar 100 ribu DWT (muatan maksimum yang bisa diangkut adalah 100 ribu ton) yang akan berlayar dari **Belawan hingga ke Sorong** sehingga diharapkan distribusi barang menuju Indonesia bagian timur dapat lebih lancar. (clapeyron, 2016)

Pada tahun 2020, biaya logistik di Indonesia tercatat sebagai yang termahal di Asia, dengan kinerja logistik Indonesia menduduki peringkat ke 46. Pemerintah menargetkan dengan keberadaan program Tol Laut biaya logistik harus di turunkan 6% - dari 23% menjadi 17%.

Biaya logistik di Indonesia termasuk yang termahal di dunia dengan kisaran hingga 27% dari produk domestik bruto atau PDB. Sebagai bandingan, biaya logistik terhadap PDB di Amerika sebesar 9,9%, Malaysia 15% dan China 16%.

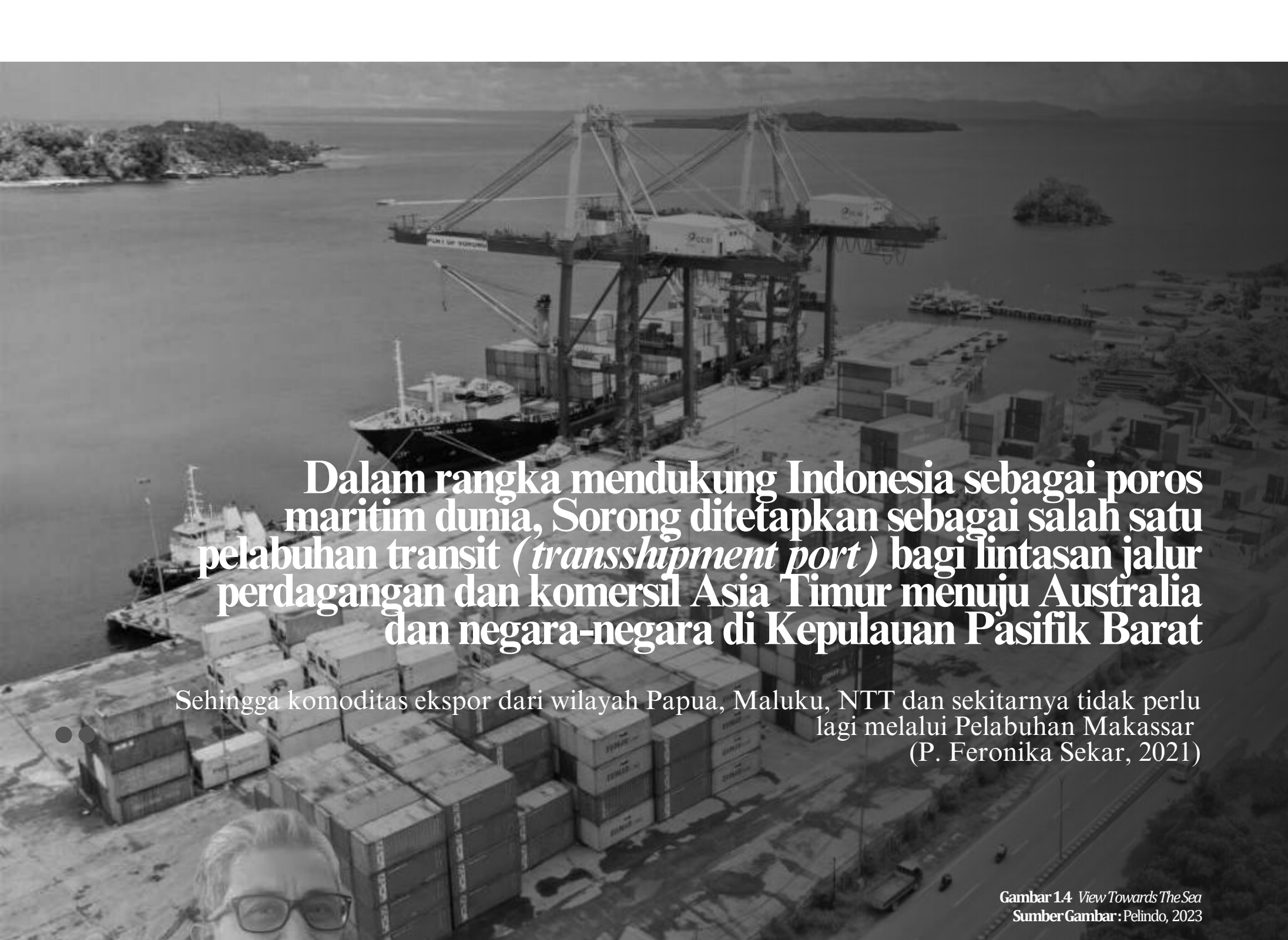
(katadata, 2014)

1.3 Jalur Tol Laut Sorong

Tol Laut akan dikembangkan juga ke Papua Barat di Pelabuhan Sorong yang baru dimulai dari tahun 2021. Sebagaimana penuturan Kepala Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan (KSOP) Kelas I Sorong, Jece Julita Piris. Program Tol Laut, lanjut Jece, merupakan kebijakan subsidi yang ditetapkan Presiden Jokowi ini diharapkan dapat mendukung pengembangan potensi daerah tertinggal dan daerah-daerah yang selama ini mengalami disparitas harga yang tinggi akibat jarak tempuh transportasi yang panjang dan terpencil.

Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan gencar mendorong Pemerintah Daerah (Pemda) dan komunitas pengusaha dan masyarakat di wilayah Indonesia Timur untuk mengoptimalkan muatan balik Tol Laut agar dapat berkontribusi dalam menggerakkan dan mendongkrak perekonomian masyarakat di wilayah Indonesia Timur. (KEMENHUB, 2021)

08



Dalam rangka mendukung Indonesia sebagai poros maritim dunia, Sorong ditetapkan sebagai salah satu pelabuhan transit (*transshipment port*) bagi lintasan jalur perdagangan dan komersil Asia Timur menuju Australia dan negara-negara di Kepulauan Pasifik Barat

Sehingga komoditas ekspor dari wilayah Papua, Maluku, NTT dan sekitarnya tidak perlu lagi melalui Pelabuhan Makassar (P. Feronika Sekar, 2021)

Gambar 1.4 View Towards The Sea
Sumber Gambar : Pelindo, 2023

1.3.2 Pelabuhan Sorong sebagai Titik Konsolidasi di Tanah Papua

BUMN PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) Regional IV Sorong merancang Pelabuhan Sorong jadi titik kumpul konsolidasi bagi wilayah-wilayah di seluruh Tanah Papua, dengan melakukan pengembangan pelabuhan sesuai Rencana Induk Pelabuhan (RIP) Indonesia. Landasan kebijakan Pelindo Sorong dalam rangka mendukung pertumbuhan ekonomi dan pembangunan di Provinsi Papua Barat Daya, khususnya di Sorong sebagai ibukota provinsi ke 38. Zahlan menjelaskan, untuk bisa mencapai realisasi rancangan itu, pengembangan jangka panjang adalah perluasan area sepanjang lima hektar ke arah tempat reklamasi (depan Hotel Mamberamo).



General Manager PT Pelindo
Regional IV Sorong Zahlan

1.3.3 Pelabuhan Sorong sebagai Hub di Tanah Papua

Direktur Utama BUMN PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) **Arif Suhartono** menyatakan, seiring dengan perkembangan Pelabuhan Sorong, pihaknya berharap Sorong dapat menjadi hub di Papua.

Pelabuhan Sorong menjadi salah satu pintu gerbang transportasi laut di Provinsi Papua Barat dan Papua yang melayani arus penumpang dan barang yang berasal dari Sorong ke Manokwari, Raja Ampat, Wondama, Serui, Nabire, Fak-Fak, Kaimana, Bintuni, Biak, Jayapura, Maluku, Sulawesi dan Jawa ataupun sebaliknya. Pelabuhan juga Sorong mendistribusikan hasil tambang dan komoditas *hinterland* ke daerah lain di Indonesia, sehingga membantu taraf hidup penduduk di daerah Sorong.

Angkutan laut di Indonesia secara garis besar dapat digambarkan pada 4 (empat) pelabuhan utama yaitu Belawan, Tanjung Priok, Tanjung Perak, dan Makassar.

Pelabuhan Sorong termasuk kedalam Pelabuhan Utama sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 432 Tahun 2017 Tentang Rencana Induk Pelabuhan (RIP) Nasional.

PT Pelindo sedang mempersiapkan kajian mengenai kemungkinan menjadikan TPK Sorong sebagai pusat aktivitas (hub) di wilayah Indonesia Timur.

Saat ini, kajian yang dilakukan mencakup analisis rute eksisting, kawasan pendukung, konsolidasi muatan, serta desain rute baru yang diusulkan (PELINDO, 2023)

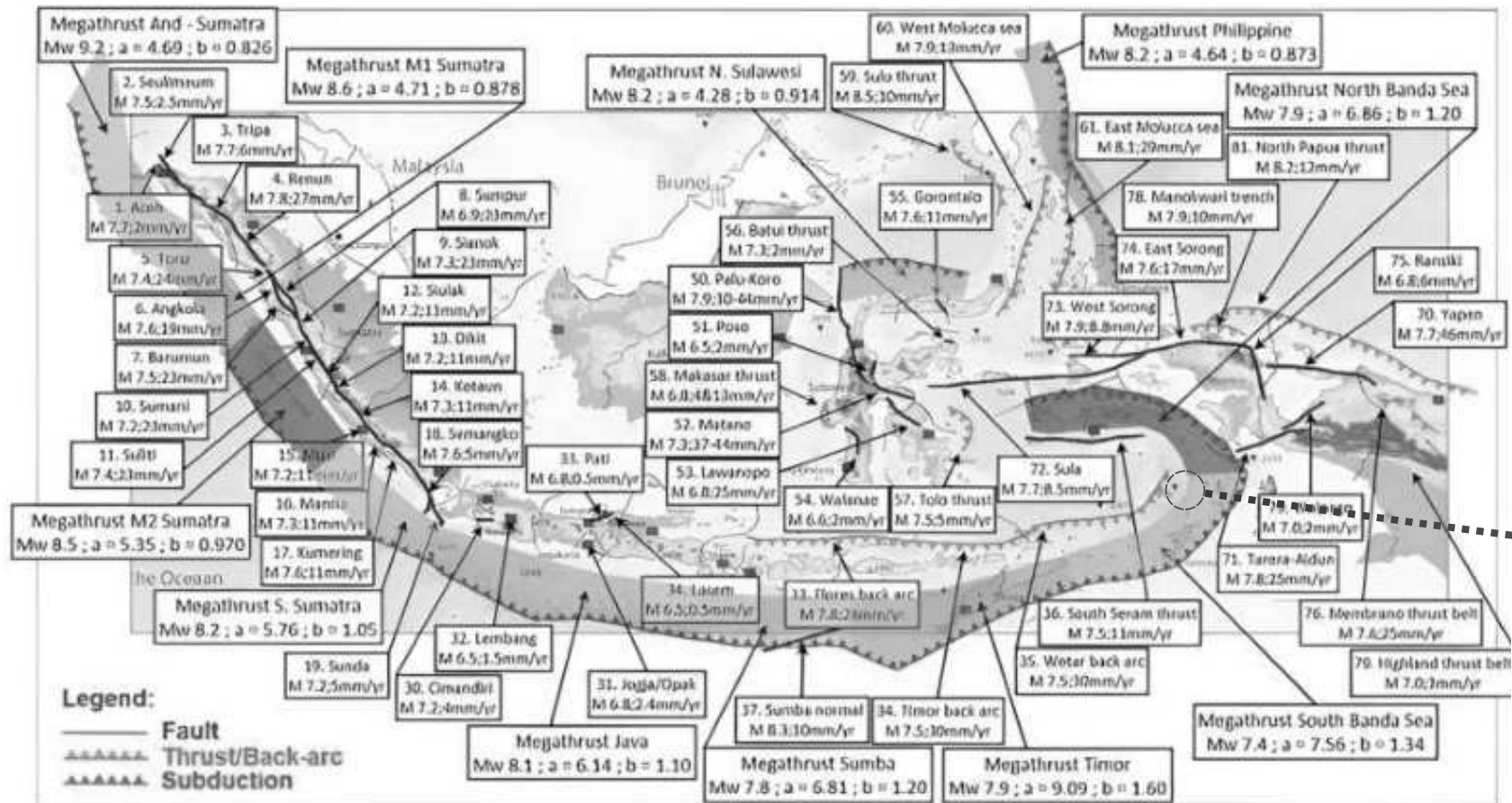


1.3.4 Potensi *Multi-hazard*

Kota Sorong memiliki banyak keunggulan sebagai pusat perdagangan, pariwisata, dan transportasi di Papua Barat. Sebagai gerbang utama menuju kawasan Raja Ampat dan titik penting dalam jalur distribusi barang, Kota Sorong memainkan peran vital dalam perekonomian regional. Namun, di balik segala kelebihannya, Kota Sorong, khususnya Pelabuhan Sorong, harus waspada terhadap risiko bencana alam. Letaknya yang berada di wilayah pesisir dan di kawasan aktif tektonik membuatnya rentan terhadap gempa bumi, tsunami, dan badai tropis.

***Pelabuhan Sorong
adalah Gerbang Yang
Rentan!***

1.4. Potensi *Multi-Hazard* di Indonesia



Gambar 1.5 Peta sumber gempa Indonesia
 Sumber Gambar : Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010

1.4.1 Potensi Bencana Geologis (Gempa & Tsunami)

Kondisi tektonik Indonesia yang terletak pada pertemuan lempeng besar dunia dan beberapa lempeng kecil atau microblocks (Bird, 2003) dalam (Z.Aristides, 2020), menyebabkan daerah tersebut berpotensi mengalami banyak kejadian gempa. Indonesia dikelilingi oleh empat lempeng utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, dan Lempeng Pasifik (PUSGEN, 2017). sisa energi dari proses tumbukan antar lempeng tersebut akan mengakibatkan adanya sesar di daratan atau lautan di beberapa pulau dan laut Indonesia.

1.4.1.1 Kompleksitas Geologi di Wilayah Timur Indonesia

Aktivitas sesar Sorong tidak terlepas dari kompleksitas geologi di wilayah timur Indonesia, termasuk kawasan Laut Maluku. Di kawasan ini, tiga lempeng tektonik besar dunia—Eurasia, Australia, dan Pasifik—bertemu dalam formasi yang disebut triple junction. Zona sesar Sorong berfungsi sebagai batas antara lempeng Australia yang stabil dengan lempeng Laut Filipina dan Carolina yang bergerak ke barat. Akibatnya, sesar Sorong menjadi sesar geser yang aktif dengan kecepatan pergerakan sekitar 32 mm per tahun.

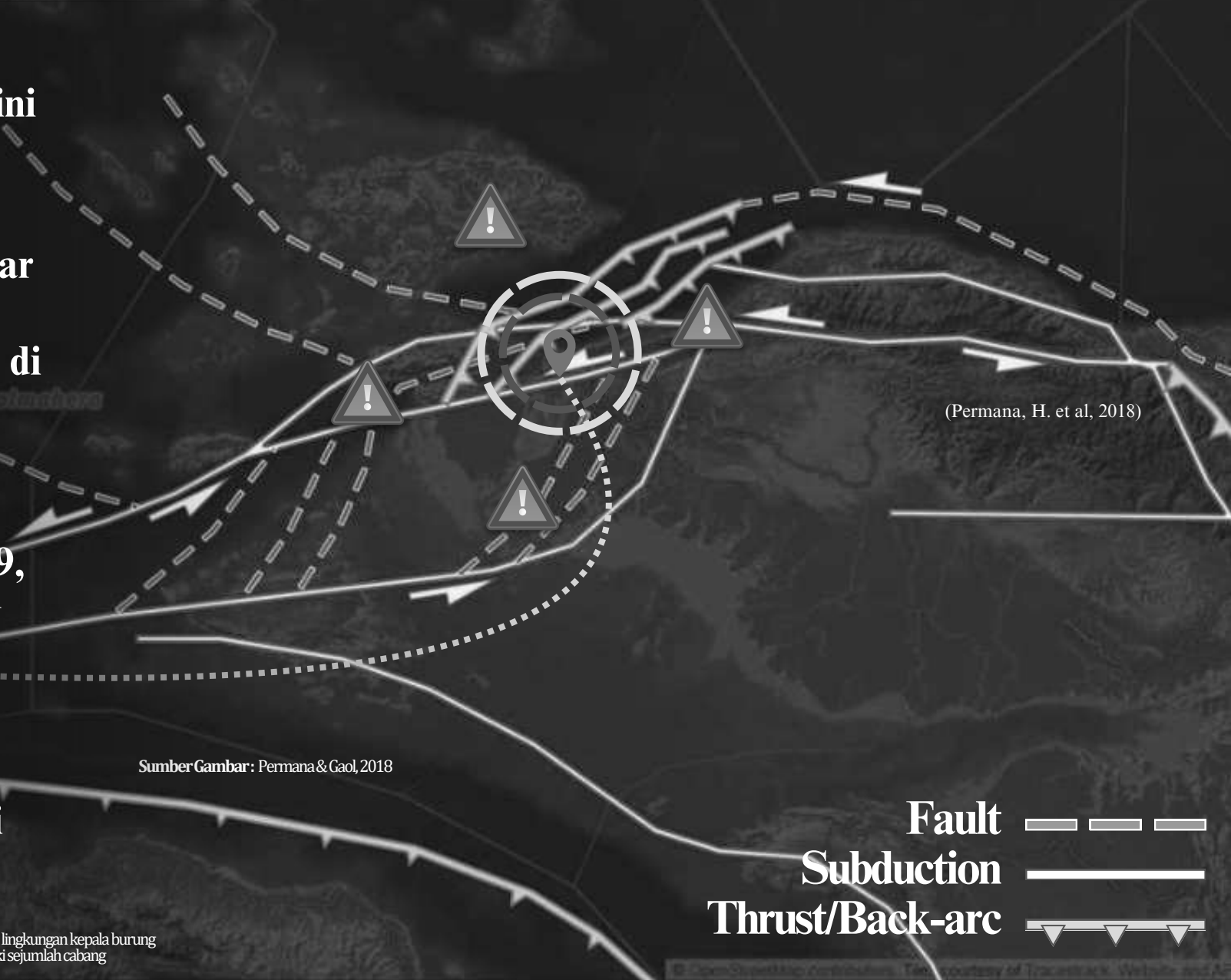
1.4.1.2 Segmentasi dan Potensi Seismik Sesar Sorong

Pusat Studi Gempabumi Nasional, dalam Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017, mengidentifikasi 13 segmen aktif di zona sesar Sorong, 1 segmen aktif di sesar Sula utara, dan 3 segmen aktif di zona sesar Yapun. Magnitudo maksimum yang dapat dihasilkan oleh segmen-segmen ini bervariasi, mulai dari 6,6 (pada segmen West Salawati) hingga 8,1 (pada segmen Sula utara).

Sesar Sorong diyakini sebagai sesar geser mengiri, walaupun tidak cukup bukti kuat (Hamilton, 1979). Aktivitas Sesar Sorong ditunjukkan oleh adanya kegempaan dangkal di kawasan tersebut (USGS, 2009; Muflihah, 2014; https/USGS, 2017).

Pada 3 Januari 2009, gempabumi dangkal (kedalaman 35km) dengan kekuatan M7,6 diikuti gempa susulan dengan kekuatan M7,4 (USGS, 2009) telah melanda kawasan di sebelah barat Kota Manokwari.

Gambar 1.6 Sebagian zona sesar Sorong yang berada di lingkungan kepala burung pulau Irian dan sekitarnya. Nampak sesar Sorong memiliki sejumlah cabang



1.4.1.3 Struktur Geologi Zona Sesar Sorong

Sesar Sorong merupakan zona sesar yang membentuk kelurusan lembah dalam dan sempit, berarah hampir barat-timur yang memotong bagian utara Kepala Burung (Visser dan Hermes, 1962) dalam (P. Haryadi, et al. 2018). Bagian lembah yang terendam air laut dikenal dengan kedalamannya yang signifikan dan ombak yang kuat. Lembah ini bukanlah lembah biasa; para ahli geologi modern mengidentifikasinya sebagai Sesar Sorong, lebih tepatnya Zona Sesar Sorong. Sesar tersebut memanjang 400km mulai dari barat laut Manokwari, memotong bagian utara Kepala Burung, sampai dengan Kota Sorong dan meneruskan ke Selat Sagewin di selatan Pulau Batanta.

“Yang lebih dekat dengan kita adalah sesar Sorong dan Ransiki. Ini karakter bahaya gempa bumi yang harus kita waspadai, yang tentu punya potensi terjadi tsunami”

Gambar 1.7 kepala BPBD Kota Sorong Herlin Sasabone
Sumber Gambar: Google, 2024



Pelabuhan berfungsi sebagai titik fokus untuk menyediakan pasokan dan dukungan kemanusiaan bagi komunitas setelah bencana alam.”

“Sayangnya, sebagian besar pelabuhan di dunia terletak di daerah yang berisiko tinggi terhadap bahaya alam seperti gempa bumi, tsunami, banjir, dan badai angin.

Deepak Pant, Ph.D., P.Eng., Greg Brunelle, MS, MA,
Youngsuk Kim, Ph.D., Jaskanwal P. S. Chhabra, Ph.D., &
Shabaz Patel, MS

1.5 Urgensi Perancangan

Lebih dari 90% perdagangan dunia bergerak melalui laut, menjadikan operasi berkelanjutan pelabuhan maritim sebagai bagian penting dari ekonomi global. Selain itu, perubahan iklim dan peningkatan permukaan laut yang menyertainya menyebabkan banjir di beberapa pelabuhan besar di seluruh dunia. Kerugian ekonomi akibat gangguan di pelabuhan akan sangat signifikan, dan pemulihan fungsional setelah bencana akan menjadi proses yang memakan waktu lama. Sebagai contoh, gempa bumi Kobe tahun 1995 menyebabkan kerusakan signifikan pada Pelabuhan Kobe dan menyebabkan kerugian ekonomi langsung sebesar \$5,5 miliar dari komponen yang rusak (Burden et al. 2001) selain kerugian ekonomi tidak langsung akibat kurangnya fungsionalitas selama periode waktu yang diperpanjang.

Gambar 1.8 Children Of Papua
Sumber Gambar : Dreamstime, 2024

1.5.1 Gambaran Umum Komponen Utama Pelabuhan dan Operasinya

Pelabuhan adalah struktur di tepi laut yang dapat mencakup area yang luas. Ada enam komponen utama dari sebuah pelabuhan: (1) **dermaga dan struktur tepi laut lainnya seperti pemecah gelombang dan dinding penahan**, (2) *crenes*, (3) **peralatan penanganan kargo seperti penanganan kontainer**, (4) **fasilitas bahan bakar**, (5) **gudang**, dan (6) **bangunan terminal/ Kantor/ Manajemen**. Pelabuhan umumnya dibagi menjadi terminal-terminal di mana berbagai jenis kargo dapat ditangani. Dermaga adalah komponen utama pelabuhan di mana kapal berlabuh dan *crenes* digunakan untuk membongkar kontainer. Area dermaga tempat kapal berlabuh disebut tambatan, dan jumlah tambatan per dermaga bervariasi tergantung pada ukuran kapal yang berlabuh di sana. Setelah kargo dibongkar dari kapal, kargo tersebut dibawa ke lapangan penampungan kontainer untuk disimpan sementara dan diambil oleh truk, kereta, atau tongkang. Berbeda dengan lapangan penampungan kontainer, gudang biasanya digunakan untuk penyimpanan jangka panjang. Fasilitas bahan bakar dapat berada di dalam pelabuhan atau di luar pelabuhan dan diperlukan untuk pengisian bahan bakar kapal.

1.5.2 Tinjauan Sejarah Kerusakan pada Pelabuhan

Gempa Bumi

Pelabuhan mengalami berbagai tingkat kerusakan akibat gempa bumi di masa lalu. Meskipun semua komponen pelabuhan yang dibahas sebelumnya rentan terhadap gempa, dermaga dan derek adalah komponen yang paling rentan dalam hal fungsi pelabuhan. Ada tiga penyebab utama kerusakan pelabuhan selama gempa bumi: (1) likuifaksi, (2) deformasi tanah yang tidak terkait dengan likuifaksi, dan (3) guncangan tanah (Pachakis dan Kiremidjian 2004). Meskipun derek umumnya dianggap aman terhadap gaya seismik (Kosbab 2010), mereka masih dapat rusak akibat guncangan atau kerusakan dermaga, yang merupakan komponen pelabuhan yang paling rentan.

Badai Angin

Jenis kerusakan utama yang dapat disebabkan oleh badai angin pada pelabuhan meliputi: (1) kerusakan atap dan dinding struktur, terutama gudang, dan (2) kerusakan pada derek. Biasanya, pelabuhan memperlambat operasinya sebelum badai angin besar dan ditutup selama badai tersebut berlangsung. Tinjauan menyeluruh tentang durasi pelambatan dan penutupan pelabuhan akibat badai angin dapat ditemukan dalam Verschuur et al. (2020). . Kerusakan pada gudang terjadi pada hampir semua badai besar dan taifun di seluruh dunia, tetapi biasanya tidak menyebabkan gangguan fungsi.

Tsunami

When it comes to flooding, he says it's "basically impossible" to prevent. "You can't build a wall high enough – well you could, but for the cost and environmental impact, it wouldn't be cost effective.

"Ketika tsunami menghantam pelabuhan, dermaga tempat kapal berlabuh merupakan komponen yang paling rentan. Dermaga dapat mengalami gaya lateral yang dapat menarik kapal dari tali tambatnya. Seringkali, pelabuhan memiliki desain dengan tikungan tajam atau pintu masuk sempit di antara penghalang gelombang. Ketika aliran tsunami melewati tikungan tajam tersebut, arus yang sangat kuat dan pusaran air terbentuk. Fenomena ini dapat menyebabkan kapal berputar dan merusak tali tambatnya dengan mudah. Area datar tempat penyimpanan kontainer juga merupakan area berisiko tinggi selama tsunami. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan terjadinya banjir yang membuat kontainer terbawa arus bisa bertindak sebagai alat penghancur, menyebabkan kerusakan tambahan di area lain.

Banjir Rob

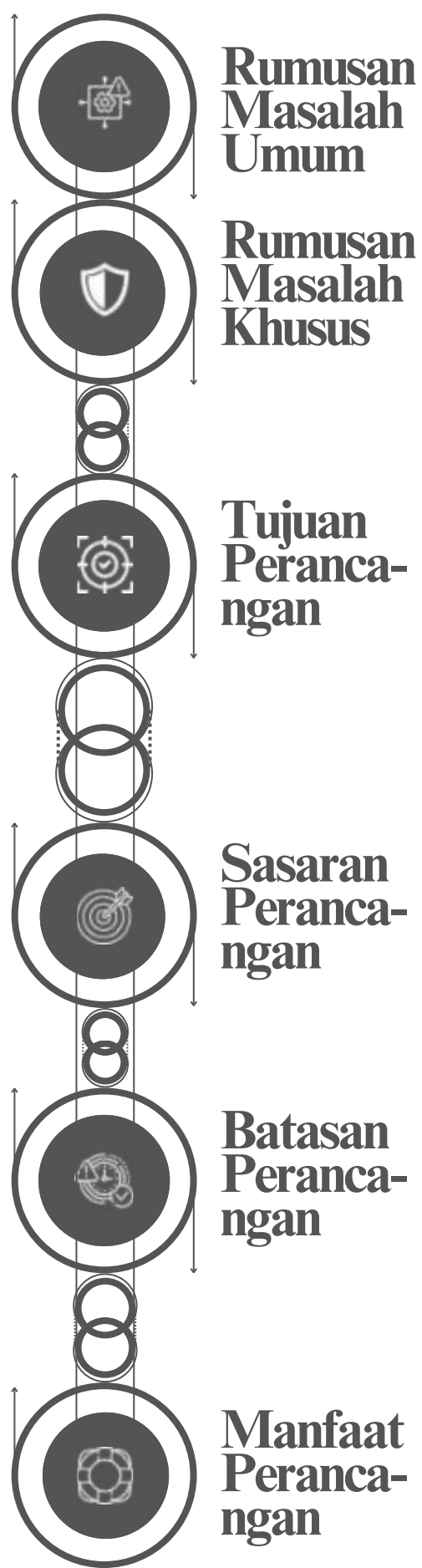
Dampak utama banjir rob pada pelabuhan meliputi: (1) pendangkalan saluran air, (2) banjir dan penumpukan puing-puing di terminal, (3) kontainer yang mengapung dan kerusakan pada kendaraan pengangkut kargo, (4) kerusakan peralatan listrik, dan (5) erosi serta kerusakan akibat terseret arus. Mengingat sebagian besar kasus banjir di pelabuhan di seluruh dunia disebabkan oleh siklon tropis, penurunan operasi sebelum badai dan penutupan selama badai, seperti yang dibahas di bagian sebelumnya, juga berlaku dalam konteks ini.

1.6

Resilience Architecture

Kementerian ESDM, 2018
Sesar Sorong dan Ransiki adalah ancaman nyata yang harus diwaspadai karena karakteristiknya yang berpotensi menimbulkan gempa bumi dan tsunami. Mengingat risiko ini, penting untuk merancang bangunan yang tidak hanya tahan terhadap getaran seismik tetapi juga mampu berfungsi dan pulih dengan cepat setelah bencana.

Resilience dapat didefinisikan sebagai “kemampuan untuk mengalami kerusakan yang lebih sedikit dan pulih lebih cepat dari peristiwa yang merugikan” (Fisher et al. 2020). Untuk mengevaluasi ketahanan pelabuhan terhadap bahaya alam, kerusakan dan pemulihannya harus didesain dengan baik. Sehingga penting untuk memahami **kerentanan fisik dari komponen-komponennya**, durasi pemulihan yang cepat, dan faktor-faktor yang mempengaruhi dan mempercepat pemulihan. Penting juga untuk memahami bahwa **berbagai bahaya berdampak pada pelabuhan dengan cara yang berbeda, dan faktor-faktor pengontrol yang mempengaruhi pemulihan bisa berbeda untuk setiap bahaya.**



Rumusan Masalah Umum

Rumusan Masalah Khusus

Tujuan Perancangan

Sasaran Perancangan

Batasan Perancangan

Manfaat Perancangan

1.7 Rumusan Permasalahan

Bagaimana cara merancang Pelabuhan Utama Sorong yang mampu beroperasi secara optimal dalam empat fase penting manajemen *multi-hazard*: mitigasi—persiapan—respon,— dan pemulihan dan mampu meminimalisir kerusakan yang ada dan dapat beroperasi kembali secara cepat untuk mendukung distribusi bantuan pasca bencana?

Bagaimana rancangan desain pelabuhan yang mampu berfungsi secara optimal dalam empat tahap penting: langkah mitigasi, fase persiapan, fase tanggap darurat, dan fase pemulihan?

Bagaimana mengintegrasikan kriteria *resilient architecture* dengan kebutuhan operasional sehari-hari dari sebuah pelabuhan?

Bagaimana merancang tata ruang dan infrastruktur pelabuhan yang mendukung evakuasi massal dengan cepat dan efisien?

Bagaimana mengintegrasikan teknologi dan material tahan bencana dalam perancangan pelabuhan untuk meminimalisir kerusakan akibat bencana?

Mendesain pelabuhan yang mampu berfungsi secara optimal dalam empat tahap penting: fase persiapan, fase tanggap darurat, fase pemulihan, dan langkah mitigasi. Hal ini termasuk pengembangan rencana kontinjensi dan prosedur operasional yang jelas untuk setiap fase.

Memadukan elemen-elemen arsitektur yang tangguh dengan kebutuhan operasional sehari-hari dari pelabuhan yang sibuk, sehingga pelabuhan dapat beroperasi dengan efisien dan tetap aman dalam menghadapi risiko bencana.

Merancang tata ruang pelabuhan yang mendukung evakuasi massal dengan cepat dan efisien, termasuk penempatan jalur evakuasi, area penampungan sementara, dan aksesibilitas untuk semua pengunjung dan karyawan.

Mengintegrasikan teknologi modern dan material tahan bencana dalam perancangan pelabuhan untuk meminimalisir kerusakan akibat bencana. Ini termasuk penggunaan sensor untuk monitoring kondisi lingkungan dan sistem peringatan dini, serta pemilihan material konstruksi yang tahan terhadap bencana.

Mengembangkan manajemen darurat yang terintegrasi dan rencana kontinjensi untuk berbagai skenario bencana, memastikan kesiapan operasional dan keselamatan pengguna dalam setiap fase darurat.

Menerapkan desain infrastruktur yang tahan bencana dengan metode rekayasa atau simulasi yang memastikan ketahanan struktur, serta menciptakan fasilitas yang dapat berfungsi ganda untuk efisiensi penggunaan ruang.

Merancang jalur evakuasi yang jelas dan area penampungan sementara yang memadai, dengan sistem penunjuk dan fasilitas yang memastikan kenyamanan dan keselamatan selama situasi darurat.

Mengintegrasikan teknologi sensor untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time dan menggunakan material inovatif yang tahan terhadap bencana untuk meminimalkan kerusakan dan meningkatkan keberlanjutan operasional pelabuhan.

Perancangan pelabuhan merupakan proyek pengembangan Pelabuhan Utama Sorong dan bukan pelabuhan baru yang terpisah atau berdiri sendiri

Perancangan memperhitungkan keterbatasan ruang yang tersedia dan kondisi geografis lokasi pelabuhan, respon terhadap bencana hanya bencana lokal yang mungkin terjadi

Semua desain tidak berfokus pada penghematan anggaran, tetapi memastikan pemilihan material dan teknologi dilakukan secara efisien tanpa mengorbankan aspek keselamatan dan ketahanan.

Perancangan harus mematuhi regulasi RDTR lokal, regulasi perancangan pelabuhan dan terminal nasional, dan Building Resilience Index internasional.

Bagi Masyarakat: Memberikan rasa aman dan meningkatkan kesiapsiagaan terhadap bencana, serta memfasilitasi evakuasi dan distribusi bantuan secara efektif.

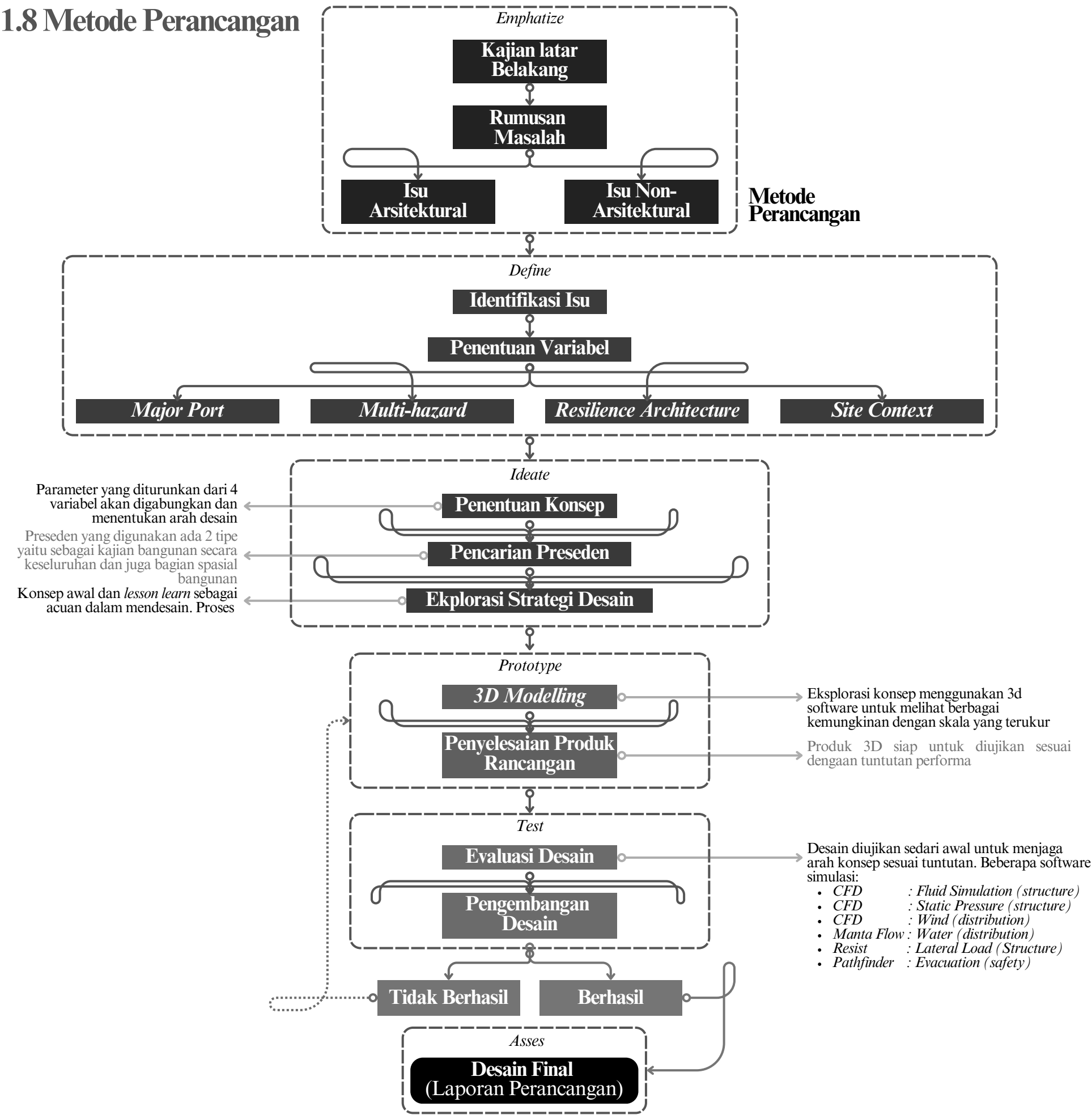
Bagi Pemerintah: Menyediakan infrastruktur tangguh yang dapat mengurangi kerugian ekonomi dan sosial akibat bencana, serta mendukung pemulihan yang cepat.

Bagi Pengembang dan Pemilik Pelabuhan: Meningkatkan daya tahan infrastruktur pelabuhan, meminimalisir kerugian, dan memastikan kelangsungan operasional, bahkan dalam situasi darurat.

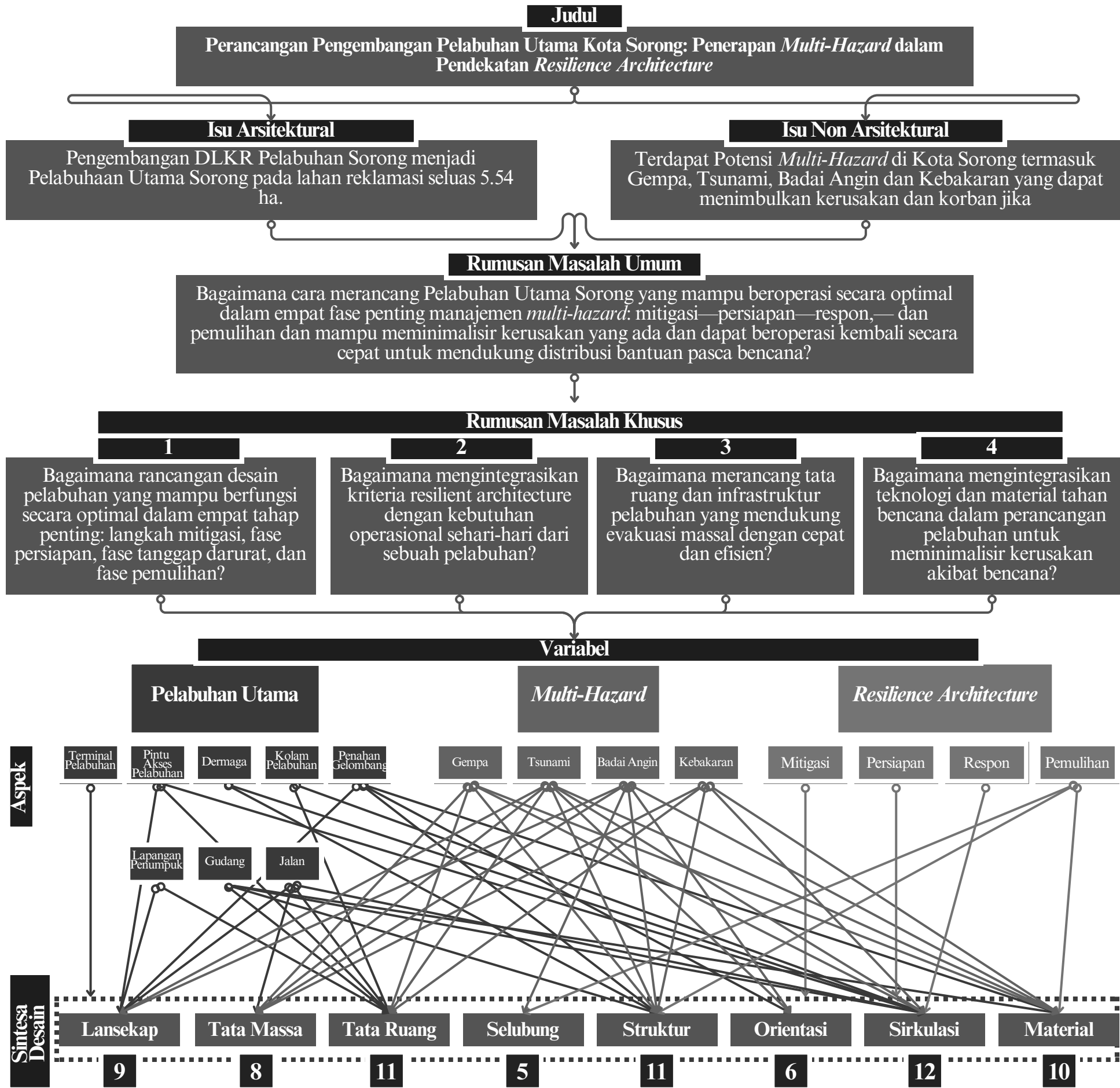
Bagi Akademisi dan Praktisi Arsitektur: Memberikan kontribusi terhadap pengembangan konsep arsitektur tangguh dan penerapannya dalam proyek infrastruktur kritis di daerah rawan bencana.

Tabel 1.1 Rumusan Permasalahan
Sumber: Perancang (2024)

1.8 Metode Perancangan



1.9 Kerangka Berpikir



Tabel 1.2 Kerangka Berpikir
Sumber: Perancang (2024)

1.10 Limitasi Perancangan

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilient Architecture*

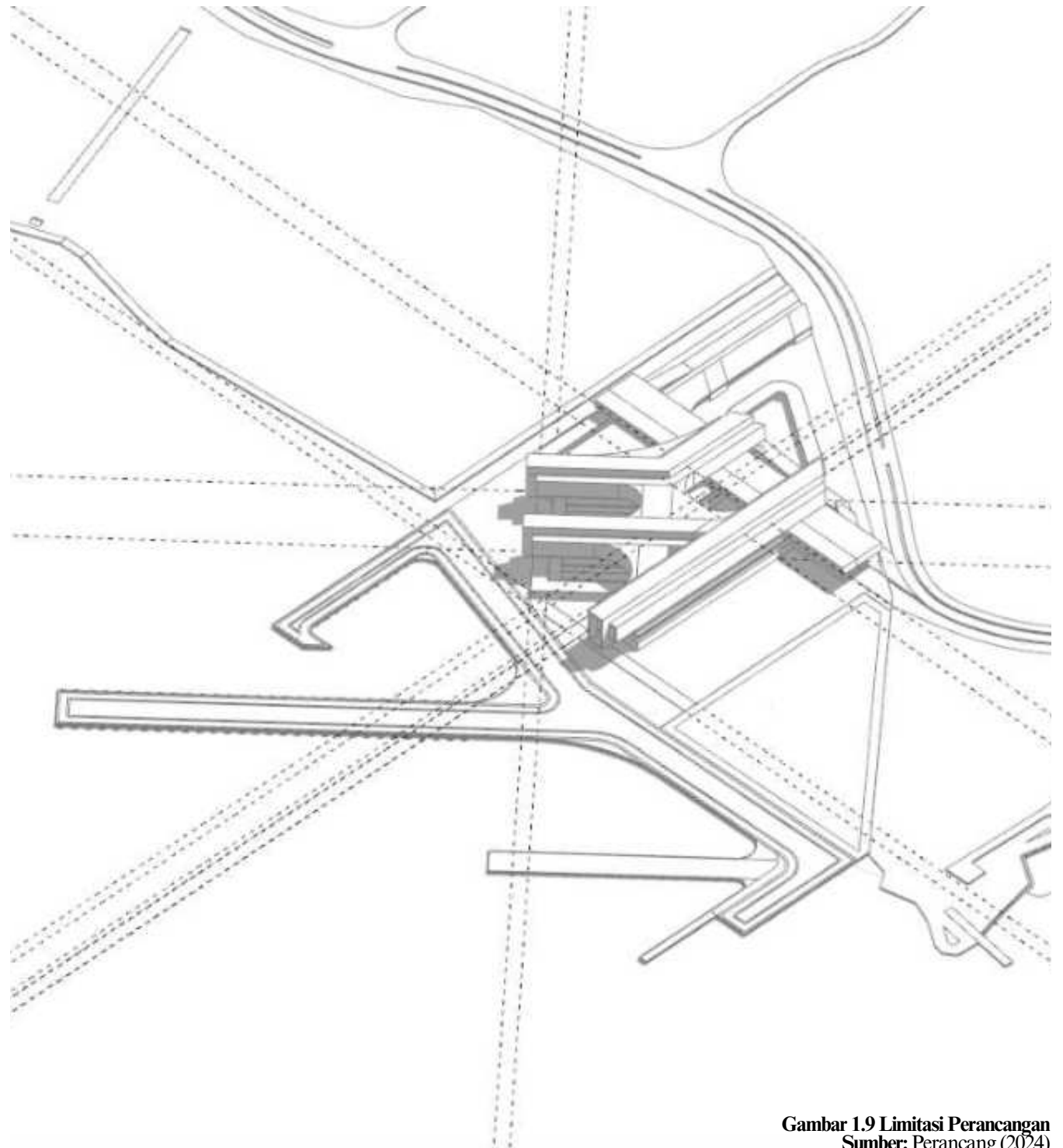
"A holistic decision framework integrating multi-objective optimization with probabilistic assessments ensures robust designs capable of handling diverse environmental conditions effectively." (Flint et al., 2016)

"Limiting design scope is essential in multi-hazard projects to balance risk priorities, technical constraints, and project budgets. Managing too many variables can dilute the effectiveness of the design" (FEMA)

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilient Architecture* mencoba untuk mendesain sebuah pelabuhan dengan pendekatan holistik yang mengaitkan antara berbagai kejadian bencana alam dengan kebutuhan operasional pelabuhan sesuai dengan konteks dan lokasi perancangan.

Menyadari bahwa pada tugas studio akhir desain arsitektur ini memiliki jangka waktu dan batasan lainnya, perancang akan berfokus pada beberapa aspek perancangan yang berangkat dari tema besar dan sub pendekatan yang digunakan dalam perancangan. Aspek pendekatan yang berkaitan dengan *multi-hazard* dan *resilience architecture* mencoba difokuskan pada:

1. Mengintegrasikan antara kebutuhan pelabuhan komersil terhadap respon yang dibutuhkan dari berbagai bencana alam yang terjadi
2. Bencana alam yang akan dipertimbangkan adalah bencana alam lokal yang berpotensi terhadap gangguan keselamatan dan operasional pelabuhan yang di identifikasi menggunakan *Building Resilience Index*
3. Yang mana dimaksud keselamatan dan operasional pelabuhan komersil adalah **Terminal Penumpang, Lapangan Penumpukan sementara, dan Dermaga Kapal.**



Gambar 1.9 Limitasi Perancangan
Sumber: Perancang (2024)

1.11 State Of The Art

Judul Perancangan & Perancang	Deskripsi Proyek	Metode & Software	Variabel & Parameter	Hasil	Persamaan & Perbedaan
<p>Kaohsiung Cruise Terminal</p> <p>Emergent (2010) Revitalisasi infrastruktur pelabuhan di Kaohsiung.</p>	<p>Terminal ini memiliki desain yang mencolok dengan bentuk kurvilinear desain membran transparan, menciptakan ruang terbuka yang ringan namun kuat, memaksimalkan pencahayaan alami dan efisiensi energi. Fitur utamanya mencakup ruang publik yang terhubung langsung dengan tepi air, menyediakan akses mudah bagi pengunjung dan meningkatkan interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Terminal ini dapat menampung kapal pesiar terbesar di dunia.</p>	<p>Metode: Perancangan berbasis BIM (Building Information Modeling) untuk mengoptimalkan proses desain dan konstruksi. Metode konstruksi yang digunakan adalah teknik Shell-brane, yang menciptakan struktur fleksibel dan dinamis.</p> <p>Software: Meskipun tidak disebutkan secara spesifik, penggunaan software desain arsitektur mutakhir seperti Rhino dan Grasshopper kemungkinan besar diterapkan mengingat kompleksitas bentuk dan struktur bangunan.</p>	<p>Polarisasi Warna dan Pola: Pola warna yang mengalir di atas Armor Plates mengikuti logika pola struktural dan optik, menciptakan efek gradasi yang memperhalus batas antara opasitas dan transparansi.</p> <p>Sistem Energi Terbarukan: Mengintegrasikan alga foto-bioreaktor yang menghasilkan biofuel menggunakan cahaya matahari dan cahaya buatan, mendukung keberlanjutan operasional terminal.</p> <p>Konstruksi Shell-branes: Sistem konstruksi hybrid yang menggabungkan elemen shell dan membran, memungkinkan fleksibilitas dalam desain dan penggunaan ruang.</p>	<p><i>The Port Services Center features a series of hard elliptical volumes nested within the soft bubble of the Ferry Terminal, allowing for functional division while creating complex interiors. The Ferry Terminal is oriented inward, while the Port Services Center, primarily housing offices, faces outward with views of the city and ocean. The Ferry Terminal's exterior consists of a transparent ETFE membrane and hard fiber-composite Armor Plates, which serve both structural and ornamental purposes, creating stiff zones for membrane attachment. This construction system combines shell and membrane types, referred to as Shell-branes.</i></p>	<ul style="list-style-type: none">Bangunan dengan tipe waterfront morphologyTipologi bangunan pelabuhanTidak melibatkan pendekatan dan aspek bencana alam kedalam keputusan desainMenggunakan enerfi terbarukan Alga foto-bioreaktor sebagai sumber energi bangunan
<p>San Francisco International Cruise Terminal And Waterfront Development</p> <p>Wisitan Disyawongs (2012) Master of Architecture Thesis Fall 2012</p>	<p>Proyek ini mengadopsi pendekatan desain berbasis parametris yang menggunakan algoritma matematika untuk menciptakan pola lanskap dan bentuk arsitektural. Desain ini berfokus pada interaksi antara penumpang kapal pesiar dan masyarakat lokal, serta menciptakan ruang publik yang dinamis dan fluid. Konsep fluiditas dalam arsitektur merepresentasikan interaksi antara materi, ruang, fungsi, dan perilaku yang bergabung secara halus dalam relasi dengan berbagai macam kekuatan sosial, fisik, ruang, maupun temporal</p>	<p>Desain Parametrik: Menggunakan prosedur parametrik untuk menghasilkan desain yang responsif terhadap perubahan kondisi dan kebutuhan pengguna.</p> <p>Software: Meskipun tidak disebutkan secara spesifik, kemungkinan besar menggunakan software desain arsitektur seperti Rhino atau Grasshopper untuk pemodelan parametrik.</p>	<p>Program Analisis: Menggunakan analisis program untuk memahami dan mensimulasikan interaksi antara berbagai fungsi di dalam kota dan lokasi terminal.</p> <p>Pola Lanskap dan Arsitektur: Pola lanskap membentuk bangunan, sementara bangunan membungkus sirkulasi yang saling berinterpenetrasi, menciptakan ruang interaksi.</p> <p>Sistem Keamanan: Menciptakan pemisahan yang jelas antara penumpang dan publik umum, namun tetap berusaha untuk menciptakan interaksi yang lebih fluid.</p>	<p>Proyek ini berhasil menciptakan desain terminal yang inovatif dengan ruang publik yang mengalir, meningkatkan pengalaman pengguna dengan memfasilitasi interaksi antara penumpang kapal pesiar dan masyarakat sekitar. Desain ini juga menunjukkan potensi untuk mengubah batasan antara ruang publik dan privat melalui pendekatan arsitektur kontemporer yang dinamis. Introduksi unsur-unsur spontan dan adaptif dalam desain terminal mencerminkan filosofi fluiditas yang berfokus pada interkoneksi dan interaksi yang terus-menerus antara elemen-elemen arsitektural dan sosial.</p>	<ul style="list-style-type: none">Bangunan dengan tipe waterfront morphologyTipologi bangunan pelabuhanMenghaluskan batasan antar fasilitas agar desain lebih fluidTidak melibatkan pendekatan dan aspek bencana alam kedalam keputusan desain
<p>Nansha International Cruise Terminal Complex</p> <p>Aedas, dengan Leo Liu sebagai Direktur Desain Global (2019) Pelabuhan kapal pesiar di Nansha</p>	<p>Nansha International Cruise Terminal merupakan terminal kapal pesiar pertama di Cina yang terhubung secara langsung dengan sistem metro subway, menciptakan kemudahan akses bagi penumpang. Dengan kapasitas tahunan yang diperkirakan mencapai 750.000 penumpang dan kemampuan untuk menangani kapal pesiar terbesar di dunia, terminal ini berfungsi sebagai titik hub strategis di wilayah Delta Sungai Pearl dan merupakan bagian penting dari inisiatif Belt and Road. Desain terminal mengadopsi bentuk bebas yang terinspirasi oleh perahu paus, menciptakan penampilan yang harmonis dan futuristik yang mencerminkan kekayaan budaya maritim Nansha.</p>	<p>Fungsi: Menciptakan ruang yang efisien untuk pengolahan penumpang dan transportasi, dengan interkoneksi antara area kedatangan dan keberangkatan yang meminimalkan jarak tempuh.</p> <p>Estetika: Mengadopsi bentuk yang terinspirasi oleh alam dengan garis non-linear yang menciptakan suasana yang dinamis dan harmonis dengan lingkungan.</p> <p>Keberlanjutan: Memperhatikan dampak lingkungan dengan memanfaatkan ruang terbuka dan taman atap untuk meningkatkan kualitas hidup dan pengalaman pengunjung.</p>	<p>Analisis Konteks: Mempertimbangkan faktor-faktor lokal dan regional, seperti akses transportasi dan kebutuhan pengguna, untuk merancang terminal yang responsif.</p> <p>Modeling dan Simulasi: Penggunaan perangkat lunak seperti AutoCAD, Revit, dan BIM untuk mendukung proses desain dan analisis struktur.</p> <p>Desain Partisipatif: Melibatkan berbagai pemangku kepentingan untuk mendapatkan masukan dan menciptakan desain yang memenuhi kebutuhan masyarakat dan pengunjung.</p>	<p>Terminal yang Modern dan Efisien menawarkan fasilitas yang dapat menangani volume penumpang yang besar dengan lancar, termasuk area kedatangan dan keberangkatan yang terintegrasi. terdapat atrium setinggi penuh dan taman atap yang memberikan pengalaman visual yang menyenangkan dan suasana yang nyaman bagi pengunjung. Mengembangkan kawasan pesisir yang memanfaatkan budaya nautikal Nansha sambil menghormati sejarah maritimnya, membentuk komunitas yang dinamis dan menghidupkan kembali kawasan tersebut.</p>	<ul style="list-style-type: none">Bangunan dengan tipe waterfront morphologyTipologi bangunan pelabuhanTidak melibatkan pendekatan dan aspek bencana alam kedalam keputusan desainKapasitas pengunjung

Judul Perancangan & Perancang	Deskripsi Proyek	Metode & Software	Variabel & Parameter	Hasil	Persamaan & Perbedaan
Porto Cruise Terminal Luís Pedro Silva Arquitecto (2015) Pelabuhan yang di inisiasi untuk pertumbuhan industri pariwisata kapal pesiar di Eropa	Porto Cruise Terminal terletak di Matosinhos, Portugal, dan merupakan hasil inisiatif dari Administração dos Portos do Douro e Leixões. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi komersial dan integrasi urban, menyusul pertumbuhan industri pariwisata kapal pesiar di Eropa. Dengan penekanan pada keberlanjutan dan konektivitas, terminal ini menjadi contoh penting dalam arsitektur pelabuhan modern yang berfungsi ganda sebagai fasilitas publik.	Desain Berbasis Konteks: Mengintegrasikan elemen lokal dan budaya maritim dalam desain terminal untuk menciptakan koneksi antara arsitektur modern dan sejarah pelayaran Software: Meskipun tidak disebutkan secara spesifik, kemungkinan besar menggunakan software desain arsitektur seperti Rhino atau Revit untuk pemodelan dan visualisasi.	Fungsi Ruang: Terminal ini memiliki beberapa komponen programatis utama seperti terminal kapal pesiar, fasilitas marina, Taman Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Laut Universitas Porto, ruang acara, restoran, dan parkir. Sirkulasi Penumpang: Desain tata letak yang sederhana membagi aliran penumpang untuk menghindari kepadatan, dengan atrium setinggi penuh yang menciptakan suasana luas dan nyaman. Ruang Terbuka dan Fasilitas Umum: Terdapat taman atap dan promenade yang memberikan pemandangan laut, serta akses ke komunitas pesisir yang menghargai budaya maritim Nansha.	Proyek Porto Cruise Terminal berhasil menyelesaikan dua tahap awal, termasuk dermaga baru dan bangunan utama dengan desain organik yang unik. Terletak di tepi jetty selatan pelabuhan, bangunan ini memiliki tiga "tentakel" eksterior dan ramp heliks yang menghubungkan fungsi internal, menciptakan pengalaman ruang yang dinamis. Terminal ini mengintegrasikan ruang tunggu untuk penumpang kapal pesiar, fasilitas marina, serta pusat sains dan teknologi, ditambah ruang acara dan restoran yang mendukung fungsi sosial. Fasad misterius tanpa pembukaan jelas, atap miring, dan detail arsitektural menambah kedalaman visual. Dengan keterhubungan yang baik antara laut dan kota, terminal ini menjadi destinasi menarik bagi wisatawan dan lokasi penting bagi masyarakat lokal.	<ul style="list-style-type: none">Bangunan dengan tipe waterfront morphologyTipologi bangunan pelabuhanSelubung bangunan yang melindungi bangunan dari terpaan anginTidak melibatkan pendekatan dan aspek bencana alam kedalam keputusan desainFasilitas dan fungsi anex pelabuhan
Tsunami Park Skyscraper Wang Jue, Zhang Qian, Zhang Changsheng, Li Muchun, Xu Jing (2022) Kompetisi Gedung Tinggi (Evolvo, 2022)	Proyek ini menunjukkan adopsi teknologi moderen dalam mitigasi tsunami dengan inspirasi dari mekanisme resistansi mangrove. Penggunaan struktur beton porous untuk menyerap gaya tsunami dan sistem desalinasi untuk mengolah air laut menjadi air tawar merupakan contoh kecanggihan teknologinya.	Metode: Analisis Struktural: Analisis struktural untuk menentukan distribusi beban pada tiap elemen gedung. Simulasi Waktu Nyata: Simulasi waktu nyata untuk memprediksi perilaku gedung di hadapan tsunami. Software: Belum disebutkan secara spesifik, tetapi diyakinkan bahwa perancangan ini menggunakan software-software CAAD (Computer-Aided Architectural Design) untuk membuat model 3D yang presisi.	Biaya dan Kemampuan Teknis: Batasan biaya dan kemampuan teknis digunakan untuk menentukan desain yang efektif. Resistansi Mangrove: Prinsip resistansi mangrove digunakan untuk mengembangkan struktur yang dapat menyerap energi tsunami. Energi dan Air: Memanfaatkan ebb dan flow ombak untuk menghasilkan energi listrik dan mengolah air laut menjadi air tawar.	Dalam Status Normal, kolom beton di bawah digunakan untuk pasar air, sedangkan saat tsunami, bagian atas gedung menyerap gelombang tsunami. Setiap tingkat dilengkapi kolam penampungan air yang terhubung ke area desalinasi bawah tanah untuk mengolah air laut. Area desalinasi juga dapat menghasilkan energi listrik dari fluktuasi ombak saat cuaca normal. Di atas gedung terdapat 'Hanging garden' untuk relaksasi, lengkap dengan tanaman hias dan kolam yang berfungsi sebagai amenitas serta pengurangi dampak tsunami.	<ul style="list-style-type: none">Bangunan dengan tipe waterfront morphologyResistensi terhadap bencana alam tsunamiTipologi perancanganlokasi perancanganPendekatan perancangan khusus pada bencana alam tsunamiMenggunakan generator energi yang bersumber dari energi kinetik ombak

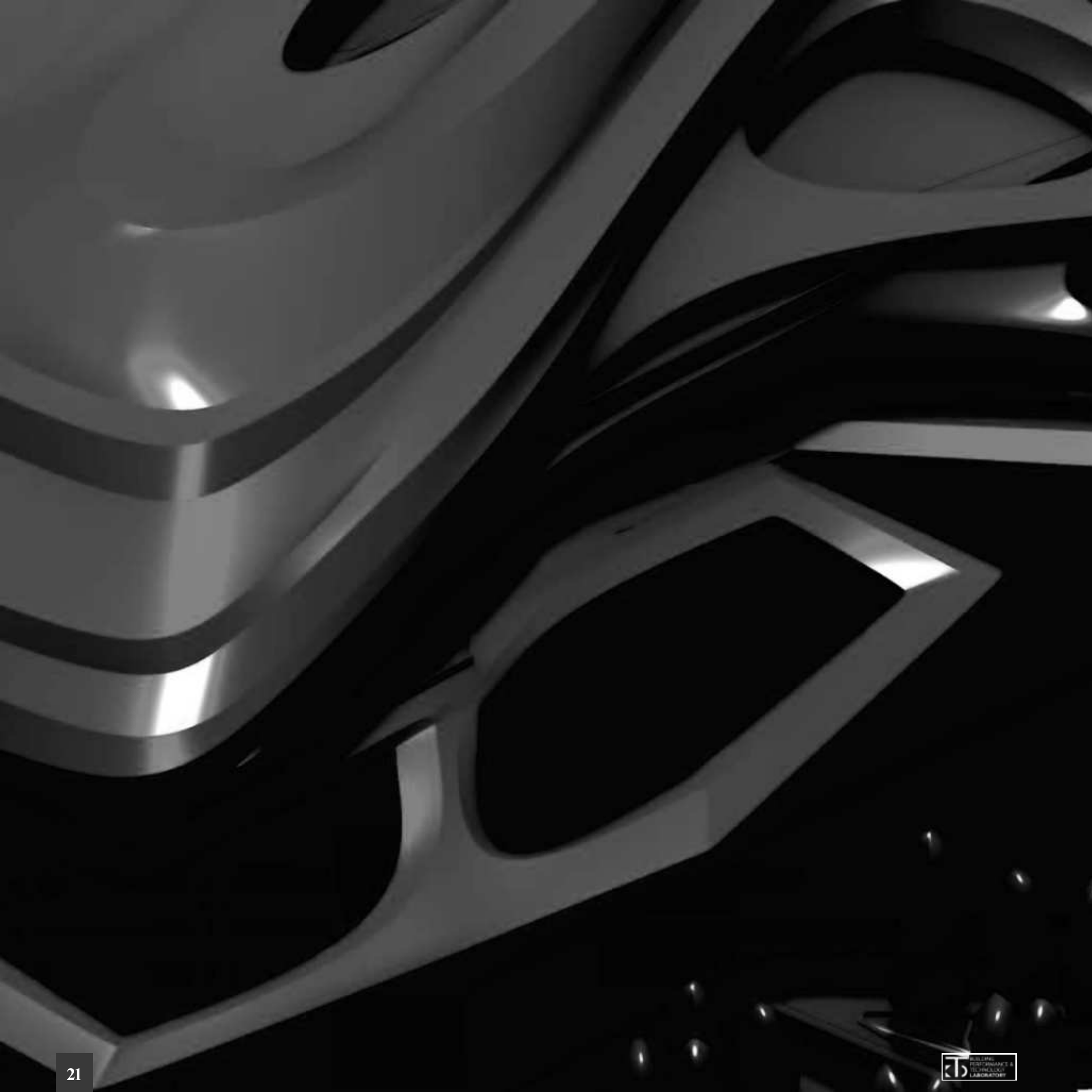
Tabel 1.3 State Of The Art
Sumber: Perancang (2024)

1.12 Kebaruan Perancangan

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilient Architecture*

Pelabuhan adalah objek vital dengan tipologi *waterfront* yang sangat sensitif terhadap kondisi yang ada sehingga harus dirancang mampu bertahan di berbagai macam keadaan karena perannya yang sangat besar terhadap distribusi dan perpindahan orang pada suatu daerah.

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilient Architecture* menekankan desain yang tahan terhadap perubahan yang akan terjadi di masa depan khususnya terkait dengan bencana alam. Pelabuhan yang dirancang sesuai dengan konteks site yang ada dan yang akan terjadi dimasa depan diharapkan pelabuhan ini tetap mampu beroperasi, responsif dan juga dapat mengakomodasi sekaligus menjadi tempat berlindung saat bencana alam terjadi.



BAB2

Bagian Penelusuran Persoalan Perancangan Dan Pemecahannya

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience* *Architecture*

“Pelabuhan berfungsi sebagai titik fokus untuk menyediakan pasokan dan dukungan kemanusiaan bagi komunitas setelah bencana alam. Sayangnya, sebagian besar pelabuhan di dunia terletak di daerah yang berisiko tinggi terhadap bahaya alam seperti gempa bumi, tsunami, banjir, dan badai angin.”
Deepak Pant, Ph.D., P.Eng (2021)





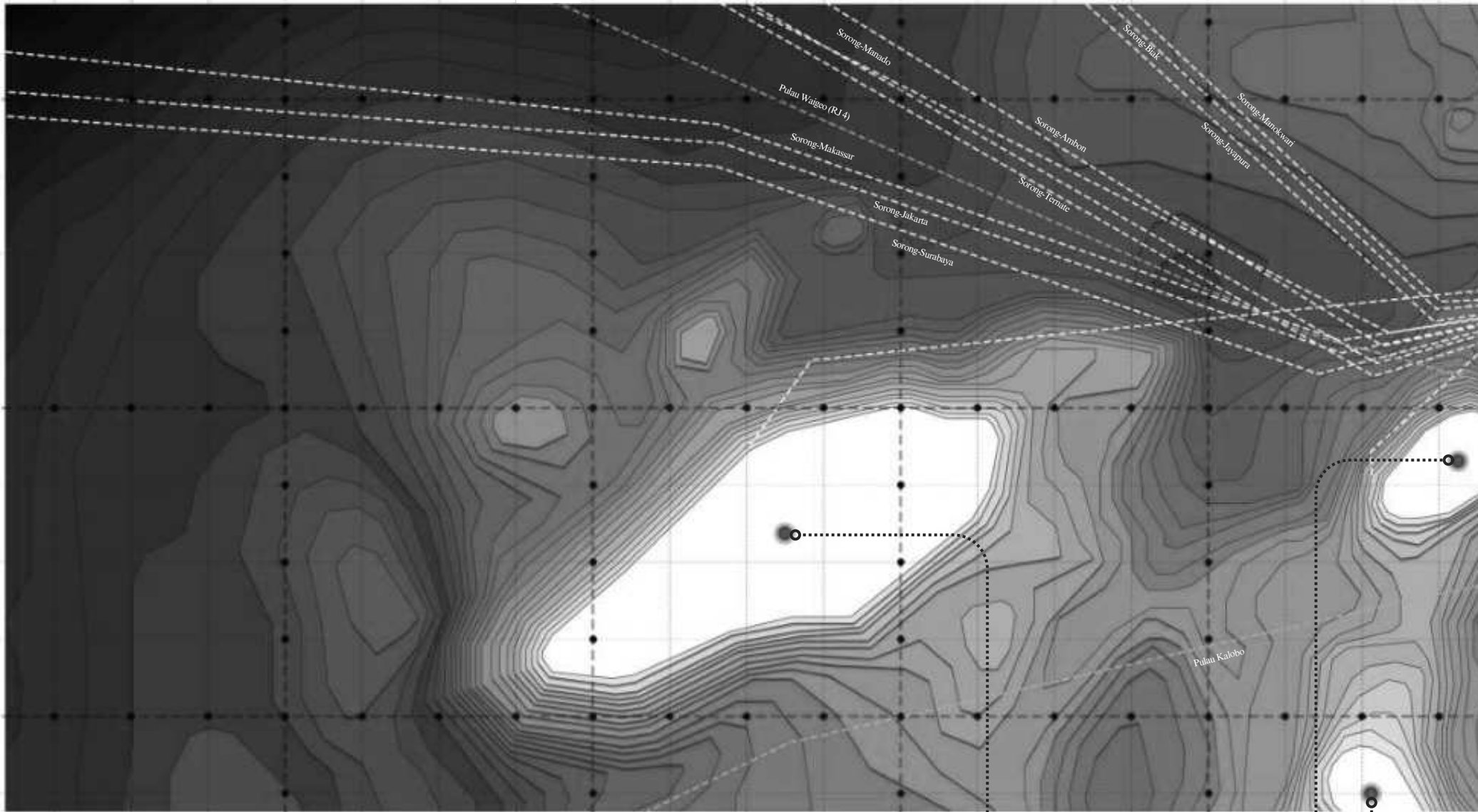
Terminal Pelabuhan Kota Sorong



Bandara DEO Kota Sorong



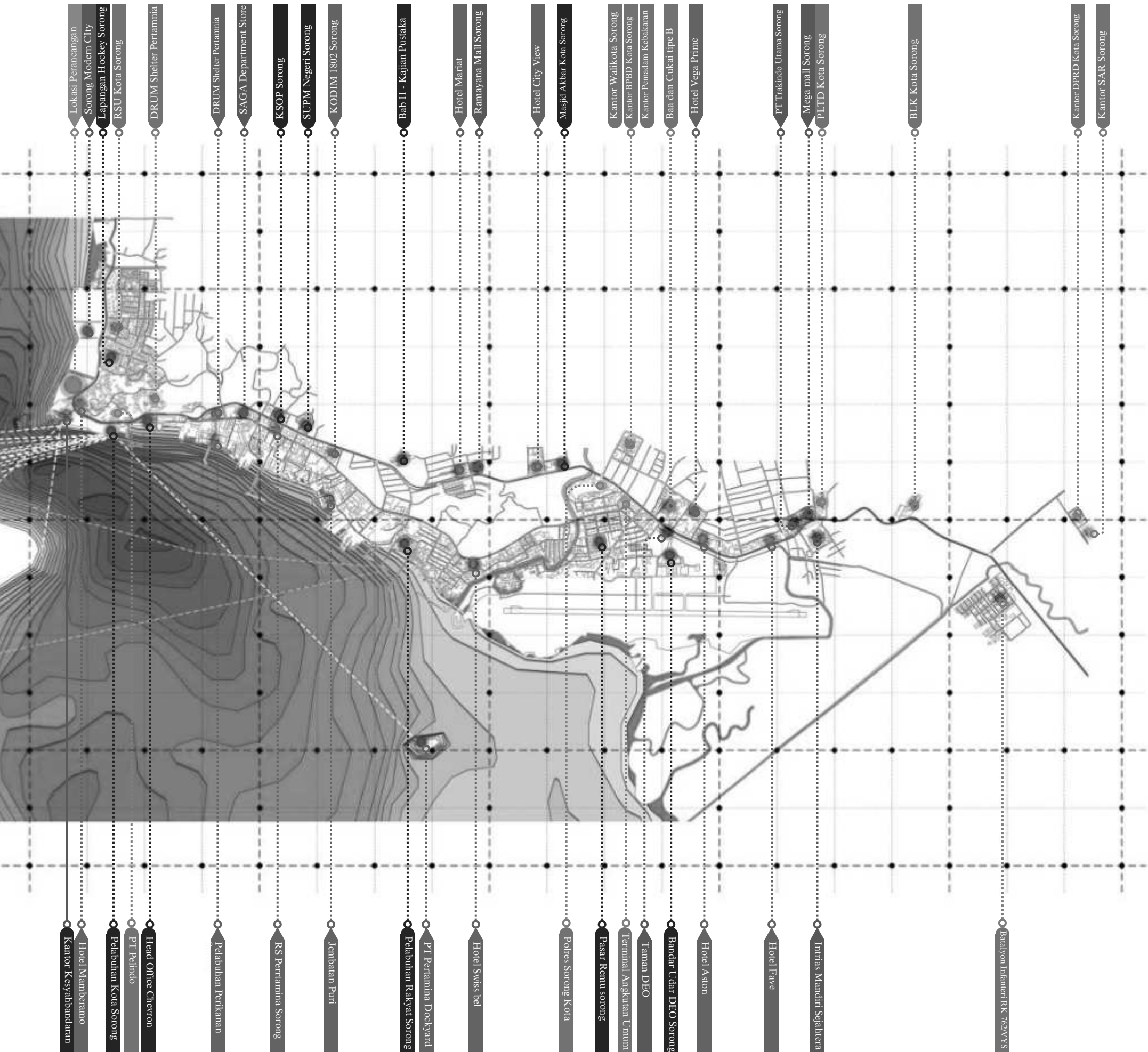
Pelabuhan Rakyat Kota Sorong



Gambar 2.1 Tata Ruang Kota Sorong
Sumber: Perancang (2024)

2.1 Tata Ruang Kota Sorong

Kota sorong adalah kota yang hanya bisa diakses melalui jalur laut dan udara. Jalan darat yang menghubungkan antara kota Sorong dan kota besar lainnya seperti Manokwari, Fakfak dan Bintuni belum dapat digunakan untuk perpindahan logistik dan membutuhkan kendaraan khusus.



2.1.1 Regulasi Tata Ruang Kota Sorong

Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kota Sorong

Rencana Detail Tata Ruang yang selanjutnya disingkat RDTR adalah rencana secara terperinci tentang tata ruang wilayah kabupaten/ kota yang dilengkapi dengan peraturan Zonasi kabupaten/kota. Wilayah Perencanaan yang selanjutnya disingkat WP adalah bagian dari kabupaten/kota dan/atau kawasan strategis kabupaten/kota yang akan atau perlu disusun RDTR-nya, sesuai arahan atau yang ditetapkan di dalam RTRW Kabupaten/Kota yang bersangkutan.

Peraturan Walikota Sorong Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Rencana Detail Tata Ruang Perkotaan Sorong Tahun 2023-2042

Pelabuhan Utama

Adalah pelabuhan yang fungsi pokoknya melayani kegiatan angkutan laut dalam negeri dan internasional, alih muat angkutan laut dalam negeri dan internasional dalam jumlah besar, dan sebagai tempat asal tujuan penumpang dan/atau barang, serta angkutan penyeberangan dengan jangkauan pelayanan antarprovinsi. Pelabuhan Utama sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (1) huruf g, berupa Pelabuhan Sorong terdapat di **SWP I.C pada Blok I.C.1**. Ketentuan intensitas pemanfaatan ruang pada Sub Zona Perdagangan dan Jasa Skala SWP dengan kode K-3 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 ayat (6) huruf c, terdiri atas

<div><div>Luas Area</div><div>55,363 m2/ 5,54 ha</div></div> <div><div>Luas area adalah ukuran total permukaan suatu bidang dalam dua dimensi, dinyatakan dalam satuan seperti meter persegi (m²) atau hektar.</div></div>	<div><div>KDB Maksimum</div><div>80%</div><div>44,290.4 m2</div></div> <div><div>Koefisien Dasar Bangunan yang selanjutnya disingkat KDB adalah angka persentase perbandingan antara luas seluruh lantai dasar bangunan gedung dan luas lahan/tanah perpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai sesuai dengan RDTR.</div></div>	<div><div>KLB Maksimum</div><div>2,4</div><div>106,897 m2</div></div> <div><div>Koefisien Lantai Bangunan yang selanjutnya disingkat KLB adalah angka persentase perbandingan antara luas seluruh lantai bangunan gedung dan luas tanah perpetakan/daerah perencanaan yang dikuasai sesuai dengan RDTR.</div></div>
<div><div>KDH Minimum</div><div>10%</div><div>5,536.3 m2</div></div> <div><div>Koefisien Daerah Hijau (KDH) adalah persentase perbandingan antara luas ruang terbuka di luar bangunan yang digunakan untuk taman atau penghijauan dengan luas tanah yang dikuasai, sesuai dengan rencana tata ruang dan RTBL.</div></div>	<div><div>GSB Minimum</div><div><ul style="list-style-type: none">Jalan Arteri sebesar 10 (sepuluh) meter;Jalan Kolektor sebesar 10 (sepuluh) meter;Jalan Lokal sebesar 7 (tujuh) meter;Jalan Lingkungan Primer sebesar 5 (lima) meter; danJalan Lingkungan Sekunder sebesar 3 (tiga) meter.</div></div> <div><div>Garis Sempadan Bangunan (GSB) adalah jarak minimum antara bangunan dan tepi jalan, dihitung dari saluran air kotor hingga batas terluar bangunan. GSB berfungsi sebagai pembatas ruang antara bangunan, lahan, sungai, pantai, saluran, jaringan listrik, pipa gas, dan lainnya.</div></div>	<div><div>TB Maksimum</div><div>Tinggi Bangunan yang selanjutnya disingkat TB adalah jarak tegak lurus yang diukur dari rata-rata permukaan tanah asal di mana bangunan didirikan sampai kepada garis pertemuan antara tembok luar atau tiang struktur bangunan dengan atap. Tinggi bangunan akan mengikuti ketinggian bangunan disekitar lokasi perancangan</div></div>
		<div><div>JBBS Maksimum</div><div><ul style="list-style-type: none">bangunan dengan jumlah lantai maksimum 3 (tiga) lantai sebesar 0 (nol) meter; danbangunan dengan jumlah lantai lebih dari 3 (tiga) lantai sebesar 3 (tiga) meter.</div></div>
		<div><div>JBBS Maksimum</div><div><ul style="list-style-type: none">bangunan dengan jumlah lantai maksimum 3 (tiga) lantai sebesar 2 (dua) meter; danbangunan dengan jumlah lantai lebih dari 3 (tiga) lantai sebesar 3 (tiga) meter</div></div>

Prasarana & sarana

Ketentuan prasarana dan sarana minimal pada Sub-Zona Perdagangan dan Jasa Skala SWP dengan kode K-3 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 ayat (6) huruf c, terdiri atas:

- tempat ibadah warga sesuai standar pelayanan jumlah penduduk yang berlaku;
- fasilitas pejalan kaki dan pesepeda;
- jalur pejalan kaki di depan bangunan dapat berupa arkade;
- penerangan jalan umum, bangku, tempat sampah, dan fasilitas pelengkap jalur pejalan kaki lainnya;
- fasilitas difabel pada jalur pejalan kaki dan pada bangunan atau gedung;
- lahan parkir dan ruang terbuka non hijau memakai perkerasan paving blok atau bahan lainnya yang dapat meresapkan air ke tanah;
- setiap 50 (lima puluh) mmk minimum keluar masuk Kelurahan-sirkulasi air limbah untuk penghematan penggunaan air domestik;
- kalinase di jalur hijau jalan;
- utilitas perkotaan sistem ducting bawah tanah terintegrasi;
- hidran kebakaran;
- tempat bongkar muat;
- jalan akses Kavling sejajar jalan raya dengan jarak minimum keluar masuk setiap 50 (lima puluh) meter yang dibatasi oleh median, jalur pejalan kaki, dan jalur hijau;
- jalan akses kavling yang juga dapat difungsikan secara temporer sebagai lahan parkir dan/atau RTNH dan/atau ruang sektor informal.

1. Lokasi Perancangan
2. Lokasi Kantor Badan Hukum Pelabuhan Kota Sorong
3. Lokasi Pelabuhan Utama Kota Sorong
4. Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Sorong
5. Karantina Pertanian Wilker Pelabuhan Laut Sorong
6. MES KOPASKA TNI AL
7. Halte DOM
8. Dermaga Polair Sorong
9. Dermaga KPLP Sorong
10. Pelabuhan Taksi Air SAR Kota Sorong
11. PT Pelindo-cabang Sorong



Gambar 2.2 Sarana dan Prasarana Lokasi Perancangan
Sumber: Perancang (2024)



Pelabuhan dan Dasar Operasional

2.2 Kepelabuhanan

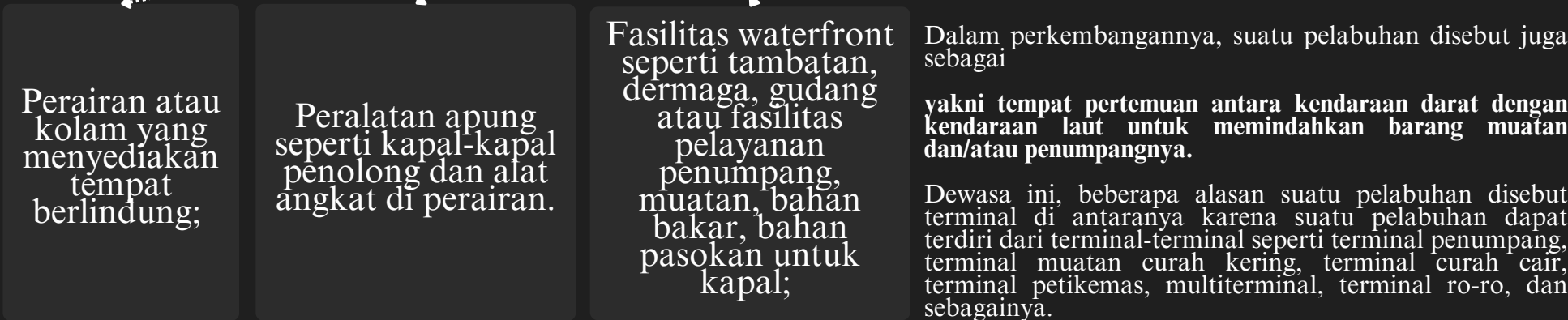
Pelabuhan menurut **Undang-Undang Nomor 17 tahun 2008** adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang digunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

Tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas sebagaimana disebut di atas dalam “**definisi pelabuhan**” terdiri dari

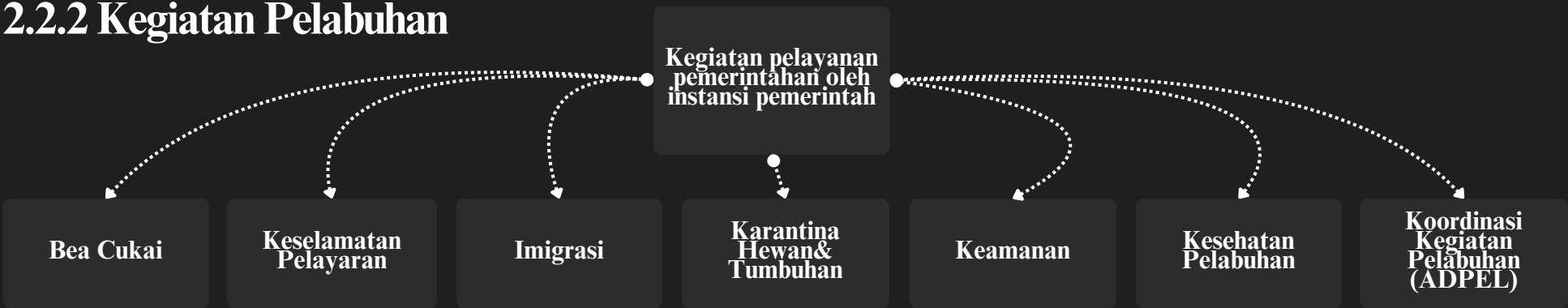
1. Daerah Lingkungan Kerja Pelabuhan (DLKR) yaitu meliputi daratan dan perairan yang menjadi wilayah pelabuhan. DLKR dipergunakan secara langsung untuk semua kegiatan pelabuhan.
2. Daerah Lingkungan Kepentingan Pelabuhan (DLKP) yaitu perairan di sekeliling DLKR Perairan. DLKP dipergunakan untuk menjamin keselamatan pelayaran.



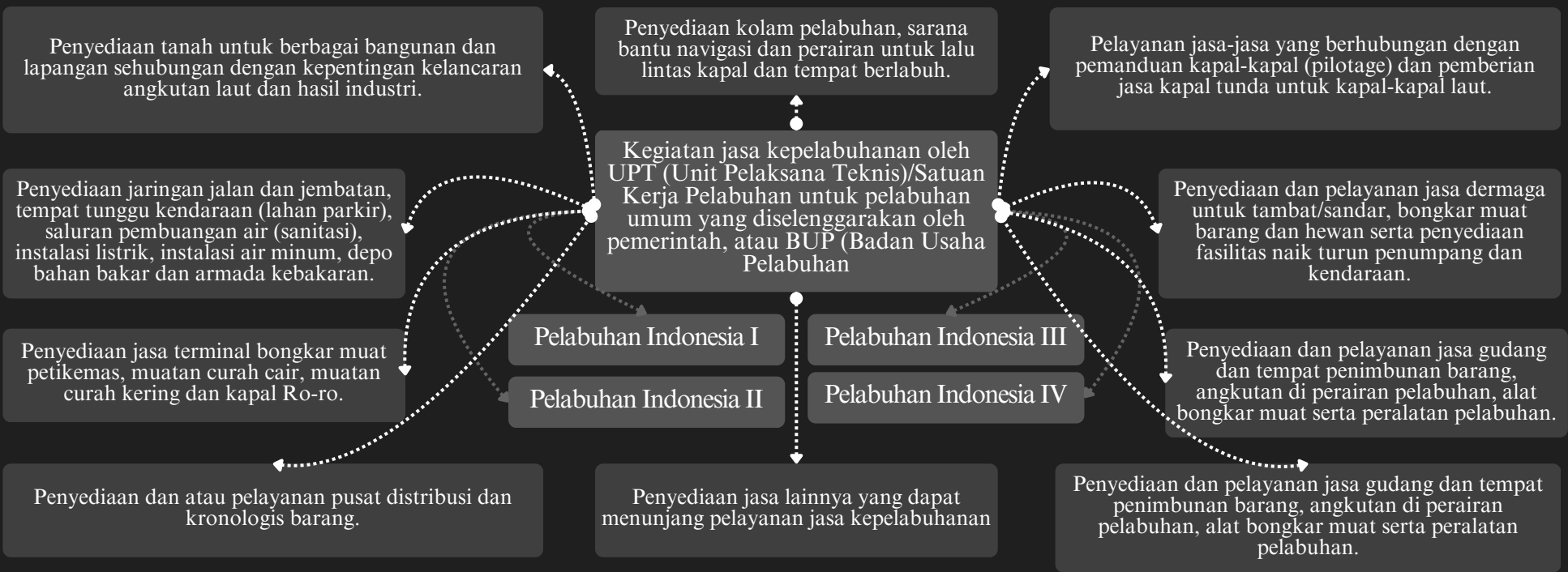
2.2.1 Definisi Pelabuhan



2.2.2 Kegiatan Pelabuhan



Kegiatan jasa kepelabuhanan sebagaimana disebut di atas meliputi:





2.2.3 Peran Pelabuhan

Pelabuhan sebagai elemen transportasi laut memainkan peranan yang sangat penting dalam menunjang dan mendorong pertumbuhan ekonomi nasional dan regional. Hal ini disebabkan kurang lebih **90% dari perdagangan internasional dilakukan melalui laut.**

Dalam kedudukan pelabuhan sebagai sub sistem terhadap pelayaran, dan mengingat pelayaran sendiri adalah pembawa bendera mengikuti pola perdagangan (*ship follows the trade*), maka pelabuhan menjadi salah satu unsur penentu terhadap **aktivitas perdagangan**. Pelabuhan yang dikelola secara efisien akan mendorong kemajuan perdagangan, bahkan industri di daerah belakang akan melaju dengan sendirinya. Apabila diamati perkembangan historis beberapa kota metropolitan terlebih di negara kepulauan seperti Indonesia maka pelabuhan turut membesarkan kota dimaksud.

Pelabuhan menjadi **pemicu bertumbuhnya** jaringan jalan raya, jaringan rel kereta api, dan pergudangan tempat distribusi ataupun konsolidasi komoditas kargo. Jaringan sarana dan prasarana moda transportasi darat menjadikan pelabuhan sebagai titik simpul intramoda transportasi darat dan antarmoda darat dan laut. Pelabuhan berperan sebagai focal point bagi perekonomian maupun perdagangan, dan menjadi kumpulan badan usaha seperti pelayaran dan keagenan, pergudangan, freight forwarding, dan angkutan darat.

2.2.4 Fungsi Pelabuhan

Fungsi Keamanan: Pelabuhan memiliki peran penting dalam menjaga keamanan dan ketertiban pelayaran. Pelabuhan dapat melakukan pengawasan terhadap kapal dan muatan kargo yang masuk dan keluar pelabuhan.		Fungsi Perekonomian: Pelabuhan merupakan pusat kegiatan perekonomian dan bisnis, seperti perdagangan, industri, dan pariwisata. Pelabuhan menjadi titik penting dalam distribusi kargo dan jasa ke berbagai wilayah.	
Fungsi Lingkungan: Pelabuhan memiliki tanggung jawab dalam menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan. Pelabuhan harus memperhatikan dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas bongkar-muat kargo dan kegiatan lain di pelabuhan.	Fungsi Transportasi: Pelabuhan berfungsi sebagai tempat transit kapal- kapal dan muatan kargo dari satu tempat ke tempat lain. Pelabuhan juga berfungsi sebagai tempat pemberangkatan dan kedatangan penumpang.	Fungsi Sosial: Pelabuhan juga dapat berfungsi sebagai tempat rekreasi dan pariwisata. Pelabuhan dapat menyediakan berbagai fasilitas seperti restoran, toko-toko souvenir, dan tempat-tempat wisata yang menarik.	

Link

Link atau mata rantai. Maksudnya, pelabuhan merupakan salah satu mata rantai proses transportasi dari tempat asal kargo/orang ke tempat tujuan

Keberadaan pelabuhan pada hakikatnya memfasilitasi pemindahan batang muatan antara moda transportasi darat (inland transport) dan moda transportasi laut (maritime transport) menyalurkan kargo masuk dan keluar daerah pabean secepat dan seefisien mungkin. Pelabuhan versi UNCTAD berfungsi sebagai mata rantai (link) yang menjadi penghubung rangkaian transportasi. Pada fungsinya sebagai link ini terdapat setidaknya tiga unsur penting, yakni: (a) menyalurkan atau memindahkan kargo muatan dari kapal ke truk; (b) operasi pemindahan berlangsung cepat artinya minimum delay (tundaan); dan (c) efisiensi biaya.

Interface

Interface (titik temu), yaitu pelabuhan sebagai tempat pertemuan dua moda transportasi, misalnya transportasi laut dan transportasi darat

Kargo muatan yang diangkut via maritime transport setidaknya melintasi area pelabuhan dua kali, yakni satu kali di pelabuhan muat dan satu kali di pelabuhan bongkar. Di pelabuhan muat dan demikian juga di pelabuhan bongkar dipindahkan dari/ke sarana angkut dengan menggunakan berbagai fasilitas dan peralatan mekanis maupun non mekanis. Peralatan untuk memindahkan muatan menjembatani kapal dengan truk/kereta api atau truk/kereta api dengan kapal. Pada kegiatan tersebut fungsi pelabuhan adalah antar muka (interface). Di setiap operasi pemindahan kargo yang terdiri dari operasi kapal, operasi transfer dermaga, operasi gudang/lapangan, dan operasi serah terima kargo peralatan angkat dan angkut (lifting & transfer equipmen) mutlak di perlukan. Pada pelayanan kargo muatan curah fungsi interface secara fisik nyata sekali. Peralatan loader/unloader menghubungkan kapal dengan kereta api/truk di darat. Keandalan (reliability) alat-alat dan metode kerja yang sistemik merupakan unsur penentu tingkat kecepatan, kelancaran, dan efisiensi aktivitas kepelabuhanan.

Gateway

Gateway (pintu gerbang), yaitu pelabuhan sebagai pintu gerbang suatu daerah/ negara

Berawal dari kata pelabuhan atau port yang berasal dari kata Latin porta telah bermakna sebagai pintu gerbang atau Gateway. Pelabuhan berfungsi sebagai pintu yang dilalui orang dan kargo ke dalam maupun ke luar pelabuhan yang bersangkutan. Disebut sebagai pintu karena pelabuhan adalah jalan atau area resmi bagi lalu lintas kargo perdagangan. Masuk dan keluarnya kargo harus memenuhi prosedur kepabeanan dan kekarantinaan, di luar jalan resmi tersebut tidak dibenarkan.

Industry Entity

Industry Entity, yaitu pelabuhan akan menimbulkan industri-industri baru pada wilayah hinterlandnya

Pelabuhan yang diselenggarakan secara baik akan bertumbuh dan akan menyuburkan bidang usaha lain sehingga area pelabuhan menjadi zona industri terkait dengan kepelabuhanan. Menurut Peraturan Pemerintah No 61 tahun 2009 tentang Kepelabuhanan, disebutkan bahwa fungsi pelabuhan sebagai

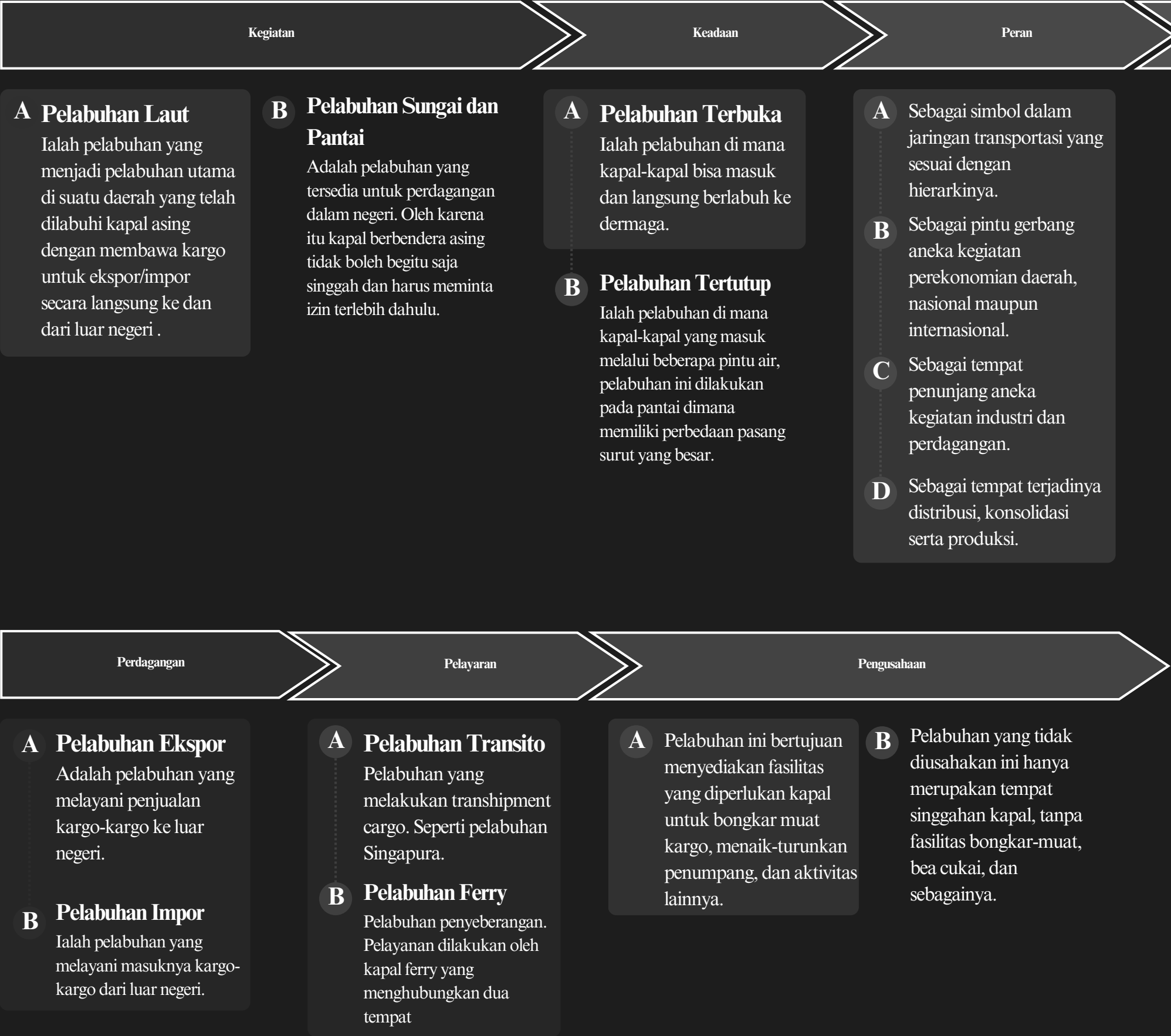
Pemerintahan

Fungsi pemerintahan meliputi pengaturan dan pembinaan, pengendalian, pengawasan kegiatan kepelabuhanan, keselamatan dan keamanan pelayaran. Sedangkan Fungsi pemerintahan lainnya adalah kepabeanan, keimigrasian, kekarantinaan, dan kegiatan pemerintahan lainnya yang bersifat tidak tetap.

Pengusaha

Fungsi pengusaha meliputi penyediaan/ pelayanan jasa kapal dan jasa kepelabuhanan. Pelayanan jasa kapal meliputi jasa dermaga, pengisian bahan bakar dan air bersih, pelayanan naik/ turun penumpang dan kendaraan, jasa dermaga untuk bongkar muat kargo, jasa gudang dan tempat penimbunan, jasa terminjal peti kemas, kargo curah, dan kapal ro-ro, dan sebagainya.

2.2.5 Jenis Pelabuhan



Tabel 2.1 Jenis Pelabuhan
Sumber: D Ashury, 2021

A Pelabuhan *International Hub*

Koneksinya dengan jalur pelayaran internasional; berguna untuk tempat alih muat penumpang dan kargo internasional; memiliki jarak tertentu dengan pelabuhan internasional hub lainnya; koneksinya dengan pasar internasional; memiliki kondisi teknis pelabuhan yang terlindung dari gelombang dengan luas daratan; kedekatan dengan jalur Alur Laut Kepulauan Indonesia; volume kegiatan bongkar muat.

B Pelabuhan Internasional (utama sekunder)

Pelabuhan ini memperhatikan koneksi antara pelayaran nasional dan internasional, Tempat menaikan penumpang dan kargo nasional, memiliki jarak dengan pelabuhan internasional lainnya. Mempunyai kondisi teknis pelabuhan yang melindungi dari gelombang dengan luas daratan dan perairan tertentu, serta volume bongkar muat.

C Pelabuhan Nasional

Meliputi, pemerataan pembangunan nasional dan meningkatkan pertumbuhan wilayah, sebagai tempat alih muat kargo nasional dan muat penumpang serta bisa menangani semi kontainer, memiliki jarak terhadap jalur lintas pelayaran nasional, dan lain sebagainya.

D Pelabuhan Regional

Meliputi, peraturan pemerintah dalam menunjang pertumbuhan ekonomi, pemerataan pembangunan antar propinsi, berperan sebagai tempat melayani penumpang dan kargo internasional kabupaten/kota.

E Pelabuhan Lokal

Meliputi, peraturan pemerintah dalam menunjang pertumbuhan ekonomi, pemerataan pembangunan antar propinsi, berperan sebagai tempat melayani penumpang dan kargo internasional kabupaten/kota.

A Pelabuhan Umum

Pelabuhan yang dipakai untuk melayani kepentingan umum. Penyelenggaraan pelabuhan umum dilakukan oleh pemerintah dan pelaksanaannya dapat diserahkan kepada badan usaha milik negara yang didirikan untuk maksud tersebut.

B Pelabuhan Khusus

Pelabuhan yang dipakai untuk kepentingan pribadi tujuannya untuk menunjang aktifitas tertentu. Pelabuhan khusus dikelola oleh suatu perusahaan baik pemerintah maupun swasta, yang berfungsi sebagai prasarana pengiriman hasil produksi perusahaan tersebut.

Pelabuhan Khusus

(Pelsus dan sesuai Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 terminologinya adalah Tersus/Terminal Khusus) yaitu pelabuhan yang dioperasikan untuk kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu, contoh pelabuhan-pelabuhan milik Pertamina, milik pabrik Semen Gresik, pabrik pulp PT Riau Andalan Pulp & Paper, milik PT Aneka Tambang, milik PT Pabrik Baja Krakatau Steel dan lain-lain.

Pelabuhan Umum

1) **Pelabuhan Umum yang tidak diusahakan** (tidak mengutamakan profit) dimana penyelenggaraannya adalah pemerintah melalui UPT (Unit Pelaksana Teknis)/Satuan Kerja Pelabuhan.

2) Pelabuhan yang diusahakan

(mengutamakan profit) dimana penyelenggaranya adalah BUP (Badan Usaha Pelabuhan) yang saat ini menjadi PT Pelabuhan Indonesia I, II, III dan IV (Persero).

2.2.6 Hirarki Pelabuhan

Pelabuhan Utama (PU)		Pelabuhan Pengumpul (PP)	
Pelabuhan utama adalah pelabuhan yang melayani angkutan laut domestik dan internasional, alih muat dalam jumlah besar, serta menjadi asal tujuan penumpang dan kargo, termasuk angkutan antar provinsi. Di Indonesia, terdapat 39 pelabuhan utama, dengan dua di antaranya (Bitung dan Kuala Tanjung) berfungsi sebagai Hub Internasional.		Pelabuhan pengumpul adalah pelabuhan yang fungsi pokoknya melayani kegiatan angkutan laut dalam negeri, alih muat angkutan laut dalam negeri dalam jumlah menengah, dan sebagai tempat asal tujuan penumpang dan/atau kargo, serta angkutan penyeberangan dengan jangkauan pelayanan antarprovinsi. Pada saat ini terdapat sekurangnya sebanyak 240 (dua ratus empat puluh) pelabuhan yang merupakan pelabuhan pengumpul yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia.	
Kedekatan	<ul style="list-style-type: none">• Kedekatan secara geografis dengan tujuan pasar internasional;• Kedekatan dengan jalur pelayaran internasional + 500 mil dan jalur pelayaran nasional + 50 mil;• Memiliki jarak dengan pelabuhan utama lainnya minimal 200 mil;		<ul style="list-style-type: none">• Memiliki jarak dengan pelabuhan pengumpul lainnya setidaknya 50 mil;• Berada dekat dengan jalur pelayaran nasional ± 50 mil;• Berdekatan dengan pusat pertumbuhan wilayah ibukota provinsi dan kawasan pertumbuhan nasional;
Luas	<ul style="list-style-type: none">• Memiliki luas daratan dan perairan tertentu serta terlindung dari gelombang;		<ul style="list-style-type: none">• Memiliki luas daratan dan perairan tertentu serta terlindung dari gelombang;
Kedalaman	<ul style="list-style-type: none">• Kedalaman kolam pelabuhan minimal -9 mLWS;		<ul style="list-style-type: none">• Kedalaman kolam pelabuhan minimal -7 mLWS;
Peran	<ul style="list-style-type: none">• Berperan sebagai pusat distribusi peti kemas/curah/general cargo/penumpang di tingkat nasional dan pelayanan angkutan petikemas internasional.• Berperan sebagai tempat alih muat peti kemas/curah/general cargo/penumpang internasional;		<ul style="list-style-type: none">• Berperan sebagai pengumpul angkutan peti kemas/curah/general cargo/penumpang nasional;• Berperan sebagai tempat alih muat penumpang dan kargo umum nasional.
Pelayanan	<ul style="list-style-type: none">• Melayani angkutan petikemas sekitar 300.000 TEUs/tahun atau angkutan lain yang setara;		
Fasilitas	<ul style="list-style-type: none">• Memiliki dermaga peti kemas/curah/general cargo minimal 1 (satu) tambatan,• peralatan bongkar muat petikemas/curah/general cargo, serta• Lapangan penumpukan/gudang penyimpanan yang memadai.		<ul style="list-style-type: none">• Memiliki dermaga serbaguna (multipurpose) minimal 1 (satu) tambatan dan peralatan bongkar muat;
Kebijakan			<ul style="list-style-type: none">• Kebijakan pemerintah yang meliputi pemerataan pembangunan nasional dan meningkatkan pertumbuhan wilayah;

Tabel 2.2 Hirarki Pelabuhan
Sumber: D Ashury, 2021

Pelabuhan Pengumpan

Pelabuhan pengumpan adalah pelabuhan yang fungsi pokoknya melayani kegiatan angkutan laut dalam negeri, alih muat angkutan laut dalam negeri dalam jumlah terbatas, merupakan pengumpan bagi pelabuhan utama dan pelabuhan pengumpul, dan sebagai tempat asal tujuan penumpang dan/atau kargo, serta angkutan penyeberangan dengan jangkauan pelayanan dalam provinsi. Berdasarkan hierarki pelabuhan pengumpan dibagi menjadi 2 (dua) yaitu Pelabuhan Pengumpan Regional (PR) dan Pelabuhan Pengumpan Lokal (PL),

Pelabuhan Pengumpan Regional	Pelabuhan Pengumpan Lokal (PL)
<ul style="list-style-type: none">• Melayani penumpang dan kargo antar kabupaten/kota dan/atau antar kecamatan dalam 1 (satu) provinsi;• Berada dekat dengan jalur pelayaran antar pulau + 25 mil;• Berada di sekitar pusat pertumbuhan ekonomi wilayah provinsi;• Memiliki jarak dengan Pelabuhan Pengumpan Regional lainnya 20 - 50 mil.• Memiliki luas daratan dan perairan tertentu serta terlindung dari gelombang;	<ul style="list-style-type: none">• Memiliki jarak dengan Pelabuhan Pengumpan Lokal lainnya 5 - 20 mil.• Berada di sekitar pusat pertumbuhan ekonomi kabupaten/kota;• Berada pada lokasi yang tidak dilalui jalur transportasi laut reguler kecuali keperintisan;• Memiliki luas daratan dan perairan tertentu serta terlindung dari gelombang;
<ul style="list-style-type: none">• Kedalaman kolam pelabuhan maksimal -7mLWS;• Berperan sebagai pengumpan terhadap Pelabuhan Pengumpul dan Pelabuhan Utama;• Berperan sebagai tempat alih muat penumpang dan kargo dari/ke Pelabuhan Pengumpul dan/atau Pelabuhan Pengumpan lainnya;• Berperan melayani angkutan laut antar kabupaten/kota dalam provinsi;	<ul style="list-style-type: none">• Kedalaman kolam pelabuhan maksimal -4 mLWS;• Berperan sebagai pengumpan terhadap Pelabuhan Utama, Pelabuhan Pengumpul, dan/atau Pelabuhan Pengumpan Regional;• Berperan sebagai tempat pelayanan penumpang di daerah terpencil, terisolir, perbatasan, daerah terbatas yang hanya didukung oleh moda transportasi laut;• Berperan melayani penumpang dan kargo antar kabupaten/kota dan/atau antar kecamatan dalam 1 (satu) kabupaten/kota;• Berperan sebagai tempat pelayanan moda transportasi laut untuk mendukung kehidupan masyarakat dan berfungsi sebagai tempat multifungsi selain sebagai terminal untuk penumpang juga untuk melayani bongkar muat kebutuhan hidup masyarakat disekitarnya;
<ul style="list-style-type: none">• Memiliki dermaga dengan panjang maksimal 120 m;	<ul style="list-style-type: none">• Memiliki fasilitas tambat dan dermaga dengan panjang maksimal 70 m;
<ul style="list-style-type: none">• Berpedoman pada tata ruang wilayah provinsi dan pemerataan pembangunan antarprovinsi;• Berpedoman pada tata ruang wilayah kabupaten/kota serta pemerataan dan peningkatan Pembangunan kabupaten/kota;	

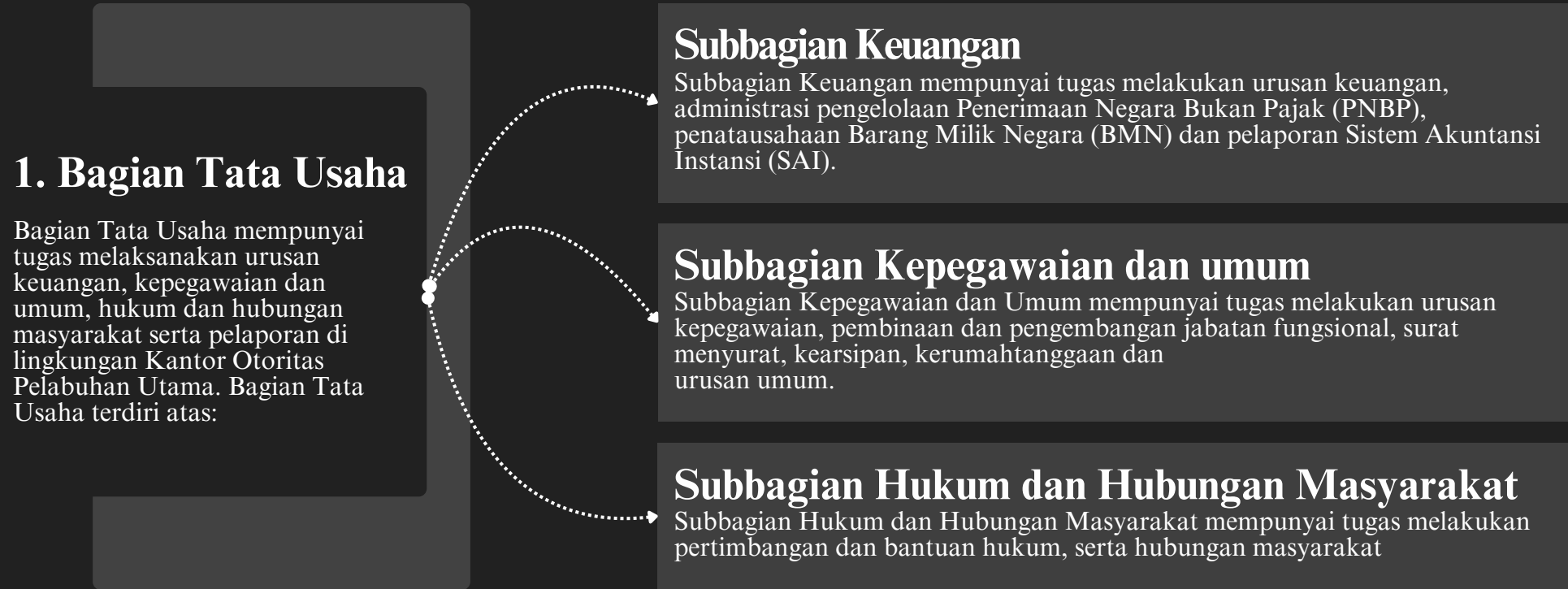
Otoritas Pelabuhan/ *Port Authority (OP)*

Pembentukan organisasi Badan Otoritas Pelabuhan (Port Authority) atau OP, sebagaimana diamanatkan **Undang-Undang Pelayaran No. 17 tahun 2008**, telah disetujui. Pemerintah melalui Kementerian Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi, merespons positif usulan tersebut dengan menerbitkan surat persetujuan bernomor **B/2237 tertanggal 7 Oktober 2010**.

Pendirian OP ini ditegaskan dalam **UU No 17 Tahun 2010 tentang Pelayaran dan Peraturan Pemerintah No.61/2009 Kepelabuhan**. **Otoritas Pelabuhan** adalah lembaga pemerintah di pelabuhan sebagai otoritas yang melaksanakan fungsi pengaturan, pengendalian, dan pengawasan kegiatan kepelabuhanan yang diusahakan secara komersial. **Syahbandar** adalah pejabat pemerintah di pelabuhan yang diangkat oleh Menteri dan memiliki kewenangan tertinggi untuk menjalankan dan melakukan pengawasan terhadap dipenuhinya ketentuan peraturan perundang-undangan untuk menjamin keselamatan dan keamanan pelayaran.

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 35 Tahun 2020 tentang organisasi dan tata kerja Kantor Otoritas Pelabuhan Utama.

Pada BAB II dijelaskan mengenai susunan organisasi Kantor Otoritas Pelabuhan Utama, yang terdiri atas:



2. Bidang Rencana dan Pembangunan

Bidang Perencanaan dan Pembangunan mempunyai tugas melaksanakan penyediaan dan pengaturan penggunaan lahan daratan dan perairan pelabuhan, penyediaan dan pemeliharaan penahan gelombang, kolam pelabuhan, alur-pelayaran, jaringan jalan, dan Sarana Bantu Navigasi, Pelayaran, penjaminan dan pemeliharaan kelestarian lingkungan di pelabuhan, penyusunan Rencana Induk Pelabuhan, Daerah Lingkungan Kerja dan Daerah Lingkungan Kepentingan pelabuhan, dan pengusulan tarif. Bidang Perencanaan dan Pembangunan, terdiri atas:

Seksi Rencana dan Program

Seksi Rencana dan Program bertugas menyiapkan bahan untuk penyusunan, penyediaan, dan pengaturan lahan daratan serta perairan pelabuhan, termasuk pemeliharaan penahan gelombang, kolam pelabuhan, alur pelayaran, jaringan jalan, Sarana Bantu Navigasi, dan penyusunan Rencana Induk Pelabuhan serta Daerah Lingkungan Kerja dan Kepentingan pelabuhan.

Seksi Desain dan Pembangunan

Seksi Desain dan Pembangunan bertugas menyiapkan bahan untuk penyusunan penjaminan dan pemeliharaan lingkungan pelabuhan, program pembangunan dan pemeliharaan sarana serta prasarana pelayanan jasa kepelabuhanan yang belum disediakan oleh Badan Usaha Pelabuhan, serta penyusunan desain konstruksi fasilitas pokok dan penunjang pelabuhan.

Seksi Analisa, Evaluasi, dan Tarif

Seksi Analisa, Evaluasi, dan Tarif bertugas menyiapkan bahan untuk penyusunan dan pengusulan tarif penggunaan daratan, perairan, fasilitas pelabuhan, serta jasa kepelabuhanan. Selain itu, seksi ini juga melakukan analisa dan evaluasi pembangunan penahan gelombang, alur pelayaran, jaringan jalan, sarana bantu navigasi, serta sarana dan prasarana pelayanan jasa kepelabuhanan yang belum disediakan oleh Badan Usaha Pelabuhan.

3. Bidang Lalu Lintas dan Angkutan Laut, Operasi, dan Usaha Kepelabuhanan

Bidang Lalu Lintas dan Angkutan Laut, Operasi, dan Usaha Kepelabuhanan bertugas mengatur lalu lintas kapal, menjamin keamanan, kelancaran arus barang, mengawasi penggunaan lahan dan perairan pelabuhan, serta menyediakan jasa kepelabuhanan. Mereka juga bertanggung jawab atas pemberian konsesi kepada Badan Usaha Pelabuhan dan evaluasi kinerja pelayanan.

Seksi Lalu Lintas dan Angkutan Laut

Seksi Lalu Lintas dan Angkutan Laut mempunyai tugas melakukan penyiapan bahan pengaturan, pengendalian dan pengawasan kegiatan lalu lintas dan angkutan di perairan, tenaga kerja bongkar muat, pengawasan kegiatan keagenan dan perusahaan angkutan laut asing.

Seksi Fasilitas dan Pengawasan Operasional Perusahaan

Seksi Fasilitas dan Pengawasan Operasional Pelabuhan bertugas mengatur dan mengawasi keamanan, lalu lintas kapal, penggunaan lahan, operasional fasilitas, serta peralatan bongkar muat di pelabuhan. Mereka juga merekomendasikan lokasi pelabuhan, mengelola terminal, mendukung operasional 24 jam, dan menjaga kelestarian lingkungan.

Seksi Bimbingan Usaha dan Jasa Kepelabuhanan

Seksi Bimbingan Usaha dan Jasa Kepelabuhanan bertugas menyiapkan bahan dan konsesi untuk Badan Usaha Pelabuhan, serta menyediakan layanan kepelabuhanan yang belum ada. Tugasnya mencakup pengendalian dan pengawasan sistem pelayanan jasa pelabuhan, usaha jasa terkait, dan angkutan perairan, serta penyediaan dan pengelolaan sistem informasi angkutan perairan dan pelabuhan. Mereka juga menyiapkan bahan untuk menetapkan dan mengevaluasi standar kinerja operasional pelayanan jasa.

2.2.8 Badan Hukum Pelabuhan

	Bea Cukai	Kontrol Imigrasi	Kesehatan Pelabuhan
	<p>Bea Cukai mengontrol ekspor-impor kargo dan memelihara catatan statistik negara. Semua kapal wajib melapor sebelum masuk dan berangkat, menyerahkan informasi kapal, kargo, serta daftar awak dan penumpang. Di Inggris, Bea Cukai bekerja sama dengan Maritim dan Penjaga Pantai untuk memeriksa sertifikat keselamatan kapal.</p>	<p>Kantor Imigrasi memeriksa status imigrasi orang yang masuk dan keluar, memeriksa barang bawaan, kendaraan, dan kargo untuk mendeteksi barang terlarang atau imigran ilegal. Mereka juga berpatroli di sepanjang garis pantai untuk mencegah penyelundupan dan kapal ilegal. Nama awak dan penumpang harus diketahui sebelum memasuki negara.</p>	<p>Otoritas kesehatan pelabuhan bertanggung jawab untuk mematuhi peraturan WHO dalam mencegah penyebaran penyakit menular internasional. Kapal akan diperiksa saat kedatangan dan keberangkatan, jika nakhoda melaporkan kasus penyakit menular, dan dapat meminta kapal untuk berlabuh di tempat khusus untuk pemeriksaan medis.</p>
Fungsi	<ul style="list-style-type: none">• Mengontrol ekspor-impor barang,• Memelihara catatan statistik perdagangan,• dan memastikan kapal melaporkan informasi penting sebelum memasuki dan meninggalkan pelabuhan.	<ul style="list-style-type: none">• Mengawasi status imigrasi orang yang datang dan pergi dari negara,• Memeriksa bagasi dan kargo untuk barang terlarang, serta• Mencegah masuknya imigran ilegal.	<ul style="list-style-type: none">• Memeriksa kesehatan kru,• Memastikan kapal tidak membawa penyakit menular,• Memantau sertifikat vaksinasi kru,• dan memberikan izin bagi kapal untuk berlabuh sesuai standar kesehatan.
Peran	<ul style="list-style-type: none">• Melakukan pengecekan kargo,• Melaporkan manifest kapal,• Mendokumentasikan awak dan penumpang, serta• Bekerja sama dengan otoritas maritim terkait sertifikat keselamatan kapal.	<ul style="list-style-type: none">• Mengawasi dan memeriksa daftar awak dan penumpang kapal sebelum masuk negara.• Menangani situasi darurat seperti awak yang harus mendarat karena alasan medis atau kemanusiaan.	<ul style="list-style-type: none">• Memeriksa kesehatan kru,• Memastikan kapal tidak membawa penyakit menular,• Memantau sertifikat vaksinasi kru,• dan memberikan izin bagi kapal untuk berlabuh sesuai standar kesehatan.
	<div><div>1</div><div>Ruang Inspeksi Kargo: Area untuk pemeriksaan barang-barang impor dan ekspor, dilengkapi dengan fasilitas pemindaian dan penyimpanan sementara.</div></div> <div><div>2</div><div>Ruang Arsip & Administrasi: Tempat untuk menyimpan dan mengelola catatan perdagangan dan manifest kapal.</div></div> <div><div>3</div><div>Ruang Pengawasan Elektronik: Pusat kontrol untuk memantau sistem pengendalian inventaris terkomputerisasi dan keamanan kapal yang masuk dan keluar.</div></div>	<div><div>1</div><div>Ruang Pemeriksaan Penumpang: Area untuk memeriksa paspor, visa, dan dokumen imigrasi lainnya.</div></div> <div><div>2</div><div>Ruang Inspeksi Bagasi & Kargo: Fasilitas untuk memeriksa bagasi dan kargo penumpang terkait barang terlarang.</div></div> <div><div>3</div><div>Ruang Penahanan Sementara: Untuk menangani kasus imigrasi ilegal atau masalah hukum lainnya sebelum deportasi atau pengaturan hukum lainnya.</div></div> <div><div>4</div><div>Ruang Pemantauan dan Patroli: Pusat kontrol untuk memantau aktivitas di sekitar pelabuhan dan memeriksa kapal-kapal yang mencurigakan.</div></div>	<div><div>1</div><div>Ruang Karantina: Area khusus untuk menempatkan kru atau penumpang yang diduga membawa penyakit menular sebelum diizinkan masuk ke negara.</div></div> <div><div>2</div><div>Ruang Pemeriksaan Medis: Dilengkapi dengan fasilitas dasar kesehatan untuk pemeriksaan langsung terhadap awak kapal.</div></div> <div><div>3</div><div>Ruang Sertifikasi Vaksinasi: Untuk verifikasi sertifikat vaksinasi internasional dan dokumentasi kesehatan kru kapal.</div></div> <div><div>4</div><div>Ruang Isolasi Darurat: Jika ditemukan kasus penyakit menular yang memerlukan tindakan isolasi lebih lanjut.</div></div>

Tabel 2.3 Badan Hukum Pelabuhan
Sumber: D Ashury, 2021

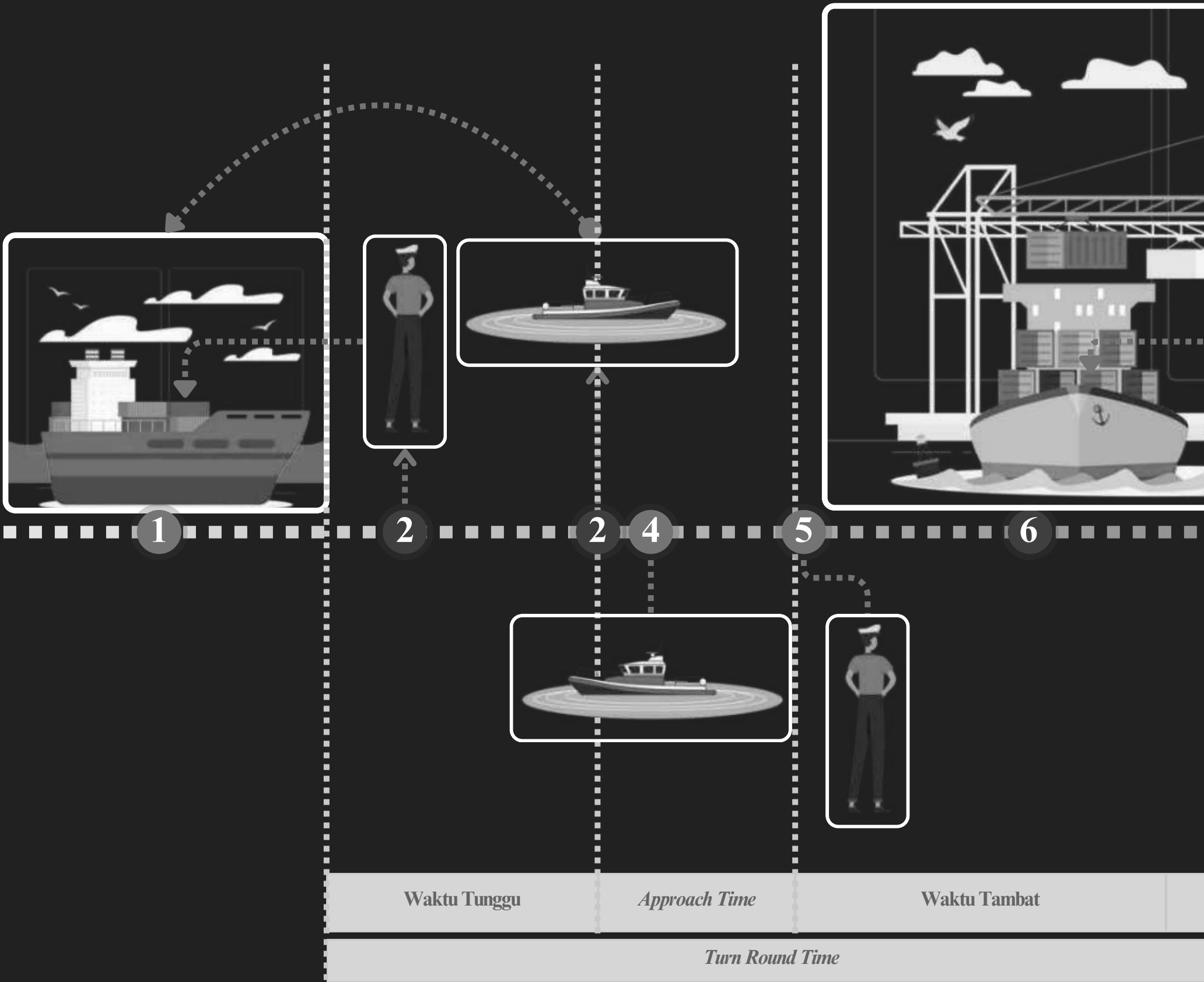
2.3 Rencana Pengembangan Pelabuhan Utama Sorong

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan Multi-Hazard dalam Pendekatan Resilient Architecture

<div>Kegiatan</div> <p>Pelabuhan Utama Sorong nantinya akan dioperasikan oleh PT Pelabuhan Indonesia (PT PELINDO), dan operator ini bertindak sebagai badan usaha milik negara yang bertugas mengelola dan mengoperasikan pelabuhan. Selain itu, PT Pelindo IV juga terlibat dalam pengembangan dan perencanaan pelabuhan Sorong, termasuk peningkatan kapasitas dan fasilitas terminal peti kemas dan penumpang (KEMENHUB, 2011). Pelabuhan Utama Sorong akan melayani kegiatan pemerintahan dimana akan mengakomodasi Bea Cukai, Keselamatan Pelayaran, Imigrasi, Karantina, Keamanan, Kesehatan Pelabuhan, dan APDEL.</p>	<div>Peran</div> <p>Pelabuhan Utama Sorong akan berperan mendorong kemajuan perdagangan dan perpindahan orang di Indonesia Timur. Apabila diamati perkembangan historis beberapa kota metropolitan terlebih di negara kepulauan seperti Indonesia maka pelabuhan turut membesarkan kota yang dimaksud. Jaringan sarana dan prasarana moda transportasi darat menjadikan pelabuhan sebagai titik simpul intramoda transportasi darat dan antarmoda darat dan laut. Pelabuhan Utama Sorong berperan sebagai focal point bagi perekonomian maupun perdagangan, dan menjadi kumpulan badan usaha seperti pelayaran dan keagenan, pergudangan, freight forwarding, dan angkutan darat.</p>	<div>Fungsi</div> <p>Pelabuhan Utama Sorong berfungsi sebagai penjaga ketertiban dan keamanan pelayaran, pusat kegiatan perekonomian dan bisnis, bertanggung jawab dalam menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan DLKR dan DLKP, tempat transit kapal- kapal penumpang dan muatan kargo dari satu tempat ke tempat lain, dan juga tempat rekreasi dan pariwisata. Secara konseptual Pelabuhan Utama Sorong memiliki 4 fungsi yaitu sebagai (1) Link atau mata rantai proses transportasi dari tempat asal kargo/orang, (2) Interface atau titik temu pertemuan dua moda transportasi, misalnya transportasi laut dan transportasi darat, (3) Gateway atau pintu gerbang suatu daerah/ negara, dan (4) Industri Entity, yaitu pelabuhan akan menimbulkan industri-industri baru pada wilayah hinterland nya.</p>
<div>Jenis</div> <p>Pelabuhan Utama Sorong adalah pelabuhan laut yang terbuka dan berperan sebagai simbol. jaringan transportasi laut, gerbang perekonomian daerah, penunjang aneka kegiatan industri dan terjadinya distribusi dan konsolidasi orang. Pelabuhan Utama Sorong akan menjangkau Pelabuhan Internasional (Utama Sekunder) yang melayani penumpang dan kargo nasional dan internasional yang pengelolaannya untuk melayani kepentingan umum yang diusahakan (mementingkan profit) dan penyelenggaraan pelabuhannya dilakukan oleh pemerintah dan pelaksanaannya dapat diserahkan kepada badan usaha milik negara (PT. PELINDO I, II, III, IV).</p>	<div>Hirarki</div> <p>Pelabuhan Utama Sorong termasuk kedalam Pelabuhan Utama (PU) berdasarkan hirarkinya dimana Pelabuhan Utama Sorong harus memiliki kedekatan secara geografis dengan tujuan pasar internasional; Kedekatan dengan jalur pelayaran internasional + 500 mil dan jalur pelayaran nasional + 50 mil; Memiliki jarak dengan pelabuhan utama lainnya minimal 200 mil; memiliki luasan daratan dan perairan tertentu serta terlindung dari gelombang; Kedalaman kolam pelabuhan minimal -9 mLWS; Berperan sebagai pusat distribusi peti kemas/curah/general cargo/penumpang di tingkat nasional dan pelayanan angkutan petikemas internasional. Berperan sebagai tempat alih muat peti kemas/curah/general cargo/penumpang internasional; Melayani angkutan petikemas sekitar 300.000 TEUs/tahun atau angkutan lain yang setara; Memiliki dermaga peti kemas/curah/general cargo minimal 1 (satu) tambatan, peralatan bongkar muat petikemas/curah/general cargo, serta Lapangan penumpukan/gudang penyimpanan yang memadai.</p>	<div>Otoritas & Badan Hukum</div> <p>Syahbandar adalah pejabat pemerintah di pelabuhan yang diangkat oleh Menteri dan memiliki kewenangan tertinggi untuk menjalankan dan melakukan pengawasan terhadap dipenuhinya ketentuan peraturan perundang-undangan untuk menjamin keselamatan dan keamanan pelayaran pada Pelabuhan Utama Sorong. Syahbandar terdiri dari Bagian Tata Usaha, Bidang Rencana dan Pembangunan, dan Bidang Lalu Lintas dan Angkutan Laut, Operasi, dan Usaha Kepelabuhanan. Terdapat 3 Badan Hukum utama yang beroperasi di DLKR dan DLKP pelabuhan Utama Sorong yaitu Bea Cukai, Kontrol Imigrasi, dan Kesehatan pelabuhan.</p>

2.3.1 Skema Alur Pelayanan Kapal

Pelayanan kapal merupakan jasa kegiatan operasional kapal mulai dari masuk hingga keluar pelabuhan. Pelayanan kapal meliputi, pemanduan, penundaan, dan labuh tambat. Kapal yang akan masuk ke pelabuhan melakukan beberapa kegiatan:



1. Kapal tiba di area pelabuhan

2. Petugas pandu naik keatas kapal

3. Kapal tunda siap untuk membantu proses tambat kapal

4. Kapal telah tertambat dan kapal tunda meninggalkan kapal

5. Kapal tertambat dan siap melakukan kegiatan bongkar muat

6. Kapal melakukan bongkar muat-selesai di area terminal cargo

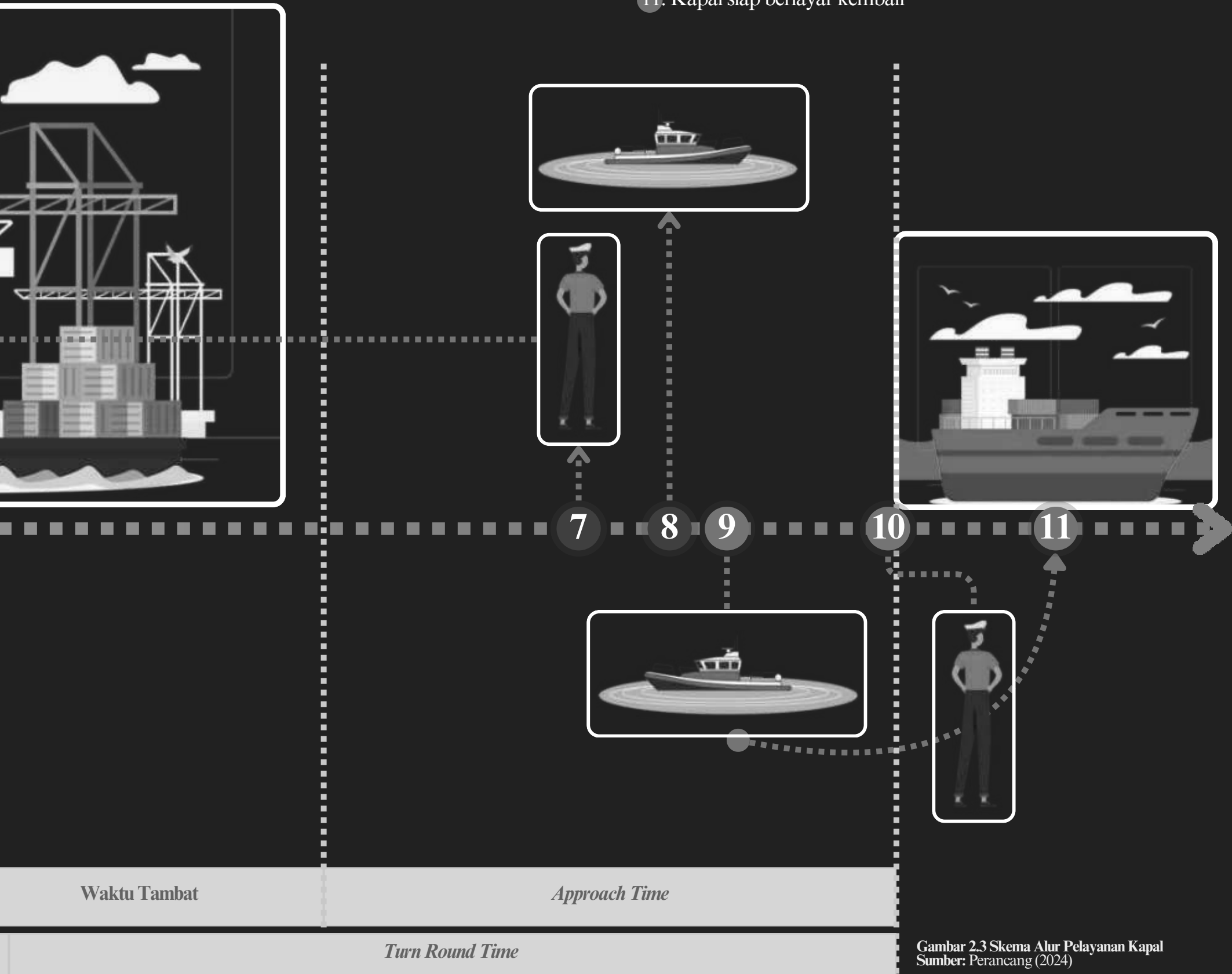
7. Petugas pandu naik keatas kapal

8. Kapal tunda siap membantu proses pelepasan tambat kapal

9. Kapal telah bebas dan kapal tunda merapat ke kapal

10. Petugas pandu turun dari kapal dan masuk ke kapal tunda

11. Kapal siap berlayar kembali



Gambar 2.3 Skema Alur Pelayanan Kapal
Sumber: Perancang (2024)

2.3.2 Pelayanan Kapal

Jejaring Pelayanan Kapal

Operasi pelayanan kapal dimulai ketika Otoritas Pelabuhan (OP) selaku penyelenggara Pelabuhan menerima Rencana Kedatangan Sarana Pengangkutan (RKSP) atau Pemberitahuan Kedatangan Kapal (PKK) yang disampaikan perusahaan pelayaran atau operator kapal atau agen untuk ditindaklanjuti dengan persiapan penyediaan fasilitas labuh, tambat, pandu, tunda, kepil dan personil (Kepabeanean, keimigrasian, dan kekarantinaaan). pelayanan kapal sejak tiba hingga berangkat dapat digambarkan secara garis besar (Outline) terdiri dari 10 (sepuluh) event dan 14 mass (empat belas) aktivitas dengan metode lintasan kritis (critical path method) sebagaimana diagram (Network) di bawah ini:

Keterangan :

- Tersedia satu aktivitas sebelum kapal memasuki area kolam pelabuhan yakni kapal berada di lokasi labuh jangkar (*anchorage area*) Setelah sebelumnya perusahaan pelayaran atau operator kapal ataupun agen mengirimkan RSKP/PKK.
- Kapal yang berkunjung melakukan komunikasi radio atau melalui media elektronik untuk menjelaskan Data kedatangan kapalnya kepada Stasiun Pandu (pilot Station). Stasiun pandu melanjutkan memberikan informasi yang diperlukan kapal, kemudian memberikan juga panduan bagi kapal untuk berlabuh di lokasi yang ditentukan sambil menunggu aba-aba persiapan menerima kedatangan personil Pandu. sementara itu, otoritas pelabuhan menjalankan aktivitas 1 memproses PPKB- PPKBD. Aktivitas 2 adalah kegiatan inspeksi sewaktu kapal masih berada di anchorage area, diikuti dengan Pemberian *multi clearances* Syahbandar, Bea Cukai, imigrasi, dan karantina kesehatan.
- Clearance dari instansi pemerintah tersebut dilanjutkan dengan Aktivitas 3 yakni pemanduan kapal. Layanan jasa Pemanduan, Penundaan, dan Pengepilan berlangsung pada aktivitas 3. Ketika kapal mulai olah gerak meninggalkan area labuh jangkar, personil pandu yang bertugas meluncur dengan kapal pandu, merapat dan naik ke atas kapal. Pandu memberikan asistensi dan informasi prosedur yang berlaku di pelabuhan kepada nahkoda kapal.
- Aktivitas 6 yakni penunjukan Perusahaan Bongkar Muat (PBM) dan permintaan Tenaga Kerja Bongkar Muat (TKBM). Aktivitas 6 tersebut dilaksanakan sebelum kapal tiba di tempat tambat sehingga di saat kapal tiba, bongkar muat dapat langsung dilaksanakan. Aktivitas yang mengikuti pemanduan, penundaan, dan pengepilan kapal masuk, adalah 6 yakni kapal berada terikat secara firm di kade pada posisi. Pengisian air bersih untuk kapal dan/atau bahan bakar (bunker) jika dimungkinkan dari aspek keamanan, dan pemindahan limbah (reception facility) yakni aktivitas 6 dapat dilaksanakan bersamaan waktu (parallel) dengan bongkar muat.
- Setelah bongkar muat dinyatakan selesai, dua aktivitas mengikuti yakni 7 dan 8 masing-masing Clearance Out instansi Syahbandar dan CIQ dan pengurusan/penerbitan berbagai kelengkapan dokumen muatan dan surat-surat kapal (billing and manifesting). Aktivitas 8 adalah permintaan fasilitas pelayanan pemanduan, penundaan, dan pengepilan.
- Aktivitas 9 dan 10 adalah pelayanan pandu, tunda, dan kepil kapal keluar, berlangsung setelah Syahbandar memberikan persetujuan/izin keluar (Clearance Out) dan Otoritas Pelabuhan memerintahkan pemanduan, penundaan, serta pengepilan. Setelah semua proses selesai kapal akan melakukan aktivitas 11 dan melanjutkan pelayaran ke tujuan selanjutnya

2.3.3 Kinerja Pelabuhan Utama Sorong

Kinerja operasional pelabuhan adalah output dari tingkat keberhasilan pelayanan kapal, barang, dan peralatan pelabuhan dalam suatu periode tertentu yang dinyatakan dalam suatu ukuran waktu (jam), satuan berat (ton) dan rata-rata perbandingan (persentase), atau satuan lainnyapada suatu periode waktu tertentu.

Departemen Perhubungan melalui direktorat Jenderal Perhubungan Laut telah menerbitkan Keputusan Dirjen Hubungan laut No.UM.002/38/18/DJM. 11 tentang Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pemanduan dimana hal ini sejalan dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor. 63 Tahun 2010 tentang Penetapan Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan.

Pencapaian Kinerja Operasional Pelabuhan

Pencapaian kinerja operasional pelabuhan dari indikator-indikator pelayanan :

- 1.Apabila nilai pencapaian dibawah nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinyatakan baik.
- 2.Apabila nilai pencapaian 0% sampai dengan 10% diatas nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai cukup baik.
- 3.Apabila nilai pencapaian diatas 10% dari nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai kurang baik.
- 4.Apabila nilai pencapaian diatas nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinyatakan baik.
- 5.Apabila nilai pencapaian diatas 90 % sampai dengab 100% diatas nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai cukup baik.
- 6.Apabila nilai pencapaian kurang dari 90% dari nilai standar kinerja pelayanan operasional yang ditetapkan, dinilai kurang baik.
- 7.Berdasarkan Standar Kinerja Pelayanan Kapal yang dikeluarkan oleh Dirjen Perhubungan Laut Tahun 2020, untuk Pelabuhan Makassar dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Indikator	Nilai Standar
1. <i>Waiting Time (WT)</i>	<i>1 Hour</i>
2. <i>Approach Time (AT)</i>	<i>1,25 Hour</i>
3. <i>Effective Time (ET Berthing Time (BT)</i>	<i>80%</i>
4. <i>Berth Occupancy Ratio (BOR)</i>	<i>70%</i>
5. <i>Shed Occupancy Ratio (SOR)</i>	<i>65%</i>
6. <i>Yard Occupancy Ratio (YOR)</i>	<i>70%</i>
7. <i>Household Appliances</i>	<i>90%</i>

Sumber: KM 48 Tahun 2023

Ketercapaian Indikator Operasioanl Pelabuhan sangat penting karena akan meningkatkan efisiensi dan ekonomi pelabuhan. Berikut adalah uraian ketercapaian indikator terhadap fasilitas pelabuhan:

2.3.4 Fasilitas Pokok Pelabuhan

2.3.4.1 Terminal

Pelabuhan merupakan tempat berlabuhnya kapal-kapal untuk melakukan kegiatan bongkar muat barang dari dan ke kapal. Dengan adanya kegiatan tersebut perlu disediakan terminal sebagai tempat untuk menampung kegiatan yang berhubungan dengan transportasi dan disini ada kegiatan turun dan naik atau bongkar dan muat barang yang nantinya akan dipindah ke tempat tujuan.

Fungsi

Terminal berfungsi untuk mempermudah dalam pelayanan, pengaturan dan pengawasan kegiatan bongkar muat, turun naik, baik barang, penumpang maupun Petikemas, sehingga dalam terminal ada semacam pemusatan kegiatan transportasi.

1. Terminal Petikemas

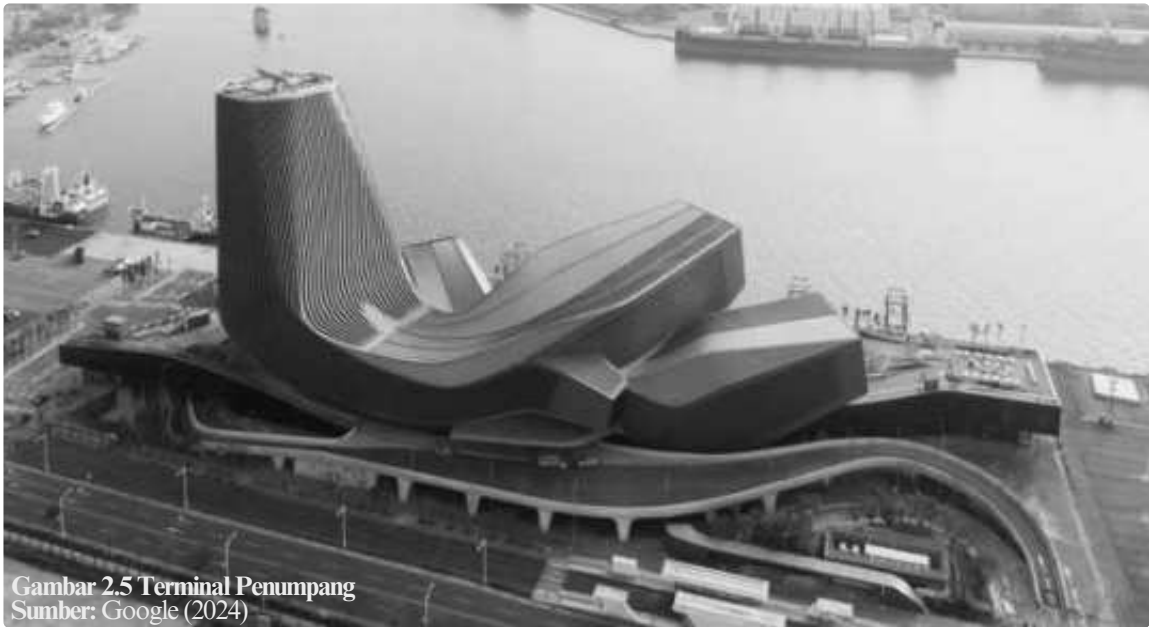
Terminal Petikemas adalah tempat kegiatan bongkar muat Petikemas. Di pelabuhan, kegiatan Terminal Petikemas didukung oleh peralatan bongkar muat yang lengkap dan modern serta dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas lain yang mendukung kelancaran kegiatan bongkarmuat.



Gambar 2.4 Terminal Petikemas
Sumber: Google (2024)

2. Terminal Penumpang

Terminal penumpang adalah tempat kegiatan turun naik penumpang. Di terminal penumpang ini terdapat fasilitas-fasilitas yang berupa ruang tunggu, kantin, kamar kecil, telepon umum, dan parkir untuk penjemput.



Gambar 2.5 Terminal Penumpang
Sumber: Google (2024)

3. Terminal Konvensional

Di terminal konvensional ini terdapat kegiatan bongkar muat barang - barang yang berupa general cargo dengan menggunakan peralatan crane kapal maupun mobile crane. Pelabuhan adalah suatu kawasan yang mempunyai beberapa fasilitas untuk menunjang kegiatan operasional. Fasilitas-fasilitas tersebut ditujukan untuk kelancaran kegiatan usaha di pelabuhan.



Gambar 2.6 Terminal Konvensional
Sumber: Google (2024)

4. Terminal Kendaraan

Terminal ini diperuntukan untuk bongkar muat kendaraan bermotor. Biasanya kapal yang digunakan untuk mengangkut kendaraan adalah kapal ro-ro sehingga dermaga direncanakan untuk tambat kapal ro-ro dengan memperhitungkan kebutuhan ramp jembatan kapal. Selain itu, kebutuhan ruang transit dan penyimpanan untuk kendaraan akan menjadi lebih luas dibandingkan dengan kebutuhan area penumpukan barang atau Petikemas. Kebutuhan luas area untuk setiap jenis kendaraan adalah sebagai berikut:

- Truk 15m kebutuhan ruang 46.5 m²
- Truk 16 ton kebutuhan ruang 26.5 m²
- Mobil berukuran besar kebutuhan ruang 11.0 m²
- Mobil berukuran kecil kebutuhan ruang 7.0 m²



Gambar 2.7 Terminal Kendaraan
Sumber: Google (2024)

2.3.4.1.1 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Jalan

Lampiran:

PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR PM 40 TAHUN 2015 TENTANG STANDAR PELAYANAN PENYELENGGARAN TERMINAL PENUMPANG ANGKUTAN JALAN

No	Jenis Pelayanan	Uraian	Indikator	Tolak Ukur			Keterangan
				Terminal Tipe A	Terminal Tipe B	Terminal Tipe C	
1	Keselamatan						
	a. Lajur Pejalan Kaki	Lajur pejalan kaki yang meminimalkan <i>crossing</i> dengan kendaraan bermotor	Ketersediaan	Tersedia lajur pejalan kaki yang meminimalkan <i>crossing</i> dengan kendaraan bermotor			-
	b. Fasilitas Keselamatan Jalan	Fasilitas Keselamatan Jalan (rambu, marka, penerangan jalan, pagar)	Ketersediaan	Tersedia lajur pejalan kaki yang meminimalkan <i>crossing</i> dengan kendaraan bermotor			-
	c. Jalur Evakuasi	Jalur evakuasi	Ketersediaan	Tersedia jalur evakuasi			-
	d. Alat pemadam kebakaran	Alat pemadam kebakaran	Ketersediaan	Tersedia alat pemadam kebakaran			-
	e. Pos, fasilitas dan petugas kesehatan	Pos, fasilitas dan petugas kesehatan	Ketersediaan	Tersedia Pos, fasilitas dan petugas kesehatan		Tersedia fasilitas dan petugas kesehatan	-
	f. Pos, fasilitas dan petugas pemeriksa kelaikan kendaraan umum	Pos, fasilitas dan petugas pemeriksa kelaikan kendaraan umum	Ketersediaan	Tersedia pos, fasilitas dan petugas pemeriksa kelaikan kendaraan umum			-
	g. Fasilitas perbaikan ringan kendaraan umum	Fasilitas perbaikan ringan kendaraan umum	Ketersediaan	Fasilitas perbaikan ringan kendaraan umum		-	-
	h. Informasi fasilitas keselamatan	Informasi ketersediaan peralatan penyelamatan darurat dalam bahaya (kebakaran, bencana alam, dan kecelakaan)	Ketersediaan	Tersedia informasi fasilitas keselamatan, petunjuk jalur evakuasi dan titik kumpul yang mudah terlihat dengan jelas			-
	i. Informasi fasilitas kesehatan	Informasi ketersediaan fasilitas untuk penanganan darurat	Ketersediaan	Tersedia informasi fasilitas kesehatan yang mudah terlihat dengan jelas			-
	j. Informasi fasilitas pemeriksaan dan perbaikan ringan kendaraan bermotor	Informasi fasilitas pemeriksaan dan perbaikan ringan kendaraan bermotor	Ketersediaan	Informasi fasilitas pemeriksaan dan perbaikan ringan kendaraan bermotor		Informasi fasilitas pemeriksaan kendaraan bermotor	-
2	Keamanan						
	a. Fasilitas Keamanan	Fasilitas pencegah tindak kriminal	Ketersediaan	Tersedia pos keamanan, kamera pengawas, dan titik pengamanan tertentu		Tersedia pos keamanan	-
	b. Media pengaduan gangguan keamanan	Informasi yang disampaikan pengguna jasa apabila mendapat gangguan keamanan berupa stiker berisi nomor telepon dan/ atau SMS pengaduan ditempel pada tempat yang strategis dan mudah dilihat	Ketersediaan	Tersedia stiker pada tempat yang strategis, mudah terlihat dan jelas terbaca			-
	c. Petugas keamanan	orang yang menjaga ketertiban dan keamanan bagi pengguna jasa	Ketersediaan petugas	Minimal 2 (dua) petugas berseragam dan mudah terlihat	Minimal 1 (satu) petugas berseragam dan mudah terlihat		-

No	Jenis Pelayanan	Uraian	Indikator	Tolak Ukur			Keterangan
				Terminal Tipe A	Terminal Tipe B	Terminal Tipe C	
3 Kehandalan/ Keteraturan							
	a. Jadwal kedatangan dan keberangkatan kendaraan serta besaran tarif kendaraan bermotor umum beserta realisasi jadwal secara tertulis	Jadwal kedatangan dan keberangkatan kendaraan serta besaran tarif kendaraan bermotor umum beserta realisasi jadwal secara tertulis	<ul style="list-style-type: none">• Ketersediaan• Keteraturan	Tersedianya jadwal kedatangan dan keberangkatan kendaraan serta besaran tarif kendaraan bermotor umum beserta realisasi jadwal secara tertulis			-
	b. Jadwal kendaraan umum dalam trayek lanjutan dan kendaraan umum tidak dalam drayek lanjutan beserta realisasi jadwal secara tertulis	Jadwal kendaraan umum dalam trayek lanjutan dan kendaraan umum tidak dalam drayek lanjutan beserta realisasi jadwal secara tertulis	<ul style="list-style-type: none">• Ketersediaan• Keteraturan	Jadwal kendaraan umum dalam trayek lanjutan dan kendaraan umum tidak dalam drayek lanjutan beserta realisasi jadwal secara tertulis			-
	c. Loker penjualan tiket	Loker tempat calon penumpang membeli tiket	<ul style="list-style-type: none">• Ketersediaan• Keteraturan	Loker penjualan tiket tetap dan teratur		-	-
	d. Kantor penyelenggara terminal, ruang kendali dan menejemen sistem informasi terminal	Kantor yang terdapat didalam terminal yang berfungsi sebagai tempat pengaturan dan operasional terminal serta ruang kontrol dan SIM terminal	<ul style="list-style-type: none">• Ketersediaan• Luas	Tersedia kantor penyelenggara terminal, <i>control room</i> , dan SIM terminal			-
	e. Petugas operasional terminal	Petugas operasional terminal yang mengatur operasional terminal	<ul style="list-style-type: none">• Ketersediaan• Keteraturan	Tersedia petugas operasional terminal yang mengatur operasional terminal			-
4 Kenyamanan							
	a. Raung tunggu	Ruangan/ tempat yang disediakan untuk penumpang dan calon penumpang sebelum naik bus (ruangan tertutup dan/ atau ruangan terbuka)	<ul style="list-style-type: none">• Ketersediaan• Kondisi• Keteraturan	<ul style="list-style-type: none">• Tersedia tempat duduk• Area bersih 100% sejuk dan tidak berasal dari area terminal• Dilakukan kanlaisasi penumpang, dan diklasifikasikan berdasarkan zona		<ul style="list-style-type: none">• Area bersih 100% sejuk dan tidak berasal dari area terminal• Dilakukan kanalisasi penumpang	-
	b. Toiilet	Tersedianya toilet	<ul style="list-style-type: none">• Jumlah• Kondisi	<ul style="list-style-type: none">• Pria:<ul style="list-style-type: none">◦ 4 Urinoir;◦ 3 WC;◦ 1 WC penyandang disabilitas;◦ 2 wastafel;• Wanita:<ul style="list-style-type: none">◦ 6 WC◦ 1 WC penyandang disabilitas◦ 2 wastafel	<ul style="list-style-type: none">• Pria:<ul style="list-style-type: none">◦ 2 Urinoir;◦ 2 WC;◦ 1 WC penyandang disabilitas;◦ 2 wastafel;• Wanita:<ul style="list-style-type: none">◦ 4 WC◦ 1 WC penyandang disabilitas◦ 1 wastafel	<ul style="list-style-type: none">• Pria:<ul style="list-style-type: none">◦ 1 Urinoir;◦ 1 WC;◦ 1 WC penyandang disabilitas;◦ 2 wastafel;• Wanita:<ul style="list-style-type: none">◦ 1WC◦ 1 WC penyandang disabilitas◦ 2 wastafel	Ketersediaan disesuaikan dengan kondisi lingkungan
				Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam area terminal			
	c. Fasilitas peribadatan/ mushola	Fasilitas untuk melakukan ibadah	<ul style="list-style-type: none">• Luas• Kondisi	<ul style="list-style-type: none">• Pria:<ul style="list-style-type: none">◦ 11 normal;◦ 2 penyandang disabilitas• Wanita:<ul style="list-style-type: none">◦ 9 normal◦ 2 penyandang disabilitas	<ul style="list-style-type: none">• Pria:<ul style="list-style-type: none">◦ 7 orang• Wanita:<ul style="list-style-type: none">◦ 5 orang	<ul style="list-style-type: none">• Pria:<ul style="list-style-type: none">◦ 3 orang• Wanita:<ul style="list-style-type: none">◦ 3 orang	-
				Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam area terminal			
	d. Ruang terbuka hijau	Ruang terbuka hijau disediakan untuk area penghijauan	<ul style="list-style-type: none">• Ketersediaan• Luas• Kondisi	<ul style="list-style-type: none">• Tersedia ruang terbuka hijau minimum 30% luas lahan• Terdapat alat-alat kebersihan, penyiraman taman		<ul style="list-style-type: none">• Tersedia ruang terbuka hijau	-
				Tersedia tempat sampah yang terpisah antara sampah kering dan basah		Tersedia tempat sampah	
	e. Rumah makan	Rumah makan	Ketersediaan	Tersedia fasilitas rumah makan sesuai kebutuhan			-

2.3.4.1.1 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Jalan

No	Jenis Pelayanan	Uraian	Indikator	Tolak Ukur			Keterangan
				Terminal Tipe A	Terminal Tipe B	Terminal Tipe C	
	f. Fasilitas dan petugas kebersihan	Fasiilitas dan petugas kebersihan	Ketersediaan	Tersedia fasilitas dan petugas kebersihan			-
	g. Tempat istirahat awak kendaraan	Tempat istirahat awak kendaraan	Ketersediaan	Tempat istirahat awak kendaraan			-
	h. Area merokok (<i>smoking area</i>)	Tempat khusus untuk merokok	Ketersediaan	Tersedia <i>smoking area</i>			-
	i. Drainase	Drainase yang memadai	Ketersediaan	Tersedia drainase yang memadai			-
	j. Area dengan jaringan internet (<i>hot spot area</i>)	Area yang tersedia jaringan internet (<i>hot spot area</i>)	Ketersediaan	Tersedia <i>hot spot area</i>	-	-	-
	k. Ruang baca (<i>reading corner</i>)	Ruang baca (<i>reading corner</i>)	Ketersediaan	Tersedia <i>reading corner</i>	-	-	-
	l. Lampu penerangan	Lampu penerangan ruangan	Ketersediaan	Tersedia lampu penerangan ruangan dengan intensitas cahaya 300 lux per 100 m2			-
5	Kemudahan/ Keterjangkauan						
	a. Letak jalur keberangkatan	Kapasitas letak jalur pemberangkatan kendaraan	Keteraturan	Letak jalur pemberangkatan kendaraan tetap dan teratur			-
				<ul style="list-style-type: none">• Terpisah dengan jalur penurunan penumpang• Tidak boleh crossing dengan kendaraan lain			
	b. Letak jalur kedatangan	Kapasitas letak jalur pemberangkatan kendaraan	Keteraturan	Letak jalur pemberangkatan kendaraan tetap dan teratur			-
				<ul style="list-style-type: none">• Terpisah dengan jalur penurunan penumpang• Tidak boleh crossing dengan kendaraan lain			
	c. Informasi pelayanan	Visual: <ul style="list-style-type: none">• Denah terminal• Nomor trayek, nama PO dan kelas pelayanannya• Nama terminal keberangkatan• Jadwal• Tarif• Peta jaringan	Tempat/ Ruang	Diletakan di tempat yang strategis antara lain didekat loket, di pintu masuk dan di ruang tunggu umum, mudah dilihat dan jelas terbaca			-
		Audio: <ul style="list-style-type: none">• Informasi pelayanan (disebutkan apa saja)• Kejadian khusus dan gangguan	<ul style="list-style-type: none">• Tempat• Intensitas cahaya	Diletakan di tempat yang mudah didengar oleh pengguna jasa dengan intensitas suara 20 dB lebih besar dari kebisingan yang ada			-
	d. Informasi angkutan lanjutan	Informasi yang disampaikan dalam terminal kepada pengguna jasa sekurang-kurangnya memuat: <ul style="list-style-type: none">• Jenis angkutan• Lokasi angkutan• Jalam pelayanan angkutan lanjutan• Jurusan/ rute• Tarif	Tempat/ Ruang	Penempatan mudah terlihat dan jelas terbaca			-
	e. Informasi gangguan perjalanan mobil bus	Fasilitas dalam terminal yang memberikan informasi penyebab keterlambatan jadwal perjalanan mobil bus seperti gangguan keamanan operasional dan keselamatan	Intensitas suara	Informasi diumumkan maksimal 10 menit setelah terjadi gangguan dan jelas terdengar dengan intensitas 20 dB lebih besar dari kebisingan yang ada	-		-

No	Jenis Pelayanan	Uraian	Indikator	Tolak Ukur			Keterangan
				Terminal Tipe A	Terminal Tipe B	Terminal Tipe C	
	f. Fasilitas penitipan barang	Tempat penitipan barang	Ketersediaan	Tersedia tempat penitipan barang sesuai kebutuhan			-
	g. Fasilitas pengisian baterai	Fasilitas pengisian baterai	Ketersediaan	Fasilitas pengisian baterai			-
	h. Tempat naik/ turun penumpang	Memberikan kemudahan penumpang untuk naik ke bus atau turun dari bus	Aksesibilitas	Tinggi platform sama dengan tinggi lantai bus			-
	i. Tempat parkir kendaraan umum dan kendaraan pribadi	Tempat parkir untuk kendaraan roda 4 dan roda 2	Ketersediaan	Tersedia tempat parkir dengan luas disesuaikan dengan lahan yang tersedia			-
6 Kesetaraan							
	a. Fasilitas penyanggah cacat (difabel)	Fasilitas yang disediakan untuk pengguna jasa difabel	Aksesibilitas	Terdapat ramp portable atau permanen dengan kemiringan maksimum 20° untuk penyambung dari platform ke kendaraan			-
				<ul style="list-style-type: none">Toilet pengguna difabelKursi roda difabel			-
	b. Ruang ibu menyusui	Ruangan/ tempat yang disediakan khusus bagi ibu menyusui dan bayi	Ketersediaan	Tersedia ruang tertutup khusus beserta fasilitas lengkap untuk ibu menyusui dan bayi			-

Tabel 2.4 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Jalan
Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 40 Tahun 2015

2.3.4.1.2 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Laut

Lampiran:

PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR PM 37 TAHUN 2015 TENTANG STANDAR PELAYANAN PENUMPANG ANGKUTAN LAUT

No	Jenis Pelayanan	Uraian	Indikator	Tolak Ukur	Keterangan
1 Keselamatan					
	a. Informasi dan fasilitas keselamatan	Informasi ketersediaan dan peralatan penyelamatan darurat dalam bahaya (kebakran, kecelakaan atau bencana alam)	Ketersediaan <ul style="list-style-type: none">LuasSirkulasi	Tersedia ainformasi dan fasilitas keselamatan yang mudah terlihat dan terjangkau, antara lain: 1. Alat pemadam kebakaran; 2. Petunjuk jalur evakuasi; 3. Titik kumpul evakuasi; dan 4. Nomor telepon darurat.	-
	b. Informasi dan fasilitas kesehatan	Informasi ketersediaan fasilitas kesehatan	Ketersediaan	1. Tersedia trolley dan porter berseragam yang memiliki identitas dan mudah terlihat 2. Kondisi baik dan berfungsi	-
2 Keamanan dan Ketertiban					
	a. Fasilitas keamanan dan ketertiban	Peralatan pencegah tidak kriminal	Ketersediaan	Fasilitas keamanan dan ketertiban antara lain: 1. Tersedia CCTV; 2. Ruang tunggu penumpang dan pengantar/ penjemput	-
	b. Naik turun penumpangh dari dan ke kapal	Sarana penumpang untuk naik turun dari dan ke kapal	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanKondisi	1. Tersedianya jalur penumpang dari dan ke kapal 2. Tangga untuk naik turun dari dan ke kapal yang di lengkapi dengan atap	-
	c. Pos dan petugas keamanan	Berfungsi menjaga ketertiban dan kelancaran sirkulasi pengguna jasa di terminal penumpang	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanKondisi	Tersedia pos dan petugas berseragam dan mudah terlihat	
	d. Informasi gangguan keamanan	Informasi yang disampaikan kepada pengguna jasa apabila mendapat gangguan keamanan berupa stiker berisi nomor telepon dan/ atau SMS pengaduan ditempel pada tempata yang strategis dan mudah dilihat	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanKondisi	Tersedia stiker yang mudah terlihat dan jelas terbaca	-
	e. Peralatan dan pendukung keamanan	Berfungsi sebagai saran pendukung keamanan untuk memberikan rasa aman bagi pengguna jasa	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanIntensitas cahaya	1. Tersedia <i>metal detector</i> ; 2. Tersedia alat pemadam kebakaran; 3. Tersedianya lampu penerangan 200 s/d 300 lux	
3 Kehandalan/ Keteraturan					
	a. Kemudahan untuk mendapatkan tiket	Penjualan tiket secaraonline dan pencetakan tiket kapal	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanWaktu	1. Tersedia mesin pencetakan tiket; 2. Waktu pencetakan tiket maksimum 5 menit per nasma penum	-
	b. Jadwal keberangkatan dan kedatangan kapal	Informasi yang jelas mnengenai keberangkatan dan kedatangan kapal	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanKondisi	Tersedia informasi jadwal keberangkatan dan kedatangan kapal dalam bentuk TV LCD atau papan pengumuman	-
4 Kenyamanan					
	a. Ruang tunggu	Ruangan tertutup dan/ atau terbuka sebagai tempat tunggu penumpang dan calon penumpang sebelum melakukan <i>check-in</i>	<ul style="list-style-type: none">LuasKondisi	1. Untuk 1 (satu) orang minimum 0,6 m2 2. Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam area terminal penumpang	-
	b. <i>Gate/ Koridor boarding</i>	Ruang atau tempat yang disediakan untuk orang melakukan verifikasi sesuai dengan identitas diri	<ul style="list-style-type: none">LuasKondisi	1. Untuk 1 (satu) orang minimum 0,6 m2 dan dilengkapi dengan tempat duduk 2. Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam area terminal penumpang	-
	c. Toilet	Tersedianya toilet	<ul style="list-style-type: none">JumlahKondisi	1. Tersedianya 1 toilet untuk 50 penumpang dan jumlah toilet wanita 2 kali toilet pria 2. Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam area terminal	-

No	Jenis Pelayanan	Uraian	Indikator	Tolak Ukur	Keterangan
	d. Tempat ibadah	Fasilitas untuk melakukan ibadah	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanKondisi	1.Tersedia musholla 2.Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam musholla	-
	e. Lampu penerangan	Berfungsi sebagai sumber cahaya di pelabuhan untuk memberikan rasa nyaman bagi pengguna jasa	Intensitas cahaya	200 s/d 300 lux	-
	f. Fasilitas pengatur suhu	Fasilitas untuk sirkulasi udara dapat menggun akan AC dan kipas angin dari/ atau ventilasi udara	Suhu	Suhu dalam ruangan maksimal 27° celcius	-
	g. Fasilitas kebersihan	Fasilitas kebersihan berupa tempat sampah	Kondisi	Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam area terminal penumpang	-
	h. Ruang pelayanan kesehatan	Fasilitas untuk pelayanan kesehatan	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanKondisi	1.Tersedianya ruangan untuk pelayanan kesehatan 2.Area bersih 100% dan tidak berbau yang berasal dari dalam area terminal penumpang	-
	i. Area merokok	Fasilitas untuk tempat meroko	Ketersediaan	Tersedia ruangan khusus area merokok bagi calon penumpang yang merokok	-
5 Kemudahan					
	a. Informasi pelayanan	Informasi yang disampaikan di terminal kepada pengguna jasa, yang terbaca dan terdengar, paling sedikit memuat: 1. <i>Layout</i> terminal penumpang; 2. Nama dermaga dan kapal; 3. Jadwal kedatangan dan keberangkatan; 4. Jurusan/ Tarif; dan 5. Peta jaringan rute pelayanan	<ul style="list-style-type: none">KondisiIntensitas suara	1. Informasi dalam bentuk visual diletakkan di tempat strategis yang mudah terlihat dan jelas terbaca 2. Informasi dalam bentuk audio harus jelas terdengar dengan intensitas suara 20 dB lebih besar dari kebisingan yang ada	-
	b. Informasi waktu kedatangan dan keberangkatan kapal	Informasi yang disampaikan di dalam terminal kepada pengguna jasa mengenai perkiraan waktu kedatangan dan keberangkatan kapal	<ul style="list-style-type: none">KondisiIntensitas suara	1. Informasi dalam bentuk visual disampaikan melalui papan pengumuman atau <i>display</i> yang mudah terlihat dan jelas terbaca 2. Informasi dalam bentuk audio harus jelas terdengar dengan intensitas suara 20 dB lebih besar dari kebisingan yang ada	-
	c. Informasi gangguan perjalanan kapal	Pemberian informasi jika terjadi gangguan perjalanan	Waktu	Informasi diumumkan maksimal 10 menit setelah gangguan	-
	d. Informasi angkutan lanjutan	Informasi yang disampaikan didalam terminal kepada pengguna jasa mengenai angkutan lanjutan, paling sedikit memuat: 1. Jenis angkutan; 2. Jadwal kedatangan dan keberangkatan; 3. Jurusan/ rute dari koridor; 4. Tarif; dan 5. Lokasi dan penunjuk arah angkutan lanjutan	<ul style="list-style-type: none">Tempat kondisi	Penempatan mudah terlihat dan jelas terbaca	-
	e. Fasiltias layanan penumpang	Fasiltias yang disediakan untuk memberikan informasi perjalanan kapal dan layanan pengaduan	Jumlah	Mempunyai tempat dan 1 meja kerja, dan 1 orang petugas yang memiliki kecakapan berbahasa inggris	-
	f. Fasiltias kemudahan naik/turun penumpang	Memberikan kemudahan penumpang untuk naik kapal dan turun dari kapal		Tersedia tangga embarkasi/ debarkasi beratap 1.Luastempat parkir ddisesuaikan dengan lahan yang tersedi	
	g. Tempat parkir	Tempat untuk parkir kendaraan baik roda 4 dan roda 2	<ul style="list-style-type: none">LuasSirkulasi	1. 1.Tersedia trolley dan porter berseragam yang memiliki identitas dan mudah terlihat 2. Kondisi baik dan berfungsi	-
	h. . Pelayanan bagasi penumpang	Memberikan kemudahan penumpang untuk membawa barang bawaan	<ul style="list-style-type: none">KetersediaanKondisi	1. Tersedia trolley dan porter berseragam yang memiliki identitas dan mudah terlihat 2. 2. Kondisi baik dan berfungsi	-
6 Kesetaraan					
	a. Fasilitas penyandang difabel	Fasilitas yang disediakan untuk penyandang difabel	Ketersediaan	Tersedia tandu	-
	b. Ruang ibu menyusui	Ruangan/tempat khusus disediakan bagi ibu menyusui	Jumlah	Tersedia ruang khusus beserta fasilitas lengkap untuk ibu menyusui dan bayi	-

Tabel 2.5 Fasilitas Terminal Angkutan Penumpang Laut
Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 37 Tahun 2015

Lapangan penumpukan adalah suatu tempat yang berada di luar dan terletak di dekat dermaga yang digunakan untuk menyimpan barang-barang yang akan dimuat ke kapal atau setelah dibongkar dari kapal. Lapangan penumpukan harus diperkeras dengan struktur perkerasan tertentu sehingga dapat menerima beban yang berat dari barang yang ditampungnya.

Fungsi

- Fungsi Lapangan Penumpukan adalah untuk menyimpan barang-barang berat dan besar serta mempunyai ketahanan terhadap panas matahari dan hujan.
- Barang-barang yang disimpan di lapangan penumpukan berupa kendaraan berat, barang-barang yang terbuat dari Baja seperti tiang listrik, plat baja, baja profil, baja beton, dsb.

Suatu lapangan penumpukan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Tersedianya tempat untuk areal penyortiran barang harus dikembangkan setelah mempertimbangkan jenis dan jumlah barang yang ditangani serta kondisi penangannya.
2. Lay out lapangan harus aman bagi operasi kendaraan dan peralatan pengangkut barang.
3. Areal penyortiran barang harus dikeraskan dengan bahan untuk lapisan jalan/trotoar seperti beton semen atau beton aspal.
4. Areal penyortiran barang harus dilengkapi dengan fasilitas pembuangan air.
5. Areal penyortiran barang dimana pengangkutan barang dilakukan pada malam hari harus dilengkapi dengan penerangan yang memadai.
6. Pada areal penyortiran barang yang berbahaya bagi umum, harus ada tanda/rambu larangan masuk untuk umum, dan arealnya harus dikelilingi dengan pagar.
7. Pada areal penyortiran barang dimana barang dapat diterbangkan oleh angin, maka harus dilengkapi dinding pelindung.

Prinsip perhitungan kebutuhan luas lapangan penumpukan sama

untuk perhitungan luas gudang tertutup. Dengan fungsi sebagai tempat penyimpanan atau penumpukan barang-barang yang masuk dan keluar pelabuhan, serta lalu lintas alat berat untuk bongkar muat, perencanaan struktur perkerasan lapangan penumpukan menjadi sangat penting.

Struktur perkerasan lapangan penumpukan dapat berupa struktur perkerasan kaku atau struktur perkerasan lentur dan masing-masing desain perkerasan struktur dipengaruhi oleh:

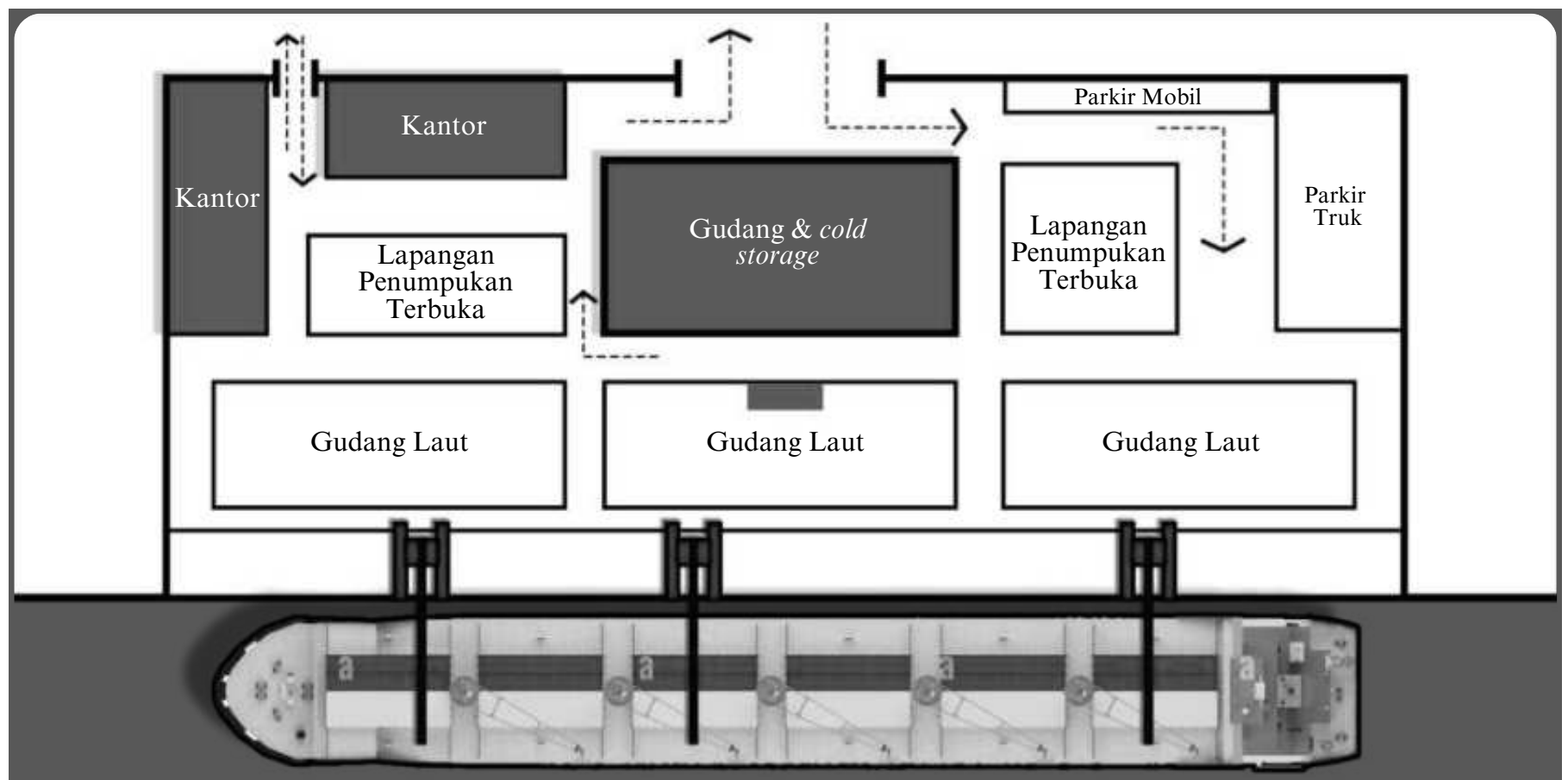
1. Beban rencana
2. Volume kendaraan/ alat-alat berat
3. Daya dukung tanah
4. Material bahan perkerasan

Fasilitas Lapangan Penumpukan

- Apron, adalah halaman di atas dermaga yang terbentang dari sisi muka dermaga sampai gudang laut atau lapangan penumpukan terbuka. Apron digunakan untuk menempatkan barang yang akan dinaikkan ke kapal atau barang yang baru saja diturunkan dari kapal. Bentuk apron tergantung pada jenis muatan, apakah barang umum, curah atau petikemas. Lebar apron tergantung pada fasilitas yang ditempatkan di atasnya, seperti jalan untuk truk dan/atau kereta api, crane, alat pengangkut lainnya seperti forklift, kran mobil, gerobak yang ditarik traktor, dan sebagainya. Biasanya lebar apron adalah antara 15 hingga 25 meter. Sebagai contoh, terminal barang umum di Pelabuhan Tanjung Mas dan Tanjung Priok mempunyai lebar 25 m.
- Gudang Laut (gudang lini I), gudang laut hanya menyimpang semestara waktu sambil menunggu pengangkutan lebih lanjut menuju tujuan terakhir. Masa penyimpanan barang-barang dalam gudang laut adalah maksimum 15 hari untuk barang-barang yang akan dimasukkan ke dalam peredaran bebas setempat (dengan angkutan darat) dan maksimum 30 hari untuk barang-barang yang akan diteruskan ke pelabuhan lain (dengan kapal lain).

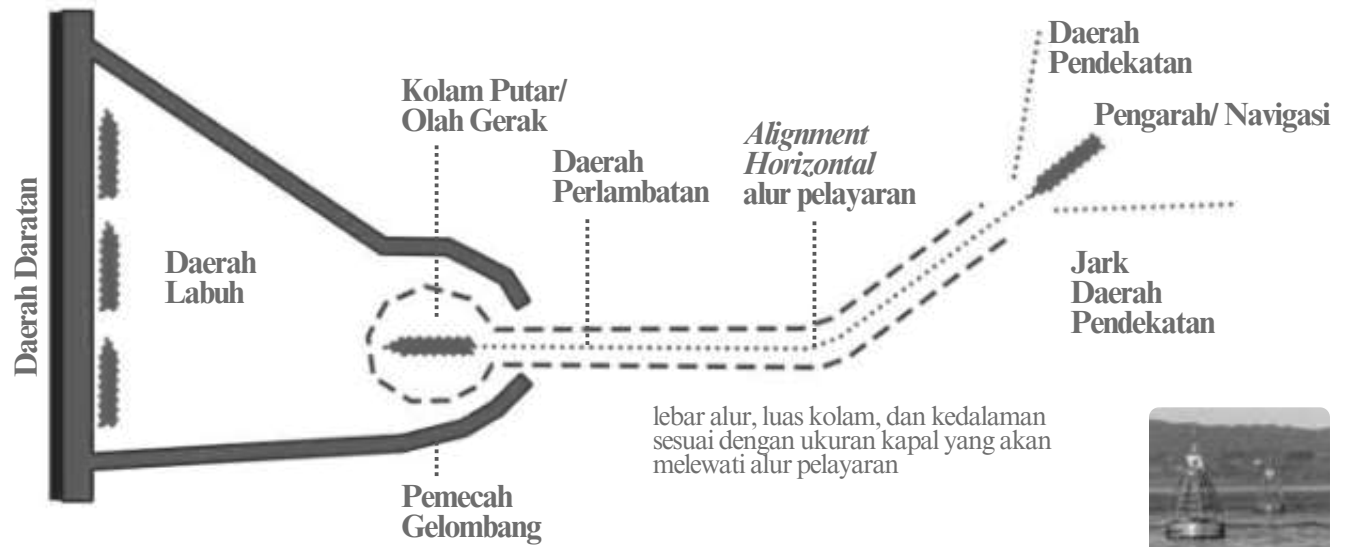
Apabila sampai batas waktu tersebut barang belum bisa dikirim ke tempat tujuan akhir maka barang harus dipindahkan ke gudang lini ke II (warehouse). Fasilitas yang ada di gudang laut biasanya tidak dipungut biaya untuk waktu pemakaian antara 3 sampai 5 hari. Tetapi apabila lebih dari waktu tersebut akan dikenakan biaya. Tidak semua barang yang dibongkar dari kapal disimpan di gudang dan lapangan penumpukan. Sebagian barang dikirim langsung ke tempat tujuan, sedang sisanya tertahan di pelabuhan dan disimpan di gudang dan lapangan penumpukan.

- Gudang (*warehouse*), digunakan untuk menyimpan barang dalam waktu lama. Gudang ini dibuat agak jauh dari dermaga. Hal ini mengingat beberapa hal berikut ini. a. Ruangan yang tersedia di dermaga biasanya terbatas dan hanya digunakan untuk keperluan bongkar muat dari dan/atau ke kapal. b. Pengoperasian gudang laut sangat berbeda dengan gudang. Gudang laut memerlukan gang yang lebih besar untuk penanganan secara cepat barang-barang dengan menggunakan peralatan pengangkut (*forklift*, dsb). c. Dari tinjauan ekonomis pembuatan gudang di dermaga tidak menguntungkan, mengingat konstruksi gudang lebih berat dari gudang laut, sementara kondisi tanah di daerah tersebut kurang baik sehingga diperlukan fondasi tiang pancang yang mahal.
- Bangunan Pendingin (*cold storage*), Apabila barang yang memerlukan pendinginan dikapalkan oleh kapal dengan pendingin dan didistribusikan ke daerah tujuan dengan kereta api atau truk, maka diperlukan bangunan pendingin (*cold storage building*) di dermaga sedemikian sehingga barang-barang beku tersebut dapat dipindahkan dari kapal ke tempat di bangunan *cold storage* dalam waktu yang sesingkat mungkin sehingga perubahan temperatur yang terjadi sekecil mungkin. Dengan demikian kerusakan makanan yang terjadi dapat ditekan. Bahan makanan yang memerlukan pendinginan adalah daging, ikan, buah-buahan, sayur-sayuran.



Gambar 2.8 Skema Alur di Lapangan Penumpukan
Sumber Gambar: Perancang 2024

- Alur pelayaran adalah area yang dilalui kapal sebelum masuk pelabuhan, dibatasi oleh pemecah gelombang, di mana setiap kapal harus membayar Jasa Labuh saat masuk ke alur tersebut.
- Alur pelayaran mengarahkan kapal masuk dan keluar pelabuhan, memerlukan perairan yang tenang dan terlindung untuk menjamin keamanan saat kapal berlabuh dan melakukan bongkar muat.
- Alur pelayaran memudahkan kapal memasuki kolam pelabuhan dan mengurangi kesulitan akibat manuver kapal atau gangguan alam, dengan memperhatikan ukuran, jumlah, dan kecepatan kapal.
- Untuk navigasi yang aman, alur pelayaran direncanakan agar tidak mengalami pendangkalan akibat sedimentasi, dengan mempertimbangkan kapal terbesar yang akan masuk serta kondisi laut dan angin.
- Pemilihan karakteristik alur pelabuhan dipengaruhi oleh lalu lintas kapal, geografi, meteorologi, dasar saluran, bantuan navigasi, serta kondisi fisik kapal, pasang surut, arus, dan gelombang.
- Alur pelayaran yang lebih lebar dan dalam memungkinkan lebih banyak kapal bergerak tanpa bergantung pada pasang surut, mengurangi waktu tunggu, dan mempercepat transit barang



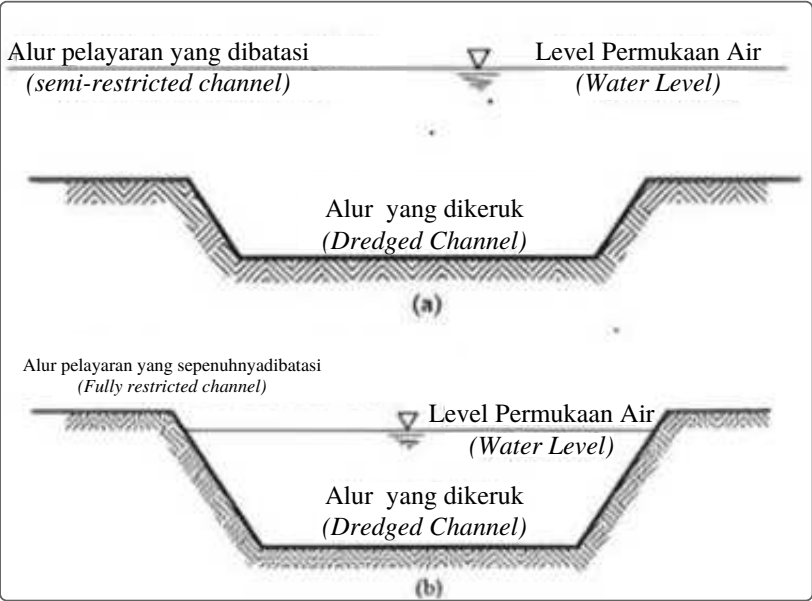
Gambar 2.9 Alur Pelayaran
Sumber: A. Djamaluddin, 2022
Gambar 2.10 Pelampung suar
Sumber: Google, 2024

- Alur pelayaran adalah bagian perairan alami atau buatan yang digunakan untuk lalu lintas kapal, dengan kedalaman dan lebar yang dianggap aman. Alur ini menghubungkan daerah tempat kapal menunggu dengan perairan dekat dermaga.
- Alur pelayaran juga dilengkapi dengan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP), seperti pelampung dan lampu untuk menandai batasnya. Pengerukan sering diperlukan di pelabuhan yang memiliki kedalaman perairan kecil.

1. Layout Alur Pelayaran

Alur Pelayaran dan jalur air dapat dibagi lagi menjadi alur pelayaran bebas, semi-dibatasi dan sepenuhnya dibatasi :

1. **Alur pelayaran bebas** (*unrestricted channels*) adalah alur pelayaran dan jalur air di perairan dangkal dengan lebar setidaknya 10-15 kali lebar kapal terbesar yang menggunakan alur pelayaran tersebut, tetapi tanpa pengerukan apapun;
2. **Alur pelayaran semi-dibatasi** (*Semi-restricted channels*) adalah alur yang dikeruk di perairan dangkal;
3. **Alur pelayaran yang sepenuhnya dibatasi** (*fully restricted channels*) adalah alur pelayaran di mana seluruh area perairan dikeruk.



Gambar 2.11 Alur pelayaran (a) semi-restricted dan (b) fully restricted
Sumber: A. Djamaluddin, 2022

2. Alur Lurus (Alur Pelayaran Lurus)

Lebar minimum alur pelayaran lurus akan tergantung terutama pada ukuran dan manuver kapal navigasi di alur pelayaran dan efek dari angin dan arus. Lebar alur dibagi menjadi tiga zona atau jalur, untuk satu arah dan dua arah lalu lintas:

1. Jalur manuver
2. Jalur aman/bebas (*bank clearance lane*)
3. Jalur kapal ijin (*the ship clearance lane*)

Lebar alur pelayaran yang dibatasi harus diukur dari bawah lapisan yang dikeruk dan harus merupakan penjumlahan dari jalur. Lebar jalur manuver umumnya akan bervariasi 1,6-2,0 kali lebar kapal terbesar yang menggunakan alur, tergantung pada angin saat ini dan manuver kapal.

Bangunan atas yang sangat tinggi pada kontainer, pembawa mobil, kapal penumpang dan kapal tanker yang berat (ballast) membutuhkan daerah hambatan angin (*windage*) yang cukup besar, dan karena itu mungkin memerlukan lebar alur pelayaran yang lebih besar dari yang disarankan.

3. Alur Lengkung (Alur Pelayaran Lengkung)

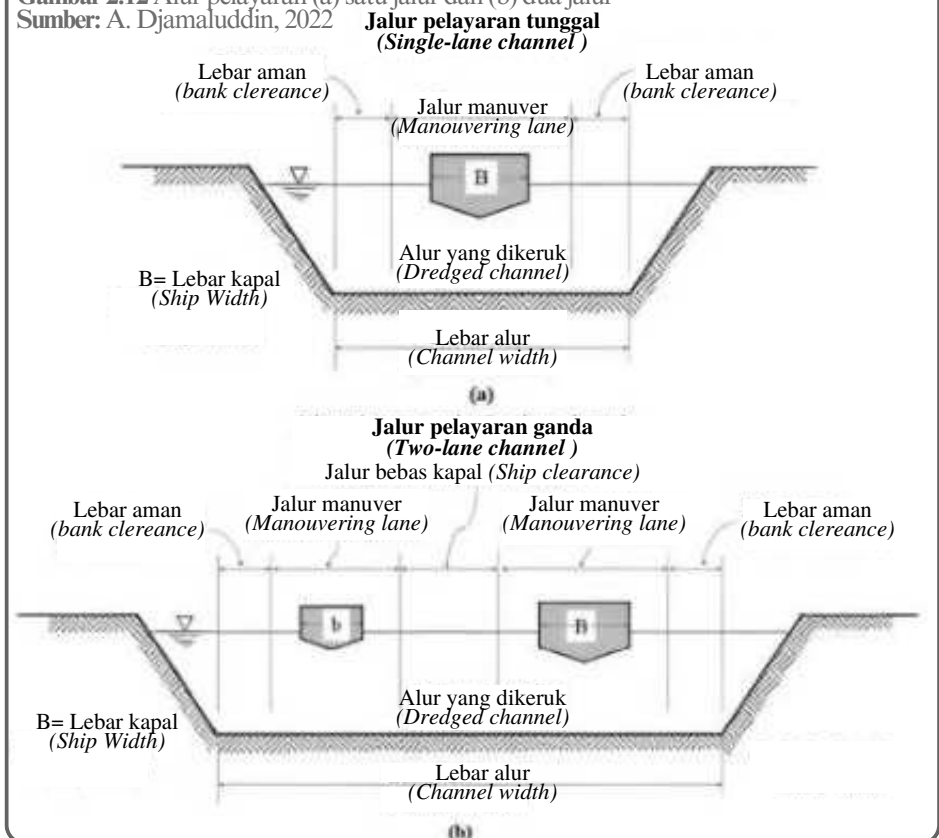
Aturan umumnya, **kurva dan tikungan tajam** di alur pelayaran jika mungkin harus **dihindari**. Di mana kurva yang tidak dapat dihindari, lebar minimum dari alur pelayaran di kurva harus lebih besar dari di alur pelayaran lurus karena lebar manuver tambahan yang diperlukan, karena kapal akan memerlukan lebih besar di tikungan daripada di bagian lurus.

Dalam prakteknya, **jika sudut defleksi kurva lebih besar dari 10 derajat alur pelayaran harus diperlebar**. Tergantung pada manuver kapal dan jari-jari tikungan, lebar jalur manuver harus ditingkatkan menjadi 2,0 kali lebar kapal terbesar di alur pelayaran dan sekitar 4.0 kali lebar kapal terbesar di alur pelayaran melengkung.

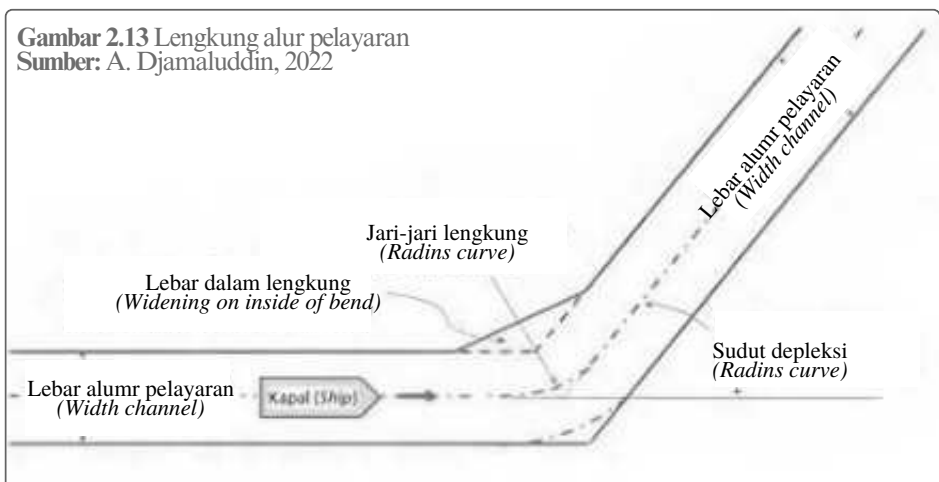
Perencanaan alur pelayaran dan kolam pelabuhan didasarkan pada kondisi meterologi dan oseanografi. Parameter bagi perencanaan kedalaman dan lebar alur pelayaran adalah:

1. Topografi permukaan dasar laut (kedalaman perairan);
2. Elevasi muka air rencana yang ada (hasil analisa pasang surut);
3. Kondisi angin di perairan (arah dan kecepatan angin);
4. Arah dan tinggi gelombang di perairan (hasil peramalan gelombang);
5. Arus yang terjadi di perairan;
6. Ukuran kapal dan rencana manuver kapal yang diperbolehkan;
7. Trase (Alignment) alur pelayaran dan stabilitas bahan dasar perairan;
8. Koordinasi dengan fasilitas lainnya;
9. Navigasi yang mudah dan aman.

Gambar 2.12 Alur pelayaran (a) satu jalur dan (b) dua jalur
Sumber: A. Djamaluddin, 2022



Gambar 2.13 Lengkung alur pelayaran
Sumber: A. Djamaluddin, 2022



- Kolam pelabuhan adalah perairan yang berada di depan dermaga yang digunakan untuk bersandarnya kapal
- Fungsi kolam pelabuhan adalah untuk menampung kapal dalam melakukan berth time (waktu sandar) selama dalam pelabuhan, agar kapal dapat dengan mudah melakukan bongkar muat tanpa terganggu oleh gelombang. Oleh sebab itu kolam pelabuhan seharusnya berada di dalam wilayah yang terlindung
- Kolam pelabuhan mempunyai bentuk memanjang yang biasanya dipakai untuk pelabuhan Petikemas, dan kolam yang mempunyai bentuk jari, dapat dibuat bila garis pantai mempunyai kedalaman terbesar menjorok ke laut dan tidak teratur khususnya dibangun untuk melayani kapal dengan muatan umum (general cargo).
- Panjang kolam tidak kurang dari panjang total kapal (Loa) ditambah dengan ruang yang diperlukan untuk penambatan yaitu sebesar lebar kapal. Apabila dermaga digunakan untuk tambatan tiga kapal atau kurang, lebar kolam di antara dermaga adalah sama dengan panjang kapal (Loa). Sedangkan dermaga untuk empat kapal atau lebih, lebar kolam adalah 1,5 Loa.
- Kolam pelabuhan harus tenang, mempunyai luas dan kedalaman yang cukup, sehingga memungkinkan kapal berlabuh dengan aman dan memudahkan bongkar muat barang. Selain itu tanah dasar harus cukup baik untuk bisa menahan anker dari pelampung penambat.

1. Parameter Kolam Perabuhan

Perairan yang menampung kegiatan kapal untuk bongkar muat, berlabuh, mengisi persediaan dan memutar kapal dinamakan kolam pelabuhan. Parameter-parameter bagi perencanaan kolam pelabuhan sebagai berikut :

1. Batimetri laut (kedalaman perairan);
2. Elevasi muka air rencana yang ada (hasil analisa pasang surut);
3. Kondisi angin di perairan (arah dan kecepatan);
4. Arah, kecepatan dan tinggi gelombang pada perairan (hasil peramalan gelombang);
5. Arus yang terjadi di perairan;
6. Ukuran kapal rencana dan rencana manuver yang diperbolehkan;
7. Perairan yang relatif tenang;
8. Lebar dan kedalaman perairan disesuaikan dengan kebutuhan;
9. Kemudahan gerak kapal (manuver).

3. Kolam Putar

Kolam putar diperlukan agar kapal bisa berbalik arah dengan mudah, dan ukurannya dipengaruhi oleh panjang kapal, sistem operasi, dan jenis kapal, dengan radius umumnya 1,5 kali panjang kapal maksimum.

$$ATB = \pi (1,5 \cdot L)^2$$

dengan :
 ATB = luas kolam putar (turning basin) (m^2)
 L = panjang kapal maksimum yang akan berlabuh di dermaga (m)

5. Area Bongkar Muat

Kolam pelabuhan diperlukan untuk kegiatan berlabuh, untuk bongkar muatan, persiapan operasi (loading) dan sebagainya. Diperkirakan luas kolam untuk keperluan tersebut tidak kurang dari sebagai berikut :

$$ABM = 3 (n \cdot L \cdot b)$$

dengan :
 ABM = luas area bongkar muat yang dibutuhkan (m^2)
 n = jumlah kapal berlabuh di dermaga
 L = panjang kapal (m)
 b = lebar kapal (m)

2. Luas Kolam Perabuhan

Perlu disediakan area pada kolam untuk dapat menampung kegiatan yang dilakukan oleh kapal mulai dari kedatangan sampai berangkat dengan membuat perencanaan kolam sebagai berikut:

1. Perlu disediakan kolam putar untuk manuver kapal;
2. Perlu adanya area bongkar muat kapal;
3. Perlu disediakan area tambat terpisah dengan area bongkar.

4. Dengan demikian persamaan untuk menghitung kebutuhan luas kolam pelabuhan, yaitu :

$$A = ATB + AB + AT$$

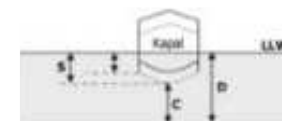
dengan :
 ATB = luas kolam putar (turning basin) (m^2);
 AB = luas area bongkar muat (m^2);
 AT = luas area tambat (m^2).

4. Kedalaman Kolam

Kedalaman kanal dan pelabuhan ditentukan oleh faktor-faktor draft kapal dengan muatan penuh, tinggi gelombang maksimum ($< 50 \text{ cm}$), tinggi ayunan kedalaman kolam. Rumus untuk menghitung kedalaman kolam dapat diberikan sebagai berikut:

$$D = d + S + C$$

dengan :
 D = draft kapal (m)
 S = squat kapal (m)
 C = clearance / jarak aman (m)



6. Area Tambat

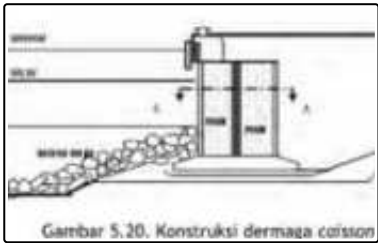
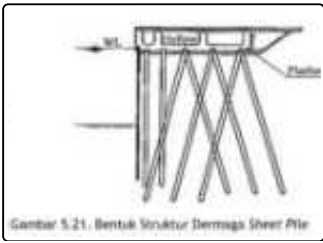
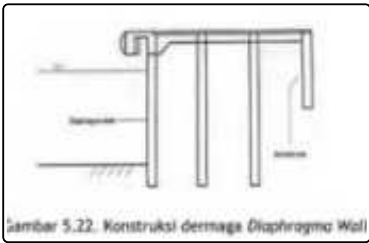
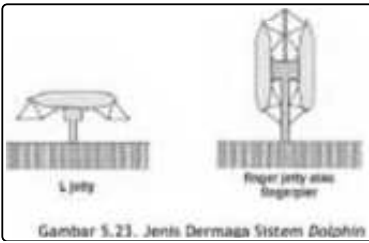
Bila kolam direncanakan untuk dapat menampung kapal bertambat dengan catatan tidak mengganggu kegiatan bongkar muat dan manuvering kapal yang akan keluar masuk kolam pelabuhan, maka luas area tambat yang dibutuhkan adalah :

$$A_t = n \cdot (1,5 \cdot L) \times 4/3 \times B$$

dengan :
 L = panjang kapal (m)
 B = lebar kapal (m)

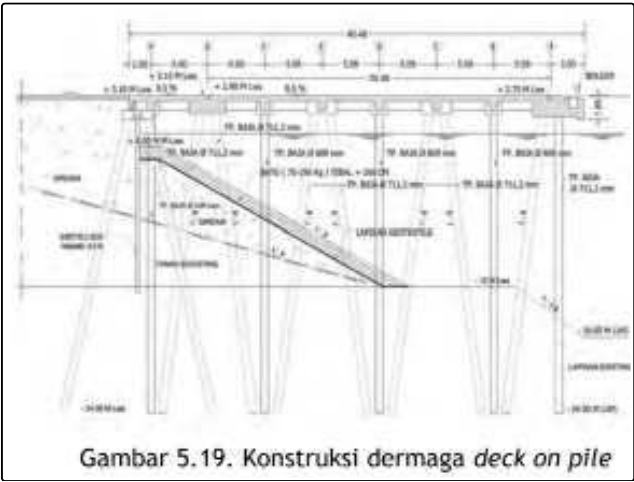
Jenis Dermaga

Dermaga adalah struktur di atas air yang berfungsi sebagai tempat sandar kapal untuk kegiatan bongkar muat, penumpang, pariwisata, atau olahraga air. Bentuk dan ukuran dermaga bervariasi tergantung kebutuhan, serta bisa dibangun dari bahan kayu, beton, atau baja. Dermaga dilengkapi fasilitas seperti penambat kapal, tangga, dan penerangan, serta berperan penting dalam sektor maritim dan pariwisata. Ada 5 jenis konstruksi dermaga atau wharf:

Deck One Pile	Dermaga <i>Caisson</i>	<i>Sheet Pile</i>	<i>Diaphragma Wall</i>	<i>Dolphin's System</i>
				
	Gambar 5.20. Konstruksi dermaga caisson	Gambar 5.21. Bentuk Struktur Dermaga Sheet Pile	Gambar 5.22. Konstruksi dermaga Diaphragm Wall	Gambar 5.23. Jenis Dermaga Sistem Dolphin

Deck One Pile merupakan serangkaian tiang pancang sebagai pondasi untuk lantai dermaga menahan beban di lantai dermaga, termasuk gaya akibat *berthing* dan *mooring*. Di bawah lantai dermaga, kemiringan tanah dibuat sesuai dengan kemiringan alaminya serta dilapisi dengan **perkuatan (revetment)** untuk mencegah tergerusnya tanah akibat gerakan air yang disebabkan oleh manuver kapal. Untuk menahan gaya lateral yang cukup besar akibat berthing dan mooring kapal, dapat dilakukan pemasangan tiang pancang miring. Pada umumnya, jenis struktur tiang pada Struktur Dermaga *Deck On Pile* sedikit sensitif terhadap getaran-getaran lokal seperti tumbukan bawah air akibat haluan kapal dibandingkan struktur dermaga lainnya. Memilih Struktur Dermaga *Deck On Pile* (open type structure) sebagai pilihan utama memiliki berbagai keunggulan yang menjadikannya solusi ideal, terutama dalam proyek pelabuhan yang memerlukan efisiensi dan keandalan. Berikut alasan memilih sistem ini:

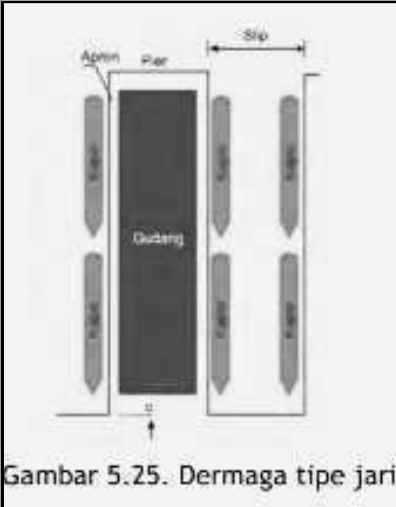
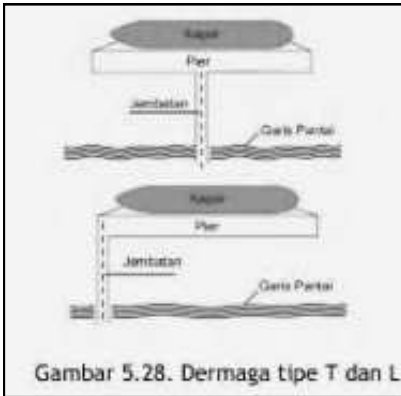
- **Sudah Teruji dan Umum Digunakan:** Struktur *Deck On Pile* sudah umum digunakan di berbagai pelabuhan di seluruh dunia, menjadikannya pilihan yang teruji. Keandalan dan performa sistem ini telah terbukti dalam berbagai kondisi operasional.
- **Kemudahan dalam Pembangunan:** Proses konstruksi dermaga dengan sistem ini lebih sederhana dibandingkan beberapa jenis struktur lainnya seperti caisson atau diaphragma wall. Tiang pancang dapat dipasang lebih cepat, dan pengerjaannya bisa dilakukan tanpa memerlukan material dan peralatan khusus yang mahal.
- **Pemeliharaan yang Lebih Mudah:** Struktur ini juga menawarkan kemudahan dalam hal pemeliharaan jangka panjang. Tiang pancang baja atau beton bisa dipantau dan dirawat lebih efektif dibandingkan dengan sistem yang menggunakan elemen blok besar seperti caisson.
- **Fleksibilitas Desain:** Dengan *Deck On Pile*, dermaga dapat disesuaikan dengan berbagai kondisi geografis dan lingkungan perairan, baik di wilayah perairan dengan kemiringan tanah yang alami maupun yang memerlukan pengerukan. Pemasangan tiang pancang miring juga memungkinkan untuk menahan gaya lateral yang cukup besar dari kapal yang sandar.
- **Perlindungan terhadap Erosi:** Sistem ini juga memperhitungkan kemiringan alami tanah di bawah dermaga, yang kemudian dilapisi perkuatan untuk mencegah erosi akibat gerakan air. Hal ini sangat penting dalam menjaga stabilitas jangka panjang dermaga dan tanah di sekitarnya.
- **Efisiensi Biaya:** Dari segi biaya, meskipun memerlukan pengerukan tanah di bawah dermaga, biaya keseluruhan untuk pembangunan dan pemeliharaan dermaga jenis ini lebih rendah dibandingkan struktur yang lebih kompleks seperti diaphragma wall atau caisson yang memerlukan tenaga ahli dan material khusus.



Gambar 2.14 Konstruksi Dermaga
Sumber: A. Djamaluddin, 2022

2.3.4.6 Tambatan Dermaga

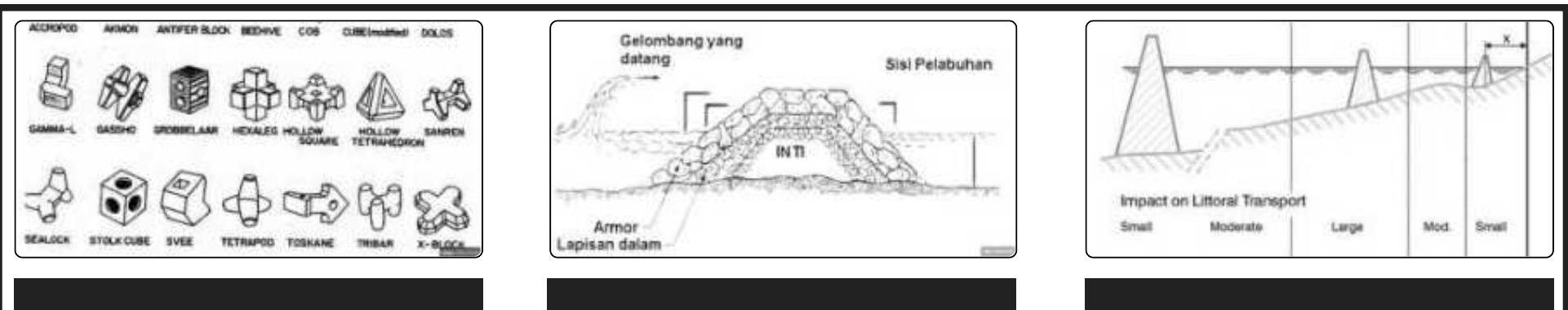
Perencanaan Tambatan Dermaga

Tipe Jari	Tipe Miring	Tipe Kompleks	Pier bentuk T atau L
<div></div> <p>Dermaga tipe jari</p> <p>adalah jenis dermaga yang dirancang dengan bentuk seperti jari yang menjorok ke pantai. Bentuk dermaga ini biasanya dibuat dengan tujuan untuk mengurangi dampak ombak dan arus laut yang dapat mengganggu pergerakan kapal di sekitarnya.</p> <p>Dermaga tipe jari biasanya terbuat dari beton atau bahan lain yang kuat dan tahan terhadap air laut dan cuaca yang keras. Selain itu, dermaga ini biasanya memiliki tangga yang terhubung dengan jalan setapak di atas air, sehingga memudahkan orang untuk naik dan turun dari kapal atau untuk berjalan-jalan di atas air.</p> <p>Dermaga tipe jari biasanya digunakan untuk kapal-kapal kecil atau kapal wisata, dan dapat ditemukan di banyak tempat di pantai atau pelabuhan.</p>	<div></div> <p>Dermaga tipe miring</p> <p>adalah jenis dermaga yang dirancang dengan kemiringan atau sudut tertentu, sehingga kapal atau perahu dapat merapat dengan mudah.</p> <p>Dermaga tipe miring biasanya terdiri dari dua bagian, yaitu bagian datar yang terletak di atas air dan bagian miring yang terendam di dalam air. Bagian miring tersebut berfungsi untuk membantu kapal atau perahu masuk ke dermaga dengan mudah dan aman.</p> <p>Dermaga tipe miring biasanya dibangun dengan bahan yang kuat dan tahan lama seperti beton atau kayu. Selain itu, dermaga ini juga biasanya dilengkapi dengan fasilitas penambat kapal, lampu penerangan, dan tangga penghubung dari atas dermaga ke darat.</p> <p>Dermaga tipe miring sering digunakan di pelabuhan atau tempat-tempat di mana kapal atau perahu harus merapat dengan cepat dan aman.</p> <p>Bentuk kemiringan pada dermaga ini juga dapat disesuaikan dengan kondisi perairan di sekitarnya untuk memaksimalkan penggunaannya.</p>	<div></div> <p>Dermaga tipe kompleks</p> <p>adalah jenis dermaga yang memiliki banyak fungsi dan biasanya digunakan untuk berbagai kegiatan di atas air.</p> <p>Dermaga tipe kompleks biasanya dibangun dengan desain yang kompleks dan terdiri dari beberapa bagian atau area yang berbeda, seperti area bongkar muat, tempat parkir kapal, area restoran atau toko, dan fasilitas rekreasi seperti kolam renang atau area bermain anak.</p> <p>Dermaga tipe kompleks juga dilengkapi dengan fasilitas yang lengkap seperti jalan setapak, tangga, dan sistem penambatan kapal yang aman dan efektif.</p> <p>Dermaga ini biasanya dibangun dengan bahan yang kuat dan tahan terhadap kondisi cuaca yang ekstrem seperti angin kencang, ombak besar, dan pasang surut.</p> <p>Dermaga tipe kompleks sering digunakan di tempat-tempat wisata atau sebagai pelabuhan yang memiliki banyak aktivitas di atas air seperti olahraga air atau pariwisata.</p> <p>Dermaga ini juga dapat digunakan sebagai tempat berlabuh kapal penangkap ikan atau kapal kargo yang membutuhkan tempat bongkar muat yang aman dan efisien.</p>	<div></div> <p>Dermaga bentuk T atau L</p> <p>adalah jenis dermaga yang memiliki bentuk seperti huruf T atau L jika dilihat dari atas.</p> <p>Dermaga bentuk T biasanya terdiri dari bagian utama yang memanjang ke laut dengan satu bagian menyilang di tengahnya, sedangkan dermaga bentuk L memiliki satu bagian yang memanjang ke laut dengan satu bagian menyilang di ujungnya.</p> <p>Kedua jenis dermaga ini biasanya dibangun dengan bahan yang kuat dan tahan lama seperti beton atau kayu dan dilengkapi dengan fasilitas seperti tangga, penambat kapal, dan lampu penerangan.</p> <p>Dermaga bentuk T atau L biasanya digunakan untuk pelabuhan kecil atau di perairan yang tenang seperti danau atau sungai.</p> <p>Bentuk dermaga ini dirancang agar kapal atau perahu dapat merapat dengan mudah dan aman, dan kapal dapat bermanuver dengan baik di sekitar dermaga.</p> <p>Dermaga tipe T atau L juga dapat digunakan untuk berbagai kegiatan di atas air seperti olahraga air, pariwisata, dan penangkapan ikan.</p>

2.3.4.7 Breakwater

Penahan Gelombang (Breakwater)

Penahan gelombang mempunyai fungsi yang sangat penting bagi pelabuhan laut, karena keadaan perairan di dalam pelabuhan akan menjadi tenang dan dapat mempermudah dari segi operasional pelabuhan. Penahan gelombang (breakwater) merupakan bagian fasilitas pelabuhan yang dibangun dengan bahan batu kali dengan berat tertentu atau dengan bahan buatan yang berbentuk tertentu seperti tetrapods, quadripods, hexapods atau dengan dinding tegak (caison). Fungsi Penahan gelombang (breakwater) adalah untuk melindungi daerah pelabuhan dari gelombang dan sedimentasi, yaitu dengan memperkecil tinggi gelombang laut sehingga kapal dapat berlabuh dengan tenang dan melakukan bongkar muat dengan lancar serta mengurangi tingkat pengendapan pada alur dan kolam pelabuhan.



Penahan Gelombang Batu Buatan

adalah struktur yang dirancang untuk mengurangi energi gelombang laut dan melindungi pantai dari erosi. Jenis-jenisnya termasuk tetrapod, dolos, dan hexapod, yang semuanya memiliki bentuk unik untuk saling mengunci dan meningkatkan stabilitas. Pemecah gelombang ini biasanya terbuat dari beton atau batu alam, dan berfungsi dengan menyerap serta memecah energi gelombang sebelum mencapai daratan. Pemasangannya memerlukan perencanaan yang cermat untuk memastikan efektivitas dalam melindungi infrastruktur pesisir.

Penahan Gelombang Batu Alam (Rubble Mounds Breakwater)

Penahan gelombang batu alam, atau *rubble mound breakwater*, adalah struktur yang terbuat dari tumpukan batu yang dirancang untuk mengurangi energi gelombang dan melindungi pantai dari erosi. Struktur ini terdiri dari lapisan inti yang terbuat dari batu atau material lain, dilapisi dengan batu yang lebih besar sebagai pelindung dari serangan gelombang. Keuntungan utama dari rubble mound breakwater kemampuannya dalam mendispersikan energi gelombang, sehingga mengurangi beban pada struktur dan risiko pengikisan.

Pemecah Gelombang Dinding Tegak

Ketinggian dan kekuatan pemecah gelombang ini harus sedemikian sehingga gelombang itu dapat didefraksikan dan dihapuskan. Pemecah gelombang dinding vertikal ini bentuknya bermacam-macam seperti caison, silinder, kotak (box), dan lainnya. Fungsi dinding vertikal ini adalah merefleksi gelombang sehingga energinya hilang dan gelombang akan pecah. Namun pemecah ombak dinding tegak ini juga memiliki kelemahan, seperti pantulan gelombang yang tinggi yang dapat memperburuk kondisi di belakang struktur tersebut.

Bobot Kapal (ton)		500	700	1000	2000	3000	4000	5000	6000	8000	10000	13000	15000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000	150000
Kapal Perompang (GRT)	Panjang Lm (m)	32		68	89	98		130		140	154		179	198	230								
	Lebar (m)	10,2		11,9	13,2	14,7		16,9		19,3	20,9		23,8	24,7	27,5								
	Draft (m)	2,9		3,5	4	4,5		5,2		5,9	6,2		6,8	7,5	8,3								
Kapal Barang (DWT)	Panjang Lm (m)		58	64	81	90		108		126	137		159	177	198	203	230						
	Lebar (m)		8,7	10,4	12,7	14,7		16,4		18,7	19,8		21,5	23,4	25,1	26,4	31,5						
	Draft (m)		3,7	4,2	4,9	5,7		6,8		8	8,5		9,3	10	10,9	11,7	13,4						
Kapal Minyak (DWT)	Panjang Lm (m)		50	61	77	88		104		130			148	162	185	204	219	232	244	255			
	Lebar (m)		8,5	9,8	12,2	13,08		16,2		20,3			22,8	24,9	28,3	30,9	33,1	35	36,7	38,3			
	Draft (m)		3,7	3,7	5	5,6		6,5		8			8	8,8	10,9	11,8	12,7	13,6	14,5	14,9			
Kapal Barang Curah (DWT)	Panjang Lm (m)									140			157	170	192	208	222		244		250	275	313
	Lebar (m)									18,7			21,5	23,7	27,5	30,3	32,6		37,8		38,5	42	44,5
	Draft (m)									6,3			9	9,8	10,6	11,4	11,9		13,3		14,5	16,1	18
Kapal Ferry (DWT)	Panjang Lm (m)			75	80	115	127		138	155	170	188											
	Lebar (m)			14,5	16,2	18,9	20,2		22,4	23,8	25,4	27,1											
	Draft (m)			3,7	4,3	4,9	5,3		5,9	6,3	6,5	6,7											
Kapal Peti Kemas (DWT)	Panjang Lm (m)													201	237	285	290						
	Lebar (m)													23,1	24,7	25,5	25,8						
	Draft (m)													10,9	11,8	12,4	13						

Tabel 2.6 Karakteristik kapal
Sumber: Port Engineering

Saat mendesain tambatan dermaga penting untuk mengetahui spesifikasi dimensi kapal terbesar yang direncanakan akan di akomodasi. Dimensi kapal ter berat akan menjadi dimensi acuan dalam keputusan desain tambatan. Baiknya tambatan terbesar atau terpanjang melindungi tambatan dengan dimensi yang lebih kecil sehingga dapat menjadi *barrier* ombak dan melindungi kapal kapal kecil.

2.3.5 Pelabuhan Utama Sorong & Potensi *Multi-Hazard*

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilient Architecture*

Keberhasilan Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Sorong adalah dengan ketercapaian 7 indikator kinerja operasional pelabuhan yaitu (1) *Waiting Time (WT)* dengan standar 1 jam (2) *Approach Time* dengan standar 1,25 jam (3) *Effective Time (ET)/ Berthing Time (BT)* dengan nilai standar 80% (4) *Berth Occupancy Ratio (BOR)* adalah 70% (5) *Shed Occupancy Ratio (SOR)* dengan nilai standar adalah 65% (6) *Yard occupancy Ratio (YOR)* dengan nilai standar adalah 70% (7) *Household Appliances* dengan nilai standar adalah 90%. Kinerja operasional pelabuhan adalah output dari tingkat keberhasilan pelayanan kapal, barang, dan peralatan pelabuhan dalam suatu periode tertentu.

Operasi pelayanan kapal di Pelabuhan Utama Sorong akan dimulai ketika Otoritas Pelabuhan (OP) selaku penyelenggara Pelabuhan menerima Rencana Kedatangan Sarana Pengangkutan (RKSP) atau Pemberitahuan Kedatangan Kapal (PKK) yang disampaikan perusahaan pelayaran atau operator kapal atau agen untuk ditindaklanjuti dengan persiapan penyediaan fasilitas labuh, tambat, pandu, tunda, kepil dan personil (Kepabeanean, keimigrasian, dan kekarantinaaan). pelayanan kapal sejak tiba hingga berangkat dapat digambarkan secara garis besar (Outline) terdiri dari 10 (sepuluh) event dan 14 mass (empat belas) aktivitas dengan metode lintasan kritis (critical path method) sebagaimana diagram (Network).

Pelayanan kapal di Pelabuhan Utama Sorong akan dilaksanakan oleh Syahbandar mencakup pemanduan dari kedatangan hingga keberangkatan kapal di pelabuhan, di mana waktu pemanduan berpengaruh pada efektivitas muat bongkar. Kinerja dermaga ditentukan oleh waktu tunggu dan waktu masuk kapal; kapasitas yang tidak memadai dapat menyebabkan keterlambatan, sedangkan kelebihan kapasitas dapat mengakibatkan pemborosan sumber daya. Indikator operasi gudang/lapangan menunjukkan lama kargo berada di terminal, dengan ruang penyimpanan yang bervariasi tergantung pada karakteristik muatan dan waktu simpan. Ketiga zona besar ini memiliki capaian nilai seperti yang terlihat pada kinerja operasional pelabuhan.

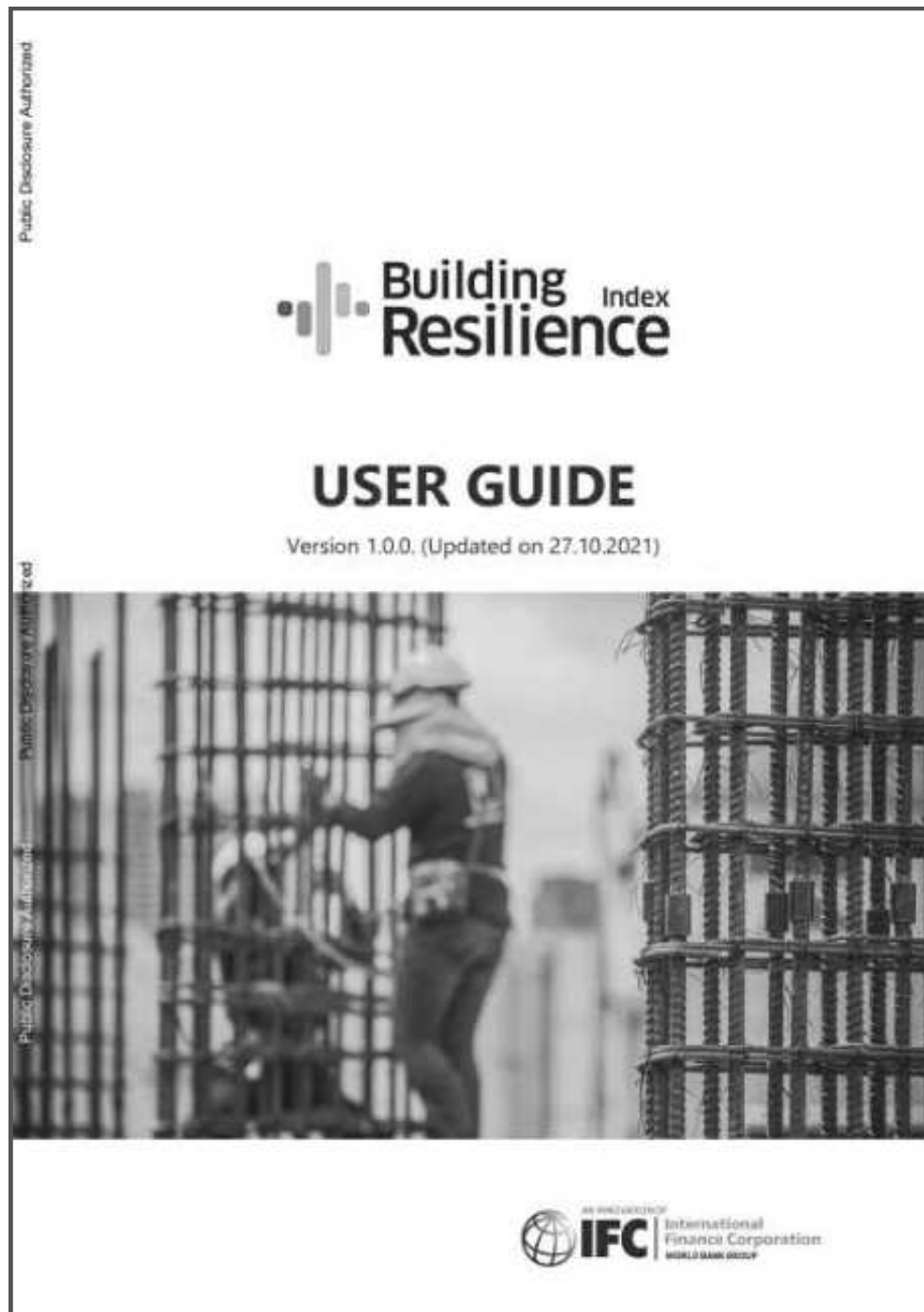
Pelabuhan Utama Sorong akan menyediakan fasilitas berupa Terminal penumpang, Lapangan Penumpukan, Alur Pelayaran, Kolam Pelabuhan, Dermaga, Tambatan Dermaga, dan Penahan Gelombang untuk mendukung kenyamanan dan keselamatan operasional nya.

Namun dalam perancangan Pelabuhan Utama Sorong ini perlu di tinjau dari potensi berbagai bencana alam yang mungkin terjadi karena letak geografisnya dan juga bencana yang diakibatkan karena kecelakaan operasional.

2.4 Potensi *Multi-Hazard* di Indonesia

Indonesia merupakan negara yang sangat rentan terhadap berbagai bencana alam, termasuk gempa bumi, tsunami, badai angin, dan kebakaran lokal, yang sering terjadi secara bersamaan dalam fenomena yang dikenal sebagai multi hazard. Secara geografis, Indonesia terletak di jalur pertemuan tiga lempeng tektonik utama—Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik—yang membuatnya menjadi salah satu wilayah dengan tingkat kegempaan tertinggi di dunia. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), lebih dari 10 kali lipat tingkat kegempaan di Amerika Serikat, dengan data menunjukkan bahwa selama periode 1600-2000, terdapat 105 kejadian tsunami yang sebagian besar disebabkan oleh gempa tektonik.

Ahli kebencanaan dari BMKG, Dwikorita Karnawati, menegaskan bahwa kompleksitas ancaman bencana ini memerlukan perhatian serius dan kolaborasi antarnegara di kawasan ASEAN untuk mengembangkan sistem peringatan dini yang efektif. Dengan kondisi iklim tropis yang ekstrem dan keragaman demografi yang tinggi, Indonesia harus terus meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi untuk menghadapi ancaman bencana yang semakin meningkat.



Dalam mempersiapkan kota dengan ketahanan bencana alam maka diperlukan sebuah *guideline* yang dapat menjadi acuan dalam mendesain sebuah kota ataupun bangunan. Salah satu *Tools* yang dapat digunakan adalah *Building Resilience Index (BRI)* yang di prakasai oleh IFC.

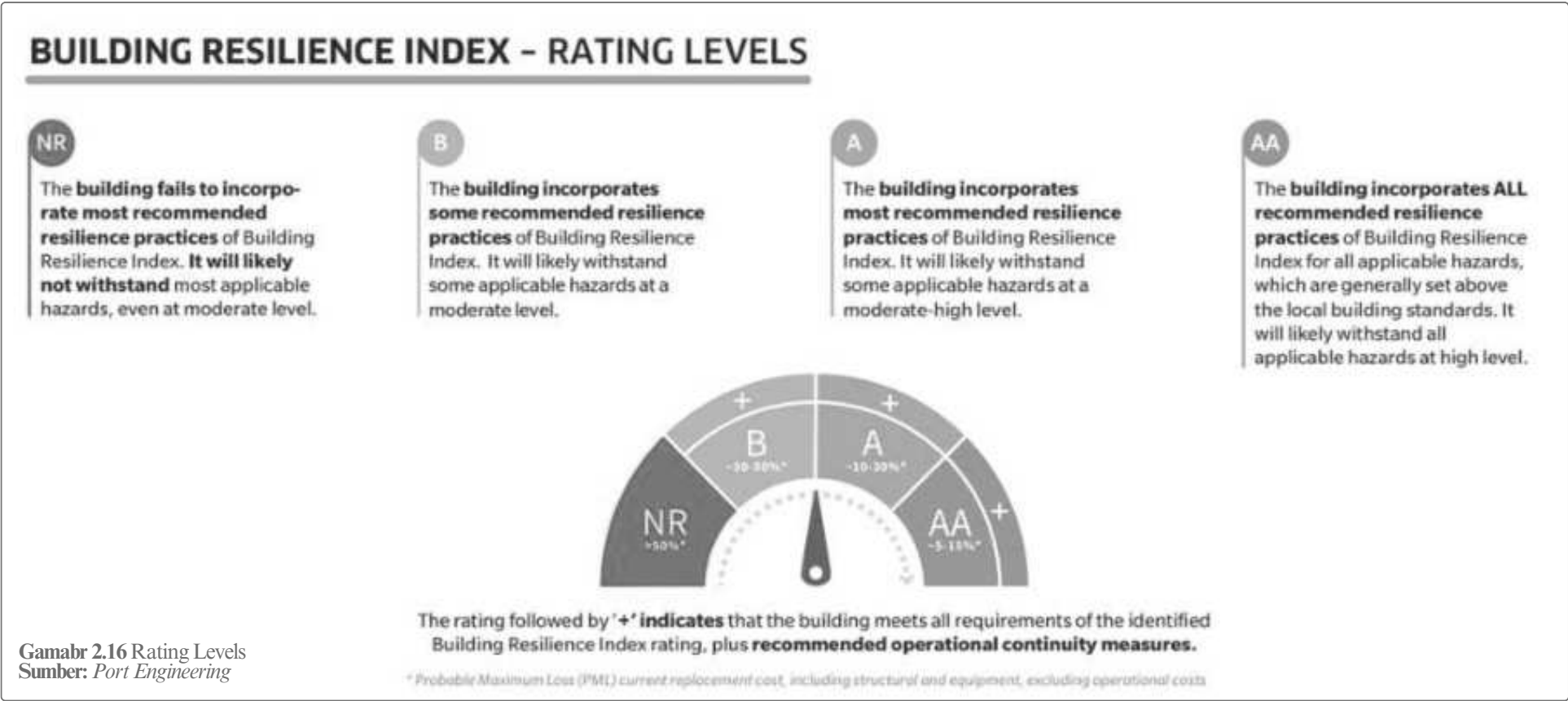
Tools ini diharapkan dapat berkolaborasi dengan Tools Edge yang berfokus pada *Sustainability* (keberlanjutan) dan Tools BRI mengisi *Resilience* (ketahanan) dari sebuah bangunan ataupun kota.

Gambar 2.15 BRI Guideline Book
Sumber: Building Resilience Index

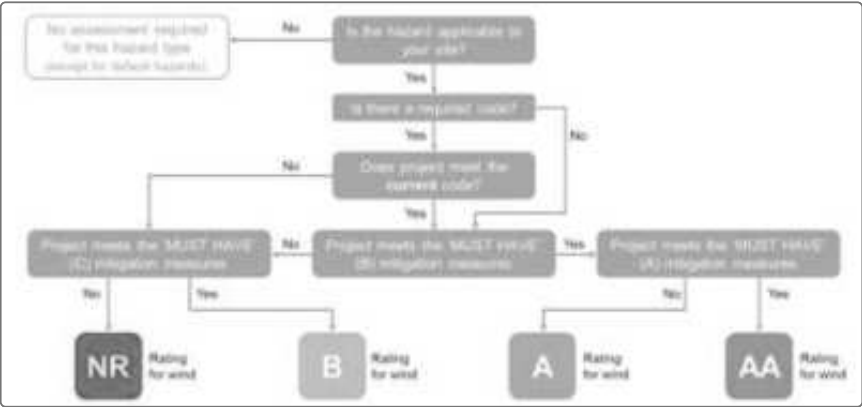
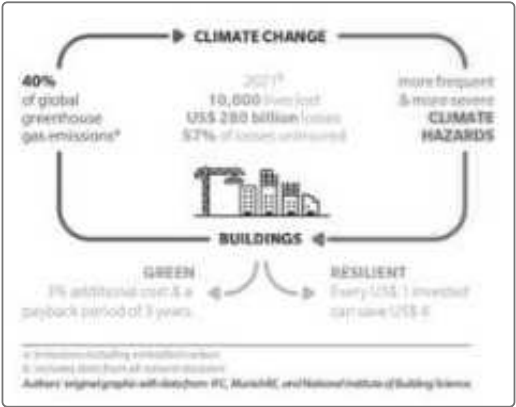
2.4.1 Building Resilience Index (BRI)

Building Resilience Index (BRI) International Finance Corporation

Building Resilience Index adalah kerangka pemetaan bahaya dan penilaian ketahanan berbasis web untuk sektor bangunan. Indeks ini dirancang untuk memfasilitasi akses ke informasi bahaya yang spesifik terhadap lokasi, menyediakan langkah-langkah ketahanan untuk mengurangi risiko yang berlaku, serta meningkatkan transparansi dalam pengungkapan informasi ketahanan bangunan di antara para pemangku kepentingan sektor ini. Building Resilience Index memudahkan para pemangku kepentingan di sektor bangunan, termasuk pengembang konstruksi, lembaga keuangan, perusahaan asuransi, dan pemerintah, untuk menilai, meningkatkan, serta mengungkapkan ketahanan bangunan.



Level	Probable Maximum Loss (PML)	Description
NR	>50%	The building fails to incorporate most recommended resilience practices of Building Resilience Index. It will likely not withstand most applicable hazards, even at moderate level.
B	-30%-50%	The building incorporates some recommended resilience practices of Building Resilience Index. It will likely withstand some applicable hazards at a moderate level.
A	-10%-30%	The building incorporates most recommended resilience practices of Building Resilience Index. It will likely withstand some applicable hazards at a moderate-high level.
AA	-5%-15%	The building incorporates ALL recommended resilience practices of Building Resilience Index for all applicable hazards, which are generally set above the local building standards. It will likely withstand all applicable hazards at high level.
+	-5%-15%	The rating followed by '+' indicates that the building meets all requirements of the identified Building Resilience Index rating, plus recommended operational continuity measures.



Gambar 2.17 Sistem Parameter
Sumber: Building Resilience Index

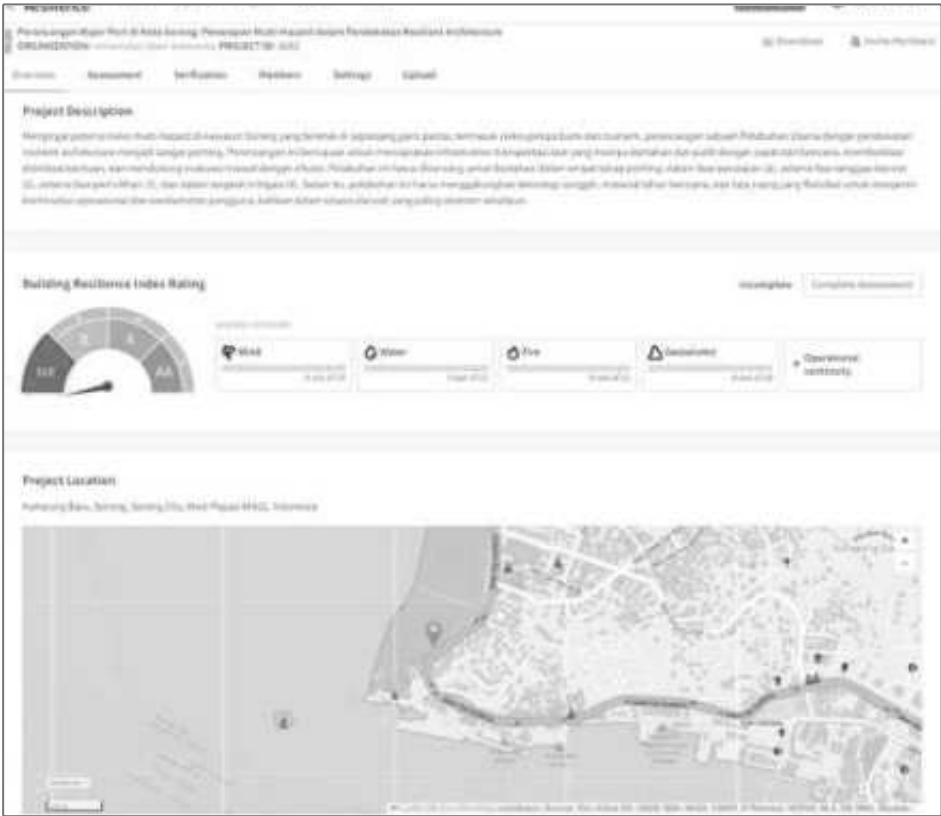
2.4.1.1 Kriteria Penilain BRI

Multi-Hazard diperiksa dari perspektif bangunan, bukan dari perspektif pengguna. Oleh karena itu, Indeks ini diorganisir berdasarkan empat kategori bahaya utama yang dialami oleh bangunan: angin (gerakan udara), air (gerakan cair), api (oksidasi cepat), dan geoseismik (gerakan tanah).

Indeks Ketahanan Bangunan (BRI) memiliki lima tingkat. Semua tingkat tersebut didasarkan pada metrik yang berkaitan dengan integritas fisik bangunan ketika menghadapi bahaya. BRI harus dilihat sebagai indeks relatif. Artinya, bangunan dengan indeks yang lebih tinggi biasanya akan lebih tahan lama daripada bangunan dengan indeks yang lebih rendah.

2.4.1.2 BRI Tools

Penggunaan diawali dengan memasukan koordinat lokasi perancangan. Setelah kita memasukan data Proyek maka sistem akan menentukan tentang potensi bencana alam yang dapat terjadi pada lokasi perancangan. Pada gambar disamping menunjukan lokasi perancangan yang berada di jalan Yos Sudarso, Kota Sorong terdapat 4 potensi bencana alam yang dapat terjadi.



Gambar 2.18 Tampilan Website BRI Tools
Sumber: Building Resilience Index



Hazard Category	Hazard Type (Subtype)	Description	Affected by	
			Climate	Location
WIND Change in Wind Speed	Storms (Cyclone, Typhoon, Hurricane), Tornadoes, Downbursts	Storms are long duration/distance cyclical; Tornadoes are short duration/distance cyclical; Downbursts are short duration/distance vertical wind events.	Yes	Yes
	Flood (Urban, Flash, River/Lake, Tidal)	Flood can result from precipitation, ice melt or sea level rise in inland and/or coastal areas. Extreme precipitation events can even occur in deserts.	Yes	Partly
Change in Precipitation, Water Flow and Level	Storm Surge	Storm surge can result from storm events and worsen by tide and sea level rise in coastal areas	Yes	Yes
	Tsunami	Tsunamis can result from geoseismic events in coastal areas.	No	Yes
FIRE Change in temperature	Wildfire, Local Fire	Local fires can occur anywhere either from internal building or external causes. Wildfires occur near urban wildlife interfaces.	Partly	Partly
	Earthquake	Earthquakes occur predominantly in tectonic plate interface areas, but also near geological fault lines	No	Yes
GEOSEISMIC Land motion	Volcano	Active volcanoes are predominantly in tectonic plate interface areas	No	Yes
	Landslides	Landslides can be caused by earthquakes, extreme precipitation and melting glaciers typically in loosely-vegetated slopes	No	Yes
	Subsidence	Subsidence can be triggered by a range of human or natural factors including extraction of groundwater and underground resources, earthquakes, and erosion which causes solid or fluid mobilization underground.	Yes	Yes

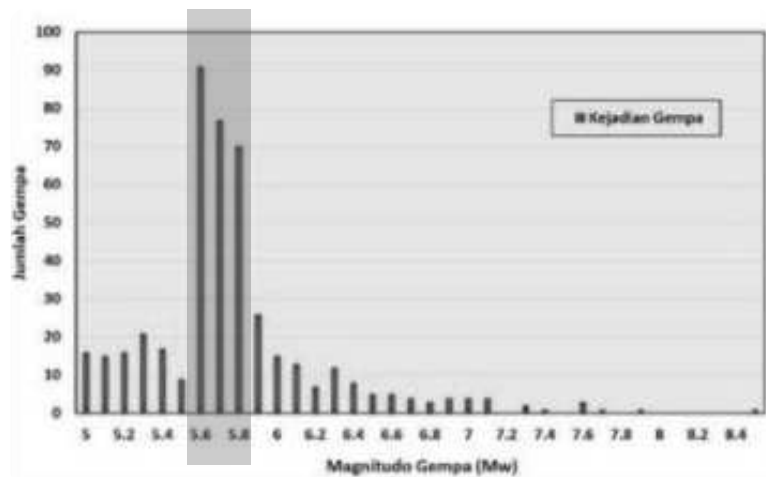
Tabel 2.7 Rangkuman kategori dan sub kategori *Multi-Hazard*
Sumber: Building Resilience Index

2.4.2 Geosismik

2.4.2.1 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran permukaan Bumi yang disebabkan oleh pergerakan lempeng Bumi, yang dapat menyebabkan penumpukan tekanan dan pelepasan energi secara mendadak. Titik di mana tekanan dilepaskan disebut fokus, dan titik di permukaan Bumi di atasnya disebut episentrum. Gempa bumi melepaskan gelombang seismik yang menyebar dari fokus.

Penelitian yang di lakukan oleh S. Imam Trianggoro terjadi Gempa: 4,751 kejadian gempa. Dominasi Magnitudo: Sebagian besar gempa adalah magnitudo sedang hingga besar , menunjukkan kerentanan tinggi terhadap gempa. Kedalaman Gempa: Sekitar 93,6% dari gempa adalah gempa dangkal, bersumber dari megathrust dan shallow crustal/sesar. Gempa Utama vs. Aftershock: Setelah proses declustering, diperoleh 1,685 gempa utama (35.47% dari total katalog) dan Gempa yang paling terjadi di Sorong adalah gempa dengan magnitudo 5.6 dan 5.8 dengan frekuensi terjadinya adalah 70-90 dalam kurun waktu 1918-2017 (S. Imam Trianggoro. et al, 2020).



Gambar 2.19 Identifikasi Distribusi Gempa Terhadap Magnitude
Sumber: S. Imam Trianggoro (2022)

2.4.2.2 Subsiden

Subsiden adalah penurunan permukaan tanah yang dapat dipicu oleh aktivitas manusia, seperti ekstraksi air tanah, minyak, gas alam, atau sumber daya bawah tanah lainnya, yang menyebabkan batuan runtuh untuk mengisi kekosongan. Faktor alam, seperti gempa bumi, pemadatan tanah, penyesuaian isostatik gletser, erosi, pembentukan sinkhole, dan pencairan permafrost, juga berkontribusi. Perubahan iklim memperburuk risiko subsiden, terutama di wilayah pesisir, di mana kenaikan permukaan laut, badai, dan erosi meningkatkan dampaknya. Kekeringan yang berkepanjangan mempercepat penarikan air akuifer, yang memperburuk subsiden di berbagai daerah.

2.4.2.3 Longsor

Longsor adalah pergerakan batu, puing, atau tanah menuruni lereng yang terjadi ketika gaya yang bekerja ke bawah melebihi kekuatan material di bawahnya. Longsor dipengaruhi oleh kondisi lereng, geologi, dan penutup lahan. Pemicu longsor termasuk curah hujan tinggi, gempa bumi, erosi sungai, aktivitas vulkanik, pembekuan dan pencairan, serta pencairan salju. Aktivitas manusia seperti penggundulan hutan, penambangan lereng, dan konstruksi yang tidak terkelola juga dapat meningkatkan risiko longsor. Longsor bervariasi dalam luas dan intensitas, mulai dari jatuhnya batu hingga ribuan meter kubik material. Beberapa longsor hanya memengaruhi area kecil, sementara yang lain mencakup seluruh wilayah. Jarak pergerakan material bisa berkisar dari beberapa sentimeter hingga ratusan kilometer, dan kecepatan longsor bervariasi dari pergerakan yang nyaris tak terdeteksi hingga runtuhnya material secara cepat.

Table 16. List of mitigation measures for geosismic hazards

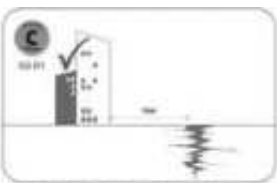
Geosismic Hazard Type / Mitigation Measure	Description	Must Have for S Rating	Must Have for B Rating	Must Have for C Rating	Earthquake	Landslide	Volcano	Subsidence
G001. 1 km Distance from Earthquake Fault or Seismically Designed Built	The building is either located at least 1 km away from an earthquake fault line or it is designed/built specific to the site's seismic properties.			Y			N/A	N/A
G002. Foundation Seismically Designed for Site-specific Soil Conditions	The building is either not located on filled rock and soil, which has high risk of ground failure (liquefaction) during an earthquake, or it is designed/built specific to the site's seismic properties.		Y				N/A	N/A
G003. Foundation piling adequately secured in rock below subsiding soils	If the building is designed/built on a subsiding soil, the foundation piling is adequately secured in the underlying rock below subsiding soils.	Y			N/A	N/A	N/A	
G004. Foundation designed for site-specific subsiding soil conditions	If the building is designed/built on a subsiding soil and the foundation is not secured in the underlying rock, the foundation is designed/built for site specific soil conditions.		Y		N/A	N/A	N/A	
G005. Slope of Neighboring Area > 30 degrees	The neighboring area of the building either has a slope less than 30 degrees to avoid higher risk of landslide at the building is designed/built according to a slope based analysis.	Y			N/A		N/A	N/A
G006. 15 km Distance from a Volcano (30 km, if in a valley)	The building is located at least 15 km away from a volcano. If the building is in a valley, the distance should be at least 30 km away from a volcano.	Y				N/A		N/A
G007. Not a Historically Bounded Landslide Area	The building is located in an area where there has not been any landslide in recorded or memorable history.			Y	N/A		N/A	N/A
G008. Lateral Force Resistance System in All Floors and First Level Anchored to Foundation	Resistance to lateral forces is ensured by shear walls and anchoring the first floor, which is the most subjected to lateral movements, to the foundation.		Y			N/A	N/A	
G009. Connected and Braced Main Structure	Columns, beams, foundation and roof are connected and braced to ensure that the building carries as one unit.			Y		N/A	N/A	
G010. Steel Reinforced Walls	If the building is a masonry, concrete or stone constructed, the walls are steel reinforced and connected to the foundation, floor, and adjacent exterior walls. In masonry hazard prone areas the roof should be able to carry seismic column, with built-in. The Rebar and thickness of the building are steel reinforced to reduce the risk of collapse.			Y				
G011. Steel Reinforced Fireplaces and Chimneys			Y					
G012. Structure with Seismic Base Isolation	The building structure is constructed or retrofitted with a base isolation or motion-dampening system to absorb seismic energy dissipation. This measure is not a requirement for 1 or 2-story residential and commercial buildings.	Y			N/A	N/A	N/A	
G013. Defensive Structures for Landslides	Defensive structures for landslides is in retaining barriers, wire mesh, check dams, stabilizing material, drainage to reduce soil saturation, and vegetation are implemented on the building site.	Y			N/A		N/A	N/A
G014. No Vertical Irregularities	The building structure is either designed/built to behave as one entity and there are no vertical irregularities in the structure such as soft or weak stories.		Y		N/A	N/A		
G015. Flexible Gas Piping with Automatic Seismic Shut-off Valves	The building has piping or flexible lines for combustible gas piping with automatic seismic shut-off valves to reduce risk of gas fires resulting from gas-pipeline activity.		Y					
G016. Design Review for Seismatic Hazard Mitigation Measures	The design is submitted to the local approving agency for review as prescribed by the National Building Code and approved. The construction is obtained by the code responsible structural engineer or critical reviewers.			Y				
G017. Construction Independently Audited for Geosismic Hazard Mitigation Measures	The construction is inspected and approved by an independent qualified structural engineer, apart from the project engineer and the approving agency.	Y						
G018. Engineering Geological and Geohazard Assessment (EGGA) Study or Equivalent	The building is designed/built according to an Engineering Geological and Geohazard Assessment (EGGA) Study or equivalent.	Y				N/A	N/A	N/A

*Note: Not required for 1-2 story residential and commercial buildings.

Gambar 2.20 List Mitigasi untuk Bencana Gempa
Sumber: S. Imam Trianggoro (2022)

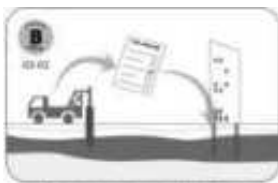
GS01. 1 km Distance from Earthquake Fault or Seismically Designed/Built

Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan struktural serius, seperti retakan besar, kegagalan dinding, dan atap yang terlepas. Kerusakan ini dapat mengakibatkan cedera serius atau kehilangan nyawa akibat runtuhnya bangunan. Di area rawan gempa atau tanah longsor, jika bangunan tidak memenuhi standar seismik untuk peringkat AA atau A, harus ditempatkan lebih dari 1 km dari patahan gempa atau dirancang sesuai studi seismik lokasi. Patahan dalam jarak 1 km dari lokasi dianggap berisiko tinggi, dan lokasi patahan perlu dikonfirmasi oleh otoritas setempat atau studi seismik.



GS02. Foundation Seismically Designed For Site-Specific Soil Conditions

Kondisi tanah sangat penting untuk stabilitas bangunan. Deformasi tanah dapat merusak dinding, fondasi, dan pipa, bahkan menyebabkan kebakaran. Fondasi harus dirancang untuk menahan guncangan seismik, dengan analisis kondisi tanah spesifik diperlukan. Sebaliknya, fondasi ditanam di tanah yang kuat dan dihindari pada tanah yang diisi, karena dapat menyebabkan liquefaction saat gempa. Jika lokasi terdiri dari tanah yang diisi, bangunan tidak bisa mendapatkan peringkat AA atau A tanpa fondasi yang mencapai batu keras atau dirancang khusus untuk mengatasi liquefaction.



GS03. Foundation Piling Adequately Secured in Rock Below Subsiding Soils

Kondisi tanah sangat penting untuk stabilitas bangunan. Penurunan tanah dapat merusak bangunan secara bertahap atau tiba-tiba, bahkan merusak pipa gas dan air. Setiap lokasi memiliki jenis tanah yang berbeda, sehingga analisis melalui pengujian atau pemetaan tanah diperlukan. Fondasi bangunan harus disesuaikan dengan kondisi tanah untuk memberikan kekuatan struktural yang aman. Jika tanah mengalami penurunan, fondasi harus dirancang untuk menahan kondisi tersebut, dengan tiang fondasi yang aman di tanah non-subsiding agar bangunan mencapai peringkat AA.

GS04. Foundation Designed for Site-Specific Subsiding Soil Conditions

Kondisi tanah sangat penting untuk stabilitas bangunan. Penurunan tanah dapat merusak bangunan dan memutus pipa gas serta air. Setiap lokasi memiliki jenis tanah yang berbeda, sehingga perlu dilakukan analisis melalui pengujian atau pemetaan tanah. Fondasi bangunan harus disesuaikan dengan jenis tanah agar memberikan kekuatan struktural yang aman. Jika tanah mengalami penurunan, fondasi harus dirancang untuk menahan kondisi tersebut agar mencapai peringkat A.

GS05. Slope of Neighboring Area < 30 degrees

Longsor, yang merupakan pergerakan batu, lumpur, atau puing-puing yang longgar ke bawah di lereng, dapat disebabkan oleh gempa bumi, curah hujan ekstrem, dan pencairan gletser, terutama di lereng yang kurang vegetasi. Risiko longsor meningkat di area dengan kemiringan curam. Area sekitar situs harus memiliki kemiringan kurang dari 30 derajat; jika tidak, analisis bahaya lereng harus dilakukan untuk menilai risiko dan mitigasi. Analisis ini penting untuk memantau tingkat lereng, karena longsor dapat memengaruhi struktur utama bangunan, terutama fondasi yang mungkin tidak dapat menahan beban yang terlalu besar.



GS06. 25 km Distance from a Volcano (50 km, if in a valley)

Gunung berapi dapat merusak atau menghancurkan bangunan melalui runtuhnya, kebakaran, dan penguburan dinding serta fondasi akibat aliran piroklastik. Longsor dan kebakaran yang diakibatkan oleh gunung berapi juga dapat mempengaruhi stabilitas bangunan. Oleh karena itu, bangunan harus berada lebih dari 25 km dari gunung berapi, dengan radius aman di daerah lembah sekitar 50 km, untuk menghindari dampak letusan dan pergerakan tektonik yang dapat menyebabkan kerusakan serius dan ancaman bagi keselamatan manusia.



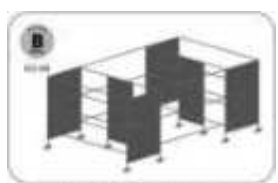
GS07. Not a Historically Recorded Landslide Area

Sebuah lokasi bisa rawan longsor jika sebelumnya telah terjadi longsor. Penting untuk melakukan penelitian di area potensi bangunan untuk mengumpulkan data tentang longsor yang pernah terjadi. Informasi dari peristiwa longsor sebelumnya akan membantu memahami dampak longsor di masa depan. Riwayat yang tercatat harus diteliti untuk setiap lokasi, menginformasikan tim apakah area tersebut rentan terhadap longsor, yang biasanya disebabkan oleh gempa, curah hujan ekstrem, dan pencairan gletser pada lereng yang sedikit vegetasi. Jika kemiringan area sekitar lebih dari 30 derajat, analisis dan mitigasi risiko lereng harus dilakukan.



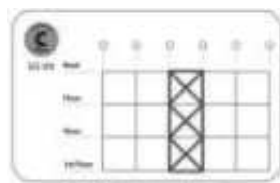
GS08. Lateral Force Resistance System in All Floors and First Level Anchored to Foundation

Gempa bumi menciptakan tekanan horizontal pada bangunan yang dapat menyebabkan runtuh. Di daerah rawan gempa, setiap lantai harus memiliki sistem resistensi gaya lateral agar bangunan dapat menyerap pergerakan tersebut. Lantai pertama harus terikat dengan fondasi, yang dapat dicapai menggunakan dinding geser untuk menahan gaya lateral. Ini penting, terutama untuk bangunan bertingkat tinggi dan yang berada di daerah dengan angin dan aktivitas seismik tinggi.



GS09. Connected Main Structure

Untuk memperkuat jaringan struktur bangunan, struktur utama—termasuk kolom (vertikal), balok (horizontal), fondasi (dasar di bawah tanah), dan atap (bagian atas)—harus terhubung dan diperkuat dengan penguatan silang. Gaya diterapkan pada bangunan di berbagai bidang, sehingga penting untuk memperkuat bangunan secara tiga dimensi. Tujuannya agar bangunan dapat melentur dan merespons gaya sebagai satu kesatuan, menghubungkan semua bagiannya agar integritas struktur tetap terjaga.



GS10. Steel Reinforced Walls

Penguatan baja harus digunakan pada dinding batu bata, beton, atau batu. Penguatan ini memberikan dukungan tambahan untuk mengatasi gaya, terutama agar dinding bergerak sebagai satu kesatuan. Penguatan harus terhubung dengan baik secara vertikal dan horizontal ke fondasi, lantai, atap, dan dinding eksterior sekitarnya. Koneksi yang baik sangat penting untuk semua jenis bangunan, terutama karena beban seismik tambahan atau muatan abu vulkanik yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan struktural atau bahkan runtuh.



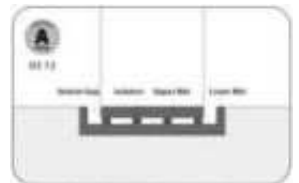
GS11. Steel Reinforced Fireplaces and Chimneys

Bangunan harus dilengkapi dengan cerobong asap dan perapian yang diperkuat dengan baja, karena struktur rangka yang tinggi ini rentan runtuh atau retak di garis atap saat gempa. Cerobong harus terhubung dengan baik ke fondasi, atap, dan dinding penyangga.



GS12. Structure with Seismic Base Isolation

Di daerah rawan gempa, bangunan harus dilengkapi dengan isolasi dasar atau perangkat untuk dissipasi energi. Isolasi dasar seismik adalah alat rekayasa yang efektif yang menggunakan bantalan karet, bantalan bola, atau sistem pegas untuk menyerap gelombang guncangan dari gempa dan mengurangi pergerakan struktur bangunan. Sistem ini berfungsi seperti suspensi antara dasar dan struktur bangunan, meningkatkan kekuatan elastis bangunan untuk menghadapi gaya seismik.



GS13. Defensive Structures for Landslides

Struktur pertahanan untuk tanah longsor harus diintegrasikan dalam area bangunan untuk melindungi dari puing-puing yang meluncur di lereng curam. Struktur ini perlu dirancang dan diperiksa oleh insinyur geo-sipil sesuai kondisi setempat. Contoh struktur pertahanan termasuk penghalang penahan, jaring kawat, bendungan cek, dan drainase. Penghalang penahan adalah dinding yang dibangun di kaki lereng untuk memperlambat atau membelokkan pergerakan tanah, efektif untuk berbagai jenis tanah longsor, seperti longsoran jatuh dan aliran tanah lambat (Creep).



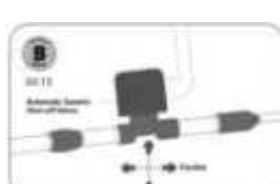
GS14. No Vertical Irregularities

Di daerah rawan gempa, tidak boleh ada irregularitas vertikal, seperti lantai lembek dalam bangunan. Struktur harus stabil, terhubung, dan berfungsi sebagai kesatuan. Bentuk bangunan yang semakin persegi panjang akan lebih baik merespons kejadian seismik. Struktur lembek adalah gedung bertingkat di mana lantai bawah memiliki jendela atau ruang besar, sedangkan lantai atas lebih tahan seismik. Lantai ini sering kali tidak memiliki dinding geser atau bracing silang, sehingga memperkuat gerakan seismik di lantai yang lebih lemah, yang dapat menyebabkan kegagalan struktural.



GS15. Flexible Gas Piping with Automatic Seismic Shut-off Valves

Gerakan geoseismik dapat mempengaruhi koneksi layanan ke bangunan serta strukturnya. Pipa layanan, seperti saluran gas alam dan pipa air, dapat dengan mudah pecah, dan ledakan pipa gas dapat menyebabkan kebakaran. Oleh karena itu, perlu ada fleksibilitas dan kemampuan untuk menyerap guncangan antara pipa kaku untuk saluran gas. Sebaliknya digunakan bracing atau pipa fleksibel untuk pipa gas yang mudah terbakar dengan katup pemutus otomatis seismik di semua bangunan. Pipa fleksibel adalah koneksi kedap udara non-logam dalam saluran untuk mencegah transmisi getaran.



GS16. Design Review for Geoseismic Hazard Mitigation Measures

Desain bangunan harus diajukan dan disetujui oleh lembaga persetujuan lokal sesuai dengan Kode Bangunan Nasional. Insinyur struktural bersertifikat yang bertanggung jawab atas kode yang mengajukan desain harus mengawasi konstruksi pada momen penting dan mendokumentasikan kepatuhan terhadap desain yang disetujui.



GS17. Construction Independently Audited for Geoseismic Hazard Mitigation Measures

Bangunan melibatkan insinyur independen yang berkualitas, yang berbeda dan terpisah dari insinyur struktural yang bertanggung jawab atas kode atau lembaga persetujuan, untuk menginspeksi dan menyetujui konstruksi. Ini memberikan tingkat kontrol kualitas konstruksi tambahan yang penting untuk bangunan dengan peringkat AA.



GS18. Engineering Geological and Geohazard Assessment (EGGAR) Study or Equivalent

Bangunan harus dirancang dan dibangun sesuai dengan risiko seismik berdasarkan studi EGGAR (Engineering Geological and Geohazard Assessment) atau yang setara. EGGAR berfokus pada potensi bahaya geologi yang dapat berdampak langsung atau tidak langsung pada proyek, serta langkah mitigasi yang tepat. Komponen dikategorikan sesuai dengan Tabel 17 berikut. Di banyak negara, seperti Filipina, studi EGGAR harus dilakukan oleh ahli geologi berlisensi atau insinyur berpengalaman minimal 5 tahun. Laporan mencakup informasi umum, data geologi regional dan situs, fitur struktural, serta penilaian bahaya geologi dan uji geoteknik.



2.4.3 Hidrometeorologi

Terdapat tiga jenis bahaya air: Banjir (Banjir Sungai/Danau, Banjir Pasang, Banjir Mendadak, dan Banjir Perkotaan), Marejada (Storm Surge), dan Tsunami. Risiko bahaya air dapat ditemukan di mana saja, bahkan gurun pun bisa mengalami banjir mendadak.

Hazard Type	High Level	Comments
Tsunami	15 m (50 ft)	From mean sea level, up to 2 km (1.2 miles) from coast.
Storm surge	6 m (20 ft)	From mean sea level, up to 1 km (0.6 miles) from coast.
River/lake flood	6 m (20 ft)	From mean river/lake level
Flash flood	6 m (20 ft)	From low point of terrain within 50m (160ft) radius
Tidal flood	3 m (10 ft)	From mean sea level, up to 0.5 km (0.3 miles) from coast
Urban flood	3 m (10 ft)	From low point of terrain within 50 m (160 ft) radius

Gambar 2.21 Klasifikasi Bahaya Bencana Hidrometeorologi
Sumber: BRI (2021)

2.4.3.1 Banjir

1. Banjir Perkotaan: Didefinisikan sebagai genangan tanah atau properti di daerah perkotaan akibat limpasan berlebih dan permukaan tidak tembus air yang melebihi kapasitas sistem drainase. Banjir ini dapat terjadi karena curah hujan kecil di permukaan tidak tembus air dan sering terjadi di luar daerah genangan alami. Banjir perkotaan dapat merusak struktur bangunan dan peralatan, serta menjadi prioritas dalam manajemen bencana seiring dengan pertumbuhan populasi kota dan perubahan iklim.
2. Banjir Sungai: Terkait dengan tingginya air di sungai yang meluap dari salurannya, biasanya disebabkan oleh hujan lebat, pencairan salju, atau infrastruktur manusia. Penggunaan lahan perkotaan dapat meningkatkan risiko banjir dengan memperbesar area permukaan impermeabel. Peningkatan frekuensi curah hujan akibat perubahan iklim meningkatkan risiko banjir sungai, sehingga penting untuk menerapkan langkah mitigasi.
3. Banjir Pasang: Dapat terjadi akibat pasang tinggi tanpa hujan lebat atau badai, tetapi kerusakan dapat meningkat jika terjadi bersamaan dengan badai. Tinggi banjir pasang dipengaruhi oleh faktor astronomis dan fenomena seperti El Niño. Banjir pasang merupakan masalah global yang meningkat akibat kenaikan permukaan laut.
4. Banjir Mendadak: Terjadi ketika curah hujan sangat lebat atau cepat sehingga tanah tidak dapat mengalirkannya dengan cukup cepat. Banjir mendadak juga dapat disebabkan oleh kegagalan bendungan atau longsoran tanah.

2.4.3.2 Banjir Pesisir

Banjir pesisir terjadi ketika tanah kering yang rendah terendam air laut akibat kombinasi pasang tinggi dan kondisi badai. Penyebab utama kejadian banjir pesisir adalah marejada, yang terjadi ketika permukaan laut naik akibat tekanan atmosfer rendah dan bahaya angin; penjelasan lebih lanjut mengenai ini dapat ditemukan di bagian "Bahaya Angin". Marejada sering kali menjadi ancaman yang lebih besar bagi kehidupan dan properti dibandingkan dengan bahaya angin itu sendiri, karena kedalaman marejada tidak selalu berkorelasi dengan kategori kecepatan angin.

Air laut dapat langsung membanjiri tanah di sekitarnya jika melebihi elevasi tanah atau jika gelombangnya dapat menerobos penghalang buatan manusia (misalnya, tembok laut) atau penghalang alami (misalnya, bukit pasir). Aktivitas manusia dapat meningkatkan risiko banjir pesisir. Perubahan iklim akan menyebabkan kenaikan rata-rata permukaan laut; IPCC memperkirakan antara 8-9 cm dari tahun 1990 hingga 2100, namun proyeksi spesifik regional untuk marejada tidak pasti.

Perubahan iklim juga kemungkinan akan meningkatkan intensitas dan frekuensi peristiwa badai ekstrem dan siklon, yang akan menempatkan beberapa daerah pada risiko lebih besar dari banjir pesisir. Selain itu, zona pesisir (daerah dalam jarak 100 km dari pantai dan dalam elevasi 100 m dari permukaan laut) semakin berkembang dalam ukuran populasi, menempatkan lebih banyak orang pada risiko banjir pesisir.

2.4.3.3 Tsunami

Tsunami adalah gelombang (atau rangkaian gelombang) dengan kecepatan dan kedalaman tinggi, yang biasanya disebabkan oleh perpindahan volume air besar akibat gempa bawah laut. Saat gelombang tsunami bergerak ke daratan, tingginya meningkat seiring dengan berkurangnya kedalaman laut. Tsunami menyebabkan kehancuran melalui tiga cara: banjir, dampak gelombang pada struktur, dan erosi. Puing-puing yang terbawa gelombang, seperti kapal, dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada bangunan dan manusia.

Dengan meningkatnya permukaan laut akibat perubahan iklim, potensi dampak tsunami juga diperkirakan akan meningkat. Temuan menunjukkan bahwa banjir akan mencapai lebih jauh ke daratan, dengan peningkatan banjir akibat tsunami sebesar 1,2 hingga 2,4 kali untuk setiap kenaikan 0,5 meter pada permukaan laut. Hal ini menunjukkan bahwa tsunami kecil di masa depan dapat menyebabkan dampak yang sama seperti tsunami besar saat ini.

Table 8. List of mitigation measures for water hazards

Water Hazard Type / Mitigation Measure	Description	Required for AA Rating	Required for A Rating	Required for B Rating	Local/Urban Flooding (Default Hazard)	River/Lake Flooding	Flash Flooding	Coastal/Tidal Flooding	Storm Surge	Tsunami
WT01. Not a Historically-known Natural Water Area in the Last 100 years	The building is not located on a natural water area or a floodplain, wetland, swamp, riverbed/creeking or filled creek) prior to human development in the last 100 years, and has not exhibited flooding.	Y			Y	Y	Y	Y	Y	
WT02. Not located at the Low Point of a Valley or Gully	The building is located more than 4m higher than the lowest low point of a valley or gully, which are likely to flood as water flows from high elevation to low.	Y			Y	Y	Y			
WT03. More than 60% of the Site Perimeter is Sloped Away From and Not Towards Building	More than 60% of the building site perimeter is primarily sloped to drain water away, rather than towards it from land sloped towards it and has high risk of flooding.	Y			Y		Y			
WT04. Lowest Occupied Floor and Equipment Elevated at 6 m minimum	The lowest occupied floor and mechanical/electrical equipment are elevated at least 6 m above the nearest sea/river level to avoid high flood events.	Y				Y	Y	Y	Y	
WT05. Lowest Occupied Floor and Equipment Elevated at 5 m minimum	The lowest occupied floor and mechanical/electrical equipment are elevated at least 5 m above the nearest sea/river level to avoid high flood events.		Y			Y	Y	Y	Y	
WT06. Lowest Occupied Floor and Equipment Elevated at 3 m minimum	The lowest occupied floor and mechanical/electrical equipment are elevated at least 3 m above the nearest sea/river level to avoid high flood events.			Y	Y	Y	Y	Y	Y	
WT07. Lowest Occupied Floor Elevated at 15 m (Tsunami)	If the building is located in a tsunami hazard area, the building site or the lowest occupied floor and mechanical/electrical equipment are elevated at least 15 m above sea level. This building can be used as a vertical evacuation shelter.	Y								Y
WT08. Lowest Occupied Floor Elevated at 10 m (Tsunami)	If the building is located in a tsunami hazard area, the building site or the lowest occupied floor and mechanical/electrical equipment are elevated at least 10 m above sea level.		Y							Y
WT09. Lowest Occupied Floor Elevated at 5 m (Tsunami)	If the building is located in a tsunami hazard area, the building site or the lowest occupied floor and mechanical/electrical equipment are elevated at least 5 m above sea level.			Y						Y
WT10. If Near Water- Before Infrastructure, the Lowest Occupied Floor is Elevated at least 3 m (or 5 m for Tsunami)	The building is either not located near a man-made water defence infrastructure (e.g. dike and levee), where flooding can cause flooding, or if it is the lowest occupied floor and mechanical/electrical equipment are elevated at least 3 m (or 5 m in tsunami hazard areas) above sea/river level.			Y	Y	Y	Y	Y	Y	
WT11. Install Hydrostatic Flood Vents	The floors below the levels specified in measures WT04 or WT05 are open or have installed graded level hydrostatic flood vents to allow water to flow to prevent the floodwaters from lifting the foundation.		Y		Y		Y			
WT12. Sealed Roof	The roof is sealed with properly installed membranes and sealants to prevent seepage from seeping into the building's interior.			Y	Y		Y			
WT13. Sealed Openings	The windows and doors are properly installed and sealed to prevent rainwater from infiltrating to the building's interior.			Y	Y		Y			
WT14. Backflow Valves	If the ground elevation is less than 5 m above sea/river level, backflow valves are installed to water/sewerage flow lines to prevent backflow during flooding.				Y	Y	Y	Y	Y	
WT15. Onsite Water Retention for 200-year Precipitation Scenario	Onsite water retention or stormwater management-off systems are designed/built for 200 year precipitation scenario to delay building's flooding, until their capacity is exceeded.	Y			Y		Y			
WT16. Onsite Water Retention for 100-year Precipitation Scenario	Onsite water retention or stormwater management-off systems are designed/built for 100 year precipitation scenario to delay building's flooding, until their capacity is exceeded.		Y		Y		Y			
WT17. Permeable Outdoor Surrounding Surface	At least 60% of outdoor surfaces are designed/built permeable so to function as Sustainable Urban Drainage Systems (e.g. permeable concrete and grass) to facilitate drainage of water and delay building flooding, until their capacity is exceeded.	Y			Y	Y	Y	Y	Y	
WT18. Water Resistant Materials	Water resistant materials and finishes are used for the building areas susceptible to flood (e.g. lower floors) to enable faster drying, reduce damage and cost.	Y			Y	Y	Y	Y	Y	
WT19. Resistance to Impact from Water-borne Debris	If the ground elevation is less than 5 m above sea/river level, the building is designed/built strong enough to minimise damage from water-borne debris (e.g. crates and floating craft) or the site is designed/built to have features (e.g. pits and strong fences) that reduce debris impact.		Y			Y	Y	Y	Y	
WT20. Roof Drains Sized for 100-year Precipitation Scenario	The roof drains are designed/built for 100 year precipitation scenario and ensure water doesn't accumulate around the building and is directed away.		Y							Y
WT21. Design Review for Water Hazard Mitigation Measures	The design is submitted to the local planning agency for review and approval. The construction is observed by the code-responsible civil engineer at critical milestones.	Y					Y	Y	Y	
WT22. Construction Independently Audited for Water Hazard Mitigation Measures	The construction is inspected and approved by an independent qualified civil engineer, apart from the project engineers and the approving agency.	Y					Y	Y	Y	

Gambar 2.22 List Mitigasi Untuk Bencana Air
Sumber: BRI (2021)

Untuk mendapatkan peringkat A pada bagian air oleh Indeks Ketahanan Bangunan, lantai terendah yang dihuni dan peralatan mekanis/elektrik bangunan harus berada pada atau di atas metrik tingkat tinggi. Bahaya air memiliki ketidakpastian risiko iklim terbesar dan akan ditinjau secara berkala oleh Indeks Ketahanan Bangunan.

WT01. Not a Historically-known Natural Water Area in the Last 100 years

Lokasi situs yang rawan banjir penting diperhatikan karena perubahan iklim menyebabkan kenaikan permukaan laut dan badai hujan intens. Bangunan di area tersebut dapat berdampak negatif pada penghuni dan lingkungan. Jika lokasi pernah menjadi area air alami dalam 100 tahun terakhir atau telah banjir, kemungkinan besar akan banjir lagi. Maka, situs baru sebaiknya tidak dibangun di dataran banjir, lahan basah, rawa, sungai, danau, dasar laut, atau saluran air yang telah diisi.

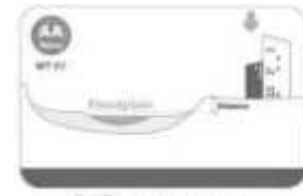


Figure 28. Location not in a natural water area

WT02. Not Located at the Low Point of a Valley or Gully

Di daerah yang rawan banjir sungai/danau, banjir lokal/perkotaan, atau banjir bandang, bangunan sebaiknya tidak dibangun di dekat titik terendah lembah atau jurang. Air mengikuti gravitasi, mengalir dari tempat tinggi ke rendah, dan mengukir jalur yang akan terisi air kembali secara musiman atau berulang, sehingga berpotensi menyebabkan banjir dan menghancurkan bangunan di sekitarnya. Ketinggian vertikal minimum 6 meter dari lembah terdekat adalah pedoman untuk peringkat AA. Lembah atau jurang yang sudah diisi atau diaspal tetap rentan banjir. Pengukuran ketinggian 6 meter dilakukan dari titik tengah lembah atau jurang terdekat.

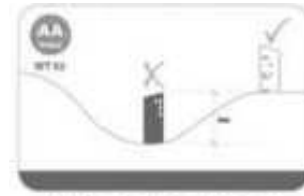


Figure 29. Location not near the lowest point of a valley/gully

WT03. More than 60% of the Site Perimeter is Sloped Away From and Not Towards Building

Kombinasi kedalaman banjir dan kecepatan aliran tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada isi bangunan hingga penghancuran total struktur. Oleh karena itu, di daerah rawan banjir perkotaan atau bandang, bangunan harus ditempatkan di tanah yang lebih tinggi agar air mengalir menjauh dari bangunan. Disarankan lebih dari 60% perimeter lokasi memiliki kemiringan yang mengalir menjauh dari bangunan, dengan gradien yang lebih curam di bawah bangunan untuk mendorong aliran air bergerak lebih cepat menjauh dan mencegah banjir.



Figure 31. Location sloped away from and not towards building

WT04. Lowest Occupied Floor and Equipment Elevated at 6 m minimum

Banjir dapat merusak produk, perlengkapan, furnitur, serta peralatan mekanik dan listrik akibat masuknya air ke dalam bangunan, yang dapat menurunkan nilai properti karena lantai dasar atau basement yang basah. Oleh karena itu, perlindungan terbaik dari berbagai bentuk banjir (non-tsunami) adalah dengan meninggikan bangunan di atas level banjir yang ditetapkan. Apapun yang ditinggikan kurang dari 6 meter dari badan air terdekat, termasuk total elevasi tanah dan lantai terendah yang ditempati, tidak dapat mencapai peringkat AA.



Figure 32. Lowest occupied floor and equipment elevated 6 m minimum

WT05. Lowest Occupied Floor and equipment Elevated at 5 m minimum

Banjir dapat merusak produk, perlengkapan, furnitur, serta peralatan mekanik dan listrik akibat masuknya air ke dalam bangunan, yang dapat menurunkan nilai properti karena lantai dasar atau basement yang basah. Oleh karena itu, perlindungan terbaik dari berbagai bentuk banjir (non-tsunami) adalah dengan meninggikan bangunan di atas level banjir yang ditetapkan. Apapun yang ditinggikan kurang dari 5 meter dari badan air terdekat, termasuk total elevasi tanah dan lantai terendah yang ditempati, tidak dapat mencapai peringkat A.



Figure 33. Lowest occupied floor and equipment elevated at 5 m minimum

WT06. Lowest Occupied Floor and Equipment Elevated at 3 m minimum

Banjir dapat merusak produk, perlengkapan, furnitur, serta peralatan mekanik dan listrik akibat masuknya air ke dalam bangunan, yang dapat menurunkan nilai properti karena lantai dasar atau basement yang basah. Oleh karena itu, perlindungan terbaik dari berbagai bentuk banjir (non-tsunami) adalah dengan meninggikan bangunan di atas badan air terdekat, termasuk total elevasi tanah dan lantai terendah yang ditempati. Apapun yang ditinggikan kurang dari 3 meter dari badan air terdekat tidak dapat mencapai peringkat B.



Figure 34. Lowest occupied floor and equipment elevated at 3 m minimum

WT07. Lowest Occupied Floor Elevated 15 m (Tsunami)

Air yang bergerak cepat dari gelombang saat tsunami dapat menghancurkan properti dan menyebabkan kerusakan struktural yang parah. Selain itu, air dapat merusak sistem listrik bangunan. Di daerah berisiko tsunami, lantai terendah dan peralatan mekanik serta listrik harus ditinggikan setidaknya 15 m di atas permukaan laut untuk peringkat AA. Struktur bangunan bisa berada di bawah level ini, tetapi ruang tersebut tidak boleh digunakan untuk orang atau peralatan, dan harus mampu menahan gaya dampak dari air dan puing-puing, termasuk perahu dan kendaraan. Selain itu, area di atas 15 m dapat berfungsi sebagai tempat perlindungan evakuasi vertikal.

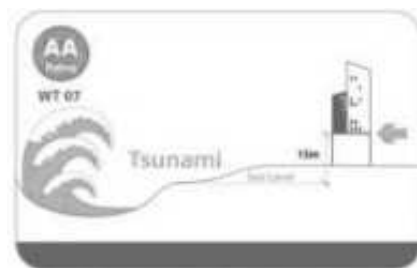


Figure 35. Lowest occupied floor elevated 15 m (tsunami)

WT08. Lowest Occupied Floor Elevated 10 m (Tsunami)

Air yang bergerak cepat dari gelombang saat tsunami dapat menghancurkan properti atau menyebabkan kerusakan struktural yang tidak dapat diperbaiki. Selain itu, air dapat merusak sistem listrik bangunan. Di daerah berisiko tsunami, lantai terendah yang digunakan dan peralatan mekanik serta listrik harus ditinggikan setidaknya 10 m di atas permukaan laut untuk mendapatkan peringkat A. Struktur bangunan bisa berada di bawah level ini, tetapi ruang tersebut tidak boleh digunakan untuk orang atau peralatan, dan harus mampu menahan gaya dampak dari air dan puing-puing yang mengapung, termasuk perahu dan kendaraan.

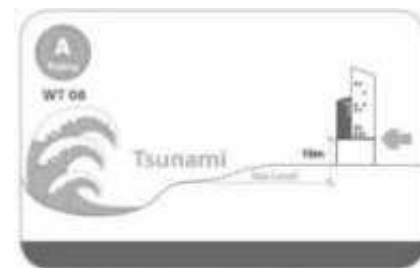


Figure 36. Lowest occupied floor elevated 10 m (tsunami)

WT09. Lowest Occupied Floor Elevated 5 m (Tsunami)

Air yang bergerak cepat dari gelombang saat tsunami dapat menghancurkan properti atau menyebabkan kerusakan struktural yang parah. Selain itu, air dapat merusak sistem listrik bangunan. Di daerah berisiko tsunami, lantai terendah yang digunakan dan peralatan mekanik serta listrik harus ditinggikan setidaknya 5 m di atas permukaan laut untuk mendapatkan peringkat B. Struktur bangunan bisa berada di bawah level ini, tetapi ruang tersebut tidak boleh digunakan untuk orang atau peralatan, dan harus mampu menahan gaya dampak dari air dan puing-puing yang mengapung, termasuk perahu dan kendaraan.

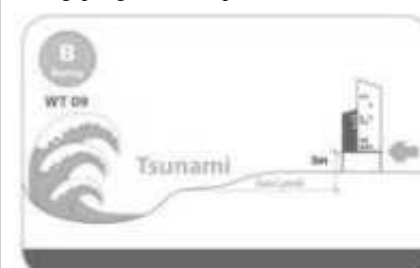


Figure 37. Lowest occupied floor elevated 5 m (tsunami)

WT10. If Near Water Defense Infrastructure, the Lowest Occupied Floor is Elevated at least 3 m (or 5 m for Tsunami)

Infrastruktur manajemen air publik terdiri dari bendungan, tanggul, dan pertahanan banjir lainnya untuk membantu mengendalikan dan mengelola aliran air saat terjadi bencana. Infrastruktur ini terbatas oleh desain, pemeliharaan, dan usangnya, dan tidak dapat menjamin perlindungan banjir untuk bangunan dengan peringkat B. Oleh karena itu, untuk peringkat B, jika lokasi bangunan dekat dengan bendungan, tanggul, atau pertahanan banjir yang kegagalannya dapat menyebabkan banjir, elevasi lantai terendah yang digunakan dari badan air terdekat harus setidaknya 3 m (5 m untuk daerah berisiko tsunami).

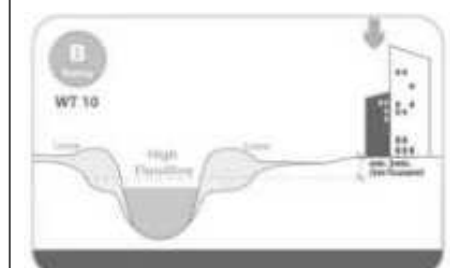


Figure 38. Location in relation to water/defense infrastructure

WT11. Install Hydrostatic Flood Vents

Jika langkah WT04, WT05, atau WT06 (lantai terendah yang digunakan ditinggikan) tidak dipenuhi, maka ventilasi banjir hidrostatik yang sesuai harus dipasang di level tanah untuk memungkinkan aliran air. Air banjir yang bergerak dapat mengangkat dan memindahkan bangunan dari fondasinya. Jika bangunan tidak cukup tinggi, setidaknya harus memiliki ventilasi hidrostatik untuk memungkinkan aliran air. Ventilasi ini perlu dibersihkan dan dipelihara agar tidak tersumbat.

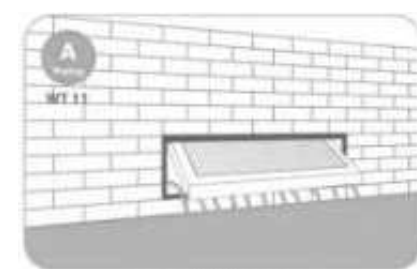


Figure 39. Hydrostatic flood vents

WT12. Sealed Roof

Kebocoran air di dalam bangunan dapat mempercepat proses erosi dan menyebabkan masalah mulai dari jamur hingga kerusakan pada produk, permukaan logam, furnitur, dan peralatan elektronik. Oleh karena itu, atap bangunan harus kedap air dan mencegah infiltrasi kelembapan ke dalam struktur bangunan. Membran kedap air, jika dipasang dengan benar, berfungsi sebagai penyekat yang memisahkan bagian dalam bangunan dari luar sambil mencegah air hujan masuk ke dalam bangunan.

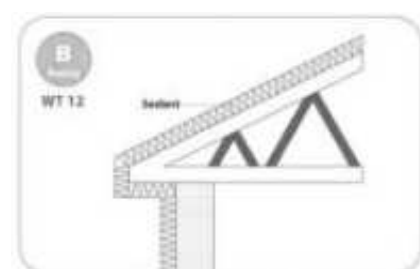


Figure 40. Sealed roof

WT13. Sealed Openings

Air yang tidak perlu di dalam bangunan dapat menyebabkan kelembapan dan kerusakan pada peralatan. Banjir sering disertai hujan lebat, dan air hujan yang masuk melalui celah yang tidak tersegel dapat merusak struktur. Oleh karena itu, semua celah, termasuk jendela dan pintu, harus disegel. Sealant yang umum digunakan meliputi akrilik lateks, silikon, poliuretan, sealant karet, dan polimer yang dimodifikasi silan. Sealant ini harus tahan cuaca dan fleksibel agar tidak menyusut atau membentuk gelembung.

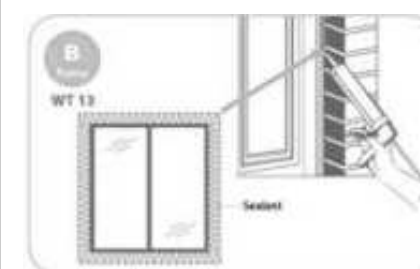


Figure 41. Sealed openings

WT14. Backflow Valves

Jika lantai terendah yang digunakan kurang dari 5 m, maka katup balik harus dipasang untuk mencegah aliran kembali limbah selama banjir. Banjir dapat membawa banyak puing dan bahan limbah, yang jika masuk ke dalam bangunan dapat berbahaya bagi penghuninya. Saluran aliran limbah tanpa katup balik berisiko mengalami aliran balik saat terjadi banjir lokal.

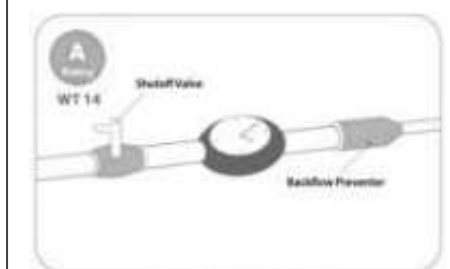


Figure 42. Install backflow valves

WT15. Onsite Water Retainage for 200-year Precipitation Scenario

Dengan menunda dampak aliran air atau memiliki titik penampungan untuk air yang mengalir ke lokasi bangunan, dampak tersebut dapat disebarkan lebih lama. Dampak negatif terbesar dari aliran air terjadi ketika meningkat cepat dan permukaan air tidak dapat menahan air dalam salurannya. Ini menyebabkan air meluap ke dataran banjir, meluap dari saluran, dan menyumbat puing-puing. Oleh karena itu, di area yang rentan terhadap gelombang badai dan banjir, sistem penampungan air onsite atau saluran air hujan harus dirancang untuk mengakomodasi proyeksi puncak curah hujan selama skenario 200 tahun untuk peringkat AA.

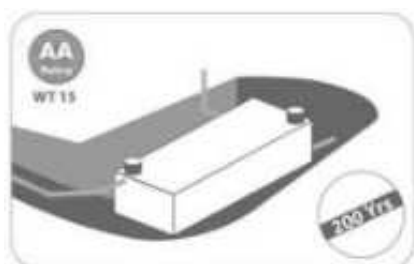


Figure 43. Flood retaining tank, sized for 200-year precipitation scenario

WT16. Onsite Water Retainage for 100-year Precipitation Scenario

Dengan menunda dampak aliran air atau memiliki titik penampungan untuk air yang mengalir ke lokasi bangunan, dampak tersebut dapat disebarkan lebih lama. Dampak negatif terbesar dari aliran air terjadi ketika meningkat cepat dan permukaan air tidak dapat menahan air dalam salurannya. Ini menyebabkan air meluap ke dataran banjir, meluap dari saluran, dan menyumbat puing-puing. Oleh karena itu, di area yang rentan terhadap gelombang badai dan banjir, sistem penampungan air onsite atau saluran air hujan harus dirancang untuk mengakomodasi proyeksi puncak curah hujan selama skenario 100 tahun untuk peringkat A.

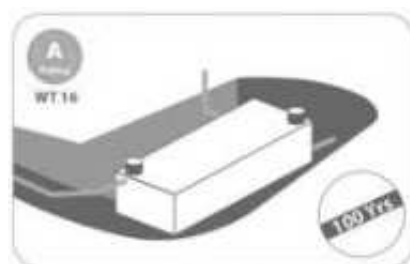


Figure 44. Flood retaining tank, sized for 100-year precipitation scenario

WT17. Permeable Outdoor Surrounding Surfaces

Permukaan permeabel harus digunakan di sekitar lansekap luar lokasi bangunan. Tanah dan/atau permukaan yang dapat dilalui air ini dapat mengalirkan air dan menunda banjir bangunan hingga kapasitasnya terlampaui. Permukaan luar yang permeabel, juga dikenal sebagai Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan (SUDs), mencakup: beton permeabel yang memungkinkan air mengalir dan mengurangi limpasan; atap hijau yang dilengkapi media tanam dan vegetasi untuk meningkatkan penahanan air hujan; serta lansekap alami seperti reforestasi, yang membantu mengelola dampak banjir dengan metode rekayasa lunak.

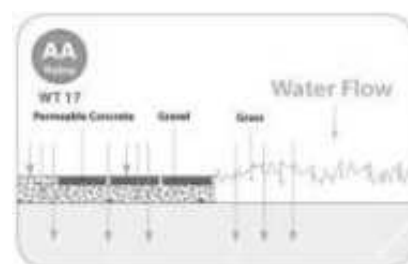


Figure 45. Permeable outdoor surfaces

WT18. Water Resistant Materials

Tujuan utama tempat perlindungan adalah melindungi penggunaannya dari elemen eksternal akibat iklim dan cuaca. Di area rentan terhadap hujan dan banjir, bahan tahan air harus digunakan di tingkat bangunan yang terpapar. Bahan ini bisa alami atau diolah, seperti beton, isolasi sel tertutup, bata tahan air, ubin, serta jendela dan pintu dengan rangka dari uPVC, aluminium, atau baja. Bahan tahan air memungkinkan pengeringan lebih cepat, mengurangi kerusakan, dan meminimalkan risiko jamur.

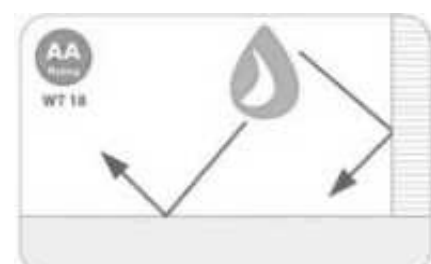


Figure 46. Water resistant materials

WT19. Resistance to Impact from Water-borne Debris

Air yang bergerak dapat membawa puing-puing, seperti mobil atau perahu, dengan kecepatan tinggi, yang dapat menyebabkan kerusakan parah dan meruntuhkan bangunan. Oleh karena itu, struktur bangunan harus cukup kuat untuk menahan kerusakan dari puing-puing, terutama jika elevasi tanah kurang dari 5 m di atas permukaan laut atau sungai. Kerangka bangunan, dari fondasi hingga atap, harus mampu menahan dampak hidrologis segera. Contoh untuk meminimalkan dampak tersebut meliputi tiang, kolom, dan pagar kuat di sekitar bangunan. Di daerah berisiko tsunami, struktur sebaiknya terbuat dari beton atau baja bertulang.



Figure 47. Building structure to withstand water-borne debris damage

WT20. Roof Drains Sized for 100-year Precipitation Scenario

Drainase atap adalah sistem yang mengumpulkan, mengontrol, dan mengalirkan air hujan dari atap. Selain kemiringan atap, sistem ini melibatkan talang dan pipa turun terbuka, serta wadah untuk pengumpulan air. Manfaat drainase atap termasuk mengurangi akumulasi air tanah di sekitar bangunan dan mencegah kerusakan pada atap akibat kebocoran. Drainase yang cukup besar dan terawat diperlukan untuk skenario curah hujan 100 tahun. Kemiringan atap memengaruhi laju pengaliran air ke tanah, dan drainase dapat terbuat dari bahan seperti plastik, logam, atau besi cor, dengan variasi ketahanan dan biaya.

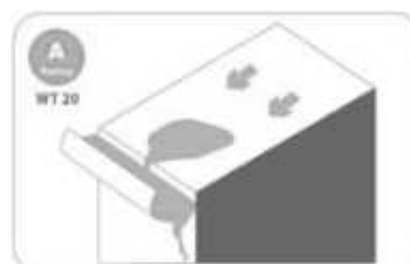


Figure 48. Roof drains sized for peak precipitation in 100-year scenario

WT21. Design Review for Water Hazard Mitigation Measures

Desain harus diajukan dan disetujui oleh lembaga persetujuan lokal, sesuai dengan Kode Bangunan Nasional. Konstruksi harus diawasi dan didokumentasikan pada momen penting oleh insinyur yang bertanggung jawab atas kepatuhan terhadap kode pada tahap desain. Inspeksi profesional selama kemajuan konstruksi penting untuk meminimalkan kesalahan dan memastikan bahwa yang dibangun sesuai dengan desain awal.



Figure 49. Civil design reviewed by the local approving agency

WT22. Construction Independently Audited for Water Hazard Mitigation Measures

Insinyur independen yang berkualitas, berbeda dari insinyur lembaga persetujuan atau desain proyek, harus dilibatkan untuk menginspeksi dan menyetujui konstruksi bangunan. Audit independen harus menyediakan dokumentasi jelas dan detail tentang pedoman serta komentar desain yang diusulkan, serta memverifikasi kemampuannya menghadapi tantangan air di daerah rawan banjir dan tsunami. Tinjauan profesional terhadap desain dan implementasinya dalam proses konstruksi membantu mengurangi risiko agar desain yang memenuhi syarat terwujud dalam konstruksi yang sesuai.



Figure 50. Construction independently audited for water hazard mitigation measures

Tabel 2.9 Mitigasi untuk Bencana Air
Sumber: BRI (2021)

2.4.4 Badai Angin

Terdapat tiga jenis bahaya angin yang utama: Badai (termasuk Siklon, Typhoon, dan Hurricane), Tornado, dan Downbursts (juga dikenal sebagai Derechos). Setiap jenis bahaya ini memiliki karakteristik dan dampak yang berbeda. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai masing-masing jenis bahaya angin tersebut.

Hazard Type	High Level	Comments
Typhoon, Hurricane or Cyclone	290 km/h (180mph)	Reduce by 10 km/h for every km from coast to a minimum of 200 km/h (10mph for every mile from coast a minimum of 125mph)
Tornado	290 km/h (180mph)	
Downburst	130 km/h (80mph)	

Gambar 2.23 Klasifikasi Bahaya Badai Angin
Sumber: BRI (2021)

2.4.4.1 Badai (*Cyclone, Typhoon, Hurricane*)

Angin kencang dan badai memiliki istilah yang berbeda dan terjadi pada waktu yang berbeda sepanjang tahun tergantung pada geografi. Hurricane berkembang antara Juni dan November di Atlantik Utara (Karibia) dan Pasifik Timur Laut, sementara Typhoon terjadi dari Mei hingga November di Pasifik Barat Laut. Cyclone muncul di Pasifik Selatan dan Samudra Hindia, dengan musim biasanya berlangsung dari November hingga April. Di Samudra Hindia Utara (Teluk Benggala dan Laut Arab), siklon tidak memiliki musim resmi tetapi cenderung terjadi dari April hingga Juni dan September hingga November.

Badai tropis terbentuk ketika udara dipanaskan oleh air laut hangat dekat Khatulistiwa, menyebabkan udara panas naik dan menciptakan area tekanan rendah. Ketika kecepatan angin di bawah 61-63 km/jam, mereka disebut depresi tropis; ketika kecepatan angin berkelanjutan lebih dari 63 km/jam, mereka dikenal sebagai badai tropis atau siklon. Ketika kecepatan angin mencapai 119 km/jam (74 mph), mereka disebut siklon tropis, hurricane, atau typhoon. Dalam dokumen ini, istilah "Badai" digunakan untuk merujuk kepada semua jenis tersebut.

2.4.4.2 Tornado

Tornado adalah kolom udara yang berputar dengan cepat antara awan badai dan permukaan tanah, sering kali digambarkan sebagai corong, dan dapat bervariasi dalam penampilan, kecepatan angin, dan durasi. Mereka paling umum terjadi di Amerika Serikat dengan rata-rata sekitar 1.000 tornado per tahun, tetapi juga dapat terjadi di Kanada, Meksiko, serta di berbagai belahan dunia lainnya seperti Amerika Selatan, Australia, Asia, dan Eropa.

Tornado biasanya berkembang dalam badai petir supercell dan dapat diprediksi menggunakan radar Doppler, meskipun prediksi untuk tornado yang lebih kecil lebih sulit dilakukan. Keparahan tornado diukur dengan skala Enhanced Fujita (EF) dari 0 hingga 5, dan semua tornado memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan signifikan pada properti, terutama ketika beberapa tornado terjadi bersamaan atau disertai hujan es dan curah hujan berat.

Badai tropis terbentuk ketika udara dipanaskan oleh air laut hangat dekat Khatulistiwa, menyebabkan udara panas naik dan menciptakan area tekanan rendah. Ketika kecepatan angin di bawah 61-63 km/jam, mereka disebut depresi tropis; ketika kecepatan angin berkelanjutan lebih dari 63 km/jam, mereka dikenal sebagai badai tropis atau siklon. Ketika kecepatan angin mencapai 119 km/jam (74 mph), mereka disebut siklon tropis, hurricane, atau typhoon. Dalam dokumen ini, istilah "Badai" digunakan untuk merujuk kepada semua jenis tersebut.

Tropical cyclone classifications								
Beaufort Scale	1-minute sustained winds	10-minute sustained winds	NE Pacific & N Atlantic (NHC/CPHC)	NW Pacific (JTWC)	NW Pacific (JMA)	N Indian Ocean (IMD)	SW Indian Ocean (MFS)	Australia & S Pacific (BOM/FMS)
0-7	< 32 knots (19 km/h)	< 20 knots (12 km/h)	Tropical Depression	Tropical Depression	Tropical Depression	Depression	Zone of Disturbed Weather	Tropical Disturbance
7	33 knots (61 km/h)	28-29 knots (52-54 km/h)				Deep Depression	Tropical Disturbance	Tropical Depression
8-9	34-37 knots (63-68 km/h)	30-33 knots (56-61 km/h)	Tropical Storm	Tropical Storm			Tropical Depression	Tropical Low
9-10	38-54 knots (70-100 km/h)	34-47 knots (63-87 km/h)			Tropical Storm	Cyclonic Storm	Moderate	Category 1
							Tropical Storm	Tropical Cyclone
10-11	55-63 knots (102-117 km/h)	48-55 knots (89-102 km/h)			Severe	Severe	Severe	Category 2
12+	64-71 knots (119-132 km/h)	56-63 knots (104-117 km/h)	Category 1	Typhoon	Tropical Storm	Cyclonic Storm	Tropical Storm	Tropical Cyclone
	72-82 knots (133-152 km/h)	64-72 knots (119-133 km/h)	Hurricane		Typhoon	Very Severe	Tropical Cyclone	Category 3
	83-95 knots (154-176 km/h)	73-83 knots (136-154 km/h)	Category 2 Hurricane			Cyclonic Storm		Severe Tropical Cyclone
	96-97 knots (178-180 km/h)	84-85 knots (156-157 km/h)	Category 3		Very Strong Typhoon			
	98-112 knots (182-207 km/h)	86-98 knots (159-183 km/h)	Major Hurricane			Extremely Severe	Intense	Category 4
	113-122 knots (208-226 km/h)	86-107 knots (159-198 km/h)	Category 4			Cyclonic Storm	Tropical Cyclone	Severe Tropical Cyclone
	123-129 knots (228-239 km/h)	108-113 knots (200-209 km/h)	Major Hurricane		Violent Typhoon			Category 5
	130-136 knots (241-252 km/h)	114-119 knots (211-220 km/h)		Super		Super	Very Intense	Severe Tropical Cyclone
> 137 knots (254 km/h)	> 120 knots (222 km/h)	> 120 knots (222 km/h)	Category 5	Typhoon		Cyclonic Storm	Tropical Cyclone	
			Major Hurricane					

Gambar 2.24 Ringkasan klasifikasi siklon tropis yang digunakan oleh pusat peringatan resmi di seluruh dunia
Sumber: BRI (2021)

2.4.4.3 Downburst

Downburst adalah istilah umum yang menggambarkan area bahaya angin di atau dekat permukaan tanah yang disebabkan oleh aliran udara yang kuat (kolom udara yang turun dengan cepat ke tanah), biasanya terjadi dalam badai petir. Perbedaannya dengan tornado adalah bahwa downburst tidak terkait dengan perputaran (sering disebut sebagai angin lurus). Downburst dapat dibagi menjadi dua kategori: makroburst dan mikroburst.

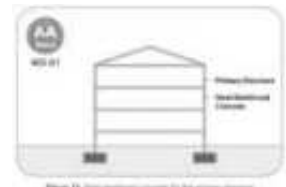
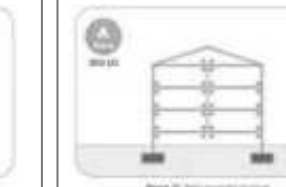
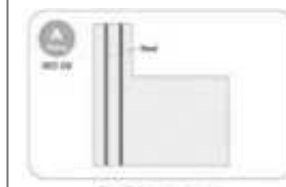
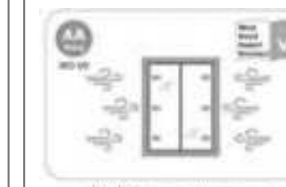
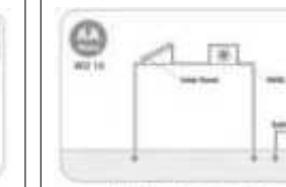
- Makroburst memiliki diameter lebih besar dari 4 km (2,5 mil), sedangkan
- Mikroburst lebih kecil dari 4 km (2,5 mil) dan dibagi menjadi dua jenis: kering dan basah. Mikroburst basah disertai dengan curah hujan yang kuat.

Pada 17 September 2022, fenomena waterspout terjadi di perairan Sorong, yang mirip dengan *downburst* tetapi terjadi di atas air. Fenomena ini berlangsung sekitar 15 menit dan terbentuk dari sistem awan cumulonimbus. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Sorong menjelaskan bahwa *waterspout* dapat menandakan potensi hujan lebat dan angin kencang. (AntaraneWS, 2022)

Table 6. List of mitigation measures for wind hazards

Wind Hazard Type / Mitigation Measure	Required for all Buildings	Required for all Buildings	Required for all Buildings	Desirable (if feasible)	Feasible	Event Category (Tornado, Hurricane, etc.)
WD01. Steel Reinforced Concrete Primary Structure Built to Withstand 290+km/h Winds						
WD02. Primary Structure of Any Material Built to Withstand 290+km/h Winds						
WD03. Primary Structure Built to Withstand 200+km/h Winds						
WD04. Roof Built to Withstand 290+km/h Winds						
WD05. Well-connected Structure						
WD06. Steel Reinforced Main Building Elements						
WD07. Steel Reinforced Fireplaces and Chimneys						
WD08. Larger Than 1 m ² Openings are Wind-rated						
WD09. Securely Anchored External Fixtures						
WD10. Design Review for Wind Hazard Mitigation Measures						
WD11. Construction Independently Audited for Wind Hazard Mitigation Measures						

Gambar 2.25 List Mitigasi untuk Bencana Bada Angin
Sumber: BRI (2021)

<p>WD01. Steel Reinforced Concrete Primary Structure Built to Withstand 290+km/h Winds</p> <p>Praktik terbaik untuk mitigasi bahaya angin kencang adalah menggunakan beton bertulang baja pada struktur utama. Di daerah rawan badai dan tornado, semua elemen struktural utama, seperti kolom, balok, dan fondasi, harus terbuat dari beton yang diperkuat dengan baja. Desain elemen-elemen ini perlu mampu menahan kecepatan angin minimal 290 km/jam untuk badai atau tornado, dan 200 km/jam untuk downburst.</p> 	<p>WD02. Primary Structure of Any Material Built to Withstand 290+km/h Winds</p> <p>Elemen struktural utama, seperti kolom, balok, dinding penahan beban, rangka lantai, dan fondasi, harus dirancang untuk menahan kecepatan angin minimal 290 km/jam untuk badai atau tornado, dan 160 km/jam untuk downburst. Penting untuk dicatat bahwa langkah mitigasi ini mirip dengan WD01, tetapi tidak memerlukan konstruksi beton bertulang baja. Untuk mencapai peringkat A, langkah ini harus diterapkan pada semua bangunan (residensial, komersial, kantor, ritel, hotel, atau rekreasi), terlepas dari apakah bangunan tersebut merupakan layanan esensial/krusial atau tidak.</p> 	<p>WD03. Primary Structure Built to Withstand 200km/h Winds</p> <p>Di daerah yang rawan terhadap bahaya angin, elemen struktural utama, seperti kolom, balok, dinding penahan beban, rangka lantai, dan fondasi, harus mematuhi kode nasional dan dirancang untuk menahan kecepatan angin minimum sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none">• Lokasi berisiko badai dan tornado: 200 km/jam• Lokasi berisiko downburst dan bahaya lainnya: 130 km/jam <p>Penting untuk dicatat bahwa langkah mitigasi ini mirip dengan WD02, tetapi tingkat angin yang diperlukan adalah setidaknya 200 km/jam untuk badai dan tornado, serta 130 km/jam untuk downburst.</p> 	<p>WD04. Roof Built to Withstand 290+km/h Winds</p> <p>Agar memenuhi syarat peringkat AA, atap harus dibangun untuk menahan kecepatan angin minimum 290 km/jam untuk badai dan tornado, serta 200 km/jam untuk downburst. Bentuk dan berat atap dapat memengaruhi seberapa rentan atap terhadap angin kencang. Atap hip dengan profil rendah (semua sisi miring dan tanpa bagian vertikal) serta atap datar cenderung lebih tahan. Catatan: Atap yang dibangun dengan beton bertulang baja yang baik kemungkinan akan memenuhi beban angin 290 km/jam, meskipun dibangun sesuai dengan kode nasional untuk bangunan non-esensial/krusial, sehingga memenuhi langkah ini.</p> 	<p>WD05. Well-connected Structure</p> <p>Bahaya angin dapat merobohkan bangunan karena menciptakan perbedaan tekanan antara interior dan eksterior bangunan. Oleh karena itu, elemen struktural, termasuk kolom, balok, fondasi, dan atap, harus terhubung dengan baik satu sama lain. Struktur bangunan di mana atap terhubung dengan kuat ke kolom dan balok (menggunakan koneksi baja internal atau eksternal) serta kolom yang terhubung kuat ke fondasi menciptakan jalur beban yang kontinu dan lebih tahan terhadap angin. Penguat beton (rebar) dan koneksi dari baja atau bahan setara bersifat ductile, artinya merespons beban dengan cara yang terkontrol dan mengelola retensi beban dengan baik.</p> 	<p>WD06. Steel Reinforced Main Building Elements</p> <p>Dalam peristiwa bahaya angin, dinding masonry tanpa penguatan lebih rentan terhadap keruntuhan dibandingkan dengan yang menggunakan penguatan baja. Oleh karena itu, kolom, balok, dan dinding dari masonry, beton, atau batu harus diperkuat dengan baja.</p> <p>Penting agar dinding masonry, beton, dan batu memiliki penguatan baja yang memadai, karena material yang disusun tanpa sub-struktur akan terpapar pada gaya lateral tambahan yang kemungkinan tidak dapat ditahan oleh struktur masonry saja.</p> 
<p>WD07. Steel Reinforced Fireplaces and Chimneys</p> <p>Perapian dan cerobong asap dapat menghadapi beban angin yang tinggi karena posisinya yang berada di atas garis atap dan kadang-kadang di dinding gable luar. Tingginya cerobong dan perimeter sempitnya membuatnya rentan terhadap keruntuhan akibat angin ekstrem. Oleh karena itu, perapian dan cerobong asap harus diperkuat dengan baja, serta memiliki penguatan yang memadai yang menghubungkannya ke dinding. Cerobong logam atau tumpukan juga harus terhubung dengan aman ke struktur bangunan.</p> 	<p>WD08. Steel Reinforced Parapets</p> <p>Parapet adalah dinding penyangga yang terletak di persimpangan antara dasar atap dan bagian atas dinding luar. Fungsinya adalah melindungi atap dari angin dan hujan serta mencegah jembatan termal antara atap dan dinding dengan menyediakan ruang lebih untuk isolasi. Parapet juga berfungsi sebagai penghalang visual dari tingkat mata. Parapet akan mencegah puing-puing di atap jatuh dengan cepat ke tanah, yang dapat menyebabkan cedera pada orang. Oleh karena itu, parapet di bangunan harus diperkuat dengan baja dan terhubung ke struktur utama.</p> 	<p>WD09. Larger Than 1 m² Openings are Wind-rated</p> <p>Bukaan pada struktur bangunan dapat menjadi titik lemah bagi angin. Untuk menjaga integritas struktur, jendela, pintu, dinding tirai, dan pintu garasi di daerah rawan badai dan tornado harus memiliki peringkat tahan angin dan tahan dampak sesuai WD01. Jendela yang tidak terlindungi rentan pecah akibat puing-puing, berpotensi menyebabkan kaca jatuh dari bangunan bertingkat. Oleh karena itu, jendela dan pintu harus memiliki peringkat untuk kecepatan angin tinggi atau dilengkapi penutup dengan peringkat yang sama.</p> 	<p>WD10. Securely Anchored External Fixtures</p> <p>Perangkat eksternal seperti peralatan HVAC, penghayaan, panel surya, funitur luar, dan dekorasi dapat tergerak oleh angin kencang dan merusak bangunan serta lingkungan sekitarnya. Semua perangkat yang berpotensi menjadi puing-puing akibat angin harus mudah dipindahkan ke lokasi aman atau terikat dengan aman ke struktur bangunan, fondasi, atau tanah. Permukaan kerikil sebaiknya dihindari. Selain itu, peralatan mekanis dan elektrik eksternal harus memiliki peringkat untuk tingkat angin yang ditentukan dalam WD01.</p> 	<p>WD11. Design Review for Wind Hazard Mitigation Measures</p> <p>Desain bangunan harus diajukan dan disetujui oleh lembaga pengawas setempat, sesuai dengan kode bangunan nasional.</p> <p>Selama konstruksi, insinyur struktural yang bertanggung jawab atas kepatuhan kode pada tahap desain harus mengawasi dan mendokumentasikan pembangunan pada momen-momen penting. Pemeriksaan silang ini membantu meminimalkan kemungkinan kesalahan dan memastikan bahwa apa yang dibangun sesuai dengan desain awal.</p> 	<p>WD12. Construction Independently Audited for Wind Hazard Mitigation Measures</p> <p>Seorang insinyur independen yang berkualifikasi, berbeda dari insinyur yang ditugaskan oleh lembaga pengawas atau insinyur desain proyek, harus dilibatkan untuk memeriksa dan menyetujui konstruksi bangunan.</p> <p>Audit independen ini harus menyediakan dokumentasi yang jelas dan rinci tentang pedoman serta komentar terhadap desain yang diusulkan, termasuk bagaimana desain tersebut dapat tahan terhadap angin kencang atau bagaimana desain tersebut dapat diubah untuk mencapainya.</p> 

Tabel 2.10 Mitigasi untuk Bencana Badai Angin
Sumber: BRI (2021)

2.4.5 Kebakaran

Terdapat dua jenis risiko kebakaran:

- Risiko kebakaran lokal ditemukan di mana-mana, karena bangunan dan komunitas selalu mengandung persentase tertentu dari material yang mudah terbakar.
- Risiko kebakaran hutan biasanya berada di dekat perbatasan urban-wildlife, di area luas dengan vegetasi lebat yang dapat terbakar dalam kondisi tertentu, seperti hutan, padang rumput, atau semak belukar.

Selain keselamatan jiwa, yang biasanya dicapai melalui evakuasi cepat, bangunan yang tahan api harus mempertahankan integritas struktural dalam kondisi kebakaran yang intens untuk jangka waktu lama, bahkan jika layanan pemadaman kebakaran eksternal tertunda atau tidak tersedia. Bangunan berperingkat A bertujuan untuk dampak rendah atau sangat rendah.

Impact	Maintaining Structural Integrity
Very Low	more than 10.0 hrs.
Low	5.0 -10.0 hrs.
Medium	3.1 – 5.0 hrs.
High	1.1 - 3.0 hrs.
Very High	1.0 hr or less

Gambar 2.26 Waktu yang diperlukan untuk mempertahankan integritas struktural terhadap bahaya kebakaran.
Sumber: BRI (2021)

2.4.5.1 Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan didefinisikan sebagai kebakaran yang tidak terkendali, tidak diinginkan, dan tidak direncanakan di area vegetasi seperti padang rumput, semak belukar, hutan, atau lahan pertanian. Tergantung pada lokasi kebakaran dan jenis vegetasi yang ada, kebakaran ini sering kali didefinisikan sebagai kebakaran semak, kebakaran gurun, kebakaran hutan, kebakaran gambut, atau kebakaran rumput. Kebakaran hutan dapat menyebabkan kerusakan pada properti, kehidupan manusia, vegetasi, dan hewan. Namun, dalam beberapa kasus, ekosistem pasca-kebakaran (yang berkembang dengan kebakaran yang terjadi secara alami) dapat menguntungkan bagi beberapa vegetasi dan hewan. Ada tiga penyebab alami utama dari kebakaran hutan: periode panjang iklim kering, petir, dan letusan gunung berapi.

Namun, kebakaran hutan sering kali disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembakaran sengaja (arson), puntung rokok yang dibuang sembarangan, dan percikan dari peralatan listrik. Gelombang panas, kekeringan, dan variabilitas iklim alami yang meningkatkan iklim kering dan panas, seperti peristiwa El Niño, semuanya meningkatkan risiko kebakaran hutan. Akibatnya, meningkatnya suhu dan kekeringan yang disebabkan oleh perubahan iklim telah menyebabkan peningkatan risiko kebakaran hutan di banyak wilayah dan akan terus berlanjut. Kota sorong sendiri menunjukkan adanya ten peningkatan titik kebakaran hutan. Terakhir kebakaran hutan menghancurkan 10 Hektare Kawasan Rehabilitasi Hutan Kota Sorong (Kumparannnews, 2019)

2.4.5.2 Kebakaran Lokal

Kebakaran terjadi ketika ada sumber penyalan, sumber bahan bakar, dan sumber oksigen. Karena oksigen sulit untuk dikurangi, risiko kebakaran di dalam sebuah bangunan tergantung pada sumber penyalan yang ada di dalamnya serta bahan-bahan dari isi dan strukturnya.

Penyebab utama kebakaran adalah: memasak, peralatan pemanas, lilin, kerusakan listrik, merokok, pembakaran sengaja (arson), dan penyimpanan limbah atau cairan mudah terbakar yang tidak tepat. Manajemen risiko sangat penting dalam mengurangi sumber penyalan ini.

Setelah kebakaran dimulai, tingkat kerusakan akan bergantung pada kemampuan api untuk menyebar, yang ditentukan oleh kemampuan terbakar dari bangunan dan isinya. Perlindungan kebakaran seperti sprinkler dan intervensi pemadam kebakaran juga dapat membantu mengurangi kerusakan dari beberapa kebakaran. Bangunan kayu adalah yang paling mudah terbakar, diikuti oleh baja yang tidak terlindungi, sedangkan beton bertulang memiliki ketahanan api terbaik. Meskipun konstruksi bangunan sudah diperhitungkan, jika terdapat pelapis dan panel yang mudah terbakar, tingkat keparahan kebakaran akan meningkat secara dramatis, seperti yang terlihat pada kebakaran apartemen Grenfell di London pada tahun 2017.

Isi bangunan juga sangat signifikan dalam menentukan sejauh mana kebakaran terjadi. Gudang sangat rentan terhadap kebakaran besar karena memiliki beban api yang tinggi, terutama jika bahan seperti plastik disimpan yang sangat mudah terbakar. Industri yang menggunakan debu mudah terbakar (misalnya gula dan tepung) berisiko mengalami ledakan besar. Kebakaran dapat memiliki dampak serius pada struktur bangunan, menyebabkan kerusakan pada isi (termasuk kerusakan akibat asap), dan dapat menyebabkan penghancuran total bangunan.

Kebakaran besar terjadi di Pasar Remu, Kota Sorong, pada tanggal 28 September 2024. Kebakaran ini menghancurkan lebih dari 500 kios pedagang dan berdampak pada sekitar 1.530 pedagang yang mengalami kerugian besar. Api dengan cepat membesar, dan petugas pemadam kebakaran yang dibantu oleh warga berusaha keras untuk memadamkan api yang terus menjalar dari satu bangunan ke bangunan lainnya. (Detiknews, 2024).

Akses masuk ke lokasi sangat sempit, sehingga mobil pemadam kebakaran dan kendaraan tangki air kesulitan untuk mencapai tempat kebakaran. Hal ini menghambat proses pemadaman. Banyak warga dan pedagang yang berkumpul di lokasi untuk menyelamatkan barang dagangan mereka, sehingga menghalangi akses bagi petugas pemadam kebakaran. Meskipun tiga mobil pemadam kebakaran dan beberapa mobil tangki air dikerahkan ke lokasi, upaya pemadaman berlangsung selama sekitar tujuh jam dan tetap tidak berhasil mencegah kerusakan total pada kios-kios tersebut. (SuaraPapua, 2024)

Table 13. List of mitigation measures for fire hazards

Fire Hazard Type / Mitigation Measure	Description	Must have for A Rating	Must have for B Rating	Must have for C Rating	Local Fire	Relative
FI01. 1.5 km Distance from a Forest	The building is located at least 1.5 km away from dense vegetation (wildland) areas such as large forests, bushlands or grasslands. Golf courses, urban parks or farms are not considered as dense vegetation. If the building is located in a forested area, the site is sloped less than 15 degrees, because fire tend to move faster to steep sloped terrain.	Y			N/A	
FI02. Forested Site's Gradient < 15 degrees			Y		N/A	
FI03. 3+ hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements	Structure and exterior walls and roof are designed/built with non-combustible assemblies which has a fire rating of 3+ hours.	Y				
FI04. 1+ hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements	Structure and exterior walls and roof are designed/built with non-combustible assemblies which have a fire rating of 1+ hour.		Y			
FI05. 0.5+ hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements	Structure and exterior walls and roof are designed/built with non-combustible assemblies which have a fire rating of 0.5+ hour.			Y		
FI06. Tempered Safety Glass for Windows Larger Than 1 m²	Windows larger than 1 m² are made of multi-point tempered safety glass and have a fire rating of 1+ hour.	Y				
FI07. Fire Resistant Window Shutters	Window shutters are fire resistant and have a fire rating of 2+ hours.	Y				
FI08. 2+ hour Fire Rating for Exterior Doors and Emergency Route Entrances	Exterior doors and emergency route entrances have a fire rating of 2+ hours and should allow firefighter access during fire.	Y				
FI09. 1+ hour Fire Rating for Exterior Doors and 2+ hour Fire Rating for Emergency Route Entrances	Exterior doors have a fire rating of 1+ hour and emergency route entrances have a fire rating of 2+ hours.		Y			
FI10. Fire Resistant Decks, Porches and Terraces	Decks, porches and terraces have a fire rating of 2+ hours to prevent them from significantly contributing to growth of fire.	Y				
FI11. Chimneys and Stove Pipes with Spark Arrestors	Chimneys and stove pipes are equipped with spark arrestors to prevent the emissions of flammable particles which could ignite and cause a fire.	Y				
FI12. Fire Protected Eaves, Soffits and Vents	Eaves, soffits and vents are made up of fire-resistant materials to prevent external fires from spreading and external fires from entering the building.		Y			
FI13. Fire Resistant Utility and Equipment Connections	Utility and equipment connections are either sealed with fire-resistant materials or placed outdoors in a protected enclosure.	Y				
FI14. Sprinkler System for Building with 4+ Stories	If the building has more than 4 stories, it has a functional and well-maintained sprinkler system linked with a smoke and fire alarm system. The system supplies at least 0.25 litres per hour of water per square meter of interior building space, including storage spaces and corridors, in per National Code (which ever is greater).			Y		
FI15. Defensible Building Perimeter > 10 m	The building has at least 10 m defensive space around its outer wall boundary, in all directions. The perimeter can consist of non-combustible pavements, decks or low-profile, low combustion and well-maintained vegetation and clear of any combustible materials.	Y				
FI16. Defensible Building Perimeter > 5 m	The building has at least 5 m defensive space around its outer wall boundary, in all directions. The perimeter can consist of non-combustible pavements, decks or low-profile, low combustion and well-maintained vegetation and clear of any combustible materials.		Y			
FI17. Reliable Fire Water Supply	The building has access to reliable fire-water supply from municipal hydrants (public) or protected tank water (private).			Y		
FI18. Emergency Access Routes	The building site has adequate emergency access routes for fire engines and personnel, which takes into consideration requirements for vehicles (e.g. road width, the distance between gateways, turning circle/points between curves and walls, clearance height, and weight capacity).				Y	
FI19. Firebreaks	The building is designed/built with internal firebreaks or safety barriers to reduce the spread of fire.	Y				
FI20. Adequate Electric Circuit and Wiring Protection	The electrical equipment, piping, and connections have safety features designed/evaluated into the electric circuit according to the national electrical code.			Y		
FI21. Design Review for Fire Hazard Mitigation Measures	The design is submitted to the local approving agency for review as prescribed by the National Building Code and approved. The construction is supervised by the code-responsible fire engineer at critical milestones.		Y			
FI22. Construction Independently Audited for Fire Hazard Mitigation Measures	The construction is inspected and approved by an independent qualified fire engineer, apart from the project engineer and fire approving agency.	Y				

Gambar 2.27 List Mitigasi untuk Bencana Kebakaran.
Sumber: BRI (2021)

FI01. 1.5 km Distance from a forest

Hanya di daerah yang rawan kebakaran hutan, sebuah bangunan tidak boleh ditempatkan dalam jarak 1.5 km (0.93 mil) dari area berhutan, semak belukar, atau padang rumput. Vegetasi yang lebat (juga dikenal sebagai wildland) dianggap sebagai material yang sangat mudah terbakar ketika dikombinasikan dengan kondisi kering, suhu eksternal yang tinggi, dan angin. Semakin jauh jarak dari area wildland, semakin rendah risiko kebakaran mencapai bangunan. Ruang vegetasi yang luas seperti lapangan golf, taman kota, atau lahan pertanian tidak dianggap sebagai wildland.

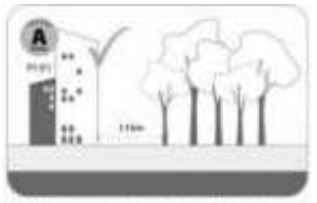


Figure 12. Distance from forest/wildland to be at least 1.5 km from to avoid building

FI02. Forested Site's Gradient < 15 degrees

Hanya di daerah yang rawan kebakaran hutan, jika sebuah bangunan terletak di dalam area berhutan, kemiringan lereng pada lokasi tersebut harus kurang dari 15 derajat. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kecepatan penyebaran api melalui area berhutan, yang dipercepat oleh aliran angin ke arah atas. Umumnya, kebakaran cenderung bergerak lebih cepat di medan yang curam karena udara dapat tertarik dari sisi bawah lereng, mendorong nyala api ke arah lereng dan meningkatkan kontak dengan bahan bakar alami.



Figure 13. Gradient of forested site

FI03. 3+hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements

Elemen struktural bangunan harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar seperti baja, beton, dan kayu tahan api yang mampu menahan api selama minimal 3 jam. Pelapisan seperti cat dan insulasi dapat memengaruhi tingkat kebakaran material. Peringkat tahan api 3+ jam pada struktur dan dinding eksterior memberikan waktu bagi penghuni untuk menyelamatkan diri dan bagi tim pemadam kebakaran untuk bertindak.

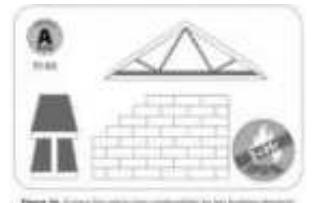


Figure 14. 3+ hour fire rating (non-combustible) for key building elements

FI04. 1+hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements

Elemen struktural bangunan harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar yang mampu menahan api selama minimal 1 jam, seperti baja, beton, kayu tahan api, dan zat penahan api. Pelapisan material seperti cat, lapisan eksterior, dan insulasi dapat memengaruhi tingkat kebakaran. Peringkat tahan api 1+ jam pada memastikan material pada struktur dan dinding eksterior mampu menahan api cukup lama untuk memungkinkan evakuasi penghuni serta tindakan pemadam kebakaran. Isolasi termal dinding juga harus memiliki peringkat tahan api minimal 1 jam.

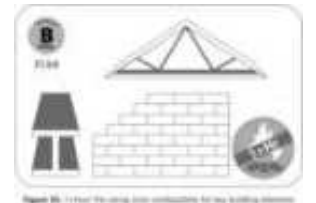


Figure 15. 1+ hour fire rating (non-combustible) for key building elements

FI05. 0.5+hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements

Elemen struktural dan dinding eksterior bangunan harus terbuat dari bahan tidak mudah terbakar yang mampu menahan api minimal selama 0.5 jam. Peringkat tahan api 0.5+ jam memberikan waktu bagi penghuni untuk segera menyelamatkan diri dan tim pemadam kebakaran tiba di lokasi. Isolasi termal dalam dinding eksterior juga harus memiliki peringkat tahan api 0.5+ jam.

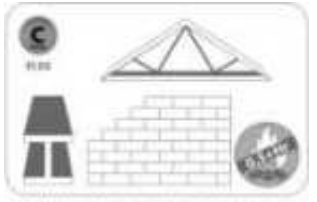


Figure 16. 0.5+ hour fire rating (non-combustible) for key building elements

FI06. Tempered Safety Glass for Windows Larger Than 1m²

Jendela dengan luas permukaan lebih dari 1 m² harus terbuat dari kaca pengaman tempered berlapis. Jendela dapat pecah karena panas radiasi dari kebakaran, yang dapat membahayakan penghuni jika kaca retak. Jendela harus memiliki peringkat tahan api minimal 1 jam. Peringkat tahan api 1+ jam memastikan material mampu menahan api cukup lama untuk memungkinkan evakuasi penghuni serta tindakan pemadam kebakaran.

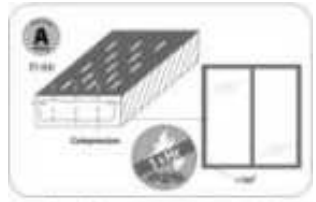


Figure 17. Tempered safety glass for windows larger 1m²

2.4.5 Kebakaran

FI07. Fire Resistant Window Shutters

...Penutup jendela harus tahan api dan mampu menahan kebakaran intens selama minimal 2 jam. Sebagai bagian dari fasad yang terpasang pada dinding, penutup jendela memiliki risiko kebakaran yang sama dengan material yang tidak sesuai pada sistem pelapis. Material penutup jendela dapat berupa logam, kayu tahan api, atau penggunaan zat penahan api.



Figure 58. Fire resistant window shutters

FI08. 2+ hour Fire Rating for Exterior Doors and Emergency Route Firedoors

Pintu eksterior dan pintu darurat harus memiliki peringkat tahan api minimal 2 jam. Pintu ini harus memungkinkan akses fungsional selama kebakaran. Sebagai batas dalam dinding, pintu eksterior harus memberikan ketahanan terhadap api yang sama dengan dinding tempatnya dipasang. Pintu yang terbuka dapat menarik udara dengan cepat dan meningkatkan laju penyebaran api. Peringkat tahan api 2+ jam memastikan material pada pintu tersebut mampu menahan efek kebakaran setidaknya selama 2 jam, memberikan waktu bagi penghuni untuk menyelamatkan diri serta bagi tim pemadam kebakaran untuk memadamkan api.

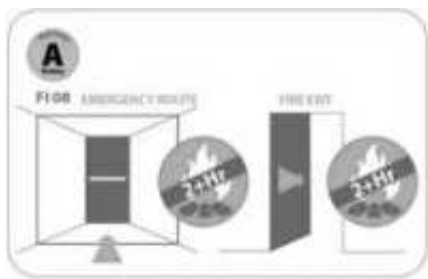


Figure 59. Doors (external & emergency route) 2+hours fire rated

FI09. 1+ hour Fire Rating for Exterior Doors and 2+ hour Fire Rating for Emergency Route Firedoors

Pintu eksterior harus memiliki peringkat tahan api minimal 1 jam, sedangkan pintu darurat harus memiliki peringkat tahan api minimal 2 jam. Pintu eksterior merupakan pemisah dalam dinding dan harus memberikan ketahanan terhadap api yang sama dengan dinding tempatnya dipasang. Pintu yang terbuka dapat dengan cepat menarik udara dan meningkatkan laju penyebaran api. Peringkat tahan api 1+2+ jam memastikan material pada pintu tersebut mampu menahan efek kebakaran setidaknya selama 1/2 jam, memberikan waktu bagi penghuni untuk menyelamatkan diri serta bagi tim pemadam kebakaran untuk memadamkan api.

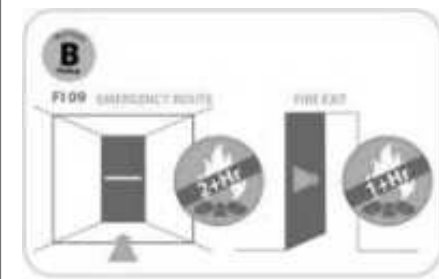


Figure 60. Fire rated external doors (1+hours) and emergency route (2+hours)

FI10. Fire Repelling Decks, Porches and Fences

Dek, teras, dan pagar harus terbuat dari bahan yang tidak berkontribusi signifikan terhadap pertumbuhan api, dengan peringkat tahan api minimal 2 jam untuk menahan kebakaran intens. Dek dapat mempercepat pergerakan api ke atas, sementara teras dapat terbakar lebih cepat daripada bangunan tertutup, sehingga harus mampu menahan api. Pagar, yang dapat terbuat dari kayu, baja, atau plastik, jika mudah terbakar, dapat menyebarkan api dengan cepat ke area yang luas.

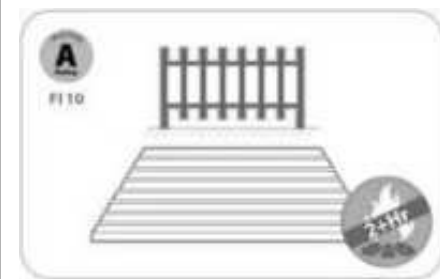


Figure 61. Fire repelling decks, porches and fences

FI11. Chimneys and Stove Pipes with Spark Arrestors

Cerobong asap dan pipa kompor dilengkapi dengan penangkap percikan untuk mengurangi risiko kebakaran. Cerobong berfungsi mengeluarkan gas hasil pembakaran dari bangunan agar tidak ada gas mudah terbakar yang tersisa. Sistem mekanis bisa menjadi sumber bahan mudah terbakar, sehingga harus dilengkapi dengan langkah pencegahan kebakaran, termasuk penangkap percikan. Penangkap percikan mencegah emisi partikel mudah terbakar dari cerobong dan/atau kompor yang dapat membakar bahan di sekitarnya.

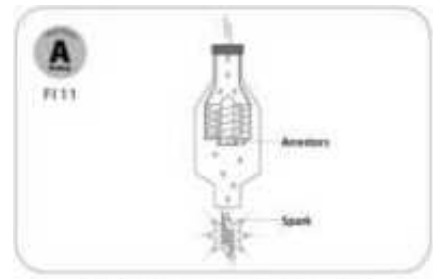


Figure 62. Spark arrestors in chimneys and stove pipes

FI12. Fire Protected Eaves and Soffits

Eaves, soffits, dan ventilasi harus dilindungi dari api untuk mencegah penyebaran kebakaran dalam bangunan, karena elemen ini dapat mempercepat penyebaran api dan memudahkan api masuk ke atap. Perlindungan dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tahan api atau tidak mudah terbakar, seperti baja, beton, kayu tahan api, dan zat penahan api. Pelapisan seperti cat dan elemen insulasi juga dapat memengaruhi tingkat kebakaran material tersebut.

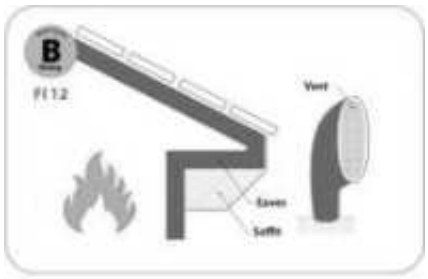


Figure 63. Eaves, soffits, and vents to be protected by fire

FI13. Fire Resistant Utility and Equipment Connections

Koneksi utilitas atau peralatan untuk pemanasan, pendinginan, listrik, bahan bakar, telekomunikasi, data, air, pembuangan limbah, atau sampah antara ruang luar dan bangunan yang terletak di atas tanah harus dibangun atau disegel dengan material tahan api, seperti baja, beton, penggunaan bahan penghambat api, isolasi tahan api, atau peredam api. Jika tidak memungkinkan, koneksi tersebut sebaiknya ditempatkan di bawah tanah demi keselamatan dari kebakaran.

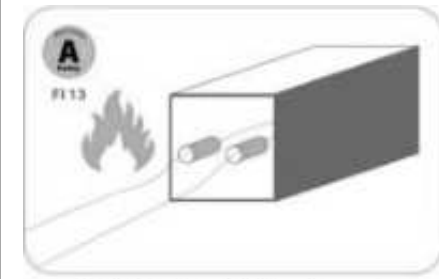


Figure 64. Fire-rated utility and equipment connections

FI14. Sprinkler System for Building with 4+ Stories

Sistem sprinkler kebakaran berfungsi untuk memadamkan api dengan menyebarkan air dan mengurangi kerusakan akibat kebakaran, bekerja bersama sistem alarm asap dan kebakaran untuk mendeteksi dan mengatasi sumber api. Tujuan utama sistem ini adalah memperlambat penyebaran api, memberikan lebih banyak waktu bagi penghuni untuk evakuasi, serta meminimalkan kerusakan bangunan. Sistem ini wajib diterapkan pada bangunan dengan 4 lantai atau lebih dan harus dirancang untuk menyediakan air minimal 0,25 liter per jam per meter persegi ruang interior, sesuai dengan standar atau Kode Nasional yang berlaku.

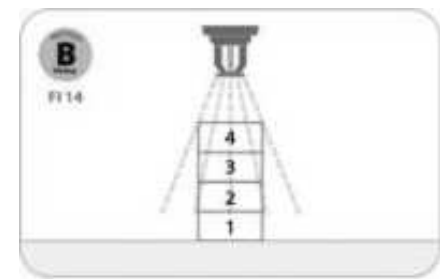
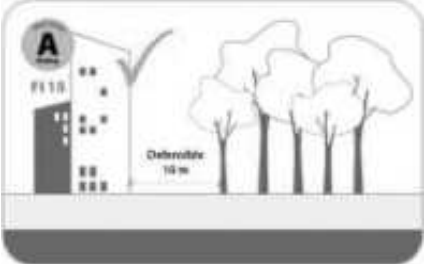
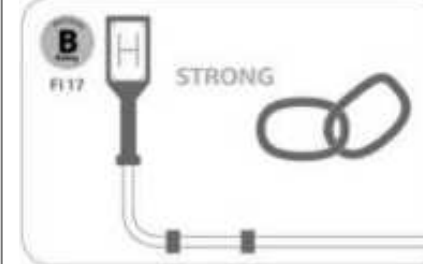
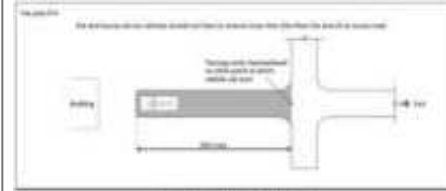
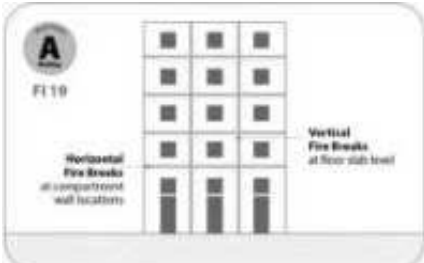
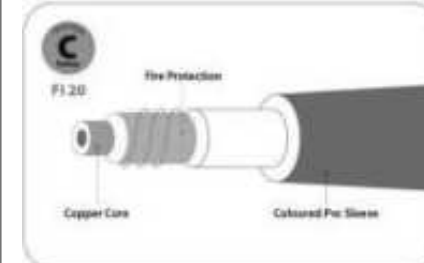


Figure 65. Sprinkler system for building with 4+ stories

<p>FI15. Defensible Building Perimeter > 10 m</p> <p>Sebuah bangunan harus memiliki batas pertahanan minimal 10 meter di sekitar dinding luar di semua arah. Tujuan dari batas ini adalah untuk mengurangi risiko penyebaran api, baik dari luar ke dalam bangunan maupun dari bangunan ke area sekitarnya. Area perimeter ini dapat terdiri dari material yang tidak mudah terbakar, seperti trotoar, dek, atau vegetasi rendah yang tidak mudah terbakar dan terawat dengan baik, serta harus bebas dari bahan yang mudah terbakar.</p>  <p>Figure 66. Defensible zone of more than 10 m around building perimeter</p>	<p>FI16. Defensible Building Perimeter > 5 m</p> <p>Sebuah bangunan harus memiliki batas pertahanan minimal 5 meter di sekitar dinding luarnya di semua arah. Tujuan dari batas ini adalah untuk mengurangi risiko penyebaran api, baik dari luar ke dalam bangunan maupun dari bangunan ke area sekitarnya. Perimeter ini dapat terdiri dari material yang tidak mudah terbakar, seperti trotoar, dek, atau vegetasi rendah yang tidak mudah terbakar dan terawat dengan baik, serta harus bebas dari bahan yang mudah terbakar.</p>  <p>Figure 67. Defensible zone of more than 5 m around building perimeter</p>	<p>FI17. Reliable Fire-Water Supply</p> <p>Pasokan air kebakaran yang andal sangat penting bagi sistem sprinkler dan hidran eksternal bangunan. Petugas pemadam kebakaran harus memiliki akses mudah ke hidran terdekat. Sejak awal proyek, penyediaan hidran harus dimasukkan dalam desain mekanis bangunan dan dipertimbangkan selama konstruksi. Sumber pasokan air harus berasal dari tangki air kota atau tangki bertekanan, dengan akses ke hidran publik atau tangki pribadi. Pasokan air harus mampu mengalirkan minimal 1 liter per menit per meter persegi area bangunan yang terbakar, atau sesuai Kode Nasional.</p>  <p>Figure 68. Reliable fire water supply</p>	<p>FI18. Emergency Access Routes</p> <p>Rute akses darurat untuk mobil pemadam kebakaran dan personel harus disediakan di area situs, mempertimbangkan lebar jalan, jarak antar gerbang, titik belok, tinggi celah, dan kapasitas beban, sesuai kode kebakaran nasional dan pedoman Peraturan Bangunan Inggris. Desain evakuasi harus memastikan penghuni dapat keluar ke area aman, dengan rute yang tidak terhalang untuk evakuasi cepat dan akses tim pemadam kebakaran. Lebar rute harus cukup untuk menampung penghuni dan peralatan mereka, dengan shafts pemadam kebakaran yang dilindungi sesuai kode keselamatan kebakaran. Rute harus ditandai jelas dan terlihat dalam asap tebal atau saat pemadaman listrik.</p>  <p>Figure 69. Turning points for fire engines</p>
<p>FI19. Firebreaks</p> <p>Proses desain material bangunan harus mempertimbangkan penyebaran api secara vertikal dan melalui material yang digunakan. Pemisah api atau penghalang rongga, yang terbuat dari material isolasi tidak mudah terbakar, berfungsi menutup rongga di dinding untuk membatasi pergerakan asap dan api, sehingga mencegah penyebaran kebakaran. Selain itu, pemisah api vertikal di sekitar pembukaan rentan, seperti jendela dan pintu, perlu dipertimbangkan. Sambungan antara dinding dan lantai, pipa, serta struktur utama dan pelapis juga harus dirancang untuk mengurangi penyebaran api. Semua elemen ini harus dirancang dan dibangun untuk meminimalkan risiko penyebaran api di dalam bangunan.</p>  <p>Figure 70. Typical examples of fire barrier locations</p>	<p>FI20. Adequate Electric Circuit and Wiring Protection</p> <p>Bangunan dilengkapi dengan banyak peralatan listrik, pipa, dan sambungan; oleh karena itu, penting untuk menguji dan merancang fitur keselamatan secara memadai dalam sirkuit listrik sesuai dengan kode listrik nasional atau praktik terbaik global.</p>  <p>Figure 71. Protection for electric circuits and wires</p>	<p>FI21. Design Review for Fire Hazard Mitigation Measures</p> <p>Desain bangunan harus diajukan dan disetujui oleh lembaga persetujuan setempat sesuai dengan Kode Bangunan Nasional. Insinyur kebakaran bersertifikat yang bertanggung jawab terhadap kode yang mengajukan desain tersebut harus mengawasi konstruksi pada tonggak kritis dan mendokumentasikan kepatuhan terhadap desain yang disetujui.</p>  <p>Figure 72. Design reviewed by local approving agency</p>	<p>FI22. Construction Independently Audited for Fire Hazard Mitigation Measures</p> <p>Bangunan melibatkan seorang insinyur yang berkualitas, terpisah dan independen dari insinyur kebakaran yang bertanggung jawab terhadap kode atau lembaga persetujuan, untuk memeriksa dan menyetujui konstruksi. Hal ini memberikan tingkat kontrol kualitas konstruksi tambahan yang penting untuk bangunan berperingkat A.</p>  <p>Figure 73. Construction independently audited for fire hazard mitigation measures</p>

Tabel 2.11 Mitigasi untuk Bencana Kebakaran
Sumber: BRI (2021)

2.5 Resilience Architecture

Resilience Architecture adalah pendekatan multifaset yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan lingkungan binaan yang tidak hanya kuat tetapi juga adaptif dan berkelanjutan. Dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip ketahanan ini dalam proses desain dapat tercipta bangunan yang tidak hanya bertahan dari bencana tetapi juga berkontribusi positif terhadap komunitas di sekitarnya saat terjadi bencana.

Arsitektur ketahanan (*resilience architecture*) berfokus pada penciptaan bangunan yang mampu bertahan dan pulih dengan cepat dari bahaya alam dan buatan manusia. (Lechner, 2020). Konsep ini semakin penting seiring dengan meningkatnya frekuensi peristiwa cuaca ekstrem dan ancaman lainnya. Singkatnya, *Resilience Architecture* adalah praktik merancang bangunan yang dapat menahan, menyerap, dan pulih dari bencana serta perubahan lingkungan jangka panjang. *Resilience Architecture* berfokus pada merancang bangunan dan struktur yang dapat menahan dan pulih dengan cepat dari tekanan lingkungan, bencana alam, dan peristiwa disruptif lainnya. Dengan mengintegrasikan material bangunan yang berkelanjutan, teknik rekayasa yang canggih, dan desain yang responsif terhadap iklim, arsitektur ketahanan meningkatkan daya tahan dan umur panjang konstruksi. Pada akhirnya, mengadopsi praktik arsitektur ketahanan membantu melindungi komunitas, meminimalkan kerugian ekonomi, dan mempromosikan keseimbangan ekologi. (studysmarter, 2024)

2.5.1 Dasar *Resilience Architecture*



2.5.2 Prinsip Inti *Resilience Architecture*



- **Redundansi (*Redundancy*):** Prinsip ini mungkin melibatkan beberapa dukungan struktural atau sistem energi cadangan. Dengan merancang dengan redundansi, sebuah bangunan dapat mempertahankan fungsi kritis bahkan jika sistem utama gagal. Misalnya, memasang panel surya dan sistem listrik tradisional memastikan pasokan listrik yang berkelanjutan selama pemadaman.
- **Kekuatan (*Robustness*):** Kekuatan adalah kunci untuk menahan tantangan fisik. Arsitektur yang kuat dapat mencakup beton bertulang, material tahan korosi, dan desain yang mengalihkan tekanan dari area kritis. Contohnya adalah Tokyo Skytree, yang dibangun untuk tahan terhadap gempa bumi dengan menggunakan kolom pusat dan mekanisme peredam.
- **Kreativitas (*Resourcefulness*):** Manajemen sumber daya yang sukses sebelum, selama, dan setelah krisis dapat menjadi faktor penentu antara bangunan yang tetap berdiri atau runtuh. Misalnya, merancang bangunan yang dapat beralih ke operasi manual jika sistem otomatis gagal meningkatkan ketahanan.
- **Desain Terintegrasi (*Integrative Design*):** Kompleksitas penerapan multi disiplin dalam merancang bangunan dengan pendekatan *resilience architecture* menuntut pengetahuan dan wawasan luas dari seorang perancang. Kolaborasi antar ahli akan menciptakan sebuah desain yang mampu menangani berbagai gangguan pada bangunan.

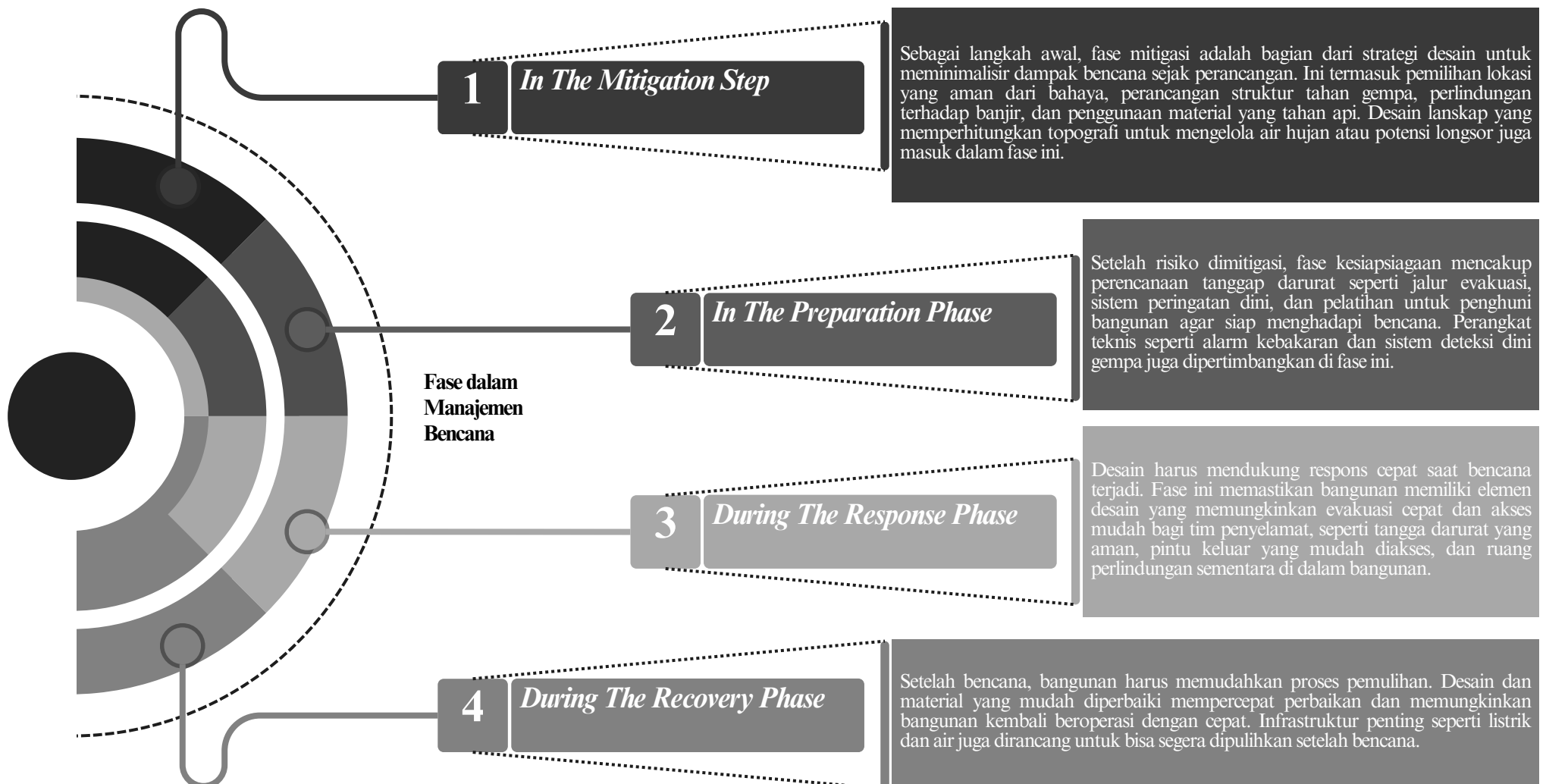
2.5.3 Merancang untuk Bencana dengan *Resilience Architecture*

Merancang ketahanan terhadap bencana memerlukan penggabungan fitur-fitur yang meminimalkan kerusakan akibat bencana alam dan membantu pemulihan. Pertimbangan ini diintegrasikan ke dalam proses desain, konstruksi, dan pemilihan material untuk membangun struktur yang mampu menahan kondisi ekstrem. Strategi utama meliputi:



Resilience Architecture mengatasi perubahan iklim dengan mengintegrasikan material yang berkelanjutan, sistem efisiensi energi, dan strategi desain adaptif untuk menahan dampak lingkungan. Arsitektur ini berfokus pada meningkatkan daya tahan bangunan, dan memastikan struktur dapat merespons serta pulih dari peristiwa yang terkait dengan iklim. Pendekatan arsitektur ini juga meningkatkan keberlanjutan komunitas dengan memastikan bahwa struktur dapat bertahan dari bencana, menjadikan pengungsian darurat, dan meningkatkan keselamatan. Arsitektur ini juga mendukung keberlanjutan lingkungan dan stabilitas ekonomi jangka panjang, serta membangun rasa aman dan kontinuitas dalam komunitas.

2.5.4 Fase Bencana dalam *Resilience Architecture*



2.5.5 Capaian Perancangan dalam Fase Bencana dalam <i>Resilience Architecture</i>		Deskripsi
1	<i>In The Mitigation Step</i>	<p>Mitigasi adalah tahap awal dalam penanggulangan bencana yang bertujuan untuk mengurangi risiko dan dampak yang mungkin ditimbulkan oleh bencana.</p> <p>Mengurangi risiko bencana alam di masa depan meliputi penerapan kode bangunan, peningkatan infrastruktur, serta penelitian mengenai penyebab dan dampak bencana alam tersebut.</p>
2	<i>In The Preparation Phase</i>	<p>Fase persiapan melibatkan perencanaan dan pengorganisasian untuk menghadapi kemungkinan terjadinya bencana.</p> <p>Kegiatan yang dilakukan sebelum terjadinya bencana alam untuk meminimalkan dampaknya meliputi pengembangan rencana kontinjensi, pelaksanaan penilaian risiko, identifikasi populasi yang rentan, serta pelatihan bagi petugas tanggap darurat.</p>
3	<i>During The Response Phase</i>	<p>Fase respon terjadi saat bencana berlangsung. Tujuannya adalah untuk meminimalkan dampak segera dari bencana</p> <p>Kegiatan yang bertujuan untuk menangani dampak segera setelah terjadinya bencana alam meliputi operasi pencarian dan penyelamatan, penyediaan perawatan medis darurat, serta distribusi makanan, air, dan tempat tinggal.</p>
4	<i>During The Recovery Phase</i>	<p>Setelah bencana, fase pemulihan bertujuan untuk mengembalikan kondisi awal dari bangunan yang terdampak</p> <p>Kegiatan yang bertujuan untuk mengembalikan keadaan bangunan seperti kondisi awal sehingga dapat langsung beroperasi kembali dan membantu melayani lagi distribusi dan bantuan massal pada masyarakat yang terdampak.</p>

Tabel 2.12 Capaian Perancangan dalam Fase Bencana dalam *Resilience Architecture*
 Sumber: Perancang (2024)

Tujuan	Kendala	Hipotesis Solusi
<ol style="list-style-type: none"> Standar Konstruksi: Penerapan kode bangunan yang ketat untuk memastikan bangunan tahan terhadap bencana, seperti penggunaan material yang kuat dan teknik konstruksi yang sesuai. Analisis Kerentanan: Melakukan studi untuk memahami potensi kerentanan bangunan terhadap berbagai jenis bencana, sehingga langkah-langkah mitigasi dapat diterapkan secara efektif. 	Keterbatasan dalam penerapan kode bangunan yang ketat dan ketersediaan data penelitian dan analisis yang kurang memadai terkadang sulit dipenuhi dalam proses perancangan.	Dengan melakukan kompromi dalam perenapan kode bangunan yang ketat dan melakukan analisis pada elemen yang krusial, desain bangunan yang adaptif dan tahan bencana dapat tercapai secara efektif. Pendekatan ini memungkinkan pengurangan dampak bencana melalui penerapan <i>guideline</i> , sehingga bangunan dapat berfungsi dengan baik bahkan setelah terjadi bencana, memberikan keamanan serta kenyamanan bagi penggunanya.
<ol style="list-style-type: none"> Rencana Darurat: Pengembangan rencana evakuasi dan aksesibilitas yang jelas dalam desain bangunan Pelatihan dan Simulasi: Mengadakan latihan kesiapsiagaan bagi penghuni bangunan untuk menghadapi situasi darurat. Sistem Peringatan Dini: Integrasi teknologi untuk memberikan informasi cepat kepada penghuni tentang ancaman bencana yang akan datang 	Keterbatasan dalam pelaksanaan rencana kesiapsiagaan sering kali muncul dari rendahnya partisipasi penghuni dalam pelatihan simulasi serta kurangnya pemahaman akan pentingnya kesiapsiagaan bencana. Selain itu, integrasi sistem peringatan dini membutuhkan infrastruktur dan teknologi yang tidak selalu tersedia atau terjangkau. Identifikasi kelompok rentan juga dapat memakan waktu serta memerlukan koordinasi yang baik antar berbagai pihak terkait, yang kadang sulit dicapai dalam kondisi sehari-hari.	Dengan memasukkan rencana evakuasi yang terstruktur, melaksanakan simulasi kesiapsiagaan rutin, dan mengintegrasikan sistem peringatan dini, bangunan dapat berfungsi sebagai tempat aman yang responsif terhadap bencana. Desain ini memungkinkan penghuni untuk memahami dan merespons ancaman secara cepat, mengurangi risiko dan kepanikan selama bencana, serta memberikan waktu evakuasi yang lebih optimal bagi penghuni yang paling rentan.
<ol style="list-style-type: none"> Aksesibilitas untuk Tim Penolong: Desain bangunan harus mempertimbangkan akses mudah bagi tim penyelamat dan evakuasi bagi penghuni. Struktur Tahan Bencana: Bangunan yang dirancang dengan baik dapat mengurangi jumlah korban jiwa dan kerugian material selama bencana. Manajemen Sumber Daya: Penggunaan sistem logistik yang efisien untuk mendistribusikan bantuan kepada korban dengan cepat. 	Keterbatasan aksesibilitas dan infrastruktur dalam situasi darurat sering kali menjadi kendala bagi tim penyelamat, terutama dalam kondisi bangunan yang rusak atau di lokasi yang sulit dijangkau. Selain itu, merancang struktur yang sepenuhnya tahan bencana membutuhkan anggaran dan teknologi yang tinggi. Manajemen sumber daya juga dapat menjadi tantangan akibat keterbatasan logistik dan potensi penundaan dalam pengiriman bantuan, terutama di lokasi yang terkena dampak parah.	Dengan merancang bangunan yang mengutamakan aksesibilitas bagi tim penyelamat, jalur evakuasi yang aman, serta struktur yang tahan terhadap guncangan dan kerusakan akibat bencana, bangunan akan lebih siap dalam menghadapi situasi darurat. Integrasi sistem logistik yang efisien juga akan membantu dalam mendistribusikan bantuan secara cepat dan tepat, memastikan penghuni dan korban mendapatkan pertolongan serta kebutuhan dasar dengan segera.
<ol style="list-style-type: none"> Rehabilitasi Infrastruktur: Rencana perbaikan bangunan dan infrastruktur publik yang rusak akibat bencana. Desain Berkelanjutan: Implementasi prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dalam rekonstruksi untuk meningkatkan ketahanan di masa depan dengan mempelajari kerusakan yang diakibatkan bencana alam. 	Kendala utama dalam fase pemulihan adalah keterbatasan sumber daya dan pendanaan untuk membangun kembali infrastruktur dengan cepat, terutama jika kerusakan meluas. Selain itu, akses terhadap material, tenaga kerja, dan layanan esensial seperti listrik dan air mungkin terganggu atau terbatas di area yang terdampak parah. Kompleksitas dalam koordinasi dengan berbagai pihak juga dapat memperlambat proses pemulihan dan distribusi bantuan secara menyeluruh.	Dengan merancang bangunan yang memungkinkan rekonstruksi cepat dalam arti menjaga sistem krusial tetap berfungsi dan mempertimbangkan akses untuk layanan esensial, fasilitas dapat kembali beroperasi dengan segera untuk mendukung pemulihan masyarakat. Desain yang fleksibel dan aksesibilitas yang baik akan memastikan bangunan tidak hanya berfungsi sebagai pusat distribusi bantuan, tetapi juga sebagai fasilitas yang dapat beradaptasi terhadap kebutuhan komunitas selama proses pemulihan.

2.5.6 Manajemen Bencana pada Perancangan dalam *Resilience Architecture*

Penanggulangan bencana merupakan suatu proses yang dinamis, yang dikembangkan dari fungsi manajemen klasik yang meliputi perencanaan, pengorganisasian, pembagian tugas, pengendalian dan pengawasan dalam penanggulangan bencana. Proses tersebut juga melibatkan berbagai macam organisasi yang harus bekerjasama untuk melakukan pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, tanggap darurat, dan pemulihan akibat bencana. (PUPR 2017). Agar Pelabuhan Utama Sorong dapat dikatakan tahan terhadap bencana maka desain pelabuhan sorong harus berpedoman dan mendukung manajemen bencana yang telah ditetapkan.

<i>Technical</i>	<i>Organizational</i>	<i>Health & Social</i>	<i>Social & Economic</i>
<i>In The Mitigation Step</i>	<i>In The Preparation Phase</i>	<i>During The Response Phase</i>	<i>During The Recovery Phase</i>
1. <i>Develop preventive laws and regulations</i> 2. <i>Implement advanced codes and standards</i> 3. <i>Establish zoning requirements</i>	1. <i>Stock disaster supplies kit</i> 2. <i>Develop mutual plans</i> 3. <i>Train response personal and concerned citizens</i> 4. <i>Prepare shelter and backup facilities</i> 5. <i>Early warning/ alert systems</i> 6. <i>Realtime prediction and detection</i>	1. <i>Event mapping</i> 2. <i>Search and rescue to identify affected people</i> 3. <i>Assess initial damage</i> 4. <i>Provide first-aid and humanitarian assistance</i> 5. <i>Open and manage shelters</i> 6. <i>Disaster information systems interagency collaboration</i>	1. <i>Debris removal</i> 2. <i>Precise damage assessment</i> 3. <i>Infrastructure destruction and reconstruction</i> 4. <i>Restore the livelihoods</i> 5. <i>Community Development</i>
<div><div></div><div></div><div></div></div>			
<i>Before a Disaster</i>		<i>During a Disaster</i>	<i>After a Disaster</i>

Tabel 2.13 Empat fase dalam anajemen bencana alam
Sumber: BNPB (2020) & S. Wenjuan. et al (2020)

Tujuan manajemen bencana adalah untuk melaksanakan operasi dan strategi yang efektif dalam mempersiapkan, merespons dengan cepat, menyelamatkan, mengalokasikan sumber daya secara efisien, memperbaiki kerusakan dengan cepat, dan memulihkan fungsi penuh, yang pada akhirnya melindungi masyarakat dan meminimalkan dampak negatif. Dengan kata lain, manajemen bencana yang efisien seharusnya memperkuat ketahanan bencana suatu komunitas. Istilah "ketahanan bencana" mengacu pada kemampuan suatu entitas untuk mengantisipasi, menahan, menyerap, beradaptasi, dan pulih dengan cepat dari gangguan yang tidak terduga. (DHS, 2020)

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan <i>Multi-Hazard</i> dalam Pendekatan <i>Resilient Architecture</i>
<i>In The Mitigation Step</i>
1. Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong berpedoman pada : a. Rencana Detil Tata Ruang Kota Sorong sesuai dengan Peraturan Walikota Sorong Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Rencana Detail Tata Ruang Perkotaan Sorong Tahun 2023-2042 b. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 432 Tahun 2017 Tetang Rencana Induk Pelabuhan (RIP) Nasional c. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 40 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan Penyelenggaraan Terminal Penumpang Angkutan Jalan d. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 37 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan Penumpang Angkutan Laut e. Peraturan Walikota Sorong Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Rencana Detail Tata Ruang Perkotaan Sorong Tahun 2023-2042 2. Menggunakan <i>Building Resilience Index Tools</i> berstandar Internasional. 3. Dalam tahap perancangan akan mengkaji indikator dan kriteria dari ruang dan akan di cocok kan dengan potensi kelebihan dan kekurangan pada titik titik site memastikan segala fungsi tepat pada peruntukannya.

Tabel 2.14 Aktivitas pada tahap mitigasi
Sumber: Perancang (2024)

In The Preparation Phase

1. Pelabuhan Utama Sorong harus memiliki suplai keselamatan dan kesehatan baik dalam operasional sehari-harinya maupun saat sebelum terjadi bencana.
2. Pelabuhan harus menyiapkan rencana evakuasi yang mendetail. Evakuasi pada pelabuhan dapat dibedakan berdasarkan zona ruang yaitu ruang dalam dan luar bangunan; berdasarkan pengguna yaitu pengelola, pengguna, dan penanggung jawab.
3. Ruang-ruang yang ada pada pelabuhan memungkinkan terjadinya perubahan fungsi secara cepat sehingga penataan sekat-sekat ruang harus fleksibel pada titik titik tertentu.
4. Ruang evakuasi akan menjadi tempat berlindung baik didalam ruangan maupun di luar ruangan sehingga harus memenuhi kriteria ruang evakuasi darurat yang sejalan dengan kriteria ruang saat keadaan sebelum bencana.
5. Pelabuhan Utama Sorong akan bekerja sama dengan BMKG, BNPB dan BPBD Kota Sorong sebagai badan pemerintah yang mengelola tentang sistem pemantauan *real-time*. Sehingga pelabuhan wajib menyiapkan ruangan khusus yang terintegrasi dengan sistem badan pemerintahan tersebut.
6. Pelabuhan memiliki jaringan pemantauan mandiri terhadap komponen-komponen vital seperti struktur utama dan juga area operasional pelabuhan.

Tabel 2.15 Aktivitas pelabuhan pada tahap persiapan
Sumber: Perancang (2024)

In The Response Phase

1. Pelabuhan Utama Sorong dapat mengakomodasi pemetaan bencana, evakuasi darurat, dan juga koordinasi dengan para pemangku kepentingan.
2. Pelabuhan menyediakan kendaraan yang dapat mengakomodasi pencarian korban disekitar lokasi baik dari darat, laut, dan juga udara.
3. Sistem pengawasan komponen-komponen vital harus tetap dapat beroperasi sehingga para pemangku kepentingan dapat mengidentifikasi kerusakan yang ada.
4. Pelabuhan mampu menampung korban bencana alam dan menyediakan kebutuhan dasar atau primer kemanusiaan seperti tempat tinggal darurat, makan, pakaian, dan juga kebutuhan dasar lainnya seperti kebutuhan kesehatan dan informasi.
5. Fasilitas kesehatan pelabuhan terhubung dengan kendaraan *rapid evacuation* seperti helikopter.
6. Memiliki sistem suplai energi mandiri yang dapat menunjang saat pelabuhan terputus dari sumber energi utamanya. Sumber energi mandiri diharapkan mampu memenuhi kebutuhan pada komponen pelabuhan tertentu yang krusial.

Tabel 2.16 Aktivitas pelabuhan pada tahap respon
Sumber: Perancang (2024)

In The Recovery Phase

1. Pembersihan Site Pelabuhan Utama Sorong dari puing puing yang jatuh ataupun terbawa setelah terjadinya bencana alam.
2. Pembersihan utamanya akan dilakukan oleh pemerintah namun pelabuhan juga menyediakan alat berat yang *stand-by* didalam site seperti kendaraan pemadam kebakaran dan juga kendaraan berat seperti *excavator* yang akan mengutamakan pembersihan didalam area pelabuhan.
3. Penggantian atau perbaikan pada komponen-komponen primer dan sekunder bangunan akan dilakukan setelah dilakukan pendataan menyeluruh.
4. Diharapkan kendaraan berat juga dapat membantu masyarakat sekitar dalam pembersihan puing-puing
5. Pelabuhan Utama Sorong akan berperan sebagai pusat distribusi utama bantuan kemanusiaan setelah terjadinya bencana sehingga dapat membantu komunitas dan masyarakat pulih dari bencana alam.

Tabel 2.17 Aktivitas pelabuhan pada tahap pemulihan
Sumber: Perancang (2024)

2.6 Kajian Preseden dan Penelitian

2.6.1 *New main building of the Institute of Technology, Shimizu Corporation.* Jepang



Gambar 2.28 Shimizu Corporation
Sumber: Issuu (2024)

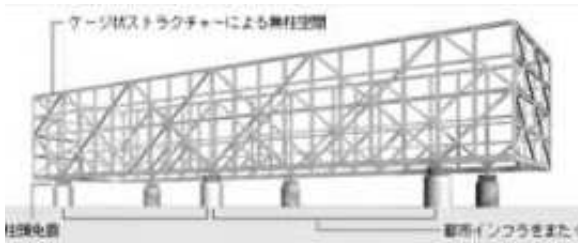
Kesimpulan Penelitian

- **Reduksi Gaya Geser:** Penggunaan sistem isolasi dasar (base isolation) berhasil mengurangi gaya geser dasar gedung secara signifikan, dengan pengurangan sebesar 29,47% pada arah x dan 29,19% pada arah y. Hal ini menunjukkan efektivitas isolasi dalam mengurangi beban lateral yang diterima oleh struktur saat terjadi gempa.
- **Optimasi Dimensi Kolom:** Dengan penerapan sistem isolasi dasar, terdapat peningkatan kebutuhan tulangan longitudinal pada balok induk sebesar 3,2%. Namun, optimasi dimensi kolom dapat dilakukan, dengan pengurangan dimensi kolom sebesar 28,57% (dari 700 x 1200 mm menjadi 600 x 1000 mm) dan 25% (dari 800 x 1400 mm menjadi 700 x 1200 mm).
- **Kinerja Struktur Setelah Gempa:** Analisis riwayat waktu menunjukkan bahwa model gedung dengan isolasi dasar memiliki tingkat kinerja struktur yang lebih baik dibandingkan dengan model tanpa isolasi. Gedung yang menggunakan isolasi dasar dapat beroperasi dengan kinerja "immediate occupancy" setelah gempa, sedangkan model tanpa isolasi hanya mencapai tingkat kinerja "life safety", yang memerlukan perbaikan untuk kembali beroperasi.
- **Disipasi Energi:** Sistem isolasi dasar membantu dalam disipasi energi yang dihasilkan selama gempa, sehingga sendi plastis hanya terbentuk pada balok dan tidak pada kolom. Ini menunjukkan bahwa struktur dengan isolasi dasar lebih mampu mengelola beban lateral tanpa merusak elemen struktural penting.
- **Rekomendasi Desain:** Penelitian ini merekomendasikan agar penggunaan sistem isolasi dasar dipertimbangkan dalam desain bangunan tahan gempa, karena dapat secara signifikan mereduksi gaya lateral akibat gempa dan meminimalkan kerusakan pada struktur.

2.6.1.1 Sistem Struktur

Struktur yang diadopsi sebagai sistem struktural bangunan baru adalah struktur bentang lebar yang terpisah dari pondasi dan ditopang oleh enam kolom independen. Struktur ini dirancang untuk memungkinkan bangunan berdiri di atas infrastruktur perkotaan yang ada (bangunan eksisting). Bangunan ini memiliki enam lantai, termasuk piloti di lantai pertama (Gambar 5). Superstruktur terdiri dari rangka baja dan pelat beton bertulang (RC) dengan pelat dek baja. Rencana dari lantai tipe dan elevasi rangka ditunjukkan pada Gambar 3 (a) dan (b), masing-masing.

Dimensi rencana adalah 80 m (arah X, 4,0 m × 20 bentangan) × 20 m (arah Y, 1 bentangan). Rangka mega-truss dan rangka kaku dengan penguat diadopsi untuk arah X dan Y. Penggunaan struktur ini memungkinkan tercapainya ruang kantor bebas yang luas sebesar 80 m × 20 m. Empat tiang beton mendukung setiap kolom yang terpisah, dan balok fondasi tidak diperlukan di tingkat bawah tanah. Sistem struktural ini memungkinkan bangunan menjulang di atas infrastruktur perkotaan yang ada seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2 (b), sehingga mendukung perencanaan yang ramah lingkungan untuk rekonstruksi kota.



(a) Perspective of Structural System

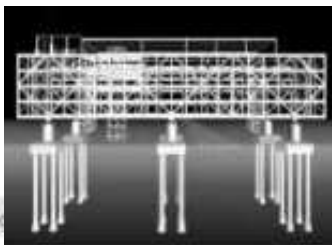
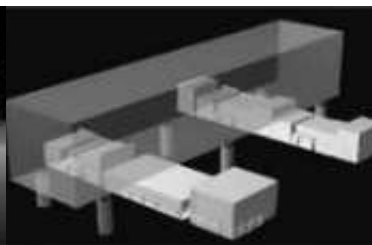


Fig. 2. Structural system.



(b) Concept of Stepping over Infrastructures

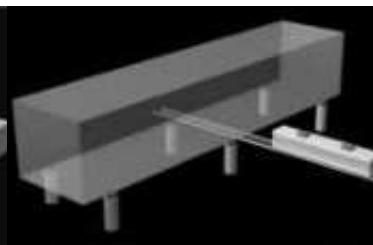
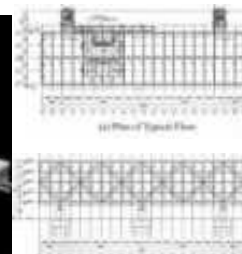


Fig. 3. Overhanging above infrastructures.



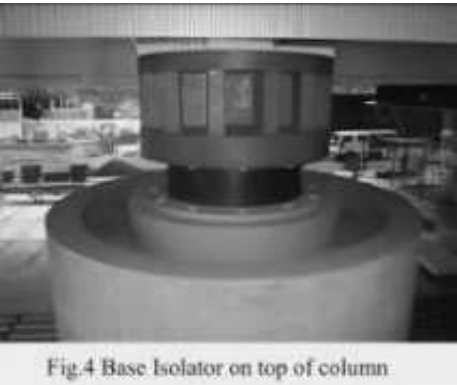
(c) Footing Elevation

Sumber: Issuu (2024)

2.6.1.2 Base Isolator

3.1 Design Seismic

Bangunan ini dirancang sebagai struktur yang terpisah dari dasar untuk menjaga keselamatan terhadap gerakan tanah yang besar akibat gempa bumi. Karena kondisi tanah yang lunak di lokasi konstruksi, periode alami dari struktur yang terpisah dari dasar dirancang sekitar 4 detik selama pergerakan tanah yang besar, yang 4 kali lebih lama dibandingkan dengan periode alami dominan sebesar 1,0 detik untuk lokasi tersebut. Bushing karet timah dengan diameter 1.000 mm dan 1.100 mm digunakan sebagai isolator dasar, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4. Stres vertikal maksimum untuk beban mati dan hidup dirancang rata-rata sebesar 14,1 N/mm². Bangunan ini dilengkapi dengan dua tangga darurat luar di kedua sisi, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3 (a), yang tidak berdiri di atas tanah, melainkan digantung dari struktur atas. Dua lift terletak di tengah tangga, dan ini juga digantung dari struktur atas.



Sumber: Issuu (2024)

2.6.1.3 Hasil Simulasi

3.2 Kesimpulan

Hasil analisis respons untuk gerakan gempa masukan tingkat 2 menunjukkan bahwa koefisien gaya geser maksimum pada dasar adalah 0,092, dan perpindahan maksimum perangkat sebesar 30 cm. Tingkat respons maksimum ini jauh di bawah kapasitas maksimum desain. Analisis respons dalam arah vertikal terhadap gerakan gempa vertikal dan getaran lalu lintas juga dilakukan, karena periode alami vertikal tanah dan bangunan mendekati 0,25 detik. Model untuk analisis respons dalam arah vertikal menggunakan model penuh tiga dimensi. Gabungan respons terhadap gerakan gempa masukan horizontal dan vertikal berada dalam batas yang diizinkan. Tingkat getaran lalu lintas juga berada di bawah tingkat yang dapat diterima oleh manusia..

PGA 230 dapat diperkirakan berada di kisaran intensitas VI-VII, yang biasanya terkait dengan kerusakan sedang hingga kuat. Magnitudo yang sesuai untuk gempa seperti ini dapat bervariasi, tetapi umumnya berada di kisaran 5,5 hingga 6,9sr. (Wikipedia, 2024)

Table 1 Design Seismic Input Motions				
Level	Input Motion	dir	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)
Level 1	El Centro 1940 NS	-	255	25
	Taft 1952 EW	-	248	25
	Hachinohe 1968	-	165	25
Level 2	El Centro 1940 NS	-	521	50
	Taft 1952 EW	-	496	50
	Hachinohe 1968	-	330	50
	Kanto #1	N	529	38.2
	Kanto #2	S	513	40
	Kanto #2	NS	161	47.8
	Tokyo new field	E	170	48.2
		N	205	41.2
		S	237	46.6

Tabel 2.18 Design Seismic Input Motions
Sumber: Issuu (2024)

2.6.1.4 ANALISIS DINAMIK TIME HISTORY SISTEM ISOLASI ANTAR TINGKAT PADA BANGUNAN DENGAN PENEMPATAN SISTEM ISOLASI YANG BERBEDA

Penempatan base isolator dalam bangunan, khususnya menggunakan jenis High Damping Rubber Bearing (HDRB), merupakan aspek penting dalam desain struktur tahan gempa. Penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penempatan isolator dapat bervariasi tergantung pada lokasi isolator dalam bangunan.

Penempatan Base Isolator:

Isolator di Lantai Dasar:

Penempatan isolator di lantai dasar sering kali menghasilkan displacement tertinggi. Model penelitian menunjukkan bahwa penempatan HDRB di lantai dasar dapat meningkatkan displacement arah X sebesar 63% dan arah Y sebesar 54,5%1.

Namun, meskipun displacement meningkat, penempatan ini memberikan performa yang baik dalam hal reduksi inter-story drift, dengan hasil analisis menunjukkan bahwa drift tetap berada di bawah batas aman yang ditetapkan1.

Isolator di Lantai Pertengahan:

Penempatan isolator di lantai keempat terbukti paling efektif dalam mereduksi drift, dengan pengurangan drift sebesar 55,4% untuk arah X dan 35,6% untuk arah Y1. Ini menunjukkan bahwa penempatan isolator pada level yang lebih tinggi dapat memberikan kinerja yang lebih baik dalam mengurangi pergerakan antar lantai.

Isolator di Lantai Atas:

Penempatan isolator di lantai atas (seperti lantai ke-13) cenderung menghasilkan reduksi drift terkecil1. Ini menunjukkan bahwa isolator yang dipasang lebih tinggi dari dasar kurang efektif dalam mengatasi gaya gempa yang bekerja pada bangunan.

Kesimpulan

Penempatan Base Isolator pada Level yang Berbeda

Situasi Khusus:

Bangunan pada lahan miring atau tidak rata.

Struktur campuran, seperti bangunan dengan podium rendah di satu sisi dan tinggi di sisi lain.

Tantangan:

Mengatur base isolator agar tetap efektif meskipun gaya gempa tidak merata di seluruh struktur. Diperlukan analisis struktur lebih mendalam untuk memastikan deformasi lateral bangunan tetap terkendali.

Solusi: Dalam kasus ini, bisa dilakukan modifikasi tinggi pada elemen struktural tertentu (misalnya menggunakan pier atau girder tambahan) agar respon gempa tetap terkendali meskipun isolator ditempatkan pada level yang berbeda.

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penempatan isolator di lantai dasar atau pertengahan lebih efektif dalam mengurangi inter-story drift dan meningkatkan kinerja keseluruhan bangunan saat terjadi gempa. Oleh karena itu, perencanaan penempatan isolator harus mempertimbangkan tujuan desain struktural dan kondisi seismik spesifik dari lokasi bangunan.

2.6.2 Raft Structure + Spun Pile Structure



Gambar 2.29 Penerapan Raft Structure + Spun Pile Structure
Sumber: Perancang (2024)

2.6.2.1 Sistem Struktur Pada Tanah Reklamasi

Dalam kajian mengenai *raft structure* untuk bangunan di tanah reklamasi, beberapa penelitian sebelumnya telah membandingkan efektivitas struktur raft dengan jenis fondasi lainnya.

Kekurangan *Raft Structure*

- **Pemendaman Diferensial:**Raft dapat mengalami pemendaman diferensial yang signifikan, terutama jika tanah di bawahnya tidak seragam. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan struktural pada bangunan.
- **Ketebalan yang Berlebihan:**Untuk mengatasi masalah pemendaman, sering kali ketebalan raft harus ditingkatkan, yang dapat mengakibatkan penggunaan material yang lebih banyak dan biaya konstruksi yang lebih tinggi. Ketebalan raft yang berlebihan juga dapat mengurangi efisiensi struktur.
- **Respon Seismik:**Raft yang terlalu berat dapat mempengaruhi respon seismik bangunan. Meskipun meningkatkan ketebalan raft dapat meningkatkan kekakuan, hal ini juga dapat menurunkan frekuensi alami struktur, meningkatkan risiko resonansi selama gempa

Kombinasi *Spun Pile Structure*

- **Komplemenasi Kelemahan Masing-Masing:** Rafts dapat menambahkan elemen distribusi beban merata, sedangkan spun piles dapat menambahkan elemen tambahan dukungan vertikal dan horizontal. Kombinasinya dapat mengoptimalkan distribusi beban dan reduksi risiko deformasi.
- **Raft sebagai Intermediate Layer:** Raft bertindak sebagai lapisan tengah antara struktur atas dan fondasi. Ini memungkinkan distribusi beban secara merata ke seluruh permukaan fondasi, mengurangi pemendaman lokal dan meningkatkan stabilitas
- **Penggunaan Banyak Tiang:**Spun pile sering digunakan dalam bentuk grup tiang yang luas untuk meningkatkan kapasitas dukungan total fondasi. Hal ini efektif dalam menyelesaikan kasus tanah lunak yang kurang stabil

Berikut adalah ringkasan dimensi struktur yang dibandingkan serta tingkat keberhasilannya:

Van (2024)	Kingdom Tower	<i>Pile + Raft</i>	1000 + m	4.5 - 5 m	Efektif dalam mengurangi pemendaman diferensial, dengan pemodelan interaksi tanah-struktur yang baik.
Van (2024)	Burj Khalifa	<i>Pile + Raft</i>	828 m	3.7 m	Stabil di bawah beban angin dan gempa, menunjukkan performa baik dalam kondisi tanah lunak.
Van (2024)	Incheon Tower	<i>Pile + Raft</i>	151 m	5.5 m	Menunjukkan pengurangan pemendaman dan distribusi beban yang merata pada tanah.
Van (2024)	Shanghai Tower	<i>Pile + Raft</i>	632 m	6 m	Memungkinkan penggunaan material yang lebih efisien dengan ketebalan raft yang teroptimasi.
Poulos (2001)	Meseturm Tower	<i>Pile + Raft</i>	256 m	6 m	Mampu menahan beban tinggi dengan stabilitas yang baik, tetapi lebih tebal dibandingkan raft lainnya.
Poulos (2001)	Dubai Tower	<i>Pile + Raft</i>	400+ m	2.5 m	Lebih ringan dan efisien, tetapi kurang stabil dibandingkan dengan struktur raft yang lebih tebal di tanah lunak.

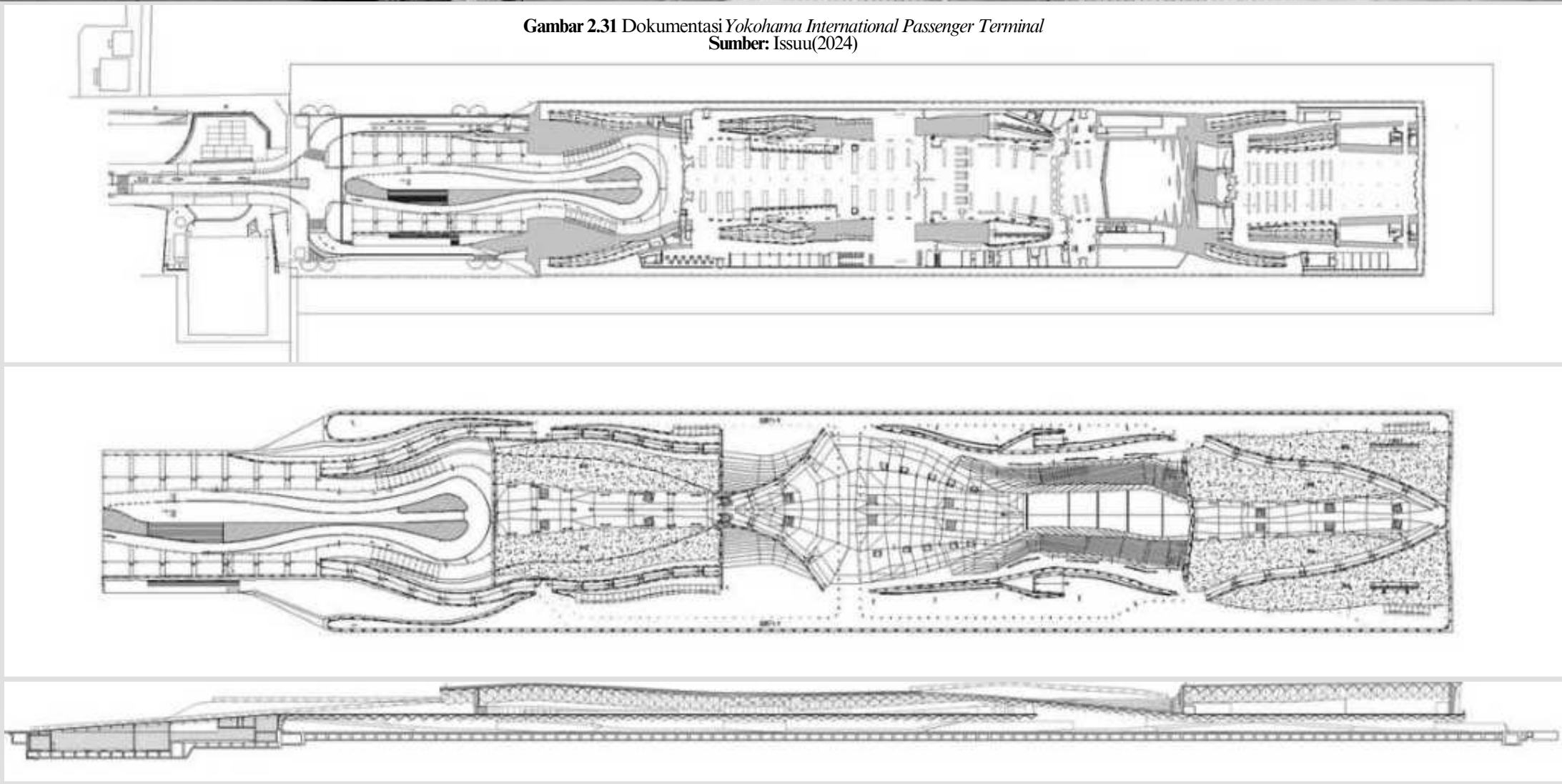
2.6.3 AD Classics: Yokohama International Passenger Terminal / Foreign Office Architects (FOA) Jepang



Gambar 2.30 *Yokohama International Passenger Terminal*
Sumber: Issuu(2024)



Gambar 2.31 Dokumentasi *Yokohama International Passenger Terminal*
Sumber: Issuu(2024)



Gambar 2.32 Gambar Teknis *Yokohama International Passenger Terminal*
Sumber: Issuu(2024)

Jepang

Assessment 01A Building

Oleh Lu Bai



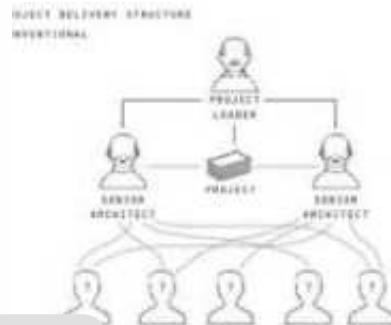
1894

1930

Penyelesaian dermaga di pelabuhan
Yokohama (sekarang pelabuhan Osanbashi).
Pelabuhan Osanbashi pada tahun 1909

Penyelesaian taman Yamashita. Taman Yamashita dibuka pada 1930

Terminal ini dikenal sebagai "no-return pier," yang dirancang untuk menciptakan ruang yang fluid dan multi-arah, bukan hanya sebagai gerbang dengan orientasi tetap. Terminal ini dibangun dengan sistem struktural unik menggunakan pelat baja lipat dan balok beton. Kekuatan material ini meminimalkan kebutuhan akan dukungan vertikal, memungkinkan rencana lantai yang terbuka dan beragam kondisi langit-langit di dalam ruang interior. Struktur ini juga dirancang untuk tahan terhadap gaya lateral akibat gerakan seismik, yang sangat penting mengingat lokasi Jepang yang rawan gempa.



The **main area** of the Tohoku earthquake, that is, the area around 36,737 square meters, covering 4 kilometers east from the center of Tohoku.

（謝文忠編 謝文忠刊）



IRINA PELITI

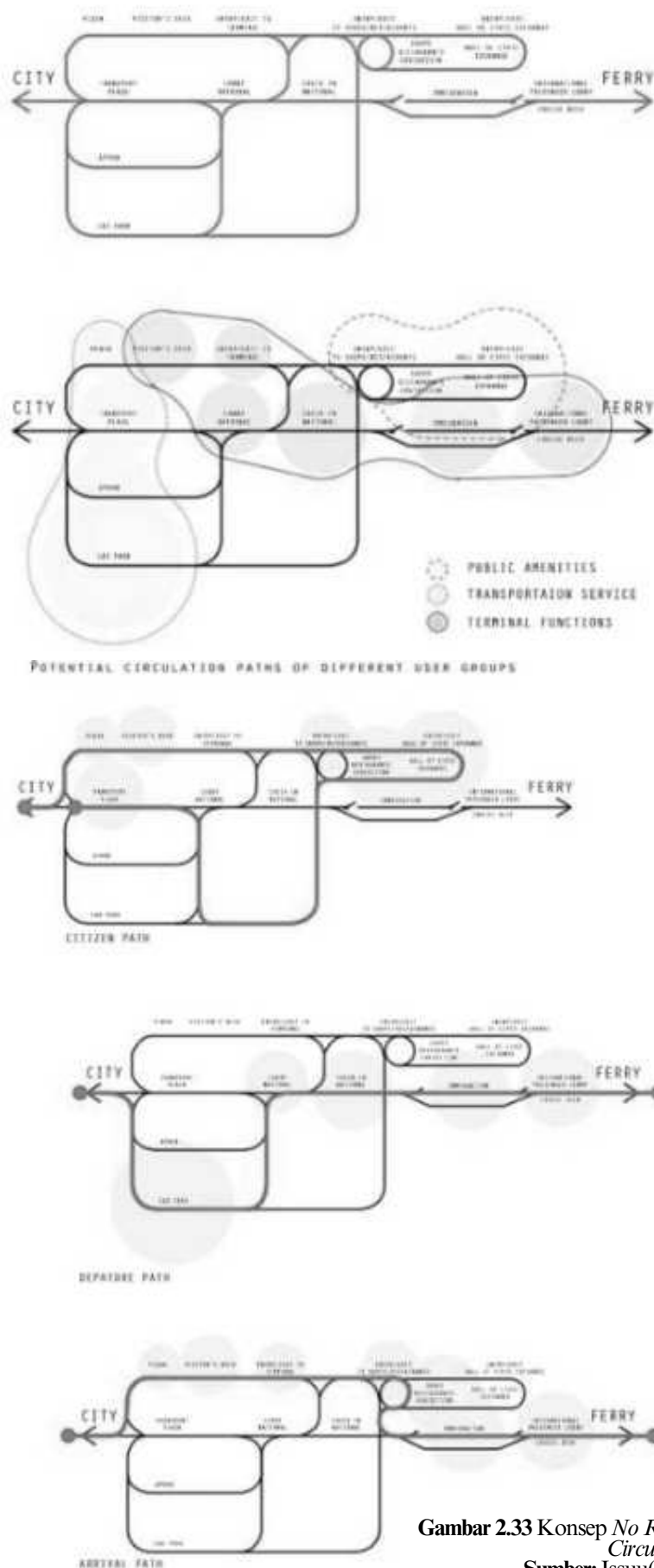


2008年 10月 10日 星期五



9110000 其他 1000000

150 54



Gambar 2.33 Konsep *No Return Circulation*
Sumber: Issuu(2024)

2.6.3.2 Konsep Sirkulasi

Konsep sirkulasi adalah dengan merubah jalur linier konvensional dalam sebuah bangunan transportasi, di mana biasanya bangunan transportasi berfungsi sebagai bangunan *input-output*, dengan orientasi yang sangat jelas: keberangkatan dan kedatangan.

Terminal ini dikenal juga dikenal sebagai "no-return pier," yang dirancang untuk menciptakan ruang yang fluid dan multi-arrah, bukan hanya sebagai gerbang dengan orientasi tetap. Desainnya mencakup:

- Sistem Sirkulasi: Menggunakan loop sirkulasi yang saling terkait untuk menghindari karakteristik linear tradisional, memungkinkan aliran orang yang lebih baik di dalam terminal.
- Topografi Bangunan: Terdiri dari tiga tingkat vertikal dengan area fungsional seperti area administrasi, restoran, dan ruang tunggu. Ramps yang lembut menggantikan tangga untuk menjaga aliran sirkulasi yang kontinu.

2.6.3.3 Hubungan dengan Lingkungan

Terminal ini memiliki hubungan sensitif dengan waterfront kota, berfungsi sebagai plaza publik yang sepenuhnya dapat diakses. Desainnya memastikan bahwa pemandangan ke arah daratan tetap tidak terhalang dan menciptakan kesinambungan dengan taman-taman di sekitarnya.

2.6.3.4 Fasilitas dan Penggunaan

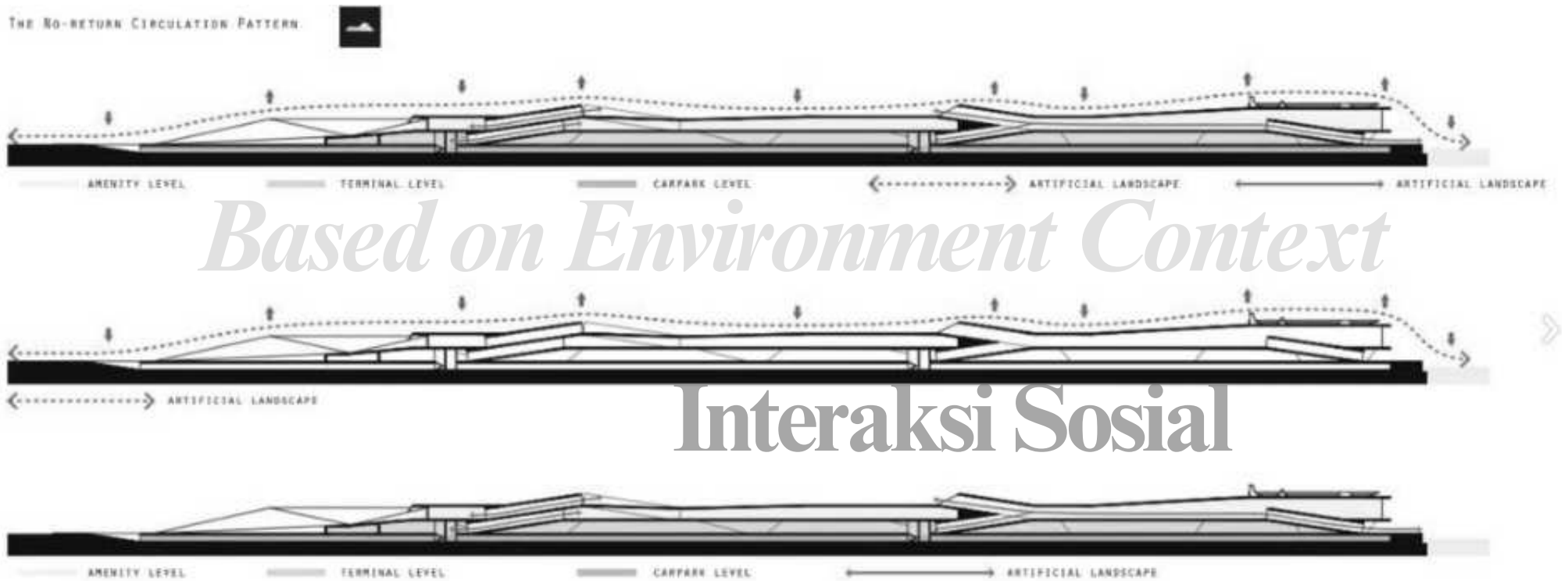
- Rooftop sebagai Ruang Publik: Atap terminal berfungsi sebagai taman umum yang dapat diakses oleh masyarakat, menyediakan area untuk berbagai acara seperti konser, pasar, festival, dan perayaan tahun baru. Ini menjadikan terminal lebih dari sekadar tempat transit, tetapi juga sebagai pusat komunitas.
- Fleksibilitas Ruang: Ruang terminal dirancang untuk dapat digunakan untuk berbagai fungsi, termasuk area tunggu, restoran, dan area belanja. Kios imigrasi dirancang sebagai unit bergerak yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

2.6.3.5 Kelebihan dan keuntungan dari pendekatan ini:

1. Fleksibilitas Pergerakan: Dengan menghilangkan sekat yang kaku antara ruang keberangkatan dan kedatangan, bangunan transportasi bisa menjadi ruang yang lebih dinamis dan memungkinkan pergerakan yang lebih fleksibel.
2. Pengalaman Pengguna yang Lebih Baik: Pengguna akan merasa lebih nyaman dengan orientasi ruang yang tidak terbatas pada gerbang masuk atau keluar, menciptakan pengalaman perjalanan yang lebih lancar.
3. Estetika dan Desain Inovatif: Pendekatan ini memungkinkan arsitek untuk berinovasi dalam desain dan menciptakan struktur yang tidak hanya fungsional tetapi juga estetis.
4. Adaptabilitas untuk Masa Depan: Bangunan yang tidak memiliki orientasi struktural tetap akan lebih mudah beradaptasi dengan perubahan kebutuhan transportasi di masa depan.

2.6.3.6 Kekurangan dan hambatan dari pendekatan ini:

1. Kebingungan Pengguna: Tanpa orientasi yang jelas, pengguna mungkin merasa bingung dalam menentukan arah, terutama dalam lingkungan yang sibuk seperti terminal transportasi.
2. Desain yang Kompleks: Menciptakan ruang yang tidak memiliki batas struktural jelas dapat menjadi tantangan arsitektur yang lebih rumit dan membutuhkan perencanaan yang lebih teliti.
3. Potensi Masalah Operasional: Pendekatan ini mungkin membuat pengaturan aliran pergerakan orang menjadi kurang efisien, terutama di waktu-waktu puncak seperti saat keberangkatan dan kedatangan massal.
4. Biaya Pembangunan yang Lebih Tinggi: Desain yang lebih inovatif dan fleksibel seringkali memerlukan teknologi dan material yang lebih mahal, yang bisa meningkatkan biaya konstruksi.



Gambar 2.34 Konteks Lingkungan Yokohama International Passenger Terminal
Sumber: Issuu(2024)

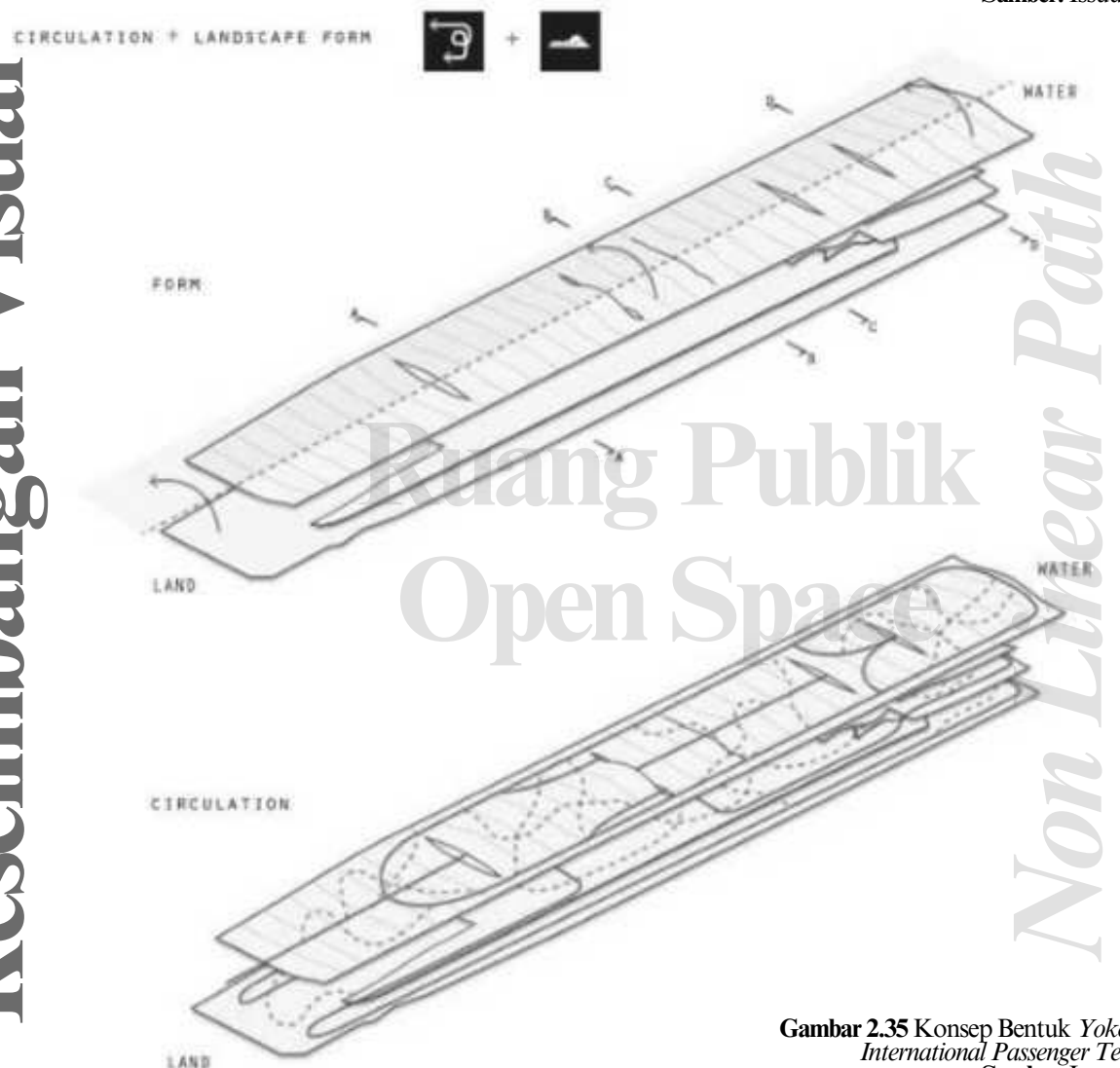
2.6.3.7 Konsep Bentuk Bangunan

Bangunan ini dirancang untuk menyatu dengan lanskap sekitarnya, memperluas sirkulasi alami ke dalam konteksnya. Dengan bentuk rendah dan datar tiga tingkat, bangunan tampak menyatu dengan cakrawala. Konsep ini menciptakan kesan bangunan sebagai perpanjangan dari lanskap darat menuju kelaut.

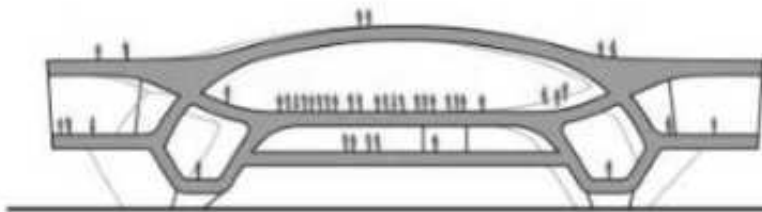
Bangunan berbentuk persegi panjang dengan massa yang tipis dengan dek atap sebagai ruang terbuka publik untuk mengakomodasi interaksi sosial, menciptakan ruang yang dapat diakses dan dimanfaatkan bersama, serta meningkatkan kualitas ruang publik.

Koneksi jalur sirkulasi dirancang sebagai bifurkasi, memungkinkan pengguna bergerak dalam urutan bercabang di sepanjang sistem sirkulasi. Pendekatan ini menciptakan interaksi dinamis antara ruang dan pengguna, serta eksplorasi bangunan yang lebih alami. Simetri bentuk bangunan memberikan keseimbangan visual dan meningkatkan efisiensi sirkulasi, berkontribusi pada pengalaman ruang yang terorganisir dan menyenangkan.

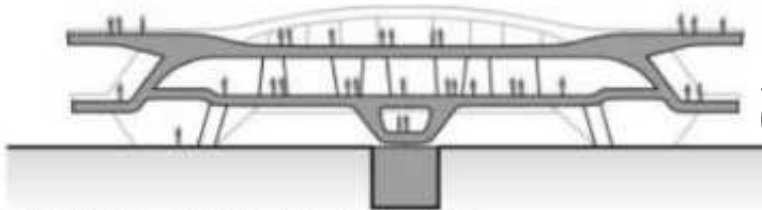
Koneksi & Sirkulasi Keseimbangan Visual



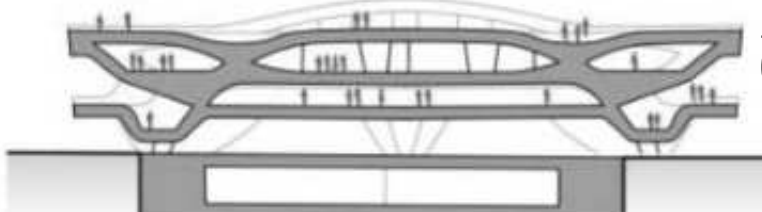
Gambar 2.35 Konsep Bentuk Yokohama International Passenger Terminal
Sumber: Issuu(2024)



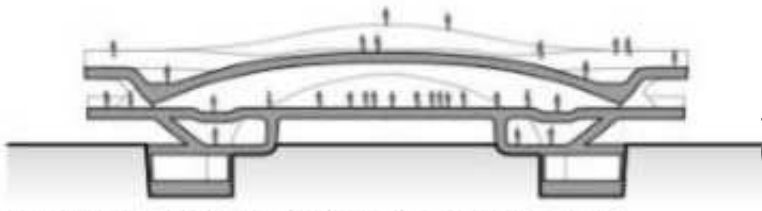
SECTION D-D RESTAURANT, CIVIC EXCHANGE, SEA BUS



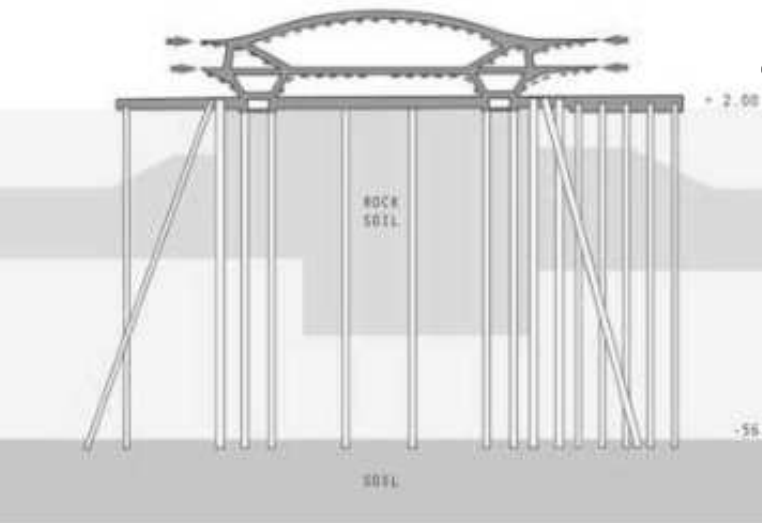
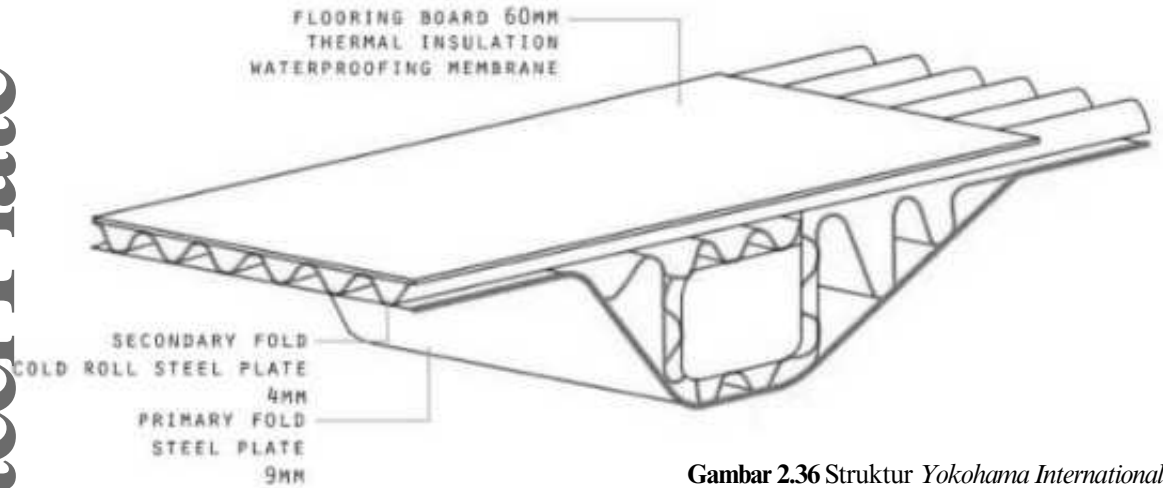
SECTION C-C BOARDING DECK, FOYER, SHOPS



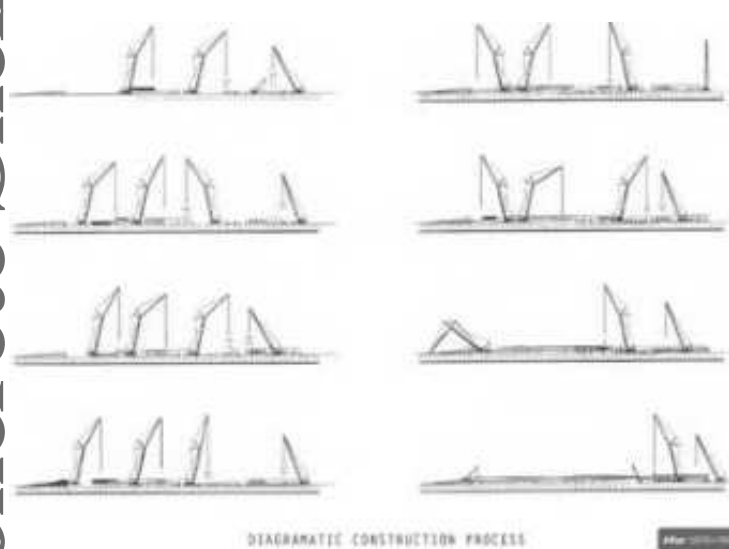
SECTION B-B TERMINAL, BOARDING DECKS, GALLERIES TO FOYER, SHOPS



SECTION A-A TERMINAL, BOARDING DECKS, LUGGAGE ROOMS



Gambar 2.36 Struktur *Yokohama International Passenger Terminal*
Sumber: Issuu(2024)

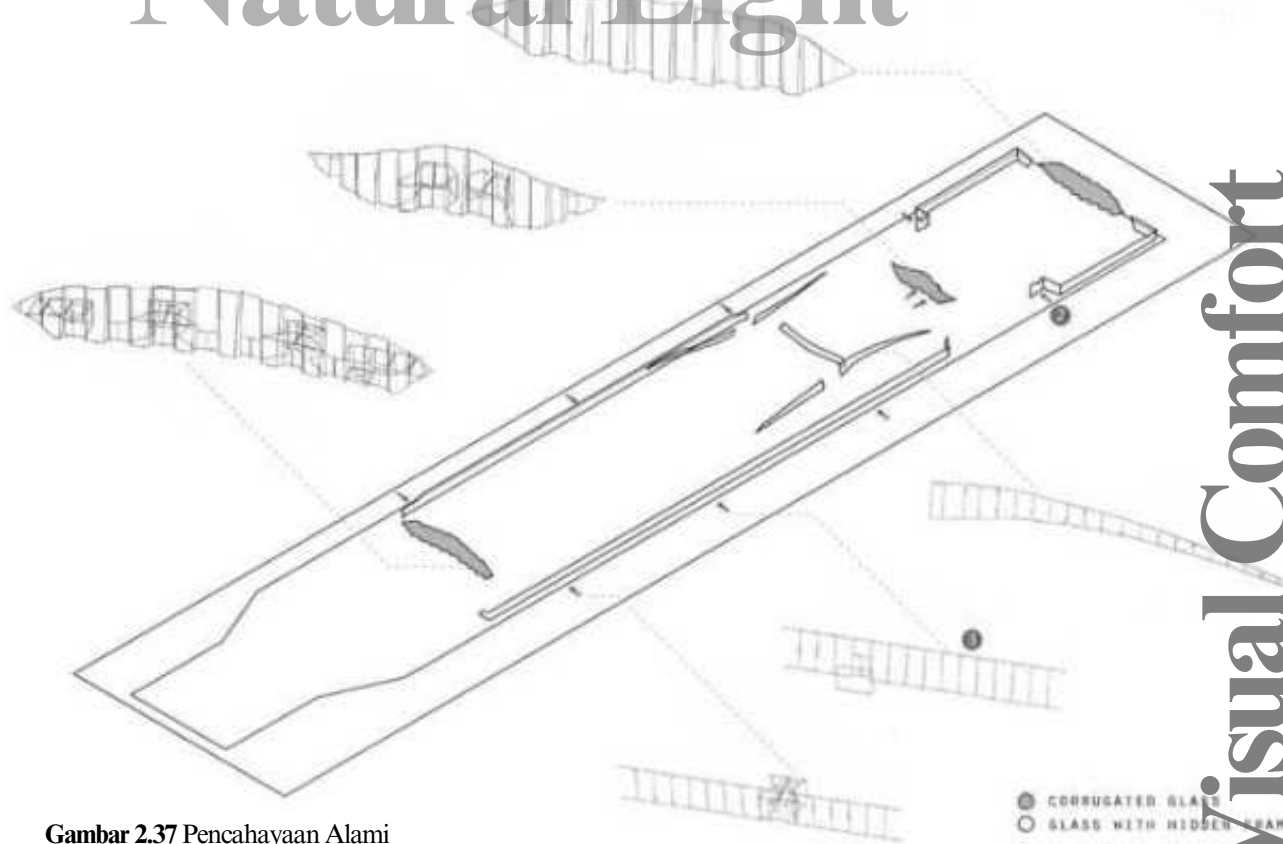


2.6.3.8 Struktur pondasi

Kondisi tanah di dua sisi lokasi bangunan menunjukkan perbedaan yang signifikan, yang memunculkan kebingungan terkait apakah sebaiknya bangunan dirancang secara asimetris; namun, tidak ditemukan alasan konseptual yang mendukung pilihan tersebut. Dalam konteks ini, permukaan terdistorsi akan dirancang menyerupai lembaran karton bergelombang, dengan memanfaatkan permukaan undulasi antara dua pelat untuk memastikan kekuatan struktural yang memadai.

Kekuatan struktural yang lebih tinggi akan dihasilkan melalui pelipatan permukaan tersebut dalam skala yang lebih besar, diintegrasikan dalam sistem ramp yang menghubungkan berbagai tingkat bangunan, sehingga menciptakan desain yang bebas dari tangga dan kolom. Ramp tersebut akan terkait dengan garis struktural longitudinal utama yang membentang dalam dua garis paralel sepanjang pier, memanfaatkan kedalaman lentur untuk menghasilkan elemen struktural terbesar, dan dengan demikian menciptakan aliran ruang yang terbuka serta memfasilitasi mobilitas yang lancar antar level.

Natural Light

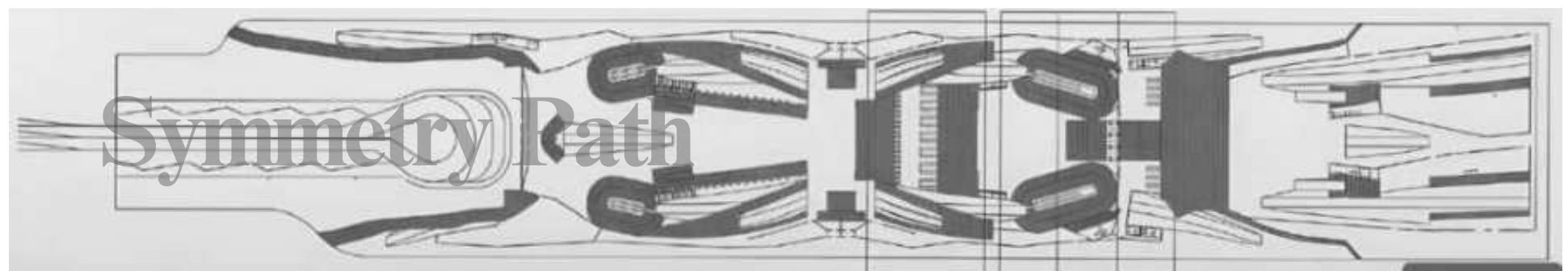


Gambar 2.37 Pencahayaan Alami
Yokohama International Passenger Terminal
Sumber: Issuu(2024)

2.6.3.9 Detail Bangunan

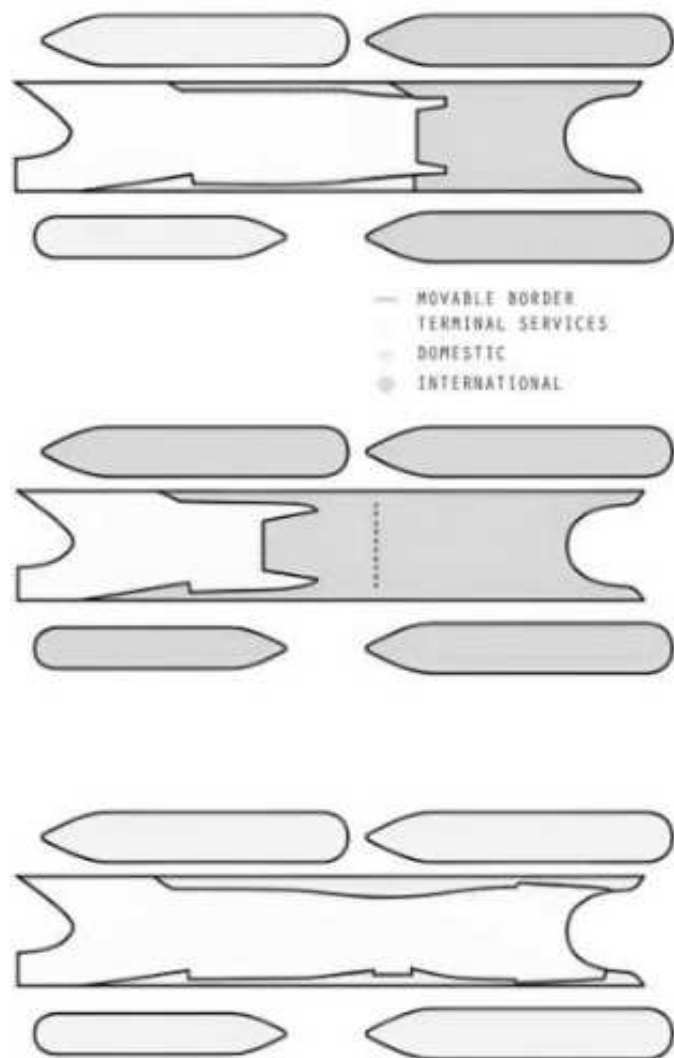
FOA telah mengadopsi palet material yang sangat reduktif dalam proyek ini untuk mempertahankan dominasi permukaan horizontal sebagai penutup ruang, sementara penutup vertikal diupayakan untuk tidak ada. Pendekatan ini secara otomatis membagi material menjadi dua kategori: baja dan kayu untuk setiap permukaan horizontal, yang dirancang dengan geometri dan tekstur yang sangat intensif, serta kaca dan pegangan yang menjadi bagian dari permukaan vertikal dan seharusnya cenderung menghilang. Pendekatan material yang reduktif ini mencerminkan upaya untuk menciptakan pengalaman ruang yang bersih dan minimalis, dengan menekankan peran penting dari permukaan horizontal dalam membentuk batasan ruang. Pemilihan material ini tidak hanya mempertimbangkan aspek estetika, tetapi juga berfungsi untuk meningkatkan kualitas ruang dan pengalaman pengguna, memungkinkan integrasi yang lebih baik dengan lingkungan sekitarnya.

Visual Comfort



Symmetry Path

FLEXIBLE CONTROL OF SPACE



ROOF DECK PROGRAMS ALLOCATION

SPRING

SUMMER

AUTUMN

WINTER



Flexibility

● FLOWERS
● EXHIBITION
THE DOLL'S FESTIVAL
THE CHILDREN'S DAY
FLOWER VIEWING PARTY

● SHADE
● SUMMER FESTIVAL
BEER GARDEN
TEMPORARY POOL
OPEN AIR CINEMA
FIREWORKS

● FALLEN LEAVES
● AUTUMN FESTIVAL
ART EXHIBITION
TEMPORARY THEATER
SPORTS FIELD
OPEN AIR CINEMA

● FLOOR HEATING
● CHRISTMAS PARTY
NEW YEARS PARTY
COMING OF AGE DAY
BEANS SCATTERING CEREMONY

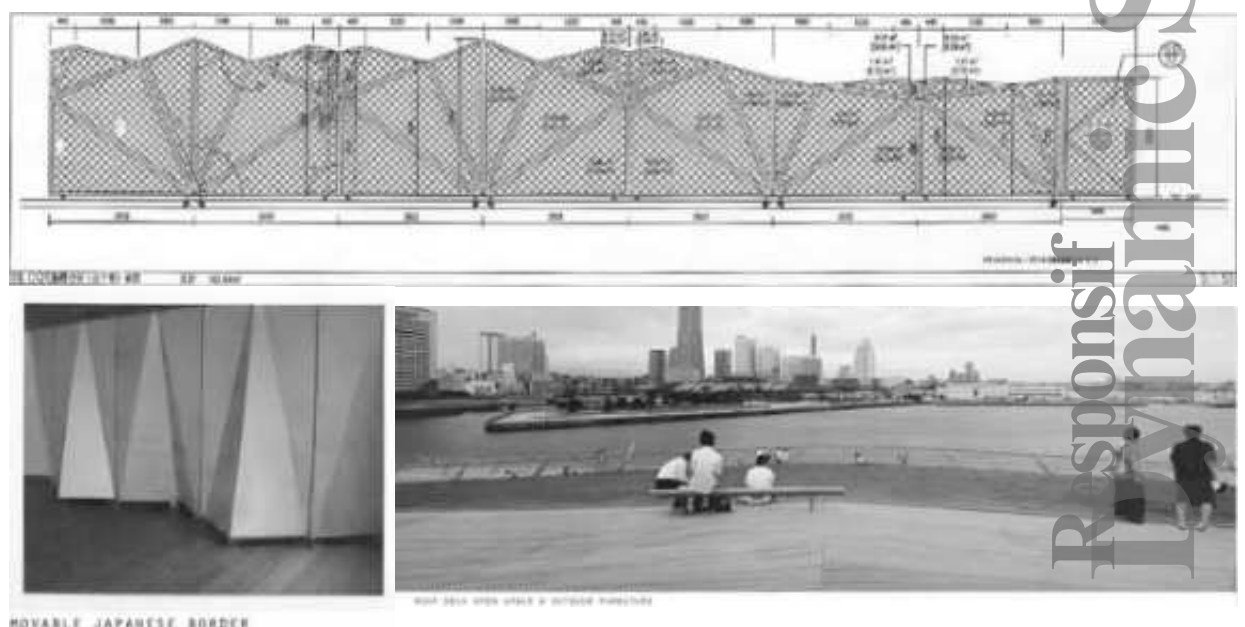
Gambar 2.38 Ruang Fleksibel *Yokohama International Passenger Terminal*
Sumber: Issuu(2024)

2.6.3.10

Ruang Fleksibel

Melalui pemindahan pagar pengendalian perbatasan, terminal mampu menghasilkan variasi ruang, sehingga ruang yang biasanya dianggap "tetap" dapat berfungsi secara dinamis.

Konsep ini memungkinkan perubahan sifat ruang yang statis menjadi lebih fleksibel dan responsif menciptakan peningkatan fungsionalitas dan mobilitas.



2.6.3.11

Program Ruang

Plaza ini dapat menyelenggarakan festival untuk setiap musim, dengan kondisi topografi yang berbeda memberikan berbagai kemungkinan untuk mengadakan berbagai acara. Pengaturan ruang yang tersedia untuk festival harus mempertimbangkan karakter festival itu sendiri. Terdapat dua logika pengorganisasian yang dapat diterapkan:

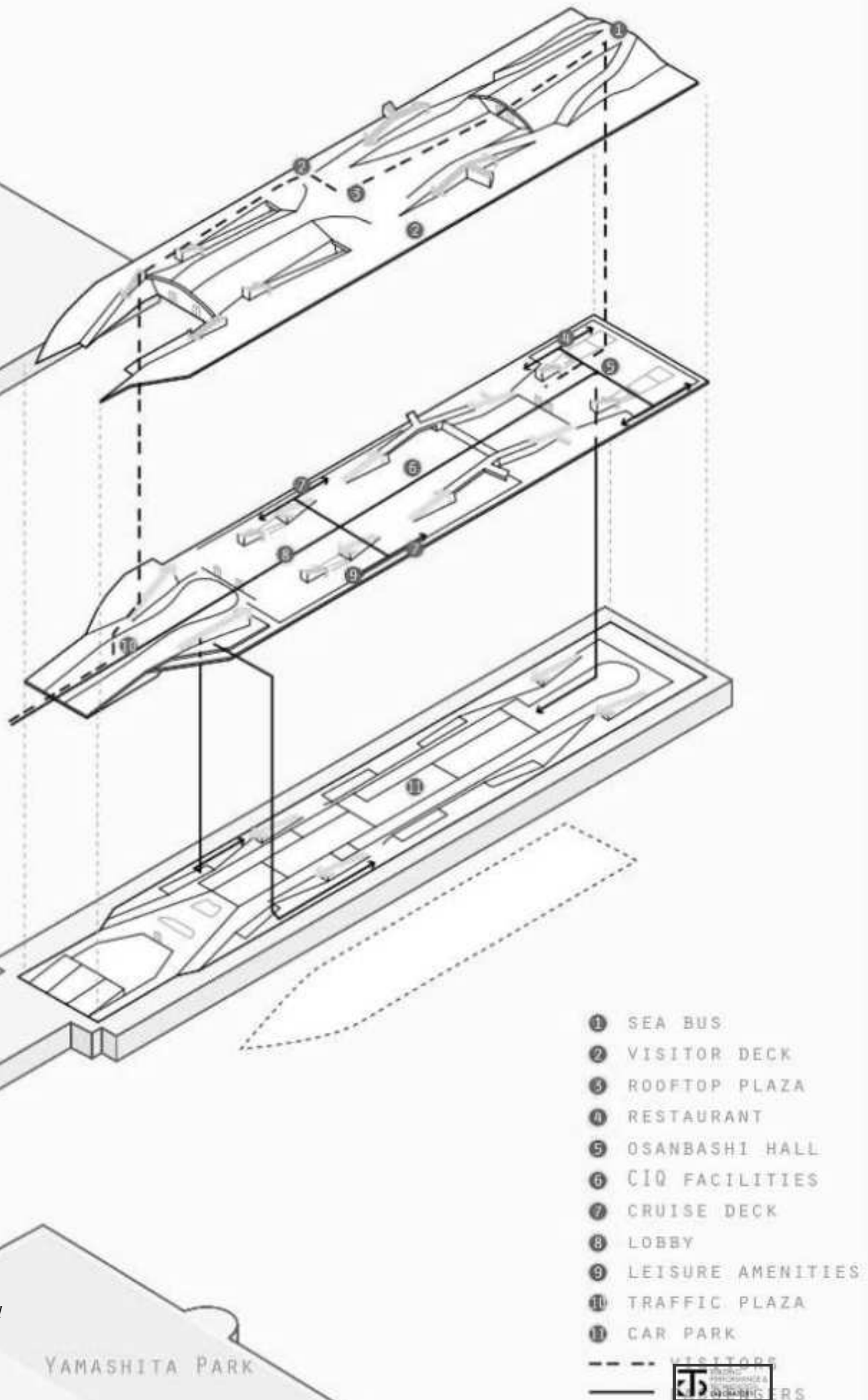
1. Festival Terfragmentasi - Pada festival ini, kegiatan tersebar di sepanjang atap, menciptakan beberapa titik fokus acara.
2. Festival Kompak - Pada festival ini, kegiatan terletak dan terkonsentrasi di suatu tempat tertentu.

Kedua logika ini menggunakan area yang berbeda di atap. Perencanaan yang cermat terhadap aktivitas ini dapat menghidupkan plaza dengan jumlah pengunjung yang besar sepanjang berbagai musim, sehingga menjadi daya tarik utama bagi warga Yokohama. Beberapa olahraga dapat memanfaatkan geometri dari plaza atap. Permukaan datar yang dirancang khusus akan memungkinkan praktik berbagai jenis olahraga.

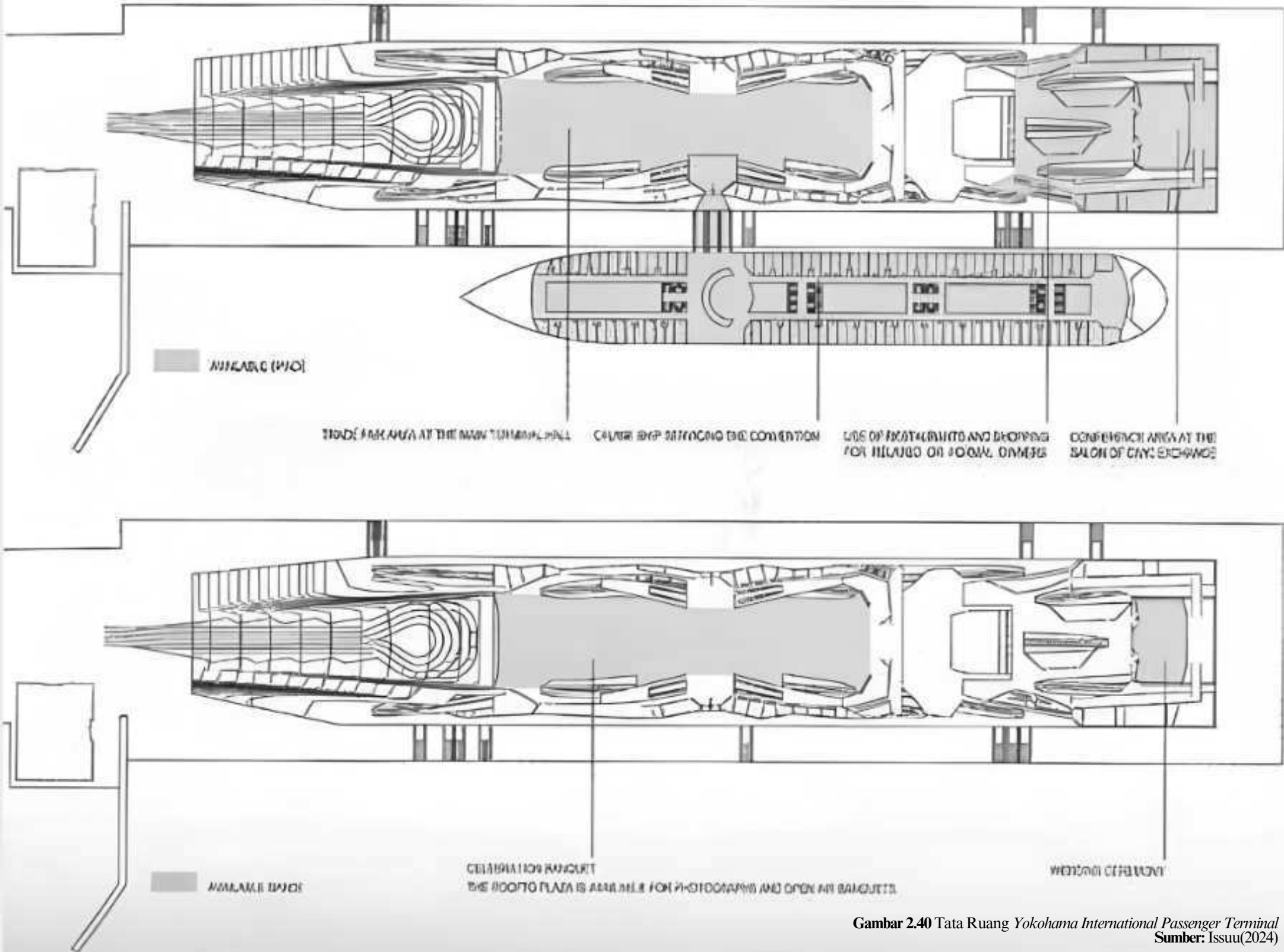
Konvensi - Ruang Utama Terminal

Ruang utama terminal dapat digunakan untuk berbagai aktivitas selain kedatangan dan keberangkatan penumpang. Penyelenggaraan konvensi sangat sesuai karena beberapa alasan berikut:

1. Ruang utama terminal memiliki luas 5.215 meter persegi untuk stan pameran.
2. Terdapat area konferensi seluas 793 meter persegi di Salon Pertukaran Sipil.
3. Semua infrastruktur yang diperlukan sudah tersedia.
4. Luas total yang tersedia untuk konvensi mencapai 6.008 meter persegi.
5. Terdapat juga 4.215 meter persegi yang dapat dimanfaatkan untuk rekreasi.



Gambar 2.39 Program Ruang Yokohama International Passenger Terminal
Sumber: Issuu(2024)



Gambar 2.40 Tata Ruang Yokohama International Passenger Terminal
Sumber: Issuu(2024)



Issue

Ketika tsunami menghantam pelabuhan, dermaga tempat kapal berlabuh merupakan komponen yang paling rentan. Dermaga dapat mengalami gaya lateral yang dapat menarik kapal dari tali tambatnya menyebabkan kapal berputar dan merusak tali tambatnya dengan mudah

Infrastruktur seperti crane, kontainer, dan kendaraan berat bisa terhanyut, erosi besar-besaran di sekitar dermaga akibat arus tsunami dapat merusak fondasi pelabuhan dan memperparah pendangkalan kolam pelabuhan, mengurangi kapasitas pelabuhan untuk menerima kapal besar. Tsunami juga meningkatkan risiko pencemaran, di mana tumpahan bahan berbahaya dari tangki penyimpanan yang rusak dapat mencemari lingkungan laut, merusak ekosistem, dan memperpanjang waktu pemulihan pelabuhan secara keseluruhan

Area datar tempat penyimpanan kontainer juga merupakan area berisiko tinggi selama tsunami. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan terjadinya banjir yang membuat kontainer terbawa arus bisa bertindak sebagai alat penghancur, menyebabkan kerusakan tambahan di area terminal dan area lain

- Dalam fase bencana terminal harus mampu menjadi tempat perlindungan sementara. Seringkali saat pengguna terjebak didalam sebuah bangunan yang tidak dipersiapkan sebagai tempat evakuasi mengalami ketidaksiapan fasilitas pendukung keselamatan
- Struktur dan program ruang pada bangunan yang tidak dirancang sebagai tempat evakuasi biasanya tidak mampu bertahan terhadap kerusakan yang dihasilkan oleh bencana alam. Tuntutan terhadap penanganan pengguna saat terjadi bencana alam tidak dapat terpenuhi.

Jenis kerusakan utama yang dapat disebabkan oleh badai angin pada pelabuhan meliputi: (1) kerusakan atap dan dinding struktur, terutama gudang, dan (2) kerusakan pada derek. Biasanya, pelabuhan memperlambat operasinya sebelum badai angin besar dan ditutup selama badai tersebut berlangsung. Kerusakan pada gudang terjadi pada hampir semua badai besar dan taifun di seluruh dunia, tetapi biasanya tidak menyebabkan gangguan fungsi

- Genangan pada lansekap yang diakibatkan banjir besar tsunami di sekitar area akses membuat pintu gerbang tidak berfungsi, menghambat evakuasi atau upaya penyelamatan
- Pintu akses pelabuhan dipenuhi asap tebal dapat mengurangi visibilitas, sehingga mengganggu navigasi kendaraan yang keluar-masuk. Jika pintu akses terhubung dengan sistem otomatis yang terkena kebakaran, sistem tersebut bisa rusak, menyebabkan pintu terkunci atau tidak berfungsi selama proses evakuasi
- Saat tsunami melanda, jalan di pelabuhan akan terkena dampak langsung dari aliran air yang sangat kuat. Air yang membawa puing-puing besar seperti kapal, kontainer, dan barang-barang lain dapat merusak permukaan jalan, menyebabkan retakan, erosi, dan pengikisan material jalan sehingga jalan baik menuju ataupun keluar pelabuhan tidak akan dapat diakses

Solution I

- Bentuk dari dermaga pelabuhan berpengaruh terhadap posisi kapal bertambat. Kapal dengan arah tambat yang melintang terhadap arah datangnya tsunami berpotensi terguling dan melakukan manuver yang dapat membahayakan kapal dan merusak dermaga. Mempertimbangkan bentuk dan arah dermaga akan berpengaruh terhadap keselamatan kapal dan struktur dermaga
- Kolam pelabuhan dipengaruhi oleh jarak dermaga dari bibir pantai. Pada lokasi yang lebih dangkal diperlukan pengerukan dasar kolam sehingga saat terjadinya penyurutan sementara sesaat sebelum tsunami kapal tidak akan karam. Tanki bahan bakar atau curah basah harus jauh dari laut dan terlindungi
- Area diantara kontainer dan terminal harus memiliki batasan fisik yang dapat menghalau terbawanya alat alat dan barang. Penataan lansekap dan pengarahalan jalur air lewat dapat membantu menghindari kejadian terhanyutnya barang-barang. Istilah *breakwater* mampu menghalau puing-puing yang terbawa oleh arus tsunami
- Ruang yang fleksibel dalam sebuah bangunan memungkinkan terjadinya perubahan fungsi ruang. Dalam keadaan darurat terminal harus bisa berfungsi sebagai bangunan perlindungan dan memfasilitasi kebutuhan pengguna selama masa respon.

- Desain bentuk bangunan, atap, pola penataan massa bangunan dan lansekap harus bisa memprioritaskan keselamatan tempat penyimpanan. Desain harus bisa mengalirkan air dan mengurangi tekanan pada bangunan sehingga gudang dapat diminimalirkan kerusakannya dan menghindari kerugian material lebih banyak
- Mengintegrasikan sistem drainase yang dirancang khusus untuk mengalirkan air dengan cepat dari area akses pelabuhan untuk menghindari genangan akibat banjir. Penggunaan pompa otomatis untuk mengeluarkan air dari area kritis selama badai atau membuat bak tampung air sementara. Atau membangun pintu gerbang dan jalan akses di atas elevasi tertentu untuk mengurangi risiko genangan air yang menghambat evakuasi.
- Perancangan massa bangunan dan pola akses sirkulasi harus memungkinkan perpindahan angin dengan cepat sehingga tidak terjadi stagnansi aliran udara pada titik titik tertentu khususnya area yang sering digunakan oleh pengguna
- Mengembangkan area terbuka hijau di sekitar pelabuhan yang dapat berfungsi sebagai penampung air saat terjadi banjir atau tsunami, mengurangi tekanan pada infrastruktur pelabuhan. Menanam vegetasi di sekitar area pelabuhan untuk mengurangi kecepatan air saat tsunami, serta mencegah erosi pada jalan.

Contradiction

Dermaga yang dirancang dengan arah yang tepat dapat mengurangi risiko, tetapi dapat mengurangi kapasitas tambat kapal dan mempengaruhi efisiensi pelabuhan secara keseluruhan; dermaga yang terlalu terbuka mungkin lebih aman dari gelombang, namun lebih rentan terhadap badai angin. Pengerukan dasar laut dapat menyebabkan erosi pantai, serta meningkatkan biaya operasional pelabuhan akibat sedimentasi yang berulang. Meskipun penempatan tangki jauh dari pantai lebih aman, ini bisa memperlambat distribusi bahan bakar ke kapal dan meningkatkan biaya logistik. Penerapan batas fisik dapat membatasi mobilitas dan efisiensi operasional, memperlambat alur distribusi barang. Selain itu, *breakwater* yang terlalu kuat dapat memantulkan gelombang kembali ke kapal, menciptakan turbulensi dan sedimentasi yang memperburuk navigasi. Desain ruang yang terlalu fleksibel mungkin mengurangi efektivitas terminal dalam kondisi normal dan mengganggu aktivitas ekonomi selama pemulihan bencana.

Fokus pada desain yang mampu mengalirkan air dapat mengorbankan kekuatan struktural bangunan, meningkatkan kerentanan terhadap badai atau tsunami; desain terlalu terbuka untuk aliran air dapat mengakibatkan kehilangan material atau kerusakan yang lebih besar saat terjadi angin kencang. Meskipun sistem drainase yang efisien dapat mengurangi genangan, pemeliharaannya bisa menjadi tantangan, dan jika pompa otomatis gagal, masalah dapat meningkat saat darurat. Membangun jalan akses yang lebih tinggi bisa menyulitkan akses kendaraan dalam situasi darurat dan mengganggu sirkulasi transportasi normal di pelabuhan. Desain yang memungkinkan aliran udara dapat mengurangi stagnansi, tetapi pembukaan yang terlalu besar dapat membuat bangunan lebih rentan terhadap kerusakan akibat angin kencang serta mengurangi privasi dan keamanan. Meskipun area terbuka hijau dapat berfungsi sebagai penampung air, mereka juga dapat menimbulkan masalah seperti pertumbuhan gulma dan menjadi area rawan bagi orang-orang tidak diinginkan jika tidak dikelola dengan baik. Selain itu, vegetasi yang berlebihan dapat menghalangi pandangan dan akses serta merusak infrastruktur jalan.

Solution II

- Dermaga dapat dirancang dengan mempertimbangkan orientasi yang optimal untuk mengurangi risiko gelombang tanpa mengorbankan kapasitas tambat. Menggunakan desain dermaga searah dengan fetch pembangkitan arus dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan kapal dalam bertambat di dermaga.
- Mengatasi dampak negatif dari pengerukan dasar laut, dapat dipertimbangkan pengelolaan sedimen. Kolam pelabuhan yang jauh dari sungai dan drainase kota akan direkomendasikan menghindari adanya material yang terbawa oleh air. Ini akan membantu menjaga keseimbangan ekosistem pantai dan mengurangi biaya operasional yang berulang.
- Meningkatkan distribusi bahan bakar, penempatan tangki dapat dirancang dengan sistem transportasi internal yang efisien, seperti jaringan pipa atau kendaraan otomatis, yang menghubungkan tangki dengan dermaga, mengurangi waktu dan biaya distribusi.
- Penerapan batas fisik dapat dioptimalkan dengan menggunakan desain yang dinamis, seperti dinding pemisah yang dapat disesuaikan atau pintu geser, yang memungkinkan mobilitas barang saat kondisi normal tetapi tetap memberikan perlindungan saat diperlukan.
- Breakwater, desain yang lebih optimal dapat diterapkan, seperti penggunaan material porous yang dapat menyerap energi gelombang sambil mengurangi turbulensi. Bentuk breakwater harus dapat memecah gelombang alih-alih memantulkannya kembali. Bentuk dengan sudut lebih tajam dan melengkung dapat memecah ombak menjadi lebih stabil.
- Area perkerasan pada site harus didesain dengan drainase ataupun terintegrasi dengan rekayasa kanal pada lansekap agar terjadi perpindahan air yang diakibatkan oleh banjir rob ataupun tsunami. Kanal pada lansekap akan mengarahkan gelombang tsunami sehingga tidak mengenai struktur vital dan menjaga kegagalan struktur. Desain kanal yang baik juga akan mengurangi penumpukan material hanyut pada area jalan pelabuhan sehingga akan mempercepat waktu evakuasi melalui kendaraan.

Issue

- Terminal seringkali dibuat dengan pintu akses yang ketat (sempit) sehingga saat terjadi bencana yang mana menuntut pengguna untuk masuk ataupun keluar dari bangunan menjadi terhambat dan terjadi penumpukan yang mana hal ini akan menimbulkan kekacauan dan berpotensi menimbulkan korban
- Kecepatan rambat api pada bencana kebakaran bangunan akan sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin pada lokasi. Area dengan bukaan lebar akan membuat angin bergerak bebas dan mempercepat penyebaran api
- Bangunan terminal seharusnya memiliki beberapa *layering* lansekap sehingga menuntut ruang lebih pada bagian tertentu sehingga massa bangunan akan jauh dari tepi laut. Namun hal ini akan membuat akses pengguna menjadi sangat jauh dari area tambahan kapal
- Ketika atap dimanfaatkan sebagai area evakuasi outdoor maka terjadi pembebanan berlebih pada struktur. Massa yang berkumpul pada satu titik di atap akan menyebabkan beban lendutan dan berpotensi terjadi deformasi atau kegagalan struktur
- Atap yang akan dimanfaatkan sebagai area evakuasi akan menuntut bentuk atap yang datar guna mendukung keselamatan dan juga volume massa yang dapat di tampung
- Saat terjadi badai angin atap dan dinding adalah komponen bangunan yang paling terkena dampaknya. Bidang dinding yang melintang dan terlalu luas akan menimbulkan getaran yang diakibatkan oleh beban lateral dari angin. Bentuk atap yang *highprofile* juga akan menimbulkan resistensi pada struktur dan apabila struktur tidak mampu menahan lagi maka atap akan runtuh
- Badai angin juga akan menerbangkan barang barang yang akan menjadi proyektil yang mampu terbang dengan kecepatan tinggi dan mengenai pengguna maupun bangunan
- Massa bangunan yang terpisah atau tersegmentasi akan baik dalam menghadapi gelombang tsunami namun saat terjadi badai celah-celah yang terbentuk akibat massa yang terpisah akan berpotensi terjadi turbulensi atau percepatan angin yang akan membuat ruang lain bergetar
- Saat terjadi bencana tsunami gelombang arus yang kuat akan bergerak kearah daratan dan berpotensi membawa puing-puing yang berbahaya jika terkena struktur bangunan akan mengakibatkan runtuhnya struktur
- Tuntutan kriteria *resilience* akan tercapainya keamanan lantai diatas 15 m akan mengakibatkan terjadinya pemborosan ruang (kurang lebih 3 lantai)
- Pemecah gelombang tsunami pada dermaga akan sangat tinggi dan menghalangi konektivitas visual pada lansekap atau *ground level* pada pelabuhan
- Jejalur yang ada pada lansekap bangunan akan berpotensi menjadi area bebas gerak gelombang tsunami sehingga berpotensi membawa puing puing yang berbahaya

Solution I

- Rancangan pintu akses darurat yang lebih lebar dapat mempercepat aliran manusia selama keadaan darurat. Pintu utama dilengkapi dengan sistem penghalang api otomatis, seperti pintu tahan api, untuk mengendalikan penyebaran api tanpa menghalangi jalur evakuasi. Penerapan sistem ventilasi alami yang efektif juga dapat mengatur aliran udara dan memperlambat penyebaran api. Untuk akses ke area tambahan kapal, solusi berupa jembatan yang menghubungkan terminal ke dermaga dapat mengurangi jarak tanpa mengurangi fungsi lapisan lansekap yang diperlukan.
- Menerapkan sistem penyebaran beban dengan desain struktural yang memperhitungkan distribusi massa secara merata. Ini dilakukan dengan memperkuat struktur atap menggunakan struktur tambahan yang dinamis (mudah peletakkannya), dan menambah elemen struktural seperti balok dan kolom tambahan yang dapat menyebarkan beban secara efektif di beberapa titik. Sistem drainase yang baik juga diperlukan untuk mencegah akumulasi air hujan yang dapat meningkatkan beban tambahan pada atap.
- Desain atap dan dinding bangunan harus diperkuat dengan elemen yang tahan terhadap angin kencang dan memiliki bentuk yang lebih aerodinamis. Bentuk atap yang rendah dan lebih ramping (*low-profile*) dapat mengurangi resistensi angin. Dinding harus memiliki penopang yang dapat menyerap beban lateral dan mengurangi getaran akibat tekanan angin. Segmentasi massa bangunan dengan celah yang lebih kecil dapat membantu mengurangi turbulensi dan memperbaiki aliran angin sehingga mengurangi getaran pada ruang lain. Penggunaan penyaring angin atau pelindung angin di antara ruang-ruang tersegmentasi dapat memperkecil dampak turbulensi tanpa mengorbankan ketahanan terhadap tsunami.
- Membuat struktur bangunan lebih terangkat dengan mengoptimalkan penggunaan ruang di bawahnya untuk fungsi publik atau ruang terbuka yang dapat meredam dampak gelombang tsunami. Struktur bangunan bisa menggunakan material yang fleksibel dan tahan lama, seperti beton bertulang yang mampu menahan dampak puing-puing tsunami. Desain atap dan lantai tambahan di atas 15 meter bisa dipertimbangkan sebagai area yang terbuka dan multifungsi, bukan hanya untuk perlindungan, tetapi juga untuk ruang komersial atau sosial yang tidak memakan banyak ruang vertikal tambahan. Untuk pemecah gelombang tsunami, penggunaan pemecah gelombang lebih rendah namun berlapis bisa digunakan untuk memecah kekuatan gelombang tanpa menghalangi konektivitas visual dari dermaga ke area pelabuhan. Jejalur di lansekap dapat dirancang dengan material penahan gelombang yang dapat mengalirkan air dengan aman tanpa membawa puing-puing berbahaya, seperti penanaman vegetasi atau batuan yang membentuk bentuk alami yang memperlambat arus.

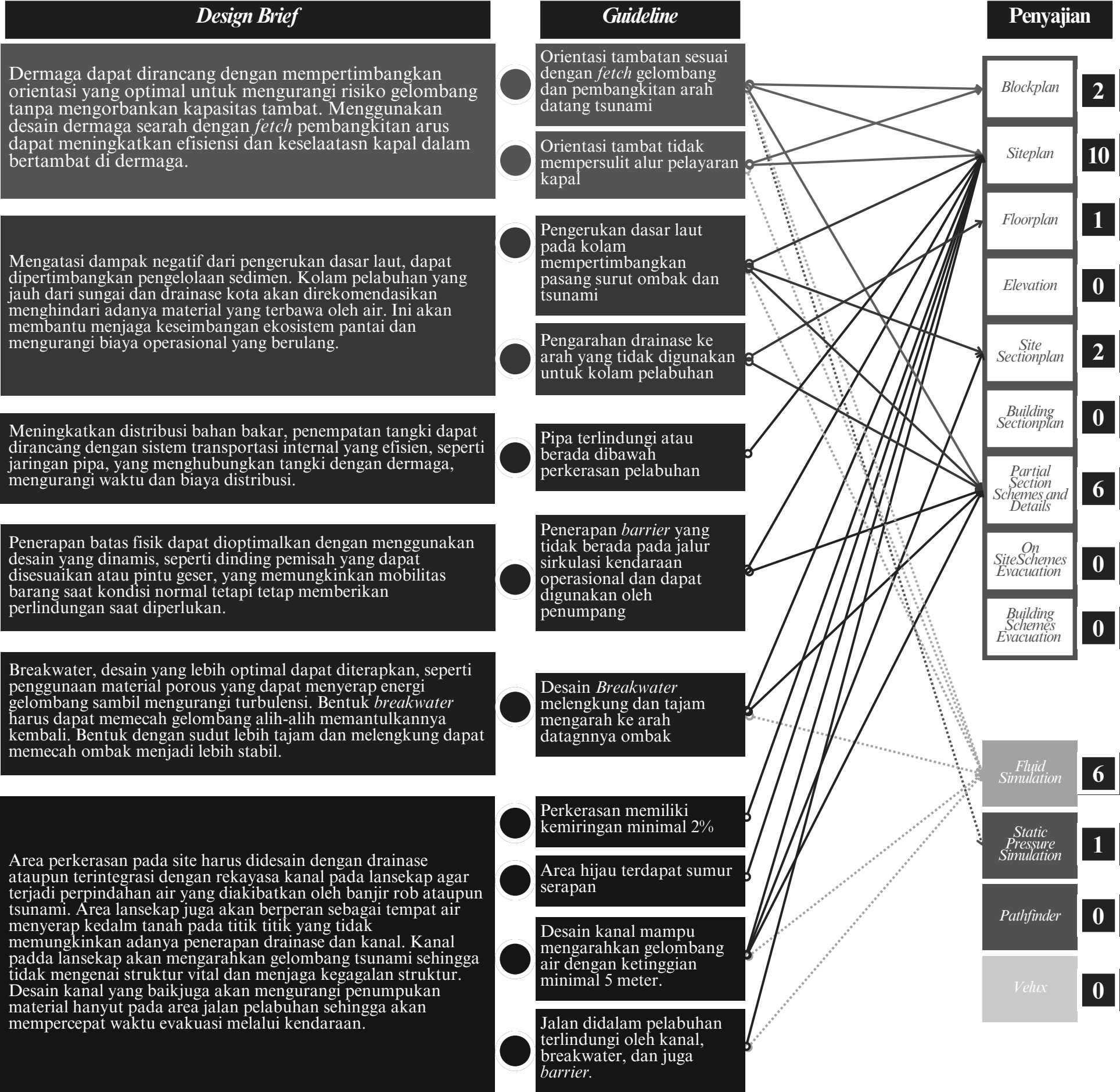
Contradiction

- Berpotensi mengurangi fungsi pengendalian api karena bukaan yang lebih lebar dan akses yang lebih terbuka dapat meningkatkan resiko kebakaran yang lebih cepat menyebar. Selain itu, penambahan jembatan atau akses tambahan ke area tambahan kapal juga bisa mengurangi efisiensi ruang, yang bertentangan dengan kebutuhan untuk menjaga ruang bagi pembentukan lapisan lansekap yang berfungsi sebagai penahan bencana.
- Penerapan sistem penyebaran beban yang lebih kompleks dapat mengurangi ruang fungsional pada atap
- Pengurangan celah dan penyaringan angin di antara massa bangunan dapat menyebabkan penurunan sirkulasi udara alami, yang berpotensi mempengaruhi kenyamanan termal dan kualitas udara dalam bangunan. Selain itu, memperkuat dinding dan atap dengan elemen yang lebih berat dan tahan lama dapat menambah beban struktural dan membatasi ruang gerak dalam bangunan karena tambahan kolom vertikal yang cukup banyak, yang mungkin tidak ideal jika desain bangunan harus tetap fleksibel dalam menghadapi gempa atau tsunami.
- Mengurangi efisiensi penggunaan ruang di area yang lebih rendah karena sebagian besar ruang tersebut digunakan untuk fungsi pelindung terhadap gelombang tsunami. Pemecah gelombang yang lebih rendah dan berlapis juga mungkin kurang efektif dalam menghalau gelombang besar, dan jejalur yang dirancang untuk menahan gelombang bisa mengurangi aksesibilitas atau fleksibilitas dalam desain lansekap.

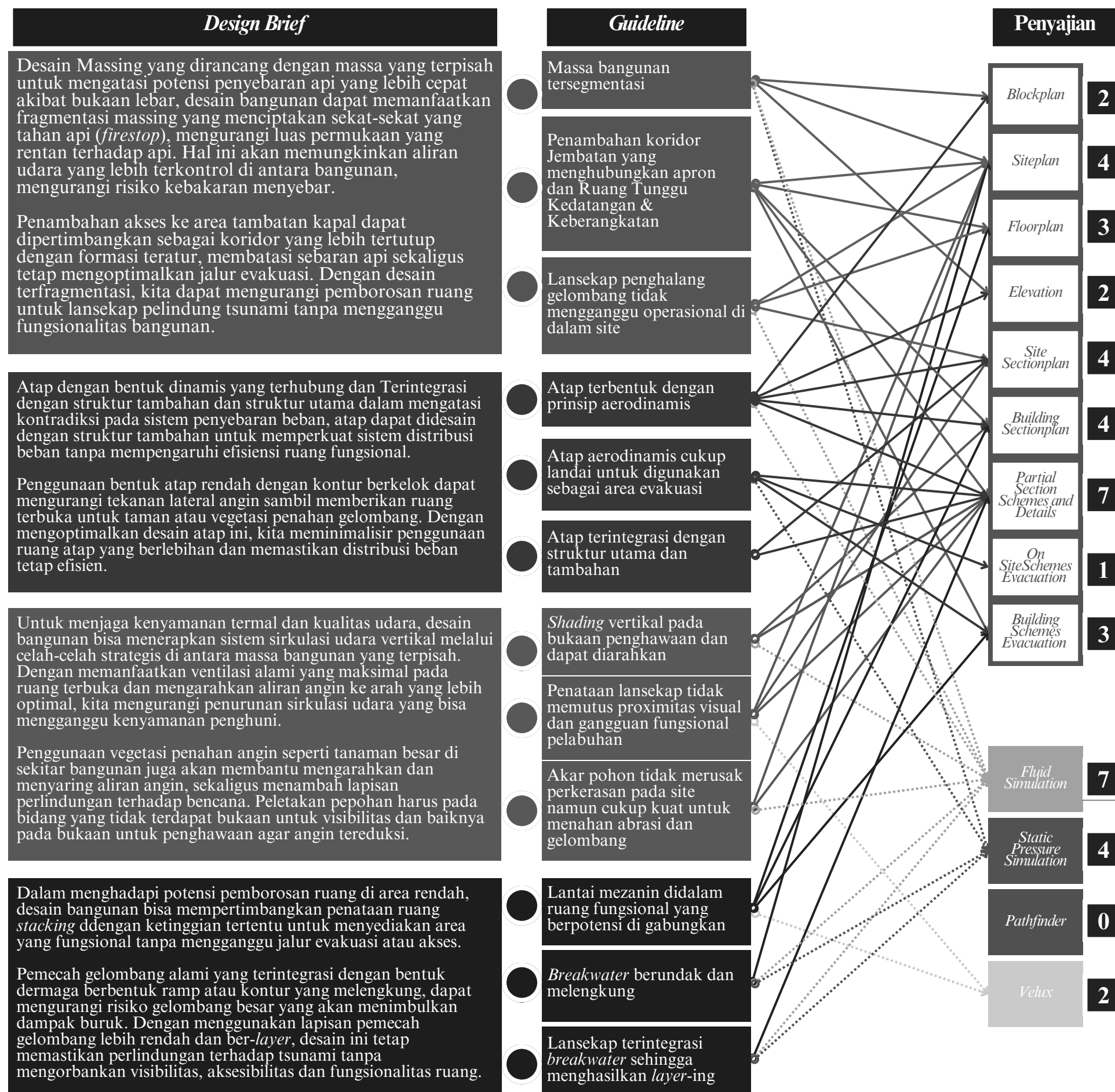
Solution II

- Desain Massing yang Terkendali dengan Fragmentasi Terintegrasi
Desain Massing yang dirancang dengan massa yang terpisah untuk mengatasi potensi penyebaran api yang lebih cepat akibat bukaan lebar, desain bangunan dapat memanfaatkan fragmentasi massing yang menciptakan sekat-sekat yang tahan api (*firestop*), mengurangi luas permukaan yang rentan terhadap api. Hal ini akan memungkinkan aliran udara yang lebih terkontrol di antara bangunan, mengurangi risiko kebakaran menyebar. Penambahan akses ke area tambahan kapal dapat dipertimbangkan sebagai koridor yang lebih tertutup dengan formasi teratur, membatasi sebaran api sekaligus tetap mengoptimalkan jalur evakuasi. Dengan desain terfragmentasi, kita dapat mengurangi pemborosan ruang untuk lansekap pelindung tsunami tanpa mengganggu fungsionalitas bangunan.
- Atap dengan Bentuk Dinamis dan Terintegrasi dalam Lanskap
Atap dengan bentuk dinamis yang terhubung dan Terintegrasi dengan struktur tambahan dan struktur utama dalam mengatasi kontradiksi pada sistem penyebaran beban, atap dapat didesain dengan struktur tambahan untuk memperkuat sistem distribusi beban tanpa mempengaruhi efisiensi ruang fungsional. Penggunaan bentuk atap rendah dengan kontur berkelok dapat mengurangi tekanan lateral angin sambil memberikan ruang terbuka untuk taman atau vegetasi penahan gelombang. Dengan mengoptimalkan desain atap ini, kita meminimalisir penggunaan ruang atap yang berlebihan dan memastikan distribusi beban tetap efisien.
- Penyaringan Angin melalui Penataan Sirkulasi Ruang
Untuk menjaga kenyamanan termal dan kualitas udara, desain bangunan bisa menerapkan sistem sirkulasi udara vertikal melalui celah-celah strategis di antara massa bangunan yang terpisah. Dengan memanfaatkan ventilasi alami yang maksimal pada ruang terbuka dan mengarahkan aliran angin ke arah yang lebih optimal, kita mengurangi penurunan sirkulasi udara yang bisa mengganggu kenyamanan penghuni. Penggunaan vegetasi penahan angin seperti tanaman besar di sekitar bangunan juga akan membantu mengarahkan dan menyaring aliran angin, sekaligus menambah lapisan perlindungan terhadap bencana. Peletakan pepohonan harus pada bidang yang tidak terdapat bukaan untuk visibilitas dan baiknya pada bukaan untuk penghawaan agar angin tereduksi.
- Penataan Ruang dan Perlindungan Gelombang Tsunami
Dalam menghadapi potensi pemborosan ruang di area rendah, desain bangunan bisa mempertimbangkan penataan ruang stacking dengan ketinggian tertentu untuk menyediakan area yang fungsional tanpa mengganggu jalur evakuasi atau akses. Pemecah gelombang alami yang terintegrasi dengan bentuk dermaga berbentuk ramp atau kontur yang melengkung, dapat mengurangi risiko gelombang besar yang akan menimbulkan dampak buruk. Dengan menggunakan lapisan pemecah gelombang lebih rendah dan ber-layer, desain ini tetap memastikan perlindungan terhadap tsunami tanpa mengorbankan visibilitas, aksesibilitas dan fungsionalitas ruang.

2.6.5 Skematik Penyelesaian Hipotesis Permasalahan Awal



Tabel 2.20 Penyelesaian Hipotesis Permasalahan Awal
Sumber: Perancang (2024)



BAB 3

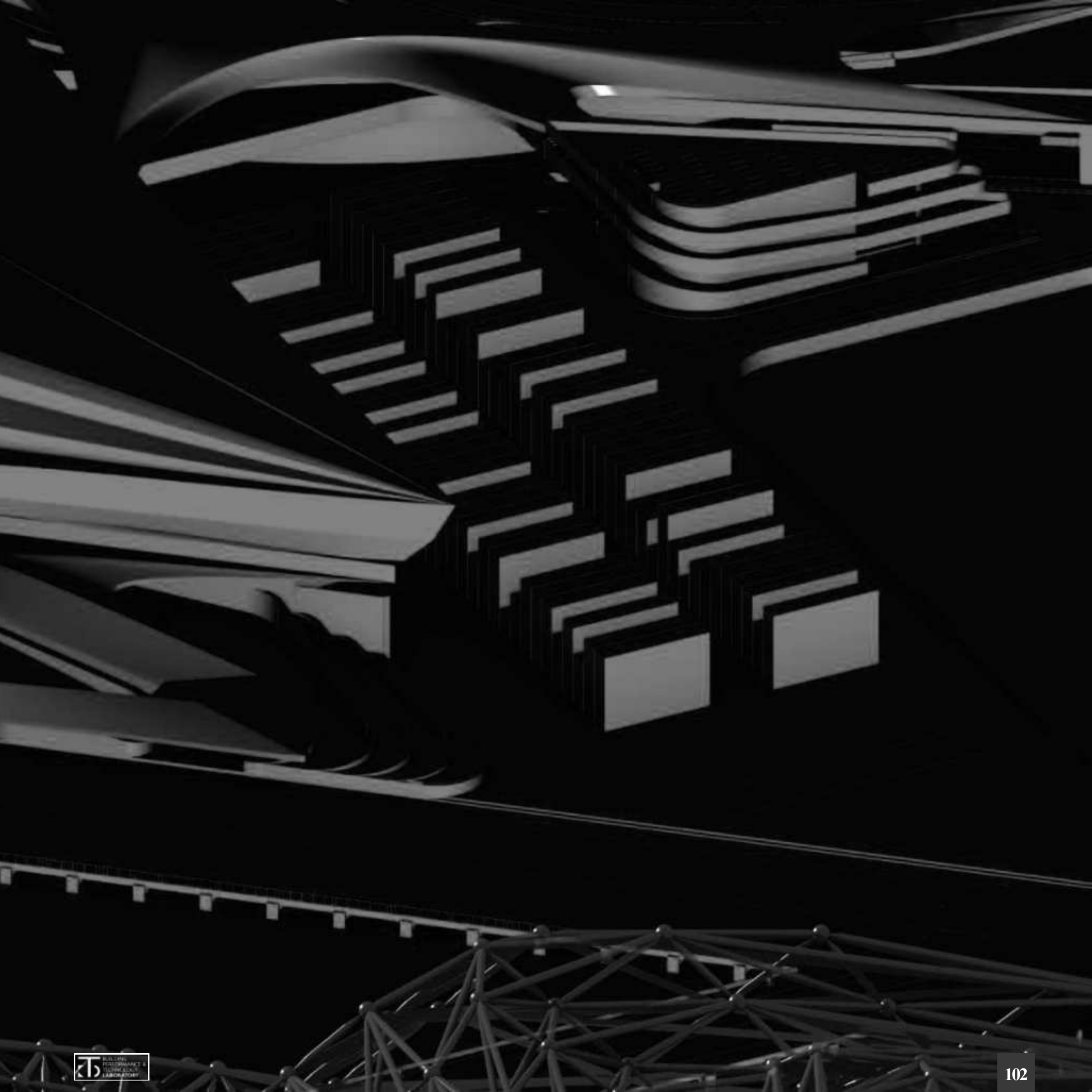
Bagian Hasil Rancangan Dan Pembuktiannya

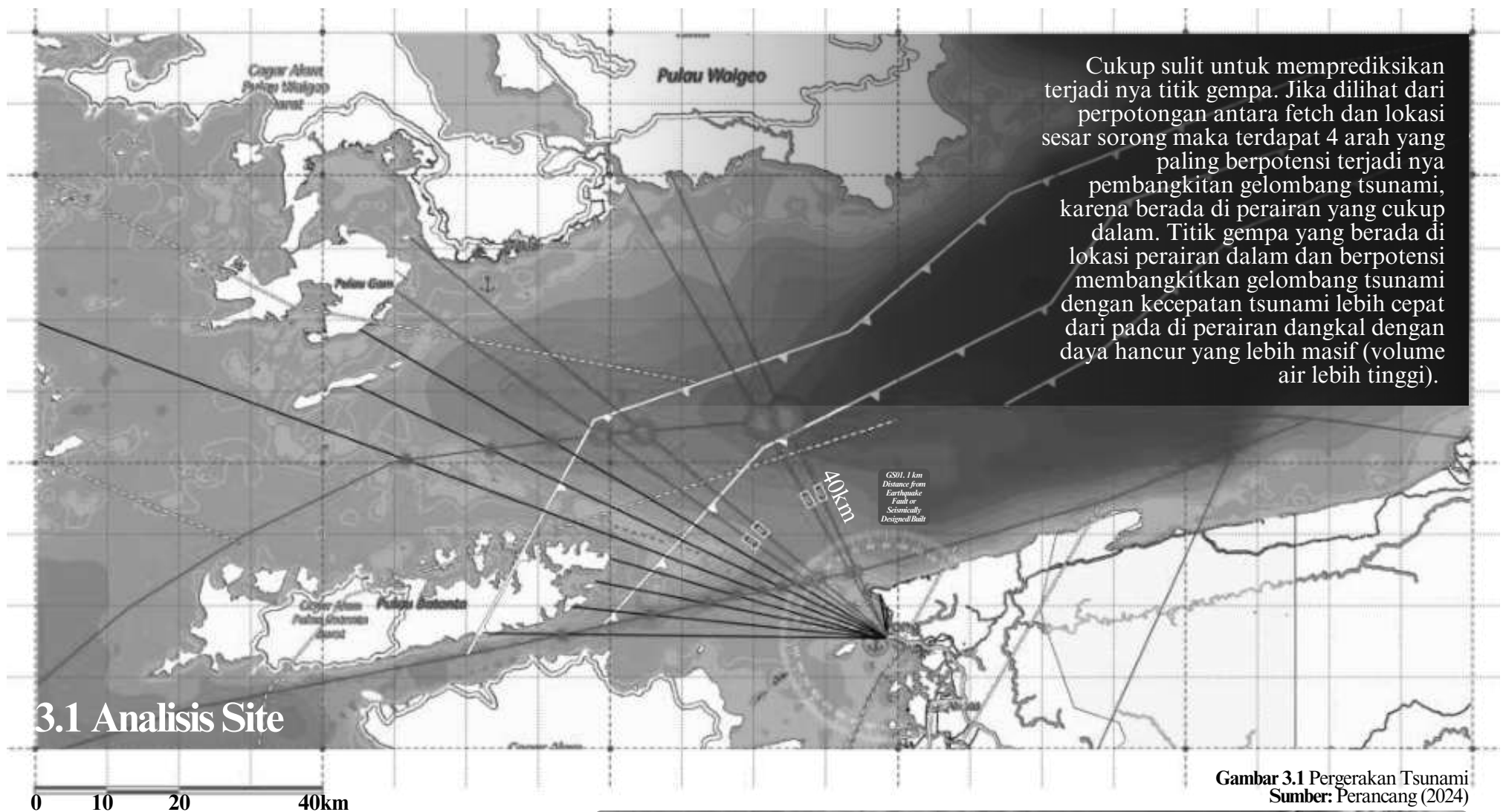
Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience* *Architecture*

"A holistic decision framework integrating multi-objective optimization with probabilistic assessments ensures robust designs capable of handling diverse environmental conditions effectively." (Flint et al., 2016)

"Limiting design scope is essential in multi-hazard projects to balance risk priorities, technical constraints, and project budgets. Managing too many variables can dilute the effectiveness of the design" (FEMA)







Gambar 3.1 Pergerakan Tsunami
Sumber: Perancang (2024)

3.1 Analisis Site

3.1.1 Pergerakan Tsunami

ESDM (2021) menjelaskan bahwa di laut dengan kedalaman 7000 meter, kecepatan gelombang tsunami dapat mencapai 942,9 km/jam. Meskipun kecepatan gelombang tsunami menurun saat mendekati pantai, namun amplitudo (tinggi) gelombang tsunami meningkat signifikan. Ini berarti bahwa volume air yang dihasilkan oleh tsunami masih besar dan dapat menyebabkan banjir dengan kecepatan arus hingga 90 km/jam.

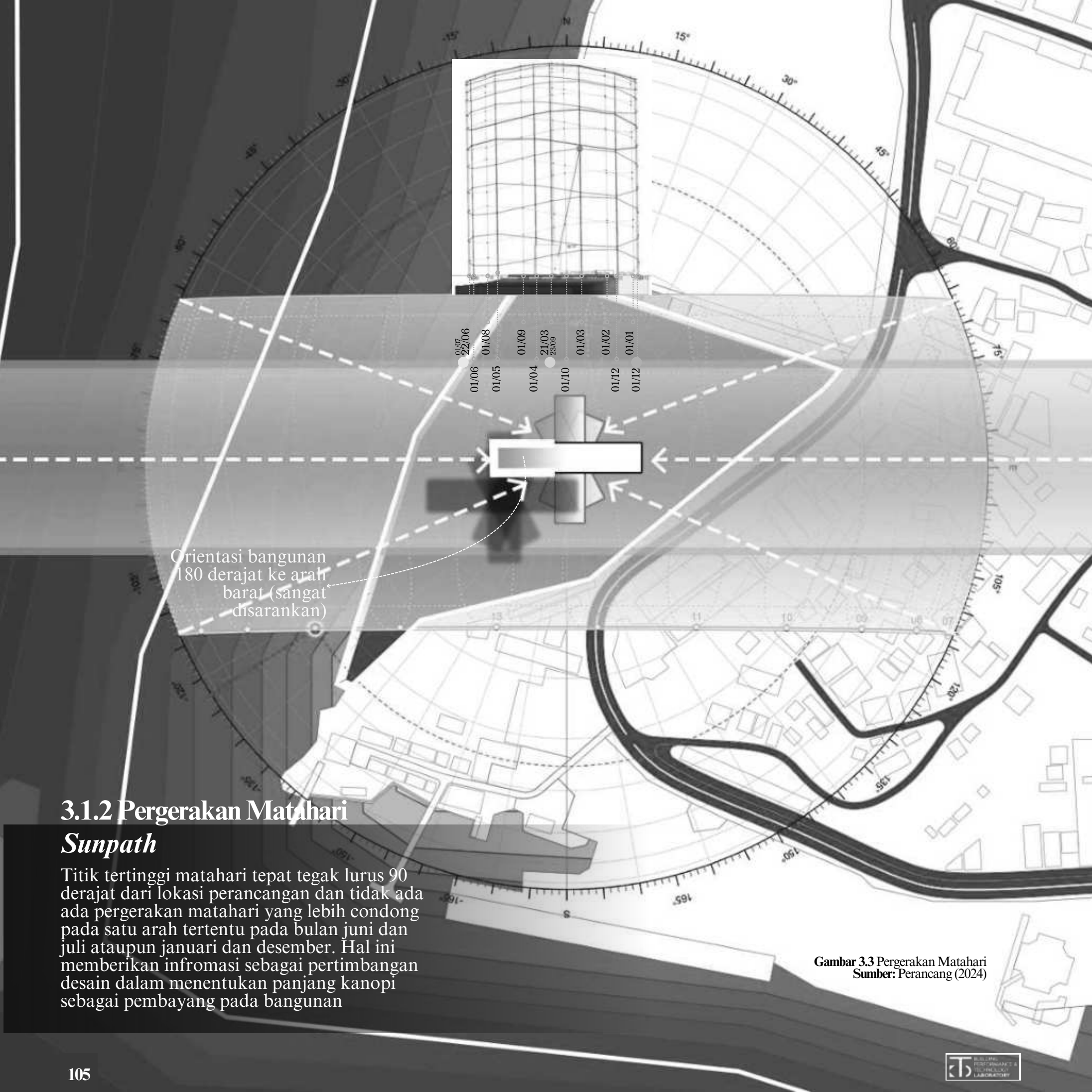


Batimetri

Jarak antara breakwater reklamasi dan dasar laut dengan kedalaman -20 meter adalah 175 m sedangkan untuk kedalaman dasar laut -26 meter adalah 234 meter dan kedalaman dasar laut -34 meter adalah 338 meter. Berdasarkan data DEMNAS menunjukkan bahwa pada sisi barat lokasi perancangan topografi menunjukkan kemiringan yang cukup landai ($2,8-4^{\circ}$)

Gambar 3.2 Batimetri
Sumber: Perancang (2024)





3.1.2 Pergerakan Matahari

Sunpath

Titik tertinggi matahari tepat tegak lurus 90 derajat dari lokasi perancangan dan tidak ada ada pergerakan matahari yang lebih condong pada satu arah tertentu pada bulan juni dan juli ataupun januari dan desember. Hal ini memberikan informasi sebagai pertimbangan desain dalam menentukan panjang kanopi sebagai pembayang pada bangunan

Gambar 3.3 Pergerakan Matahari
Sumber: Perancang (2024)

Berdasarkan data dari meteoblue pada tahun 2023 menunjukan bahwa angin tahunan dominan berasal dari arah SSW atau selatan barat daya. Tapi jika dilihat pada konteks site arah tersebut terhalang oleh bukit dan sabuk hijau pepohonan. Pertimbangan area terbuka yang menjadi fokus utama dalam pertimbangan desain akan jauh lebih akurat jika mengikuti arah fetch.

Arah dermaga melintang (tidak di sarankan)

Area proteksi angin

Area proteksi ombak

Bukit dengan elevasi +8.00

Arah dermaga melintang (berbahaya)

Arah dermaga sejajar (sangat di sarankan)

Arah datang tsunami

3.1.3 Pergerakan Ombak

Fetch

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

Gambar 3.4 Pergerakan Ombak
Sumber: Perancang (2024)

3.2 Rencana Dimensi Ruang

Property Size
Kelompok Kegiatan Utama

Jenis Kegiatan	Fasilitas	Pelaku	Kegiatan	Sifat Kegiatan	Kapasitas Total (org/brg/unit)	Jumlah Ruang	Dimesi Ruang (m) +/-	Luas Total (+30% sirkulasi - m2)
A. Pengangkutan	Dropoff & Pick Off	Penumpang	Turun dari kendaraan	Publik/ Semi Outdoor	10 unit	3	45x2.5	337,5
		Pengantar/ Penjemput	Menjemput atau mengantar penumpang					
	Loket	Penumpang	Membeli tiket kapal	Publik/ Semi Outdoor	10 org	3	3x7	63
		Penyedia Angkutan Kapal	Melayani pembelian tiket kapal					
	Pintu Keamanan	Penumpang	Melakukan <i>screening</i> menyeluruh badan dan barang bawaan	Publik/ Semi Indoor	2 Unit	2	1x1	..
		Petugas Keamanan	Memindai penumpang		10 org			
		Petugas Bea Cukai	Memindai barang		10 org	2	8x7	112
	Ruang Lapor Diri (<i>check in</i>)	Penumpang	Pemeriksaan barang, Menukarkan tickt kapal, dan menyerahkan abrang untuk bagasi	Publik/ Indoor	500 org	1		2000
		Petugas Administrasi	Melayani penukaran tiket kapal dan melayani penanganan bagasi		10 org	2	21x3.5	73,5
	Ruang Tunggu Keberangkatan	Penumpang	Menunggu keberangkatan kapal	Publik/ Semi Indoor	2260 org	3		4028
		Petugas Keamanan	Menjaga keamanan dan memberi informasi					
	Ruang Tunggu Kedatangan	Penumpang	Mengambil bagasi, pemeriksaan barang, dan pemindaian penumpang	Publik/ Indoor	840 org	2		3680
		Petugas Bea Cukai	Memindai barang		10 org	2	9x9	200
		Petugas Keamanan	Memindai penumpang		10 org			

Tabel 3.1 Property Size Kelompok Kegiatan Utama
Sumber: Perancang (2024)

Property Size

Kelompok Kegiatan Penunjang

Jenis Kegiatan	Fasilitas	Pelaku	Kegiatan	Sifat Kegiatan	Kapasitas Total (org/brg/unit)	Jumlah Ruang	Dimesi Ruang (m) +/-	Luas Total (+30% sirkulasi - m2)
Teknis	R. BAS	Petugas Keamanan	Memantau BAS, Server	Privat/ Indoor	10 org	1	23x14	322
	R. Genset	Petugas Lapangan	Menyalakan dan mematikan genset	Privat/ Indoor	5 org	2	5x10	100
		Petugas Teknisi	Menyalakan, mematikan dan memperbaiki genset	Privat/ Indoor	5 org			
	R. Baterai Panel	Petugas Lapangan	Menyalakan dan mematikan panel	Privat/ Indoor	5 org	1	7x11	77
		Petugas Teknis	Menyalakan, mematikan dan memperbaiki panel	Privat/ Indoor	5 org			
	R. Pompa	Petugas Lapangan	Menyalakan dan mematikan pompa	Privat/ Indoor	5 org	2	4x6	48
		Petugas Teknis	Menyalakan, mematikan dan memperbaiki pompa	Privat/ Indoor	5 org			
	TPS Terminal Pelabuhan	Petugas Lapangan	Menycek kondisi TPS dan mengelola TPS	Privat/ Indoor	8 org	2	5x10	100
		Petugas Kebersihan	Memindahkan dan memilah sampah	Privat/ Indoor	40 org			
	R. AHU	Petugas Lapangan	Menycek kondisi AHU dan mengelola AHU	Privat/ Indoor	5 org			
		Petugas Teknis	Menyalakan, mematikan dan memperbaiki AHU	Privat/ Indoor	5 org			
	R. Sawage Water Treatment	Petugas Lapangan	Menycek kondisi dan mengelola SWT	Privat/ Indoor	5 org		24x16	384
		Petugas Teknis	Menyalakan, mematikan dan memperbaiki SWT	Privat/ Indoor	5 org			
Servis	Toilet	Seluruh pengguna	Kebersihan badan	Privat/ Indoor	Seluruh Pengguna	160	1,2x1,5	288
	Musholla	Seluruh pengguna	Berwudhu dan beribadah	Semi Privat/ Indoor	80 org	5	11x14	154
	ATM Center	Seluruh pengguna	Melakukan transaksi, pembayaran dan pengambilan uang	Publik/ Outdoor dan Indoor	9 unit	3	3x3	27
	Parkir	Seluruh pengguna	Melakukan transaksi, pembayaran dan pengambilan uang	Publik/ Outdoor dan Indoor	158 unit	1	6x2,5	2370

Tabel 3.2 Property Size Kelompok Kegiatan Penunjang
Sumber: Perancang (2024)

Property Size

Kelompok Kegiatan Pengelola

Jenis Kegiatan	Fasilitas	Pelaku	Kegiatan	Sifat Kegiatan	Kapasitas Total (org/brg/unit)	Jumlah Ruang	Dimesi Ruang (m) +/-	Luas Total (+30% sirkulasi - m2)
A. Pengelolaan Pelabuhan	Kantor UPTD Pelabuhan	Kepala UPTD	Mengelola jalannya pelabuhan dan menerima tamu	Semi Publik/ Indoor	5 org	1	10x5	900
		Kasubag Tata Usaha	Bekerja dan menerima tamu	Semi Publik/ Indoor	3 org	3	6x5	
		Wakasubag Tata Usaha		Semi Publik/ Indoor	9 org	9	4x5	
		Staff	Bekerja dan menyimpan arsip	Semi Publik/ Indoor	27 org	35	1x2	
		Staff Administrasi	Bekerja, menyimpan arsip, dan memberi informasi	Semi Publik/ Indoor	15 org	15	1x2	
B. Kantor Kesyahbandar	Sub Bag. Tata Usaha	Urusan Keuangan		Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2	720
		Kepegawaian dan Umum	Bekerja, meyimpan arsip, dan memberi informasi	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2	
		Hukum dan Humas		Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2	
		Seksi Kelaiklautan Kapal	Mengawasi kelayakan operasional dan kondisi kapal	Semi Publik/ Indoor	10 org	10	1x2	
		Seksi Laiklayar dan Kelautan	Mengawasi keselamatan layar dan menerbitkan ijin layar	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2	
		Seksi Ketertiban dan Patroli	Penyidikan tindak pidana pelayaran dan sebagai pemandu kapal	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2	
C. Kepabeanan	R. Kepala Bea Cukai	Kepala Kantor	Koordinasi kegiatan direktorat jenderal	Semi Publik/ Indoor	1 org	1	10x5	
	R. Subbag Umum	TU dan Kepegawaian	Urusan TU dan Kepegawaiaan, menyusun rencana kerja, dan menyusun laporan akuntabilitas	Semi Publik/ Indoor	15 org	15	1x2	
		Keuangan	Mengurusi keuangan, dan kesejahteraan pegawai	Semi Publik/ Indoor	10 org	10	1x2	
		Urusan rumah tangga	Melakukan urusan rumah tangga dan perlengkapan	Semi Publik/ Indoor	10 org	10	1x2	
	R. Kasi P2	Kasi P2	Pencegahan pelanggaran aturan, Penindakan pelanggaran aturan dan Penyidikan pidana pelayaran	Semi Publik/ Indoor	15 org	15	1x2	

Property Size
Kelompok Kegiatan Pengelola

Jenis Kegiatan	Fasilitas	Pelaku	Kegiatan	Sifat Kegiatan	Kapasitas Total (org/brg/unit)	Jumlah Ruang	Dimesi Ruang (m) +/-	Luas Total (+30% sirkulasi - m2)	
	R. Bendahara	Sie. Administasi penerimaan dan jaminan	Pengadministasian bea masuk dan keluar, dan denda administrasi	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2	1473	
		Sie. Administasi penagihan dan pengembalian	Penagihan kekuarangan bea masuk dan keluar, denda administrasi, penyitaan dan pelelangan	Semi Publik/ Indoor	10 org	10	1x2		
		Sie. Administasi manifes	Pelayanan pengangkutan barang, penerimaan, pendistribusian dan penyelesaian manifes	Semi Publik/ Indoor	10 org	10	1x2		
	R. Pelayanan kepabeanaan dan cukai	Kasi KPC	Pelayanan teknis kepabeanaan dan pelayanan fasilitas kepabeanaan	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2		
	R. Penyuluhan dan Layanan Informasi	Sie. Penyuluhan	Penyuluhan kepabeanaan	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2		
		Sie. Layanan Informasi	Pelayanan informasi dan bimbingan kepabeanaan	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2		
	R. Kepatuhan Internal	Sie. Pelayanan dan administrasi	Pengawasan pelaksanaan tugas dan evakuasi kerja	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2		
		Sie. Pengawasan	Pengawasan pelaksaan tugas, penyudikan ddan penindakan tidak pidana	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2		
	Penjagaan	R. Concierge	Concierge	menjalankan aturan comriege, mengatur jadwal kerja bawahan dan menetapkan tugas bawahan	Semi Publik/ Indoor	15 org	1	14x14	196
			Ball Captain	Mengawasi kerja bawahan dan melaksanakan inspeksi terhadap bawahan	Semi Publik/ Indoor	5 org	1	14x14	196
	R. Conference	Seluruh pekerja pelabuhan	Menjalankan rapat dan diskusi, dan pembekalan opsersional	Semi Publik/ Indoor	100 org	1	25x20	475	
	R. Arsip	Staff	Menyimpan arsip, menata arsip, dan memngambil arsip	Semi Publik/ Indoor	5 org	5	1x2	1x2	
	R. Fotokopi	Staff	Pengurusan pemberkasan dan percetakan dokumen	Semi Publik/ Indoor	5 org	3	5x5	75	

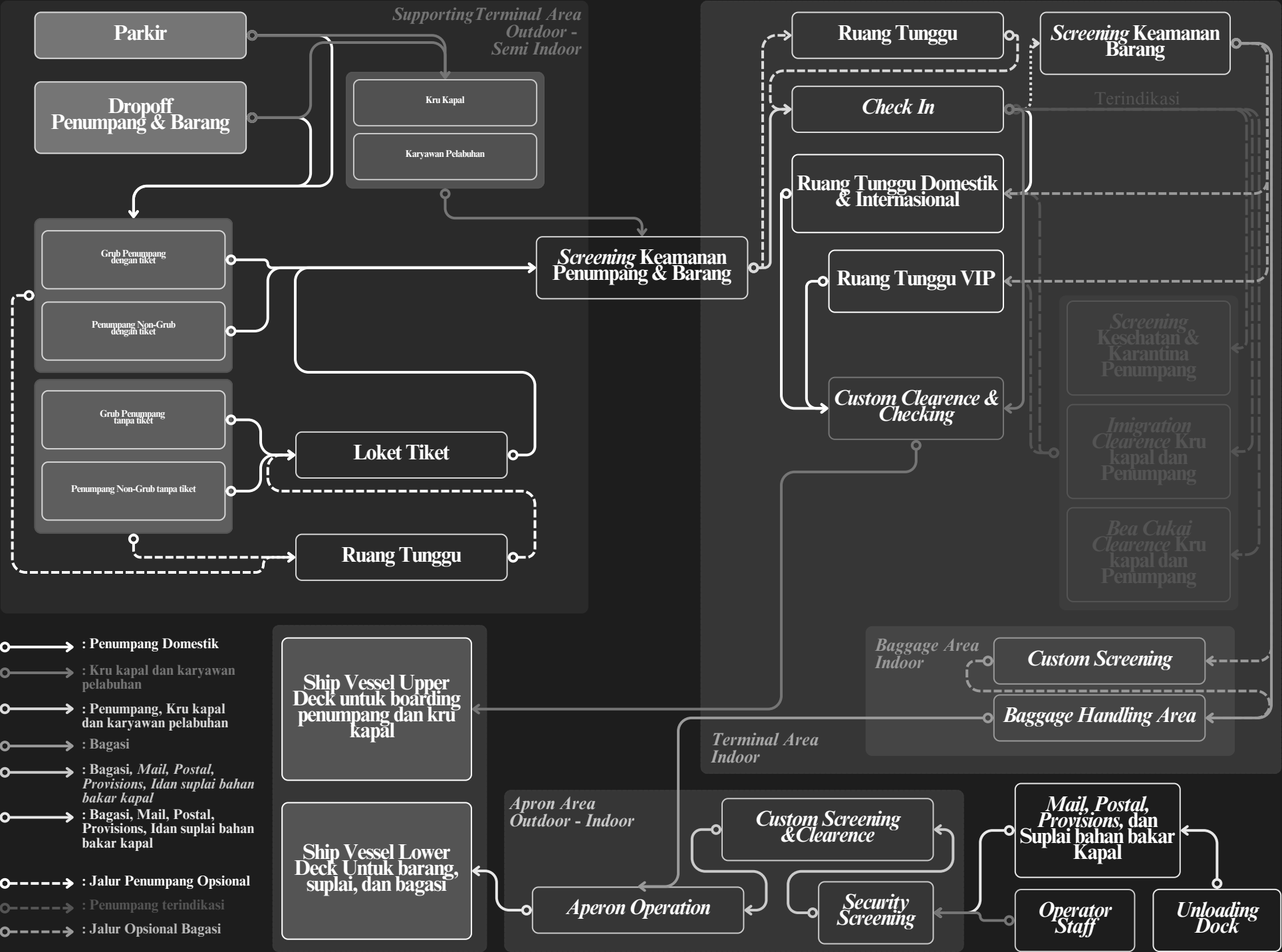
Tabel 3.3 Property Size Kelompok Kegiatan Pengelola
Sumber: Perancang (2024)

3.3 Alur Operasional

Pengaturan Operasional

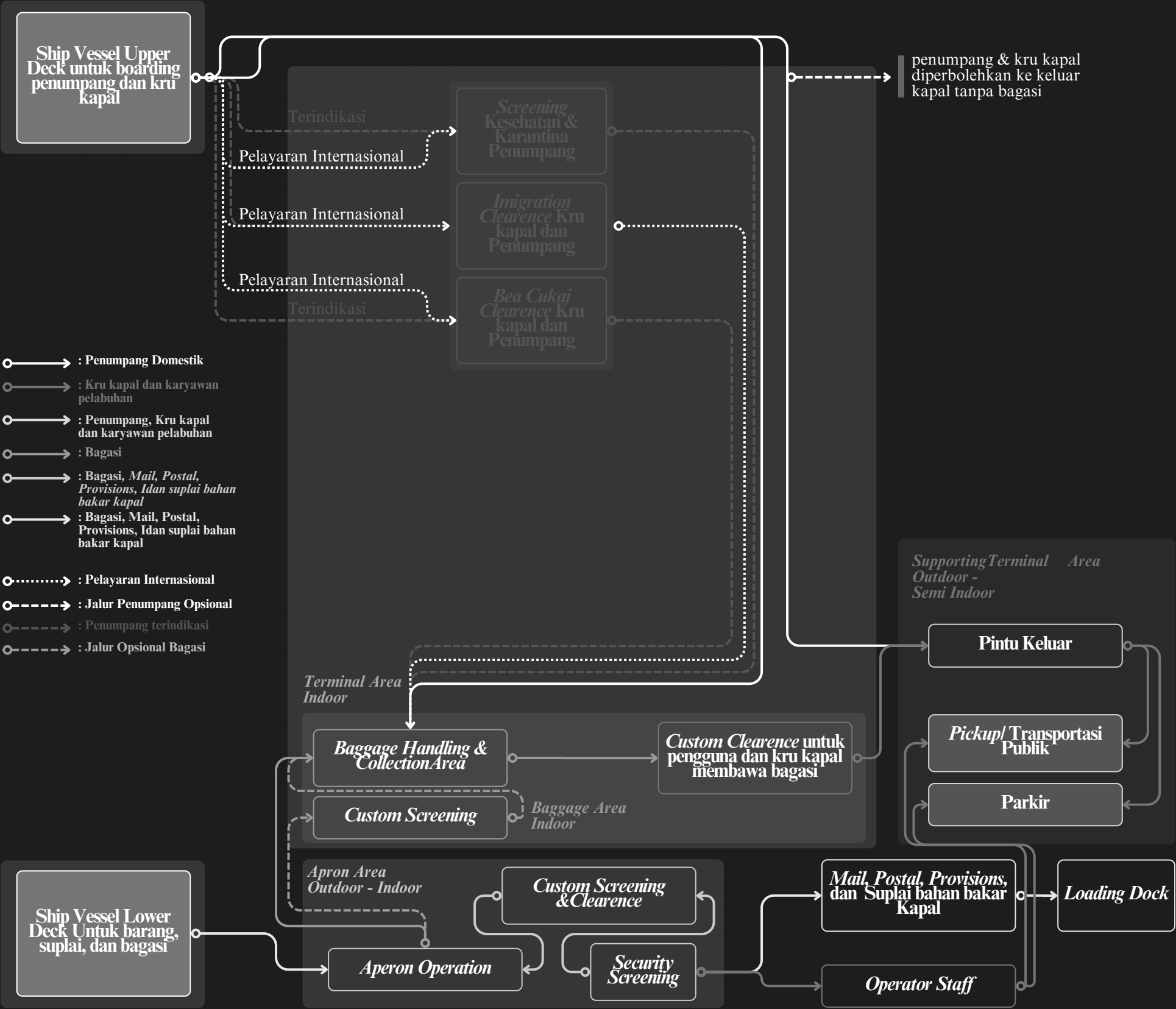
Alur pengguna fasilitas pelabuhan harus di atur sedemikian rupa sehingga tercapai efisiensi operasional yang akan berdampak pada keberhasilan terminal dalam memobilisasi pengguna di dalam bangunan. Semakin efisien operasional maka akan semakin meningkatkan kenyamanan pengguna. Pengguna di bagi menjadi 3 berdasarkan pelayaran penumpang yaitu pengguna kedatangan ((*arrival*), keberangkatan (*departure*), dan transit (*transit*). Berdasarkan asal pelayaran di bagi menjadi 2 yaitu domestik (*domestic*) dan internasional (*international*). Berdasarkan jenis penumpang dibagi menjadi 2 yaitu penumpang biasa (*reguler*) dan penumpang VIP (*VIP*).

Operational Arrangement Departure
Keberangkatan Domestik & Internasional



Operational Arrangement Arrival

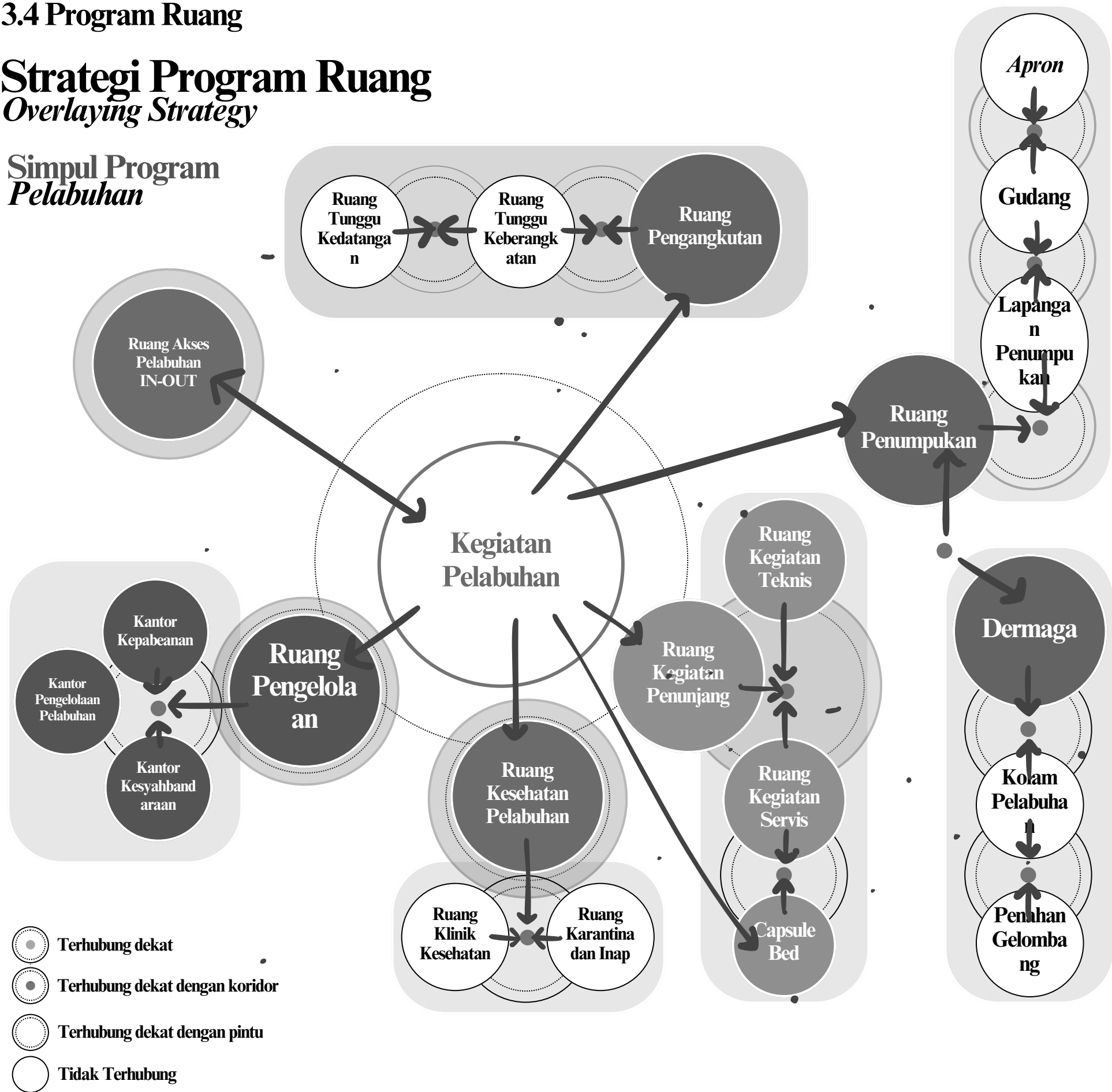
Kedatangan Domestik & Internasional



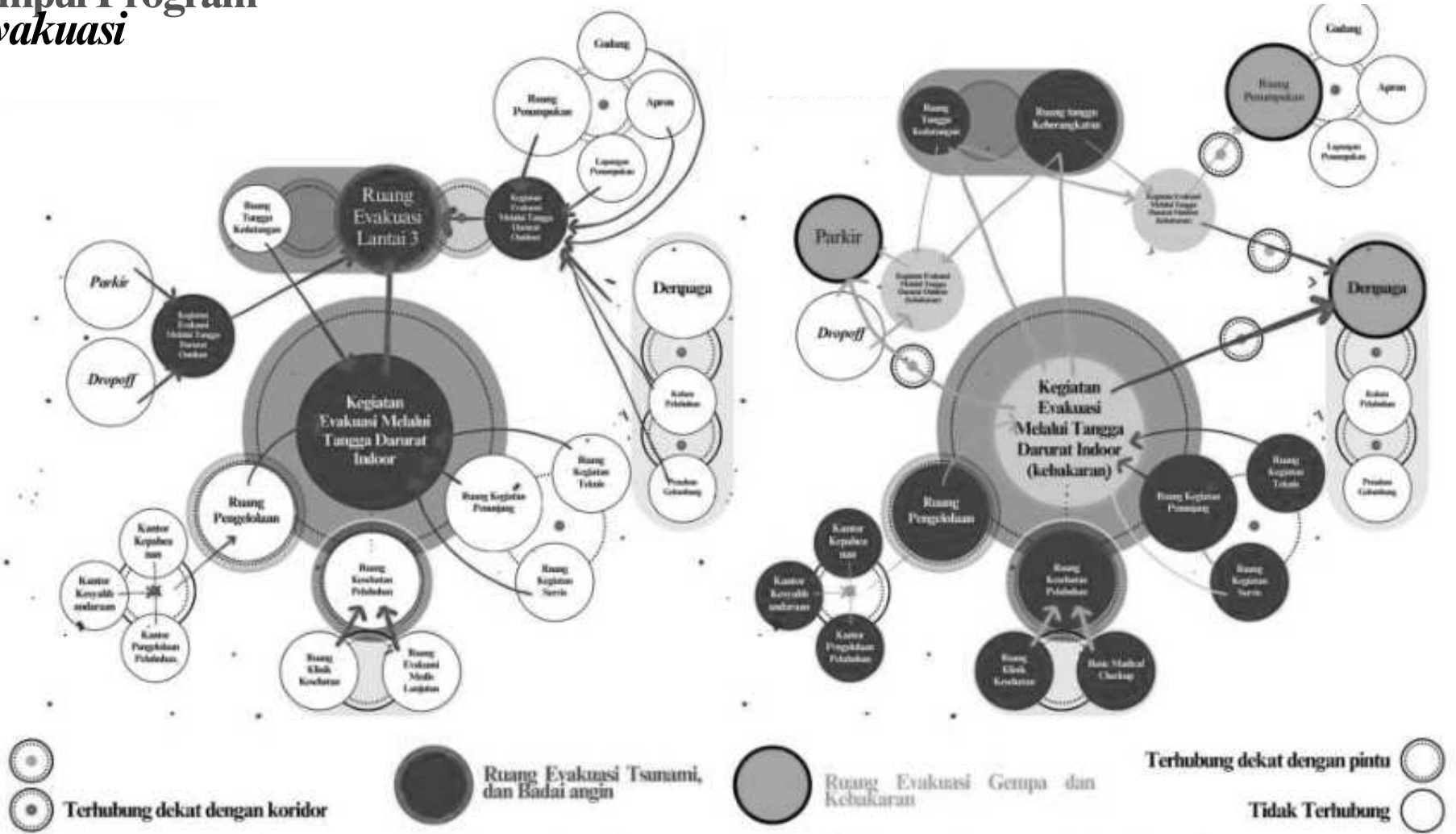
3.4 Program Ruang

Strategi Program Ruang
Overlaying Strategy

Simpul Program
Pelabuhan



Simpul Program *Evakuasi*



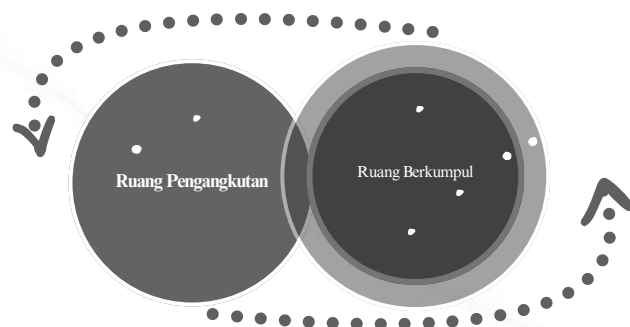
Tsunami & Badai Angin

Gempa & Kebakaran

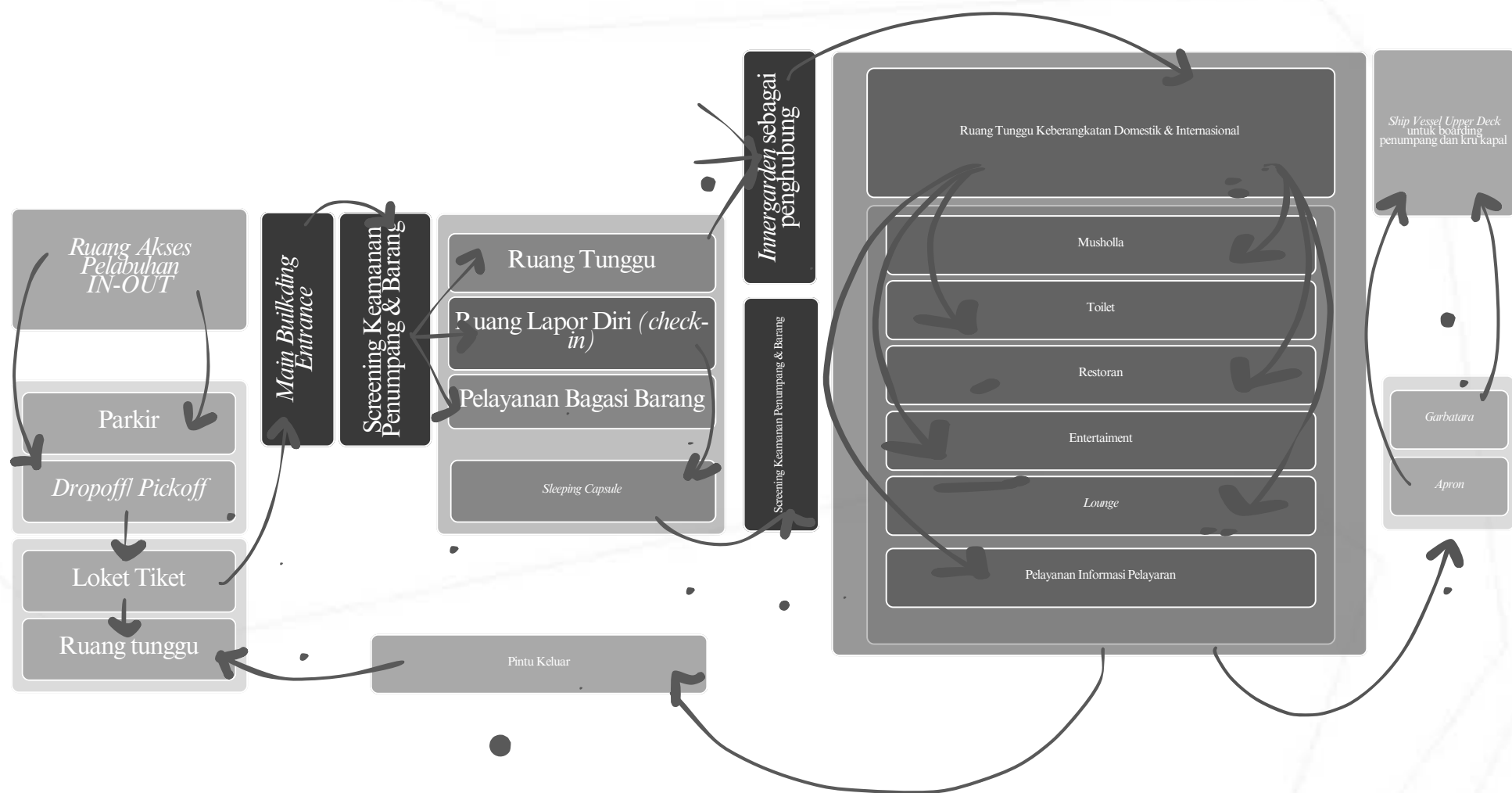
Salah satu implikasi negatif dari penerapan Resilience Architecture adalah potensi pemborosan ruang akibat adanya kebutuhan akan area tambahan yang berfungsi untuk menjamin keselamatan dan keamanan pengguna saat terjadi bencana. Hal ini terjadi karena desain yang berorientasi pada ketahanan bencana sering kali mengharuskan adanya jalur evakuasi yang luas, zona buffer, serta pemisahan antara ruang-ruang dengan tingkat risiko yang berbeda.

Namun, untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan ruang tanpa mengorbankan aspek keselamatan, perancangan harus mempertimbangkan strategi pengelompokan ruang yang tepat. Salah satu pendekatan utama dalam pengelompokan ini adalah dengan mempertimbangkan jumlah pengguna dalam setiap ruang, sehingga distribusi fungsi dapat lebih seimbang dan proporsional. Dengan mempertimbangkan kapasitas ruang dan pola pergerakan pengguna, desain dapat mengakomodasi kebutuhan operasional harian serta skenario darurat secara efektif. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tata letak, tetapi juga memastikan bahwa ruang-ruang esensial tetap dapat berfungsi secara optimal dalam kondisi normal maupun saat menghadapi situasi darurat.

Strategi Program Ruang Overlaying Strategy



Ruang Pengangkutan merupakan zona dengan pengguna ruang terbanyak. Fungsi yang telah ditetapkan sebelumnya adalah (1) *Dropoff/ Pickoff* (2) Loker (3) *Building Main Entrance* (4) Pintu keamanan/ *Screening* (5) Ruang Lapor Diri/ *Check-in* (6) Ruang Tunggu Keberangkatan (7) Ruang Tunggu Kedatangan. Gabungan dari program ruang ini setidaknya harus mampu menampung 2,750 pengguna dalam satu waktu.



Indikator & Criteria

Operasional Normal pada Ruang Pengangkutan

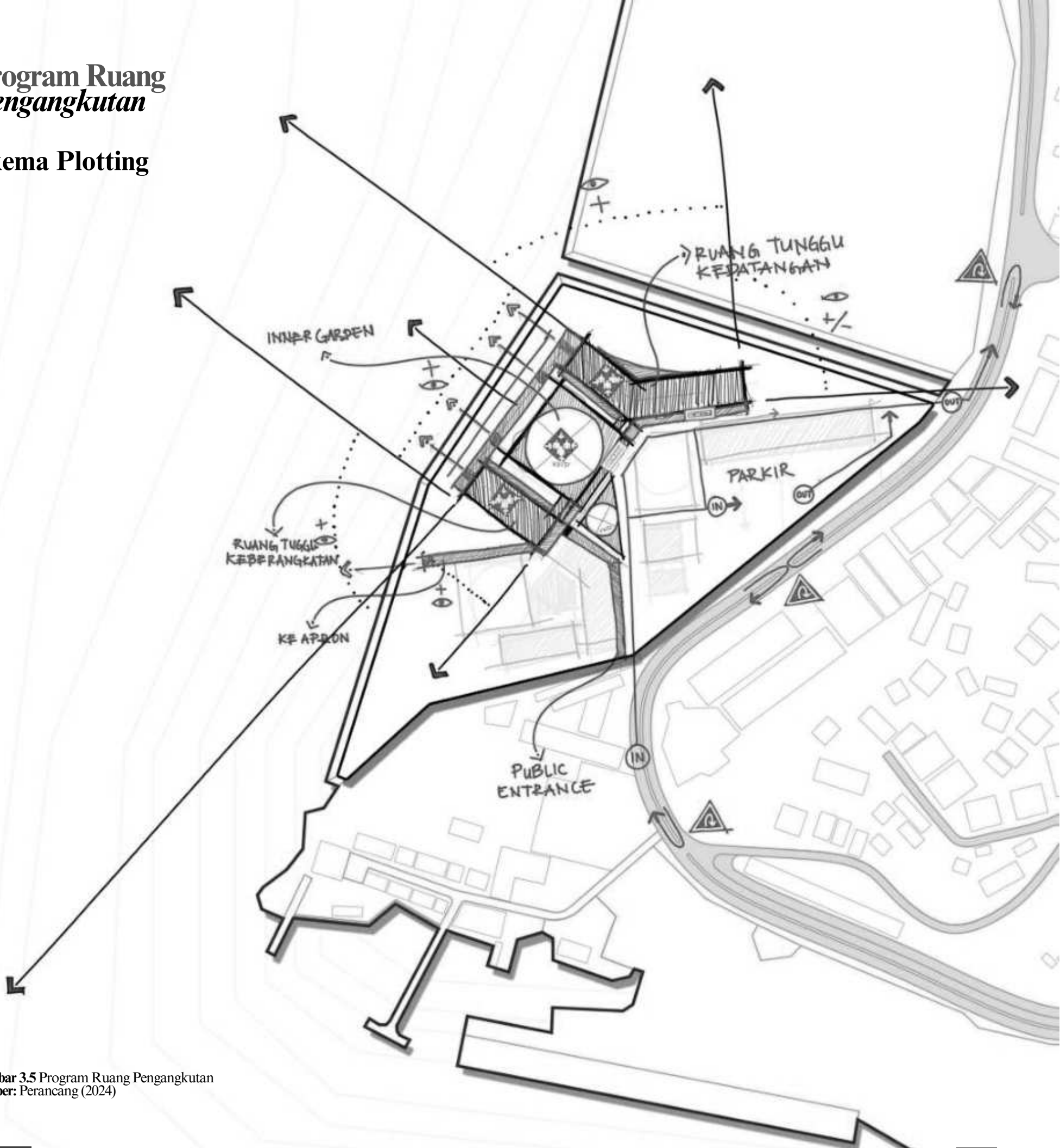
- Gubahan massa adalah gubahan massa utama sesuai dengan tuntutan fungsi dan terhubung dengan ruang terbuka / (*inner garden*)
- Sirkulasi utama pengguna, kru, dan petugas adalah sama
- Pemisahan antara alur kedatangan dan keberangkatan
- Konektivitas Visual searah dengan alur ruang selanjutnya
- Visibilitas menjangkau seluruh view positif
- Sebagai *central* dari segala kegiatan di dalam terminal
- Memiliki koneksi setiap kegiatan yang terjadi di dalam terminal

Operasional Evakuasi pada Ruang Pengangkutan

- Ruang tunggu keberangkatan harus memungkinkan terjadinya evakuasi massal dan terhubung dengan *innergarden* atau lapangan bebas struktur atas
- Sirkulasi bertujuan untuk membangun narasi sehingga saat terjadi bencana alur mudah di ingat
- Pemisahan struktur (dilatasi) tuntutan keselamatan yang lebih tinggi
- Pencahayaan darurat yang di tenagai oleh suplai power mandiri
- Sirkulasi darurat pengguna, kru, dan petugas adalah sama

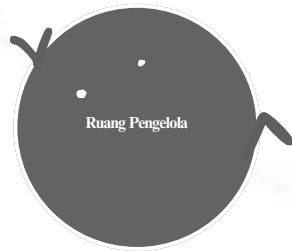
Program Ruang
Pengangkutan

Skema Plotting



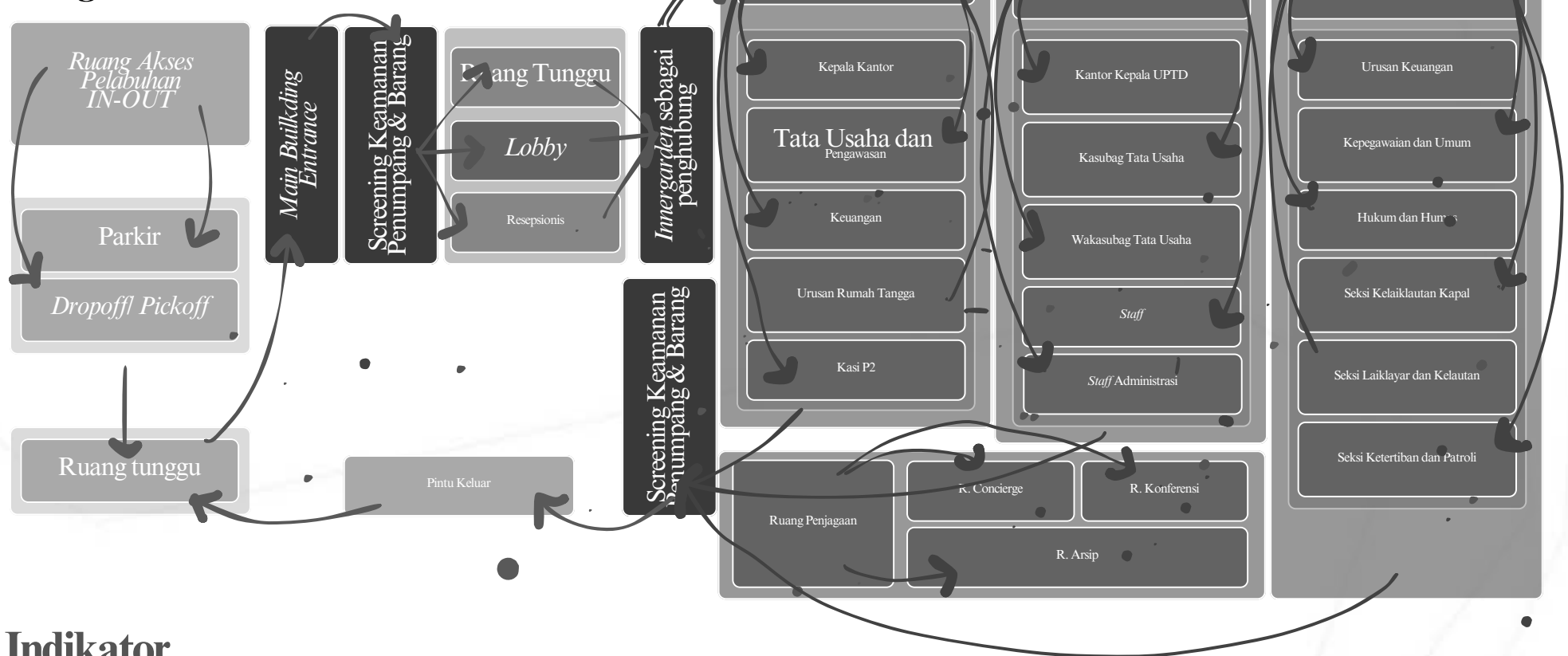
Gambar 3.5 Program Ruang Pengangkutan
Sumber: Perancang (2024)

Strategi Program Ruang Overlaying Strategy



Ruang Penunjang merupakan zona yang di peruntukkan untuk kegiatan operasional pelabuhan baik di terminal maupun kawasan ruang penumpukkan. Ruang ini termasuk kedalam zona yang mendukung jalannya usaha baik didalam maupun di luar area pelabuhan. Fungsi dibagi menjadi dua yaitu ruang servis dan teknis yang telah di tetapkan sebelumnya adalah (A1) Kantor Pengelolaan Pelabuhan (2) Kesyahbandaraan dan (3) Kepabeanan. Gabungan dari program ruang ini setidaknya harus mampu menampung ... pengguna dan peti kemas dengan jumlah dalam satu waktu.

Program Ruang Pengelola



Indikator Criteria

Operasional Normal pada Ruang Pengelola

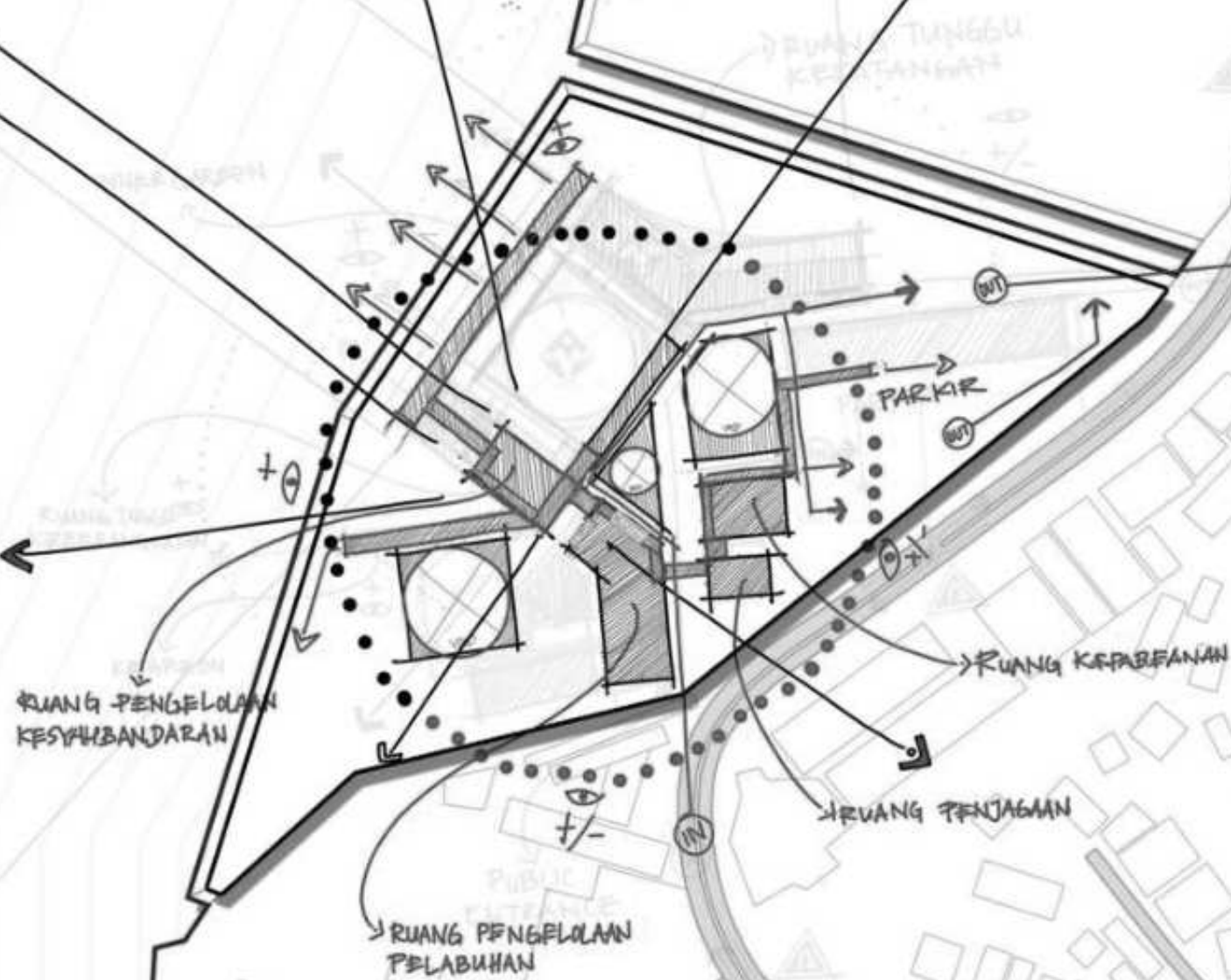
- Ruang dengan fungsi pengawasan harus memiliki konektivitas visual dan proximitas dari pelabuhan
- Ruang dengan fungsi pengawasan harus memiliki visibilitas yang paling baik (menjangkau seluruh area terminal dan kawasan ruang penumpukan)
- Ruang di hubungkan oleh jalur sirkulasi utama
- Ruang yang memiliki fungsi langsung berhubungan dengan masyarakat berada dekat dengan area aktivitas pengguna
- Ruang yang memiliki fungsi langsung berhubungan dengan keselamatan pelayaran harus dekat dengan area laut
- Zona ruang pengelola adalah zona inklusif, pandangan bebas keluar namun terbatas dari luar ke dalam

Operasional Evakuasi pada Ruang Pengelola

- Ruang dengan fungsi pengawasan berada di area yang paling tinggi sehingga tetap dapat memantau kondisi baik pra dan pasca bencana
- Ruang dengan fungsi pengawasan dalam ruangan harus berada di lantai yang lebih tinggi dari ruang aktivitas utama untuk monitoring
- Terhubung langsung dengan jalur evakuasi melalui jalur sirkulasi utama baik evakuasi didalam maupun luar ruangan (*rooftop*)
- Zona ruang pengelola sebaiknya menggunakan struktur tahan bencana sehingga dapat langsung beroperasi kembali

Program Ruang Pengelolaan

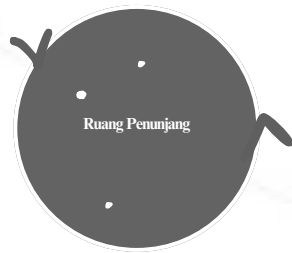
Skema Plotting



Gambar 3.6 Program Ruang Pengelolaan
Sumber: Perancang (2024)

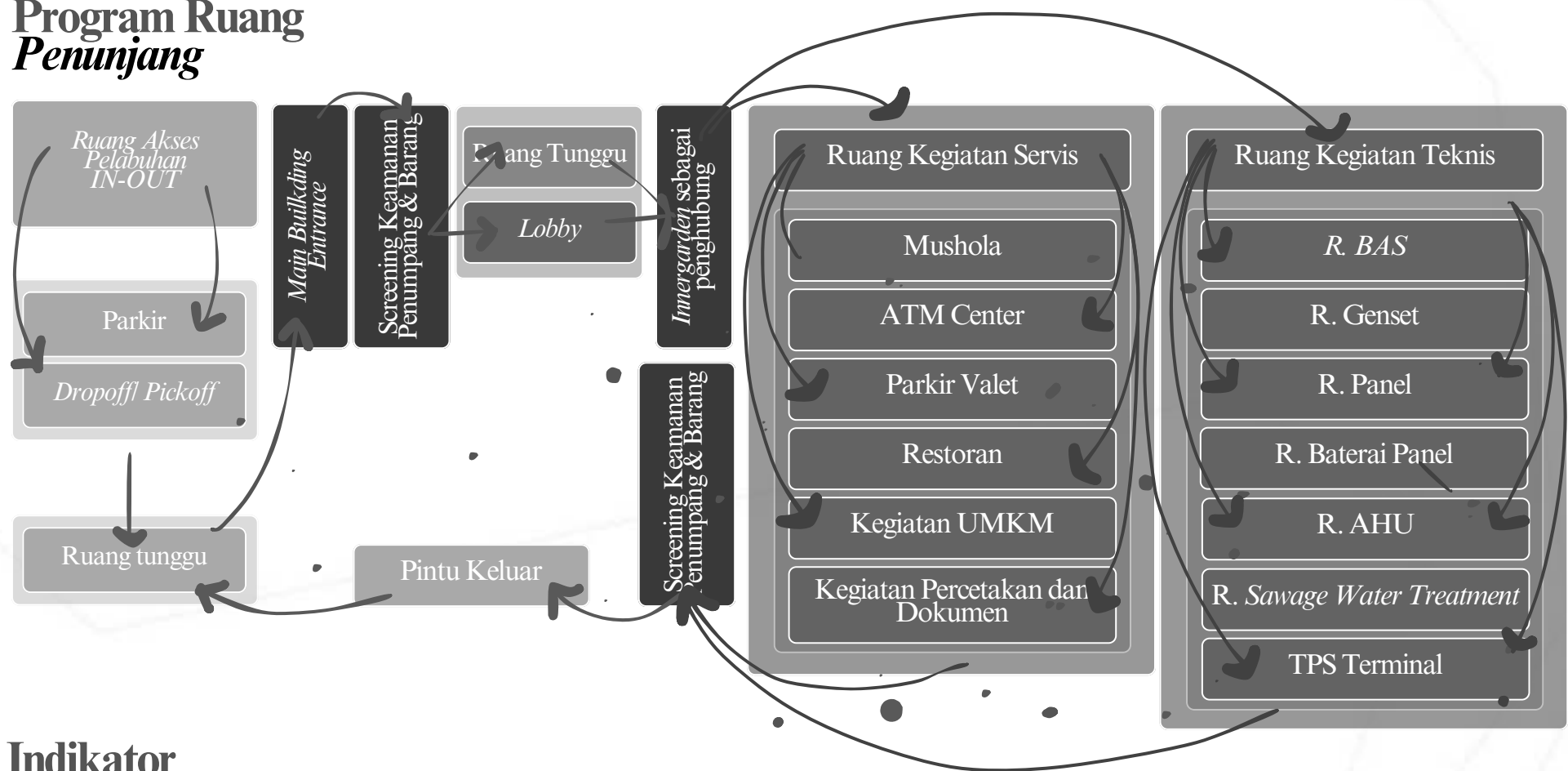
Strategi Program Ruang

Overlaying Strategy



Ruang Pengelola merupakan zona yang di peruntukkan untuk kegiatan operasional pelabuhan baik di terminal maupun kawasan ruang penumpukkan. Ruang ini termasuk kedalam zona yang mengatur jalannya usaha baik didalam maupun di luar area pelabuhan. Fungsi yang telah di tetapkan sebelumnya adalah (1) Kantor Pengelolaan Pelabuhan (2) Kesyahbandaraan dan (3) Kepabeanean. Gabungan dari program ruang ini setidaknya harus mampu menampung ... pengguna dan peti kemas dengan jumlah dalam satu waktu.

Program Ruang Penunjang



Indikator Criteria

Operasional Normal pada Ruang Penunjang

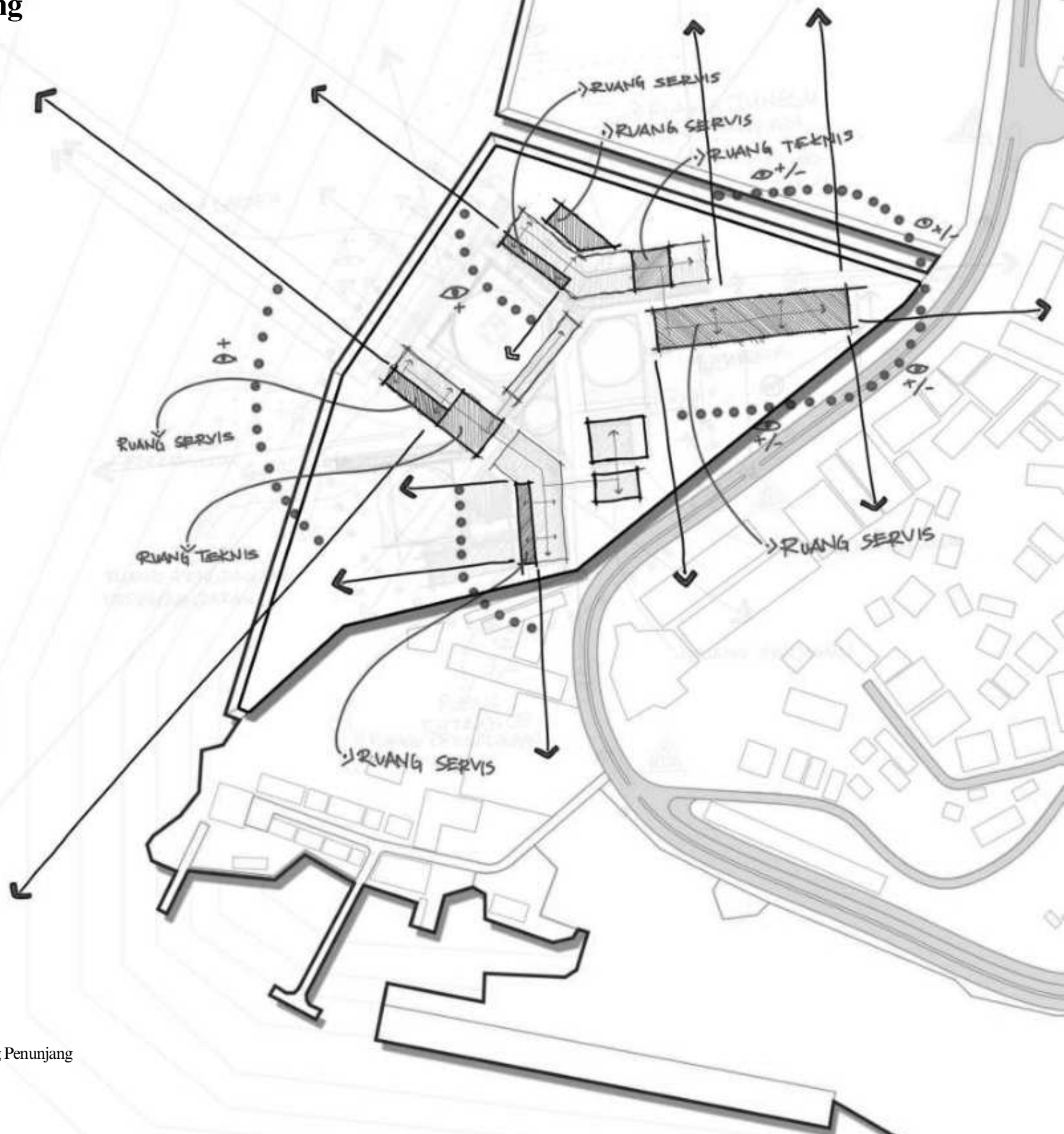
- Ruang fungsi penunjang tersebar di berbagai fungsi utama lainnya
- Ruang penunjang di bagai menjadi dua jenis massa bangunan yaitu ruang penunjang yang mendukung berjalannya operasional pelabuhan (tersebar di dalam ruang utama) dan juga ruang penunjang yang di pusatkan
- Secara fungsi ruang penunjang di bagimenjadi dua yaitu ruang teknis yang melayani teknikal dan mekanikal operasional pelabuhan dan ruang servis yang melayani pengguna pelabuhan
- Ruang Teknikal berada di atas bangunan (tidak didalam basement)
- Ruang penunjang tidak menghalangi view utama atau view positif dari ruang utama

Operasional Evakuasi pada Ruang Penunjang

- Tata letak ruang servis dan teknikal tidak menghalangi akses sirkulasi evakuasi di dalam bangunan
- Ruang teknikal terlindungi dari banjir yang di akibatkan oleh tsunami
- Ruang penunjang terpusat dapat menjadi askes evkuasi bagi pengguna di luar bangunan utama (terminal)

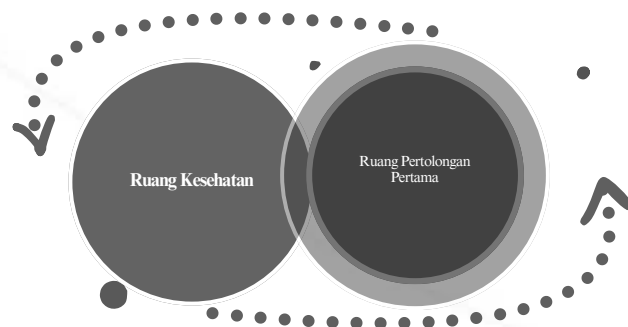
Program Ruang Penunjang

Skema Plotting



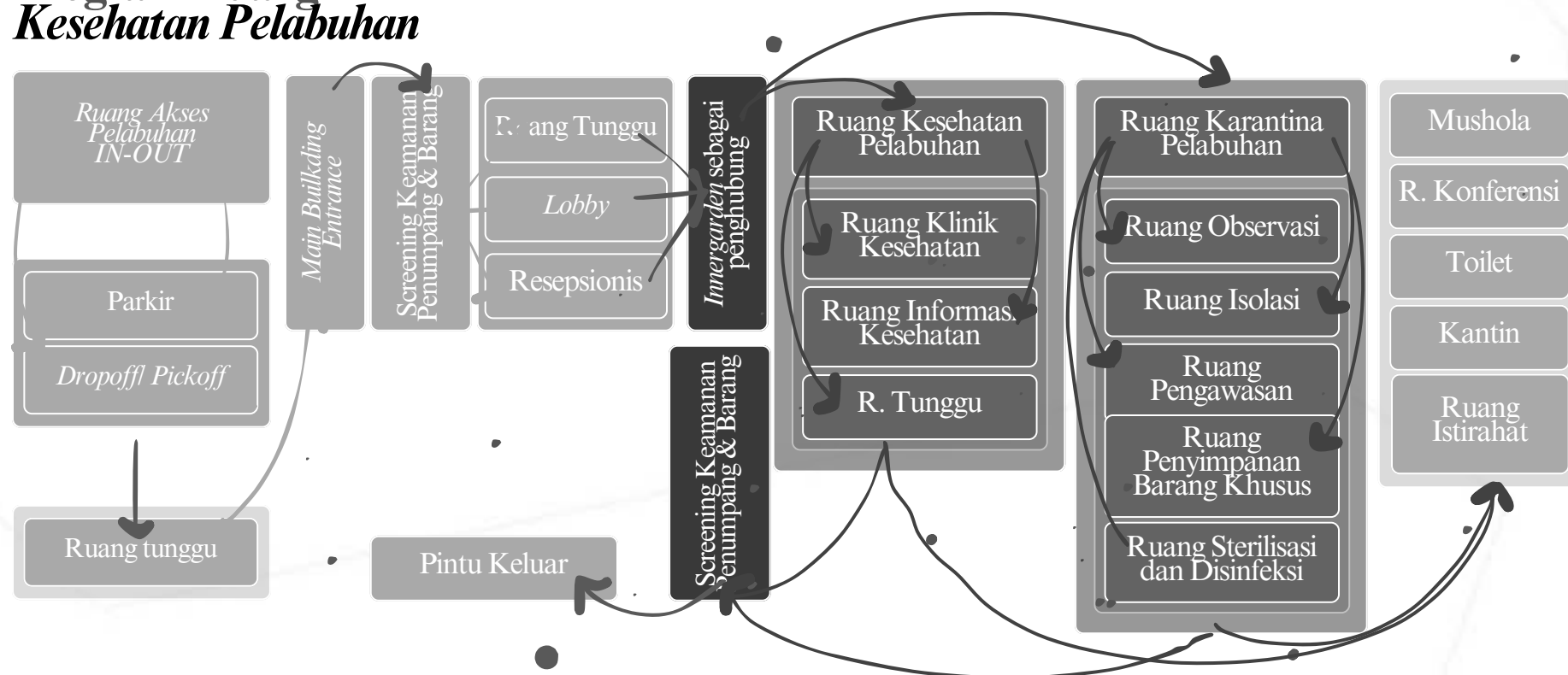
Gambar 3.7 Program Ruang Penunjang
Sumber: Perancang (2024)

Strategi Program Ruang Overlaying Strategy



Ruang Kesehatan merupakan zona dengan fungsi paling krusial. Tuntutan fungsi ruang yang intens saat terjadi bencana mengharuskan zona ini harus tetap beroperasi secara maksimal. Fungsi ruang yang telah ditetapkan sebelumnya adalah (1) Ruang Kesehatan Pelabuhan dan (2) Ruang Karantina Pelabuhan. Gabungan dari program ruang (beberapa ruangan) ini setidaknya harus mampu menampung setidaknya 50% pengguna dalam satu waktu.

Program Ruang Kesehatan Pelabuhan



Indikator Criteria

Operasional Normal pada Ruang Kesehatan

- Ruang Kesehatan Pelabuhan adalah ruang dengan aksesibilitas paling mudah dijangkau dan berada di sirkulasi atau potongan sirkulasi utama
- Dekat dan terhubung langsung dengan semua secara sirkulasi dan bersifat terbuka
- Dekat dan terhubung langsung dengan zona aktivitas tinggi dan rawan kecelakaan kerja
- Ruang Kesehatan yang memungkinkan terjadinya evakuasi secara efisien terhadap pasien kesehatan lanjutan
- Ruang Isolasi harus terpisah dari ruang kesehatan
- Ruang Sterilisasi dan Isolasi harus berada di sirkulasi utama dan secara cepat menuju jalur evakuasi lanjutan

Operasional Evakuasi pada Ruang Kesehatan

- Ruang Kesehatan harus dapat beroperasi saat *pra* dan *pasca* bencana alam
- Struktur bangunan harus mendukung keselamatan pasien dan bangunan
- Jalur *in* dan *out* ruangan harus mendukung proses evakuasi
- Jalur sirkulasi evakuasi/ darurat terlindungi dari keruntuhan yang diakibatkan bencana alam
- Harus memiliki konektivitas jejalar sirkulasi antara ruang kesehatan dan ruang rawat inap darurat (sleeping capsule)
- Terhubung langsung dengan jalur evakuasi darurat baik melalui laut, darat maupun udara
- Konfigurasi ruang yang memungkinkan terjadinya penanganan massal terhadap korban bencana ringan

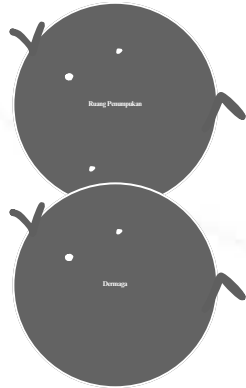
Program Ruang Kesehatan

Skema Plotting



Gambar 3.8 Program Ruang Kesehatan
Sumber: Perancang (2024)

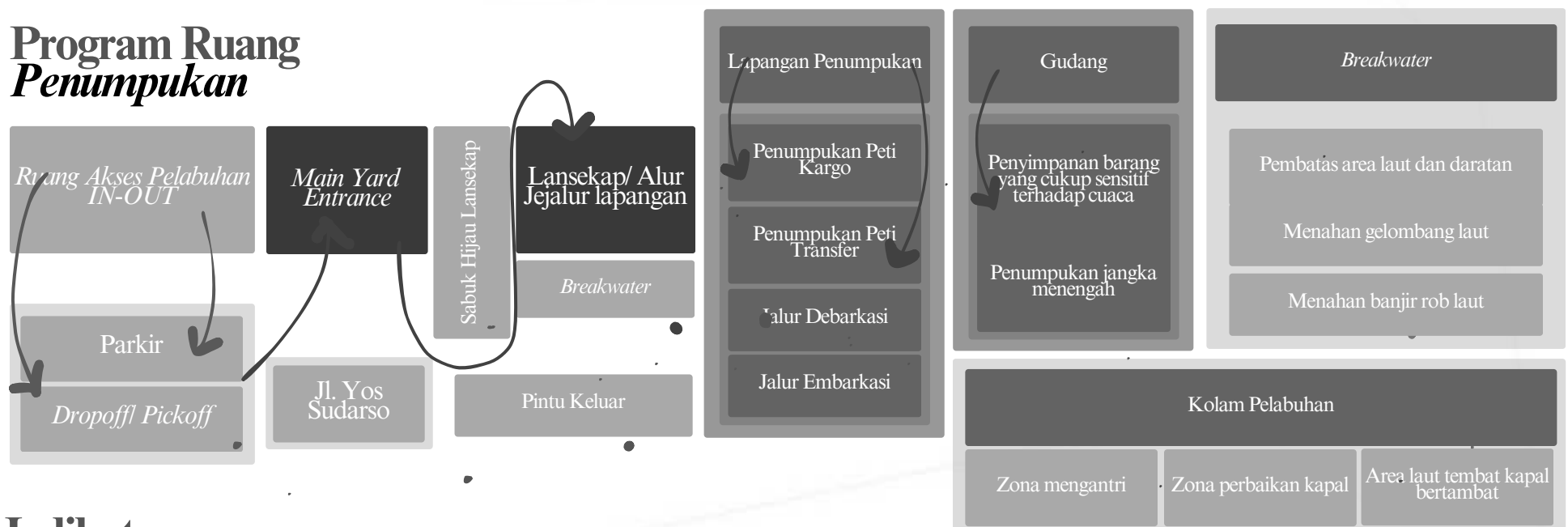
Strategi Program Ruang Overlaying Strategy



Ruang Penumpukan merupakan zona dengan pengguna ruang yang paling sedikit. Ruang ini termasuk kedalam zona yang diusahakan oleh pelabuhan. Fungsi yang telah ditetapkan sebelumnya adalah (1) *Apron* (2) Lapangan penumpukan (3) gudang. Gabungan dari program ruang ini setidaknya harus mampu menampung ... pengguna dan peti kemas dengan jumlah dalam satu waktu.

Dermaga merupakan zona yang di peruntukan untuk kapal bertambat dan berlabuh dengan selamat. Ruang ini juga termasuk kedalam zona yang diusahakan oleh pelabuhan. Fungsi yang telah ditetapkan sebelumnya adalah (1) Kolam Pelabuhan (2) Penahan Gelombang atau *Breakwater*. Gabungan dari program ruang ini setidaknya harus mampu menampung ... kapal dan *Breakwater* harus mampu menahan gelombang setinggi m.

Program Ruang Penumpukan



Indikator Criteria

Operasional Normal pada Kawasan Ruang Penumpukan

- Lansekap atau jejalur tidak boleh menghambat operasional debarkasi dan embarkasi
- Jejalur harus sependek mungkin untuk meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan
- Sabuk Hijau Lansekap memiliki konfigurasi untuk melindungi dan mengarahkan jejalur lapangan
- Gudang memenuhi standar kebersihan dan pergerakan barang dan kendaraan yang efisien
- Gudang harus dekat dengan jejalur embarkasi dan debarkasi

Operasional Normal pada Dermaga

- Memungkinkan terjadinya tambat kapal secara bersamaan atau seminimalnya dua kapal
- Kolam pelabuhan harus aman terhadap pendangkalan yang disebabkan oleh sedimentasi dan surutnya air laut
- Kolam pelabuhan memiliki jalur dan keselamatan operasional sehingga tidak bersinggungan dengan kepentingan kapal lainnya
- Kolam Pelabuhan harus memiliki konektivitas visual dan proximitas utama didalam area pelabuhan
- Memiliki jejalur sirkulasi utama dan sekunder yang menghubungkan area penumpukan, terminal dan area pengelola pelabuhan

Operasional Evakuasi pada Kawasan Ruang Penumpukan

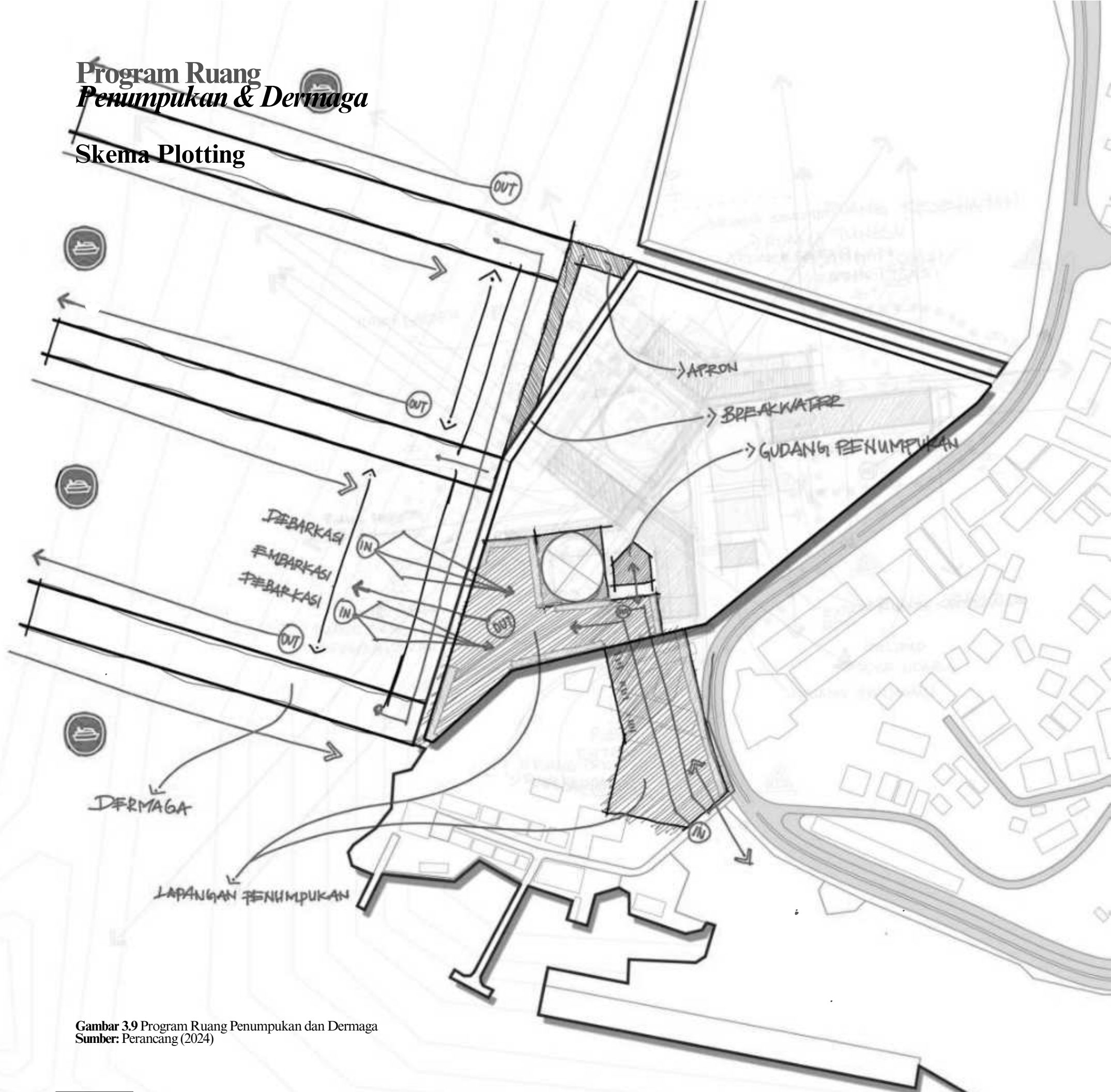
- Lansekap atau jejalur lapangan menjadi lapisan *barrier* kedua setelah *breakwater* yang menahan pada lapisan pertama
- Jejalur akan aktif sebagai kanal yang berfungsi sebagai jalur gelombang yang akan membantu mengarahkan jalannya air
- Kanal dimaksudkan untuk meminimalkan puing yang menghantam struktur bangunan
- Peti kemas harus terlindungi dari terpaan langsung gelombang tsunami

Operasional Evakuasi pada Dermaga

- Kolam pelabuhan harus aman terhadap pendangkalan saat terjadinya surut tsunami sehingga menjaga kapal tidak karam
- Kolam pelabuhan tidak terhubung langsung dengan kanal (lansekap) agar tidak berpotensi membanjiri apron dan lapangan penumpukan
- *Breakwater* harus mampu menahan gelombang dan puing puing yang terbawa arus
- *Breakwater* harus memiliki kemampuan untuk mengarahkan gelombang ketempat yang lebih aman
- *Breakwater* tidak membatasi visual secara menyeluruh

Program Ruang *Penumpukan & Dermaga*

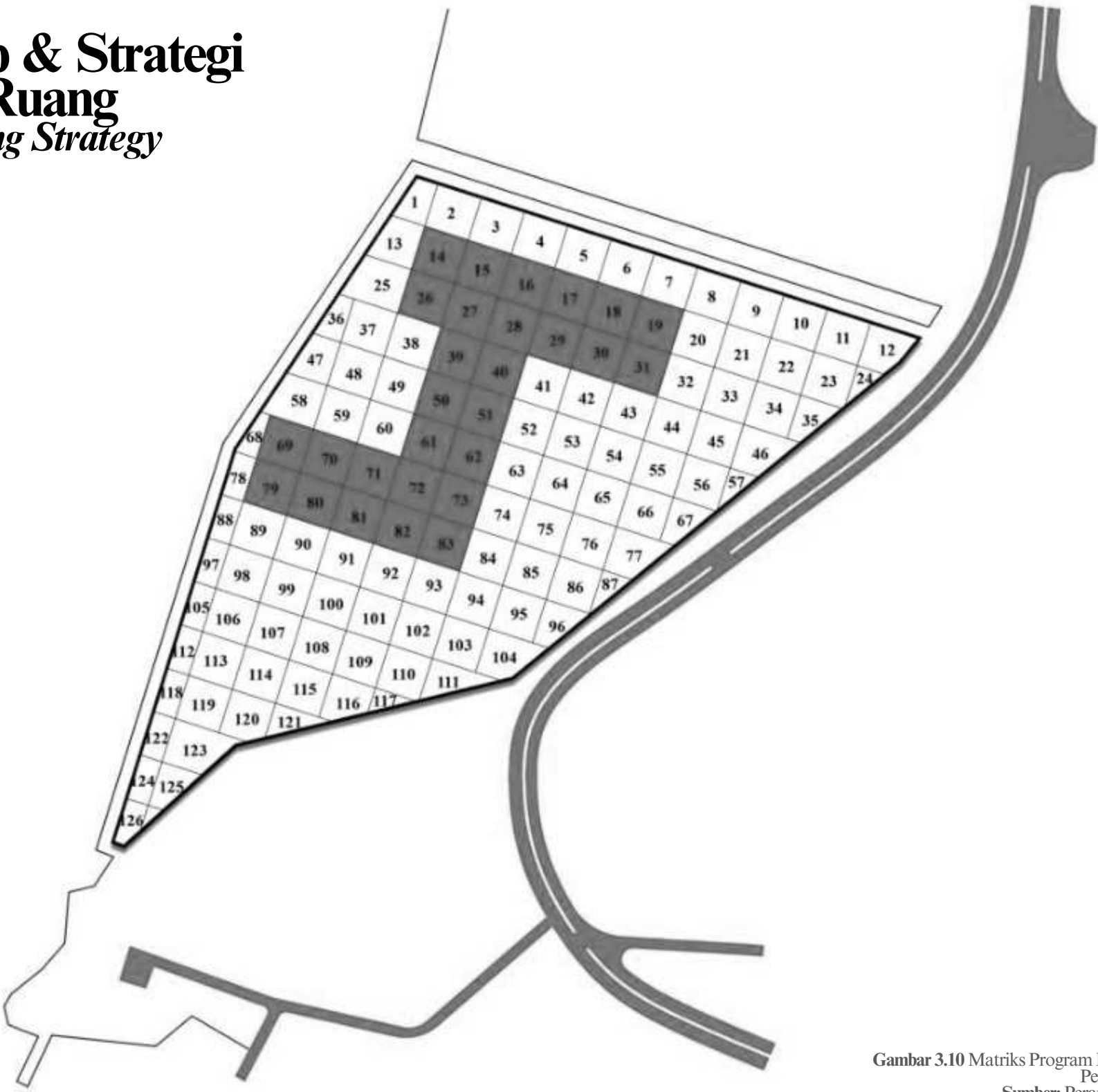
Skema Plotting



Gambar 3.9 Program Ruang Penumpukan dan Dermaga
Sumber: Perancang (2024)

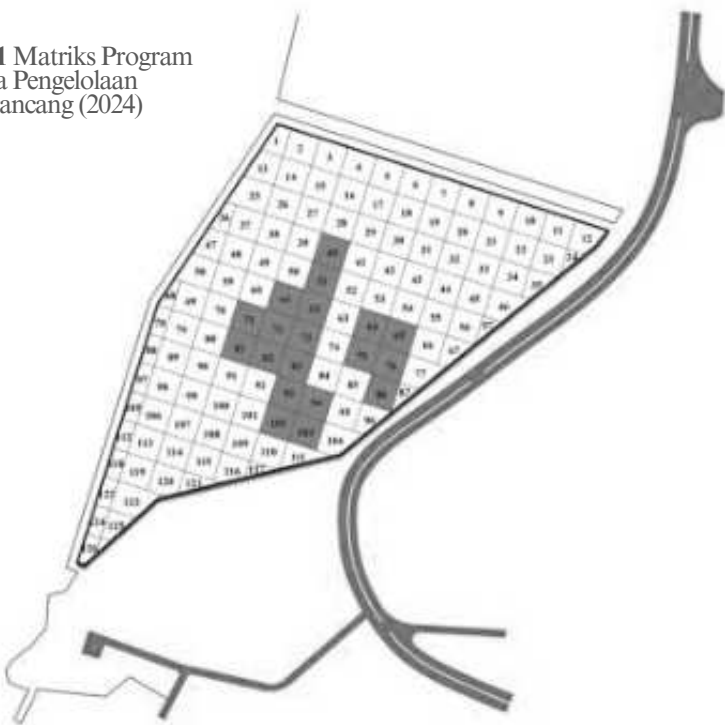
3.5 Matriks Program Ruang

Konsep & Strategi
Zona Ruang
Overlaying Strategy



Konsep & Strategi Zona Ruang Overlaying Strategy

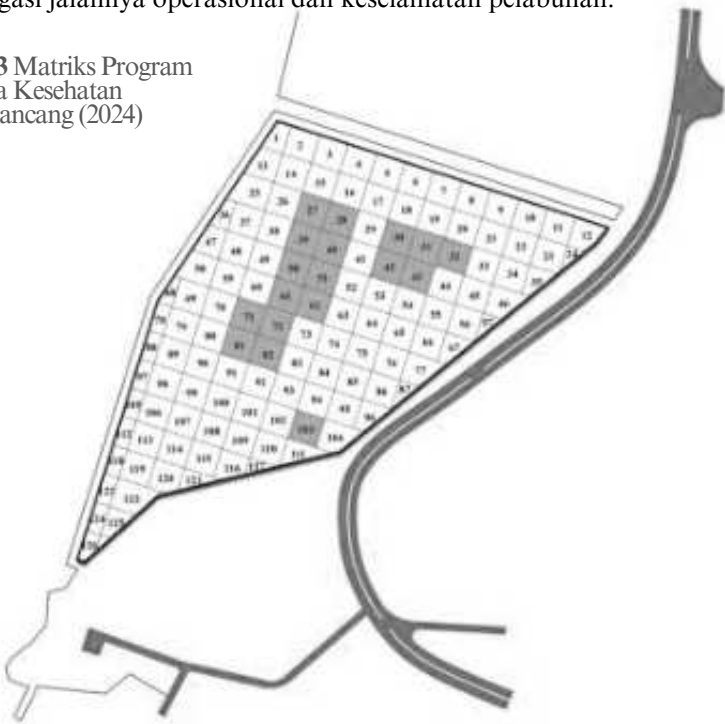
Gambar 3.11 Matriks Program Ruang Zona Pengelolaan
Sumber: Perancang (2024)



Zona Pengelolaan Pelabuhan

Hasil dari skema zoning ruang pengelolaan cenderung berada di tengah site dan mengarah ke selatan karena berada di tengah dua zonasi yaitu zona pengangkutan dan penumpukan, sesuai dengan fungsi ruang pengelolaan yaitu untuk mengasi jalannya operasional dan keselamatan pelabuhan.

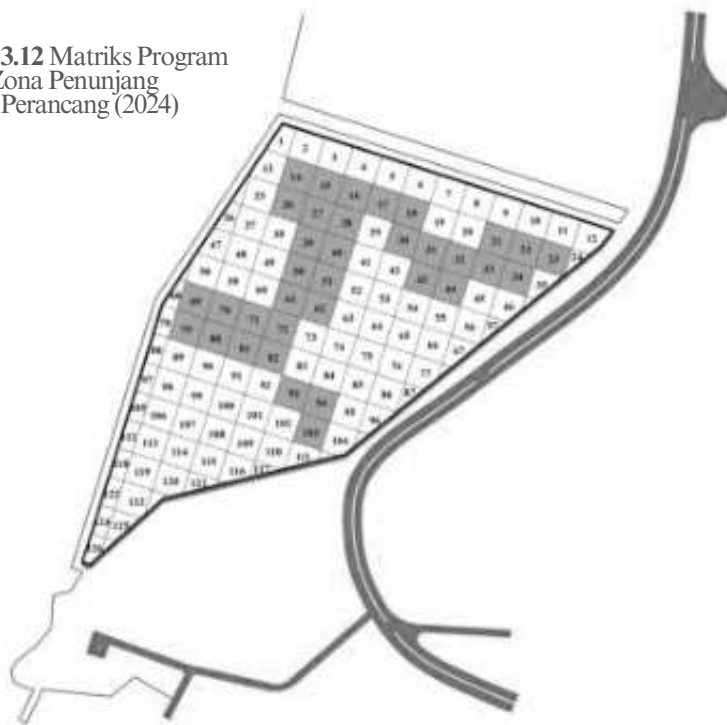
Gambar 3.13 Matriks Program Ruang Zona Kesehatan
Sumber: Perancang (2024)



Zona Kesehatan Pelabuhan

Skema hasil dari perletakan program ruang kesehatan pelabuhan menunjukan letaknya berada di tengah site. Letaknya bersinggungan dengan ruang lapor diri, ruang keberangkatan dan juga ruang kedatangan. Fungsinya dalah untuk mencegah terjadinya penyebaran penyakit baik dari dan akan ke Sorong

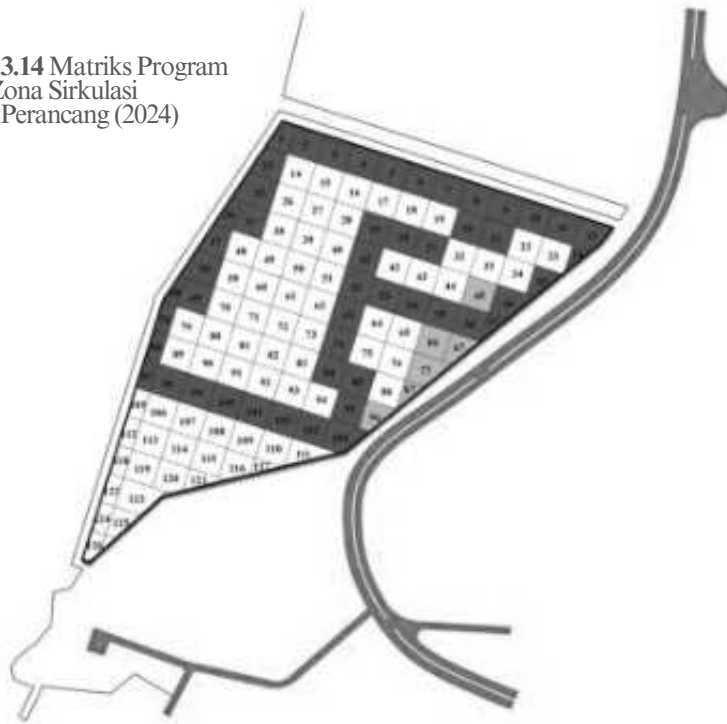
Gambar 3.12 Matriks Program Ruang Zona Penunjang
Sumber: Perancang (2024)



Zona Penunjang Pelabuhan

hasil skema dari ruang penunjang menunjukan peletakannya tersebar merata pada setiap grid koordinat, karena sesuia fungsinya yaitu mendukung operasional dari masing masing zonasi yang ada.

Gambar 3.14 Matriks Program Ruang Zona Sirkulasi
Sumber: Perancang (2024)

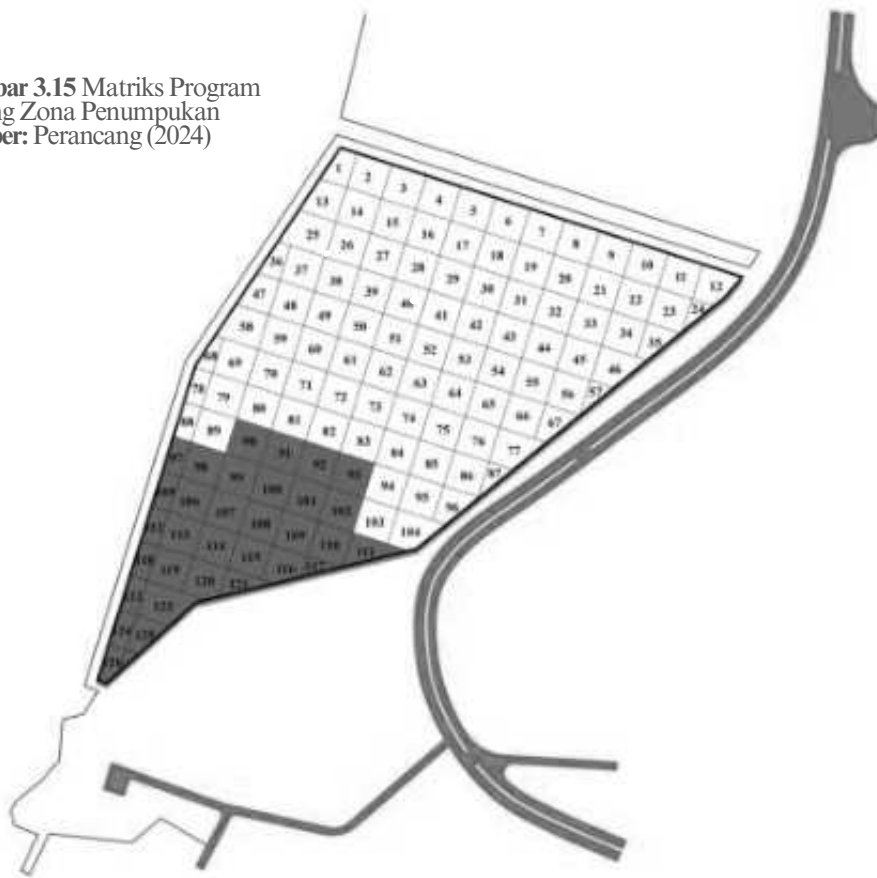


Zona Sirkulasi Pelabuhan

Hasil skema dari zonasi sirkulasi menunjukan letaknya yang mengelilingi site. Fungsi dari jejalur ini adalah untuk mempermudah perpindahan kendaraan di dalam site juga untuk mendukung jalur *emergency*.

Konsep & Strategi Zona Ruang *Overlaying Strategy*

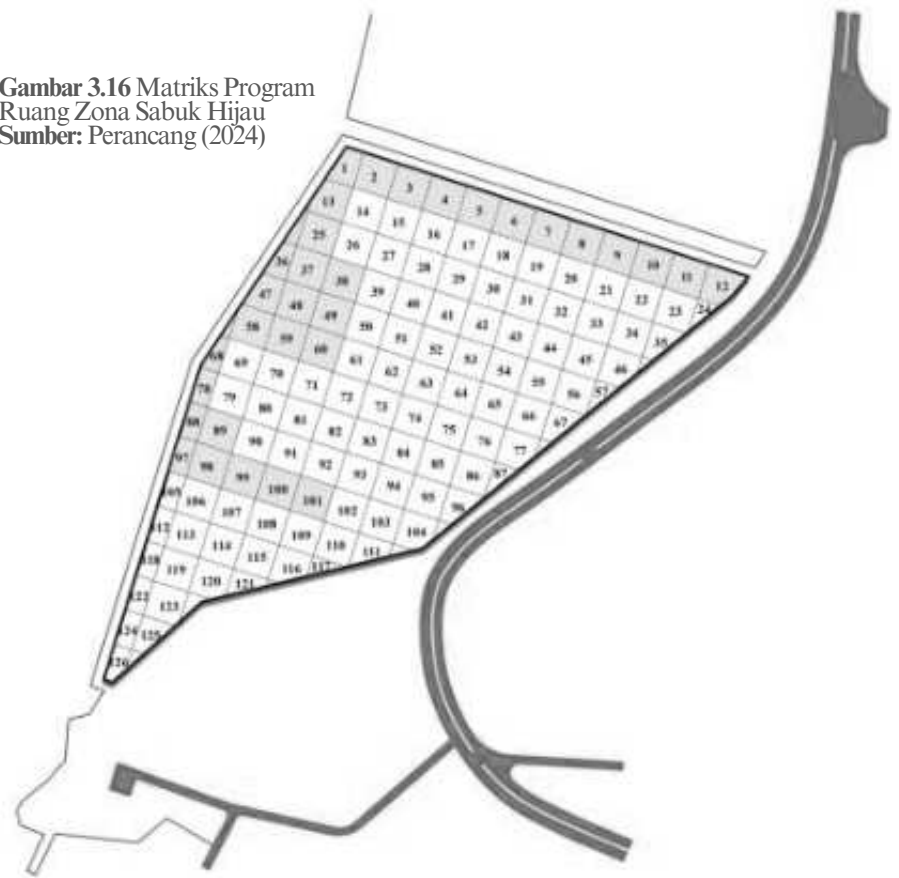
Gambar 3.15 Matriks Program Ruang Zona Penumpukan
Sumber: Perancang (2024)



Zona Penumpukan Pelabuhan

Hasil skema dari perletakan program ruang penumpukan menunjukkan pelatakannya adalah pada sisi selatan, karena daerah ini yang berpotensi untuk terlindungi dari arah gelombang tsunami sehingga tidak akan menyebabkan tubrukan dengan struktur bangunan utama.

Gambar 3.16 Matriks Program Ruang Zona Sabuk Hijau
Sumber: Perancang (2024)

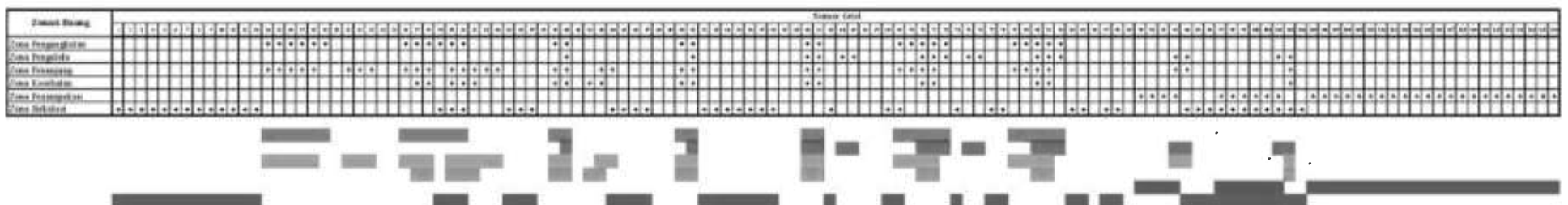


Zona Sabuk Hijau Pelabuhan

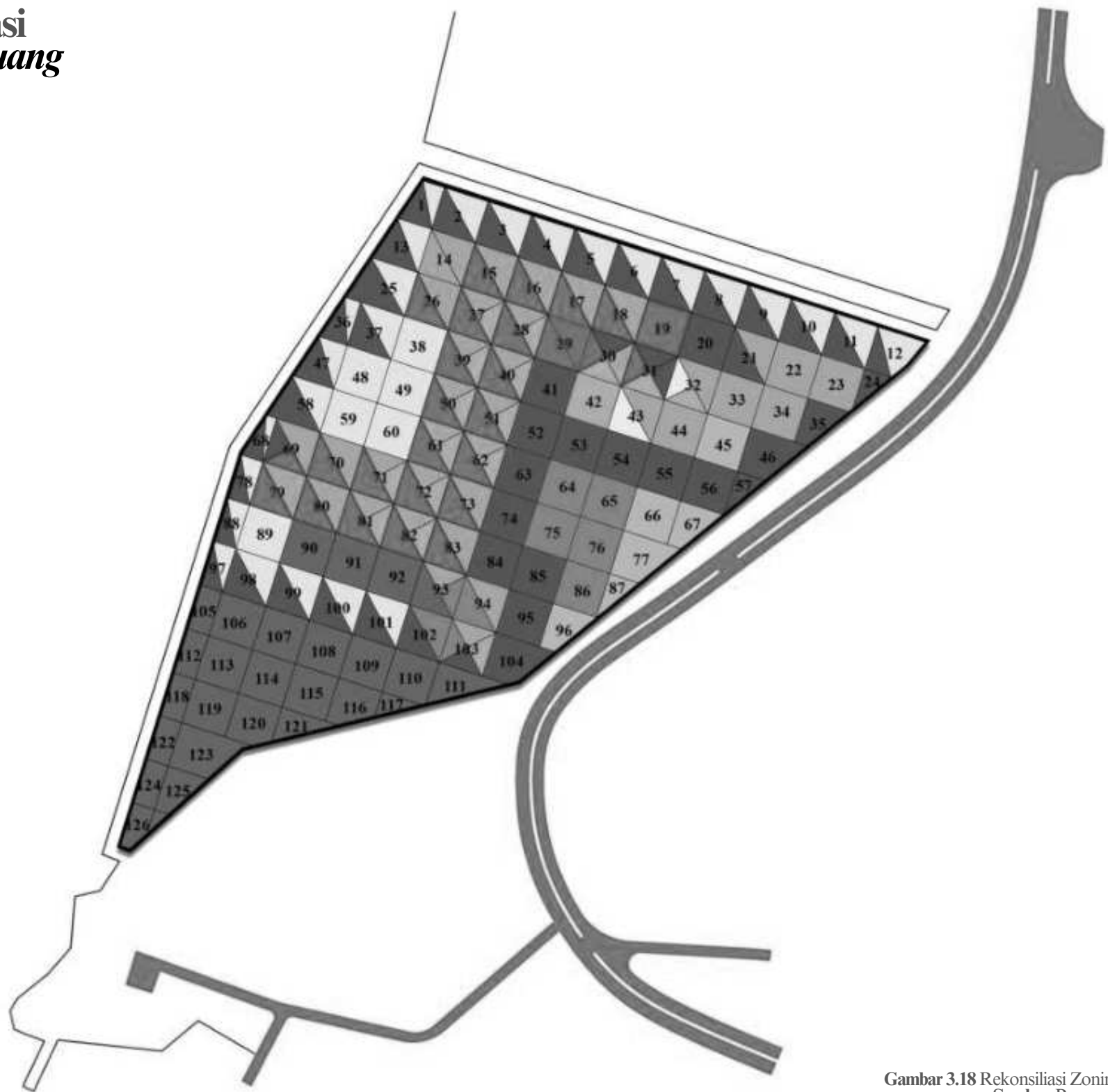
Hasil skema dari peletakan lansekap atau sabuk hijau apda site menunjukan pada sis tepi dari site. Hal ini bertujuan untuk membaut konsep vegetasi yang berfungsi sebagai pelindung dari iklim yang menyebabkan gaya lateral pada bangunan utama.

Matriks Program Ruang

Dari hasil eksplorasi skema fungsi dan program pada tapak. Kemudian dibuat matriks untuk melihat integrasi dan kesamaan letak potensial dari masing-masing ruang fungsi utama dengan aktivitas di dalamnya. Berdasarkan pada tabel matriks di bawah, terdapat beberapa ruang utama yang saling bersinggungan pada grid koordinat. Yang mana mengindikasikan bahwa ada potensi untuk di satu koordinat site dapat berlangsung berbagai aktivitas sesuai dengan data yang didapatkan. Pada diagram batang dibawahnya juga memperlihatkan potensi penggabungan antara satu ruang dengan ruang yang lain, entah itu akan berhubungan secara horizontal berdekatan ataupun berhubungan secara vertikal di satu titik koordinat (pemisahan lantai).

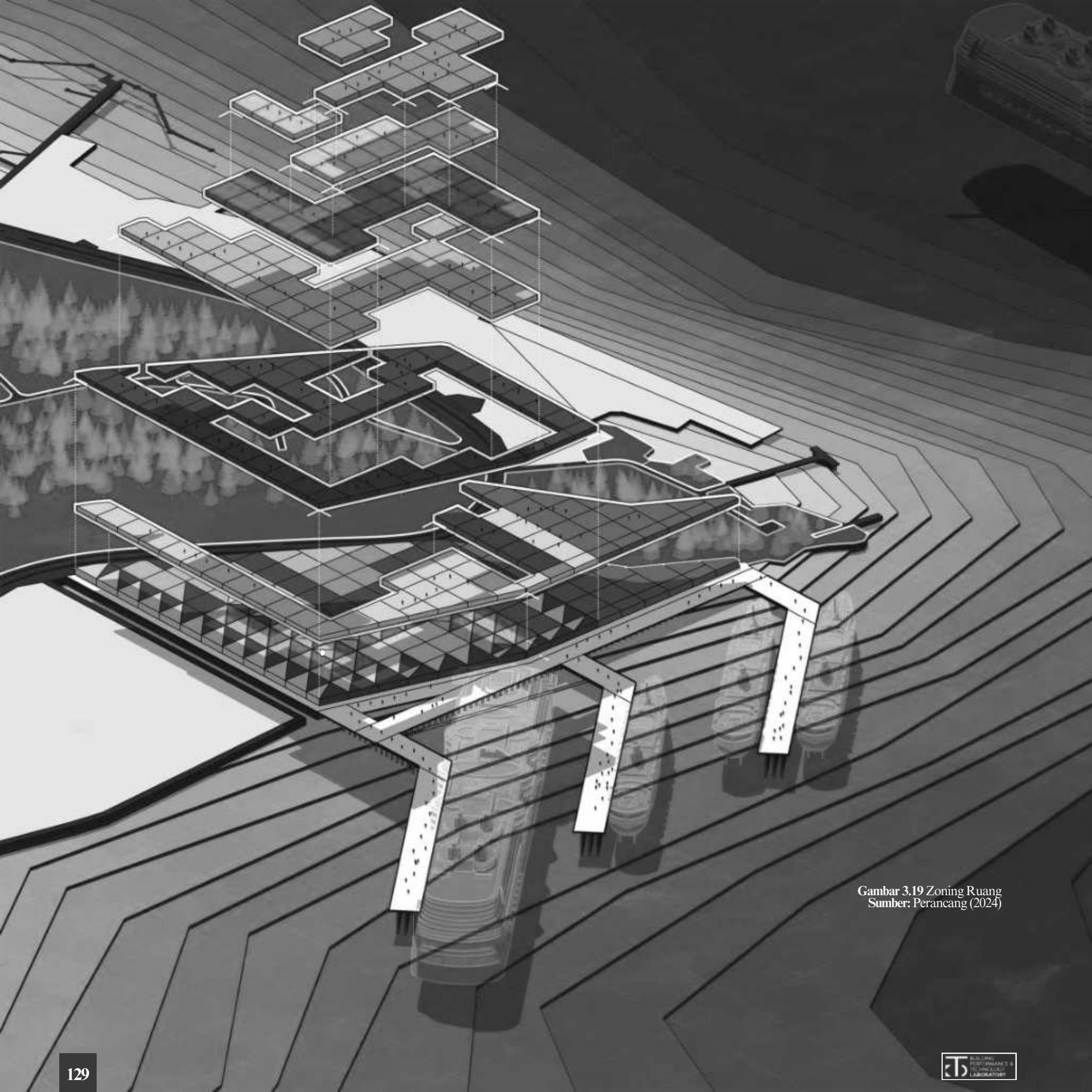


Gambar 3.17 Matriks Program Ruang
Sumber: Perancang (2024)



Gambar 3.18 Rekonsiliasi Zoning Ruang
Sumber: Perancang (2024)

Hasil analisa tata massa yang telah dilakukan sebelumnya dengan membuat skema peletakan dengan potensi maksimal dari masing-masing ruang , kemudian kembali di olah menjadi matrik untuk melihat hubungan dan kesamaan indikator fungsi aktivitas. Beberapa Ruang Utama terlihat memiliki kesamaan indikator dan letak optimal di site. Seperti Ruang Tunggu Keberangkatan bersinggungan dengan ruang teknis, servis, karantina, dan juga kesehatan. Rekonsiliasi juga terjadi pada sabuk hijau lansekap dan sirkulasi kendaraan didalam site.



Gambar 3.19 Zoning Ruang
Sumber: Perancang (2024)

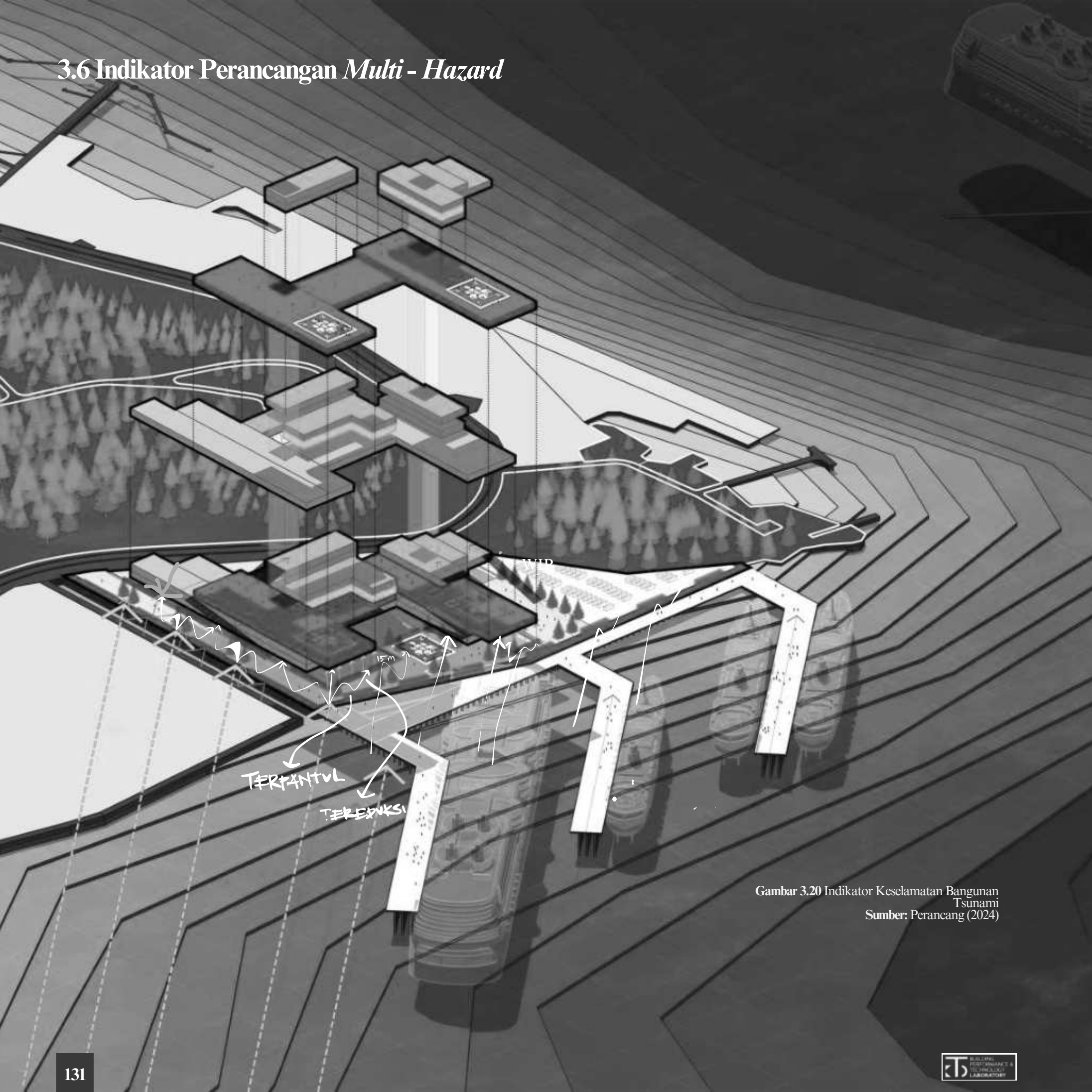
Kesesuaian fungsi zona memiliki peran penting dalam memastikan setiap elemen pada Pelabuhan Utama Sorong mampu mendukung kegiatan operasional secara optimal. Penempatan zona yang sesuai dengan fungsinya akan memudahkan alur logistik dan aktivitas pelabuhan, menciptakan lingkungan kerja yang lebih terstruktur dan efisien. Hal ini melibatkan analisis mendalam terhadap titik potensi dari setiap sudut site, yang mencakup aksesibilitas, hubungan antar zona, dan kemudahan pergerakan baik bagi orang maupun barang. Dengan demikian, penentuan zona tidak hanya mempertimbangkan aspek fungsional tetapi juga karakteristik topografi, alur transportasi, dan risiko multi-hazard yang harus dihadapi di wilayah Sorong.

Selanjutnya, proses rekonsiliasi ruang menjadi langkah yang esensial untuk memastikan setiap ruang di pelabuhan dapat dimanfaatkan secara maksimal. Pendekatan ini mencerminkan kebutuhan akan penggabungan ruang secara vertikal melalui konsep stacking, di mana ruang-ruang dengan fungsi serupa atau komplementer ditempatkan dalam susunan bertingkat untuk menghemat ruang horizontal serta meningkatkan efisiensi. Rekonsiliasi ruang ini juga berfungsi sebagai dasar atau acuan utama dalam merancang denah Pelabuhan Utama Sorong, di mana pola ruang yang terbentuk dapat menyesuaikan alur aktivitas dan potensi optimalisasi ruang.

Massa bangunan yang terbentuk dari proses plotting zoning ini kemudian akan dieksplorasi lebih lanjut sesuai dengan hirarki dan fungsinya. Eksplorasi ini tidak hanya bertujuan untuk menentukan bentuk bangunan yang estetik, tetapi juga memastikan bahwa massa bangunan tersebut mampu menjawab tuntutan fungsi dan operasional pelabuhan. Selain itu, massa zoning akan mengalami penyesuaian berdasarkan tuntutan dari indikator keselamatan terhadap multi-hazard, di mana setiap bangunan diharapkan dapat beradaptasi terhadap potensi bencana seperti gempa bumi, tsunami, kebakaran maupun badai angin. Oleh karena itu, desain massa yang fleksibel dan responsif terhadap bahaya akan menciptakan pelabuhan yang tidak hanya efisien dalam pengelolaan operasional, tetapi juga tangguh dalam menghadapi berbagai ancaman bencana alam.

Zoning Ruang pada Perancangan Pelabuhan Utama Sorong

3.6 Indikator Perancangan *Multi - Hazard*



Gambar 3.20 Indikator Keselamatan Bangunan
Tsunami
Sumber: Perancang (2024)

3.6.1 Indikator Keselamatan Bangunan *Tsunami*

Bangunan yang dirancang untuk menghadapi tsunami sering kali ditempatkan pada ketinggian tertentu untuk menghindari dampak langsung gelombang. Menurut FEMA (Federal Emergency Management Agency), elevasi merupakan faktor utama dalam melindungi bangunan dari gelombang laut yang ekstrem. Studi oleh Suppasri et al. (2019) menekankan pentingnya desain yang mengangkat bangunan di atas ketinggian maksimum prediksi gelombang tsunami, yang dapat mengurangi kerusakan akibat banjir dan tekanan dari gelombang laut. Berdasarkan tools dari BRI elevasi lantai bangunan dengan ketinggian 5 meter adalah yang paling rendah (*grade B*) dan yang paling baik adalah 15 meter (*grade AA*)

Elevasi
Bangunan



Fondasi bangunan yang dirancang untuk menahan gaya horizontal dan tekanan hidrodinamik juga sangat penting. Berdasarkan penelitian UNESCO-IHE, fondasi yang diperkuat atau desain fondasi pile (tiang pancang) memungkinkan bangunan untuk bertahan terhadap arus tsunami yang kuat, dengan mengalirkan sebagian besar gaya lateral ke tanah yang lebih dalam. Hal ini mengurangi risiko terlepasnya bangunan dari dasar tanah. Juga penggunaan sistem seperti *Eccentrically Braced Frames (EBF)* dan *Reduced Beam Section (RBS)* digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan daktilitas bangunan

Struktur
Tahan
Hidrodinamik



Desain bangunan yang memungkinkan aliran air melewati atau mengelilingi struktur dengan void atau bukaan yang terkendali, seperti lansekap yang terintegrasi dengan *breakwater*, sehingga mampu mengurangi tekanan yang dihasilkan oleh arus tsunami. Prinsip ini dianjurkan dalam penelitian berbagai ahli, seperti Yanase dan Kajima (2020), yang menyebutkan bahwa struktur dengan bukaan besar memungkinkan distribusi energi yang lebih merata dan mencegah konsentrasi tekanan pada satu titik.

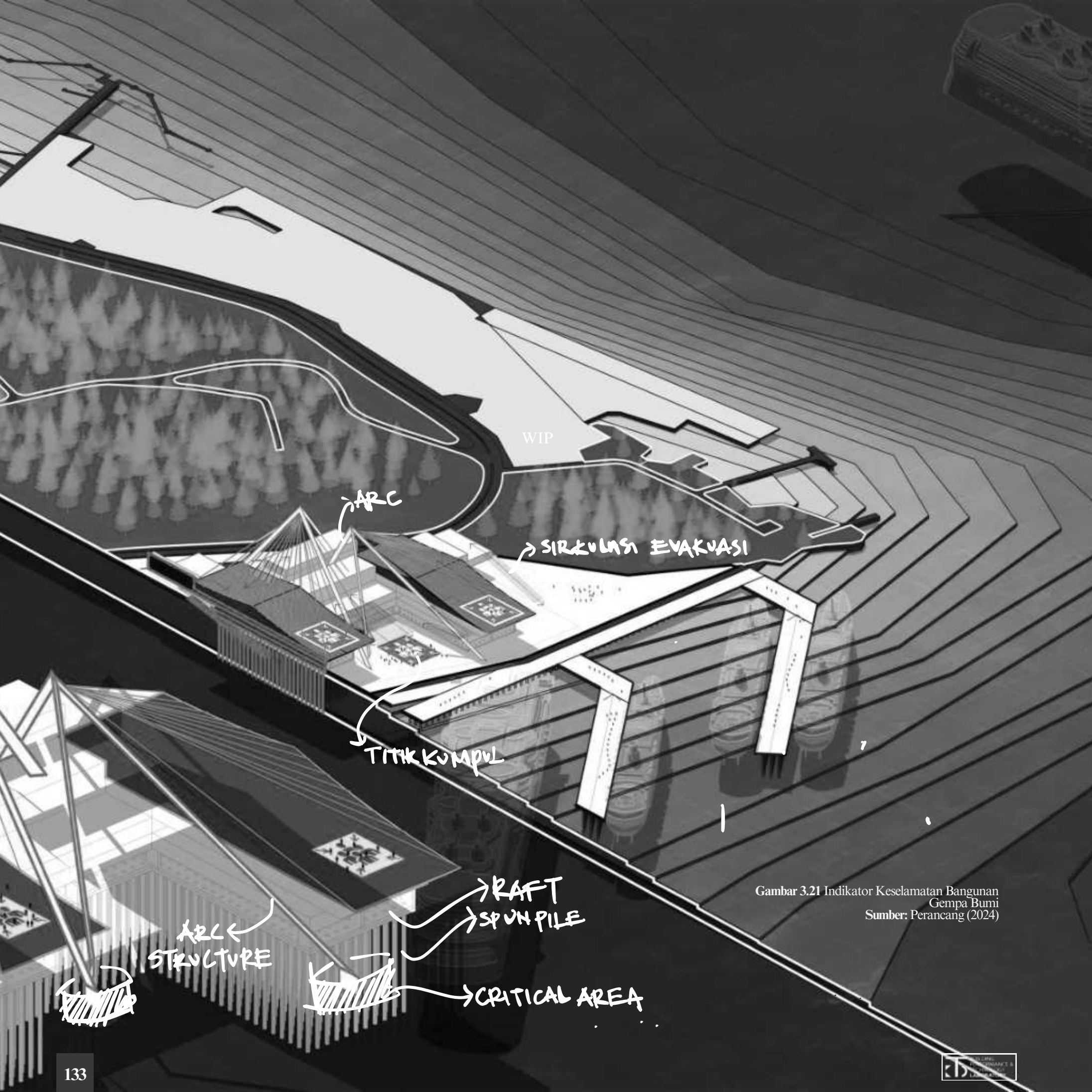
Kanal &
Lansekap
Bangunan



Penggunaan material yang tahan air dan korosi, seperti beton bertulang khusus atau baja tahan korosi, sangat penting dalam menghadapi dampak erosi dan abrasi yang disebabkan oleh air laut. Misalnya, penelitian oleh M. Saito et al. (2021) menunjukkan bahwa material dengan ketahanan tinggi terhadap air laut dan abrasi dapat memperpanjang umur bangunan setelah tsunami.

Material
Tahan
Korosi





Gambar 3.21 Indikator Keselamatan Bangunan
Gempa Bumi
Sumber: Perancang (2024)

3.6.2 Indikator Keselamatan Bangunan Gempa Bumi

Fondasi yang kuat dan tanah yang stabil menjadi indikator penting keselamatan. Bangunan yang didirikan di tanah yang mudah likuefaksi atau di daerah yang tidak stabil akan jauh lebih rentan terhadap keruntuhan saat terjadi gempa. Penggunaan sistem fondasi yang dapat merespon kondisi tanah yang tidak stabil adalah penggabungan antara struktur fondasi *raft* dan *spun pile* seperti yang dijelaskan oleh Vann (2021) tentang penggunaan jenis fondasi bangunan pencakar langit atau bangunan masif.

Kekuatan
Struktur

Saat terjadinya bencana gempa bumi bangunan harus mampu beradaptasi dengan gaya horizontal (lateral) yang diakibatkan oleh getaran seismik. Sehingga bangunan memerlukan struktur yang tahan terhadap deformasi. Menurut FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) menyatakan bahwa bahan bangunan yang tahan terhadap deformasi, seperti baja dan beton bertulang, dapat dipilih untuk meningkatkan daya tahan struktur.

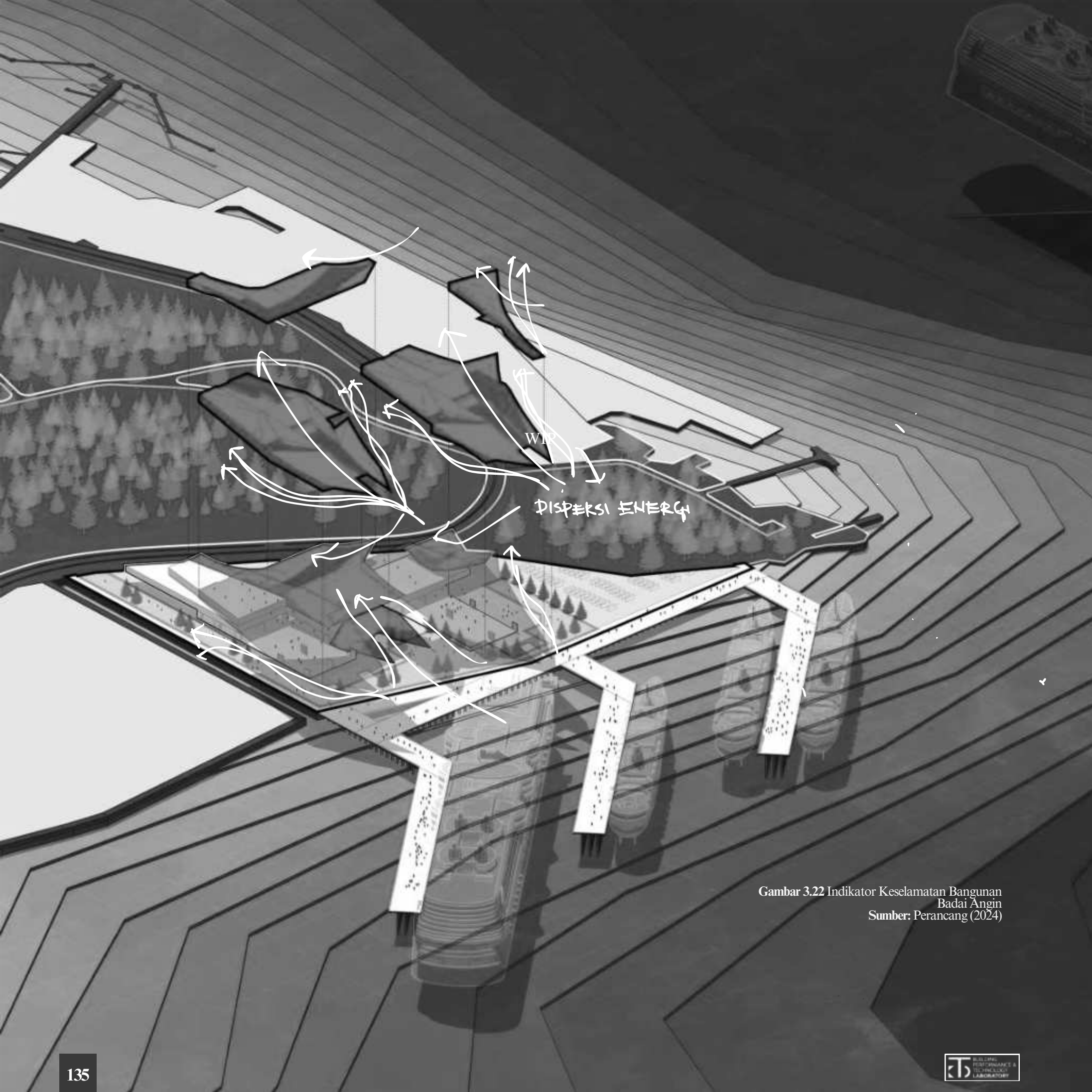
Fleksibilitas
Struktur

Daktailitas adalah kemampuan bangunan untuk mengalami deformasi tanpa mengalami keruntuhan mendadak. Prof. Iswandi Imran (2024) dari ITB menekankan bahwa struktur harus dirancang agar tetap berdiri meskipun mengalami kerusakan akibat guncangan keras. Ini memberikan waktu bagi penghuni untuk menyelamatkan diri sebelum keruntuhan total terjadi. Penggunaan *cable supporting structure* dapat membantu struktur utama bangunan dengan membantu membagi beban yang bekerja pada titik-titik krusial pada struktur utama dan mendistribusikannya secara aman.

Daktailitas
Struktur

Bangunan yang memiliki simetri horizontal dan vertikal, serta distribusi massa yang merata, lebih aman terhadap gempa karena pusat massa dan pusat kekakuan cenderung lebih stabil. Hal ini diakui dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 1726:2019), di mana bentuk bangunan yang seragam dapat meminimalkan torsi atau gaya puntir saat gempa.

Simetri &
Keragaman
Struktur



Gambar 3.22 Indikator Keselamatan Bangunan
Badai Angin
Sumber: Perancang (2024)

3.6.3 Indikator Keselamatan Bangunan *Badai Angin*

Bangunan harus memiliki bentuk yang aerodinamis untuk meminimalkan gaya angin yang bekerja pada struktur. Menurut teori Boutet, bentuk atap kerucut atau segitiga efektif dalam mengurai angin, sehingga mengurangi tekanan yang diterima oleh bangunan saat badai. Desain ini memungkinkan aliran angin mengalir dengan lebih baik, mengurangi risiko kerusakan akibat tekanan angin yang tinggi. Juga penelitian yang dilakukan oleh S. R. Raghunandan et al. (2021) menekankan bahwa bangunan dengan atap miring kebawah (low profile) dan dinding yang halus dapat mengurangi drag dan turbulensi. Desain yang mengoptimalkan aliran angin di sekitar bangunan akan membantu meminimalkan gaya geser yang diterima oleh struktur. Atap bangunan harus dirancang untuk menahan tekanan angin yang kuat. Penelitian yang juga dilakukan oleh R. A. G. De Oliveira dan A. A. C. A. Ribeiro (2019) menunjukkan bahwa atap datar atau atap dengan kemiringan yang terlalu rendah lebih rentan terhadap kerusakan akibat angin. Penggunaan material atap yang ringan namun kuat dan teknik pengikatan yang tepat sangat penting untuk menjaga integritas atap.

Desain
Aerodinamis



Penempatan jendela dan bukaan harus diperhatikan untuk mengurangi risiko pecahnya kaca akibat tekanan angin. Menurut International Building Code (IBC), jendela di area rawan angin harus dirancang dengan kaca tempered atau laminated untuk meningkatkan ketahanan terhadap angin kencang. Penempatan bukaan yang strategis juga dapat membantu sirkulasi udara dan mengurangi tekanan pada dinding.

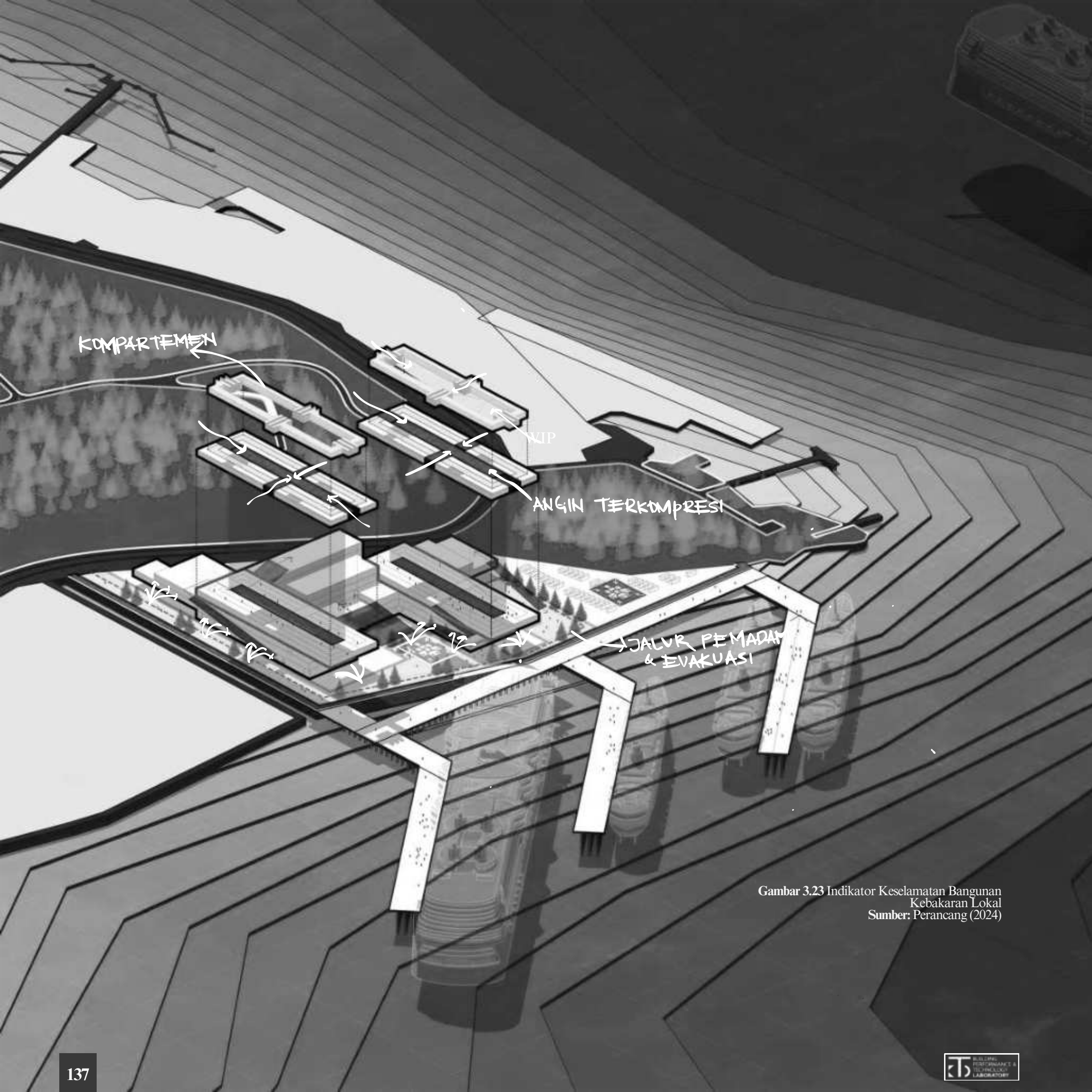
Bukaan
Optimal &
Strategis



Menurut *National Hurricane Center (NHC)*, penyimpanan barang-barang di dalam bangunan harus dilakukan dengan aman untuk mencegah benda-benda tersebut menjadi proyektil selama badai. Memasang pelindung eksternal seperti teralis dapat melindungi kaca dan permukaan bangunan dari angin kencang. Menurut *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, penggunaan pelindung ini dapat mengurangi risiko pecahnya kaca dan kerusakan yang disebabkan oleh proyektil yang terbawa angin.

Proteksi
Proyektil





Gambar 3.23 Indikator Keselamatan Bangunan
Kebakaran Lokal
Sumber: Perancang (2024)

3.6.4 Indikator Keselamatan Bangunan *Kebakaran Lokal*

Struktur bangunan harus dirancang untuk tahan terhadap api. Mendesain ruang terpisah (kompartemenisasi) di dalam bangunan dengan dinding tahan api dapat membantu membatasi penyebaran api dan asap. Penggunaan material seperti beton bertulang dan baja tahan api sangat dianjurkan. Baja, meskipun rentan terhadap suhu tinggi, dapat dilindungi dengan intumescent paint yang membentuk lapisan pelindung saat terkena panas.

Struktur
Tahan Api



Cat intumescent adalah jenis cat khusus yang memiliki kemampuan untuk mengembang ketika terpapar suhu tinggi dari api. Saat terkena panas, cat ini akan meleleh dan membentuk lapisan tebal yang berfungsi sebagai isolator. Lapisan ini memperlambat penyebaran panas ke struktur di bawahnya, sehingga memberikan waktu tambahan untuk evakuasi dan intervensi pemadam kebakaran. Menurut artikel dari WIP (2023), cat ini dapat mengembang hingga 50 kali lipat dari ketebalannya semula, membentuk busa karbon yang berfungsi sebagai penghalang terhadap panas.

Lapisan
Tahan Api



Penataan lansekap di sekitar bangunan juga mempengaruhi keselamatan kebakaran. Area terbuka yang cukup dan jarak aman antara bangunan dapat mengurangi risiko penyebaran api. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2008), penanaman vegetasi yang tepat dan pemeliharaan area hijau dapat membantu mengurangi akumulasi bahan mudah terbakar di sekitar bangunan. Selain itu, aksesibilitas bagi kendaraan pemadam kebakaran harus diperhatikan dalam perencanaan lansekap untuk memastikan respons cepat saat terjadi kebakaran.

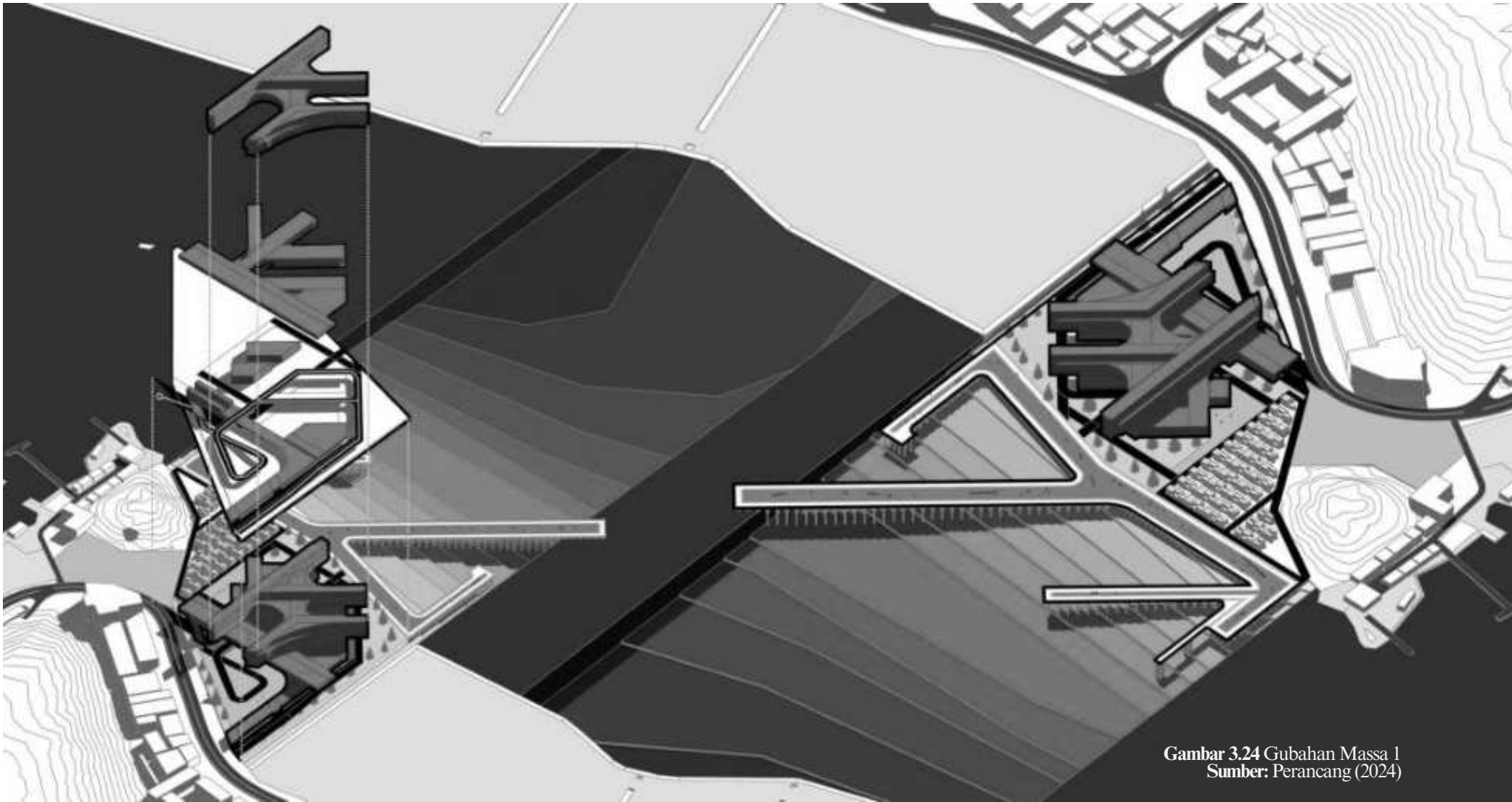
Penataan
Lansekap



Atrium yang dirancang dengan baik dapat membantu sirkulasi udara dan mengurangi akumulasi asap di dalam bangunan. Atrium dapat berfungsi sebagai zona penyangga, memisahkan area yang berbeda dan memperlambat penyebaran api. Namun penelitian yang dilakukan oleh Hardianto (2022) menunjukkan bahwa atrium yang dirancang dengan buruk mempercepat penyebaran asap dan api di dalam bangunan. Hal ini disebabkan oleh sifat terbuka dari atrium yang memungkinkan udara bergerak bebas.

Atrium





Gambar 3.24 Gubahan Massa 1
Sumber: Perancang (2024)

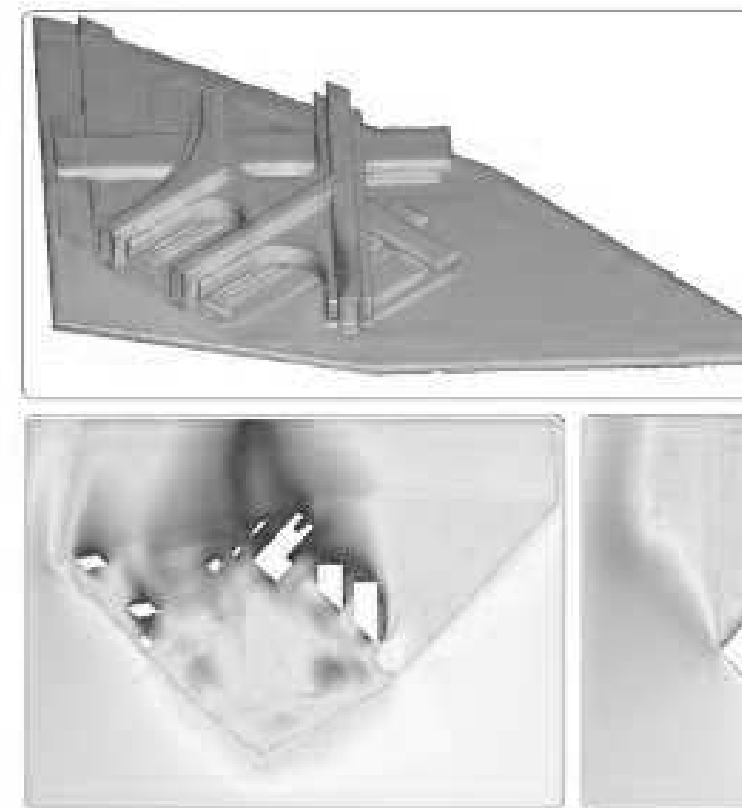
3.7 Eksplorasi Gubahan

3.7.1 Gubahan Massa 1

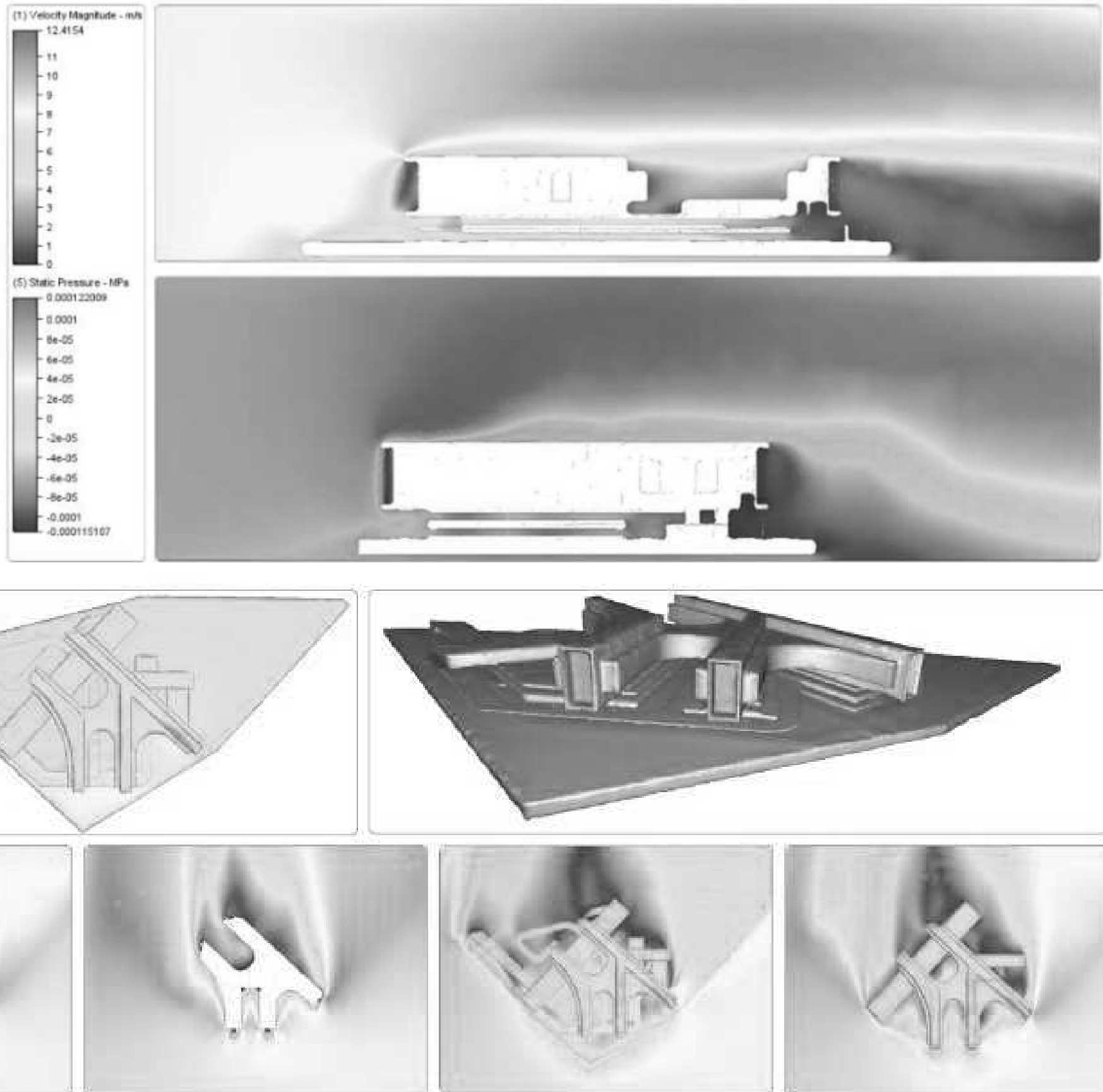
Pada perancangan gubahan massa satu ini mencoba menerapkan bentuk massa persegi panjang sesuai dengan hipotesis sebelumnya yang menganggap bahwa bentuk massa ini adalah yang paling optimal dalam merespon pergerakan angin (aerodinamis). Komposisi dan pengaturan massa menyesuaikan titik potensial yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Hasil Simulasi menggunakan program *fluid simulation* CFD menunjukkan bahwa bentuk persegi panjang tidak cukup baik dalam meneruskan angin. Muncul beberapa bidang yang menjadi penghambat pergerakan angin seperti pada sisi yang terjadi kontak langsung mengalami penurunan kecepatan angin yang menandakan bahwa desain tidak dapat mengalirkan udara dengan baik.

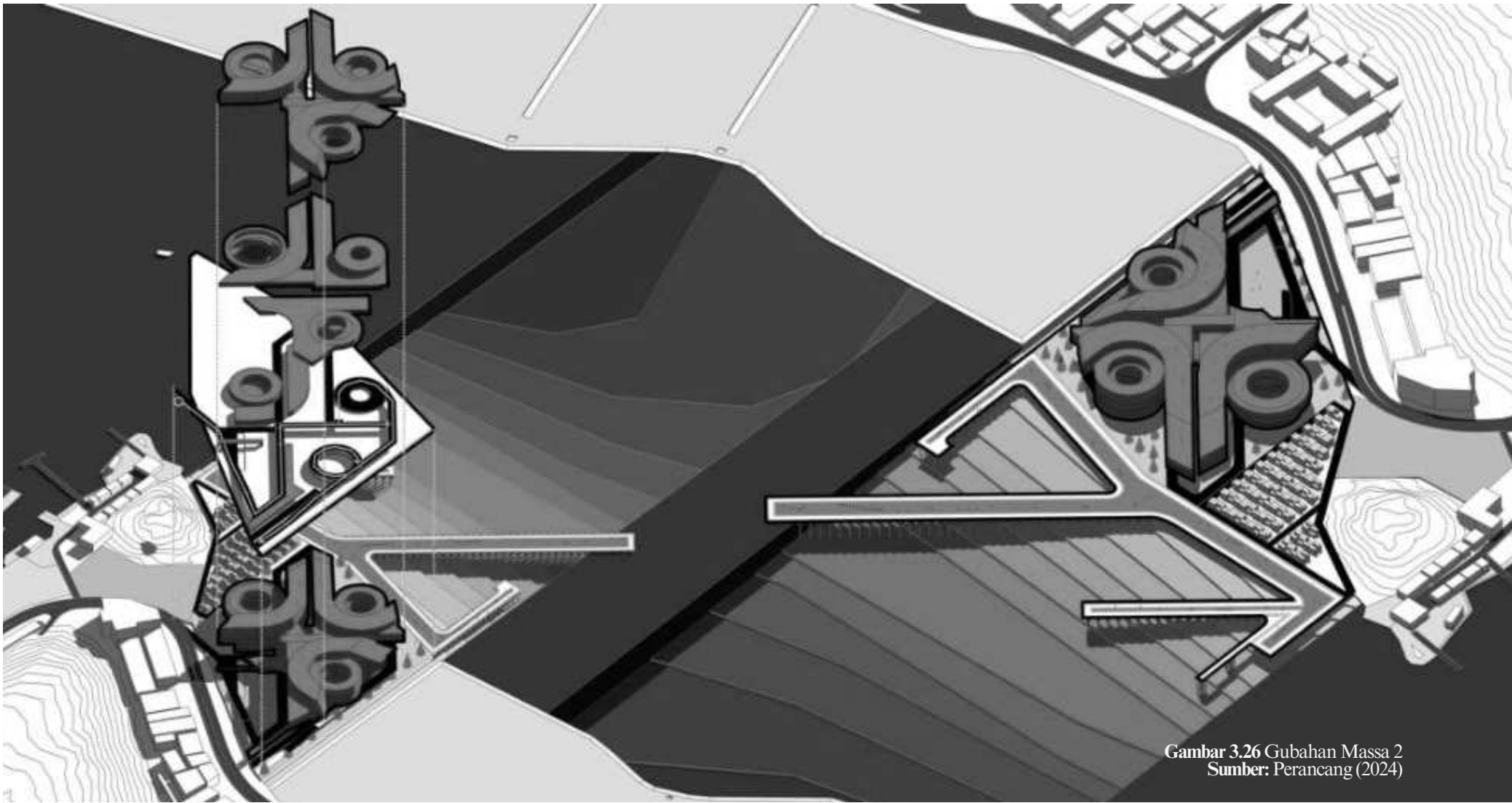
Potensi yang muncul akibat desain yang menghambat angin adalah pembebanan berlebih terhadap struktur bangunan dikarenakan bangunan dikenai beban lateral yang besar. Sehingga eksplorasi gubahan massa 1 tidak terpilih.



Eksplorasi Gubahan 1 - Simulasi *Fluida & Static Pressure*



Gambar 3.25 Simulasi Gubahan Massa 1
Sumber: Perancang (2024)



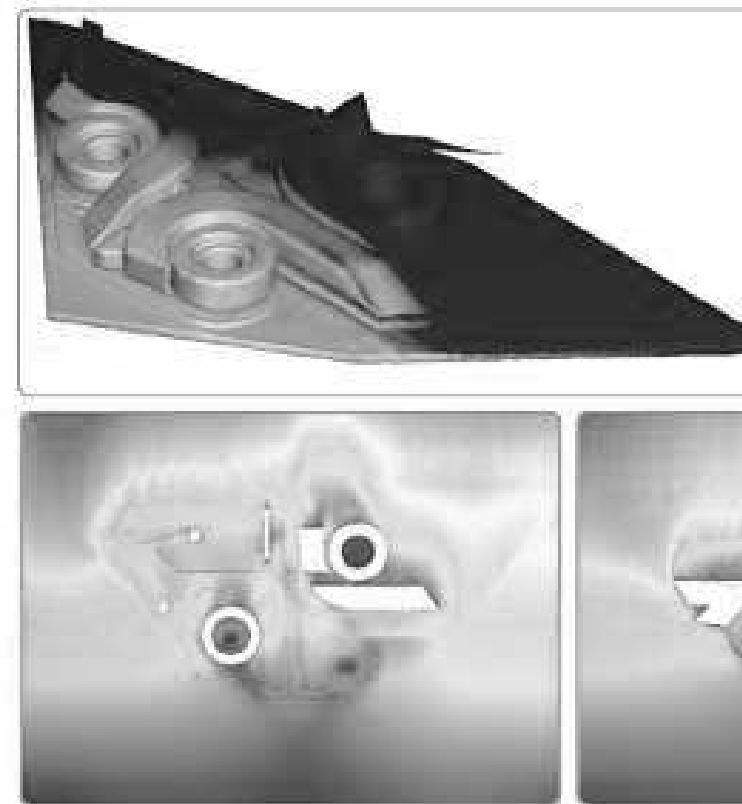
Gambar 3.26 Gubahan Massa 2
Sumber: Perancang (2024)

3.7.2 Gubahan Massa 2

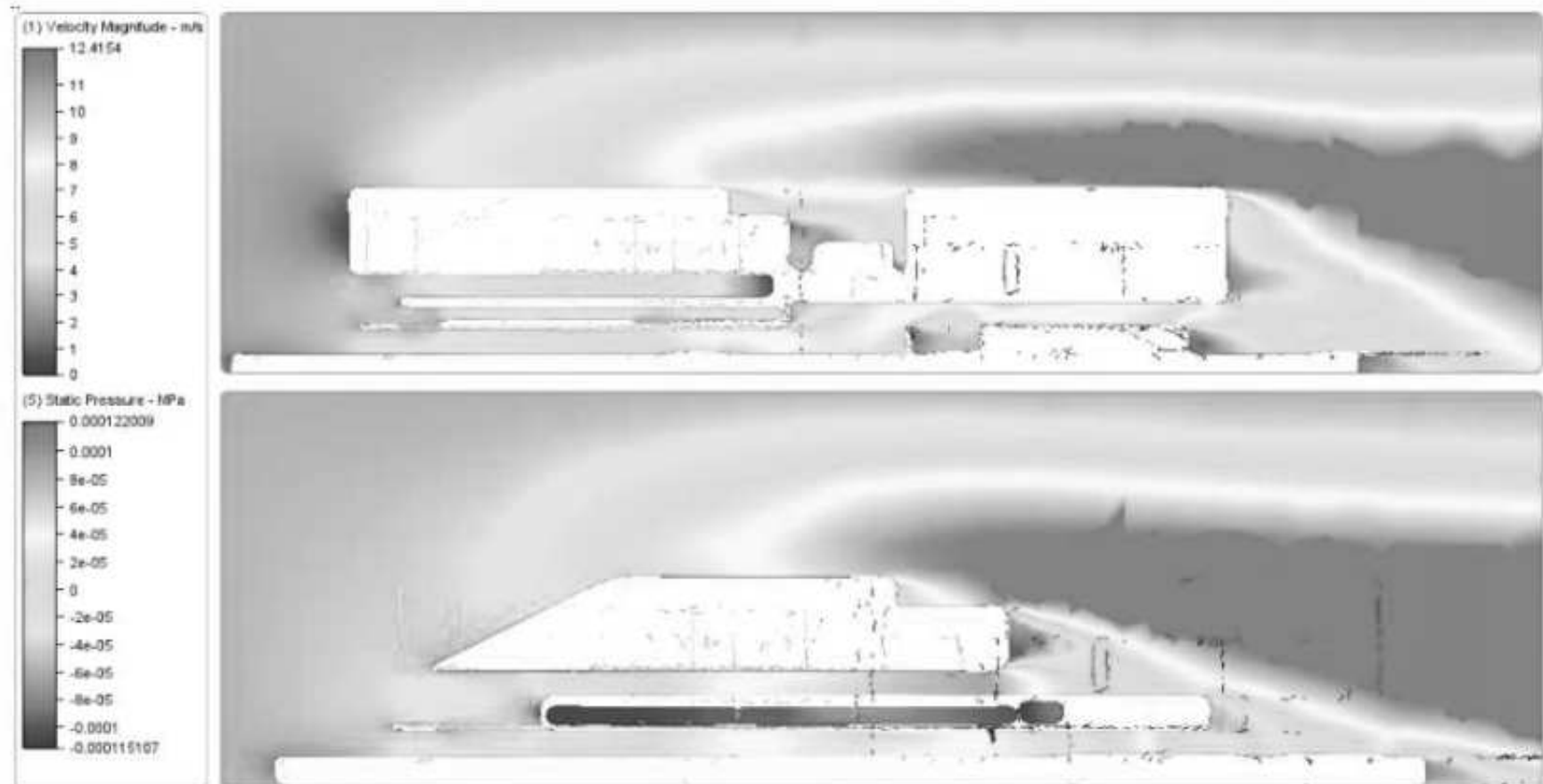
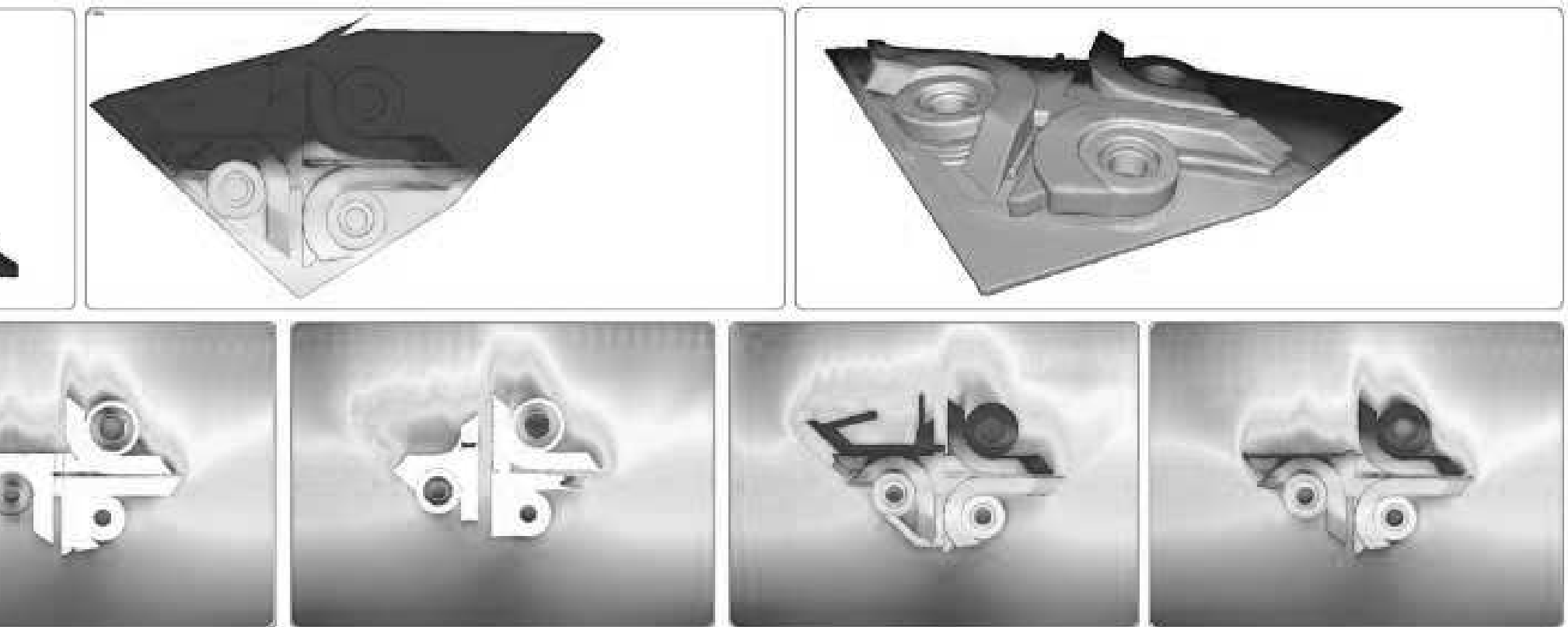
Desain gubahan massa dua ini mencoba menggunakan alternatif bentuk lain yaitu perpaduan antara persegi panjang dan radial. Bentuk massa radial dengan sudut yang lebih sedikit diprediksikan akan lebih sedikit mengalami hambatan udara. Terdapat juga bentuk persegi panjang dimana salah satu sisi bidang yang mengalami kontak langsung dengan udara dibuat tidak tegak lurus namun dibuat lebih meruncing.

Namun hasil simulasi menunjukkan bahwa bentuk pola radial dengan sudut lebih sedikit tidak cukup baik dalam meneruskan angin. Memang benar angin yang mengenai bidang tidak terlalu terhambat namun bidang yang terpapar static pressure sangat luas. Untuk bentuk massa persegi panjang yang lebih meruncing sudah cukup baik dalam meneruskan angin.

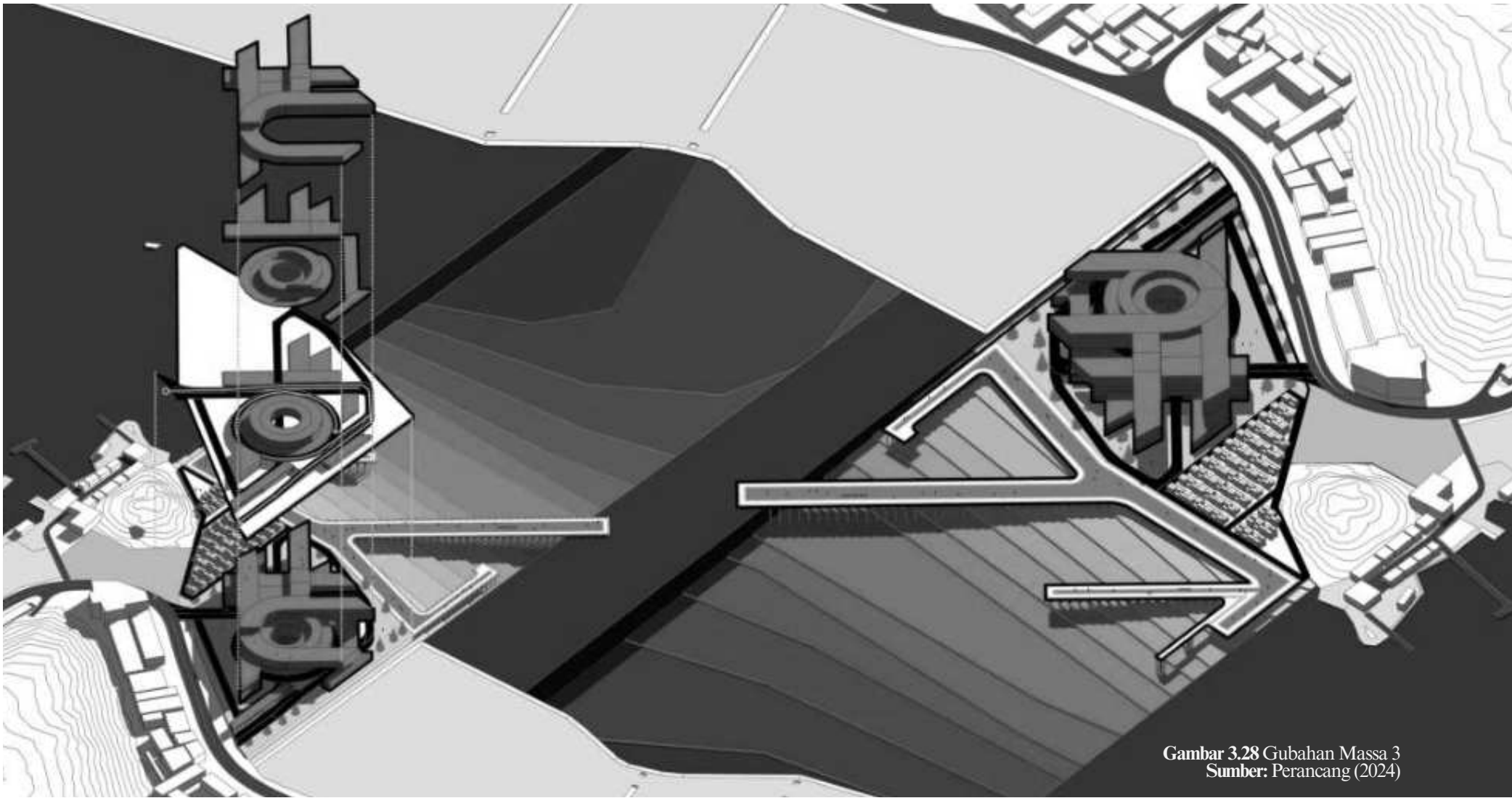
Dampak yang ditimbulkan dari bidang yang terlalu luas terpapar static pressure akan mengalami guncangan yang berlebih dan mengakibatkan komponen bangunan terlepas. Sehingga gubahan massa dua ini tidak direkomendasikan.



Eksplorasi Gubahan 2 - Simulasi Fluida & Static Pressure



Gambar 3.27 Simulasi Gubahan Massa 2
Sumber: Perancang (2024)

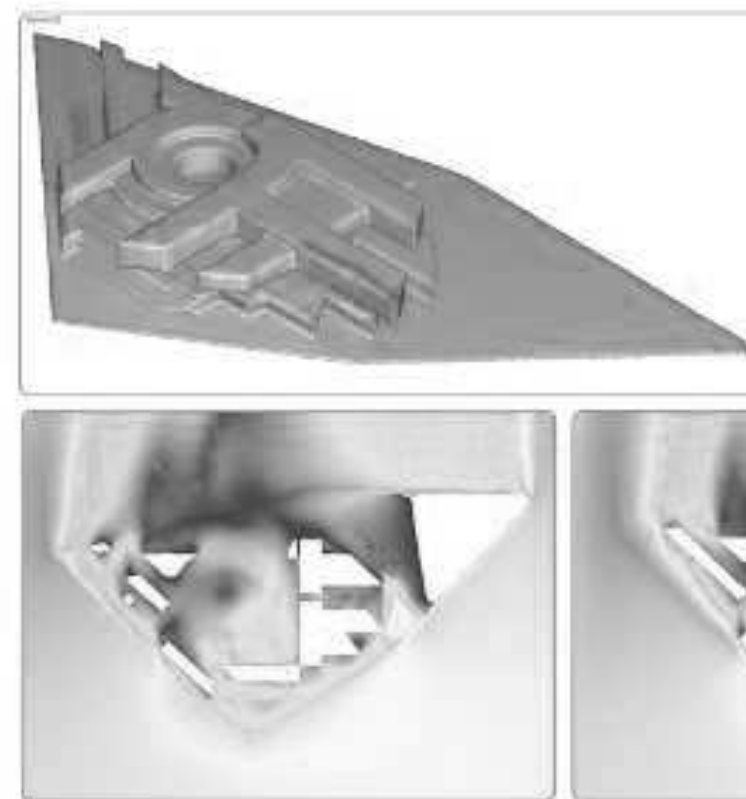


3.7.3 Gubahan Massa 3

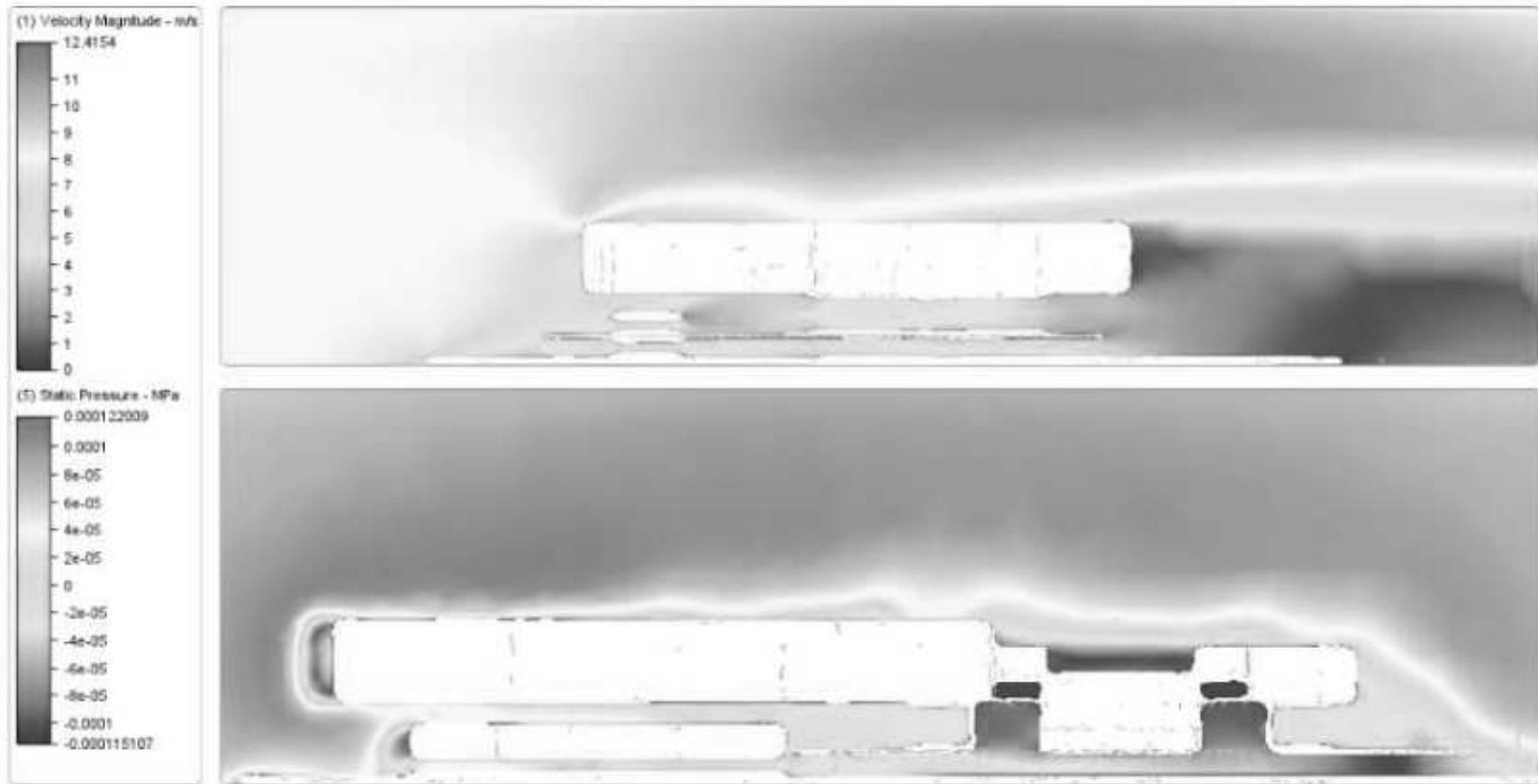
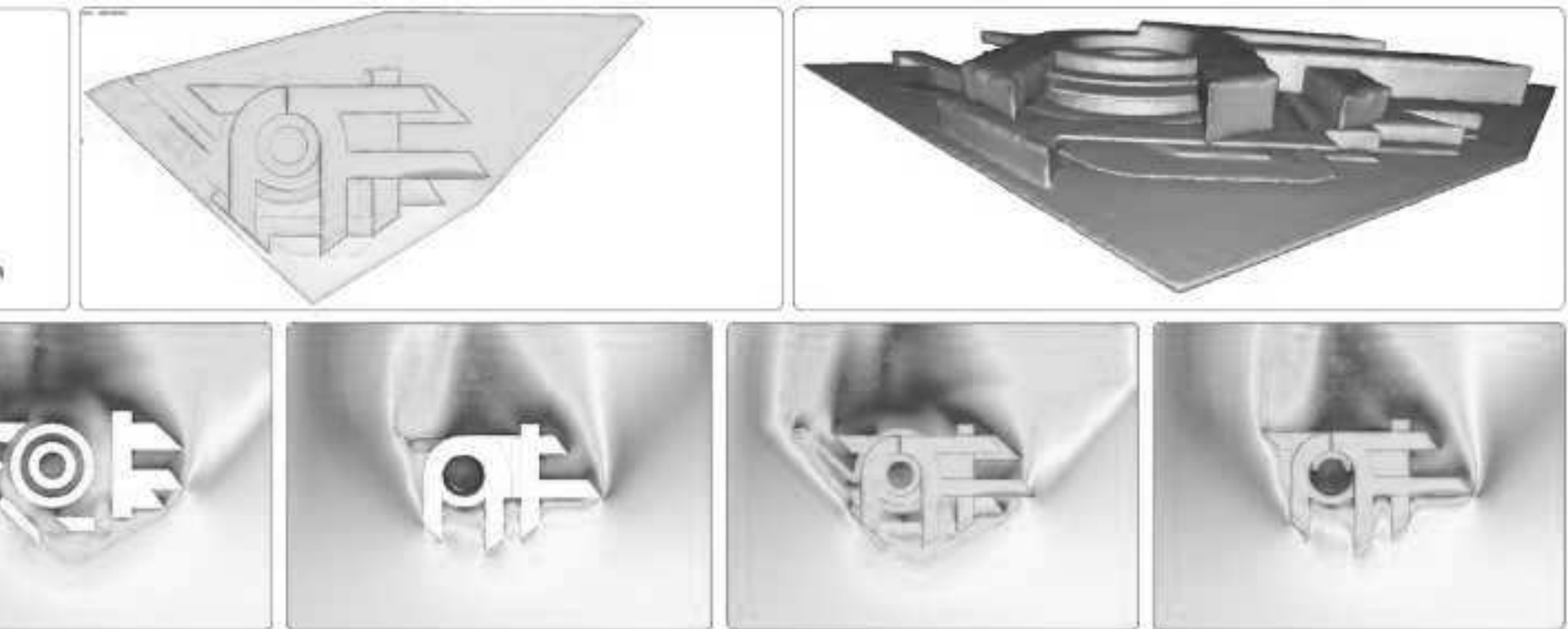
Pada eksplorasi gubahan massa 3 ini masih menggunakan bentuk radial dan persegi panjang yang tersegmentasi, hanya saja penataan massa persegi panjang yang akan mengalami kontak terlebih dahulu dengan angin. Pada massa persegi panjang ini bidang yang dibuat lebih mengerecut ke sisi samping bidang.

Simulasi *fluida* menunjukkan bahwa penempatan massa radial pada sisi yang tidak melakukan kontak langsung sudah lebih aman, sedangkan bentuk massa persegi panjang masih terpaapar static pressure sangat tinggi. Terdapat informasi baru bahwa penataan pola bangunan secara utuh atau *single building* berbentuk segitiga mampu membuat perlindungan secara alami pada sisi yang tidak mengalami kontak langsung.

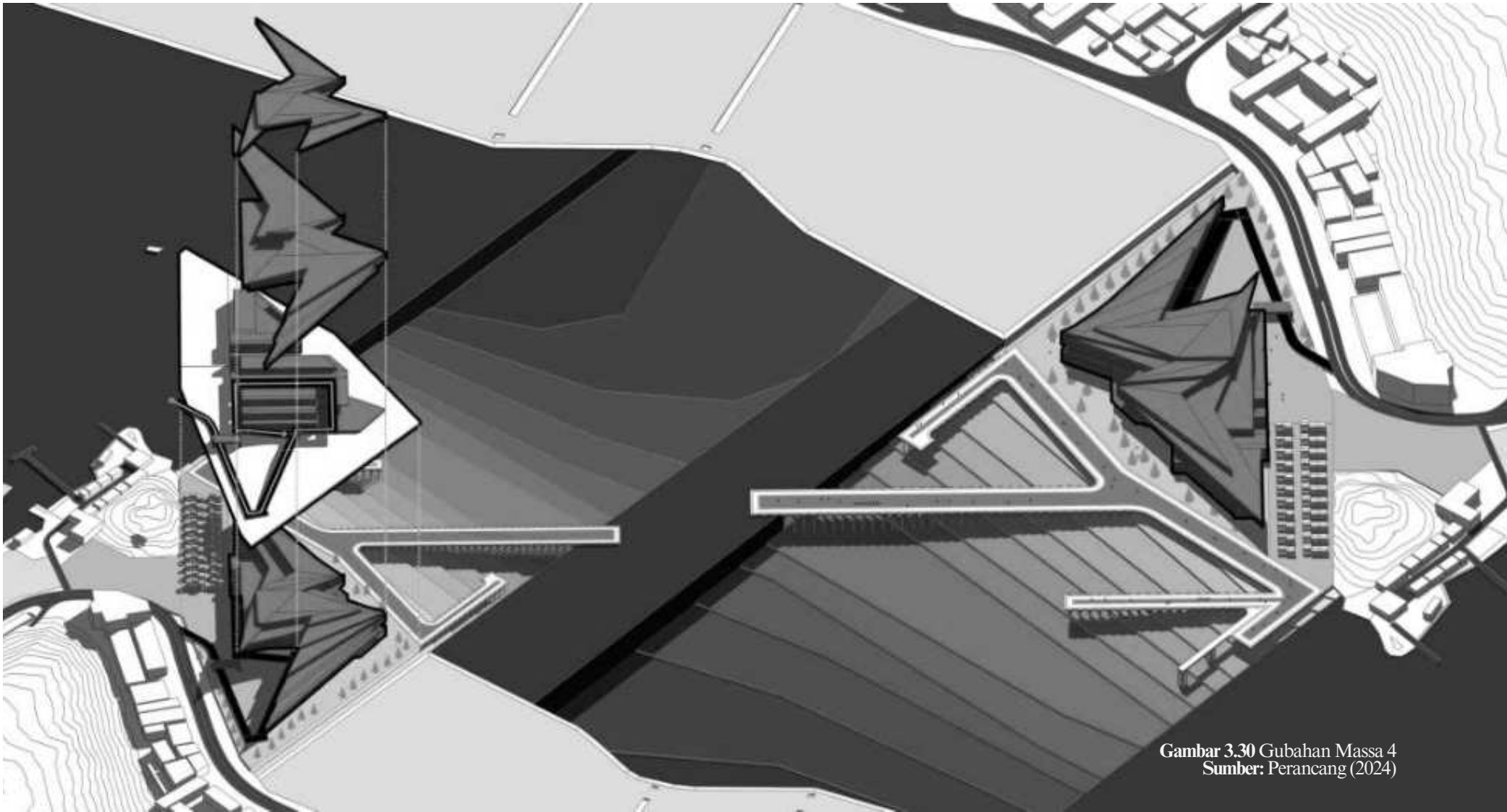
Namun tetap saja gubahan massa 3 masih tidak cukup baik performanya terhadap bentuk aerodinamis atap. Bidang yang terpapar *static pressure* yang diakibatkan massa tersegmentasi masih sangat besar walaupun pergerakan udara yang melewati bangunan sudah cukup baik.



Eksplorasi Gubahan 3 - Simulasi *Fluida & Static Pressure*



Gambar 3.29 Simulasi Gubahan Massa 3
Sumber: Perancang (2024)



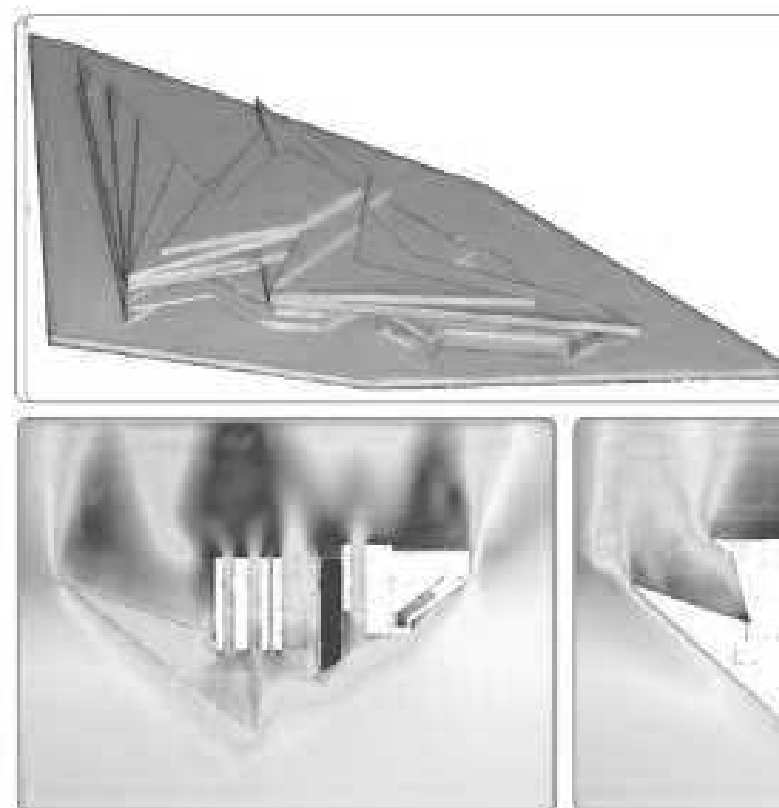
Gambar 3.30 Gubahan Massa 4
Sumber: Perancang (2024)

3.7.4 Gubahan Massa 4

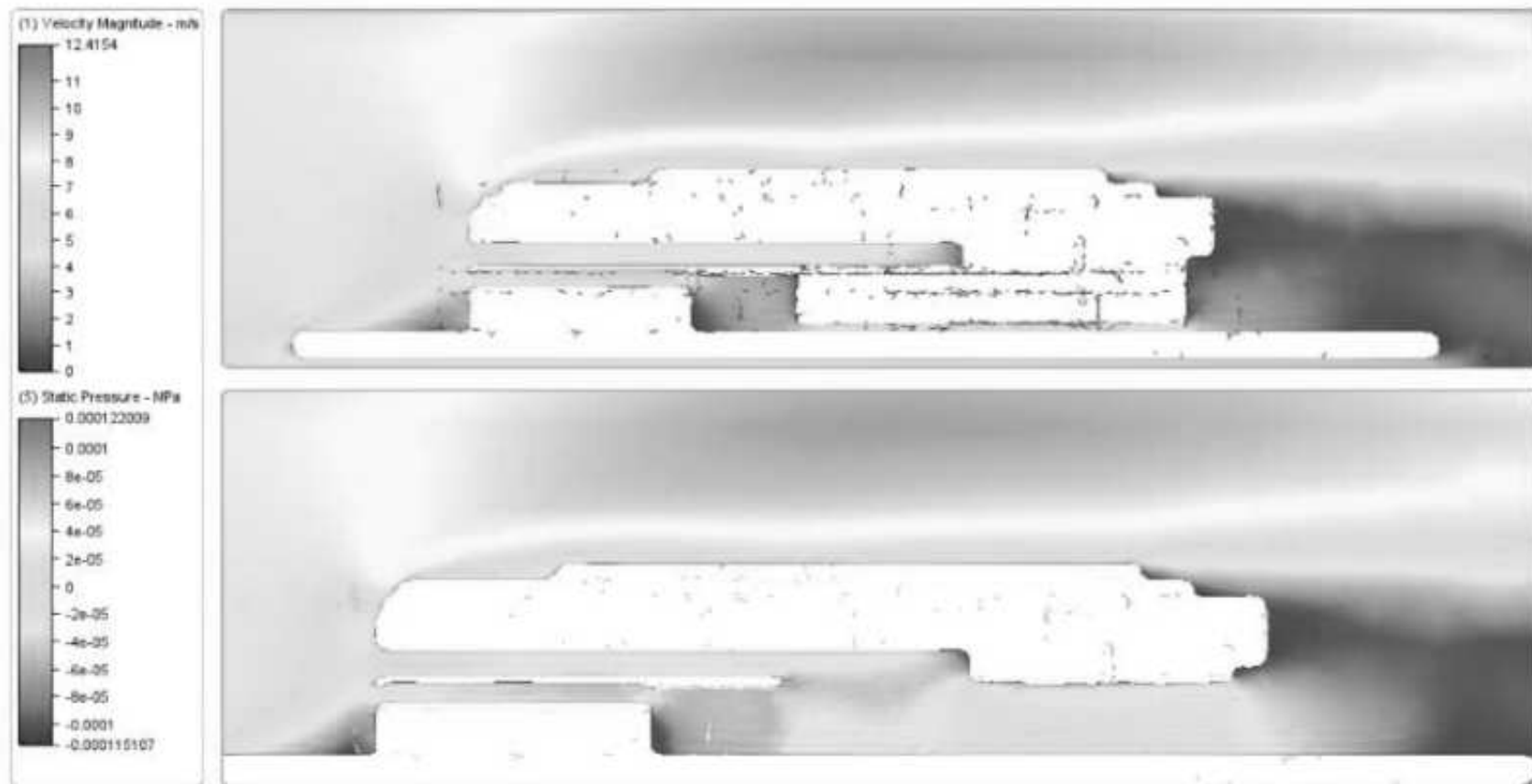
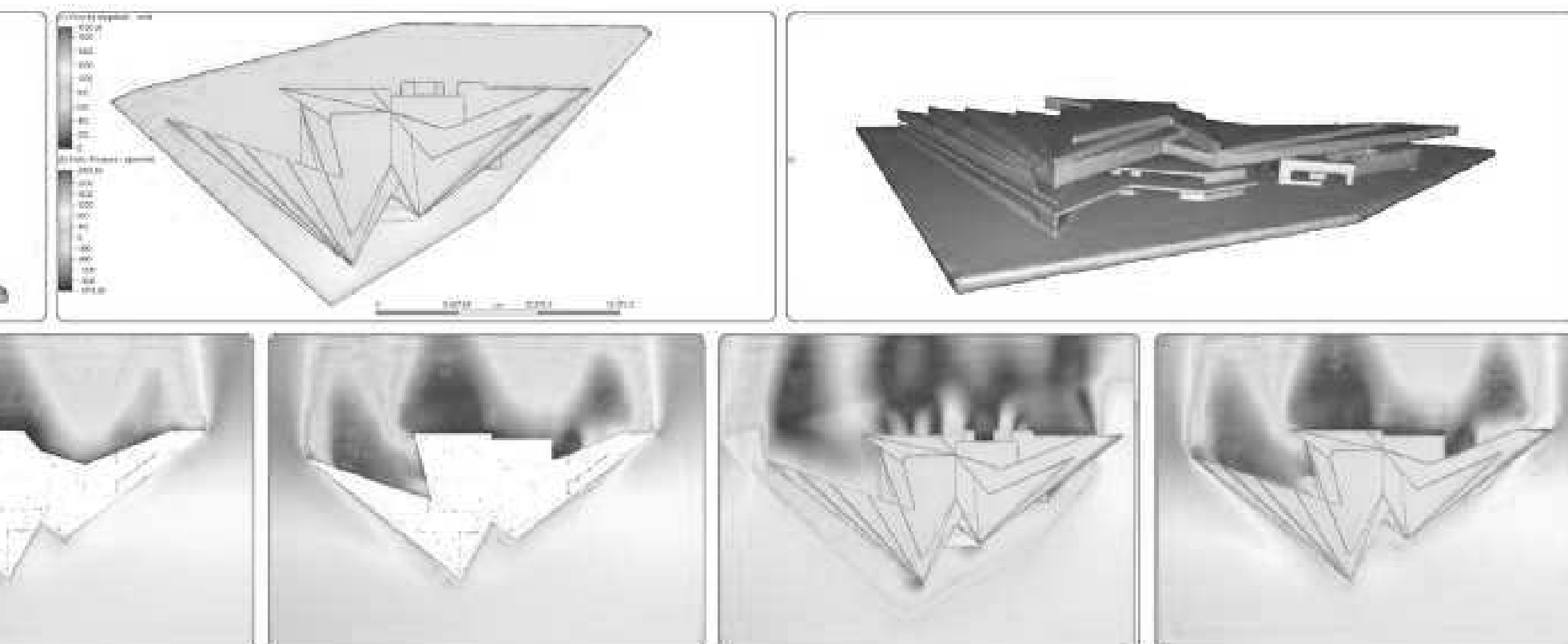
Eksplorasi gubahan massa ke empat mencoba mengembangkan bentuk segitiga *single building* dan sudah tidak memasukkan lagi bentuk massa persegi panjang dan radial. Bentuk massa bangunan dibuat berundak atau lebih tinggi pada sisi yang tidak terpapar angin langsung dengan tujuan membuat sudut yang lebih tajam.

Hasil simulasi CFD menunjukkan bahwa pergerakan angin yang melewati bangunan sudah sangat minim hambatan jika dibandingkan dengan 3 gubahan massa sebelumnya. Pada sisi mengerucut yang memang didesain untuk memecah angin memang mengalami *static pressure* yang lebih tinggi namun angin yang terdispersi membentuk semacam pelindung yang menyelimuti bidang yang lain. Walaupun bidang yang lain tidak tersegmentasi dan cukup luas namun karena efek dispersi membuat bidang ini tidak terkena beban lateral yang besar.

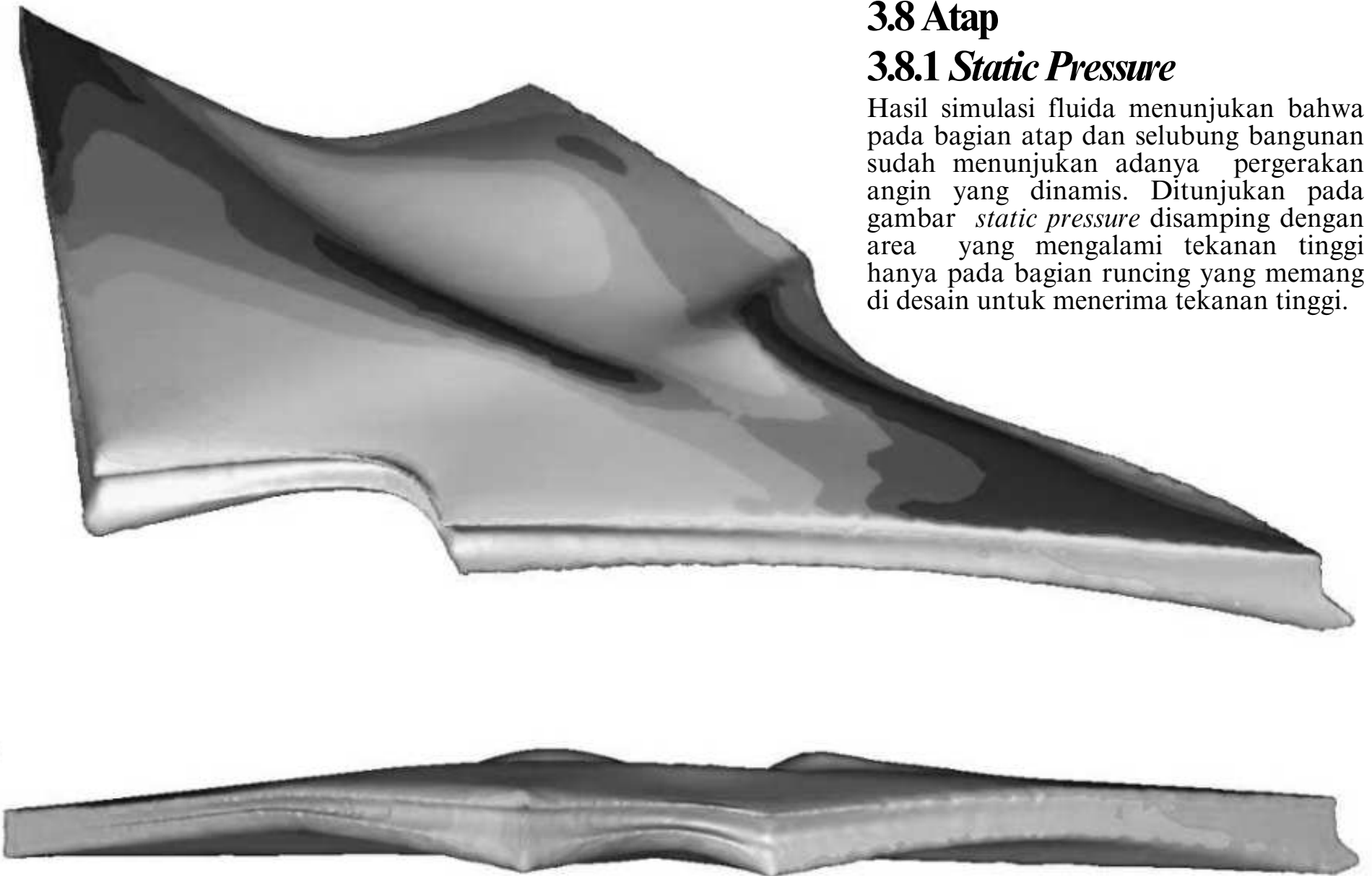
Gubahan massa 4 ini menjadi opsi yang paling baik performanya terhadap aerodinamis bentuk atap dan massa bangunan. Sehingga gubahan massa inilah yang dipilih untuk dikembangkan kedepannya.



Eksplorasi Gubahan 4 - Simulasi *Fluida & Static Pressure*



Gambar 3.31 Simulasi Gubahan Massa 4
Sumber: Perancang (2024)



Gambar 3.32 Atap *Static Pressure*
 Sumber: Perancang (2024)

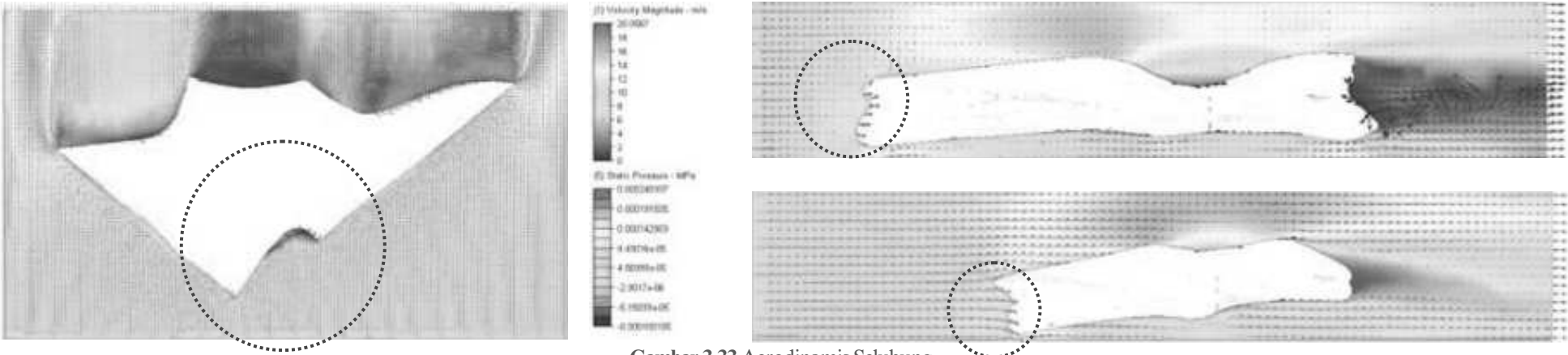
3.8 Atap

3.8.1 *Static Pressure*

Hasil simulasi fluida menunjukkan bahwa pada bagian atap dan selubung bangunan sudah menunjukkan adanya pergerakan angin yang dinamis. Ditunjukkan pada gambar *static pressure* disamping dengan area yang mengalami tekanan tinggi hanya pada bagian runcing yang memang di desain untuk menerima tekanan tinggi.

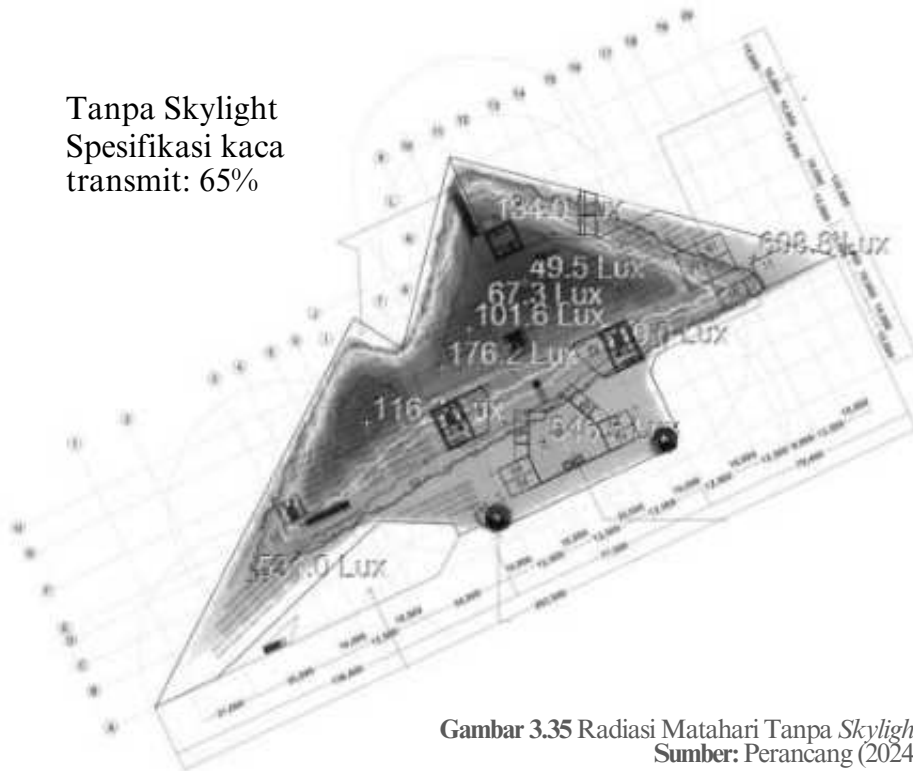
3.8.2 Aerodinamis Selubung

Keseluruhan pergerakan angin yang mengenai selubung dan atap bangunan sudah sangat baik. Angin sudah terdipersi sehingga membentuk pelindung pada sisi lain selubung. Terdapat 2 titik *static pressure* pada 2 sudut runcing yang memang dimaksudkan sebagai pemecah angin.



Gambar 3.33 Aerodinamis Selubung
 Sumber: Perancang (2024)

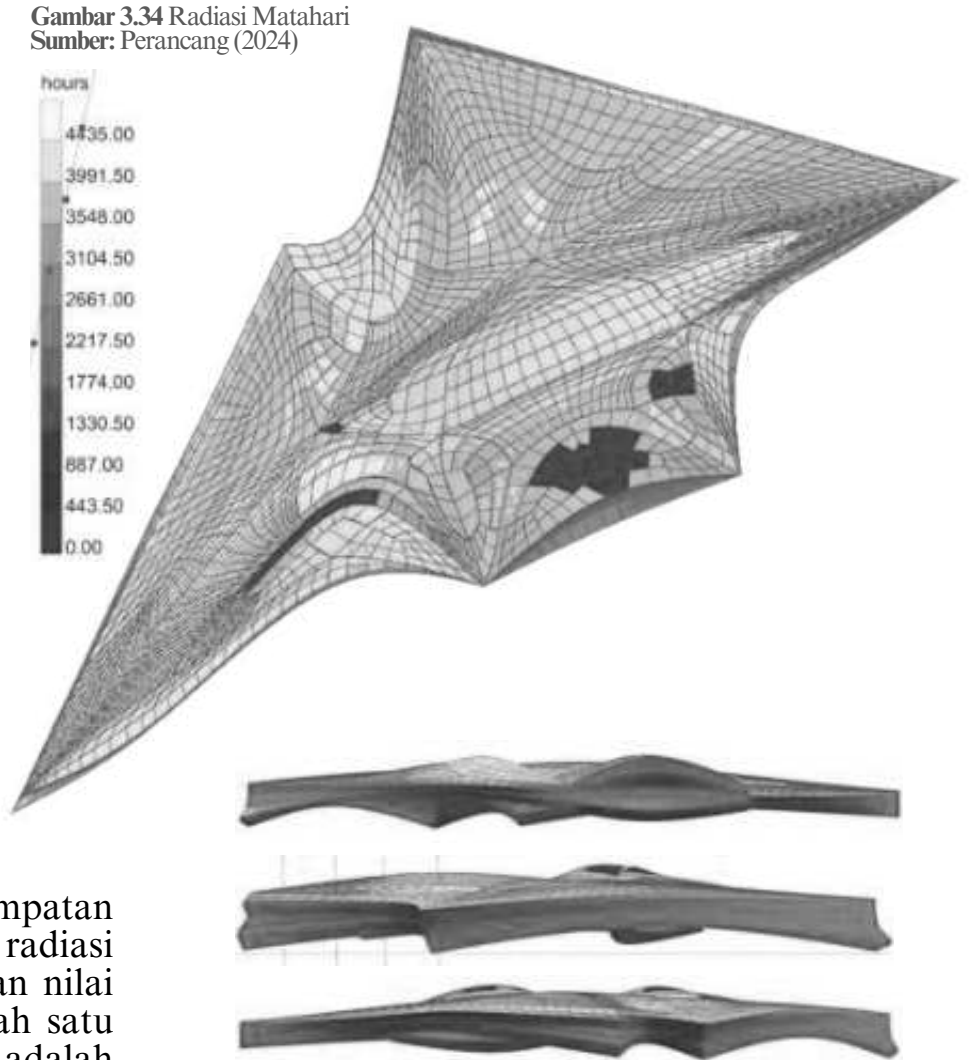
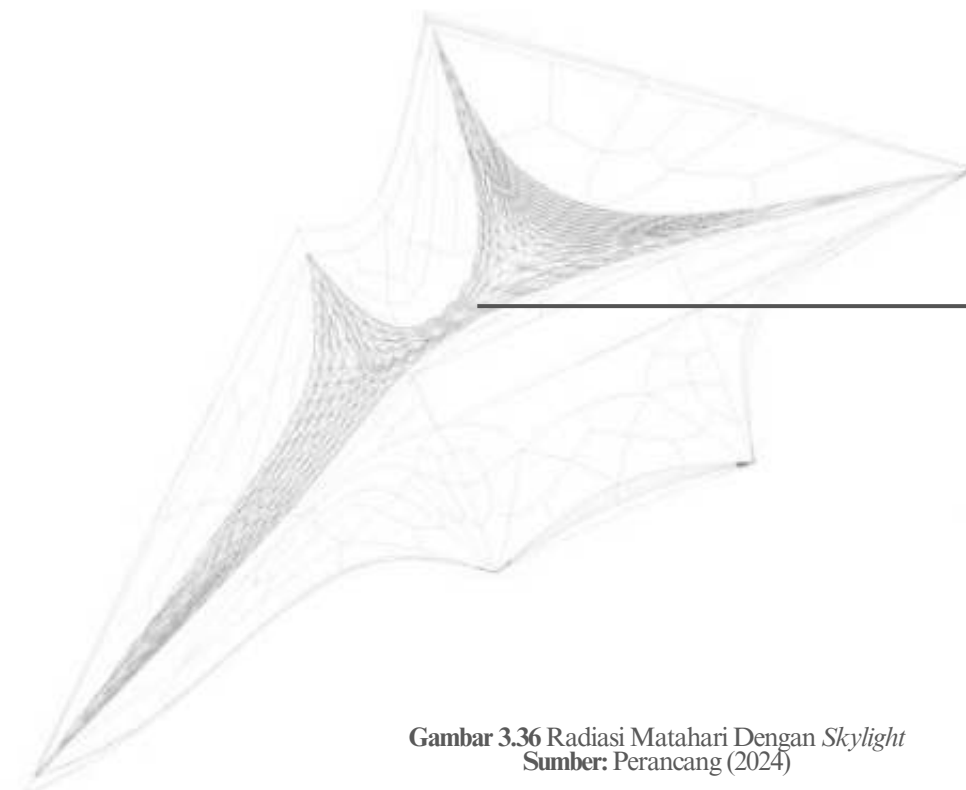
Tanpa Skylight
Spesifikasi kaca
transmit: 65%



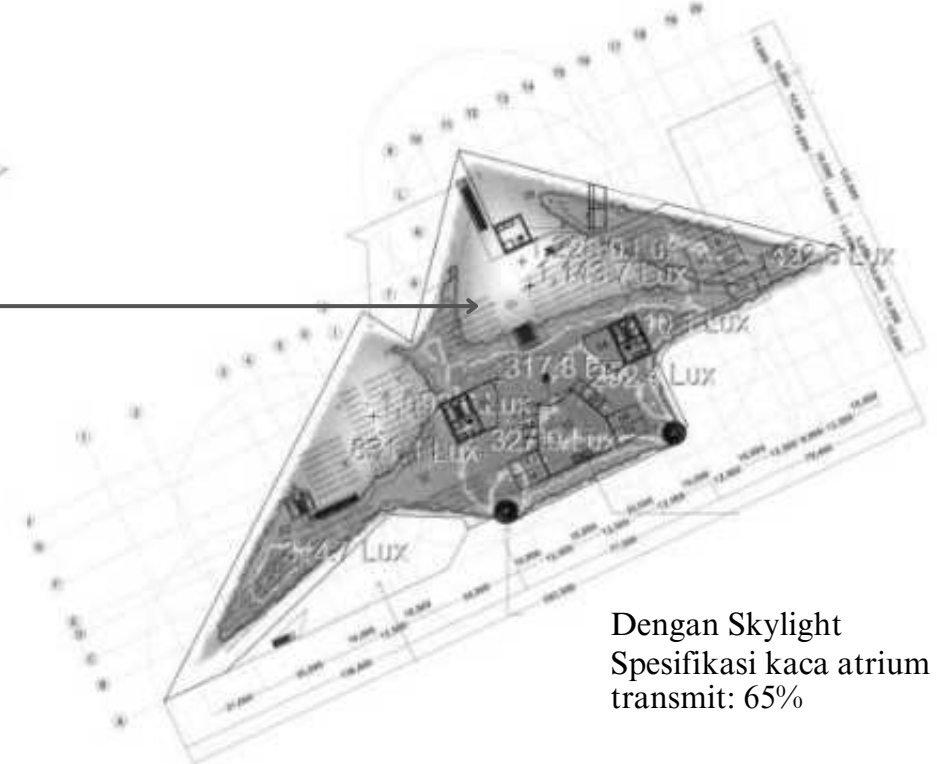
Gambar 3.35 Radiasi Matahari Tanpa *Skylight*
Sumber: Perancang (2024)

3.8.3 Radiasi Matahari

Skylight yang berada diatap bangunan adalah penempatan bukaan yang kurang strategis karena akan memasukan radiasi panas matahari. Untuk itu diperlukan kaca atrium dengan nilai U value yang rendah dan nilai transmit yang tinggi. Salah satu material kaca yang memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan adalah *6mm tempered glass with polyvinyl butraylor laminate and heat soak*.



Gambar 3.36 Radiasi Matahari Dengan *Skylight*
Sumber: Perancang (2024)

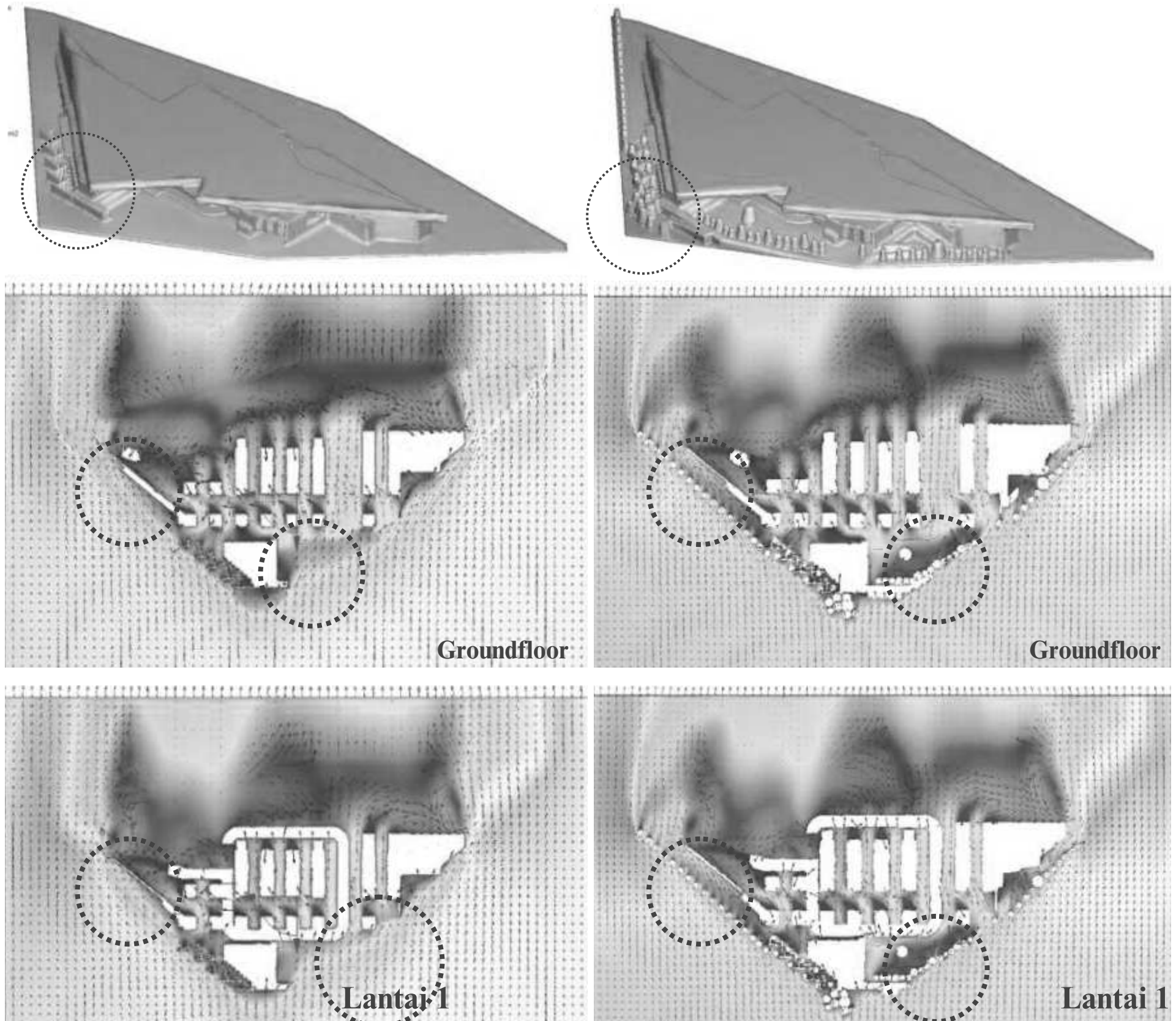


Dengan Skylight
Spesifikasi kaca atrium
transmit: 65%

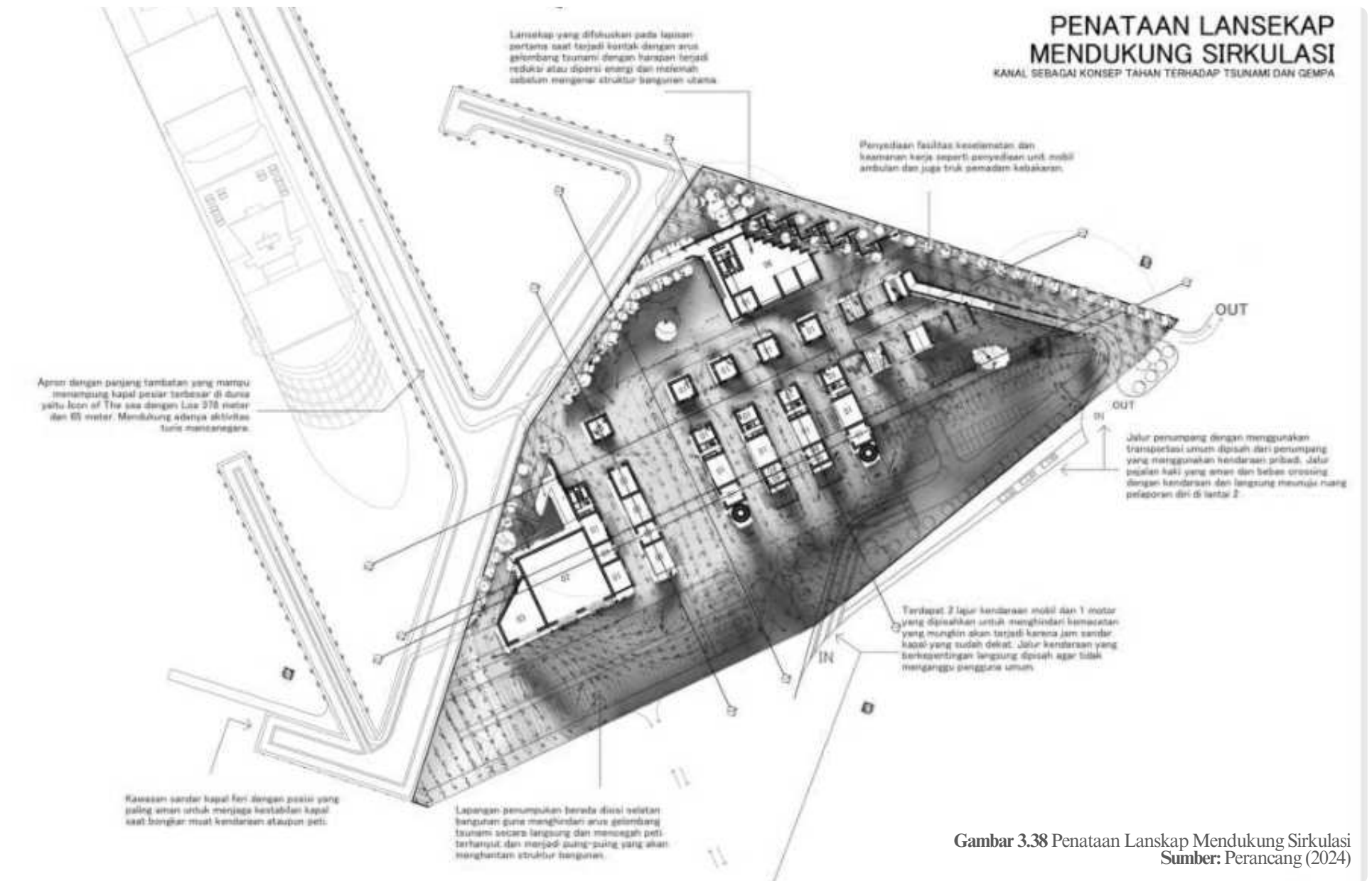
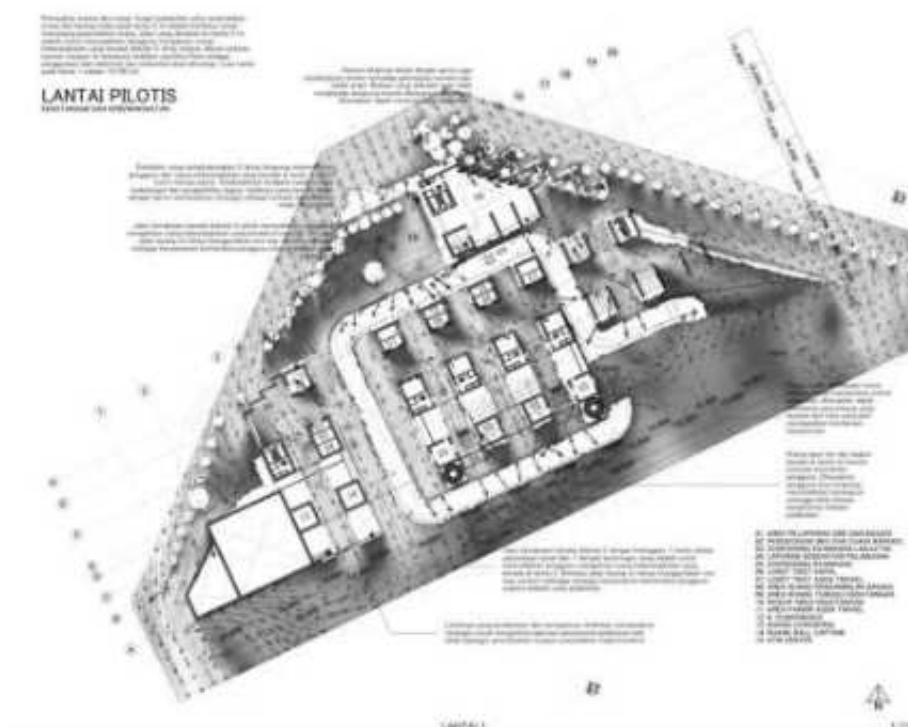
3.9 Site Barrier

3.9.1 Breakwater dan Vegetasi

Dengan adanya breakwater pada sabuk hijau dan lansekap menciptakan pelindung yang menghambat pergerakan air didalam lansekap. Hal ini menunjukkan bahwa dengan barrier dan vegetasi dengan lebar 5 meter dan tinggi 7 meter sudah cukup untuk menghalau arus gelombang tsunami.



Gambar 3.37 Breakwater dan Vegetasi
Sumber: Perancang (2024)



3.9.2 *Super Impose Barrier*

Hasil uji simulasi CFD yang di tracing pada site menunjukkan bahwa air sudah dapat di redam kecepatannya sehingga sudah aman untuk mengenai struktur bangunan. Namun terjadi percepatan kembali setelah melewati massa bangunan. Hal ini akan membahayakan bangunan dan area yang ada dibelakang bangunan.

Pada lantai 1 hasil simulasi juga menunjukkan bahwa air sudah bergerak dengan aman dikarenakan konsep kanal yang mengarahkan air sehingga pergerakannya dapat terkontrol.

Bentuk massa ini sudah sangat baik dalam menjaga pergerakan air dan meredam kecepatannya namun perlu ditingkatkan untuk perlindungan disekitar lokasi perancangan.

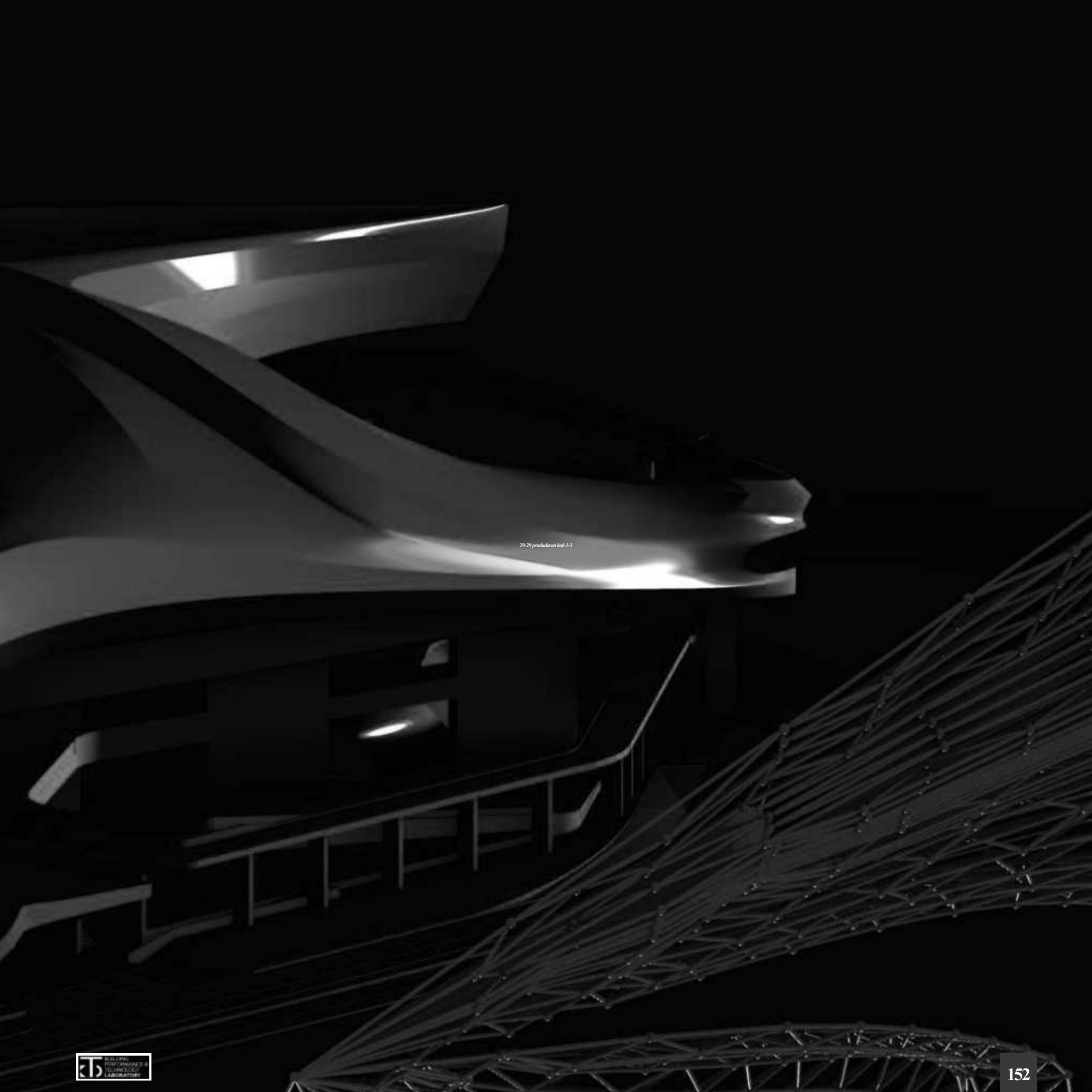
BAB 4

Bagian Pengembangan Perancangan

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience* *Architecture*

"Resilient architecture is essential in ensuring that buildings not only withstand disasters but also continue to function effectively in post-disaster conditions." Vale & Campanella (2005)
"Communities and their built environment must be designed to anticipate, absorb, and adapt to future shocks to sustain long-term functionality." Godschalk (2003)





29-29 pendakian bab 1-3

4.1 Building Resilience Project Rating

4.1.1 Geoseismik

Geoseismik merupakan aspek fundamental yang harus diperhitungkan dalam perancangan pelabuhan, mengingat aktivitas tektonik, seperti gempa bumi dan pergerakan sesar yang terdapat pada wilayah kota Sorong. Wilayah dengan tingkat aktivitas seismik tinggi memiliki risiko terhadap fenomena pergeseran tanah, dan tsunami, yang dapat menyebabkan kerusakan pada dermaga, fasilitas bongkar muat, serta infrastruktur pendukung lainnya.

Oleh karena itu, dalam konteks perancangan pelabuhan di kawasan rawan gempa, diperlukan penerapan prinsip Resilient Architecture yang mencakup desain struktur tahan gempa, penggunaan material dengan karakteristik fleksibel dan ketahanan tinggi terhadap guncangan, serta strategi mitigasi bencana yang terintegrasi guna meminimalisasi risiko geoseismik terhadap keberlanjutan operasional pelabuhan.

Rate



GS01. 1 km Distance from Earthquake Fault or Seismically Designed/Built



Jalur patahan atau sesar Sorong memiliki jarak +/- 40 km dari lokasi perancangan. Lokasi perancangan berada di bibir pantai yang tidak memiliki perlindungan alami terhadap jalur gelombang yang di prediksikan.

B 103 Hal

GS02. Foundation Seismically Designed For Site-Specific Soil Conditions



Perancangan Pelabuhan Utama Sorong sudah melakukan kajian lapisan tanah dan menentukan jenis pondasi yang sesuai yaitu pondasi raft + Spunpile.

A 103 Hal

GS03. Foundation Piling Adequately Secured in Rock Below Subsiding Soils



Pondasi raft yang dikombinasikan dengan spun pile memastikan pondasi dapat menyentuh lapisan batuan keras dibawah tanah. Gaya gesek yang dihasilkan oleh spun pile akan mencegah bangunan mengalami penurunan.

AA 183 Hal

GS04. Foundation Designed for Site-Specific Subsiding Soil Conditions



Pondasi raft memiliki bidang tapak yang lebar, menjaga bangunan mengalami penurunan dan termasuk kedalam pondasi dangkal. Cocok digunakan pada tanah yang memiliki ketidak konsistensinan seperti tanah reklamasi

A 183 Hal

GS05. Slope of Neighboring Area < 30 degrees



Diketahui:
• Ketinggian bukit = 28 meter
• Jarak horizontal = 180 meter
Maka,
 $\theta = \tan^{-1} (28/180)$
Sudut kemiringan bukit yang ada pada sisi timur bangunan adalah sekitar 8,84°.

AA 04 Hal

GS06. 25 km Distance from a Volcano (50 km, if in a valley)



Papua merupakan salah satu dari dua pulau besar di Indonesia (bersama Kalimantan) yang tidak memiliki gunung berapi aktif. Fenomena ini disebabkan oleh faktor geodinamika lempeng tektonik.

AA

GS07. Not a Historically Recorded Landslide Area



Lokasi perancangan yang berada di jalan Yos Sudarso belum pernah terjadi longsor dikarenakan topografi site yang tidak berdekatan dengan tebing atau lereng.

B 04 Hal

GS08. Lateral Force Resistance System in All Floors and First Level Anchored to Foundation



Struktur bangunan Pelabuhan sudah menerapkan shear wall pada bagian lower structure yang juga berfungsi menopang struktur baja diatasnya. Shear wall berperan sebagai sebagai struktur kanal yang mengarahkan gelombang tsunami.

A 183 Hal

GS09. Connected Main Structure



Struktur kaku (shear wall) dan fleksibel (steel) di sambung secara menerus oleh base isolator. Shearwall yang berbentuk persegi sebagai core bangunan terhubung dari basement hingga ke lantai 2 atau FFL +12.00.

B 181 Hal

GS10. Steel Reinforced Walls



Shear wall pada lower structure bangunan pelabuhan sudah diperkuat oleh struktur tulangan baja yang terhubung dari basement hingga ke lantai 2 (sacrifice floor) atau FFL +12.00.

B 186 Hal

GS11. Steel Reinforced Fireplaces and Chimneys



Bangunan terminal pelabuhan tidak menggunakan chimney sebagai media penghangat ruangan sehingga poin ini bisa dilewatkan atau dianggap sudah memenuhi.

A

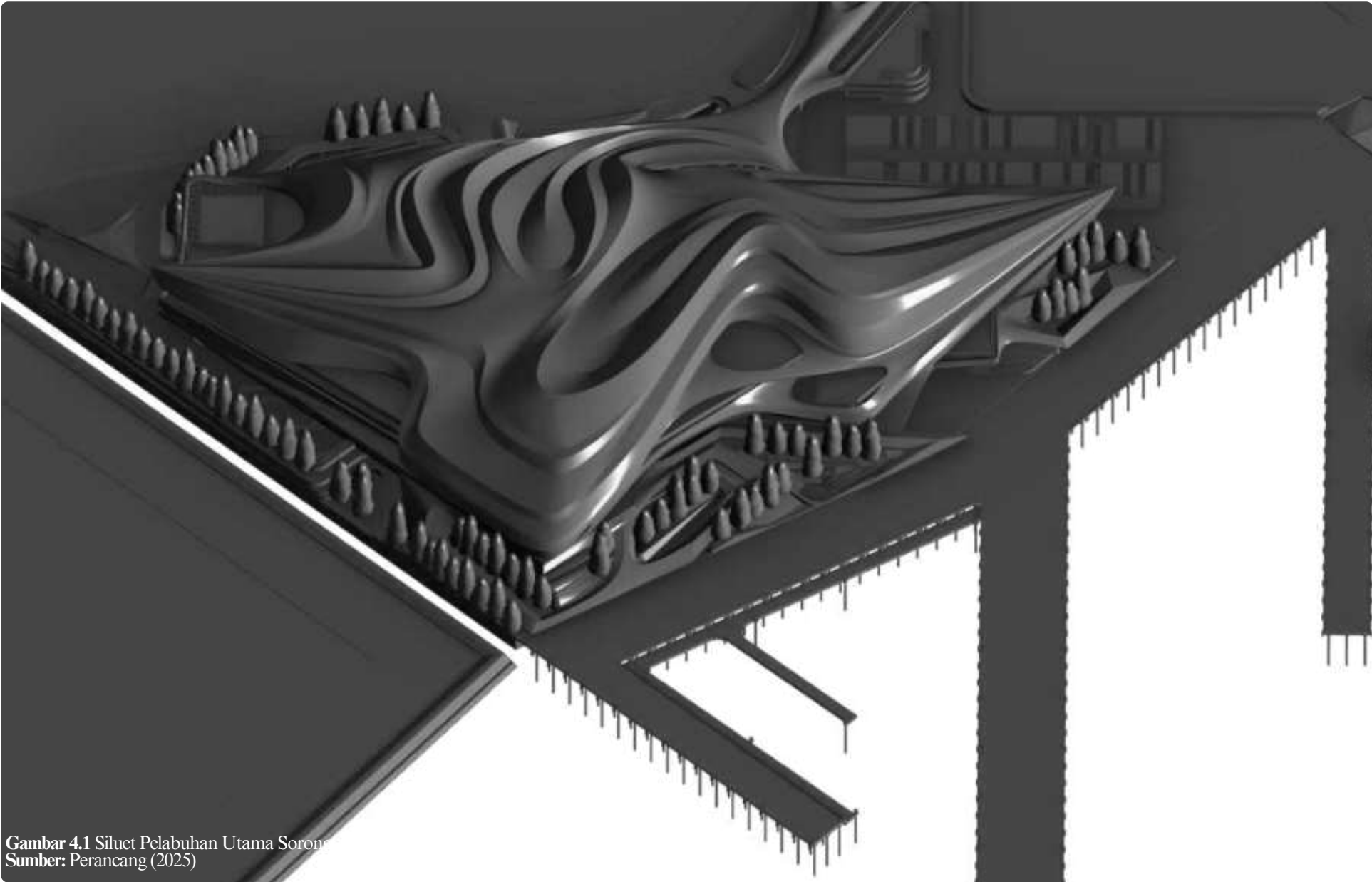
GS12. Structure with Seismic Base Isolation



Base Isolator sebagai struktur penghubung antara 2 perilaku struktur sebagai pemenuhan tuntutan struktur tahan tsunami dan gempa.

AA 184 Hal

Tabel 4.1 Building Resilience Project Rating Geoseismik
Sumber: Perancang (2024)



Gambar 4.1 Siluet Pelabuhan Utama Sorong
Sumber: Perancang (2025)

GS13.
Defensive Structures for Landslides



Walaupun tidak ada tebing yang berpotensi untuk mengalami longsor dan mengenai bangunan namun penataan lansekap pada sisi timur bangunan sudah diterapkan struktur sebagai penahan tanah yang sekaligus digunakan sebagai akses *dropoff* kendaraan umum.

AA ✓
Rate

GS16. Design Review for Geoseismic Hazard Mitigation Measures



Desain bangunan harus diajukan dan disetujui oleh lembaga persetujuan lokal sesuai dengan Kode Bangunan Nasional. Insinyur struktural bersertifikat yang bertanggung jawab atas kode yang diajukan.

B ✓
Rate

GS14. No Vertical Irregularities



Semua struktur kolom utama atau struktur utama vertikal bangunan menerus hingga ke basement. Tidak ada kolom bangunan utama yang berdiri tanpa penyangga kolom utama lainnya.

B **184** ✓
Rate Hal

GS17. Construction Independently Audited for Geoseismic Hazard Mitigation Measures



Bangunan melibatkan insinyur independen yang berkualitas, yang berbeda dan terpisah dari insinyur struktural yang bertanggung jawab atas kode atau lembaga persetujuan, untuk menginspeksi dan menyetujui konstruksi.

A ✓
Rate

GS15. Flexible Gas Piping with Automatic Seismic Shut-off Valves



Sistem plumbing pada bangunan pelabuhan menerapkan *Automatic Gas Shutoff Valves*. Ketika katup mengalami pergerakan yang signifikan, sebuah bola atau pelampung jatuh ke posisinya, sehingga memblokir aliran gas.

B ✓
Rate

GS18. Engineering Geological and Geohazard Assessment (EGGAR) Study or Equivalent



Bangunan harus dirancang dan dibangun sesuai dengan studi EGGAR harus dilakukan oleh ahli geologi berlisensi/ Laporan mencakup informasi umum, data geologi regional dan situs, fitur struktural, serta penilaian bahaya geologi dan uji geoteknik.

A ✓
Rate

4.1.2 Hidrometeorologi

Hidrometeorologi, yang mencakup fenomena cuaca ekstrem seperti badai tropis, gelombang tinggi, hujan lebat, dan banjir pesisir, dapat menimbulkan ancaman serius terhadap infrastruktur dan operasional pelabuhan. Curah hujan yang tinggi berpotensi menyebabkan genangan atau erosi pada lahan pelabuhan, sementara angin kencang dan gelombang tinggi dapat merusak dermaga, mengganggu proses sandar kapal, serta meningkatkan risiko kecelakaan maritim. Selain itu, kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim memperparah risiko banjir rob yang dapat mengganggu aktivitas logistik dan merusak fasilitas vital.

Dalam perancangan pelabuhan yang berada di wilayah rawan hidrometeorologi, diperlukan strategi mitigasi berbasis Resilient Architecture, seperti peninggian struktur breakwater, serta penerapan teknologi pemantauan cuaca untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan adaptasi terhadap kondisi ekstrem.

Rate



WT01. Not a Historically-known Natural Water Area in the Last 100 years

Lokasi perancangan berada di tanah reklamasi yang sebelumnya adalah laut dengan kedalaman 2 meter. Timbunan pada area reklamasi menggunakan tanah galian C dengan dasar tanah latosol putih.



AA 103

WT02. Not Located at the Low Point of a Valley or Gully

Lokasi perancangan berada di bibir pantai (dahulu nya sebelum di reklamasi). Lokasi perancangan juga tidak berada pada titik topografi rendah daripada area disekitarnya.



AA 104

WT03. More than 60% of the Site Perimeter is Sloped Away From and Not Towards Building



Perkerasan dan lahan terbuka hijau pada bangunan sudah dihalau oleh breakwater dengan ketinggian 7 meter dan memiliki kemiringan yang bervariasi. Pada lapangan penumpukan memiliki kemiringan sebesar 2%.

AA 169

WT04. Lowest Occupied Floor and Equipment Elevated at 6 m minimum

Lantai yang digunakan untuk aktivitas pengguna atau komersil berada pad ketinggian 7 meter diatas permukaan tanah. Peralatan Mekanikal dan Elektrikal berada pada ketinggian 17 meter.



AA 180

WT05. Lowest Occupied Floor and equipment Elevated at 5 m minimum

Lantai yang digunakan untuk aktivitas pengguna atau komersil berada pad ketinggian 7 meter diatas permukaan tanah. Peralatan Mekanikal dan Elektrikal berada pada ketinggian 17 meter.



A 180

WT06. Lowest Occupied Floor and Equipment Elevated at 3 m minimum

Lantai yang digunakan untuk aktivitas pengguna atau komersil berada pad ketinggian 7 meter diatas permukaan tanah. Peralatan Mekanikal dan Elektrikal berada pada ketinggian 17 meter.



B 180

WT07. Lowest Occupied Floor Elevated 15 m (Tsunami)

Ketinggian lantai okupansi dengan pengguna terbanyak adalah pada lantai pengelola dan juga ruang tunggu keberangkatan yang berada pada FFL+17.00 dan FFL +22.00.



AA 180

WT08. Lowest Occupied Floor Elevated 10 m (Tsunami)

Ketinggian lantai okupansi dengan pengguna terbanyak adalah pada lantai pengelola dan juga ruang tunggu keberangkatan yang berada pada FFL+17.00 dan FFL +22.00.



A 180

WT09. Lowest Occupied Floor Elevated 5 m (Tsunami)

Ketinggian lantai okupansi dengan pengguna terbanyak adalah pada lantai pengelola dan juga ruang tunggu keberangkatan yang berada pada FFL+17.00 dan FFL +22.00.



B 180

WT10. If Near Water Defense Infrastructure, the Lowest Occupied Floor is Elevated at least 3 m (or 5 m for Tsunami)

Bangunan tidak dekat dengan infrasitruktur air seperti bendungan dan tanggul melainkan berada pada pesisir laut.



B 184

WT11. Install Hydrostatic Flood Vents

Konsep Vents diterapkan pada konsep yang lebih luas. Pada perancangan Pelabuhan Utama Sorong ini vents di implementasikan menjadi konsep kanal yang tidak menghalau arus gelombang air.



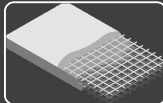
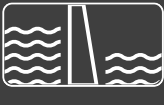
A 185

WT12. Sealed Roof

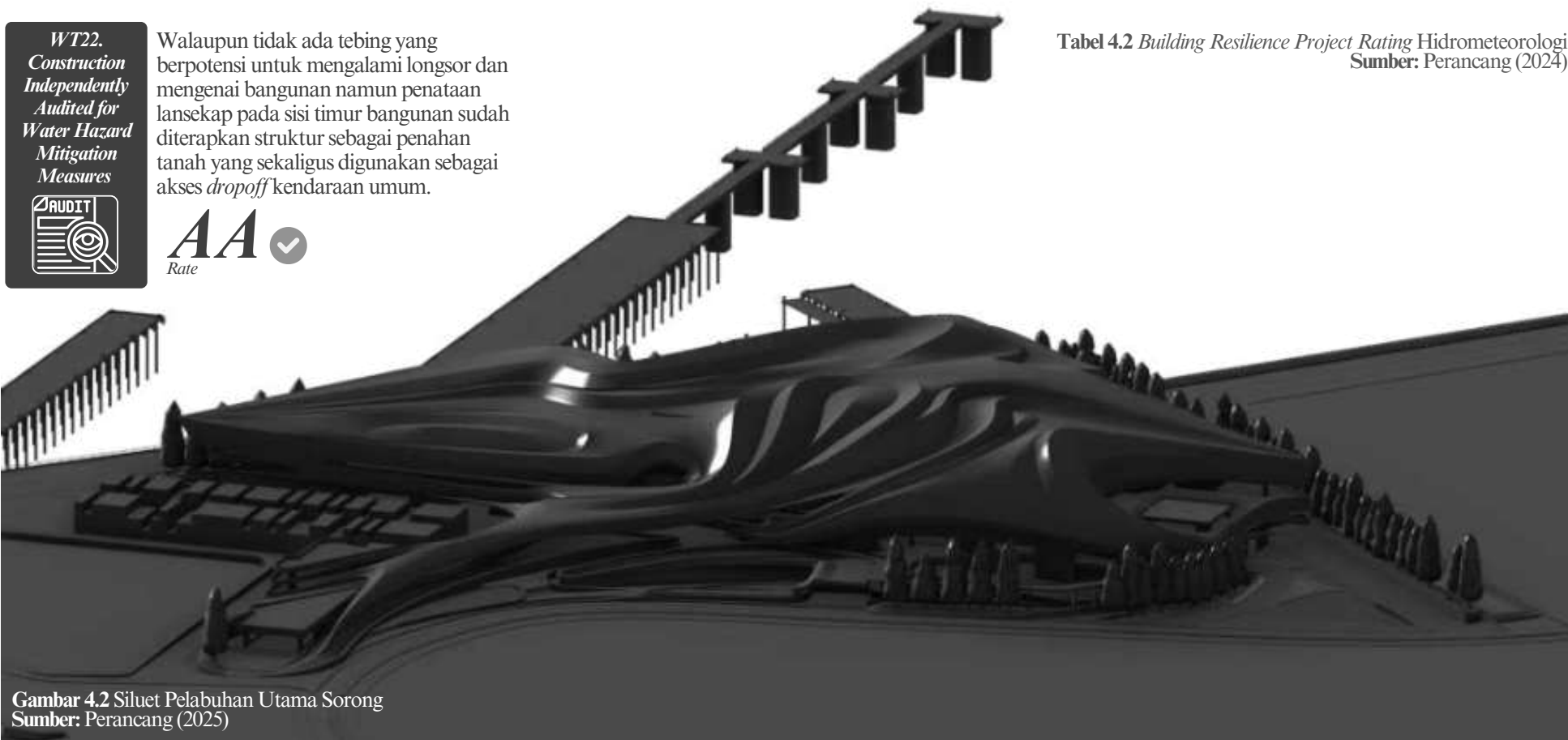
Material penutup atap dan selubung yang menggunakan FRP telah memiliki lapisan water sealed dengan jarak 5 cm guna mengakomodasi deformasi dan ruang untuk mengganti layer lapisan atap.



B 194

<p>WT13. Sealed Openings</p>  <p>B Rate</p>	<p>Pada lantai sacrifice floor sambungan antara jendela atau dinding partisi terluarsudah menggunakan sealed sehingga mencegah rembesan air masuk kedalam ruangan.</p>	<p>WT14. Backflow Valves</p>  <p>A Rate</p>	<p>Backflow Valves digunakan untuk mencegah air kotor masuk kembali kedalam pipa pembuangan diakrenakan tekanan dari luar yang diakibatkan oleh banjir atau gelombang pasang.</p>	<p>WT15. Onsite Water Retainage for 200-year Precipitation Scenario</p>  <p>AA Rate</p>	<p>Bangunan ini tidak perlu menggunakan bak penampungan yang mencegah air hujan membebani saluran drainase kota karena air dari hujan langsung di alirkan menuju laut.</p>
<p>WT16. Onsite Water Retainage for 100-year Precipitation Scenario</p>  <p>A Rate</p>	<p>Bangunan ini tidak perlu menggunakan bak penampungan yang mencegah air hujan membebani saluran drainase kota karena air dari hujan langsung di alirkan menuju laut.</p>	<p>WT17. Permeable Outdoor Surrounding Surfaces</p>  <p>AA 186 Rate Hal</p>	<p>Walaupun tidak menggunakan permeable karena tuntutan fungsi. Bangunan ini memastikan sudah memenuhi KDH dan penerapan sumur resapan sehingga mampu mengalirkan air kedalam tanah.</p>	<p>WT18. Water Resistant Materials</p>  <p>AA 186 Rate Hal</p>	<p>Material dinding pada ketinggian FF1+/00 hingga FFL +12.00 menggunakan beton bertulang yang memeiliki resistensi terhadap air laut. Pada struktur bangunan atas (baja) dilapisi dengan menggunakan cat <i>Chartek 1709</i> yang telah anti air dan api.</p>
<p>WT19. Resistance to Impact from Water-borne Debris</p>  <p>A 185 Rate Hal</p>	<p>Bangunan telah dilengkapi dengan fasilitas <i>breakwater</i> setinggi 7 meter yang dapat menghalau puing-puing yang terbawa arus selama tsunami. <i>Breakwater</i> juga mampu menahan kapal-kapal nelayan sehingga tidak menghantam bangunan secara langsung.</p>	<p>WT20. Roof Drains Sized for 100-year Precipitation Scenario</p>  <p>A 186 Rate Hal</p>	<p>Atap telah memiliki kemiringan dan jalur air yang diarahkan menuju area tertentu yang terdapat sumur resapan pada lansekap nya.</p>	<p>WT21. Design Review for Water Hazard Mitigation Measures</p>  <p>A Rate</p>	<p>Sistem plumbing pada bangunan pelabuhan menerapkan <i>Automatic Gas Shutoff Valves</i>. Ketika katup mengalami pergerakan yang signifikan, sebuah bola atau pelampung jatuh ke posisinya, sehingga memblokir aliran gas.</p>
<p>WT22. Construction Independently Audited for Water Hazard Mitigation Measures</p>  <p>AA Rate</p>	<p>Walaupun tidak ada tebing yang berpotensi untuk mengalami longsor dan mengenai bangunan namun penataan lansekap pada sisi timur bangunan sudah diterapkan struktur sebagai penahan tanah yang sekaligus digunakan sebagai akses <i>dropoff</i> kendaraan umum.</p>				

Tabel 4.2 Building Resilience Project Rating Hidrometeorologi
Sumber: Perancang (2024)



Gambar 4.2 Siluet Pelabuhan Utama Sorong
Sumber: Perancang (2025)

4.1.3 Badai Angin

Badai angin, seperti siklon tropis dan angin kencang akibat fenomena meteorologis ekstrem, dapat menimbulkan dampak signifikan terhadap pelabuhan, baik dari segi infrastruktur maupun operasional. Kecepatan angin yang tinggi berpotensi merusak struktur dermaga, gudang, dan fasilitas bongkar muat, serta mengganggu kestabilan kapal yang sedang sandar atau berlabuh. Selain itu, badai angin dapat meningkatkan tinggi gelombang dan menyebabkan arus laut yang kuat, sehingga memperbesar risiko kecelakaan kapal serta menghambat aktivitas navigasi. Efek lain yang dapat terjadi adalah pergerakan benda-benda lepas akibat tiupan angin, yang berisiko mencederai pekerja dan mengganggu kelancaran operasional pelabuhan.

Perancangan pelabuhan di wilayah yang rawan badai angin, diperlukan strategi mitigasi yang meliputi desain struktur tahan angin, sistem perlindungan dermaga, serta penerapan teknologi pemantauan cuaca untuk meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi kondisi ekstrem.

Rate



<div>WD01. <i>Steel Reinforced Concrete Primary Structure Built to Withstand 290+km/h Winds</i></div> <div></div>	<p>Struktur Pelabuhan Utama Sorong menggunakan <i>shear wall</i> dengan perkuatan baja bertulang yang dimulai pada basement hingga ke lantai 1 atau FFL -7.00 hingga FFL +12.00.</p>	<div>WD02. <i>Primary Structure of Any Material Built to Withstand 290+km/h Winds</i></div> <div></div>	<p>Pada konstruksi diatas <i>shear wall</i> menggunakan struktur yang lebih ringan dengan konstruksi baja H beam dan IWF.</p>	<div>WD03. <i>Primary Structure Built to Withstand 200km/h Winds</i></div> <div></div>	<p>Pada konstruksi diatas <i>shear wall</i> menggunakan struktur yang lebih ringan dengan konstruksi baja H beam dan IWF.</p>
<div>AA</div> <div>Rate</div>	<div>183</div> <div>Hal</div>	<div>A</div> <div>Rate</div>	<div>183</div> <div>Hal</div>	<div>B</div> <div>Rate</div>	<div>183</div> <div>Hal</div>
<div>WD04. <i>Roof Built to Withstand 290+km/h Winds</i></div> <div></div>	<p>Desain atap bangunan telah melalui pengujian <i>fluida</i> menggunakan <i>software CFD</i> dan menunjukan telah berhasil dalam mendefinisikan desain aerodinamis yang tidak menghambat angin.</p>	<div>WD05. <i>Well-connected Structure</i></div> <div></div>	<p>Perkuatan sambungan antar elemen struktur sudah dipastikan di implementasikan seperti pada sambungan struktur baja ke struktur <i>space frame</i> menggunakan <i>plate 20 mm + bolts m18</i>.</p>	<div>WD06. <i>Steel Reinforced Main Building Elements</i></div> <div></div>	<p>Konstruksi pada bangunan pelabuhan ini tidak menggunakan pasangan bata dan hanya beton bertulang yang telah menggunakan baja bertulang sebagai perkuatan didalam strukturnya.</p>
<div>AA</div> <div>Rate</div>	<div>193</div> <div>Hal</div>	<div>A</div> <div>Rate</div>	<div>194</div> <div>Hal</div>	<div>B</div> <div>Rate</div>	<div>186</div> <div>Hal</div>
<div>WD07. <i>Steel Reinforced Fireplaces and Chimneys</i></div> <div></div>	<p>Bangunan terminal pelabuhan tidak menggunakan chimney sebagai media penghangat ruangan sehingga poin ini bisa dilewatkan atau dianggap sudah memenuhi.</p>	<div>WD08. <i>Steel Reinforced Parapets</i></div> <div></div>	<p>Railing pengaman pada bangunan terminal pelabuhan sudah diperkuat dengan struktur baja ringan pada konstruksi hand rail nya dan di baut ke balok baja IWF.</p>	<div>WD09. <i>Larger Than 1 m2 Openings are Wind-rated</i></div> <div></div>	<p>Bukaan jendela atau lebih tepatnya pada dinding partisi jendela sudah menggunakan <i>Impact Glass Marvin Tempered 8mm</i> yang mampu menahan beban angin hingga laju hurricane kategori 2 dengan kecepatan 49.17 m/s</p>
<div>A</div> <div>Rate</div>	<div>✓</div>	<div>A</div> <div>Rate</div>	<div>✓</div>	<div>AA</div> <div>Rate</div>	<div>184</div> <div>Hal</div>
<div>WD10. <i>Securely Anchored External Fixtures</i></div> <div></div>	<p>Tidak terdapat perangkat eksternal seperti hvac atau furnitur yang berada di luar bangunan sehingga poin ini dapat di klaim.</p>	<div>WD11. <i>Design Review for Wind Hazard Mitigation Measures</i></div> <div></div>	<p>Desain bangunan harus diajukan dan disetujui oleh lembaga persetujuan lokal sesuai dengan Kode Bangunan Nasional. Insinyur struktural bersertifikat yang bertanggung jawab atas kode yang diajukan.</p>	<div>WD12. <i>Construction Independently Audited for Wind Hazard Mitigation Measures</i></div> <div></div>	<p>Audit independen ini harus menyediakan dokumentasi yang jelas dan rinci tentang pedoman serta komentar terhadap desain yang diusulkan, termasuk bagaimana desain tersebut dapat tahan terhadap angin kencang atau bagaimana desain tersebut dapat diubah untuk mencapainya.</p>
<div>AA</div> <div>Rate</div>	<div>✓</div>	<div>A</div> <div>Rate</div>	<div>✓</div>	<div>AA</div> <div>Rate</div>	<div>✓</div>

Tabel 4.3 Building Resilience Project Rating Badai Angin
Sumber: Perancang (2024)

4.1.4 Kebakaran

Kebakaran pada terminal penumpang pelabuhan dapat menimbulkan dampak yang sangat berbahaya, mengingat tingginya kepadatan pengguna serta kompleksitas fasilitas yang ada. Sumber kebakaran dapat berasal dari korsleting listrik, kebocoran bahan bakar, aktivitas dapur atau restoran, hingga kelalaian manusia seperti penggunaan alat elektronik yang tidak sesuai standar keamanan. Penyebaran api di terminal dapat terjadi dengan cepat akibat ventilasi terbuka, material mudah terbakar, serta arus penumpang yang padat, yang dapat memperburuk situasi evakuasi dan meningkatkan risiko korban jiwa.

Mitigasi kebakaran di terminal penumpang memerlukan penerapan sistem proteksi kebakaran yang ketat, seperti penggunaan material tahan api, sistem deteksi dan pemadam otomatis, jalur evakuasi yang jelas, serta prosedur tanggap darurat yang efektif guna memastikan keselamatan penumpang dan kelangsungan operasional pelabuhan.

Rate



FI01. 1.5 km Distance from a forest



Lokasi perancangan memang berada dekat dengan pepohonan kota, namun hutan yang ada di area kota Sorong umumnya di Papua Barat Daya adalah hutan hujan tropis yang tidak memiliki semak blukar kering dan sering terjadi kebakaran hutan

A 04 ✓
Rate Hal

FI02. Forested Site's Gradient < 15 degrees



Hutan yang berada pada sisi timur lokasi perancangan memiliki kemiringan 8,84° dan letak bangunan berada dibawah dari hutan tersebut bukan diatas. Angin cenderung bergerak cepat keatas dari pada turun kebawah.

B 04 ✓
Rate Hal

FI03. 3+hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements



Bahan struktural utama bangunan sudah menggunakan material dengan rate anti api 3+jam. Seperti material beton *shear wall* dan Baja struktural lapis chartek 1709 yang sudah dilengkapi dengan cat insulasi yang menambah *fire rate* material.

A 183 ✓
Rate Hal

FI04. 1+hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements



Bahan struktural utama bangunan sudah menggunakan material dengan rate anti api 3+jam. Seperti material beton *shear wall* dan Baja struktural lapis chartek 1709 yang sudah dilengkapi dengan cat insulasi yang menambah *fire rate* material.

B 183 ✓
Rate Hal

FI05. 0.5+hour Fire Rating (Non-combustible) for Key Building Elements



Bahan struktural utama bangunan sudah menggunakan material dengan rate anti api 3+jam. Seperti material beton *shear wall* dan Baja struktural lapis chartek 1709 yang sudah dilengkapi dengan cat insulasi yang menambah *fire rate* material.

C 183 ✓
Rate Hal

FI06. Tempered Safety Glass for Windows Larger Than 1m²



Bukaan jendela atau lebih tepatnya pada dinding partisi jendela sudah menggunakan Impact Glass Marvin Tempered 8mm yang memiliki laminated plastik yang mencegah kaca pecah berkeping keping.

A 184 ✓
Rate Hal

FI07. Fire Resistant Window Shutters



Bangunan ini tidak menggunakan penutup jendela seperti kayu ataupun metal. Poin ini bisa di klaim.

A ✓
Rate

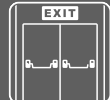
FI08. 2+ hour Fire Rating for Exterior Doors and Emergency Route Firedoors



Pintu *emergency* yang terletak pada core bangunan menggunakan pintu dengan spesifikasi CDF18 Gauge A40 Galvanneal Door dengan ketebalan 4" atau 10cm dengan *fire rate* 2+ Hour.

A 180 ✓
Rate Hal

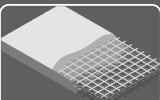
FI09. 1+ hour Fire Rating for Exterior Doors and 2+ hour Fire Rating for Emergency Route Firedoors



Pintu *emergency* yang terletak pada core bangunan menggunakan pintu dengan spesifikasi CDF18 Gauge A40 Galvanneal Door dengan ketebalan 4" atau 10cm dengan *fire rate* 2+ Hour.

B 180 ✓
Rate Hal

FI10. Fire Repelling Decks, Porches and Fences



Handrailing terbuat dari baja yang ditutup dengan material FRP dan pada deck lantai menggunakan beton precast.

A 184 ✓
Rate Hal

FI11. Chimneys and Stove Pipes with Spark Arrestors



Bangunan terminal pelabuhan tidak menggunakan chimney sebagai media penghangat ruangan sehingga poin ini bisa dilewatkan atau dianggap sudah memenuhi.

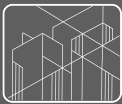
A ✓
Rate

FI12. Fire Protected Eaves and Soffits

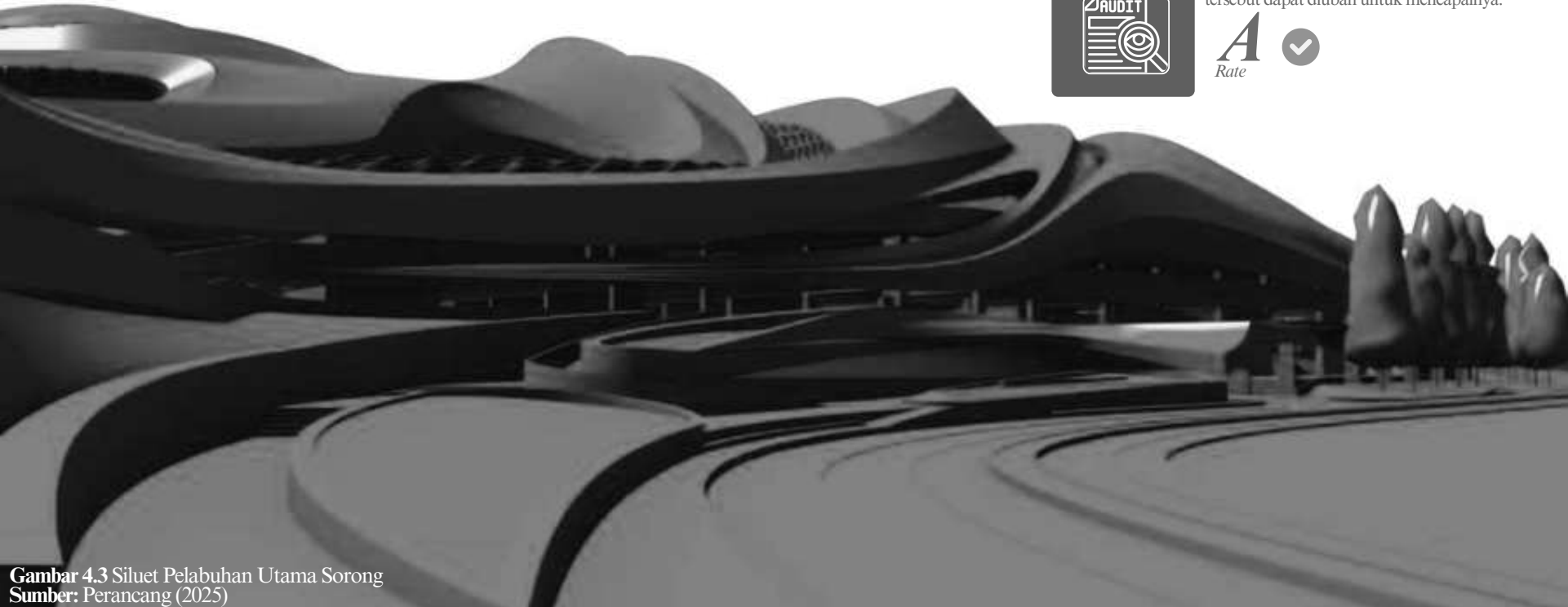


Bangunan ini tidak menggunakan konstruksi atap konvensional yang terbuat dari kayu melaikan struktur selubung space frame sehingga tidak ada eaves dan soffits.

B ✓
Rate

FI13. Fire Resistant Utility and Equipment Connections 	<p>Kabel yang digunakan untuk menghubungkan antar peralatan elektrikal sudah menggunakan kabel dengan spesifikasi FRC (<i>Fire Resistance Cable</i>) tetap mengalirkan arus listrik pada saat kebakaran terjadi, sehingga, detector fire (api) dapat mentrigger panel pemadam kebakaran untuk memadamkan api dan mentrigger Fire Alarm untuk memberikan announce kepada penghuni Gedung.</p> <p>A ✓ Rate</p>	FI14. Sprinkler System for Building with 4+ Stories 	<p>Sprinkler yang digunakan adalah tipe <i>wipe pipe</i> dengan pemasangan <i>pendant</i> yang menyemprotkan air kebawah dengan kode warna berbeda yang menyesuaikan tingkat atau intensitas kebakaran</p> <p>B ✓ Rate</p>	FI15. Defensible Building Perimeter > 10 m 	<p>Pepohonan yang ada didalam site tidak memenuhi parameter ini. Jarak terdekat adalah 5 meter namun pepohonan dan vegetasi yang ada dirawat sehingga tidak meninggalkan ranting dan daun kering.</p> <p>A 00 ✗ Rate Hal</p>
FI16. Defensible Building Perimeter > 5 m 	<p>Pepohonan yang ada didalam site tidak memenuhi parameter ini. Jarak terdekat adalah 5 meter namun pepohonan dan vegetasi yang ada dirawat sehingga tidak meninggalkan ranting dan daun kering.</p> <p>B 170 ✓ Rate Hal</p>	FI17. Reliable Fire-Water Supply 	<p>Hidran dipasang dengan jarak maksimum 35-38 meter satu sama lain. Hal ini bertujuan agar selang pemadam yang biasanya berukuran 30 meter dapat menjangkau setiap titik di gedung tanpa kehilangan tekanan</p> <p>B ✓ Rate</p>	FI18. Emergency Access Routes 	<p>Akses sirkulasi saat terjadi evakuasi sudah disimulasikan menggunakan <i>software pathfinder</i> dengan waktu lama evakuasi adalah 6 menit.</p> <p>171-177 ✓ Hal</p>
FI19. Firebreaks 	<p><i>Firebreaks</i> secara horizontal dan vertikal menggunakan gypsum ELEPHANT tahan api double layer dengan fire rate +2 hour</p> <p>A 00 ✓ Rate Hal</p>	FI20. Adequate Electric Circuit and Wiring Protection 	<p>Kabel yang digunakan untuk menghubungkan antar peralatan elektrikal sudah menggunakan kabel dengan spesifikasi FRC (<i>Fire Resistance Cable</i>) tetap mengalirkan arus listrik pada saat kebakaran terjadi, sehingga, detector fire (api) dapat mentrigger panel pemadam kebakaran untuk memadamkan api dan mentrigger Fire Alarm untuk memberikan announce kepada penghuni Gedung.</p> <p>C ✓ Rate</p>	FI21. Design Review for Fire Hazard Mitigation Measures 	<p>Desain bangunan harus diajukan dan disetujui oleh lembaga persetujuan lokal sesuai dengan Kode Bangunan Nasional. Insinyur struktural bersertifikat yang bertanggung jawab atas kode yang diajukan.</p> <p>B ✓ Rate</p>
FI22. Construction Independently Audited for Fire Hazard Mitigation Measures 					<p>Audit independen ini harus menyediakan dokumentasi yang jelas dan rinci tentang pedoman serta komentar terhadap desain yang diusulkan, termasuk bagaimana desain tersebut dapat tahan terhadap angin kencang atau bagaimana desain tersebut dapat diubah untuk mencapainya.</p> <p>A ✓ Rate</p>

Tabel 4.4 *Building Resilience Project Rating* Kebakaran
Sumber: Perancang (2024)



Gambar 4.3 Siluet Pelabuhan Utama Sorong
Sumber: Perancang (2025)

4.1.5 Building Resilience Project Rating Result

Building Resilience Index

IFC

International Finance Corporation

Creating Markets, Creating Opportunities

Building Resilience Index Report

Project: Perancangan Major Port di Kota Sorong dengan Pendekatan Multi-Hazard Sebagai Bangunan Resilient

Developer: Universitas Islam Indonesia

Downloaded: 10/2/2025, 09:03:04

Stage: Design

Project Overview

Project Rating

A

Verification status

Unverified

Project Name

Perancangan Major Port di Kota Sorong dengan Pendekatan Multi-Hazard Sebagai Bangunan Resilient

Project Type

Port

Year of Completion

8

Project Cost (US\$)

\$3,000,000

Mitigation Costs (US\$)

\$0

Rated date

2/5/2025

Project Developer

Universitas Islam Indonesia

Project Stage

Design

Year Renovated

Total Floor Area (m²)

65,588

Number of Floors

6

Probable Maximum Loss (US\$)

\$600,000

Gambar 4.4 Building Resilience Project Rating Result
Sumber: Perancang (2025)

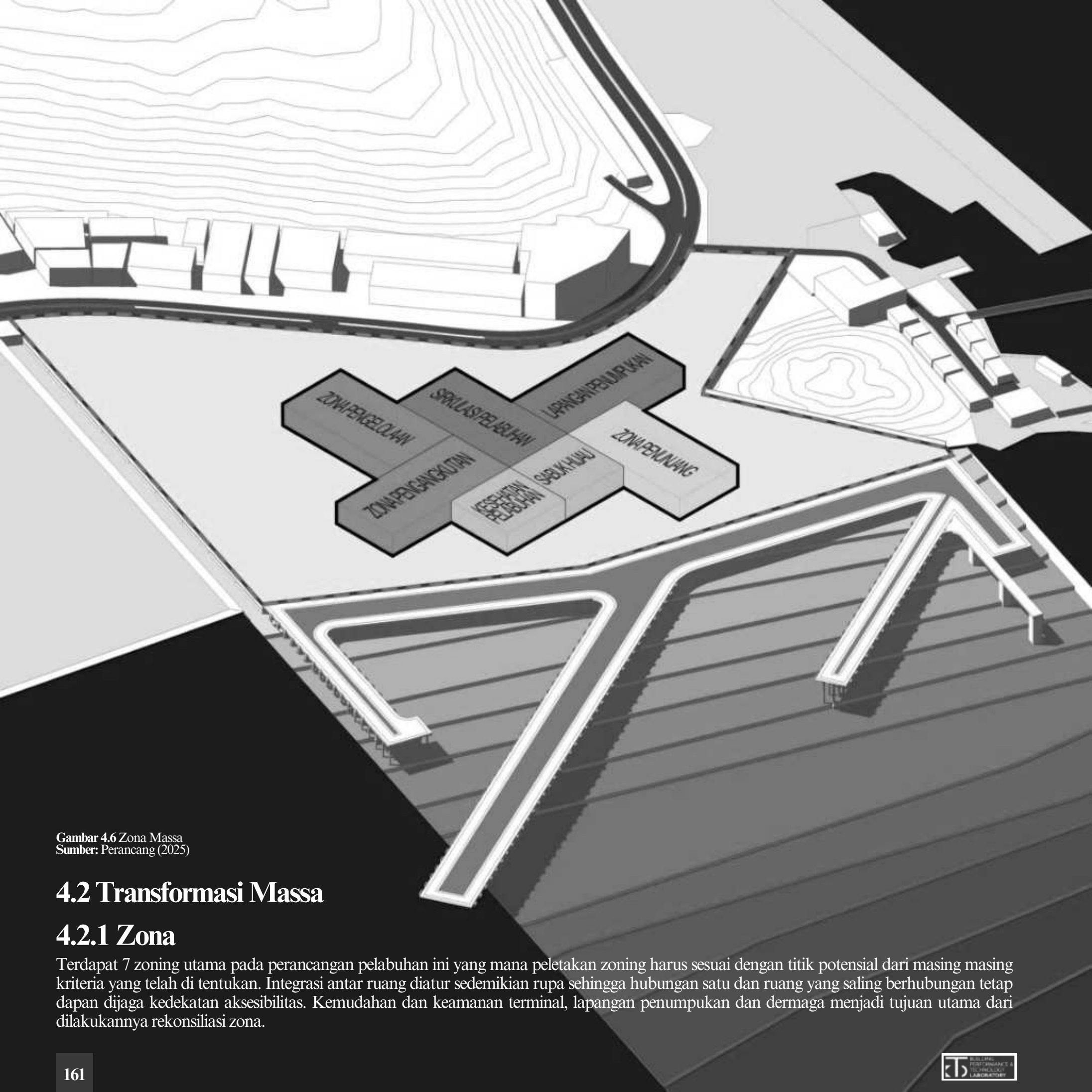


Gambar 4.5 Project Location
Sumber: Perancang (2025)

Hasil dari rating Tool Building Resilience Index menunjukkan bahwa Pelabuhan Utama Sorong berhasil menerapkan kriteria dan parameter Bangunan Resilience hingga rating A. Bangunan dengan rating A ini meunjukkan total biaya kerusakan sebesar **20%**

Beberapa poin yang tidak dapat diklaim karena bertentangan dengan poin yang lain sehingga dipilihlah yang paling berdampak pada keselamatan bangunan dan pengguna. Terdapat 2 poin yang tidak dapat di klaim antara lain:

- WT01. Not a Historically-known Natural Water Area in the Last 100 years*
- FI15. Defensible Building Perimeter > 10 m*

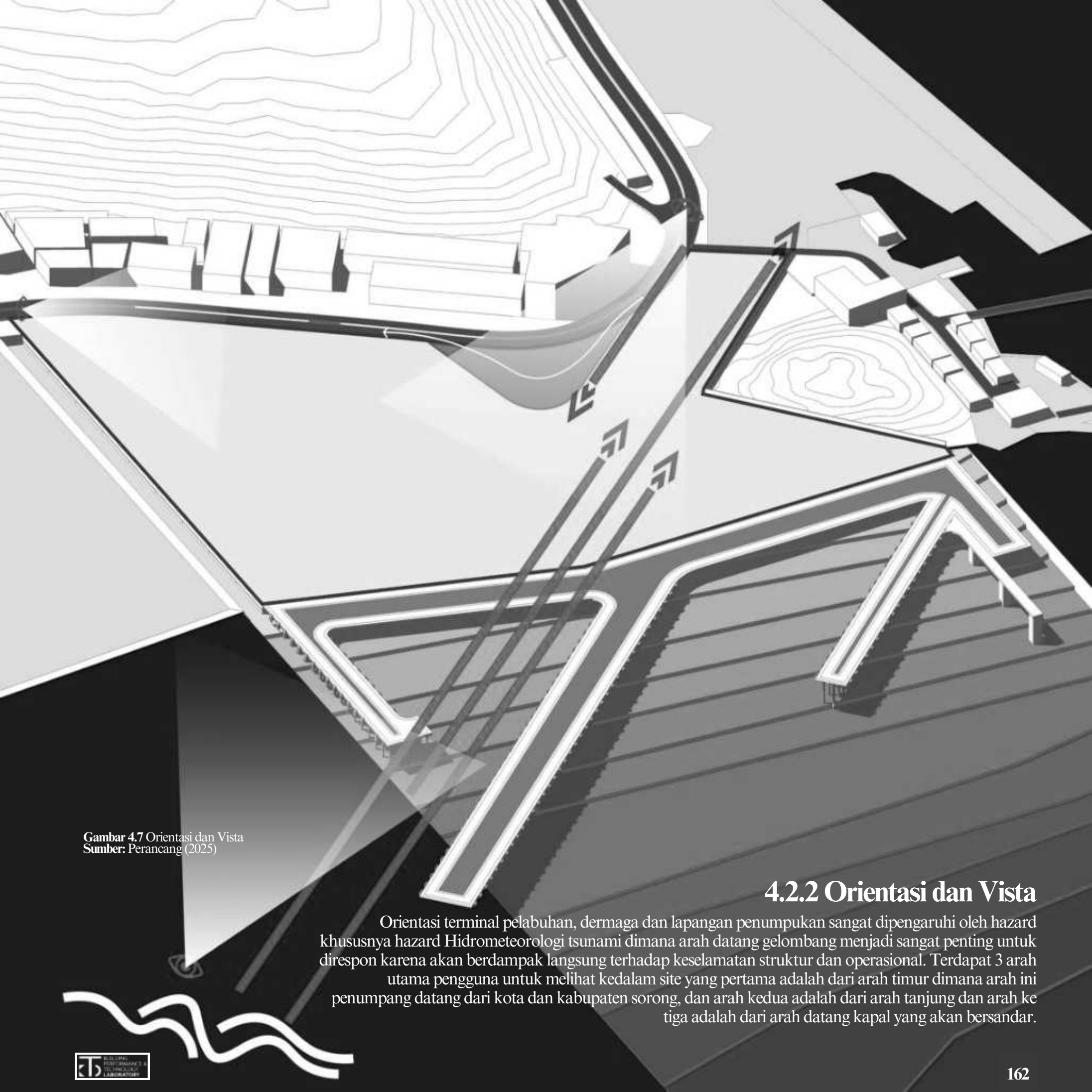


Gambar 4.6 Zona Massa
Sumber: Perancang (2025)

4.2 Transformasi Massa

4.2.1 Zona

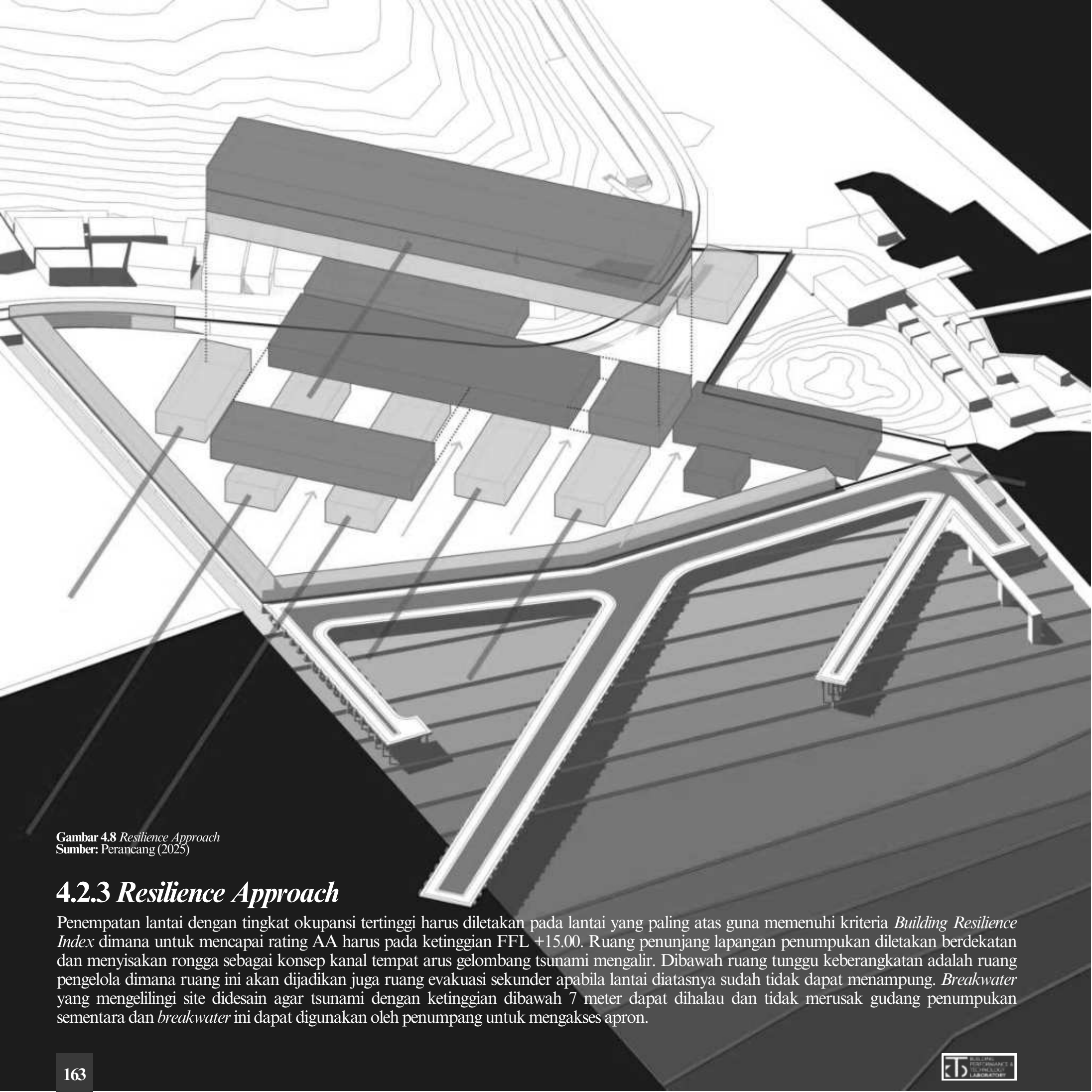
Terdapat 7 zoning utama pada perancangan pelabuhan ini yang mana peletakan zoning harus sesuai dengan titik potensial dari masing masing kriteria yang telah di tentukan. Integrasi antar ruang diatur sedemikian rupa sehingga hubungan satu dan ruang yang saling berhubungan tetap dapan dijaga kedekatan aksesibilitas. Kemudahan dan keamanan terminal, lapangan penumpukan dan dermaga menjadi tujuan utama dari dilakukannya rekonsiliasi zona.



Gambar 4.7 Orientasi dan Vista
Sumber: Perancang (2025)

4.2.2 Orientasi dan Vista

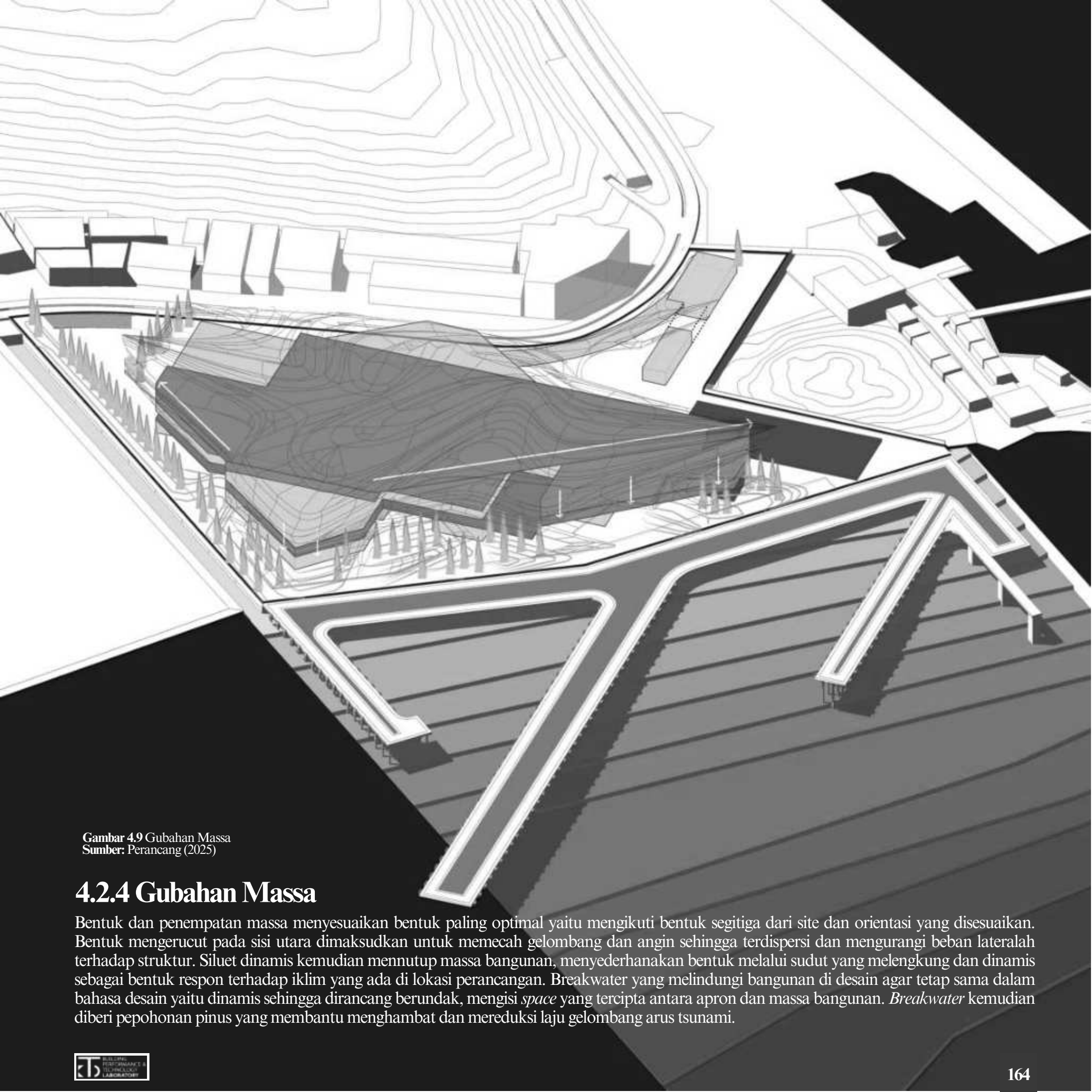
Orientasi terminal pelabuhan, dermaga dan lapangan penumpukan sangat dipengaruhi oleh hazard khususnya hazard Hidrometeorologi tsunami dimana arah datang gelombang menjadi sangat penting untuk direspon karena akan berdampak langsung terhadap keselamatan struktur dan operasional. Terdapat 3 arah utama pengguna untuk melihat kedalam site yang pertama adalah dari arah timur dimana arah ini penumpang datang dari kota dan kabupaten sorong, dan arah kedua adalah dari arah tanjung dan arah ke tiga adalah dari arah datang kapal yang akan bersandar.



Gambar 4.8 *Resilience Approach*
Sumber: Perancang (2025)

4.2.3 *Resilience Approach*

Penempatan lantai dengan tingkat okupansi tertinggi harus diletakan pada lantai yang paling atas guna memenuhi kriteria *Building Resilience Index* dimana untuk mencapai rating AA harus pada ketinggian FFL +15.00. Ruang penunjang lapangan penumpukan diletakan berdekatan dan menyisakan rongga sebagai konsep kanal tempat arus gelombang tsunami mengalir. Dibawah ruang tunggu keberangkatan adalah ruang pengelola dimana ruang ini akan dijadikan juga ruang evakuasi sekunder apabila lantai diatasnya sudah tidak dapat menampung. *Breakwater* yang mengelilingi site didesain agar tsunami dengan ketinggian dibawah 7 meter dapat dihalau dan tidak merusak gudang penumpukan sementara dan *breakwater* ini dapat digunakan oleh penumpang untuk mengakses apron.



Gambar 4.9 Gubahan Massa
Sumber: Perancang (2025)

4.2.4 Gubahan Massa

Bentuk dan penempatan massa menyesuaikan bentuk paling optimal yaitu mengikuti bentuk segitiga dari site dan orientasi yang disesuaikan. Bentuk mengerucut pada sisi utara dimaksudkan untuk memecah gelombang dan angin sehingga terdispersi dan mengurangi beban lateral terhadap struktur. Siluet dinamis kemudian menutup massa bangunan, menyederhanakan bentuk melalui sudut yang melengkung dan dinamis sebagai bentuk respon terhadap iklim yang ada di lokasi perancangan. Breakwater yang melindungi bangunan di desain agar tetap sama dalam bahasa desain yaitu dinamis sehingga dirancang berundak, mengisi *space* yang tercipta antara apron dan massa bangunan. *Breakwater* kemudian diberi pepohonan pinus yang membantu menghambat dan mereduksi laju gelombang arus tsunami.



Gambar 4.10 *Design Development*
Sumber: Perancang (2025)



4.2.5 *Design Development*

Dasil daripada proses transformasi massa bangunan menghasilkan desain bangunan yang menerapkan kriteria *building resilience* yang memenuhi aspek *multi-hazard* tanpa membatasi dan mengesampingkan fungsi utama bangunan yaitu sebagai Terminal Pelabuhan UtamaS orong yang melayani pertukaran penumpang dan juga transit barang. Kemudahan penumpang dalam melakukan kegiatan didalam ruang sudah terakomodasi dengan rekonsiliasi ruang yang mengutamakan kelancaran perpindahan orang. Ruang yang ada sudah terkoneksi dan juga dibatasi berdasarkan kepentingan dari masing masing pengguna sehingga mendukung pergerakan pengguna yang berlanjut.

4.3 Rancangan Kawasan Tapak

4.3.1 Block Plan

Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong adalah sebuah langkah awal membangun antisipasi masyarakat akan pentingnya rencana evakuasi darurat pada area yang rawan bencana alam. Bangunan pelabuhan ini diharapkan mampu menjadi simbol terdepan masyarakat Kota Sorong dalam pengembangan kesadaran kota tangguh bencana.



Gambar 4.11 *Block Plan*
Sumber: Perancang (2025)

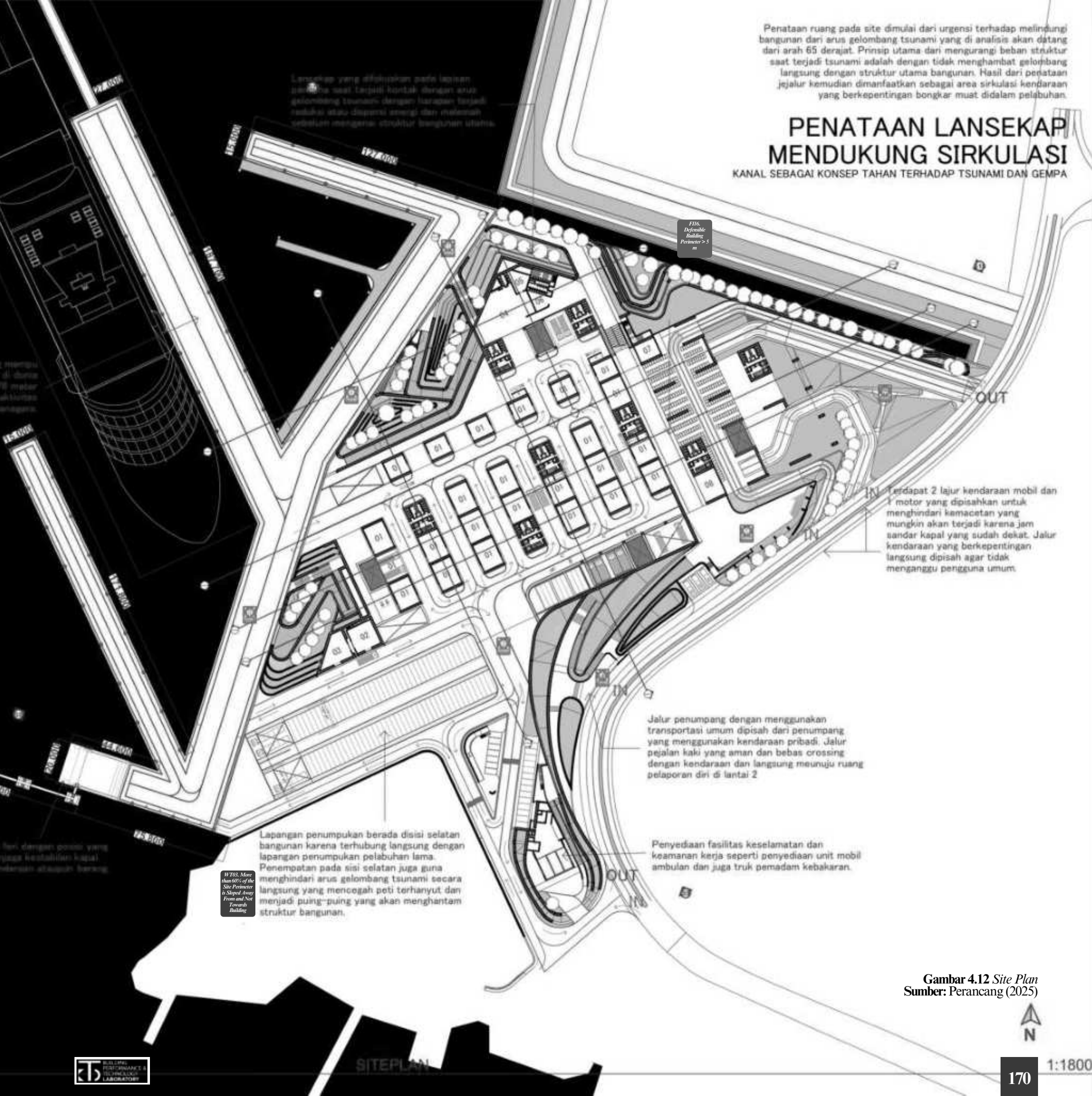
4.3.2 Site Plan

Penataan ruang pada site dimulai dari urgensi terhadap melindungi bangunan dari arus gelombang tsunami yang di analisis akan datang dari arah 65 derajat. Prinsip utama dari mengurangi beban struktur saat terjadi tsunami adalah dengan tidak menghambat gelombang langsung dengan struktur utama bangunan. Hasil dari penataan jejalur kemudian dimanfaatkan sebagai area sirkulasi kendaraan yang berkepentingan bongkar muat didalam pelabuhan.

Apron dengan panjang tambahan yang
menampung kapal pesiar terbesar
yaitu *Icon of The Seas* dengan *Loa 270*
dan *BB 66 meter*. Mendukung adanya
tugas utama

Kawasan *spreader* kapal
paling aman untuk men
saat bongkar muat ke

PENATAAN LANSEKAP MENDUKUNG SIRKULASI

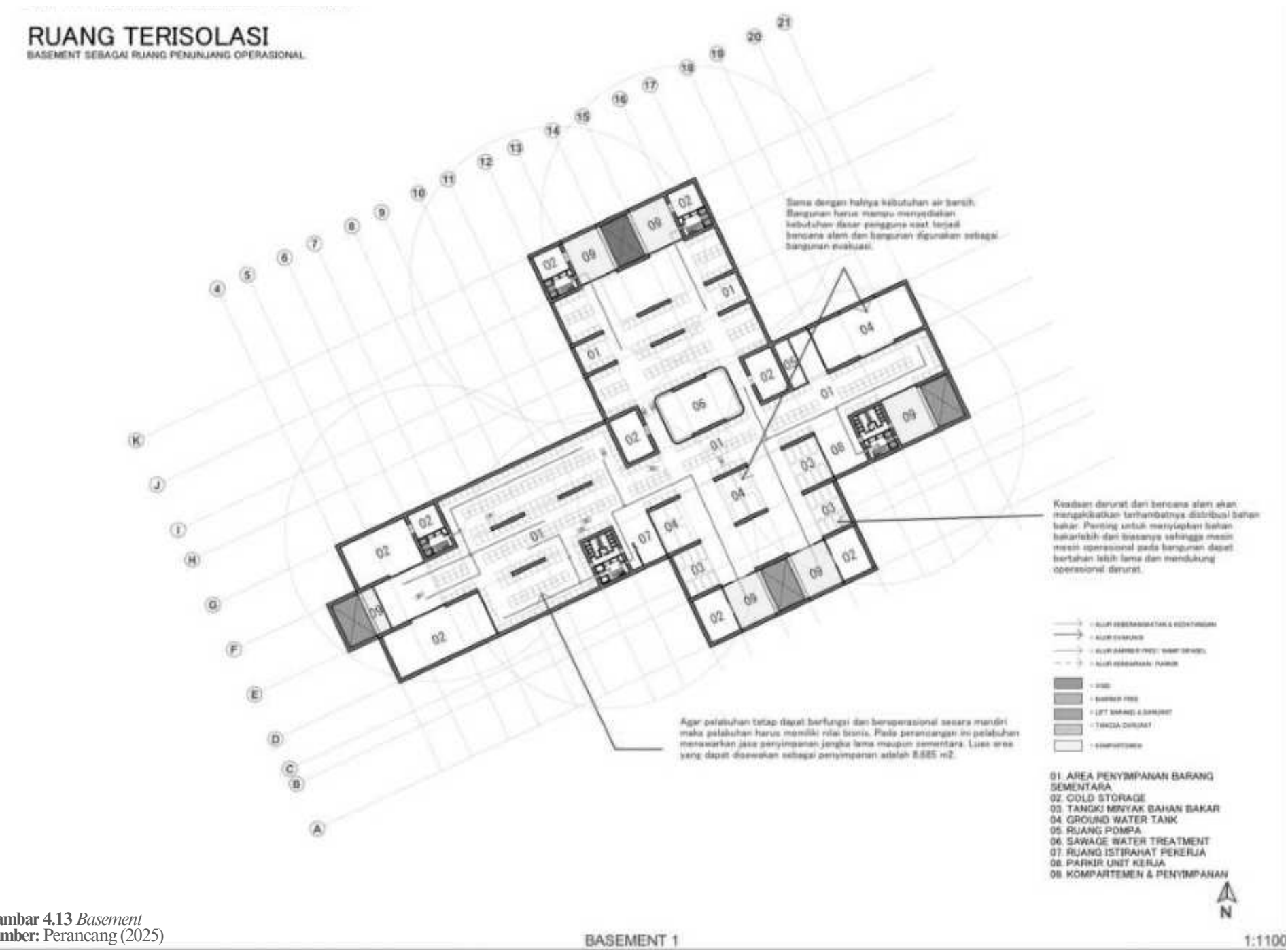


4.4 Operasional Pelabuhan dan Fungsi Evakuasi

4.4.1 Basement

Basement digunakan sebagai ruang penunjang operasional harian bangunan dan penyimpanan barang. Bila pada umumnya basement juga digunakan untuk penempatan peralatan mekanikal maka dalam pendekatan resilience architecture, alat atau mesin mekanikal tidak boleh ditempatkan dibawah ketinggian dari perkiraan tsunami yang direspon. Basement ini benar benar terisolasi dari ruang luar dan untuk mengaksesnya hanya bisa melalui core bangunan dan scissor lift yang terkompartemen.

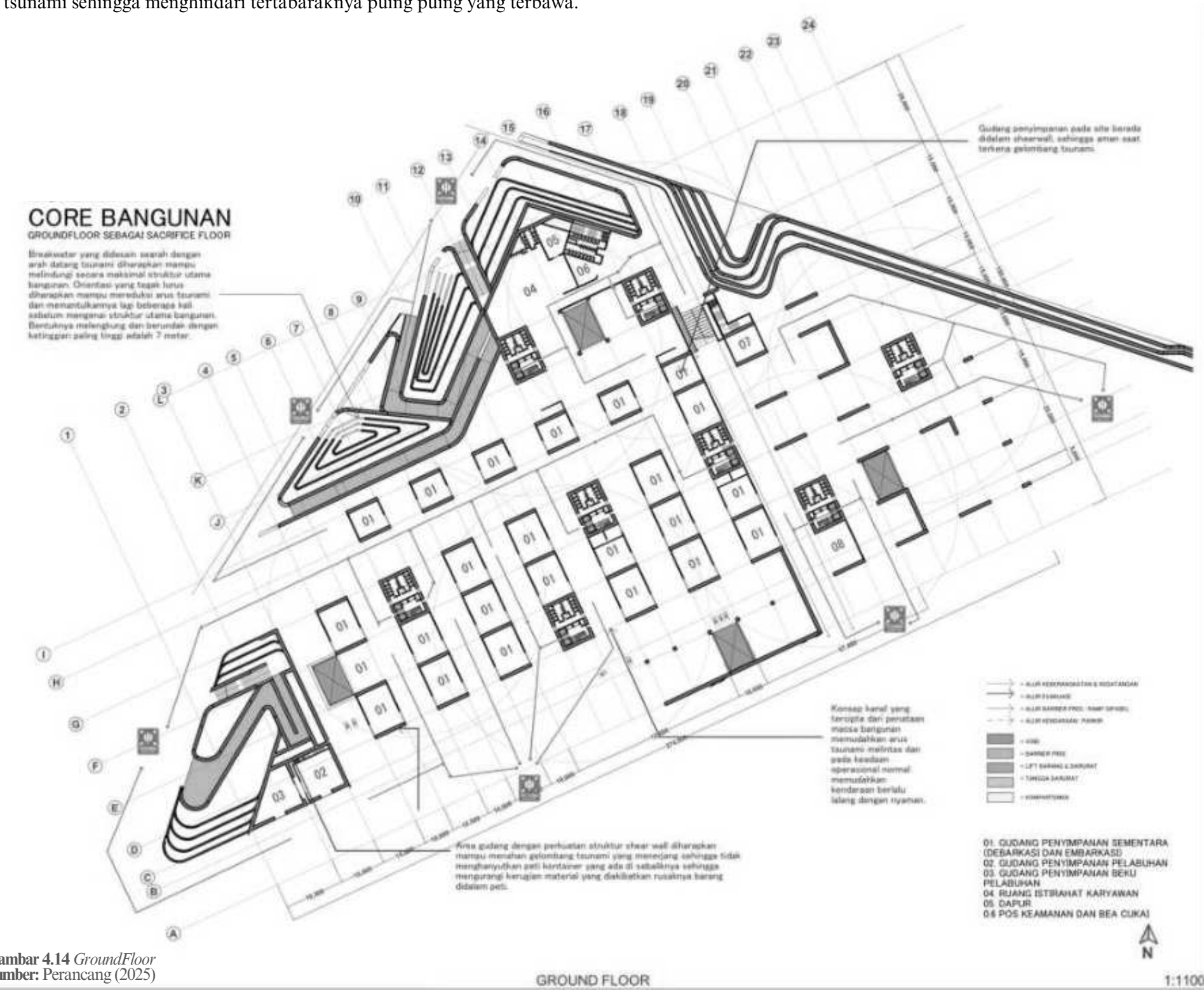
Dalam perancangan pengembangan Pelabuhan Utama Sorong ini, peralatan mekanikal di letakan pada area lantai 3 dengan FFL +17.00. Luas lantai pada area basement 1 adalah 13,707 m2



Gambar 4.13 Basement
Sumber: Perancang (2025)

4.4.2 GroundFloor

Perilaku struktur yang tepat untuk menghadapi tsunami adalah struktur dengan tingkat kekakuan yang tinggi sedangkan saat menghadapi bencana gempa bumi maka perilaku struktur yang paling baik adalah fleksibel dan daktalitas. Pada 2 lantai terbawah (lantai groundfloor dan lantai 1) ditopang oleh structural core concrete dan shear wall sedangkan pada lantai diatasnya menggunakan base isolator. Base isolator diletakan diatas ketinggian arus tsunami sehingga menghindari tertabarknya puing puing yang terbawa.

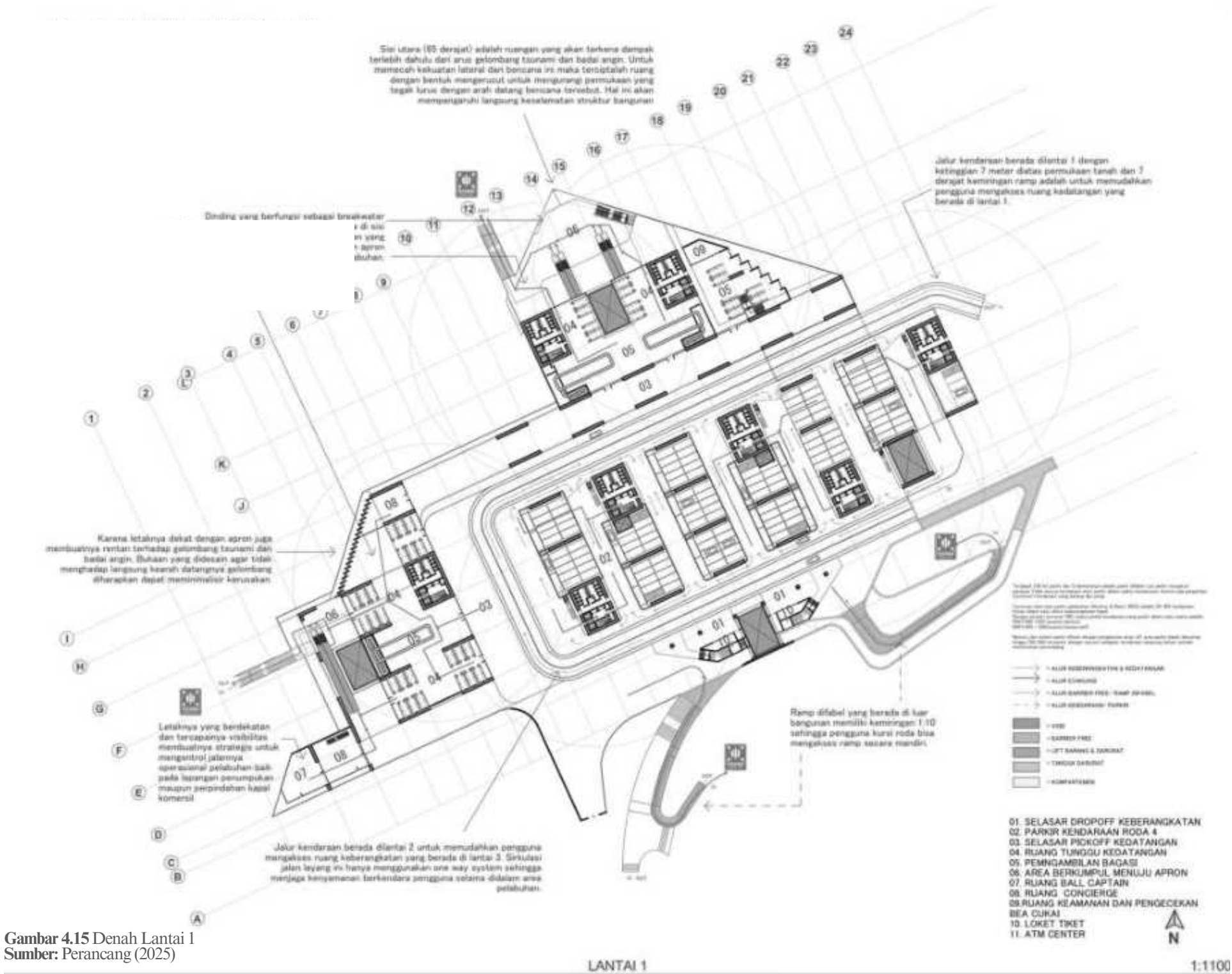


Gambar 4.14 GroundFloor
Sumber: Perancang (2025)

Pada lantai groundfloor core bangunan di tata sedemikian rupa sehingga membentuk ruang diantara sebagai penerapan konsep kanal lansekap. Jalur jalur yang tercipta dari penataan core kemudian digunakan sebagai jalur pergerakan kendaraan didalam area pelabuhan khususnya terkait bongkar dan muat barang. Dengan penataan massa dan ruang seperti ini diharapkan bangunan mampu mengurangi dampak dari bencana alam. Luas lantai pada area groundfloor adalah 6,763 m2.

4.4.3 Lantai 1

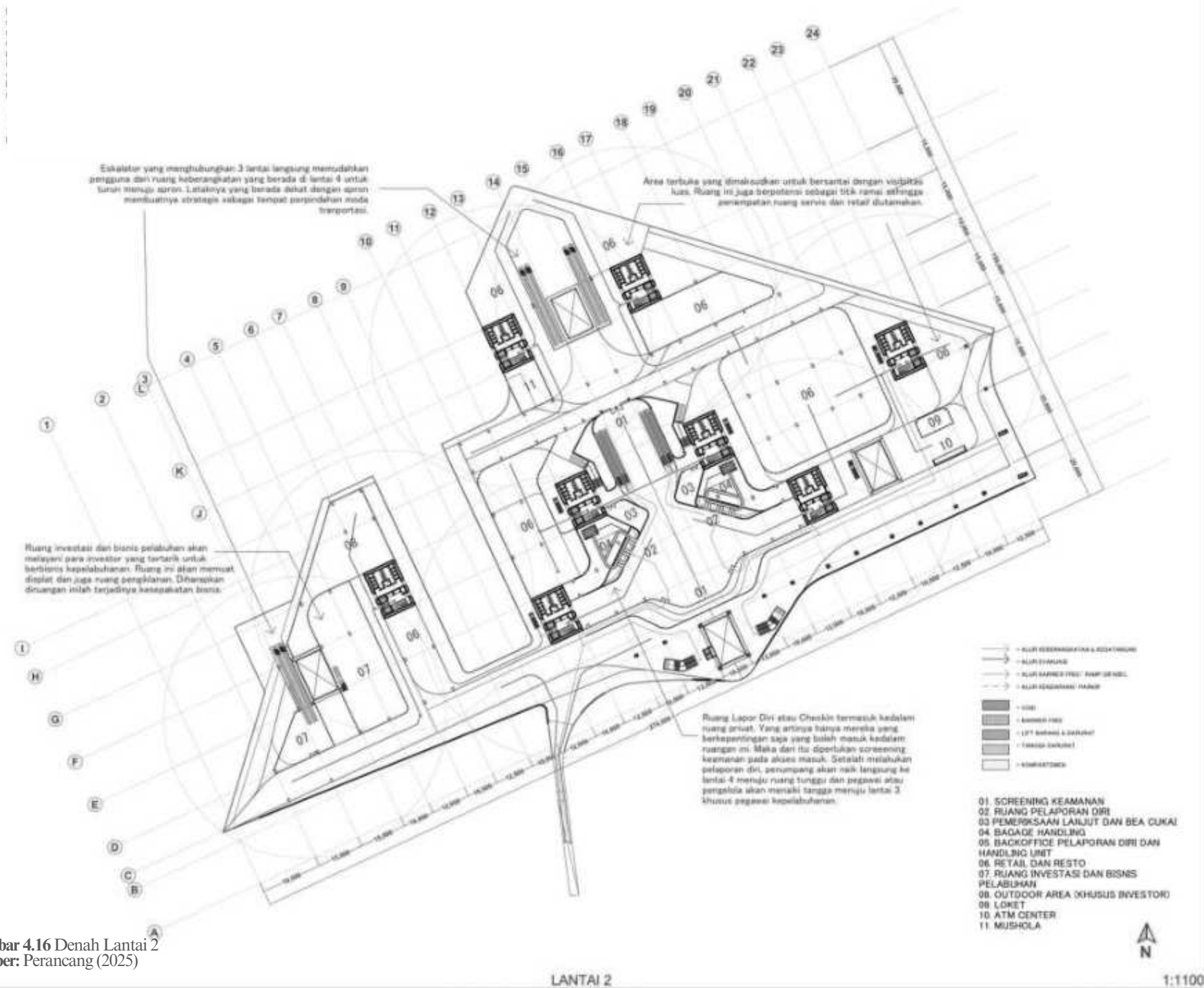
Lantai 1 ini berada pada ketinggian FFL +7.00 diatas permukaan tanah. Pada lantai ini memiliki fasilitas parkir kendaraan pribadi dan juga selasar pickoff dan dropoff penumpang. Karena lantai ini termasuk kedalam sacrifice floor maka penggunaan ruang yang memerlukan peralatan mekanis dan elektrikl dikurangi dan dialihkan. Luas lantai 1 adalah 23,978 m2.



Gambar 4.15 Denah Lantai 1
Sumber: Perancang (2025)

4.4.4 Lantai 2

Pemisahan antara dua ruang fungsi pelabuhan yaitu perpindahan orang dan barang maka pada lantai 2 ini adalah berfokus untuk menunjang perpindahan orang dan fungsi bisnis seperti retail dan restoran. Adapun pusat bisnis dan investasi yang dimiliki pelabuhan adalah ruang display dan marketing office. pada lantai 2 ini adalah lantai terakhir yang dapat diakses oleh pengguna umum atau yang bukan penumpang. Pada lantai 2 ini sudah menggunakan base isolator dan struktur baja namun belum bisa dijadikan sebagai ruang evakuasi grade A. Luas Lantai 2 adalah 24,738 m2.

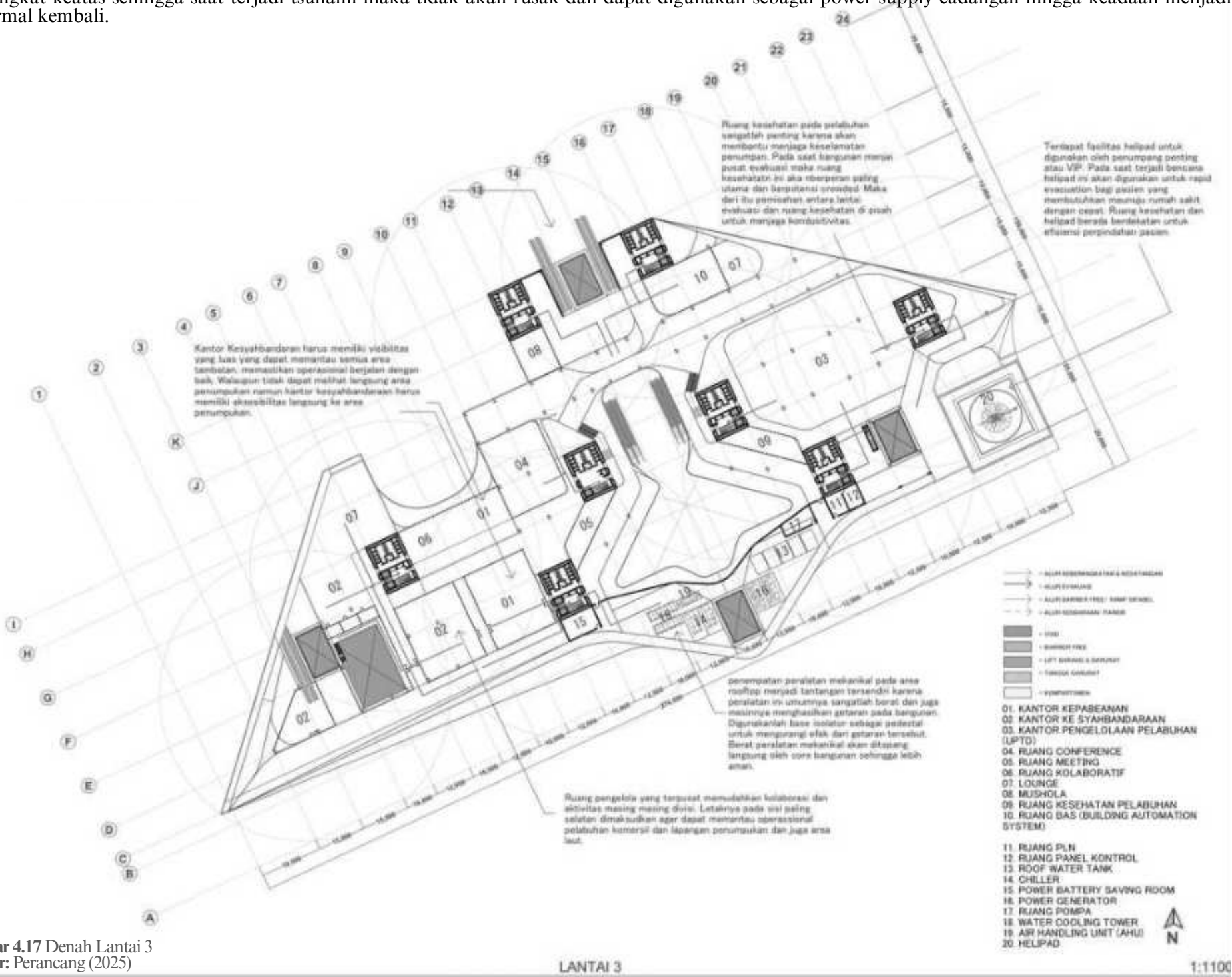


Gambar 4.16 Denah Lantai 2
Sumber: Perancang (2025)

4.4.5 Lantai 3

Penempatan ruang berdasar pada kelebihan masing masing lokasi pada setiap titik site. Hal ini untuk mendukung fungsi ruang dengan peruntukan yang tepat sehingga meningkatkan efisiensi dan pengalaman selama ada didalam lingkungan kerja pelabuhan. Pemisahan antara kantor pengelola dan servis pengunjung adalah untuk memecah kerumunan pada lantai 3 ini. Lantai 3 ini diharapkan mampu menjadi ruang evakuasi tingkat 1 (ketinggian 17 meter diatas permukaan tanah). Luas lantai 3 adalah 23,319 m2.

Ruang mekanikal dan elektrik di fokuskan pada lantai 3. Peralatan mekanikal seperti power generator, chiller, water cooling tower dan ruang pompa diangkat keatas sehingga saat terjadi tsunami maka tidak akan rusak dan dapat digunakan sebagai power supply cadangan hingga keadaan menjadi normal kembali.

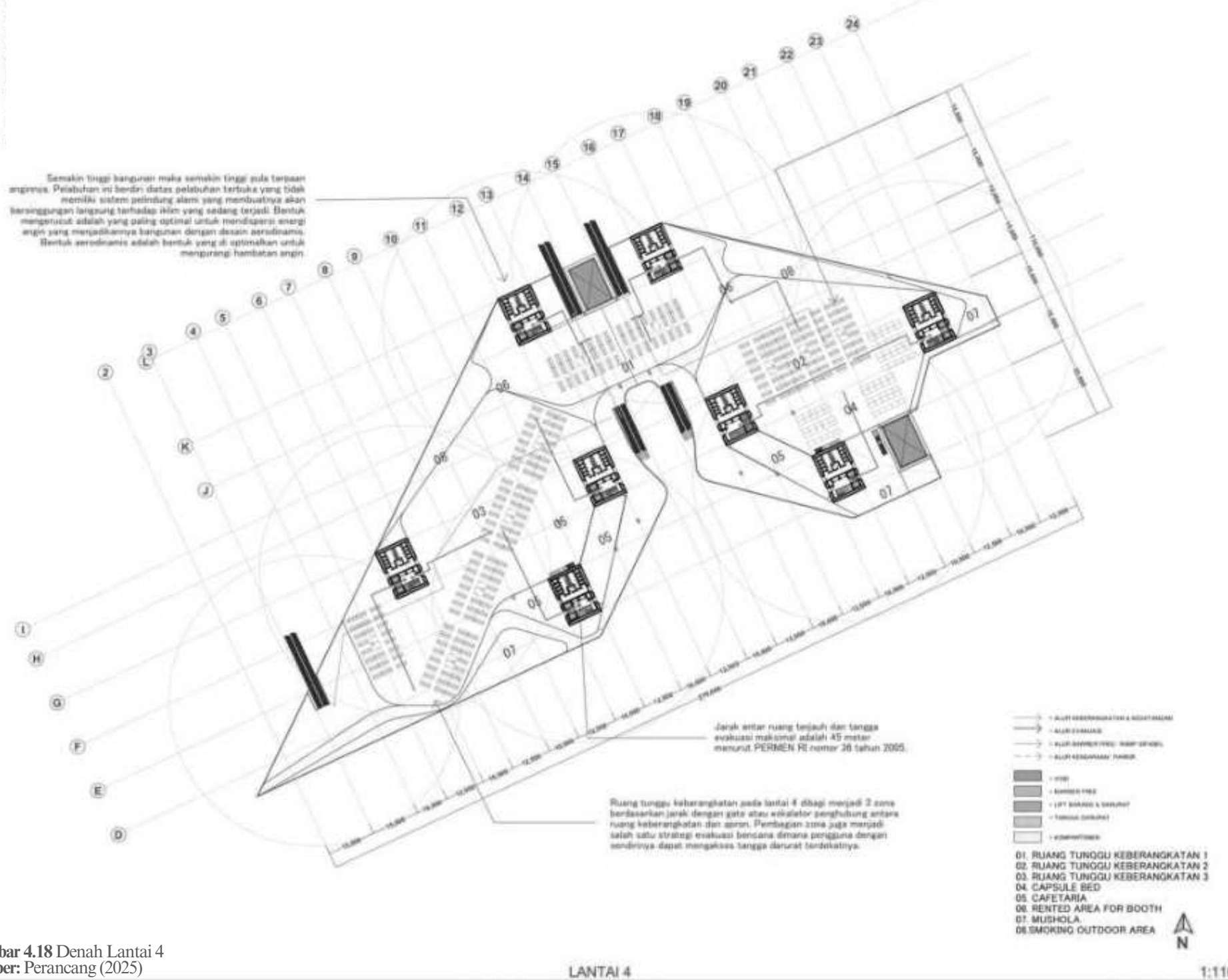


Gambar 4.17 Denah Lantai 3
Sumber: Perancang (2025)

4.4.6 Lantai 4

Ketinggian daripada lantai 4 adalah 22 meter diatas permukaan tanah yang bertujuan sebagai ruang evakuasi tsunami. Letaknya yang berada didaerah pinggir laut membuat bangunan ini sangat rentan terhadap gaya lateral yang diakibatkan oleh alam semisal angin kencang, tsunami dan juga gempa.

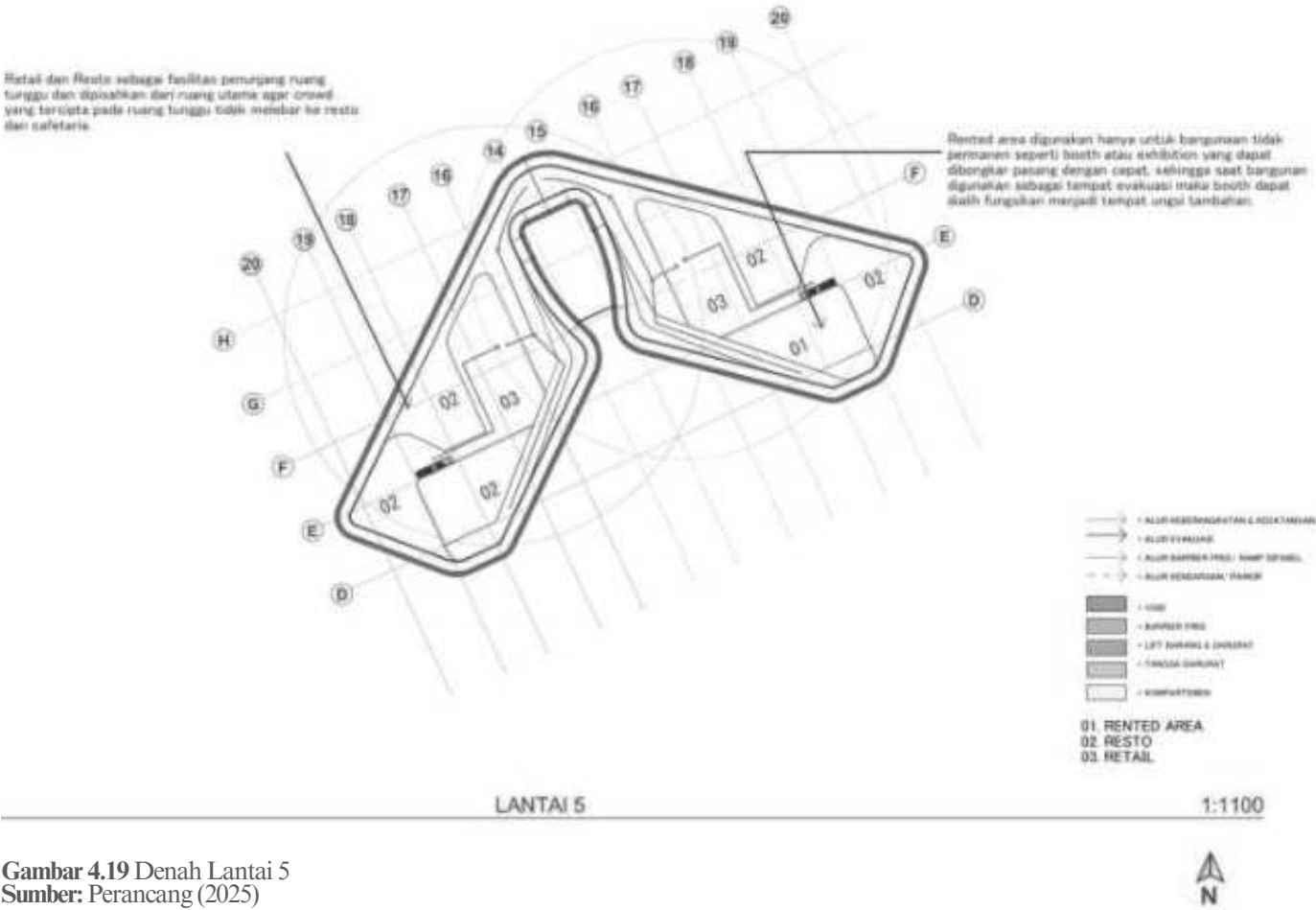
Ruang keberangkatan penumpang ini terbagi menjadi 3 zona tambatan dan 2 gerbang keberangkatan yang mampu menampung penumpang hingga 3480 kursi yang terbagi menjadi zona 1 sebanyak 650 penumpang, zona 2 adalah 1390 penumpang dan zona 3 adalah 1440 orang, yang ditunjang oleh fasilitas pendukung seperti retail, dan mushola. Lantai ini memiliki luasan sebesar 15,947 m2.



Gambar 4.18 Denah Lantai 4
Sumber: Perancang (2025)

4.4.7 Lantai 5

Keandalan bangunan dalam beradaptasi dari berbagai kondisilah yang membuat bangunan itu dapat dikatakan keberlanjutan. Lantai mezanin pada lanai 5 ini berada pada ketinggian 27 meter diatas permukaan tanah. yang dapat berubah fungsi mengikuti skema yang ada. Lantai 5 ini memiliki kuasan 13,877 m2.



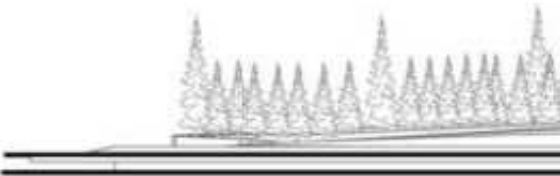
Gambar 4.19 Denah Lantai 5
Sumber: Perancang (2025)

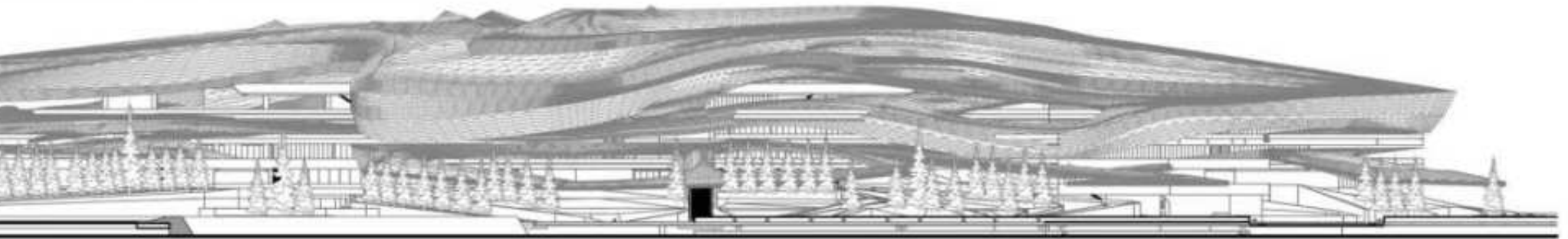
4.5 Desain Selubung dan Responnya

4.5.1 Elevasi

Ketinggian daripada lantai 4 adalah 22 meter diatas permukaan tanah yang bertujuan sebagai ruang evakuasi tsunami. Letaknya yang berada didaerah pinggir laut membuat bangunan ini sangat rentan terhadap gaya lateral yang diakibatkan oleh alam semisal angin kencang, tsunami dan juga gempa.

Ruang keberangkatan penumpang ini terbagi menjadi 3 zona tambatan dan 2 gerbang keberangkatan yang mampu menampung penumpang hingga 3480 kursi yang terbagi menjadi zona 1 sebanyak 650 penumpang, zona 2 adalah 1390 penumpang dan zona 3 adalah 1440 orang, yang ditunjang oleh fasilitas pendukung seperti retail, dan mushola. Lantai ini memiliki luasan sebesar 15,947 m2.

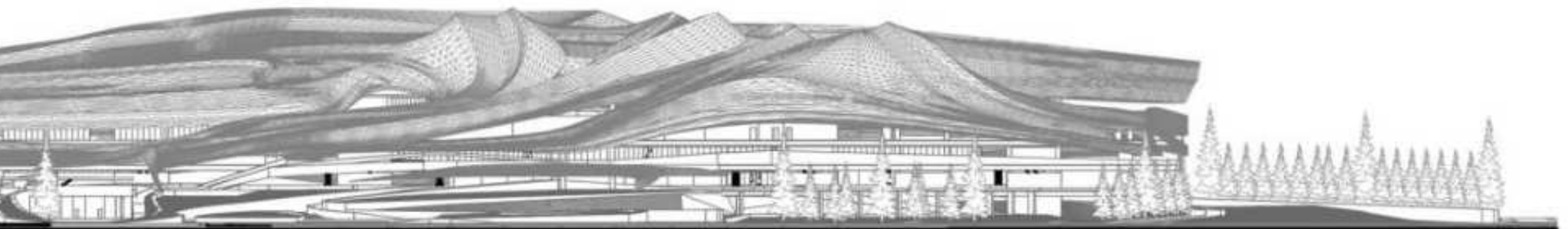




TAMPAK SISI BELAKANG - VISTA LAUT

1:1200

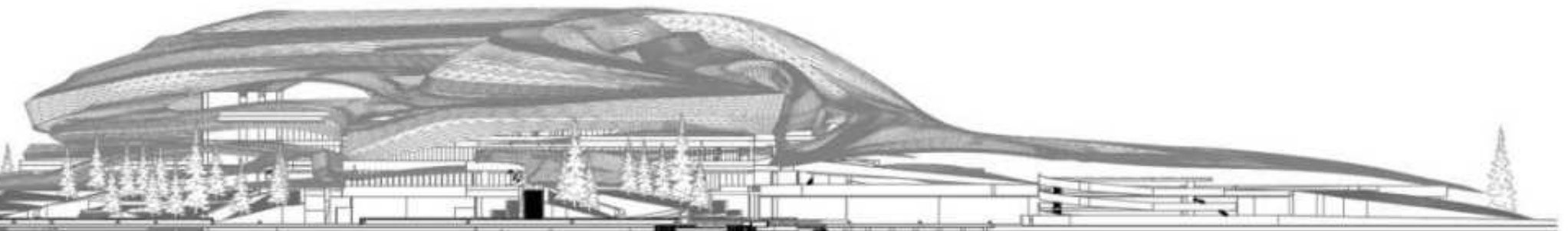
Gambar 4.20 Tampak Sisi Belakang - Vista Laut
Sumber: Perancang (2025)



TAMPAK SISI DEPAN - VISTA DARAT

1:1200

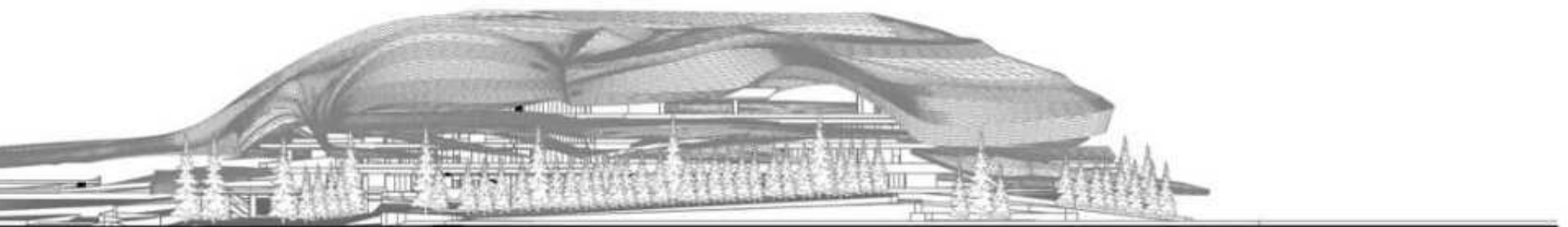
Gambar 4.21 Tampak Sisi Depan - Vista Darat
Sumber: Perancang (2025)



TAMPAK SISI KIRI - VISTA LAUT

1:1200

Gambar 4.22 Tampak Sisi Kiri - Vista Laut
Sumber: Perancang (2025)



TAMPAK SISI KANAN - VISTA DARAT

1:1200

Gambar 4.23 Tampak Sisi Kanan - Vista Darat
Sumber: Perancang (2025)

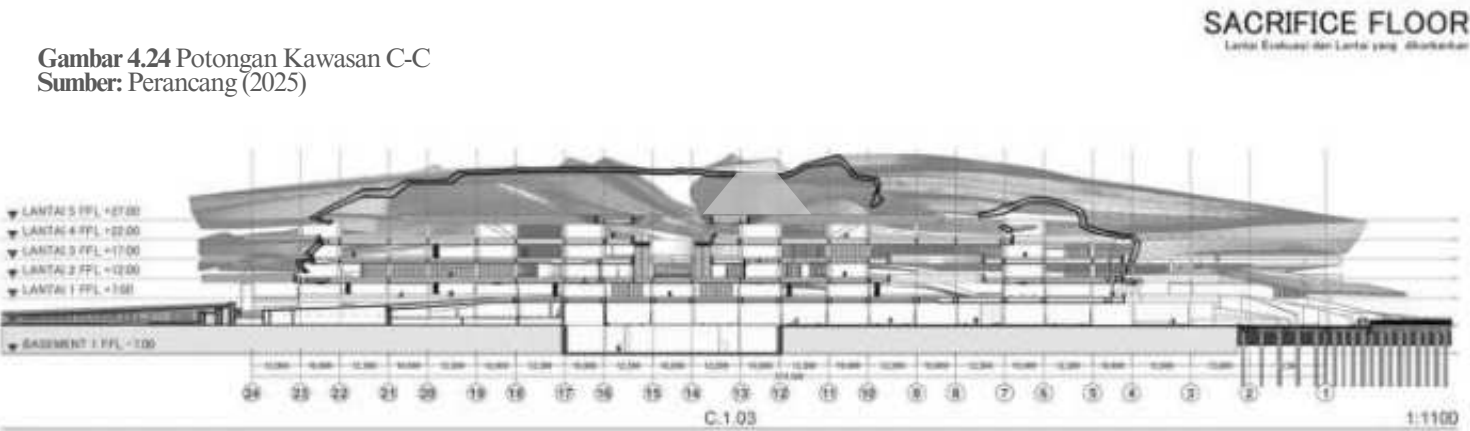
4.5.2 Potongan kawasan

Elevasi ketinggian dari setiap lantai pada bangunan adalah kelipatan 5 meter dan pada lantai groundfloor adalah 7 meter. Perbedaan ini di akibatkan adanya tuntutan fungsi pada groundfloor yaitu aagr kendaraan besar yang melakukan embarkasi dan debarkasi masih memiliki *safe space* untuk menumpuk barang hingga ketinggian 6 meter.

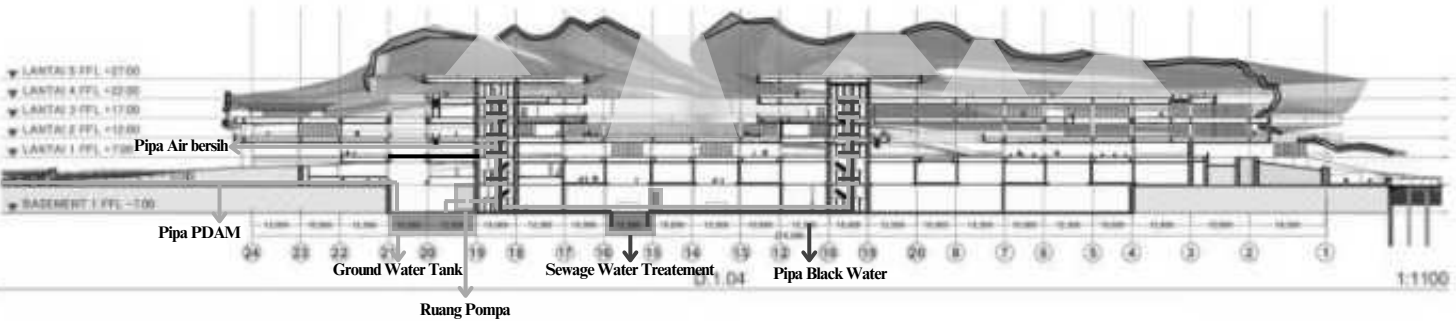
Sacrifice Floor yang di rancang adalah ketinggian FFL +/- 0.00 hingga FFL +/- 12.00 atau dari ground floor hingga lantai 2 (Pelaporan Diri). Elemen arsitektural pad alantai ini dirancang agar hancur dengan aman seperti penggunaan kaca tempered yang diatur orientasinya sehingga tidak menghadap langsung kearah datang nya gelombang. Sedangkan lantai yang digunakan sebagai ruang evakuasi adalah pada ketinggian FFL +17.00 dan FFL +22.00 atau pada lantai kantor pengelola dan fokus ruang evakuasi utama adalah pada ruang tunggu.

Lantai pada ruang pengelola berada pada FFL +17.00. Lantai ini juga digunakan untuk menaruh peralatan mekanikal dan elektrikl seperti power generator, chiller, dan ruang penyimpanan baterai solar panel.

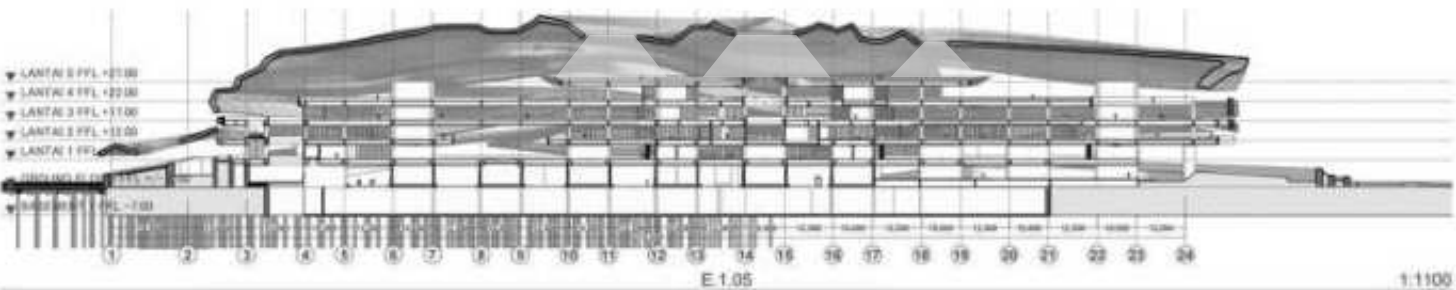
Gambar 4.24 Potongan Kawasan C-C
Sumber: Perancang (2025)

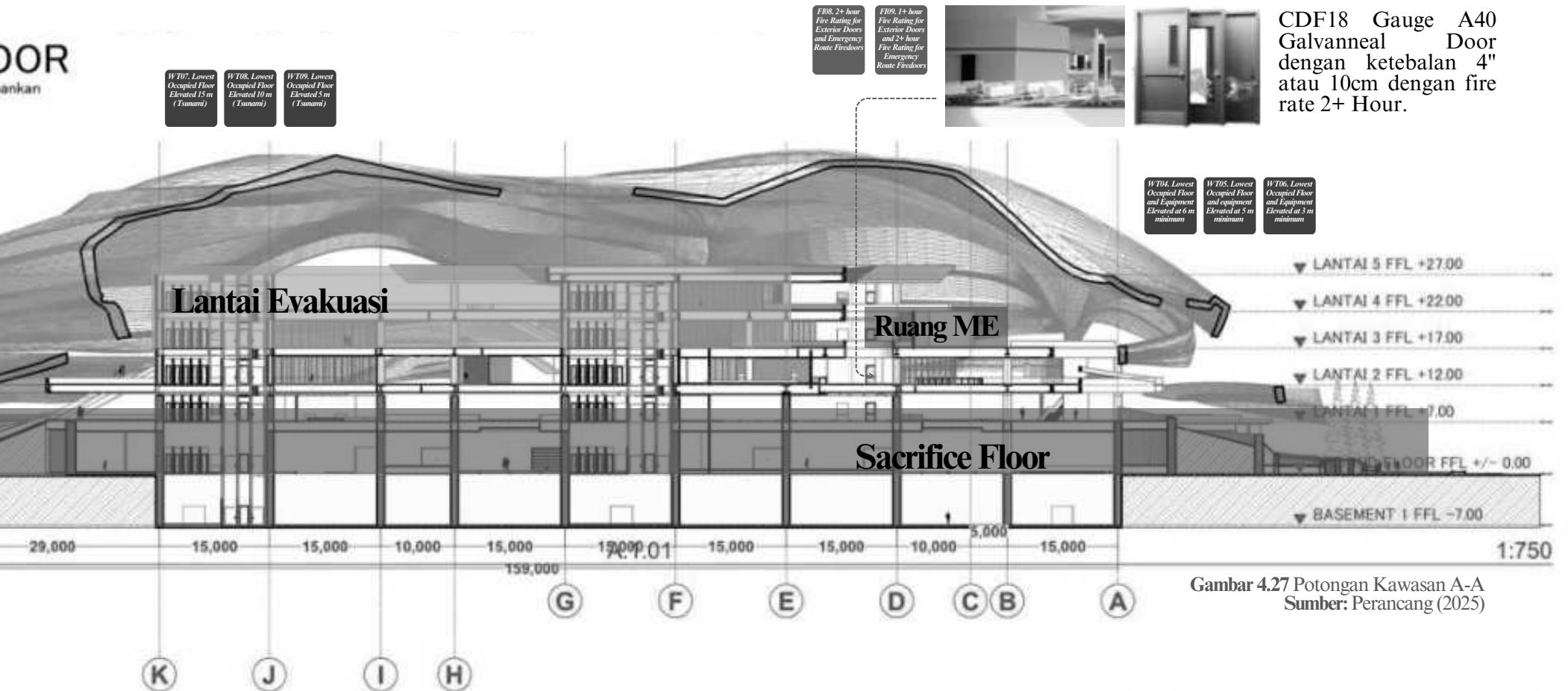


Gambar 4.25 Potongan Kawasan D-D
Sumber: Perancang (2025)



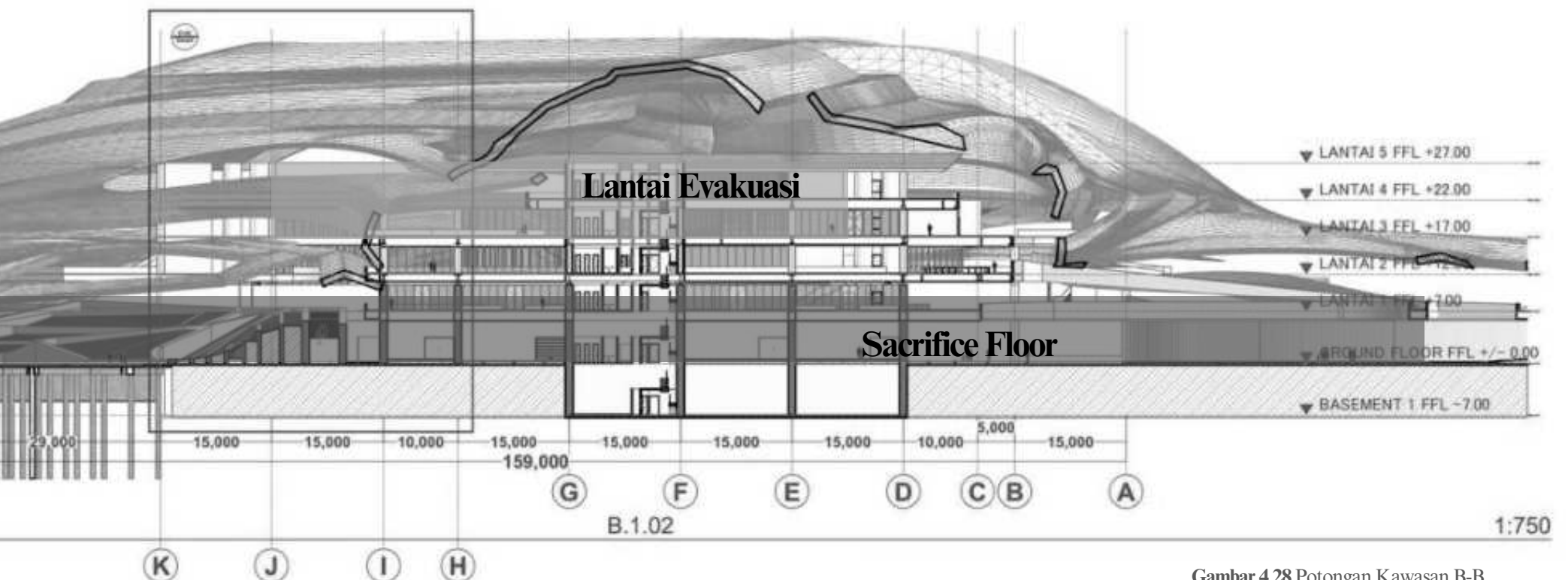
Gambar 4.26 Potongan Kawasan E-E
Sumber: Perancang (2025)



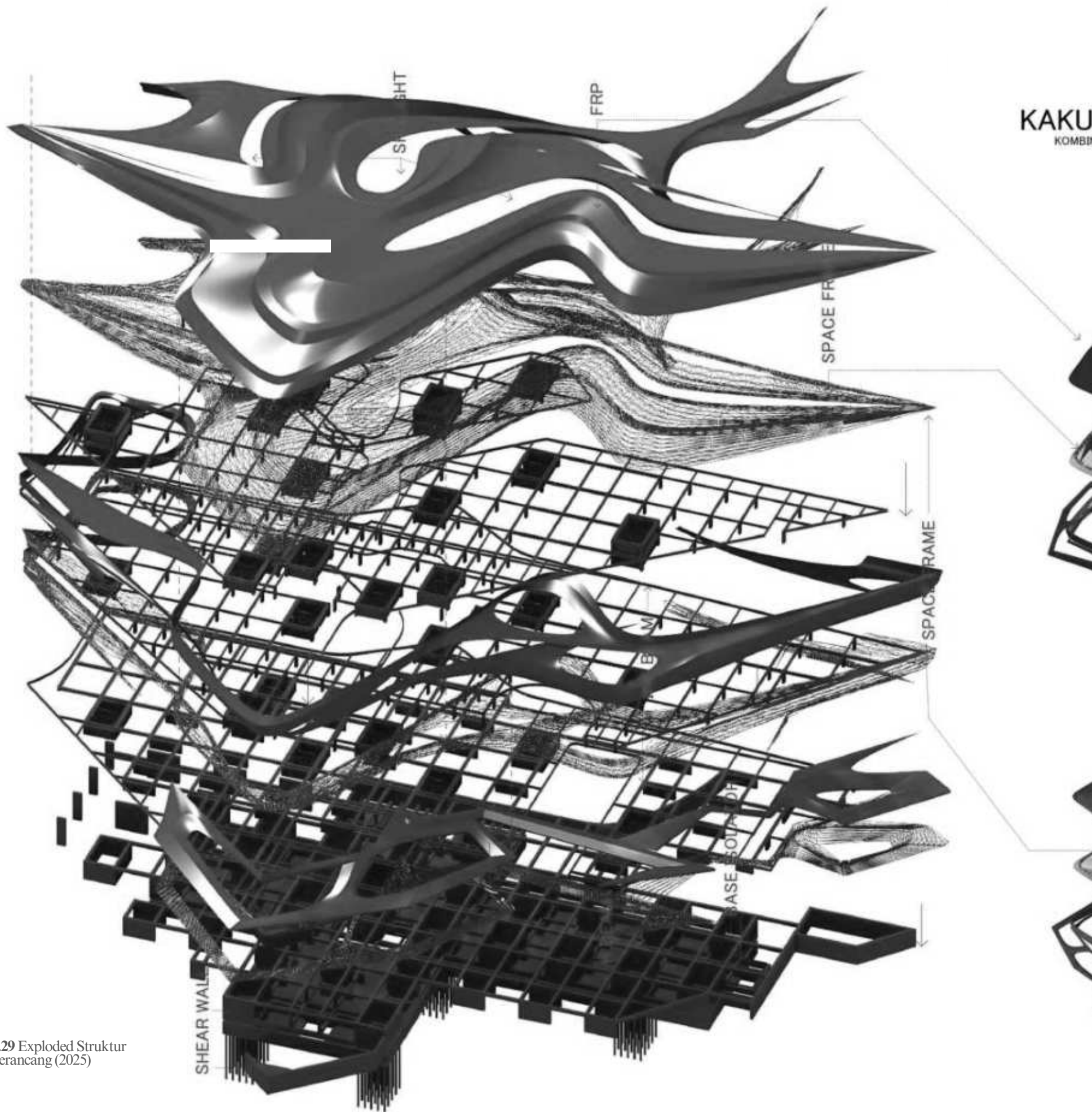


Gambar 4.27 Potongan Kawasan A-A
Sumber: Perancang (2025)

di lantai 1 dan 2 dengan ketinggian 7 meter diatas permukaan tanah. Area check-in di letakan pada lantai 2 dengan harapan pengguna bisa segera melakukan pelaporan bagasi dan mengurangi barang bawaan. Meskipun ruang mekanikal dan elektrikl seperti bagage belt namun peletakan ruang ini sudah pada sisi terjauh dari arah laut sehingga diharapkan meminimalisir kerusakan saat setelah diterjang ombak tsunami.



Gambar 4.28 Potongan Kawasan B-B
Sumber: Perancang (2025)



CS09
Connected
Main Structure

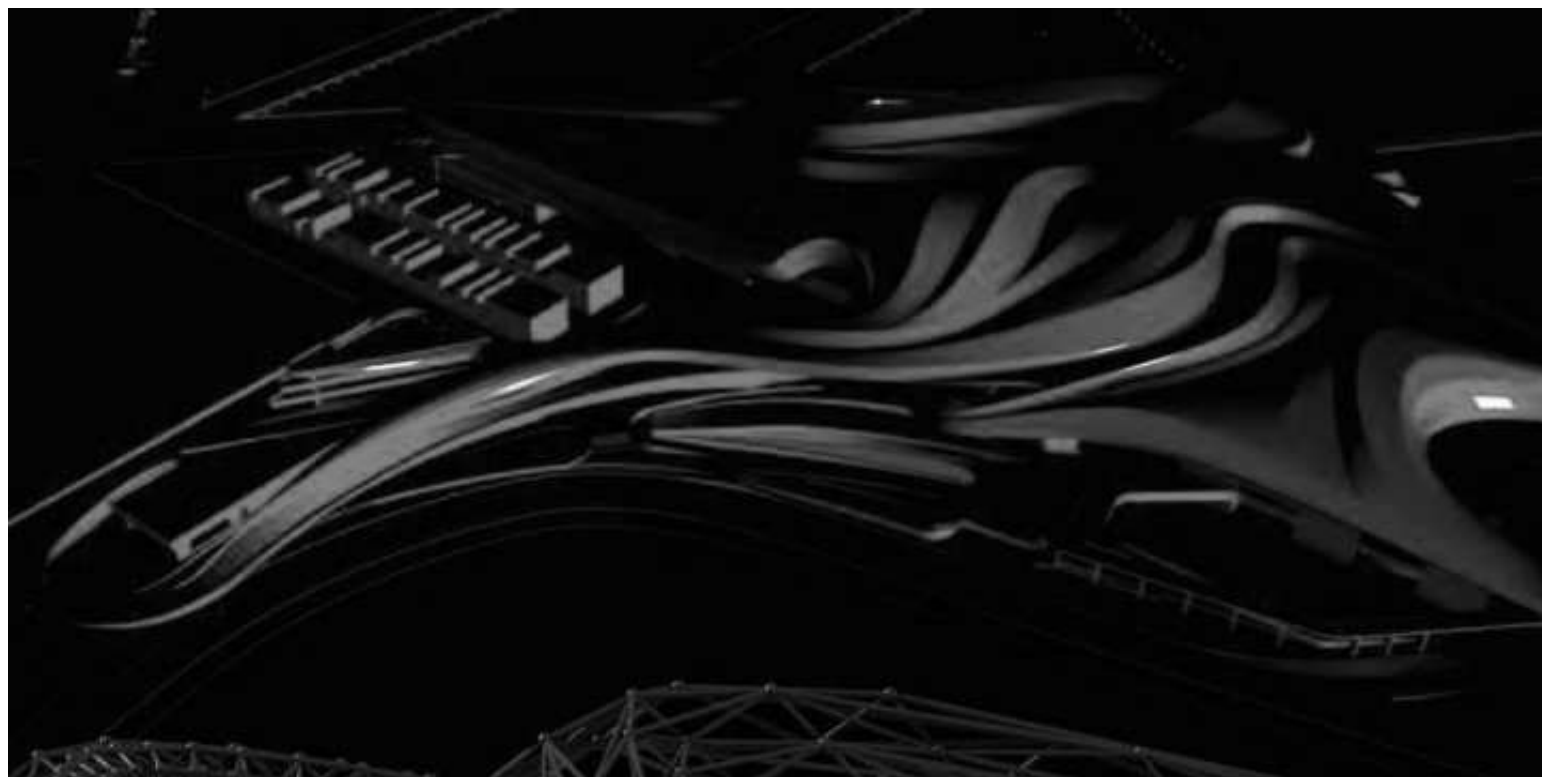
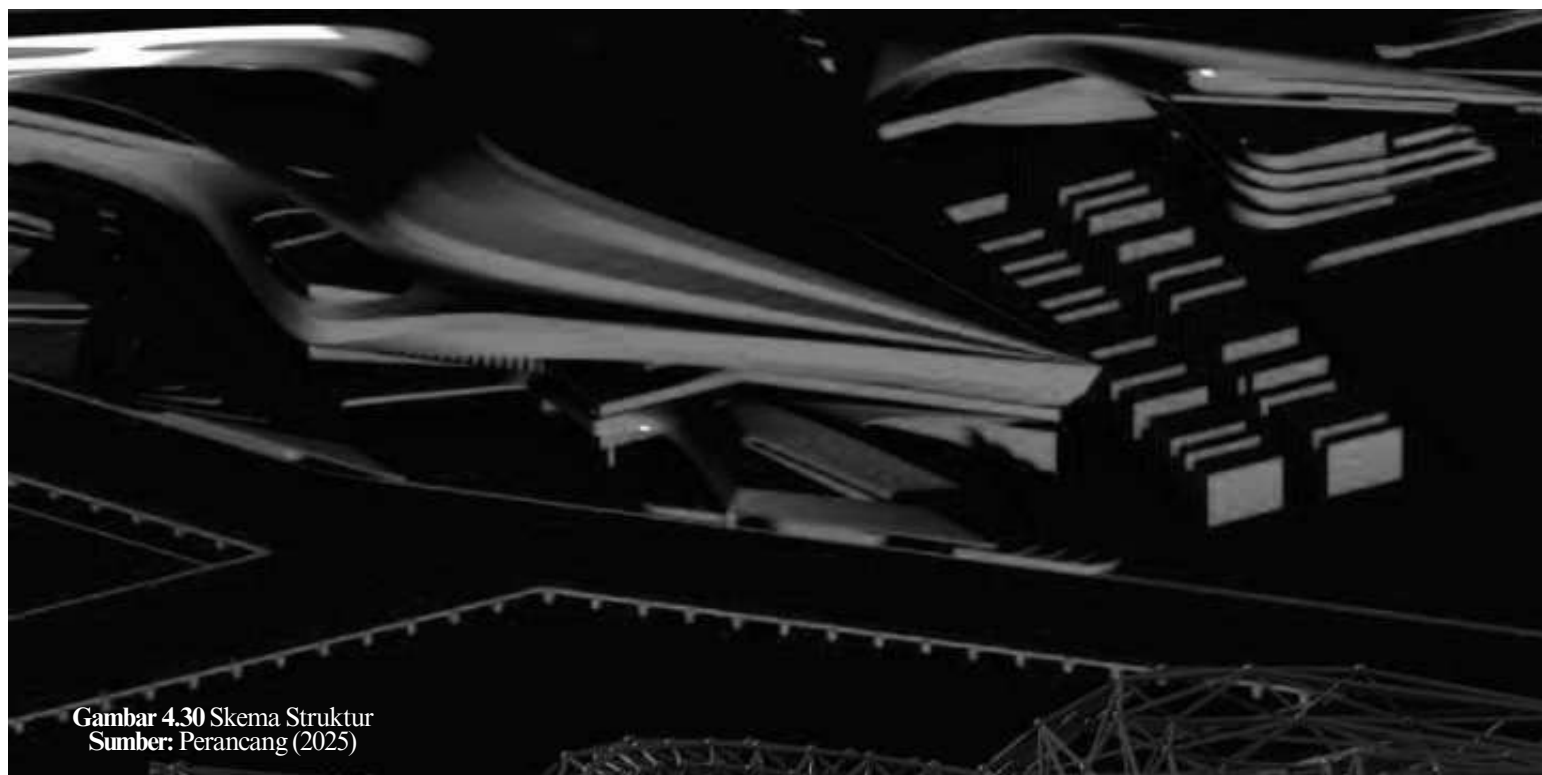
Gambar 4.29 Exploded Struktur
Sumber: Perancang (2025)

J NAMUN FLEKSIBEL
INASI ANTARA SHEAR WALL DAN BASE ISOLATOR

4.6 Exploded

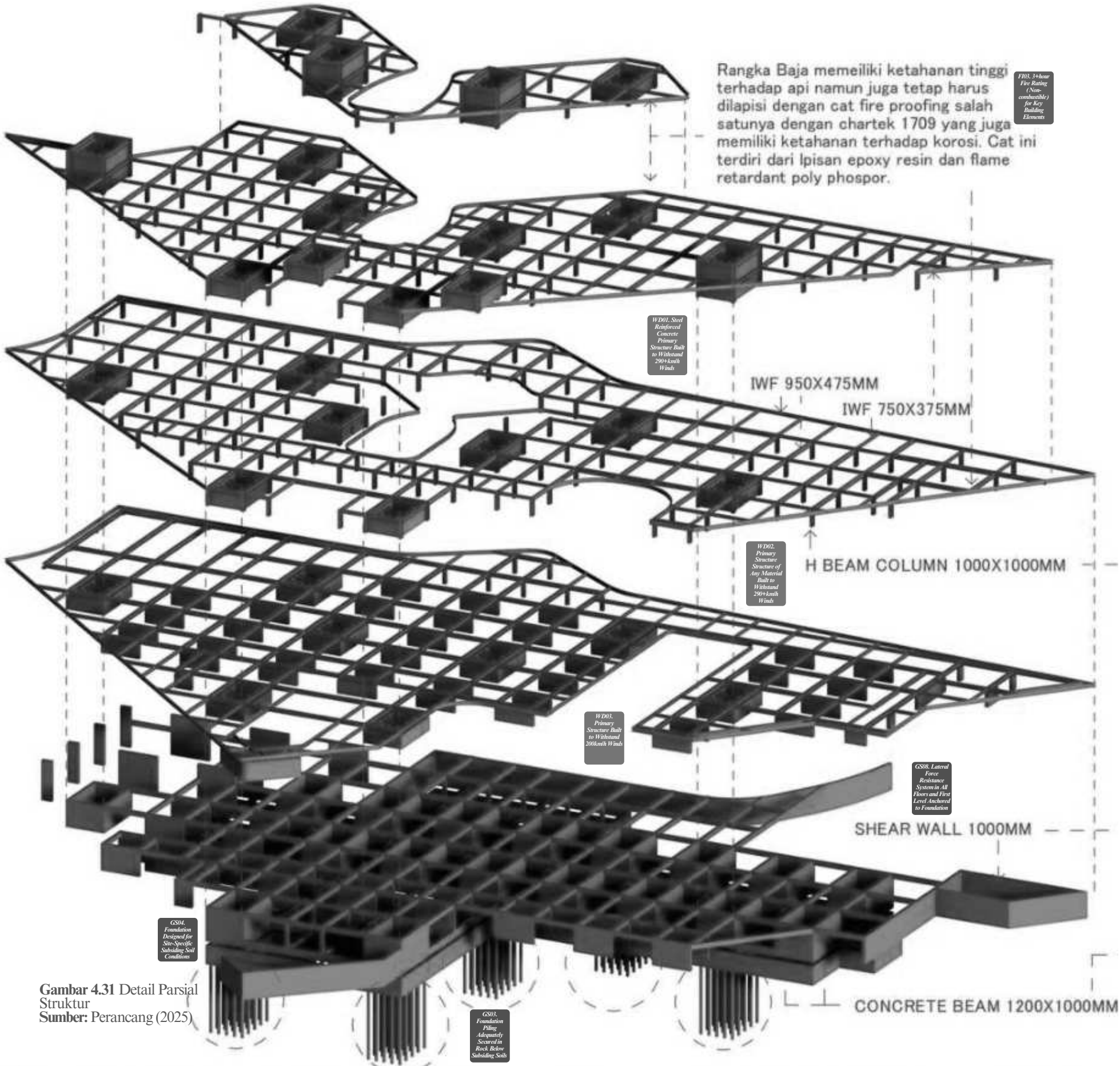
4.6.1 Skema Struktur

Konsep bangunan ini mencoba memecahkan masalah pada bangunan terhadap dua perilaku berbeda yang diakibatkan oleh 2 bencana. Tsunami menuntut bangunan untuk robust atau kaku sedangkan gempa menuntut bangunan untuk memiliki fleksibilitas atau daktilitas sehingga bangunan tidak ikut berayun. Pemecahan permasalahan ini adalah dengan membagi struktur bangunan menjadi 2 bagian yaitu pada lantai groundfloor hingga lantai 2 (0-12 meter) dibuat kaku sedangkan pada lantai 3 hingga 5 dibuat lebih fleksibel. Dengan seperti ini diharapkan bangunan dapat beradaptasi terhadap 2 kondisi bencana alam yang akan terjadi.

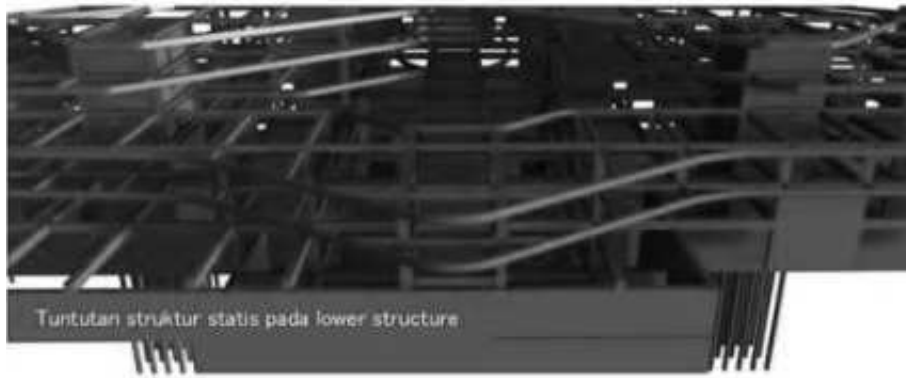
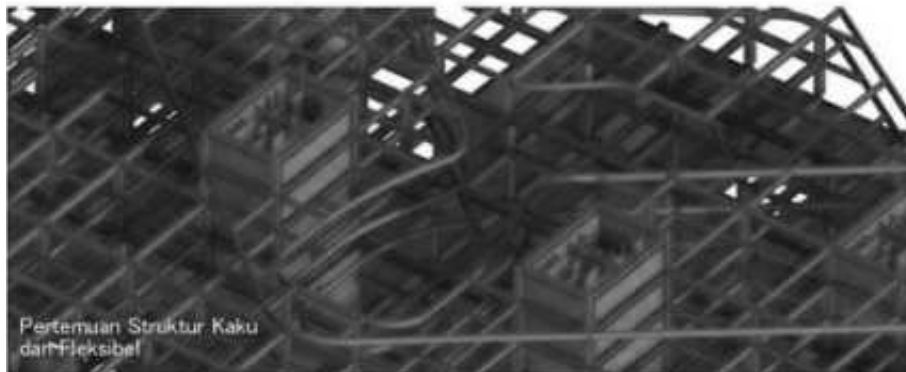


Gambar 4.30 Skema Struktur
Sumber: Perancang (2025)

4.6.2 Detail Parsial Struktur



Gambar 4.31 Detail Parsial Struktur
Sumber: Perancang (2025)



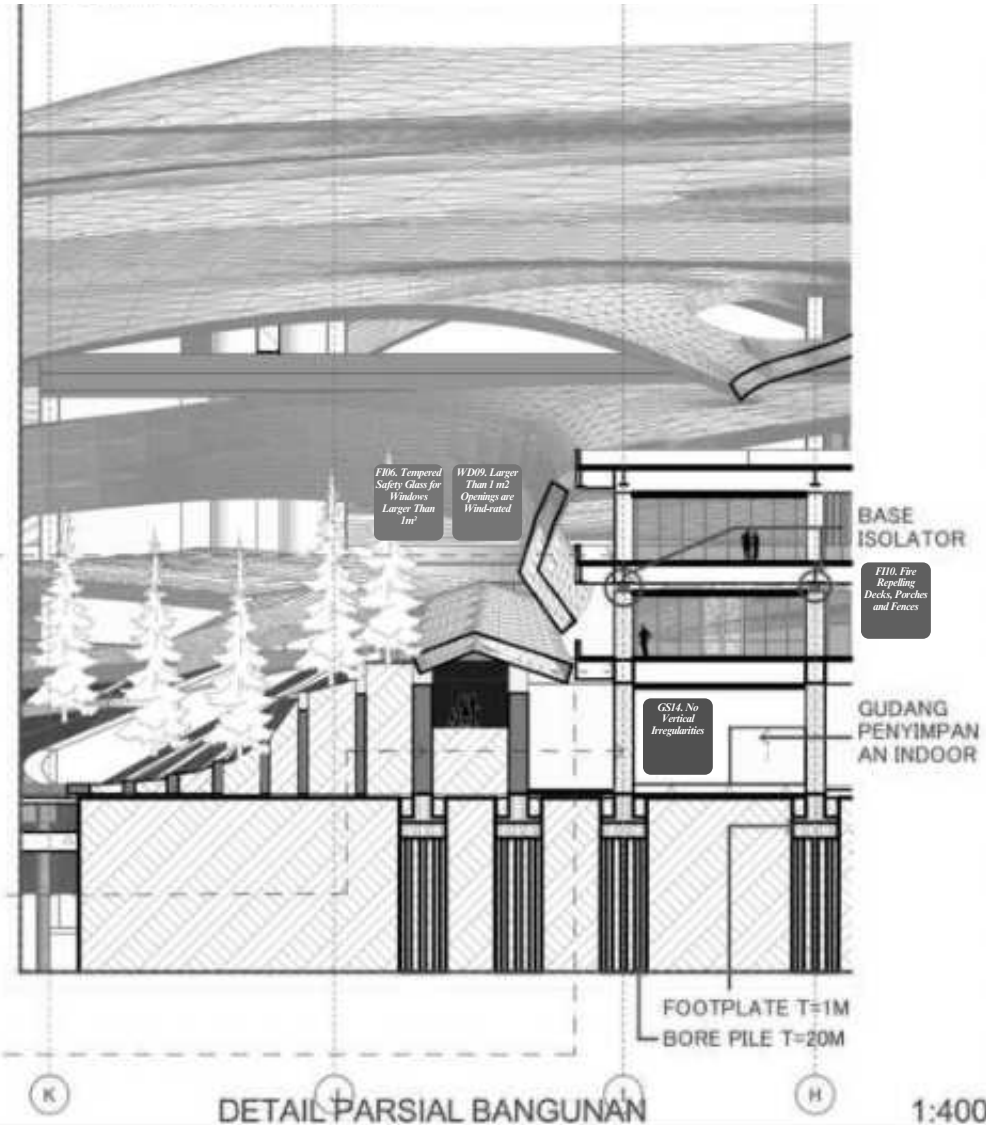
Gambar 4.32 Parsial Struktur
Sumber: Perancang (2025)

4.6.2.1 Shear wall & H Beam

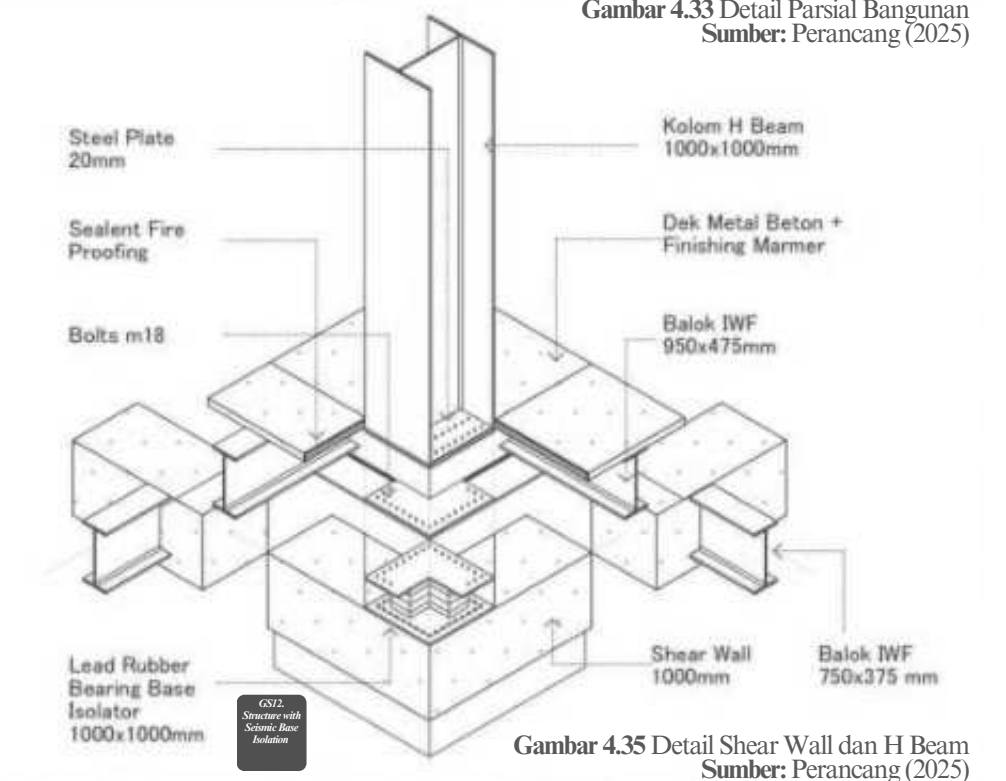
Bangunan ini berdiri diatas tanah reklamasi baru yang ditimbun menggunakan tanah galian C dan beralaskan tanah latosol putih yang termasuk tanah dengan kekerasan rendah. Diperlukan struktur pondasi yang mampu menahan laju penurunan bangunan. Digunakan raft structure yang didasari oleh spun pile yang memanfaatkan gesekan antara struktur dan tanah untuk menciptakan reaksi.



Gambar 4.34 Shear Wall dan H Beam
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.33 Detail Parsial Bangunan
Sumber: Perancang (2025)

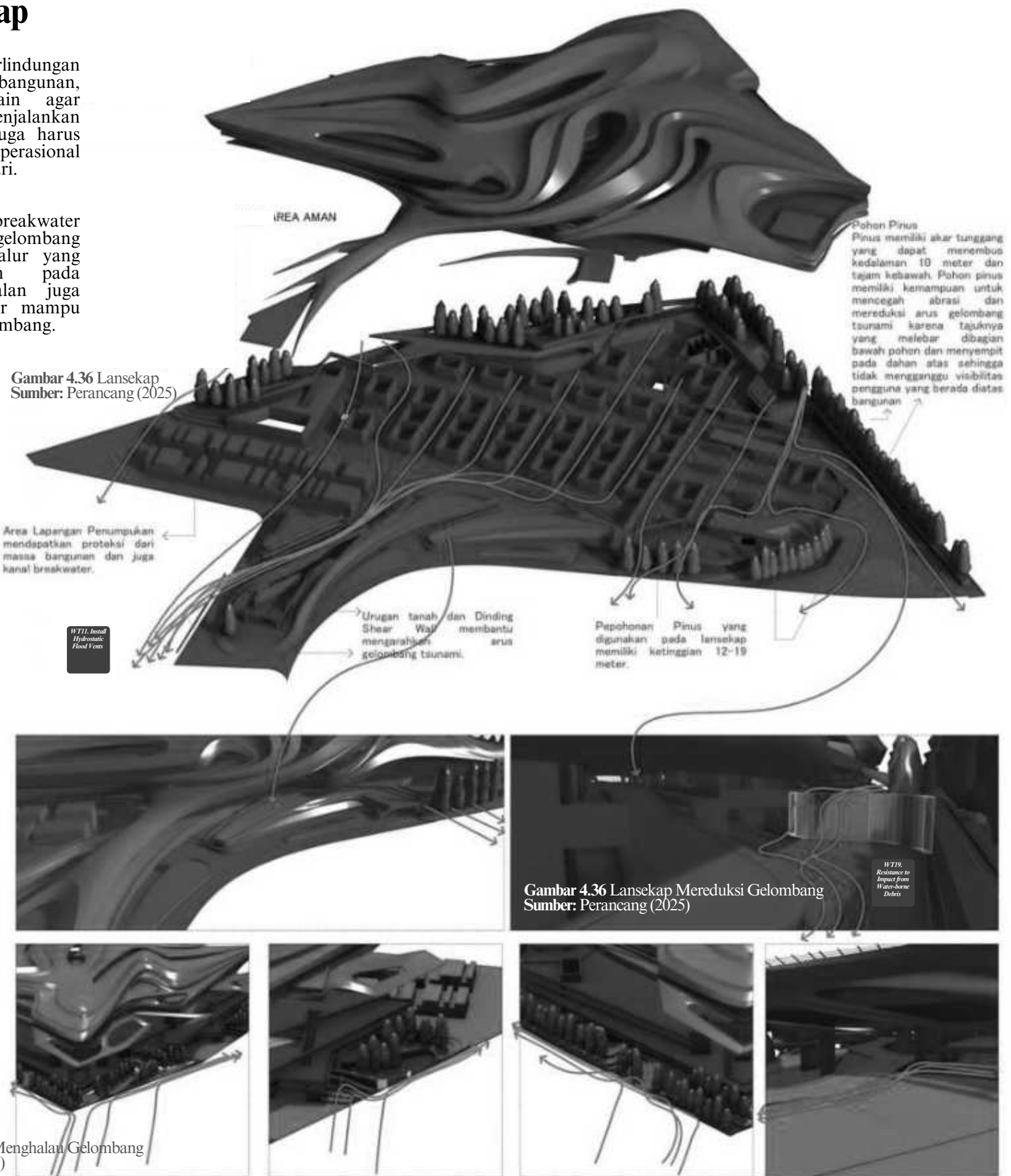


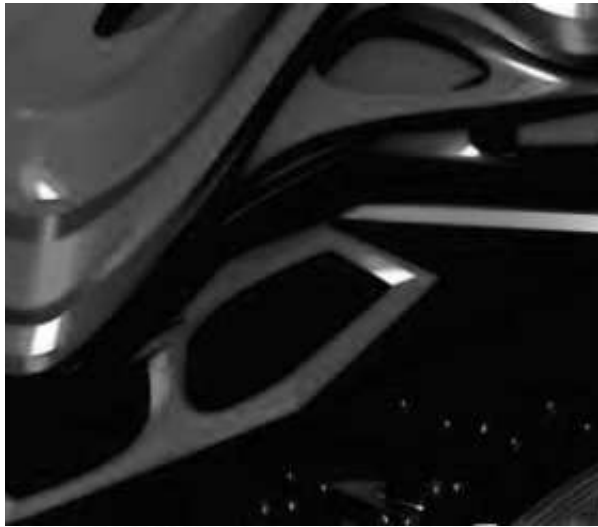
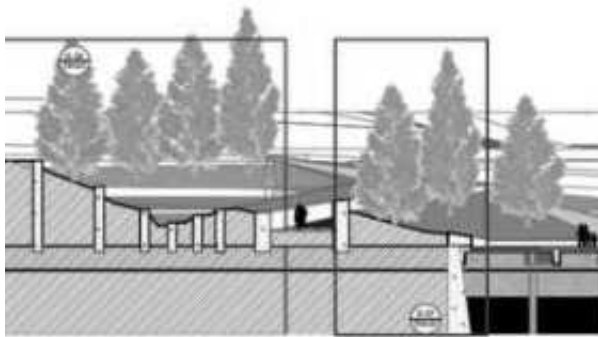
Gambar 4.35 Detail Shear Wall dan H Beam
Sumber: Perancang (2025)

4.7 Lansekap

BREAKWATER
Sebagai struktur perlindungan terhadap bangunan, breakwater didesain agar tetap menjalankan fungsionalitasnya juga harus bisa melayani operasional pelabuhan sehari-hari.

KANAL
Konsep kanal dan breakwater mengarahkan arus gelombang tsunami menuju jalur yang aman. Undakan pada struktur ramp jalan juga didesain solid agar mampu mereduksi arus gelombang.



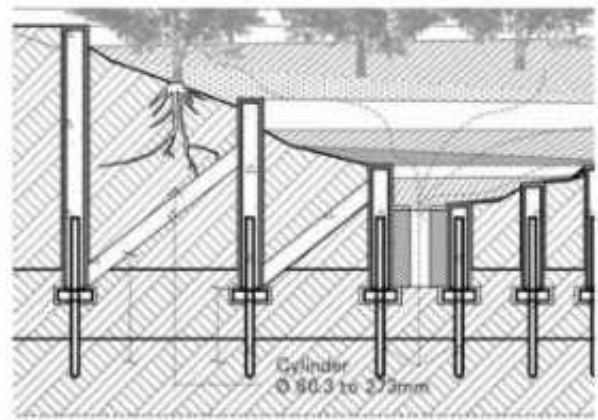


POTONGAN LANSEKAP A-A 1:600

Gambar 4.39 Potongan Lanskap A-A
Sumber: Perancang (2025)

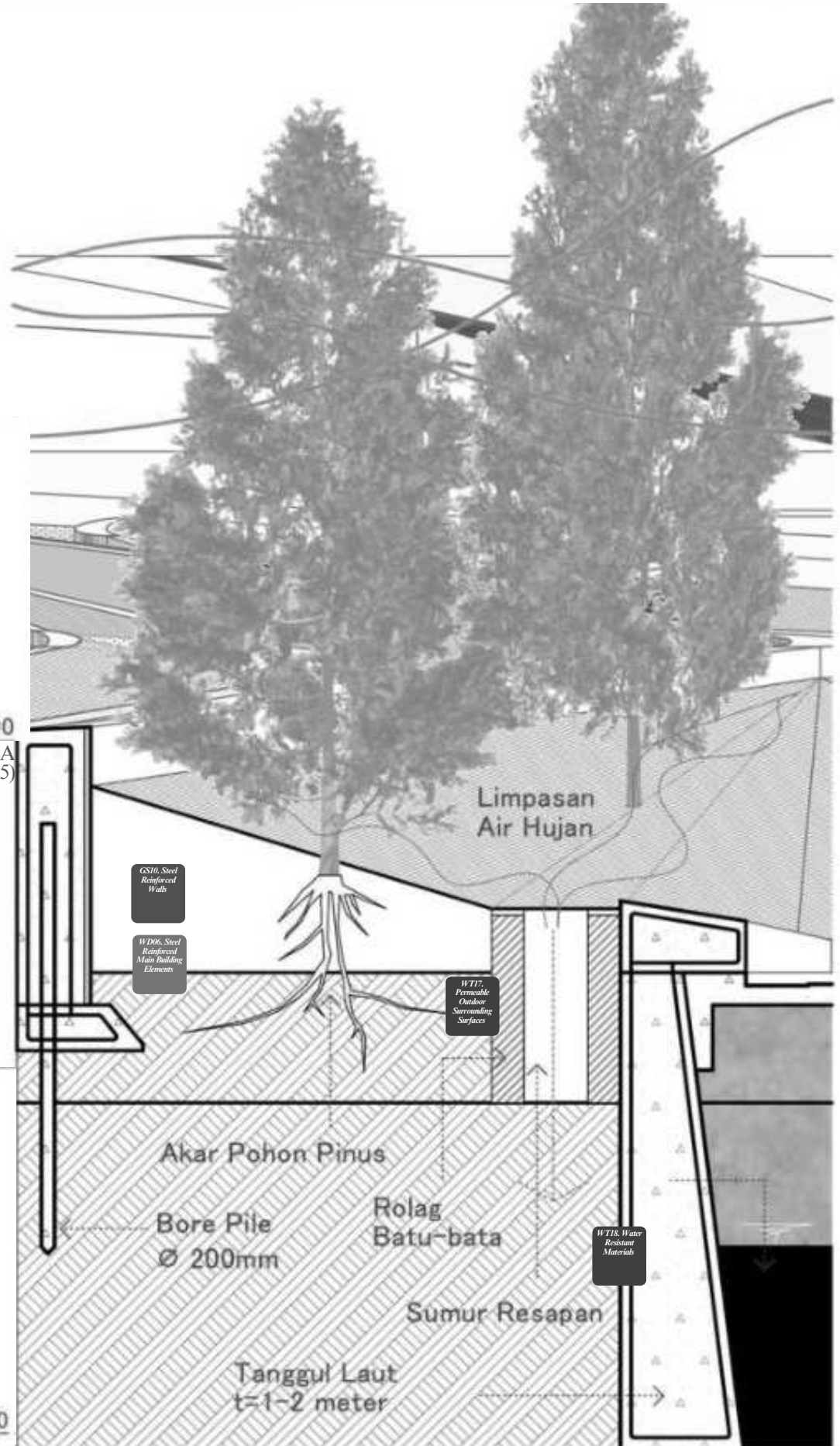
POHON PINUS

Pinus memiliki akar tunggang yang dapat menembus kedalam 10 meter dan tajam kebawah. Pohon pinus memiliki kemampuan untuk mencegah abrasi dan mereduksi arus gelombang tsunami karena tajuknya yang melebar dibagian bawah pohon dan menyempit pada dahan atas sehingga tidak mengganggu visibilitas pengguna yang berada diatas bangunan



D-08 DETAIL LANSEKAP B 1:200

Gambar 4.40 Detail Lansekap B
Sumber: Perancang (2025)



D-07 DETAIL LANSEKAP A 1:150

Gambar 4.41 Detail Lansekap A
Sumber: Perancang (2025)

Desain Lansekap Yang Terintegrasi Sebagai Sirkulasi dan Proteksi

Breakwater yang di lengkapi dengan ramp memastikan perkalanan penumpang tidak melelahkan saat membawa barang besar dan juga memudahkan penumpang disabilitas mengakses apron dari bangunan dan sebaliknya. Desain lansekap yang terdiri dari berbagai ketinggian dinding menciptakan dinding yang berlapis yang dapat melindungi bangunan dari dari kuat arus saat terjadi tsunami.

Dinding Pemecah Ombak

Breakwater digunakan sebagai sirkulasi utama dan pengarah penumpang, menghubungkan bangunan terminal dan juga apron. Breakwater melindungi penumpang saat berada pada lantai groundfloor dari terpanan angin laut.

Gambar 4.42 Dinding Pemecah Ombak
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.43 Desain Lansekap yang Terintegrasi Sebagai Sirkulasi dan Proteksi
Sumber: Perancang (2025)



Pohon Pinus

Pohon ini digunakan sebagai vegetasi lansekap karena mampu mereduksi arus gelombang dan angin. Karena tajuknya yang lebar dibawah sehingga tidak menghalangi view pada lantai atas bangunan

Gambar 4.44 Pohon Pinus
Sumber: Perancang (2025)

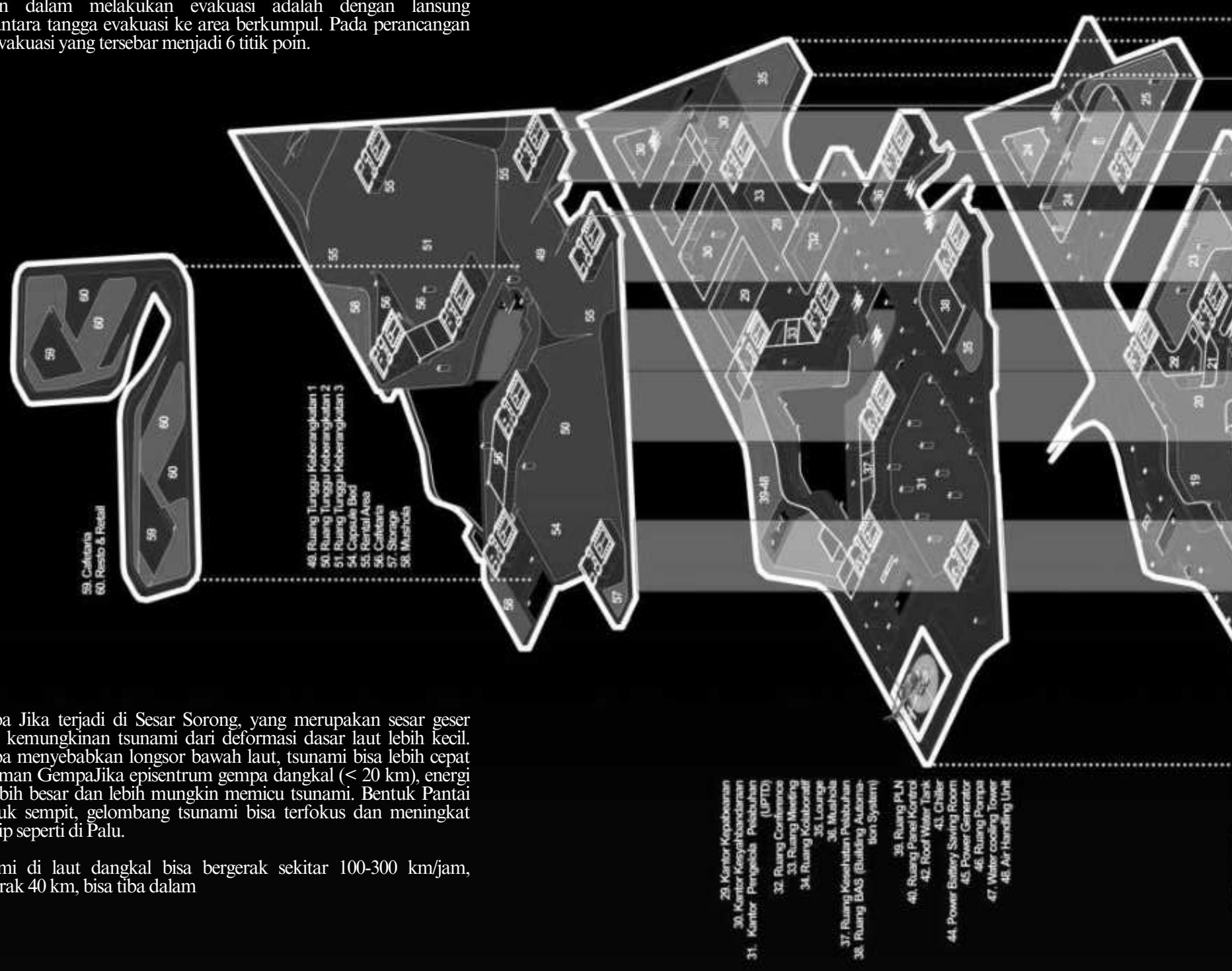
4.8 Transportasi Vertikal

4.8.1 Skema Evakuasi

Mekanisme Gempa Jika terjadi di Sesar Sorong, yang merupakan sesar geser seperti Palu-Koro, kemungkinan tsunami dari deformasi dasar laut lebih kecil. Namun, jika gempa menyebabkan longsor bawah laut, tsunami bisa lebih cepat dan tinggi. Kedalaman Gempa Jika episentrum gempa dangkal (< 20 km), energi yang dilepaskan lebih besar dan lebih mungkin memicu tsunami. Bentuk Pantai Jika berada di teluk sempit, gelombang tsunami bisa terfokus dan meningkat ketinggiannya, mirip seperti di Palu.

Kecepatan Tsunami di laut dangkal bisa bergerak sekitar 100-300 km/jam, sehingga dengan jarak 40 km, bisa tiba dalam.

Strategi bangunan dalam melakukan evakuasi adalah dengan langsung menghubungkan antara tangga evakuasi ke area berkumpul. Pada perancangan ini memiliki area evakuasi yang tersebar menjadi 6 titik poin.



Mekanisme Gempa Jika terjadi di Sesar Sorong, yang merupakan sesar geser seperti Palu-Koro, kemungkinan tsunami dari deformasi dasar laut lebih kecil. Namun, jika gempa menyebabkan longsor bawah laut, tsunami bisa lebih cepat dan tinggi. Kedalaman Gempa Jika episentrum gempa dangkal (< 20 km), energi yang dilepaskan lebih besar dan lebih mungkin memicu tsunami. Bentuk Pantai Jika berada di teluk sempit, gelombang tsunami bisa terfokus dan meningkat ketinggiannya, mirip seperti di Palu.

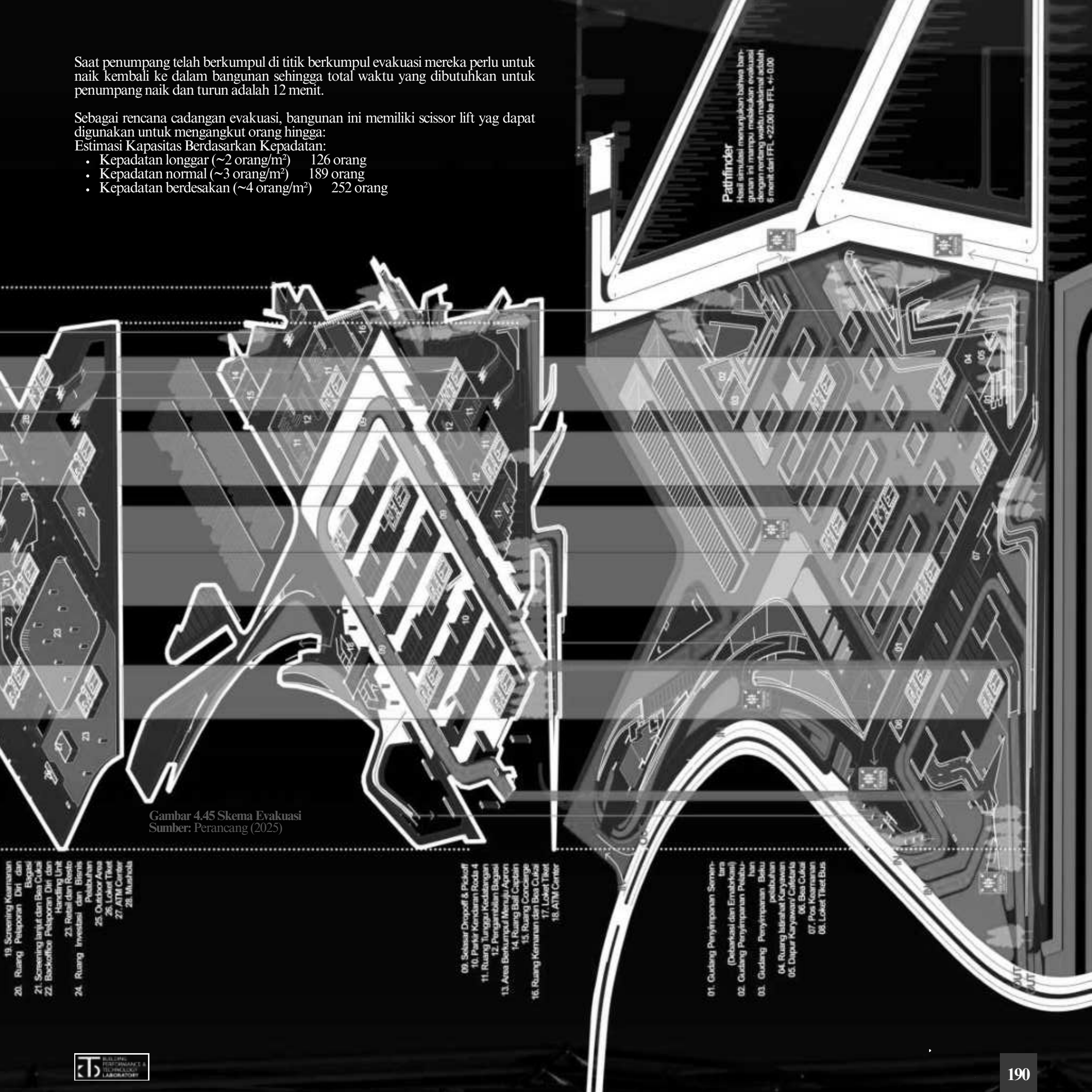
Kecepatan Tsunami di laut dangkal bisa bergerak sekitar 100-300 km/jam, sehingga dengan jarak 40 km, bisa tiba dalam

Saat penumpang telah berkumpul di titik berkumpul evakuasi mereka perlu untuk naik kembali ke dalam bangunan sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk penumpang naik dan turun adalah 12 menit.

Sebagai rencana cadangan evakuasi, bangunan ini memiliki scissor lift yang dapat digunakan untuk mengangkut orang hingga:

Estimasi Kapasitas Berdasarkan Kepadatan:

- Kepadatan longgar (~2 orang/m²) 126 orang
- Kepadatan normal (~3 orang/m²) 189 orang
- Kepadatan berdesakan (~4 orang/m²) 252 orang



Gambar 4.45 Skema Evakuasi
Sumber: Perancang (2025)

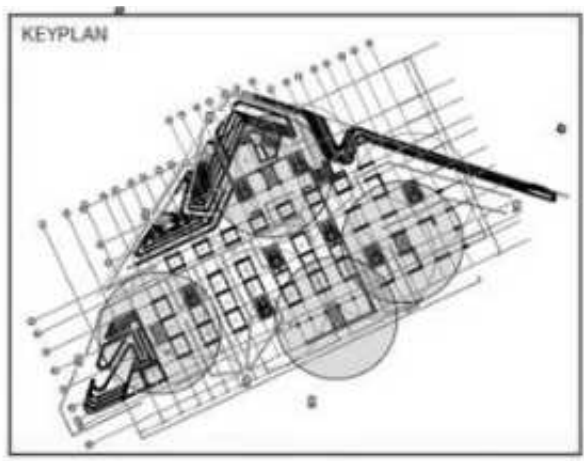
- 19. Screening Keamanan
- 20. Ruang Pelaporan Diri dan Esensial
- 21. Screening lanjut dan Bea Cukai
- 22. Backoffice Pelaporan Diri dan Handling Unit
- 23. Retail dan Resto
- 24. Ruang Investasi dan Bisnis
- 25. Outdoor Area
- 26. Loket Tiket
- 27. ATM Center
- 28. Mushola

- 09. Seleksi Dropoff & Pickoff
- 10. Parkir Kendaraan Roda 4
- 11. Ruang Tunggu Kedatangan
- 12. Pengambilan Bagasi
- 13. Area Berhimpun Menuju Apron
- 14. Ruang Brief Captain
- 15. Ruang Concourse
- 16. Ruang Keamanan dan Bea Cukai
- 17. Loket Tiket
- 18. ATM Center

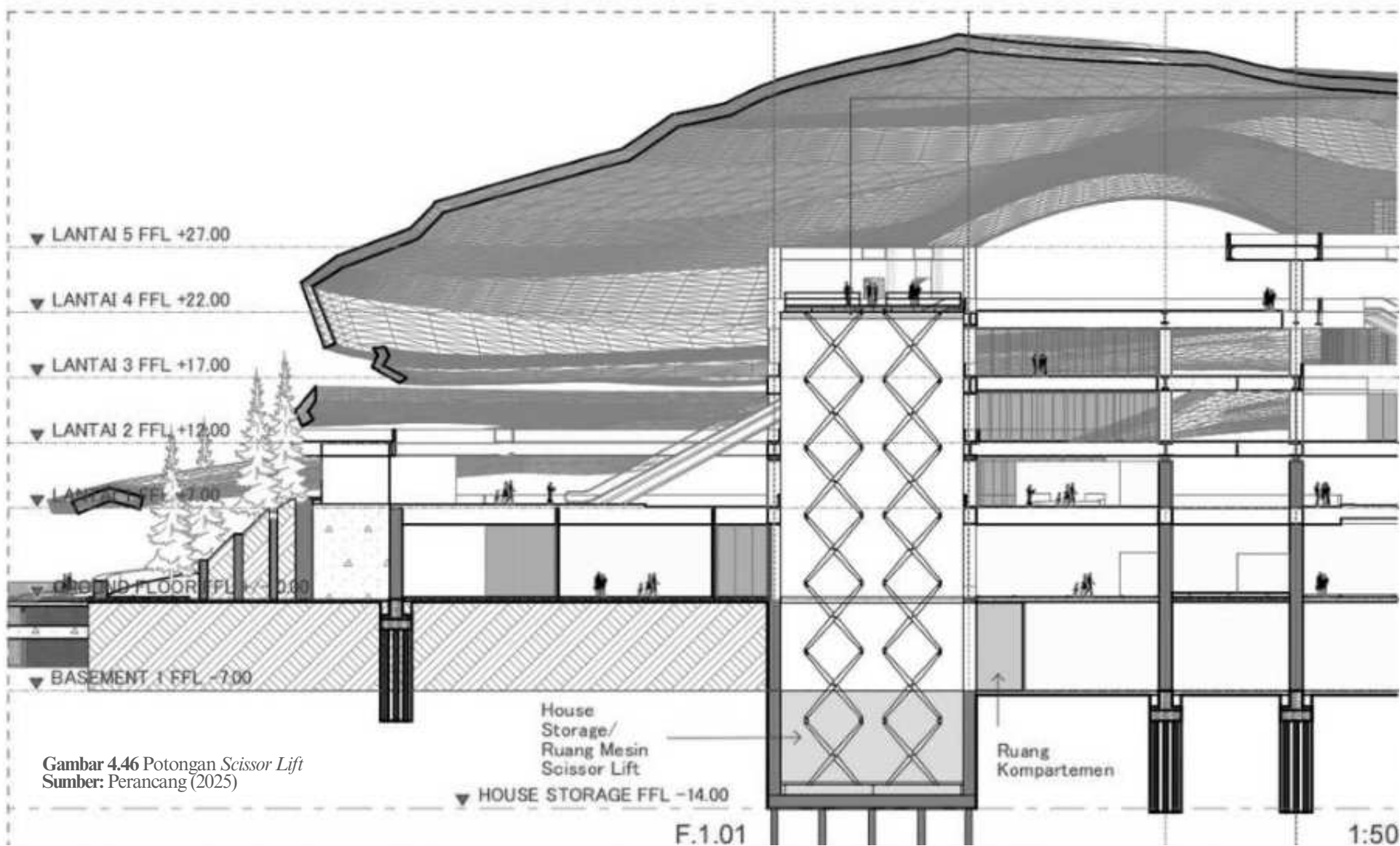
- 01. Gudang Penyimpanan Semen-tara (Debarasi dan Embarasi)
- 02. Gudang Penyimpanan Perabotan
- 03. Gudang Penyimpanan Buku
- 04. Ruang Jilidat Karyawan
- 05. Dapur Karyawan/ Catering
- 06. Bea Cukai
- 07. Post Keamanan
- 08. Loket Tiket Bus

4.8.2 Scissor Lift

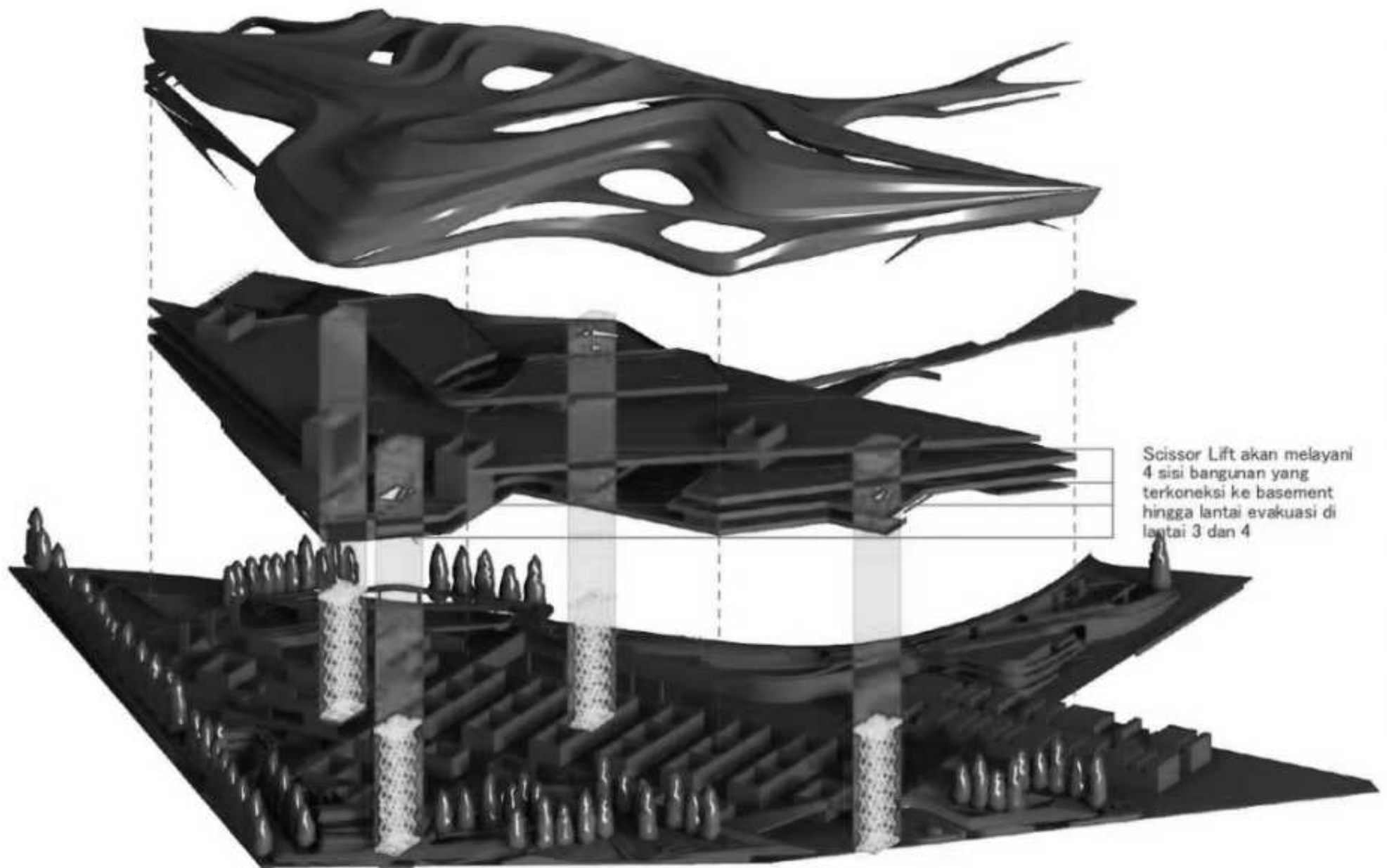
Scissor Lift adalah alat berat yang dirancang untuk mengangkat dan menurunkan beban secara vertikal. Alat ini memiliki mekanisme yang menyerupai gunting, di mana dua set tumpukan berbentuk segitiga terhubung dengan engsel di tengahnya. Ketika dioperasikan, platform scissor lift dapat mencapai ketinggian yang diperlukan dengan menggunakan sistem hidrolik atau listrik untuk menggerakkan tumpukan tersebut.



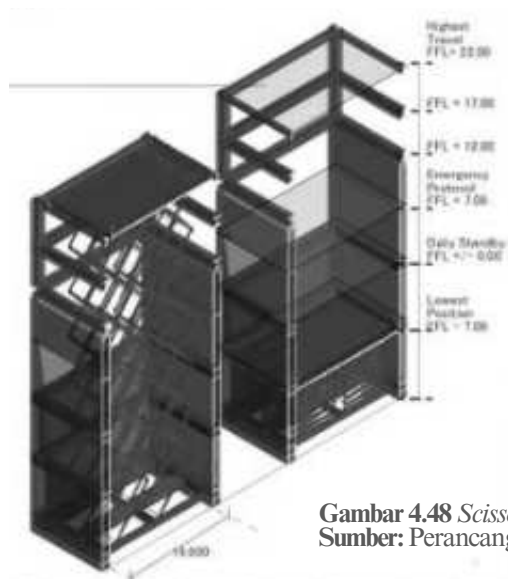
Peletakan Scissor Lift ini difokuskan dekat dengan assembly point pada site (luar bangunan) dan berusaha memperluas ajngkauan bangunan terhadap jarak keselamatan evakuasi (45 meter).



Gambar 4.46 Potongan Scissor Lift
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.47 Scissor Lift
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.48 Scissor Lift Sebagai Efisiensi Dalam Operasional
Sumber: Perancang (2025)

SCISSOR LIFT SEBAGAI EFISIENSI DALAM OPERASIONAL

Penggunaan Scissor Lift memungkinkan adanya basement tanpa khawatir banjir dari tsunami akan masuk kedalam basemen tersebut. Hal ini dikarenakan terdapat ruang kompartemen yang meman didesain untuk menahan rembesan air dari banjir. Tidak seperti penggunaan ramp kendaraan yang susah dikontrol dan memasukan air kedalam basement, penggunaan lift gunting ini hanya memerlukan void luabng yang nantinya dapat ditutup oleh lift itu sendiri sehingga meminimalisir air jatuh memenuhi lantai bawah.

Scissor lift juga dapat digunakan sebagai media evakuasi vertikal saat terjadi tsunami. Dapat memindahkan barang dan orang sesuai dengan kebutuhan nya masing-masing membuat alat ini sanagt efisien dan bernilai ekonomis.

4.9 Desain Atap dan Selubung Bangunan

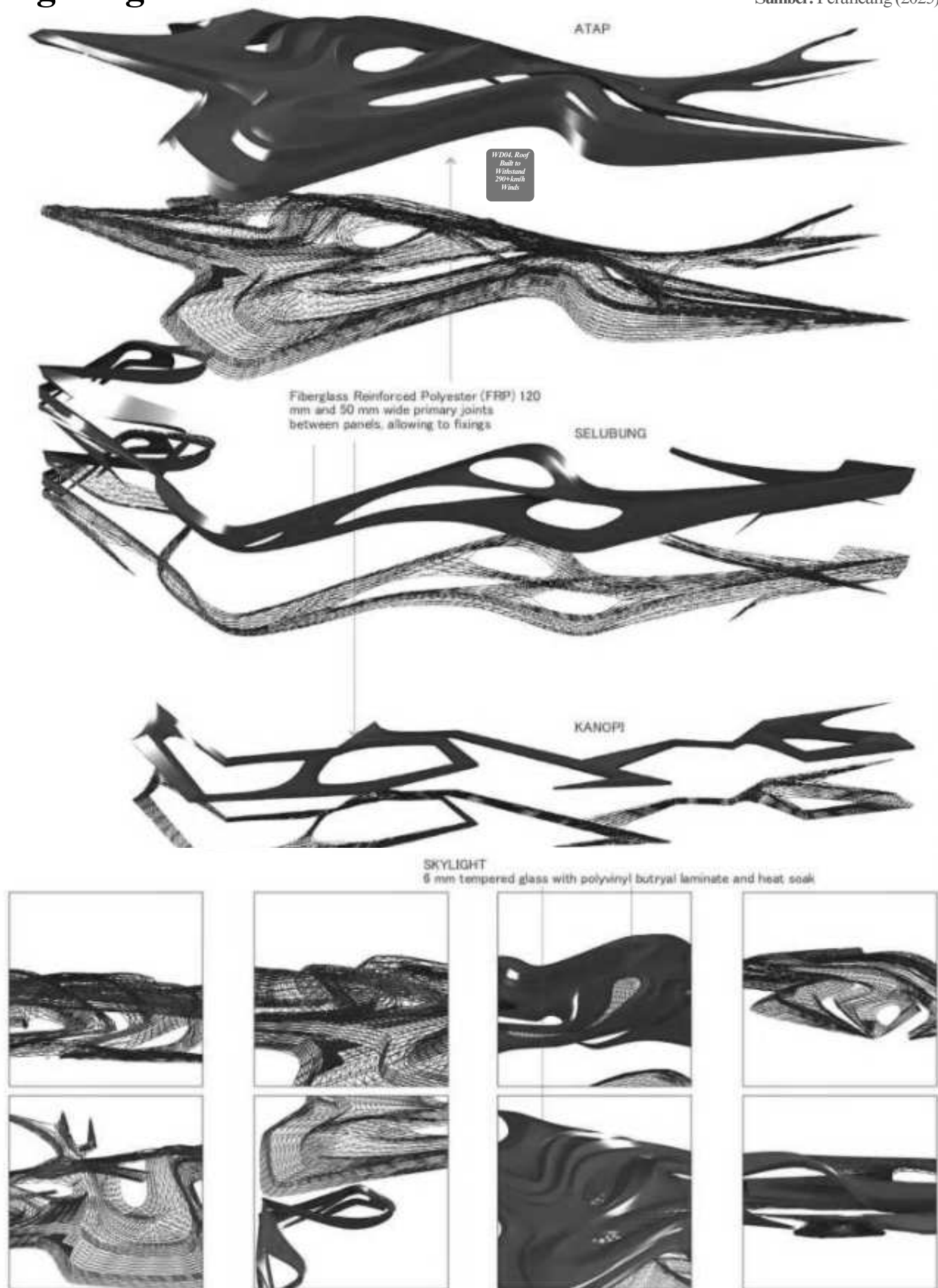
Gambar 4.49 Desain Atap Aerodinamis
Sumber: Perancang (2025)

4.9.1 Desain atap Aerodinamis

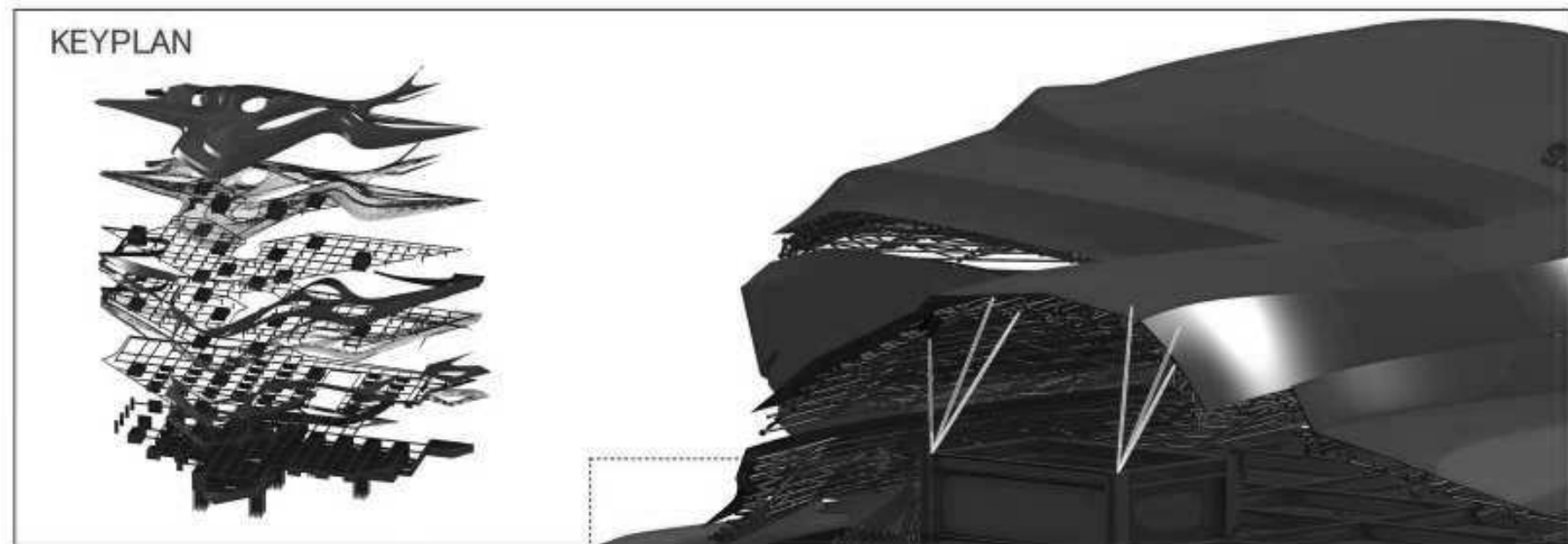
Fiberglass Reinforced Polyester (FRP) panel adalah material yang sangat ideal untuk selubung bangunan karena menawarkan berbagai kelebihan. Pertama, FRP memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi dan bahan kimia, sehingga cocok untuk lingkungan yang keras. Selain itu, panel ini ringan dan mudah dipasang, yang mengurangi biaya tenaga kerja. Kekuatan mekanisnya yang tinggi memungkinkan FRP menahan tekanan dan benturan dengan baik. Fleksibilitas desainnya juga mendukung inovasi arsitektur, sementara daya tahan terhadap suhu ekstrem dan sifat anti-abrasifnya memastikan pemeliharaan yang rendah.

4.9.2 Atap dan Selubung Terintegrasi

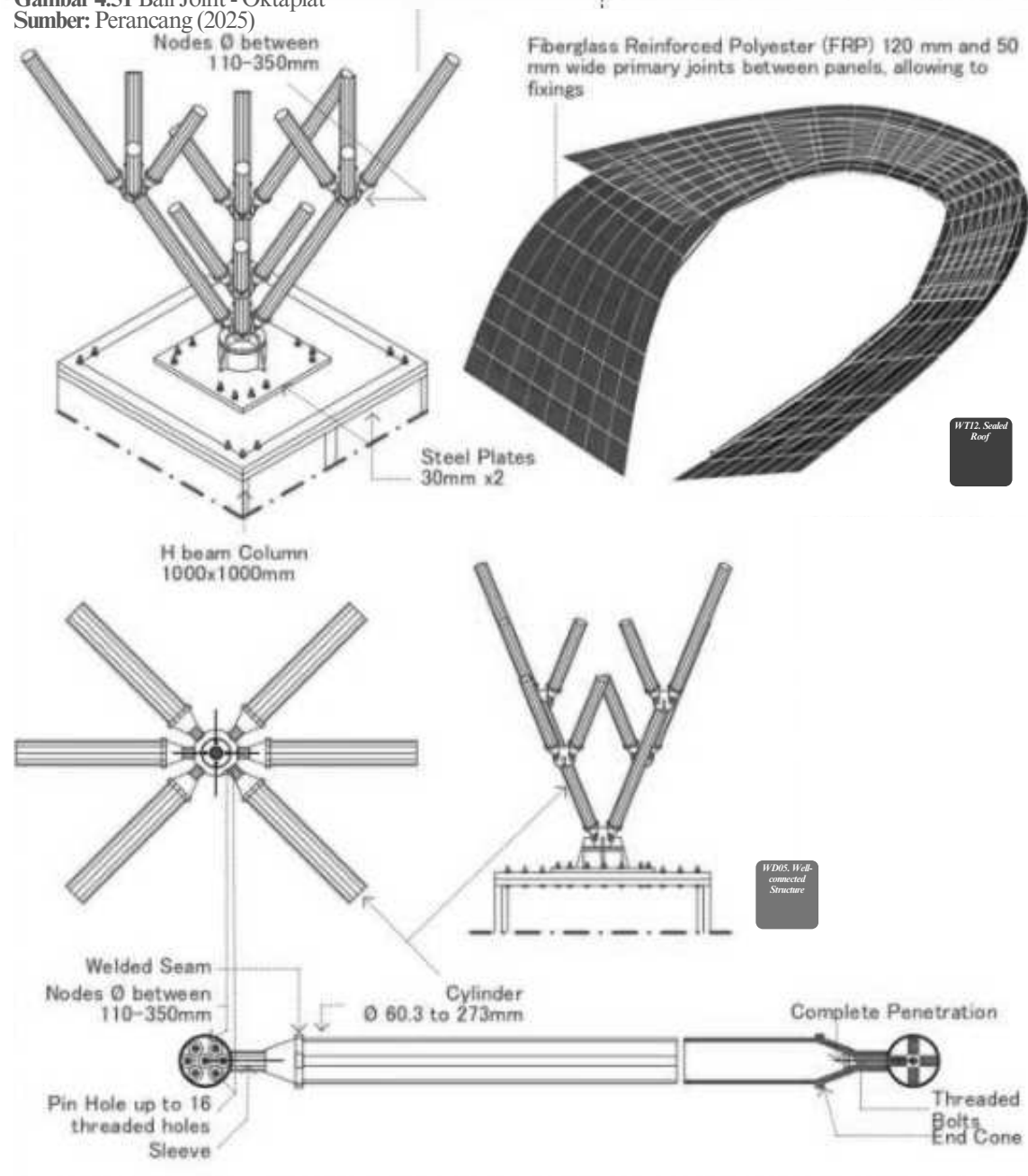
SPACE FRAME
Space frame lebih ringan dibandingkan dengan struktur konvensional. Meskipun ringan, space frame tetap memiliki kekakuan yang tinggi berkat desain tiga dimensi nya, yang memungkinkan distribusi beban secara merata. Fleksibilitas desain menjadi salah satu keunggulan utama dari struktur ini. menciptakan bentuk yang estetik dan fungsional tanpa kolom tengah yang mengganggu ruang. Selain itu, pemasangan space frame juga cepat dan mudah karena elemen-elemen dapat diprefabrikasi di pabrik, meningkatkan presisi ukuran dan mengurangi waktu konstruksi di lokasi.



Gambar 4.50 Atap dan Selubung Terintegrasi
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.51 Ball Joint - Oktaplat
Sumber: Perancang (2025)

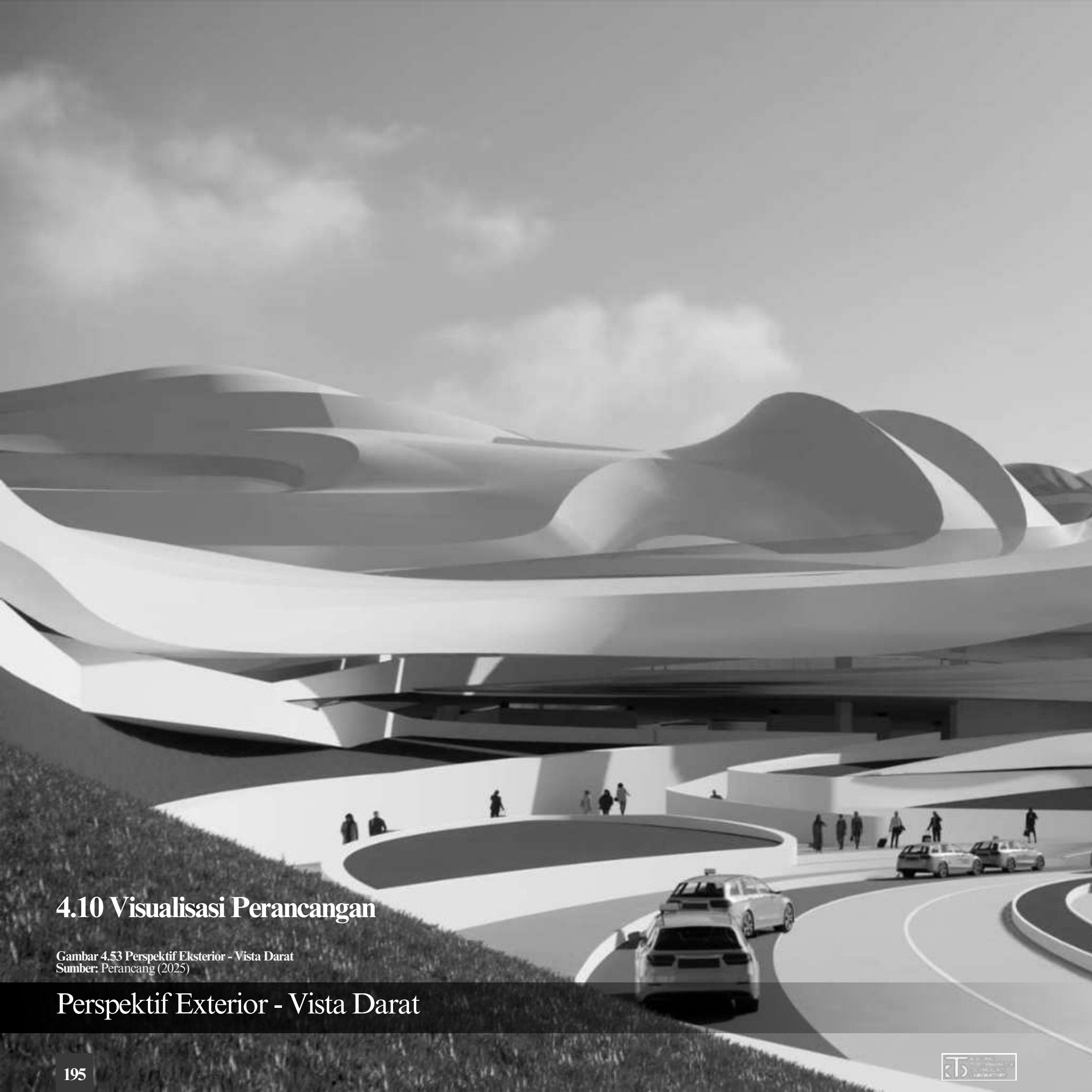


BALL JOINT - OKTAPLAT

Dalam sistem space frame, ball joint memungkinkan struktur untuk beradaptasi dengan perubahan beban dan gaya, sehingga meningkatkan stabilitas keseluruhan. Desain modular yang menggunakan ball joint juga mempermudah proses pemasangan dan pembongkaran, menjadikannya pilihan yang efisien untuk proyek konstruksi dengan bentang lebar.



Gambar 4.52 Detail Ball Joint - Oktaplat
Sumber: Perancang (2025)



4.10 Visualisasi Perancangan

Gambar 4.53 Perspektif Eksterior - Vista Darat
Sumber: Perancang (2025)

Perspektif Exterior - Vista Darat





Gambar 4.54 Perspektif Eksterior - Vista Darat
Sumber: Perancang (2025)

Perspektif Exterior - Vista Darat





Gambar 4.56 Perspektif Eksterior - Vista Darat
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.57 Perspektif Eksterior - Vista Darat
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.58 Perspektif Eksterior - Vista Darat
Sumber: Perancang (2025)

Perspektif Exterior - Vista Darat

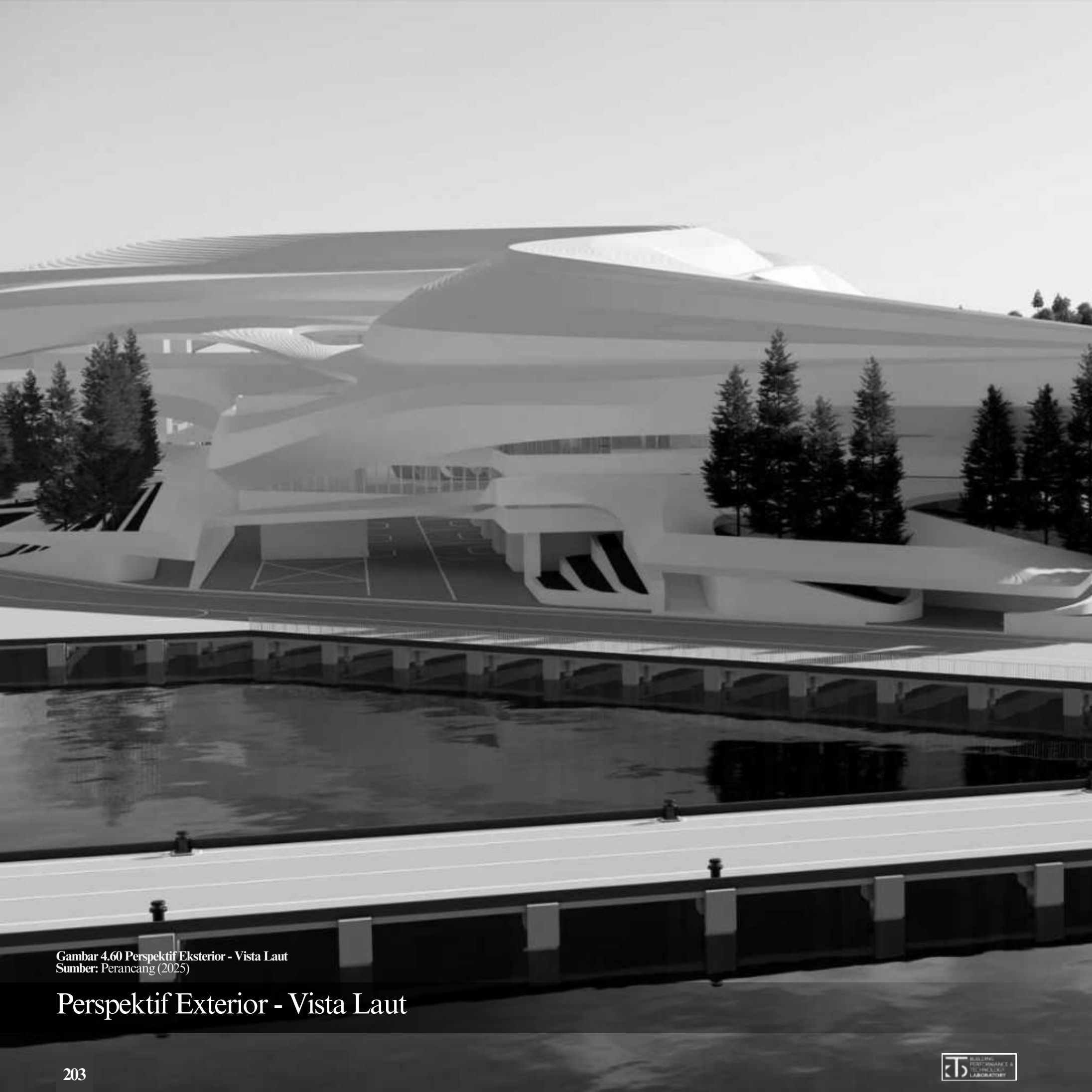




Gambar 4.59 Perspektif Eksterior - Vista Laut
Sumber: Perancang (2025)

Perspektif Exterior - Vista Laut





Gambar 4.60 Perspektif Eksterior - Vista Laut
Sumber: Perancang (2025)

Perspektif Exterior - Vista Laut





Gambar 4.61 Ruang Tunggu 1
Sumber: Perancang (2025)

Ruang Tunggu 1

Ruang tunggu keberangkatan 1 memiliki kapasitas 460 orang. Ruangan ini yang paling dekat dengan gate keberangkatan dan juga eskalator sesaat setelah melakukan pelaporan diri. Terdapat 2 spot *booth exhibition* yang dpat disewakan pada area rungu keberangkatan 1.





Gambar 4.62 Ruang Tunggu 1
Sumber: Perancang (2025)

Ruang Tunggu 1





Gambar 4.63 Ruang Tunggu 2
Sumber: Perancang (2025)

Ruang tunggu 2

Ruang tunggu keberangkatan 2 ini memiliki kapasitas 660 perumpang. Ruangan ini mendapat suplai cahaya dari skylight di atasnya dan juga curtain wall yang ada pada sisi utara. Terdapat ruangan *capsule bed* sebanyak 160 bilik pada area ruang tunggu 2.

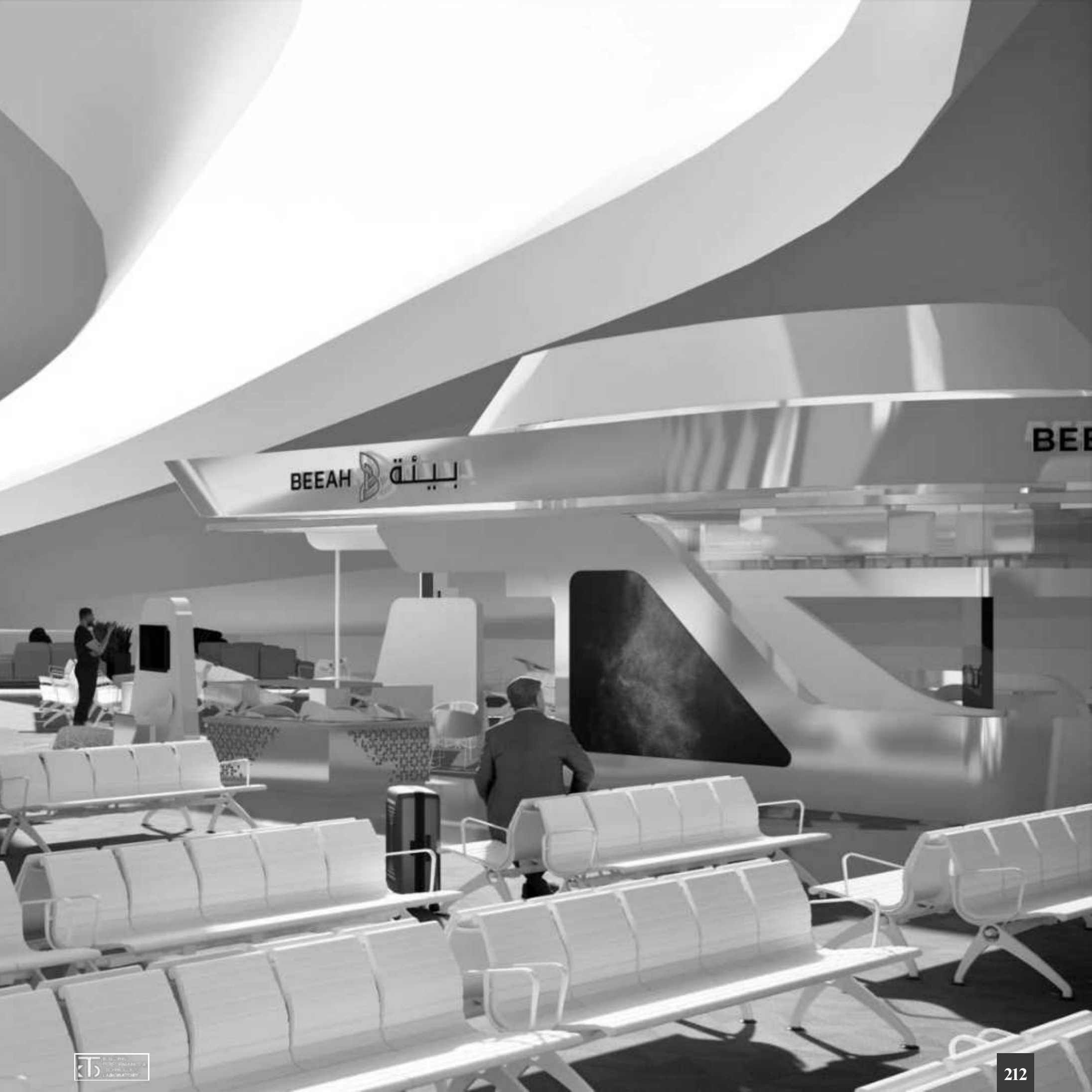




Gambar 4.64 Ruang Tunggu 3
Sumber: Perancang (2025)

Ruang tunggu 3

Ruang tunggu keberangkatan 3 ini adalah ruang tunggu yang memiliki kapasitas paling besar yaitu 1140 perumpang. Ruangan ini berada pada sisi selatan. Terdapat 2 titik booth exhibition yang dapat disewakan



BEEAH بيئة

BEE



Gambar 4.65 Ruang Tunggu 3
Sumber: Perancang (2025)

Ruang Tunggu 3



KLINIK PRATAMA

J.A. DIMARA



Gambar 4.66 Ruang Kesehatan Pelabuhan
Sumber: Perancang (2025)

Ruang Kesehatan Pelabuhan





Gambar 4.67 Ruang Kesehatan Pelabuhan
Sumber: Perancang (2025)

Ruang Kesehatan Pelabuhan



Skema Ruang Kantor Menjadi Ruang Evakuasi



Skema Ruang Evakuasi 1



Skema Ruang Evakuasi 2





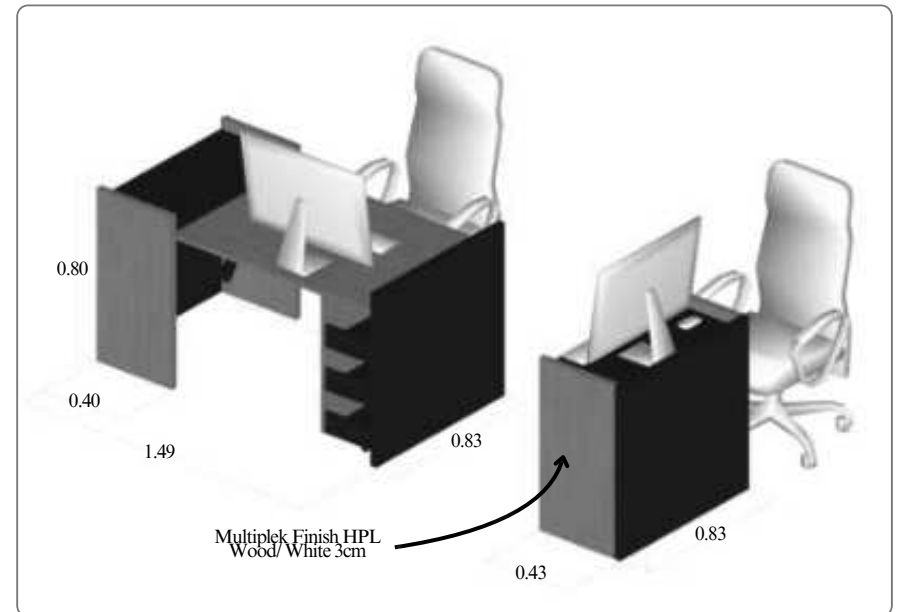
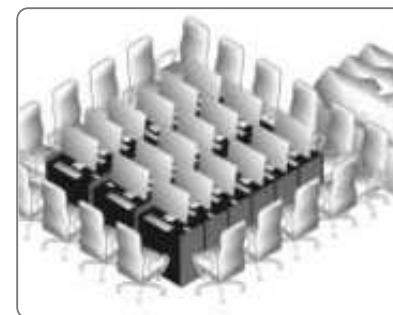
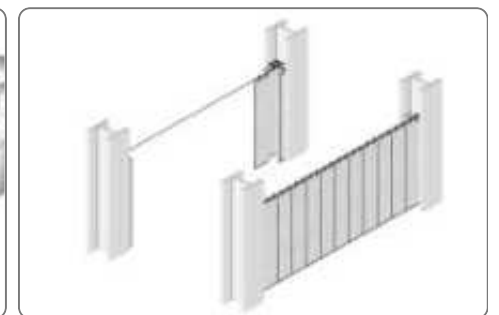
Gambar 4.67 Skema Ruang Kantor Menjadi Ruang Evakuasi
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 4.68 Skema Ruang Evakuasi 1
Sumber: Perancang (2025)



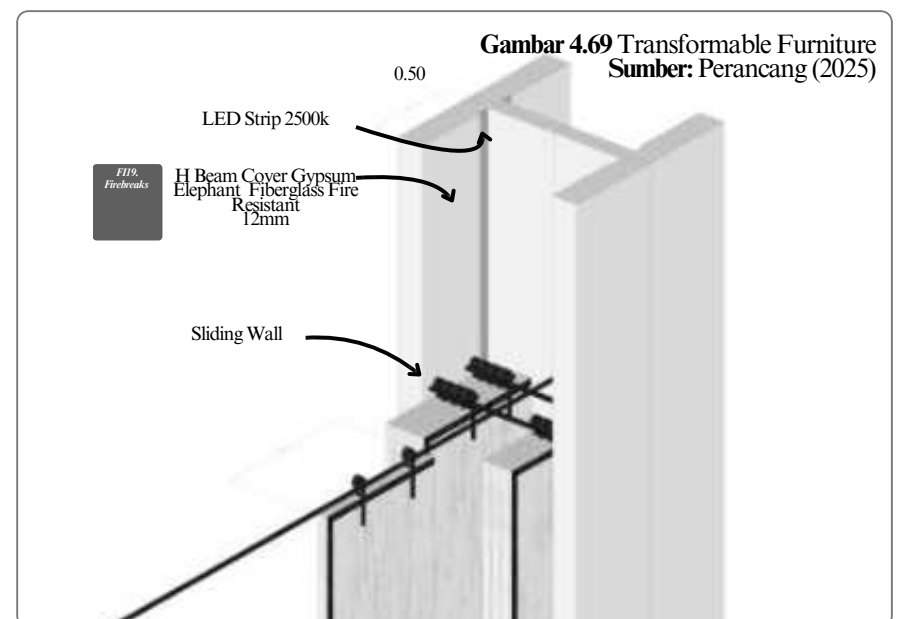
Gambar 4.68 Skema Ruang Evakuasi 2
Sumber: Perancang (2025)



Transformable Furniture

Salah satu cara untuk meningkatkan fleksibilitas ruang adalah dengan menggunakan transformable furnitur. Meja lipat dapat digunakan secara optimal baik dalam keadaan normal dan dapat menghemat space dengan merubahnya.

Dinding partisi dapat digunakan ketika ruang memerlukan privasi lebih sesuai dengan kebutuhan. Pada saat keadaan normal dinding partisi tidak akan mengganggu sirkulasi dan pada saat berubah menjadi ruang evakuasi dinding partisi bisa menjadi sekat dan meningkatkan privasi ruang



Gambar 4.69 Transformable Furniture
Sumber: Perancang (2025)

0.50
 LED Strip 2500k



H Beam Cover Gypsum
 Elephant Fiberglass Fire
 Resistant
 12mm

Sliding Wall



Gambar 4.70 Ruang Kantor Pengelola
Sumber: Perancang (2025)

Ruang Kantor Pengelola





Gambar 4.71 Skema Ruang Evakuasi 1
Sumber: Perancang (2025)

Skema Ruang Evakuasi 1

.Ruang dapat berubah menjadi ruang semi bebas furnitur dengan menggeser meja dan peralatan kantor lainnya. Dengan layout ruang seperti ini mampu menampung hingga 120 pengungsi lanjutan.





Gambar 4.72 Skema Ruang Evakuasi 2
Sumber: Perancang (2025)

Skema Ruang Evakuasi 2

Ruang dapat berubah menjadi ruang bebas furnitur dengan menggeser meja dan peralatan kantor lainnya. Dengan layout ruang seperti ini mampu menampung hingga 240 pengungsi lanjutan. Kasur darurat datur secara garis lurus agar memudahkan sirkulasi didalam nya.





Gambar 4.73 Visualisasi Restoran
Sumber: Perancang (2025)

Ruang Restoran



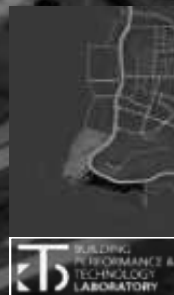
BAB 5

Evaluasi Perancangan

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience* *Architecture*

"Resilient architecture is essential in ensuring that buildings not only withstand disasters but also continue to function effectively in post-disaster conditions." Vale & Campanella (2005)

"Communities and their built environment must be designed to anticipate, absorb, and adapt to future shocks to sustain long-term functionality." Godschalk (2003)





5.1 Implikasi Negatif Pendekatan

Penguji 2: Apa implikasi negatif dari pendekatan yang anda gunakan dan bagaimana cara anda menyelesaikannya?

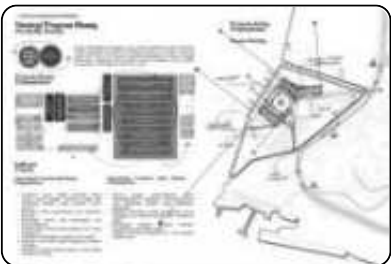
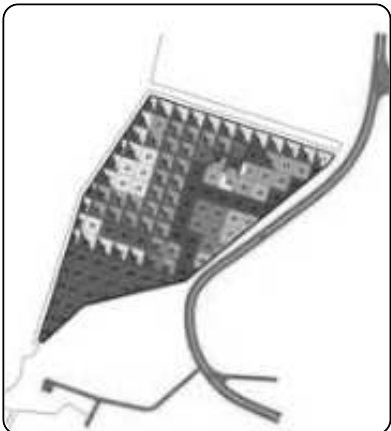
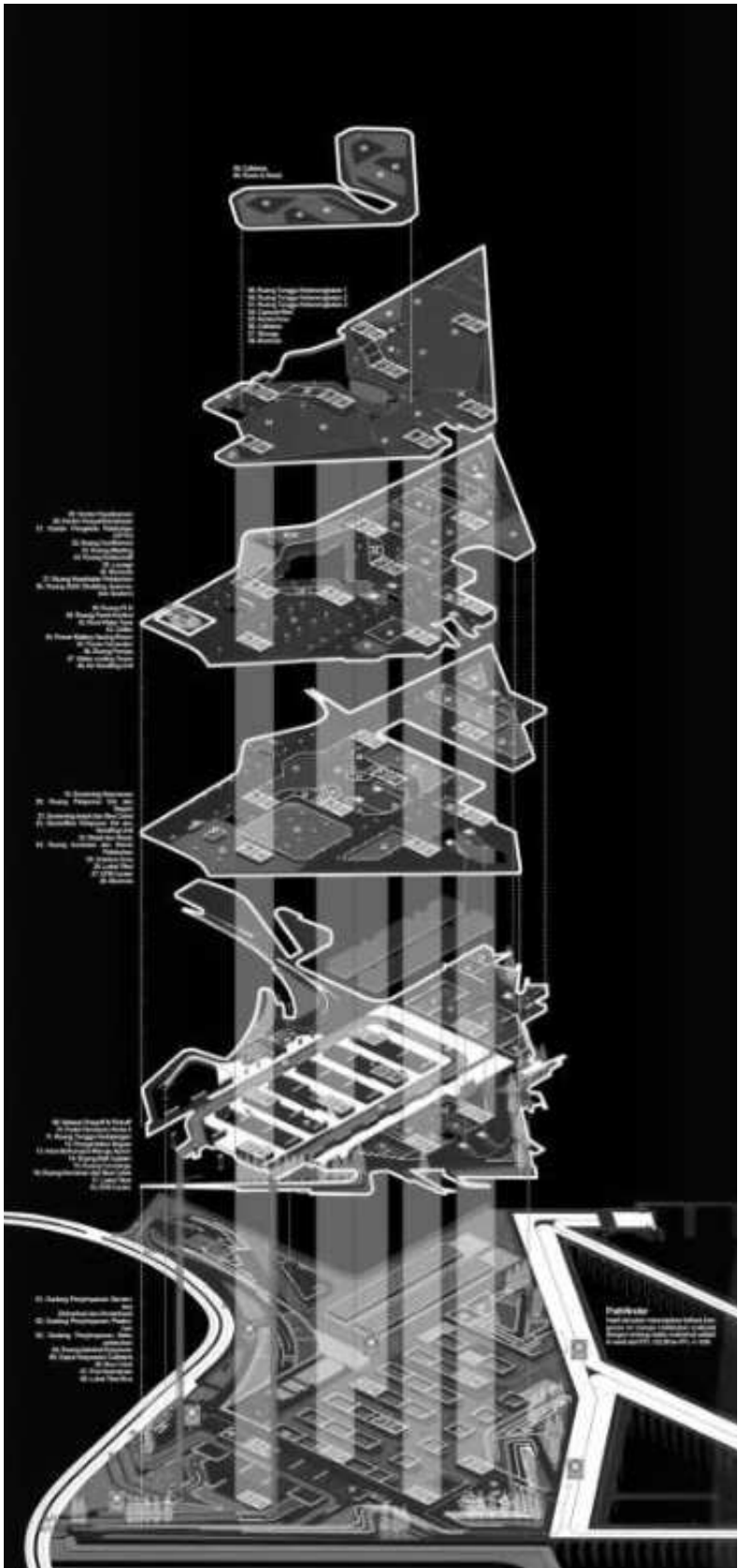
01. Pemborosan Ruang

Penerapan pendekatan *resilience architecture* seringkali mengalami pemborosan ruang dikarenakan tuntutan kriteria untuk capaian tertentu. Dalam perancangan pelabuhan utama kota Sorong kriteria *WT07. Lowest Occupied Floor Elevated 15 m (Tsunami)* dimana lantai dengan okupansi terbanyak harus berada di ketinggian lantai FFL +15.00, namun hal ini tentu saja sangat susah di terapkan dikarenakan ruang dibawah ketinggian ini akan sia sia. Maka dari itu bagaimana merancang ruang-ruang ini tetap menghasilkan keuntungan dan membantu operasional bagi pelabuhan namun juga tetap aman ketika mengalami kerusakan saat bencana. Langkah yang dilakukan adalah:

- 01. Menyusun kriteria ruang operasional dan skema ruang evakuasi
- 02. Eksplorasi titik simpul paling potensial berdasar kriteria
- 03. Titik simpul kemudian diubah menjadi matriks ruang
- 04. Matriks ruang digunakan acuan hirarki ruang dan zona

Tujuan utama dari langkah-langkah tersebut adalah menentukan tingkat urgensi ruang dan identifikasi zona krusial baik saat operasioanl dan sehari-hari dan sebagai *shelter functionality*. Sehingga menghasilkan hirarki ruang:

- 01. Groundfloor FFL +/- 0.00 (Kanal): Ruang debarkasi dan embarkasi (tingkat okupansi pengguna rendah). Penggunaan ruang sebagian besar untuk perpindahan dan penyimpanan barang
- 02. Lantai 1 FFL +07.00 (*Sacrifice Floor*): Ruang perpindahan penumpang (Tingkat okupansi pengguna sedan dan tidak menetap lama) dan sebagian besar digunakan untuk lalu-lalang dan parkir kendaraan
- 03. Lantai 2 FFL +12.00 (Penunjang): Ruang pelaporan diri dan resto (tingkat okupansi sedang). Penggunaan ruang digunakan sebagai zona penunjang dengan sebagian pengguna menetap
- 04. Lantai 3 FFL +17.00 (Pengelola): Ruang pengaturan operasional pelabuhan (tingkat okupansi pengguna cukup tinggi).

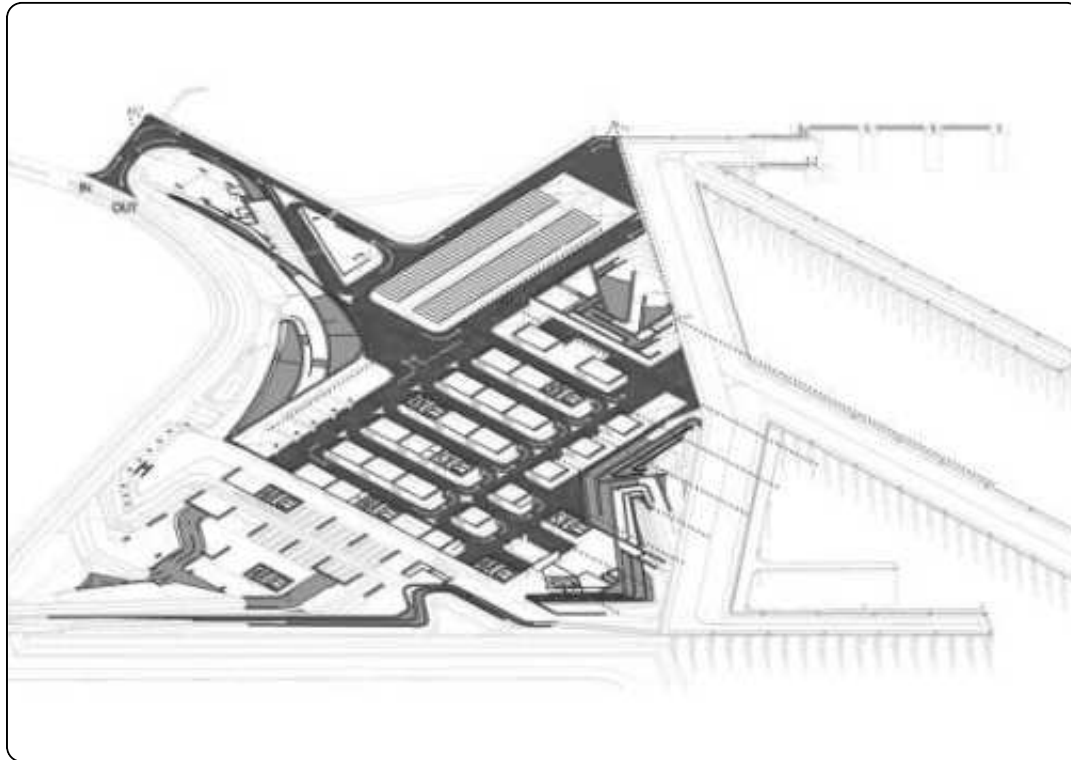
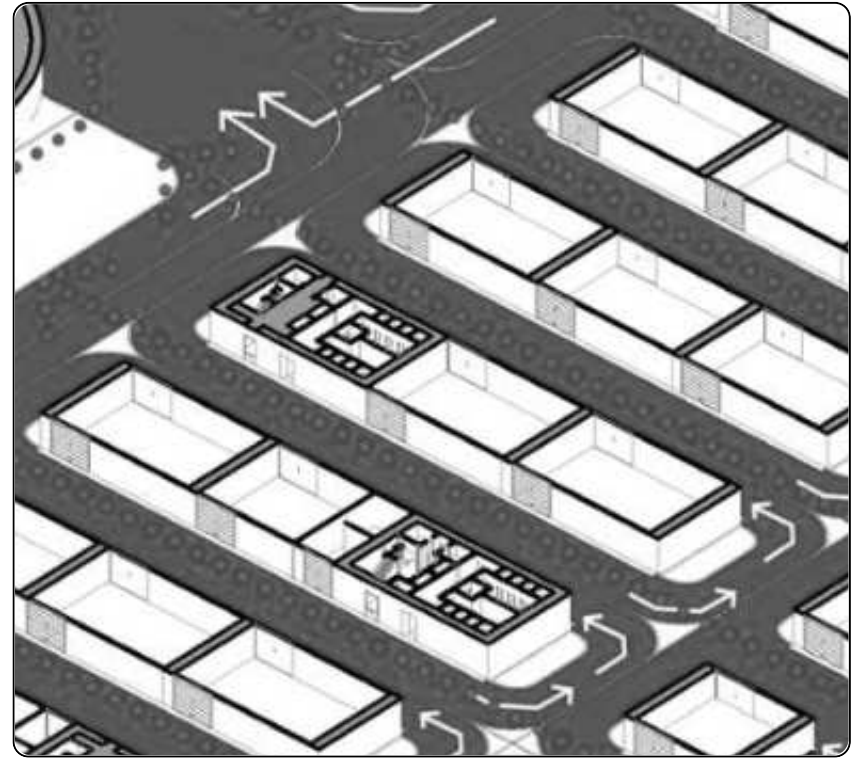


Gambar 5.1 Skema Penyelesaian Pemborosan Ruang
Sumber: Perancang (2025)

02. Aksesibilitas yang Menyulitkan

1. Mengidentifikasi kebutuhan

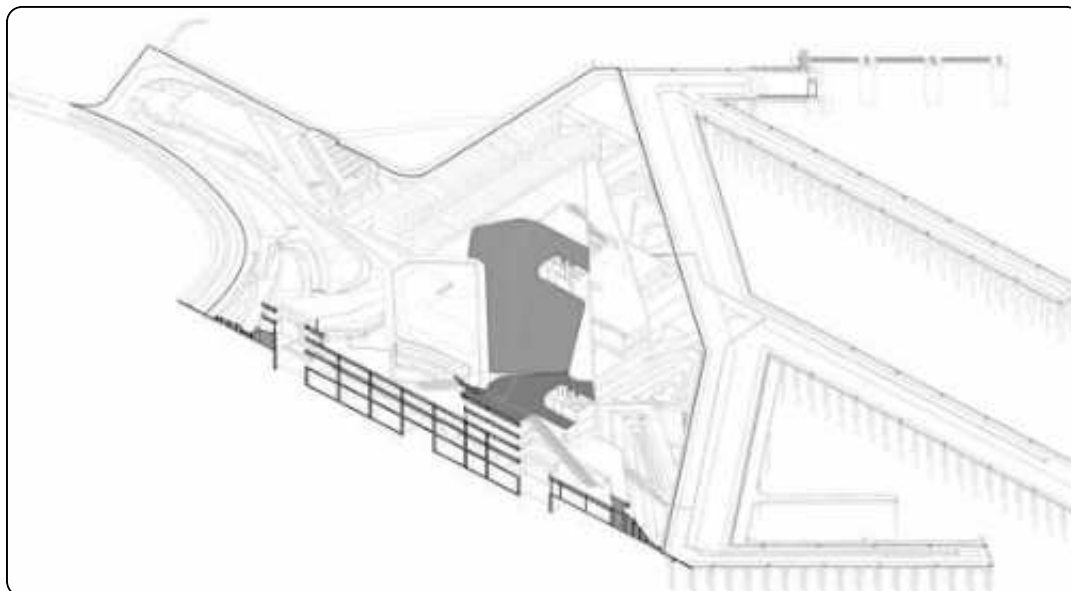
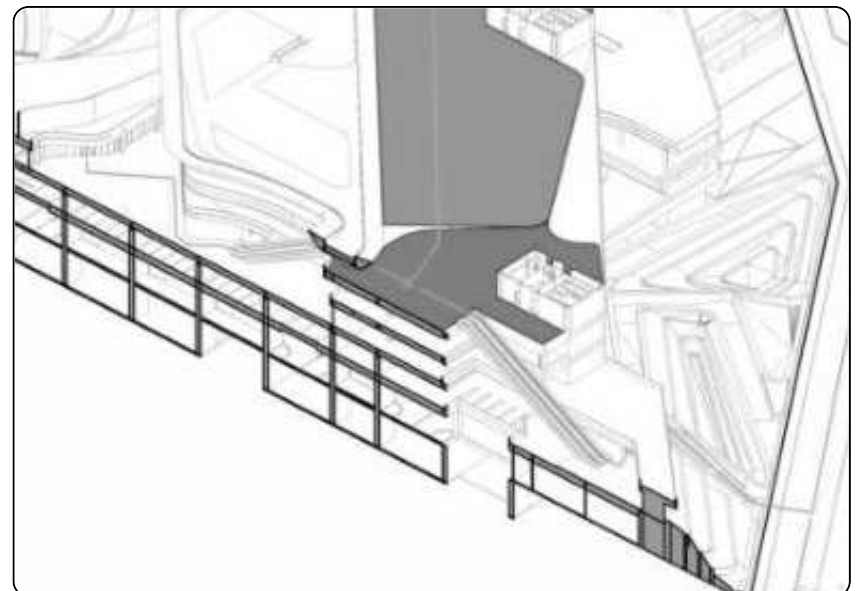
Jalur sirkulasi dan melihat kecocokan terhadap tuntutan dan kriteria resilience dengan pertimbangan utama adalah keselamatan terhadap bangunan. Penerapan pendekatan *resilience architecture* seringkali membatasi perletakan suatu ruang. Dalam perancangan ini gudang yang berada didalam core digunakan sebagai kanal yang mengarahkan air sehingga tidak mengubah peti kargo menjadi proyektil yang dapat menghantam bangunan. Konsep kanal kemudian menjadi akses sirkulasi utama kendaraan dalam melakukan embarkasi dan debarkasi.



Gambar 5.2 Skema Penyelesaian Aksesibilitas Kendaraan
Sumber: Perancang (2025)

2. Memendekan jalur sirkulasi

Ruang dengan tingkat okupansi tinggi harus berada di area yang paling tinggi. Untuk mencapai lantai ini harus didukung sirkulasi yang aman dan cepat. Akses masuk dan keluar ruang tunggu sangat dekat dan difasilitasi eskalator yang menghubungkan lantai 2-4 dan 4-1 tanpa percabangan jalur. Menciptakan sirkulasi dari titik A ke B dengan cepat dengan usaha yang minimal.



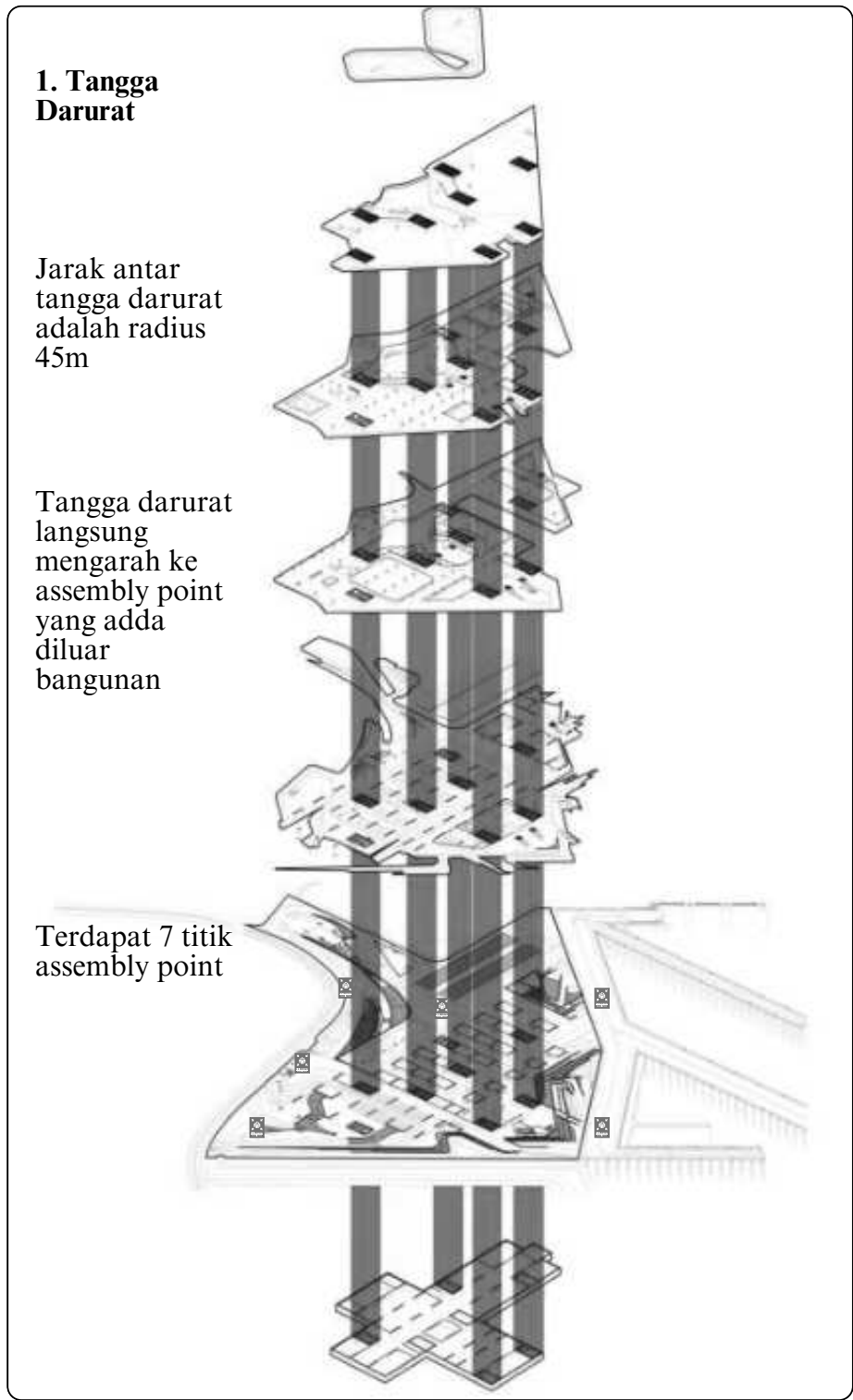
Gambar 5.3 Skema Penyelesaian Aksesibilitas Penumpang
Sumber: Perancang (2025)

5.2 Keselamatan Bangunan

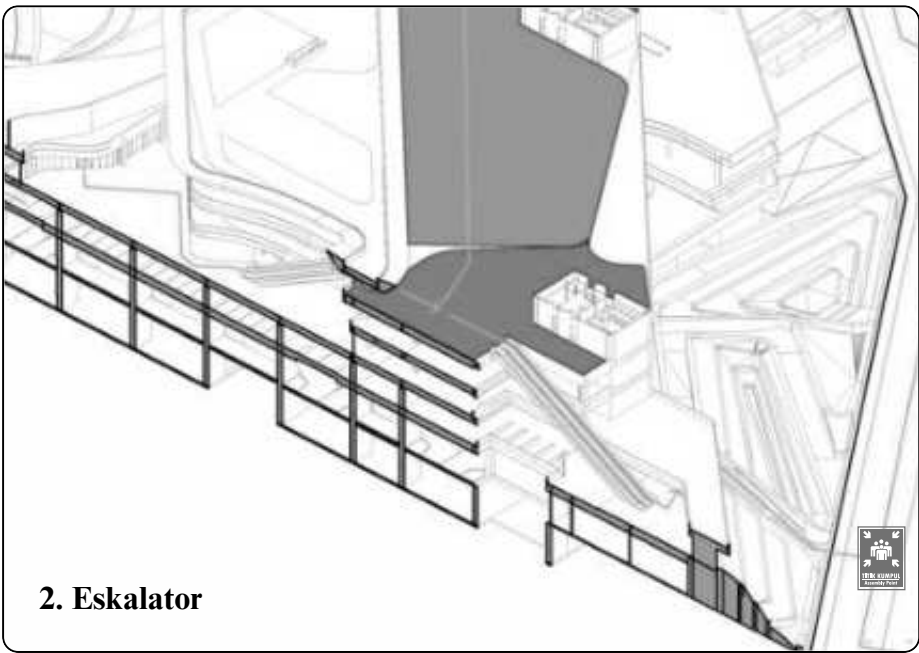
Penguji 2: Terdapat kontradiksi evakuasi bencana gempa dan tsunami dimana gempa memerlukan pengguna untuk kelaaur dan turun dari bangunan dan tsunami menuntut pengguna untuk naik dan masuk keatas bangunan. Bagaimana cara anda mengakomodasi hal ini?

01. Memperbanyak pilihan akses evakuasi

Terdapat 3 akses utama yang akan diandalkan didalam bangunan untuk mendukung evakuasi massa pengguna yaitu tangga darurat, eskalator, dan juga scissort lift.



Gambar 5.4 Skema Akses Tangga Darurat
Sumber: Perancang (2025)



Gambar 5.5 Skema Sirkulasi Penumpang
Sumber: Perancang (2025)

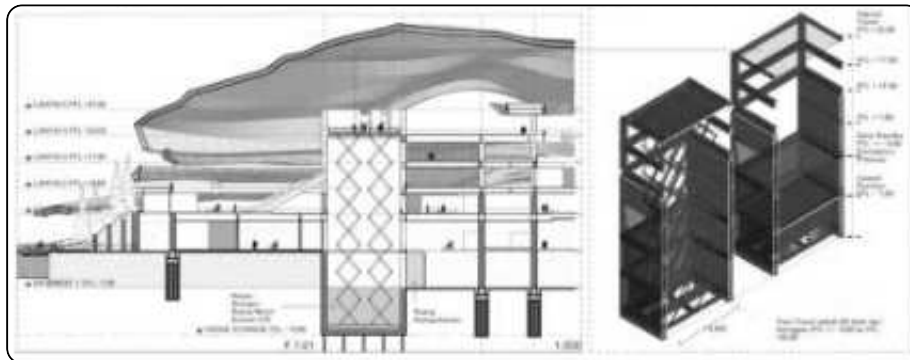
Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software pathfinder:

Occuppant Total 1000 orang: Lantai 4 (650 orang) lantai 3 (200 orang) lantai 2 (50 orang) lantai 1 (100 orang).

Behavior: Go to any exit/ menuju titik kumpul atau akhir dengan rute tercepat berdasarkan analisis pathfinder

Tercepat: 45.7 detik
Terlama: 339.6 detik
Rata-rata: 186.6 detik

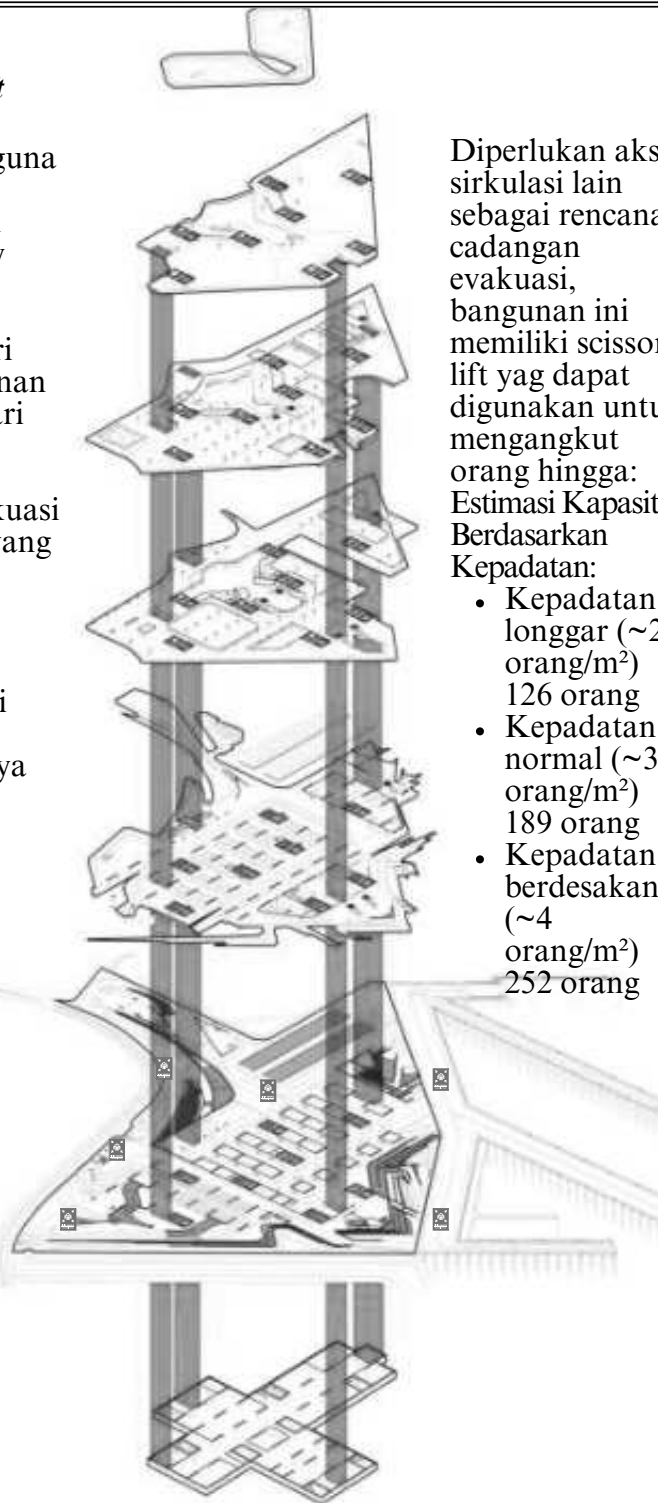
Akses favorit yang digunakan oleh pengguna pada lantai 4 adalah eskalator. Hal ini juga menunjukan bahwa penggunaan eskalator terbukti mampu memendekan jalur sirkulasi didalam bangunan.



3. Scissor Lift

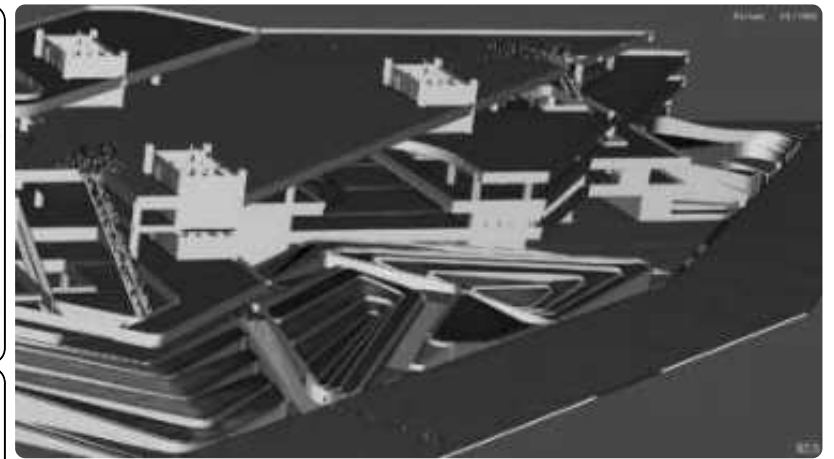
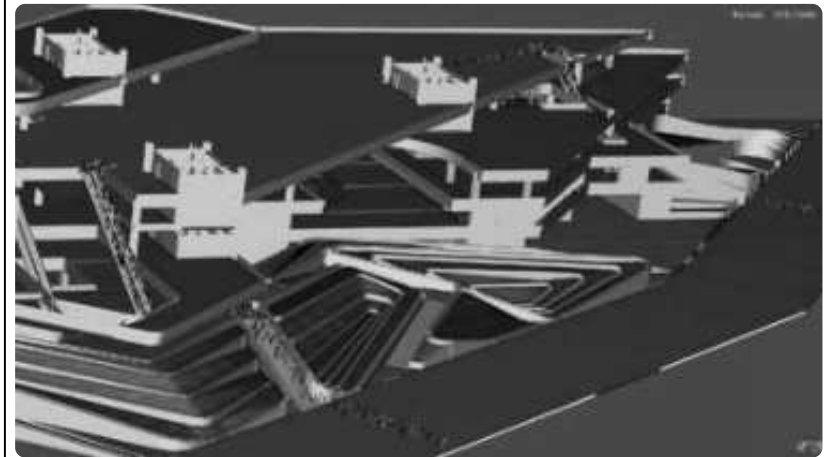
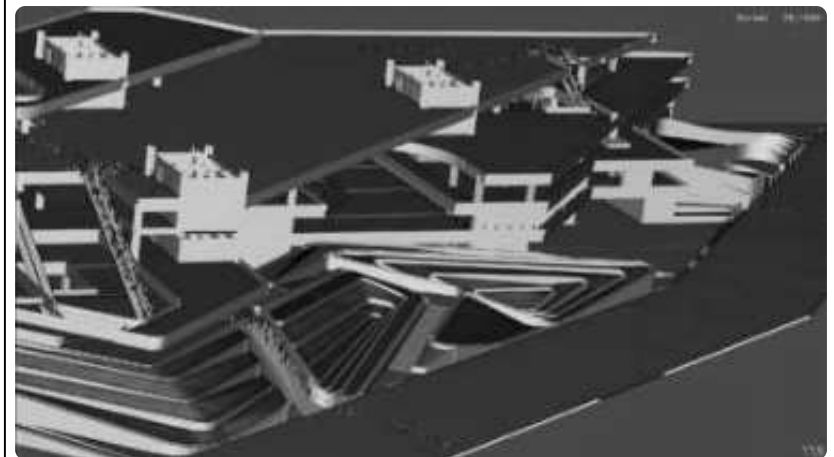
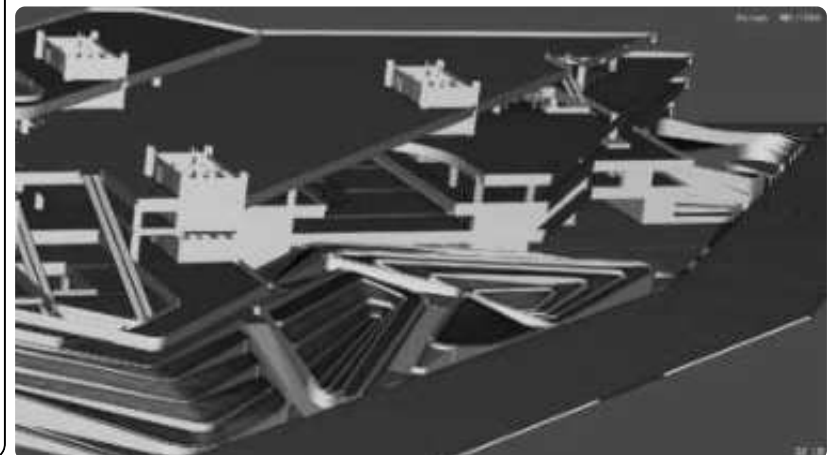
Setelah pengguna turun dan berkumpul di titik assembly point maka bukan hanya pengguna dari dalam bangunan tetapi juga dari sekitar area.

Simulasi evakuasi sebelumnya yang telah berhasil mungkin saja tidak akan berhasil lagi karena terjadi penumpukan atau istilahnya **bottle neck**.



Diperlukan akses sirkulasi lain sebagai rencana cadangan evakuasi, bangunan ini memiliki scissor lift yang dapat digunakan untuk mengangkut orang hingga: Estimasi Kapasitas Berdasarkan Kepadatan:

- Kepadatan longgar (~ 2 orang/m²) 126 orang
- Kepadatan normal (~ 3 orang/m²) 189 orang
- Kepadatan berdesakan (~ 4 orang/m²) 252 orang



Gambar 5.6 Skema *Scissor Lift*
Sumber: Perancang (2025)

5.3 Kebiasaan Lokal

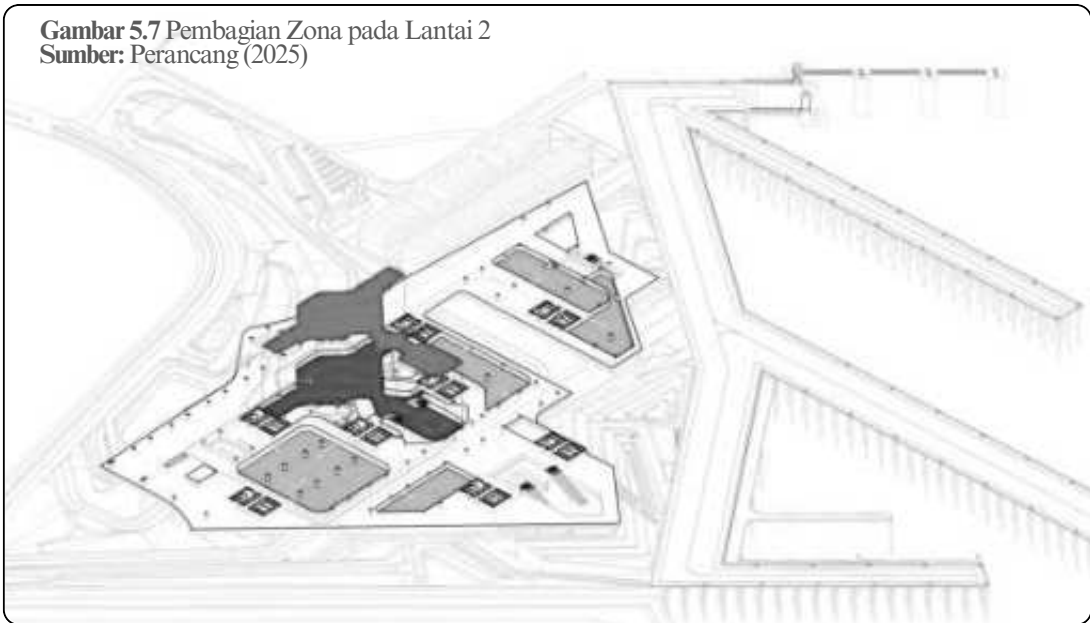
Penguji 2: Apa kebiasaan masyarakat lokal ketika berkunjung ke Pelabuhan? dan bagaimana anda meresponnya dalam desain?

01. Penumpukan Pengunjung

Salah satu kebiasaan masyarakat secara umum adalah mengantar sanak saudara nya menuju terminal. Terkadang antara penumpang yang akan benar benar berangkat jumlahnya lebih sedikit dibanding pengunjung yang mengantarkan. Hal ini akan menyebabkan penumpukan penumpang pada area pelataran dan akan memabtasi akses masuk kedalam terminal.

Untuk menghindari hal ini pada Perancangan Pelabuhan Utama Sorong menyediakan area berkumpul yang dapat diakses pengunjung tanpa tiket dan penumpang sehingga mereka masih dapat berkumpul dengan nyaman tanpa mengganggu aksesibilitas didalam bangunan.

Mereka kaan difokuskan untuk berkumpul pada lantai 2 di area resto dan retail.



- Area Privat = Screening
- Area Publik = Tidak memerlukan Screening
- Pengunjung tanpa tiket
- Penumpang dengan tiket



Pengunjung pada area teras pelabuhan



Penumpang yang akan naik ke kapal



Area Resto & Retail



Area Resto & Retail

02. Penumpukan Kendaraan

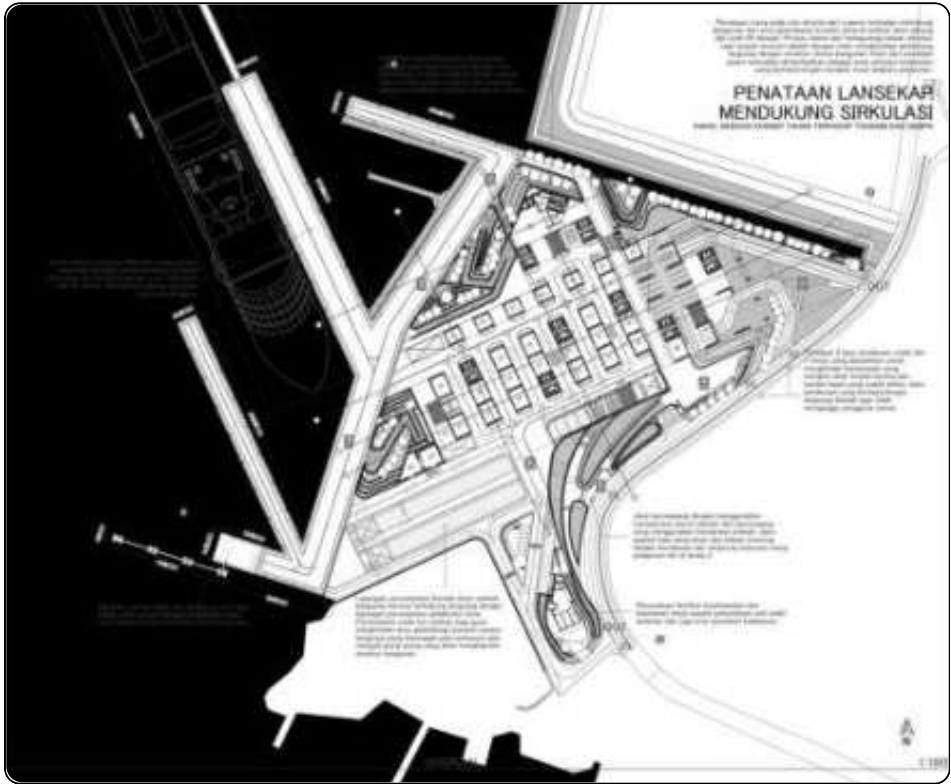
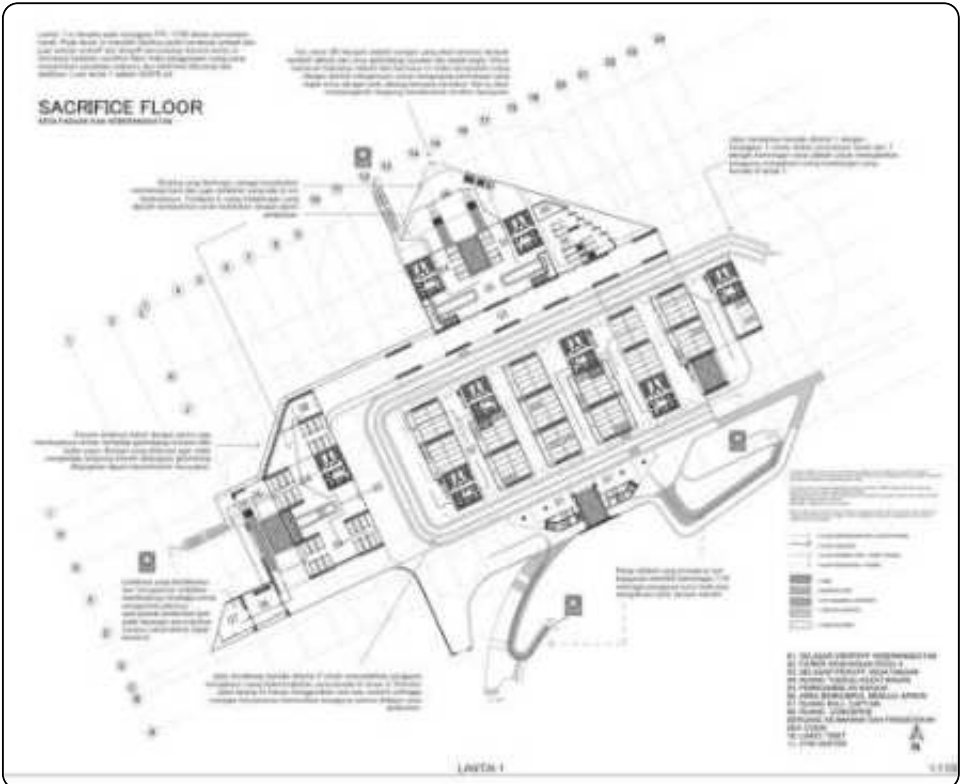
Kendaraan umum masih menjadi pilihan utama masyarakat sorong karena kendaraan ini masih menjangkau daerah terpencil sehingga terkadang penumpang memesan satu kendaraan hanya untuk 1 penumpang. Tentu saja hal ini akan menyebabkan penumpukan kendaraan.

Juga sebagai upaya antisipasi kedatangan kapal yang bersamaan Perancangan Pelabuhan Utama Sorong membagi 2 zona kendaraan yaitu kendaraan pribadi dan juga kendaraan umum yang akan difokuskan pada area luar bangunan dan kendaraan pribadi yang berada didalam area bangunan.

Hal ini adalah untuk memecah kerumunan agar tidak terjadi penumpukan pada satu titik yang dapat menyebabkan kemacetan.



Gambar 4.53 Kendaraan disekitar pelabuhan Sorong
Sumber: Jurnal (2025)



Pickoff dan Dropoff diluar area bangunan



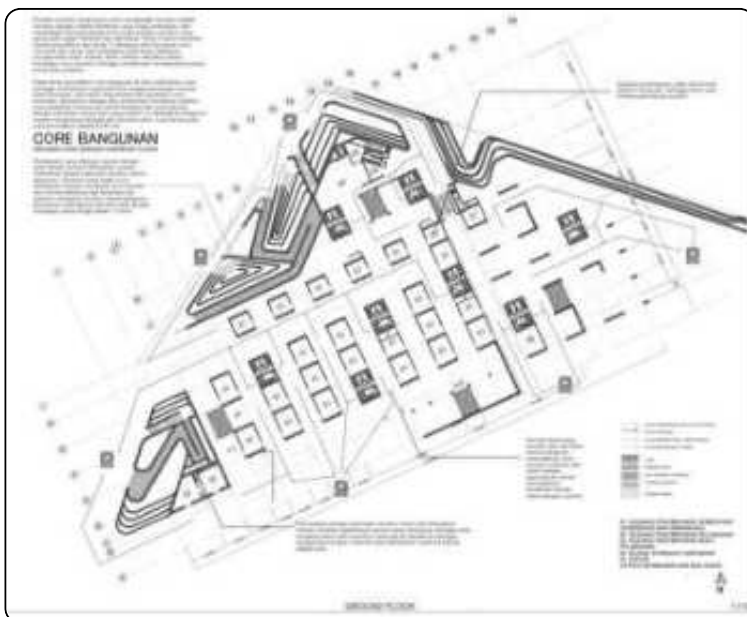
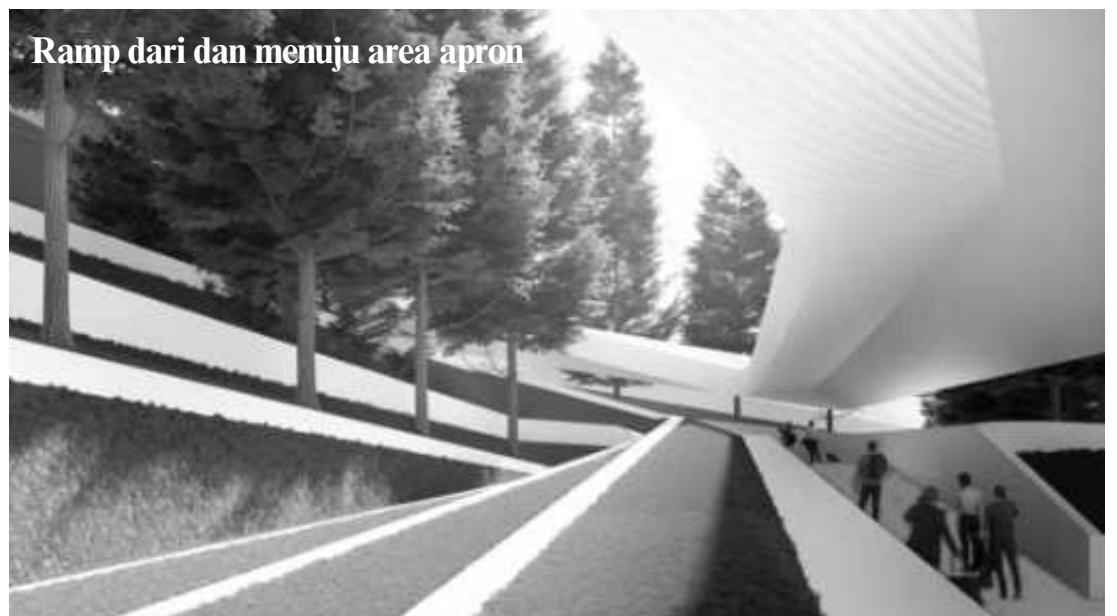
Pickoff dan Dropoff didalam area bangunan

5.4 Keamanan Aksesibilitas

Penguji 1: Keamanan barrier free apakah sudah dipastikan berjalan dengan baik? Seperti dinding pengaman pada ramp difabel dan juga ramp kendaraan?

01. Ramp Difabel

Ramp difabel telah disesuaikan tingkat kemiringannya yaitu 1:10 (Datek). Ramp difabel telah diletakkan diberbagai titik pintu akses baik masuk dan keluar bangunan. Setelah melakukan dropoff pada lantai 1 pengguna difabel dapat langsung mengakses lift khusus. Ramp difabel memiliki dinding pengaman setinggi 80-100 cm.



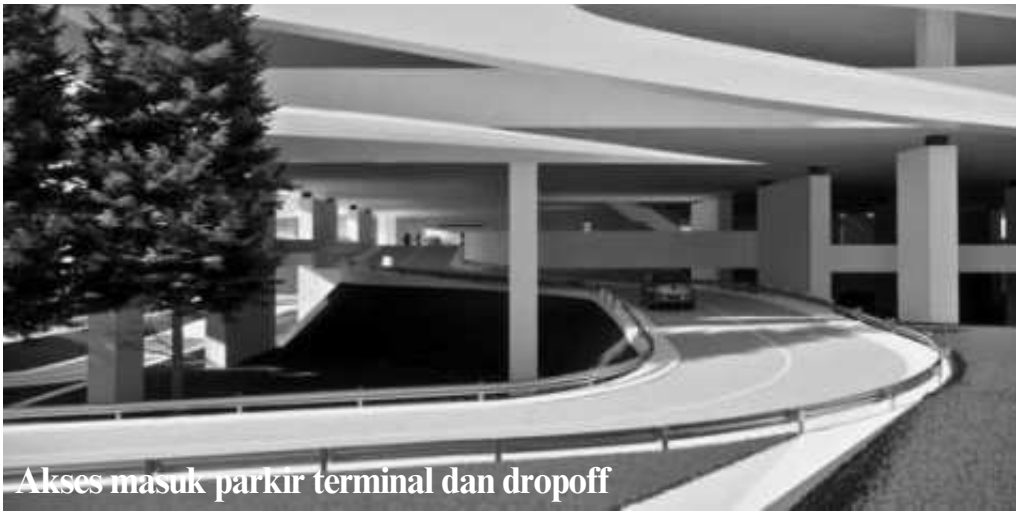
02. Ramp jalur Kendaraan

Kemirigan ramp kendaraan adalah 1:10. Hal ini untuk mengakomodasi kendaraan dengan *ground clereance* yang rendah sehingga tetap bisa mengakses lantai 1. Belum terdapat pagar pembatas atau *road barrier* sehingga perlu untuk ditambahkan agar menjaga keselamatan aksesibilitas.

Penambahan road barrier dimaksudkan untuk menjaga kendaraan agar tidak terperosok ketika menggunakan ramp kendaraan. Road barrier menggunakan baja kanal c dan metal sheet dengan ketinggian 80 cm (SNI). Tinggi *road barrier* disesuaikan agar tidak menghalangi visibilitas pengemudi karena ramp cukup berkelok.



Akses keluar parkir terminal dan pickoff



Akses masuk parkir terminal dan dropoff



Pola akses masuk dan keluar terminal



Visibilitas pengemudi

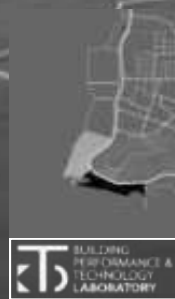
BAB 6

Daftar Pustaka dan Lampiran

Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan *Multi-Hazard* dalam Pendekatan *Resilience* *Architecture*

"Resilient architecture is essential in ensuring that buildings not only withstand disasters but also continue to function effectively in post-disaster conditions." Vale & Campanella (2005)

"Communities and their built environment must be designed to anticipate, absorb, and adapt to future shocks to sustain long-term functionality." Godschalk (2003)





Uji Similiaritas



Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uui.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 2574972544/Perpus./10/Dir.Perpus/I/2025

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Eko Wahyu Nur Lestianto
Nomor Mahasiswa : 20512013
Pembimbing : Dyah Hendrawati, S.T., M. Sc., GP
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ Arsitektur
Judul Karya Ilmiah : Perancangan Pengembangan Pelabuhan Utama Kota Sorong: Penerapan Multi-Hazard dalam Pendekatan Resilience Architecture

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **11 (Sebelas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 1/30/2025

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.

BRI Rating Tool



Building Resilience Index

International Process Corporation
 International
 Creating Markets. Creating Opportunities

Building Resilience Index Report

Downloaded: 10/2/2025, 08:03:04
 Stage: Design

Project: Perancangan Major Port di Kota Sorong dengan Penambahan Multi-Hazard Sebagai Bangunan Resilient

Developer: Universitas Islam Indonesia

Project Overview

Project Rating



Project Name

Perancangan Major Port di Kota Sorong dengan Penambahan Multi-Hazard Sebagai Bangunan Resilient

Project Type

Port

Year of Completion

8

Project Cost (US\$)

\$3,000,000

Mitigation Costs (US\$)

\$0

Rated date

2/5/2025

Project Developer

Universitas Islam Indonesia

Project Stage

Design

Year Renovated

Total Floor Area (m²)

65,588

Number of Floors

6

Probable Maximum Loss (US\$)

\$600,000

Verification status



Project Rating



Project Name

Perancangan Major Port di Kota Sorong dengan Penambahan Multi-Hazard Sebagai Bangunan Resilient

Project Type

Port

Year of Completion

8

Project Cost (US\$)

\$3,000,000

Mitigation Costs (US\$)

\$0

Rated date

2/5/2025

Project Developer

Universitas Islam Indonesia

Project Stage

Design

Year Renovated

Total Floor Area (m²)

65,588

Number of Floors

6

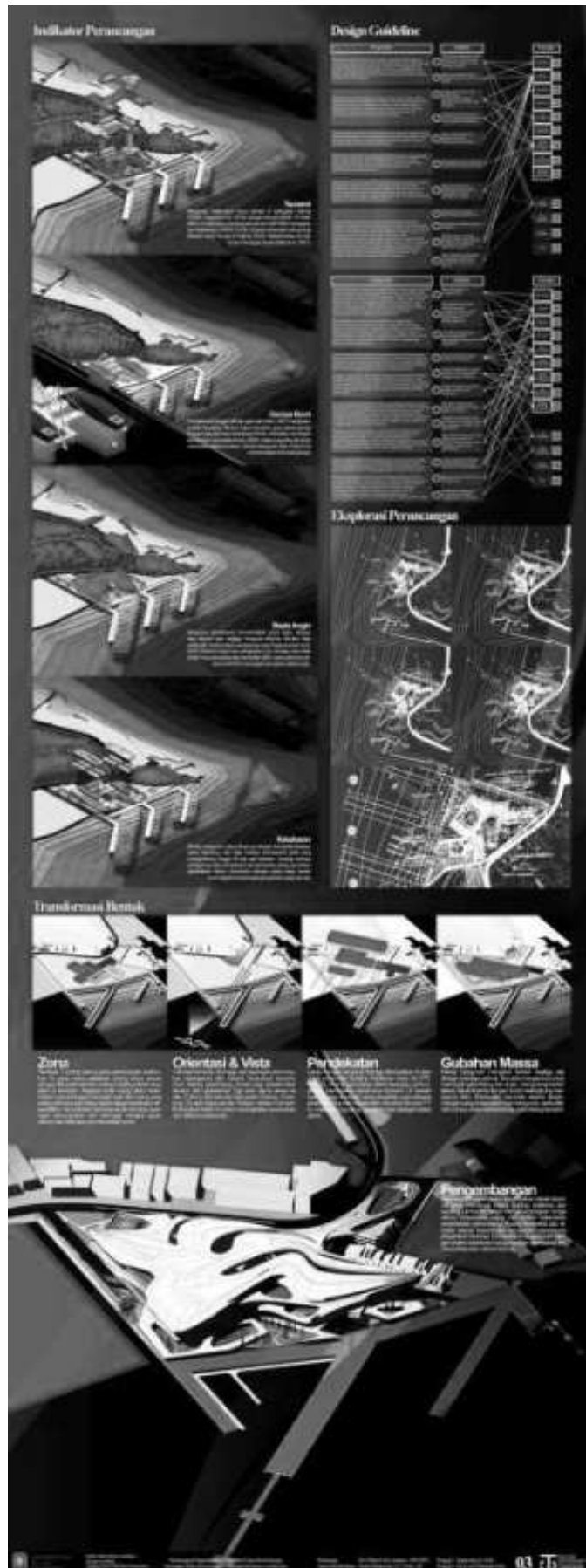
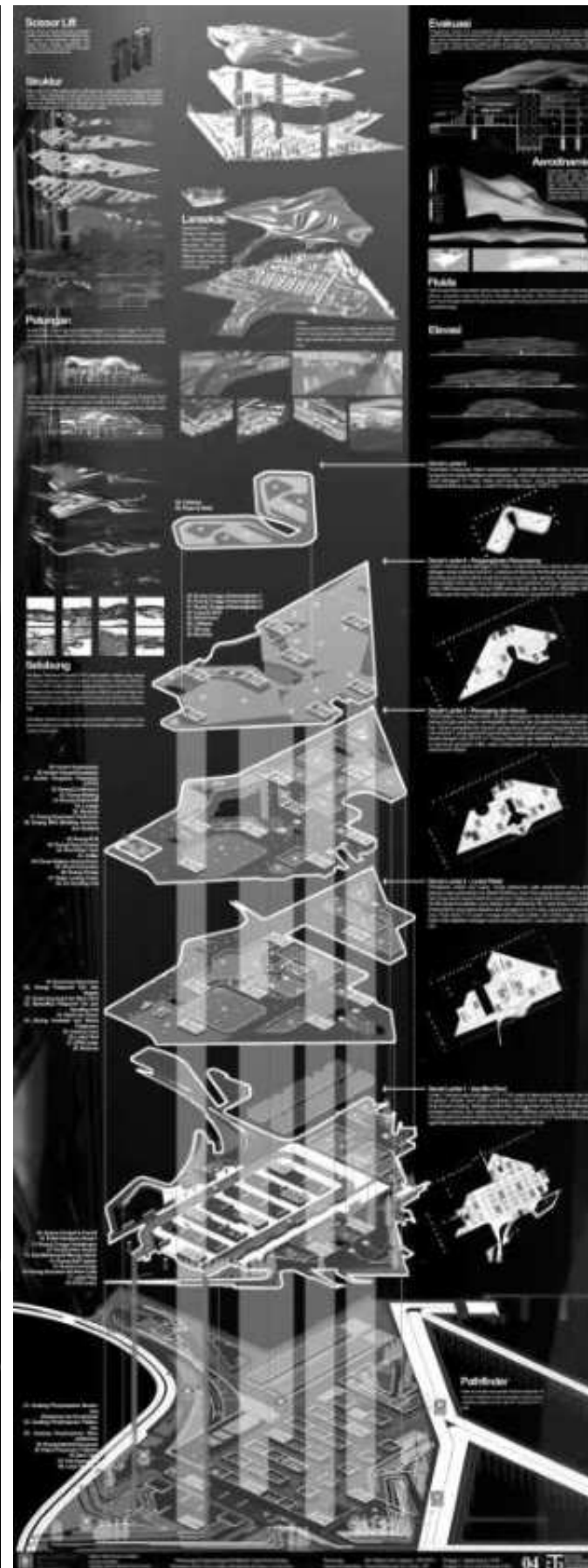
Probable Maximum Loss (US\$)

\$600,000

Architecture Presentation Board



Architecture Presentation Board



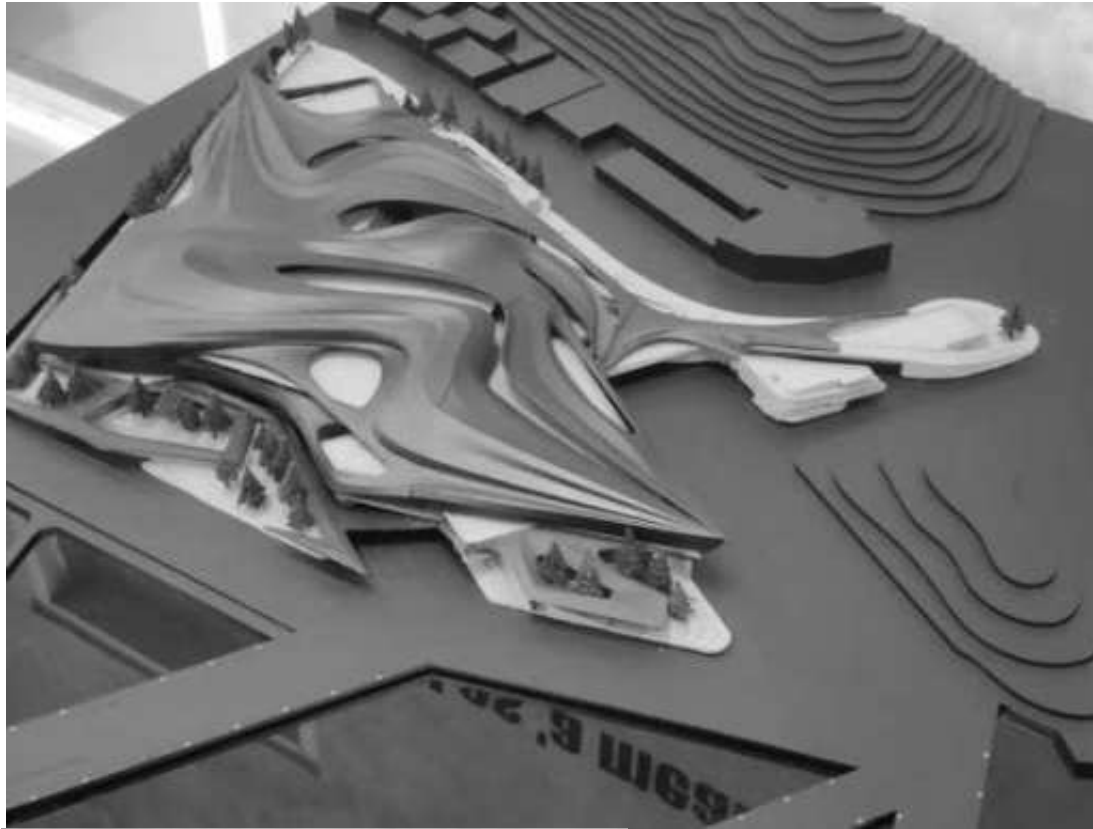
Architecture Model

1:667



Architecture Model

1:667



Produk SADA



Daftar Pustaka

Buku (monograf)

• Pelabuhanan

1. D. Ashury. 2022. MANAJEMEN OPERASIONAL PELABUHAN. Makassar: Unhas Press. Gedung UPT Unhas Press
2. D. Ashury. 2023. DESAIN REKAYASA: PERENCANAAN PELABUHAN. Makassar: Unhas Press. Gedung UPT Unhas Press

Peraturan Perundang-undangan Indonesia

• Pelabuhanan

1. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 432 Tahun 2017 Tentang Rencana Induk Pelabuhan (RIP) Nasional
2. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 40 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan Penyelenggaraan Terminal Penumpang Angkutan Jalan
3. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 37 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan Penumpang Angkutan Laut
4. Peraturan Walikota Sorong Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Rencana Detail Tata Ruang Perkotaan Sorong Tahun 2023-2042

Artikel Jurnal

• Pelabuhanan

1. A. Regina, et al. 2024. *Climate change and seaports: hazards, impacts and policies and legislation for adaptation. Anthropocene Coasts*
2. PIPS. 2013. PROFIL DAN PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR SUB SEKTOR PERHUBUNGAN LAUT DI SORONG PROVINSI PAPUA BARAT
3. T. Wilson F. et al. 2019. TINJAUAN TERHADAP DESAIN REKLAMASI KOTA SORONG PROVINSI PAPUA BARAT. Jurnal Sipil Statik, Vol.7

• Multi-Hazard

1. Z. Aristides, et al. 2020. *Direct Inversion of S-P Differential Arrival Times for Vp Vs Ratio in SE Asia. Journal of Geophysical Research: Solid Earth*
2. PUSGEN. 2017. PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2017. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
3. P. Haryadi, et al. 2018. SESAR GESER SORONG SEGMENT SORONG-KOFIAU, PAPUA BARAT, INDONESIA: BUKTI DARI DATA BATIMETRI DAN SBP. JURNAL GEOLOGI KELAUTAN Volume 16, No. 1
4. P. Owin, et al. 2024. *Natural Disaster Readiness and Response: Bringing Designers, Design Thinking, and Design Innovation into the Agenda. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation Volume 10, Issue 1*
5. K. Moez. 2023. *Managing natural disasters: An analysis of technological advancements, opportunities, and challenges. Internet of Things and Cyber-Physical Systems Volume 4*
6. L. Jorge. 2014. *Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: a case study of Talcahuano, Chile.. Habitat International Volume 43*
7. UIA. 2023. *Responding to Natural Disasters & Emergencies: Proposed Inclusive Design Guidelines for Architecture and Urban Planning.*
8. S. Imam T. et al. 2020. PEMUTAKHIRAN PETA SEBARAN GEMPA BUMI BERDASARKAN MAGNITUDO DAN KEDALAMAN DI WILAYAH PROVINSI PAPUA BARAT PADA 50 TAHUN TERAKHIR. Tapak, Vol 10
9. S. Imam T. et al. 2018. Analisis Percepatan Tanah Puncak Akibat Gempa Pada Kota Sorong Sebagai Upaya Mitigasi Bencana. Jurnal Rancang Bangun, Vol 4
10. N. Yutaka. et al. 2004. *A New Base-Isolated Long-Span Structure Overhanging Urban Infrastructure. CTBUH Seoul Conference 2004; Tall Buildings in Historical Cities - Culture & Technology for Sustainable*
11. N. Yutaka. et al. 2009. *A Seismic Isolated Long-Span Overhanging Urban Infrastructure. Journal of Disaster Research, Vol 4*
12. B. Lu. 2016. *Yokohama International Terminal Port Case Study.*

Artikel Jurnal

• *Resilient Architecture*

1. F. David M, et al. 2020. *How to Choose a Measure of Resilience: An Organizing Framework for Resilience Measurement. The International Association of Applied Psychology*
2. H. Hong, et al. 2023. *Towards next generation design of sustainable, durable, multi-hazard resistant, resilient, and smart civil engineering structures. Engineering Structures Volume 277*
3. D. Cihan H, et al. 2012. *An Approach to Evaluating Resilience in Command and Control Architectures. Procedia Computer Science Volume 8*
4. FEMA P-646. 2012. *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis. Second Edition*
5. N. Yoshiako. 2017. *Structural Design Requirements for Tsunami Evacuation Buildings in Japan. Symposium Paper Volume: 313*
6. National Tsunami Hazard Mitigation Program. 2001. *Designing for Tsunamis, Seven Principles for Planning and Designing for Tsunami Hazards. A multi-state mitigation project of the National Tsunami Hazard Mitigation Program (NTHMP)*
7. M. Matthias. 2008. *Tsunami Evacuation Modelling Development and application of a spatial information system supporting tsunami evacuation planning in South-West Bali.*
8. R. Alison, et al. 2018. *Tsunami design procedures for engineered buildings: a critical review. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering Volume 171, Issue 4*
9. Z, Khaled, et al. 2022. *EXTENDING THE ROLE OF ARCHITECTURE INTERVENTION ACROSS THE DISASTER LIFE CYCLE. BAU Journal - Creative Sustainable Development, Vol. 3, Iss. 2*
10. P. Mark, et al. 2012. *An Approach to Evaluating Resilience in Command and Control Architectures. Procedia Computer Science Volume 8*
11. DHS. 2010. *DHS Risk Lexicon. 2010 Edition*

Situs Web

• *Pelabuhanan*

1. B. Yuvensius Lasa. 2023. Pelindo rancang Pelabuhan Sorong jadi titik kumpul peti kemas di Papua. <https://papuabarat.antaranews.com/berita/35442/pelindo-rancang-pelabuhan-sorong-jadi-titik-kumpul-peti-kemas-di-papua> (diakses Oktober 1, 2024)
2. LBH. 2021. Pembangunan Pelabuhan Sorong Menuju Tol Laut. <https://www.beritasenator.com/berita-daerah/pr-64157778/pembangunan-pelabuhan-sorong-menuju-tol-laut> (diakses Oktober 1, 2024)
3. Supply Chain Indonesia. <https://supplychainindonesia.com/disuntik-dana-rp16598-miliar-ini-progres-pembangunan-pelabuhan-sorong-dan-arar-papua/> (diakses Oktober 1, 2024)
4. K. Ernes Brining. 2022. Mengenal Sorong sebagai kota transit ke kawasan wisata Raja Ampat. <https://papuabarat.antaranews.com/berita/16685/mengenal-sorong-sebagai-kota-transit-ke-kawasan-wisata-raja-ampat> (diakses Oktober 1, 2024)
5. A. Regina. 2021. *Climate change impacts on seaports: A growing threat to sustainable trade and development.* <https://unctad.org/es/isar/news/climate-change-impacts-seaports-growing-threat-sustainable-trade-and-development> (diakses Oktober 1, 2024)
6. DPR RI. 2023. LAPORAN KUNJUNGAN KERJA KOMISI IV DPR RI RESES MASA PERSIDANGAN I TAHUN SIDANG 2023-2024 KE PROVINSI PAPUA BARAT DAYA. <https://berkas.dpr.go.id/akd/dokumen/K4-Laporan-Kunjungan-Kerja-Komisi-IV-DPR-RI-Reses-Masa-Persidangan-I-Tahun-Sidang-2023-2024-ke-Provinsi-Papua-Barat-Daya-1706075304.pdf> (diakses Oktober 1, 2024)
 - a. SIBATNAS. 2024. Sitem Informasi Batimetri Nasional (SIBATNAS). <https://sibatnas.big.go.id/> (diakses 1, 2024)

• *Multi-Hazard*

1. Kementerian ESDM. 2018. Gempa Bumi M6,1 di Tenggara Manokwari Selatan, Papua Barat, Disebabkan Sesar Ransiki. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/gempa-bumi-m61-di-tenggara-manokwari-selatan-papua-barat-disebabkan-sesar-ransiki> (diakses Oktober 1, 2024)
2. i4sea. 2023. *Climate change impacts on seaports.* <https://www.i4sea.com/blog/climate-change-impacts-on-seaports> (diakses Oktober 1, 2024)

• *Resilient Architecture*

1. IFC. 2021. *Building Resilience Index: User Guide. 2121 Pennsylvania Avenue.* <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099055006302240701/p171993073a8f00a90a3bc0f47d5f87bb9e> (diakses Oktober 1, 2024)
2. P. Deepak, et al. *Resilience of Ports Against Natural Hazards.* <https://oneconcerninc.medium.com/resilience-of-ports-against-natural-hazards-fca719a23cbb> (diakses Oktober 1, 2024)
3. Studysmarter. 20224. Resilient Architecture. <https://www.studysmarter.co.uk/explanations/architecture/building-performance/resilient-architecture/> (diakses November 6, 2024)