TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN EVAKUASI BENCANA BANJIR BANDANG BERDASARKAN FEMA P646-2019 (STUDI KASUS LOKASI SUKABUMI)

(FLOODING DISASTER EVACUATION BUILDING STRUCTURE PLAN BASED ON FEMA P646-2019 SUKABUMI CASE STUDY LOCATION)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

MIFTAHUT TAUFIQ
18511108

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2023

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN EVAKUASI BENCANA BANJIR BANDANG BERDASARKAN FEMA P646-2019 (STUDI KASUS LOKASI SUKABUMI)

(FLOODING DISASTER EVACUATION BUILDING STRUCTURE PLAN BASED ON FEMA P646-2019 SUKABUMI CASE STUDY LOCATION)

Disusun oleh

MIFTAHUT TAUFIQ
18511108

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 11 Januari 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Malik Mushthofa, ST., M.Eng	**Elvis Saputra S.T., M.T.**	**Astriana Hardawati S.T., M.Eng.**
NIK: 185111302	**NIK: 205111302**	**NIK: 165111301**

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Yunalia Muntafi., ST., MT., Ph.D
NIK: 095110101

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 10 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



Miftahut Taufiq

(18511108)

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Perencanaan Struktur Bangunan Evakuasi Bencana Banjir Bandang Berdasarkan FEMA P646-2019 (Studi Kasus Lokasi Sukabumi).* Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Malik Mushthofa, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing.
2. Bapak Elvis Saputra S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 1.
3. Bapak Astriana Hardawati S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji 2.
4. Bapak, ibu dan keluarga penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik moral maupun materiil hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 10 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,

Miftahut Taufiq

(18511108)

ABSTRAK

Peristiwa bencana alam banjir bandang yang sering terjadi di daerah Sukabumi selalu menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu diperlukan tindakan mitigasi bencana salah satunya berupa pembangunan gedung Tempat Evakuasi Vertikal (TEV). Tujuan pada tugas akhir ini untuk melakukan perancangan gedung Tempat Evakuasi Vertikal (TEV) pada daerah Sukabumi dengan sistem struktur berupa Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK) sesuai dengan peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, Pedoman BNPB 2013, dan FEMA P646-2019, PBI 1971.

Tugas akhir ini diawali dengan mendesain layout gedung. Kemudian dilakukan permodelan menggunakan aplikasi SAP 2000 untuk memperoleh gaya-gaya dalam yang bekerja pada setiap elemen. Setelah didapatkan nilai gaya-gaya dalam dilanjutkan dengan mendesain tulangan pada pelat, balok, tangga, kolom, dan pile. Pertimbangan pemilihan geometri bangunan berdasarkan geometri gedung yang lazim pada Sukabumi.

Hasil dari perancangan gedung ini meliputi ukuran balok induk 850/450 mm dan 750/400 mm, serta ukuran balok anak 600/300 mm. Ukuran kolom 800/800 mm, 900/900 mm, 600/600 mm, dan 700/700 mm. Tebal pelat yang digunakan 160 mm dan 150 mm. Dimensi pile pakai sebesar 3600 x 3800 mm dan 3300 x 3300 mm.

Kata Kunci: *Tempat Evakuasi Vertikal (TEV), FEMA P646-2019, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK), Banjir Bandang.*

ABSTRACT

Flash floods that often occur in Sukabumi Regency always cause loss of lives. Therefore, construction of Vertical Evacuation Place or Tempat Evakuasi Vertikal (TEV) building with a reinforced concrete structure are needed as a disaster mitigation measures. Focus of the problem formulation in this final project is to design a Vertical Evacuation Place or Tempat Evakuasi Vertikal (TEV) building in Sukabumi Regency with structural system form Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK) according to the regulations SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727 :2020, BNPB Guidelines 2013, and FEMA P646-2019, PBI 1971

This final project begins with designing the layout of building. Then, make a modeling using SAP 2000 application to obtain internal forces on each element. After obtaining the values of the internal forces, this process continues with designing the reinforcement in slabs, beams, stairs, columns and piles. Consideration of the selection' building geometry based on the common building geometry in Sukabumi Regency.

The results of the design of this building is the size of the main beams are 850/450 mm and 750/400 mm, also the size of the columns is 600/300 mm. Column sizes are 800/800 mm, 900/900 mm, 600/600 mm and 700/700 mm. Slabs thickness that used are 160 mm and 150 mm. And the dimensions of the piles that used are 3600 x 3800 mm and 3300 x 3300 mm.

Keywords: *Vertical Evacuation Place, FEMA P646-2019, Moment Resisting Frame System, Flash Flood*

DAFTAR ISI

Halaman Judul……..i
Halaman Pengesahan……..ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI…….…...iii
KATA PENGANTAR……...…….....iv
ABSTRAK……...…..…….v
ABSTRACT……..vi
DAFTARISI……...…….....vii
DAFTAR GAMBAR…….....xi
DAFTAR TABEL……...…..xv
DAFTAR LAMPIRAN…….……...xvii
DAFTAR NOTASI…….....xix
BAB I PENDAHULUAN…….. 1
1.1 Latar Belakang…….. 1
1.2 Rumusan Masalah……. 2
1.3 Tujuan Penelitian…….. 2
1.4 Batasan Masalah…… 2
1.5 Manfaat Penelitian…… 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA…… 4
2.1 Ringkasan Perancangan…… 4
2.2 Penelitian Terdahulu……. 4
2.2.1 Desain Struktur *Shelter* Inovatif Sebagai Tempat Evakusi Sementara di Banyuwangi……. 4
2.2.2 Desain Struktur tempat evakuasi Sementara Tsunami di Bengkulu…... 4
2.2.3 Perencanaan Struktur Gedung Shelter Tsunami di Kota Padang……5

2.3 Keabsahan Penelitian……. 6
BAB III LANDASAN TEORI……. 10
3.1 Konsep Perancangan……... 10
3.2 Elemen Struktur Bangunan……. 10
3.2.1 Struktur Atas……. 10
3.2.2. Struktur Bawah…….12
3.3 Pembebanan……. 12
3.4 Kombinasi Pembebanan…….. 36
3.5 Perencanaan Pelat…… 37
3.6 Perencanaan Balok……... 42
3.7 Perencanaan Kolom……. 46
3.8 Perencanaan Pondasi……52
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN……... 57
4.1 Objek Perancangan……...56
4.2 Data Perancangan……56
4.3 Metode Perancangan…… 59
4.3.1 Studi Literatur……... 60
4.3.2 Pengumpulan Data…… 61
4.3.3 Analisa Perancangan…… 62
4.3.4 Penggambaran……. 62
4.3.5. Penyusunan Laporan…… 62
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN……. 63
5.1 Data Awal Perencanaan…….. 64
5.2 Pembebanan…… 65
5.3 Kodefikasi…….. 73

5.3.1 Kodefikasi Pelat……73
5.3.2 Kodefikasi Balok ……. 76
5.3.3 Kodefikasi Kolom…… 78
5.4 Estimasi Dimensi Struktur……... 80
5.4.1 Estimasi Dimensi Pelat……. 80
5.4.2 Estimasi Dimensi Balok……82
5.4.3 Estimasi Dimensi Kolom…….. 85
5.5 Kombinasi Pembebanan…….. 88
5.6 Analisis Struktur……. 90
5.6.1 Kodefikasi Balok dan Kolom……90
5.6.2 Permodelan Struktur……103
5.7 Kontrol Persyaratan Bangunan……. 117
5.8 Desain Penulangan Pelat Lantai dan Tangga…….. 142
5.8.1 Penulangan Pelat Lantai……..143
5.9 Desain Penulangan Pelat Tangga…….. 155
5.9.1 Estimasi Tangga……..…….157
5.9.2 Pembebanan Tangga…….. 157
5.9.3 Analisis Struktur……..157
5.9.4 Penulangan Pelat Tangga…….. 157
5.10 Desain Penulangan Balok…….. 163
5.10.1 Desain Tulangan Lentur……. 163
5.10.2 Desain Tulangan Geser Balok Anak…….171
5.10.3 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak……..……173
5.10.4 Desain Tulangan Balok Induk…….…… 175
5.10.5 Perhitungan Desain Tulangan Lentur Balok Induk……. 176

5.10.6 Analisis Kapasitas Momen Tulangan Lentur Balok Induk……...186
5.10.7 Perhitungan Tulangan Geser Balok…….. 190
5.10.8 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Balok Induk……..….. 194
5.11 Desain Penulangan Kolom…….. 196
5.11.1 Perhitungan Diagram Mn-Pn Kolom…… 196
5.11.2 Pengecekan SCWB……..…… 206
5.11.3 Perhitungan Lentur Kolom……207
5.11.4 Perhitungan Gaya Geser Kolom……208
5.11.5 Perhitungan Desain Tulangan *Geser Beam Coloumn Joint*……. 212
5.11.6 Perhitungan Kekuatan Geser Nominal *Joint* (Vn)……... 213
5.11.7 Rekapitulasi Hasil Penulangan Kolom…… 215
5.12 Perancangan Pondasi……215
5.12.1 Perancangan Pile…….. 216
5.12.2 Analisis Perencanaan…… 218
5.12.3 Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Tiang……. 228
5.12.4 Perancangan pile cap……228
5.12.5 Rekapitulasi Pengulangan Pile Cap…….. 233
BAB VI PENUTUP…… 234
6.1 Kesimpulan……..... 234
6.2 Saran…….. 236
DAFTAR PUSTAKA……...237

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Parameter Gerak Tanah Ss, Gempa Maksium yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 0,2-detik (redaman kritis 5%)..... 19
Gambar 3. 2 Parameter Gerak Tanah S_1, Gempa Maksium yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons *1*-detik (redaman kritis 5 %)..... 20
Gambar 3. 3 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Spektrum Respons 0,2 Detik23
Gambar 3. 4 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Spektrum Respons 1 Detik... 23
Gambar 3. 5 Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia..... 25
Gambar 3. 6 Grafik Respon Spektrum Desain..... 30
Gambar 3. 7 Konsep Gaya Hidrostatis..... 31
Gambar 3. 8 Konsep Gaya Apung 32
Gambar 3. 9 Konsep Gaya Hidrodinamik..... 32
Gambar 3. 10 Konsep Gaya Uplift..... 35
Gambar 3. 11 Diagram Interaksi Kolom dengan Beban Aksial dan Momen Lentur 48
Gambar 3. 12 Gaya Dalam Beam Coloumn Joint..... 50
Gambar 3. 13 Konfigurasi Dimensi Pile Cap..... 53
Gambar 4. 1 Lokasi Perancangan Gedung Evakuasi Bencana 56
Gambar 4. 2 Denah Perancangan Lantai 5 (atap) 58
Gambar 4. 3 Denah Perancangan Lantai 1-4 58
Gambar 4. 4 Bagan Alir Perancangan..... 60
Gambar 5. 1 Denah Bangunan 64
Gambar 5. 2 Data Gempa daerah Sukabumi dan Grafik Respon Spektrum 67
Gambar 5. 3 Diagram Kecepatan Alir Maksimum 71
Gambar 5. 4 Kodefikasi Pelat Lantai 74
Gambar 5. 5 Kodefikasi Pelat Atap..... 75
Gambar 5. 6 Kodefikasi Balok Lantai 1..... 76

Gambar 5. 7 Kodefikasi Balok Lantai 2-5 77
Gambar 5. 8 Kodefikasi Kolom Lantai 1 78
Gambar 5. 9 Kodefikasi Kolom Lantai 2-5 79
Gambar 5. 10 Dimensi Balok Induk Satu Arah X (BI 2X) 83
Gambar 5. 11 Dimensi Balok Anak Dua Arah X (BA 2X) 84
Gambar 5. 12 Estimasi Dimensi Kolom 86
Gambar 5. 13 Define Load Combination 90
Gambar 5. 14 Define Load Combination Data 90
Gambar 5. 15 Define Material 91
Gambar 5. 16 Material Property Data Concrete 91
Gambar 5. 17 Material Property Data Baja tulangan Fy 420 92
Gambar 5. 18 Material Property Data Baja tulangan Fy 395 93
Gambar 5. 19 Frame Properties 95
Gambar 5. 20 Add Frame Section Property B1 95
Gambar 5. 21 Rectangular Section BI1Y 96
Gambar 5. 22 Reinforcement Data BI1X 96
Gambar 5. 23 Add Frame Section Property KD 97
Gambar 5. 24 Rectangular Section KD 97
Gambar 5. 25 Reinforcement Data KD 98
Gambar 5. 26 Add Frame Section Property Pelat Tangga 99
Gambar 5. 27 Rectangular Section Pelat Tangga 99
Gambar 5. 28 Reinforcement Data Pelat Tangga 100
Gambar 5. 29 Menambah Area Section 101
Gambar 5. 30 Area Section 101
Gambar 5. 31 Pelat Lantai 102
Gambar 5. 32 Pelat Atap 102
Gambar 5. 33 New Model 103
Gambar 5. 34 Edit 3D Frame Type 103
Gambar 5. 35 Menyesuaikan Model dengan Denah Rencana 104
Gambar 5. 36 Replicate 104
Gambar 5. 37 Define Frame Properties 105

Gambar 5. 38 Menyesuaikan Penampang Balok Kolom dan Pelat 105
Gambar 5. 39 Assign Joint Restraint 106
Gambar 5. 40 Define Load Pattern 106
Gambar 5. 41 Select Area Section 107
Gambar 5. 42 Select by Area Sectio 107
Gambar 5. 43 Cara Memberi Beban Pelat 108
Gambar 5. 44 Pembebanan Beban Mati dan Beban Hidup pada Pelat 108
Gambar 5. 45 Pembebanan Dinding Perimeter 109
Gambar 5. 46 I-Crack Balok 110
Gambar 5. 47 I-Crack Kolom 111
Gambar 5. 48 Denah Bangunan 112
Gambar 5. 49 Add New Constrains 113
Gambar 5. 50 Diaphragm Coinstrant 113
Gambar 5. 51 Select tiap lantai 114
Gambar 5. 52 Assign Joint Constraints 114
Gambar 5. 53 Output Diafragma 115
Gambar 5. 54 Define Load Pattern Static 116
Gambar 5. 55 User Seismic Load Pattern 117
Gambar 5. 56 Kategori Desain Seismik 118
Gambar 5. 57 Respon Spektrum 127
Gambar 5. 58 Load Case Data – Response Spectrum 128
Gambar 5. 59 Load Case Data – Modal 129
Gambar 5. 60 Export Analysis Results Table 129
Gambar 5. 61 Define Beban Banjir Bandang 132
Gambar 5. 62 Input Beban Banjir Bandang 133
Gambar 5. 63 Hasil *Input* Beban Banjir Bandang 133
Gambar 5. 64 Nilai Pusat Massa Bangunan 135
Gambar 5. 65 Export Analysis Results Beban Statik dan Respon Spektrum 139
Gambar 5. 66 Desain tangga 155

Gambar 5. 67 Grafik Mn-Pn Kolom 1 lantai 1 Arah Y 207
Gambar 5. 68 Konfigurasi Pile..... 221
Gambar 5. 69 Konfigurasi Tiang Pada *pile cap* Kolom Sudut 228

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Perancangan Dengan Topik Terdahulu 7
Tabel 3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum 13
Tabel 3.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan non Gedung Beban Gempa ... 17
Tabel 3. 3 Faktor Keutamaan Gempa (Ic) 20
Tabel 3. 4 Tabel koefisien situs (Fa) berdasarkan SNI 1726-2019 21
Tabel 3. 5 Koefien Situs (Fv) 21
Tabel 3. 6 Kekakuan dan Massa Tumbukan Debris 33
Tabel 3. 7 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x……..28
Tabel 3. 8 Kekuatan dan Massa Tumbukan Debris……...33
Tabel 3. 9 Tebal Pelat Satu Arah 37
Tabel 3. 10 Tebal Pelat Dua Arah 38
Tabel 3. 11 Koefisien Pelat Satu Arah 39
Tabel 3. 12 Koefisien Pelat Dua Arah 40
Tabel 3. 13 Ketentuan As Minimum Pelat Satu Arah dan Pelat dan Pelat Dua Arah 42
Tabel 3. 14 Faktor Reduksi Kekuatan Penampang 46
Tabel 3. 15 Desain Kondisi Regangan Kolom 47
Tabel 3. 16 Perhitungan Luas Minimum Sengkang 49
Tabel 3. 17 Faktor Reduksi Kekuatan Geser Kolom 50
Tabel 3. 18 Konfigurasi Nilai Vn 51
Tabel 3. 19 Nilai Vc Geser Dua Arah 55
Tabel 4. 1 Data Perancangan Struktur Bangunan 57
Tabel 5. 1 Pembebanan Oleh Pelat Lantai 65
Tabel 5. 2 Pembebanan Oleh Pelat Atap 66
Tabel 5. 3 Pembebanan Oleh Dinding 66
Tabel 5. 4 Data Benda yang Diperkirakan Menumbuk Struktur Bangunan TES Tsunami 71

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Gaya Dalam Beban Banjir Bandang 73
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Estimasi Dimensi Pelat 82
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Estimasi Dimensi Balok 85
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Estimasi Dimensi Kolom 87
Tabel 5. 9 Kombinasi Pembebanan Comb 6 89
Tabel 5. 10 Kombinasi Pembebanan Comb 7 89
Tabel 5. 11 Dimensi Frame Properties 94
Tabel 5. 12 Momen Inersia 110
Tabel 5. 13 Ketidakberaturan Vertikal Type 1a arah X 119
Tabel 5. 14 Ketidakberaturan Vertikal Type 1b arah Y 120
Tabel 5. 15 Ketidakberaturan Vertikal Type 1b arah Y 121
Tabel 5. 16 Ketidakberaturan Vertikal Type 1b arah Y 121
Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Vertikal Type 2 122
Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Type 3 arah X 122
Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Type 3 arah Y 122
Tabel 5. 20 Ketidakberaturan Type 5 123
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal 124
Tabel 5. 22 Ketidakberaturan Horizontal Type 1 arah EX 124
Tabel 5. 23 Ketidakberaturan Horizontal Type 1 arah EY 124
Tabel 5. 24 Perhitungan diskontiunitas diaphragma 125
Tabel 5. 25 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal 126
Tabel 5. 26 Modal Periode dan Frekuensi 130
Tabel 5. 27 Simpangan Arah X 136
Tabel 5. 28 Simpangan Arah Y 136
Tabel 5. 29 P-Delta arah X 137
Tabel 5. 30 P-Delta arah Y 137
Tabel 5. 31 Simpangan Arah X1 141
Tabel 5. 32 Simpangan Arah Y2 141
Tabel 5. 33 Rekapitulasi Beban Ultimate 142
Tabel 5. 34 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah 154
Tabel 5. 35 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah (Arah X) 154

Tabel 5. 36 Rekaptiulasi Penulangan Pelat Dua Arah (Arah Y) 154
Tabel 5. 37 Rekapitulasi Momen dan Geser Tangga 157
Tabel 5. 38 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga 162
Tabel 5. 39 Rekapitulasi Momen dan Gaya Geser BA 1Y dan BA 3Y 163
Tabel 5. 40 Rekapitulasi Momen dan Gaya Geser BA 2X dan BA 3X 163
Tabel 5. 41 Rekapitulasi Tulangan Lentur dan Tulangan Geser Balok Anak 174
Tabel 5. 42 Rekapitulasi Redistribusi Momen BI 1Y 175
Tabel 5. 43 Rekapitulasi Redistribusi Momen BI 2X 175
Tabel 5. 44 Rekapitulasi Vu Balok Induk 175
Tabel 5. 45 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk 195
Tabel 5. 46 Rekapitulasi Perhitungan Pn dan Mn 205
Tabel 5. 47 Rekapitulasi Momen Nominal Balok 206
Tabel 5. 48 Rekapitulasi Pu Kolom 206
Tabel 5. 49 Rekapitulasi Desain Tulangan Kolom 215
Tabel 5. 50 Kodefikasi Dan Rekapitulasi Beban 216
Tabel 5. 51 Rekapitulasi Data Tanah 217
Tabel 5. 52 Tabel Klasifikasi Tiang Pile 218
Tabel 5. 53 Rekapitulasi Kontrol Gaya Beban Tetap 223
Tabel 5. 54 Rekapitulasi Kontrol Gaya Beban Sementara 224
Tabel 5. 55 Rekapitulasi Desain Pondasi Tiang 227
Tabel 5. 56 Rekapitulasi Desain Pondasi Tiang 233

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Tanah N-SPT

Lampiran 2 Gambar Kerja Struktur

DAFTAR NOTASI

T = Periode Getar Fundamental Struktur

Hn = Ketinggian Struktur Bangunan

Cs = Koefisien Respon Seismik

Ie = Faktor Keutamaan Gempa

V = Gaya Geser Dasar Seismik

W = Berat Seismik Efektif

ρc = Tekanan Hidrostatik

ρs = Kerapatan Fluida

g = Percepatan Gravitasi

Fb = Gaya Apung

Cd = Koefisien Tarik

Fs = Gaya Impulsif

Fd = Gaya Hidrodinamik

K = Kekakuan Efektif Debris

Cu = Koefisien *Uplift*

Qu = Momen Ultimate

Ql = Beban Hidup

Qd = Beban Mati

εcu = Regangan Maksimum Pada Serat Tekan Beton

εy = Regangan Tarik Netto

εt = Regangan Tulangan Tarik Terluar

Fc’ = Mutu Beton

Fy = Mutu Baja

λ = Faktor Beton Ringan

Φ = Faktor Reduksi Kekuatan

Qp = Kuat Dukung Ujung Tiang Pancang

Qs = Kuat Dukung Friksi Selimut Tiang Pancang

Wp = Berat Tiang Pancang

P = Gaya Tekan Vertikal

SF = Faktor Aman

η = Efisiensi Tiang Pancang

α_s = Konstanta Perhitungan Vc Pada Pelat dan Fondasi Telapak

ζ = Koefisien Drag

SPT = *Standard Penetration Test*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan Jawa Barat tepatnya pada daerah Sukabumi merupakan kawasan yang rawan terjadi banjir bandang dan dalam peta rawan gempa termasuk daerah yang memiliki potensi gempa cukup tinggi. Menurut (Rahayu, dkk., 2009), banjir di defenisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi. "Banjir merupakan peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Selain itu terjadinya banjir jua dapat disebabkan oleh limpasan air permukaan (runoff) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai. Terjadinya bencana banjir juga disebabkan oleh rendahnya kemampuan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran curah hujan yang diatas normal, perubahan suhu, tanggul/bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain" (Sebastian, 2008).

Sukabumi merupakan wilayah yang mempunyai tingkat risiko yang tinggi terhadap bencana banjir, maka perlu dilakukan tindakan mitigasi terhadap bencana banjir yang terjadi di wilayah Sukabumi. Menurut pasal 1 ayat 6 PP No. 21 Tahun 2008 Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Upaya mitigasi yang dapat dilakukan salah satunya adalah dengan membuat Tempat Evakuasi Vertikal (TEV). Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan direncankan gedung bertingkat sebagai tempat evakuasi apabila terjadi bencana banjir bandang pada daerah Sukabumi. Gedung ini memiliki 5 tingkat dan berfungsi sebagai gedung pertemuan yang dapat dimanfaatkan untuk aktivitas sehari-hari. Persyaratan struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

perencanaan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, Pedoman BNPB 2013, PBI 1971, dan FEMA P646-2019. FEMA P646-2019 merupakan pedoman desain struktur vertikal untuk evakuasi tsunami.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, didapatkan rumusan masalah dalam penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana kriteria desain bangunan struktur gedung evakuasi vertikal sebagai tempat evakuasi ketika terjadi bencana banjir bandang pada kawasan Sukabumi?
2. Bagaimana memperhitungkan struktur dan gaya yang bekerja pada gedung evakuasi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, Pedoman BNPB 2013, PBI 1971, dan FEMA P646-2019?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kriteria desain struktur gedung evakuasi vertikal sebagai tempat evakuasi ketika terjadi bencana banjir bandang pada kawasan Sukabumi.
2. Memperhitungkan struktur dan gaya yang bekerja pada gedung evakuasi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, Pedoman BNPB 2013, PBI 1971, dan FEMA P646-2019.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan, sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan penelitian dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Struktur gedung evakuasi difungsikan sebagai gedung pertemuan. Gedung ini berupa struktur beton bertulang dengan yang memiliki total 5 tingkat. Berdasarkan pedoman FEMA P646-2019 pada tingkat 1 direncanakan ketinggian 8 meter dan tinggi tingkat 2-5 yaitu 4 meter. Sehingga total tinggi

bangunan gedung ini berjumlah 24 meter. Dan lokasinya berada pada kawasan Sukabumi.

2. Perencanaan struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
3. Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan adalah sebagai berikut.
   a. Beban Hidup (*Live Load*)
   b. Beban mati atau berat sendiri bangunan (*Dead Load*)
   c. Beban Gempa ((*Earthquake Load*), dan
   d. Beban Tsunami (*Tsunami Load*)

   Keterangan: (banjir bandang dianalogikan dengan tsunami)
4. Permodelan struktur bangunan menggunakan SAP 2000 V.22
5. Perencanaan tidak termasuk Rencana Anggaran Biaya.
6. Acuan dalam perancangan gedung adalah sebagai berikut.
   a. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
   b. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
   c. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain.
   d. Federal Emergency Management Agency (FEMA P646-508 Tahun 2019).
   e. Pedoman Teknik Perancangan Struktur Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami (BNPB Tahun 2013).
   f. PBI 1971 tentang Peraturan Beton Bertulang Indonesia.
7. Penggambaran hasil desain menggunakan *software AutoCad.*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memperoleh hasil perancangan gedung evakuasi vertikal apabila terjadi bencana banjir bandang. Desain yang telah dirancang ini diharapakan mampu menjadi refrensi ketika membangun struktur gedung evakuasi vertikal sebagai upaya mitigasi apabila terjadi bencana banjir bandang di Sukabumi serta dapat memenuhi salah satu misi program akademik yaitu berwawasan kebencanaan dalam lingkungan akademik yang islami.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ringkasan Perancangan

Ringkasan perancangan didapatkan dari berbagai sumber yang ada dengan tujuan supaya dapat memberikan refrensi terhadap perancangan yang akan dilakukan, serta dapat digunakan sebagai pembanding dengan perancangan yang telah ada sehingga diperoleh kesimpulan yang maksimal. Berikut adalah rancangan-rancangan terdahulu dan perancangan yang akan dilakukan.

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Desain Struktur *Shelter* Inovatif Sebagai Tempat Evakusi Sementara di Banyuwangi

Penelitian ini dilakukan oleh (Fani, dkk., 2021), Penelitian yang dilakukan pada daerah Banyuwangi ini meliputi perancangan struktur atas dan bawah gedung sebagai Tempat Evakuasi Sementara (TES). Perencanaan ini mengacu pada SNI 03-1726-2019, SNI 03-1729- 2015, SNI 03-1727-2013, dan FEMA P646A. Dalam perencanaan desain gedung *Shelter* memiliki dimensi 16 m x 4 m x 3,5 m. Konstruksi yang digunakan menggunakan baja IWF 350.350.19.19 untuk struktur balok dan kolom sementara untuk pondasi menggunakan dimensi 16 m x 4 m dengan tebal 80 cm. Hasil kontrol pemeriksaan balok tersebut sudah memenuhi kriteria aman yang dengan nilai 1,19 dimana nilai tersebut lebih kecil dari interaksi lentur dan geser ijin sebesar 1,375. Untuk struktur kolom juga sudah memenuhi kriteria yaitu memiliki nilai 0,228 dengan batas desain ijinnya sebesar 1. Struktur pondasi sudah memenuhi kriteria yaitu dengan nilai kurang dari 0,188 Kg/cm^2 .

2.2.2 Desain Struktur tempat evakuasi Sementara Tsunami di Bengkulu

Penelitian ini dilakukan oleh (Pradana, dkk., 2015), Penelitian yang dilakukan pada daerah Bengkulu ini meliputi perancangan struktur atas dan bawah

gedung sebagai Tempat Evakuasi Sementara (TES). Perencanaan ini mengacu pada SNI 1727-2013, SNI 03-2847-2013, Pusat penelitian mitigasi bencana-2013, SNI 1729-2015, dan SNI 03-1726-2012. Dan untuk spesifikasi gedung yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

a. Nama Proyek : Pembangunan Desain Struktur Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami.
b. Lokasi bangunan : Bengkulu.
c. Fungsi bangunan : Tempat Evakuasi.
d. Jumlah Lantai : 7 Lantai.
e. Pondasi : Tiang pancang
f. Kondisi tanah : Tanah sedang (SD)
g. Elevasi genangan : 8 m

Dari perancangan ini didapatkan hasil penulangan balok yaitu diameter tulangan utama D22, diameter tulangan sengkang D13 dan diameter tulangan torsi D13. Sementara untuk tulangan kolom menggunakan tulangan utama 4D12-50 dan tulangan sengkangnya memakai D15-50. Untuk pondasi menggunakan 16 buah dan ukuran tiang pancangnya adalah 40x40 cm. Dari perhitungan pile cap diperoleh diameter tulangan utama D25 dan dengan jarak spasi sebesar 125 mm. Perencanaan ini di desain menggunakan sistem rangka gedung dengan menggunakan konfigurasi kerutuhan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menggunakan konsep desain kapasitas (*capacity design*), sehingga menghasilkan perilaku struktur *strong column-weak beam.*

2.2.3 Perencanaan Struktur Gedung Shelter Tsunami di Kota Padang

Penelitian ini dilakukan oleh (Trinanda, dkk., 2016). Penelitian yang dilakukan pada daerah Kota Padang ini meliputi perancangan struktur atas dan bawah pada sebuah gedung tempat evakuasi bencana gempa dan tsunami. Perencanaan ini berpedoman pada SNI 03-2847-2013, SNI 1726-2012 dan FEMA P-646. Dalam perencanaan desain gedung tempat evakuasi ini memiliki total 5 lantai dan memiliki total ketinggian mencapai 20 m. Analisis struktur dimodelkan 3D yang berbasis Metode Elemen Hingga. Pada penelitian ini didapatkan gaya geser seismic arah x diperoleh nilai 25335,10 kN dan arah Y sebesar 25335,10 kN.

Pada analisa *SCWB* (*Strong Coloumn Weak Beam*) juga sudah memenuhi yang di isyaratkan (ΣMnc >1,2 ΣMnb). Nilai yang diperoleh adalah 3451,2kN- m dan ΣMnb3423,77kN-m. Untuk struktur bawah direncanakan pondasi tiang pancang kelompok sedalam 22m, daya dukung vertikal tiang sebesar 2558,72kN.

2.3 Keabsahan Penelitian

Dengan melihat penelitian terdahulu sebagai referensi tentang penelitian gedung Tempat Evakuasi Vertikal (TES), maka Perancangan Struktur Bangunan Sebagai Tempat Evakuasi ketika terjadi Bencana Banjir Bandang akan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020 dan FEMA P646-2019. Sebagai bukti keabsahan penelitian, perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang sekarang dapat dilihat pada Tabel 2.1 mengenai Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang.

Tabel 2. 1 Perbandingan Perancangan Dengan Topik Terdahulu

Nama Perancang	Fani dkk (2001)	Pradana dkk (2015)	Trinanda dkk (2019)	Miftahut Taufiq (2022)
Judul	Desain Struktur *Shelter* Inovatif Sebagai Tempat Evakusi Sementara di Banyuwangi	Desain Struktur tempat evakuasi Sementara Tsunami di Bengkulu	Perencanaan Struktur Gedung Shelter Tsunami di Kota Padang	Perencanaan Struktur Bangunan Evakuasi Bencana Banjir Bandang Berdasarkan FEMA P646-2019 (Studi Kasus Lokasi di Sukabumi)
Lokasi Perancangan	Banyuwangi	Bengkulu	Kota Padang	Sukabumi
Tujuan Perancangan	Perencanaan desain struktur shelter inovatif sebagai tempat evakuasi sementara pada kawasan Banyuwangi	Menyediakan Tempat Evakuasi Sementara (TES) pada daerah pesisir rawan tsunami yang dapat melindungi masyarakat sekitar	Perancangan gedung 5 lantai dengan material beton bertulang sebagai tempat evakuasi bencana tsunami di Kota Padang	Perancangan desain gedung bangunan tempat evakuasi dengan jumlah 5 lantai yang berfungsi sebagai gedung pertemuan dan dapat juga dijadikan shelter bencana banjir bandang.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perancangan Dengan Topik Terdahulu

Metode Perancangan	Melakukan tinjauan terhadap struktur balok, kolom dan pelat dengan konstruksi yang digunakan dari baja. Tinjauan didasarkan pada ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK)	Mengumpulkan data dan melakukan perancangan serta melakukan analisis kekuatan bangunan gedung evakuasi.	Menganalisis struktur dengan pemodelan gedung 3D berbasis metode elemen hingga.	Melakukan perencanaan berdasarkan peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020 dan FEMA P646-2019 dan dimodelkan 3D menggunakan SAP V.22, sistem perencanaan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
Peraturan	SNI 03-1726-2019, SNI 03-1729- 2015, SNI 03-1727-2013, dan FEMA P646A	SNI 1727-2013, SNI 03-2847-2013, Pusat penelitian mitigasi bencana-2013, SNI 1729-2015, dan SNI 03-1726-2012.	SNI 03-2847-2013, SNI 1726-2012 dan FEMA P-646.	SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020 dan FEMA P646-2019
Hasil Penelitian	Hasil kontrol pemeriksaan balok tersebut sudah memenuhi kriteria aman yang dengan nilai 1,19 dimana nilai	Dari perancangan ini didapatkan hasil penulangan balok yaitu diameter tulangan utama D22, diameter tulangan	Konsep *SCWB* (*Strong Column Weak Beam*) memenuhi persamaan yaitu $\Sigma Mnc > 1{,}2\ \Sigma Mnb$.	-

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Perancangan Dengan Topik Terdahulu

	tersebut lebih kecil dari interaksi lentur dan geser ijin sebesar 1,375. Untuk struktur kolom juga sudah memenuhi kriteria yaitu memiliki nilai 0,228 dengan batas desain ijinnya sebesar 1. Struktur pondasi sudah memenuhi kriteria yaitu dengan nilai kurang dari 0,188 Kg/cm^2	sengkang D13 dan diameter tulangan torsi D13. Sementara untuk tulangan kolom menggunakan tulangan utama 4D12-50 dan tulangan sengkangnya memakai D15-50. Untuk pondasi menggunakan 16 buah dan ukuran tiang pancangnya adalah 40x40 cm. Dari perhitungan pile cap diperoleh diameter tulangan utama D25 dan dengan jarak spasi sebesar 125 mm.	Diperoleh nilai ΣMnc sebesar 3451,2 KNm dan ΣMnb sebesar 3423,77 KNm. Struktur bawah direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang kelompok sedalam 22 meter, dan diperoleh daya dukung vertikal tiang sebesar 2558,72 KN.	

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Konsep Perancangan

Bangunan shelter adalah fasilitas umum yang apabila terjadi bencana tsunami atau bencana yang lain digunakan untuk evakuasi pengungsi, namun bisa digunakan pula untuk fasilitas umum yang lain misalnya untuk tempat rekreasi atau ibadah atau yang lainnya, apabila tidak terjadi bencana. Syarat bangunan shelter adalah bangunan tingkat yang tahan gempa, tahan tsunami dan bisa menampung banyak orang. Diharapkan bangunan shelter mempunyai fungsi sekunder saat tidak terjadi bencana, selain mempunyai fungsi utama sebagai shelter untuk mitigasi tsunami. Untuk itu diperlukan konsep disain bangunan shelter yang sesuai dengan kaidah-kaidah yang berlaku baik secara fungsinya dan strukturalnya (Yuhanah, 2014).

3.2 Elemen Struktur Bangunan

Elemen struktur merupakan komponen struktur yang mempunyai fungsi sebagai penerima gaya dari internal maupun eksternal untuk kemudian diteruskan ke dalam tanah. Gedung Tempat Evakuasi Sementara (TES) ini merupakan gedung yang elemen nya berbahan material dari beton bertulang. Karena beton bertulang memiliki kemampuan struktur yang bersifat kaku dan monolit. Sehingga beton bertulang dapat digunakan sebagai bahan dalam menahan beban yang diakibatkan gempa bumi dan banjir bandang.

3.2.1 Struktur Atas

Berdasarkan SNI 1726:2019 Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada diatas muka tanah. Struktur atas didesain untuk dapat mengakomodasi beda penurunan yang diakibatkan likuifaksi tanpa kehilangan kemampuan memikul beban-beban gravitasi. Bagian-bagian dari struktur atas bangunan adalah kolom, balok, pelat, dan tangga. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing elemen struktur tersebut.

1. Kolom

   Kolom adalah bagian dari struktur atas, dimana elemen struktur memanjang secara vertikal dari rangka (frame) yang menopang beban yang diberikan oleh balok secara langsung. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan.

2. Balok

   Balok adalah bagian dari stukrural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan meneruskan beban menuju elemen-elemen kolom penompang. Selain itu balok juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai pengikat atau pengunci antar kolom.

3. Pelat

   Pelat adalah elemen struktur yang akan dikenai beban layan pertama kali sebelum terdistribusi ke elemen struktur yang lain. Elemen pelat mempunyai fungsi sebagai penopang langsung beban atau tumpuan beban. Tipikal pelat terbagi menjadi dua jenis yaitu:

   a. Pelat 1 arah.

   Struktur pelat yang mempunyai satu sisi yang pendek dan sisi yang lain panjang, masuk kepada kategori pelat satu arah. Sistem pelat ini bila ditumpu pada dua ujungnya disebut pelat sederhana.apabila pelat ditumpu pada sisi memanjangnya pada lebih dari dua tumpuan, sistem pelat tersebut merupakan pelat menerus.

   b. Pelat 2 arah.

   Pelat dua arah merupakan panel beton bertulang yang perbandingan antara panjang dal lebarnya lebih kecil dari 2. Pada pelat dua arah, tipe-tipe tumpuan pada keempat sisinya menetukan perhitungan momen lentur pada setiap arahnya. Tumpuan pada setiap sisi bisa merupakan tumpuan bebas (tidak ditumpu), sendi elastis atau terjepit penuh (Budiadi, 2008).

4. Tangga

   Menurut Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman tangga adalah bagian bangunan bertingkat yang memiliki fungsi sebagai

penghubung antar lantai bangunan bertingkat dengan berjalan naik atau turun menggunakan anak tangga.

3.2.2. Struktur Bawah

Menurut SNI 1726:2019 struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak dibawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur *tie beam*, *pile cap*, dan pondasi. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing elemen struktur tersebut.

1. *Pile cap*

   Pile cap adalah elemen struktur bawah yang memiliki fungsi sebagai penerima beban dari kolom dan kemudian beban tersebut di teruskan ke pondasi. *Pile cap* juga memiliki fungsi untuk menyatukan pondasi dalam supaya dapat menahan beban secara maksimal.

2. Pondasi

   Pondasi adalah bagian struktur bawah bangunan yang memiliki fungsi menahan beban total bangunan kemudian beban tersebut akan ditersukan ke dalam tanah.

3.3 Pembebanan

Perencanaan struktur pada sebuah gedung perlu dilakukan analisis terhadap beban – beban yang bekerja pada struktur tersebut. Berikut adalah beban-beban yang bekerja pada sebuah gedung,

1. Beban Mati (*Dead Load*)

   Beban mati (dead load) adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

2. Beban Hidup (Live Load)

   Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi Berikut ini adalah tabel parameter beban hidup bersadarkan SNI 1727-2020.

Tabel 3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o Psf (kN/m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Apartemen (lihat rumah tinggal)					
Sistem lantai akses					
Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2000 (8,9)	
Ruang komputer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2000 (8,9)	
Gudang persenjataan & ruang latihan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan					
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lantai podium	150 (7,18) 100 (4,79)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)		4.14
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m^2)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
Koridor					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain				
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Hunian (lihat rumah tinggal)					
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		-	-	300 (1,33)	
Konstruksi pelat lantai *finishing* Ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		-	-	200 (0,89)	

Lanjutan Tabel 3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o Psf (kN/m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tangga Permanen		-	-	Lihat pasal 4.5.4	
Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)					
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Ya (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat pasal 4.10.1	
Truk dan bus	Lihat pasal 4.10.2	-	-	Lihat pasal 4.10.2	
Pegangan tangga dan pagar Pengamanan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1	
Batang pegangan				Lihat 4.5.2	
Helipad (Lihat Pasal 4.11)					
Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat pasal 4.11.2	
Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat pasal 4.11.2	
Rumah sakit					
Ruang operasi, labolatorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Ruang pasien	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Hotel (lihat rumah tinggal)					
Perpustakaan					
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1000 (4,45)	4.13
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Pabrik					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	2000 (8,90)	
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	3000 (13,35)	
Gedung perkantoran					
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian					
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2000 (8,90)	
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2000 (8,90)	
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2000 (8,90)	
Lembaga hukum					
Blok sel	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tempat rekreasi					
Tempat bowling, billiard, dan penggunaaan sejenis	75 (3,59)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang dansa dan *ballroom*	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Gimnasium	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

Sumber: Beban Minimum untuk Perancanan Bangunan Gedung dan Struktur lain (Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

Lanjutan Tabel 3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o Psf (kN/m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Rumah Tinggal					
Hunian satu dan keluarga					
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa Gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2
Loteng yang dapat dihuni dan ruang Tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Atap					
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.8.1
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
Atap vegetatif dan atap lansekap					
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Awning dan kanopi					
Atap konstruksi *fabric* yang didukung oleh struktur rangka kaku Ringan	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
Rangka penumpu layer penutup	5 (0,24) Berdasarkan area tributary dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2)	-	200 (0,89)	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)			4.8.1
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja					
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, Gudang penyimpanan dan pekerjanya, dan garasi bengkel				2000 (8,9)	
Semua komponen struktur atap utama lainnya		-	-	300 (1,33)	
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		-	-	300 (1,33)	

Sumber: Beban Minimum untuk Perancanan Bangunan Gedung dan Struktur lain (Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

Lanjutan Tabel 3.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o Psf (kN/m^2)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga lihat pasal
Sekolah	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Ruang kelas	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Koridor diatas lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Koridor lantai pertama	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses				200 (0,89)	
Jalan dipinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	8000 (35,6)	4.15
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		
Toko					
Eceran					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Lantai diatasnya	75 (3,59)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000 (4,45)	
Grosir, di semua lantai	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1000 (4,45)	
Penghalang kendaraan				Lihat pasal 4.5.3	
Susuran jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

Sumber: Beban Minimum untuk Perancanan Bangunan Gedung dan Struktur lain (Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

3. Beban Gempa

Perancangan struktur gedung *shelter* bencana banjir bandang selain harus tahan terhadap arus banjir bandang yang besar harus tahan juga terhadap getaran gempa bumi karena lokasi perencanaan yang berada di Kota Sukabumi dimana daerah tersebut berada pada area beberapa gunung yang masih aktif. Maka dari itu perlu ditambahkan beban gempa pada perencanaan gedung *shelter* ini. Beban gempa juga di pengaruhi oleh gempa rencana dimana gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarannya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah

sebesar 2 %. Analisis beban gempa dibedakan menjadi dua yaitu analisa secara statis dan analisis secara dinamis. Berikut adalah parameter dalam menentukan beban gempa dalam perencanaan struktur gedung yang mengacu pada SNI 1726-2019.

a. Kategori Risiko Bangunan

Berdasarkan SNI 1726-2019 menentukan kategori risiko gempa dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut

Tabel 3.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan non Gedung Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur – Pabrik	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas	III

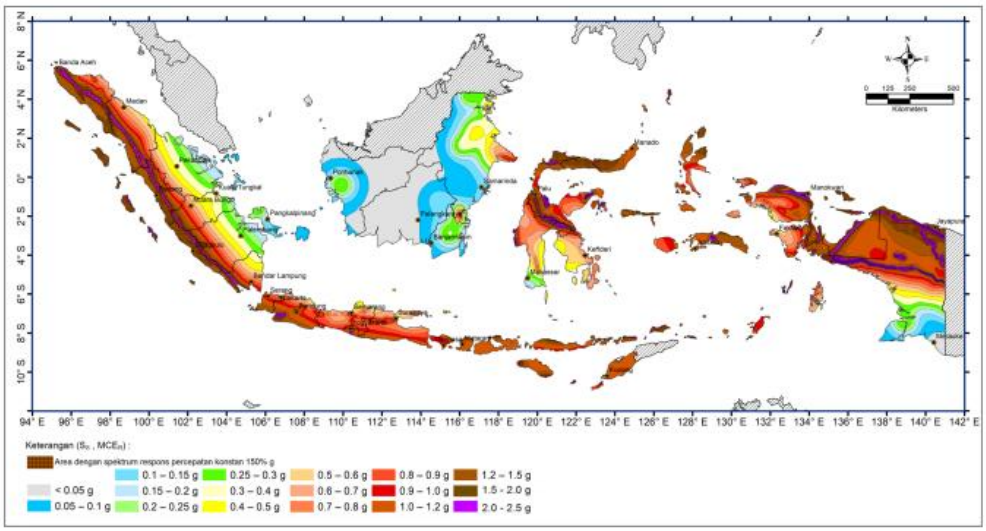
Lanjutan Tabel 3.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan non Gedung Beban Gempa

penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

b. Parameter Gerak Tanah S_s

Parameter gerak tanah adalah gempa maksimal yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5%) yang ditentukan berdasarkan lokasi daerah bangunan yang akan dibangun dengan melihat. Berikut adalah denah lokasi parameter gerak tanah Ss berdasarkan SNI 1726-2019.

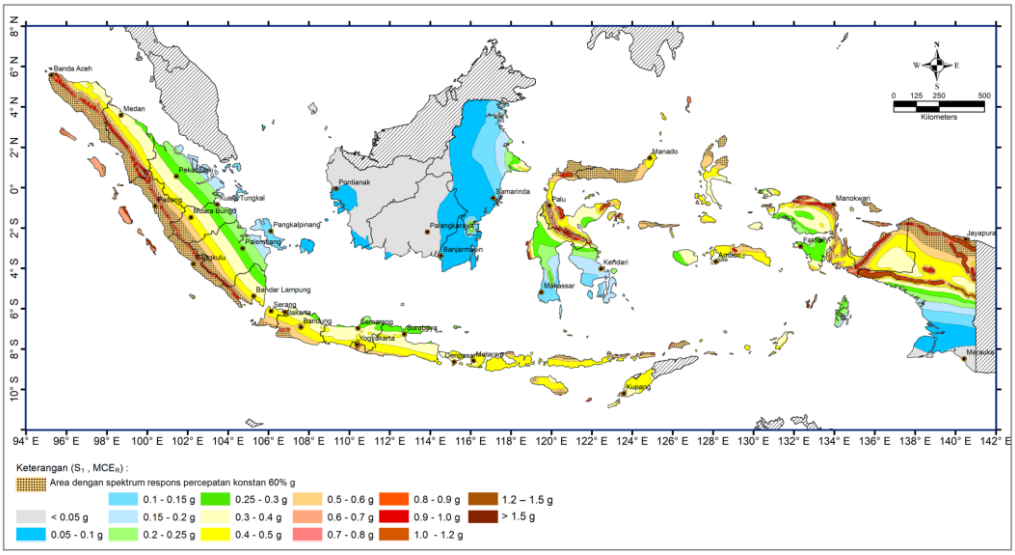


Gambar 3. 1 Parameter Gerak Tanah Ss, Gempa Maksium yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 0,2-detik (redaman kritis 5%)

Sumber : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indoensia 1726:2019)

c. Parameter Gerak Tanah S_1

Parameter gerak tanah adalah gempa maksimal yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spectrums respons 0,2 detik (redaman kritis 5%) yang ditentukan berdasarkan lokasi daerah bangunan yang akan dibangun dengan melihat. Berikut adalah denah lokasi parameter gerak tanah S_s berdasarkan SNI 1726-2019.



Gambar 3. 2 Parameter Gerak Tanah S_1, Gempa Maksium yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons *1*-detik (redaman kritis 5 %)

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

d. Faktor Keutamaan Gempa (I_c)

Faktor Keutamaan Gempa (I_c) adalah faktor pengali yang digunakan dalam pengali perbesaran gempa sesuai dengan tingkat risiko bangunan tersebut. Berdasarkan SNI 1726-2019 berikut adalah parameter Faktor Keutamaan Gempa.

Tabel 3. 3 Faktor Keutamaan Gempa (Ic)

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (I_c)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

e. Koefisien Situs (Fa)

Koefisien situs (Fa) ditentukan berdasarkan klasifikasi kelas situs tanahnya dan nilai parameter respons spektral percepatan gempa

maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik Berikut adalah tabel koefisien situs (Fa) berdasarkan SNI 1726-2019.

Tabel 3. 4 Tabel koefisien situs (Fa) berdasarkan SNI 1726-2019

Kelas Situs	**Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, Ss**					
	Ss ≤ 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1,0	Ss = 1,25	Ss ≥ 1,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS[(a)]					

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

f. Koefisien Situs (Fv)

Koefisien situs (Fv) dapat ditentukan berdasarkan kelas situs tanah dan juga nilai Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S1 Berikut adalah tabel koefisien situs (Fv) berdasarkan SNI 1726-2019.

Tabel 3. 5 Koefien Situs (Fv) berdasarkan SNI 1726-2019

Kelas Situs	**Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_1**					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4

Lanjutan Tabel 3. 6 Koefien Situs (Fv) berdasarkan SNI 1726-2019

Kelas Situs	**Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_1**					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS_{(a)}$					

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

g. Parameter Respon Spektral Maksimum

Parameter respon spektral maksimum dikategorikan menjadi dua yaitu parameter respon spektral percepatan pada periode pendek (SMS) dan parameter respon spektral percepatan pan yang digunakan.

$S_{MS} = Fa \times S_s$ (3.1)

$S_{M1} = F_v \times S_1$ (3.2)

Keterangan :

SMS = Parameter respon spektral percepatan pada periode pendek

SM1 = Parameter respon spektral percepatan pada periode 1 detik

SS = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

S1 = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik

h. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain terbagi menjadi dua diantaranya yaitu parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek (SD_S) dan parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik (SD_1). Berikut adalah persamaan yang digunakan.

$SDS = \frac{2}{3} \times SMS$ (3.3)

$$SD1 = \frac{2}{3} \text{ x } SM1 \qquad (3.4)$$

Keterangan:

SMS = Parameter respon spektral percepatan pada periode pendek

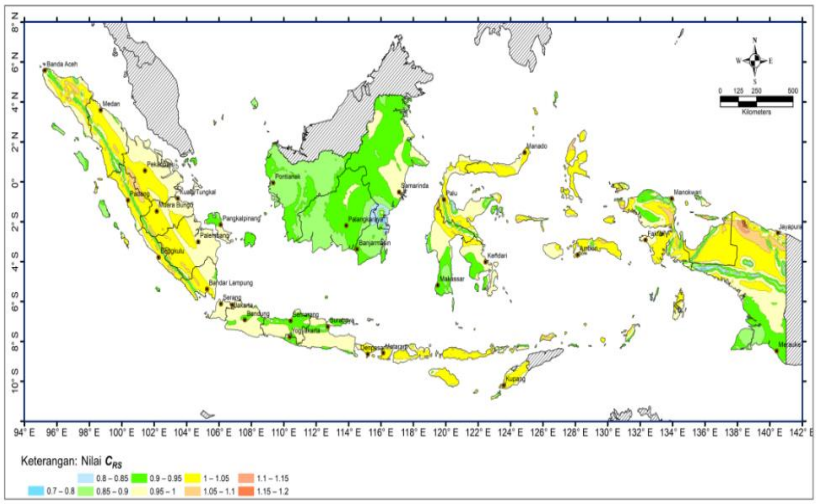
SM1 = Parameter respon spektral percepatan pada periode 1 detik

SDS = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode pendek

SD1 = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

i. Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Spektrum Respons 0,2-detik (C_{RS})

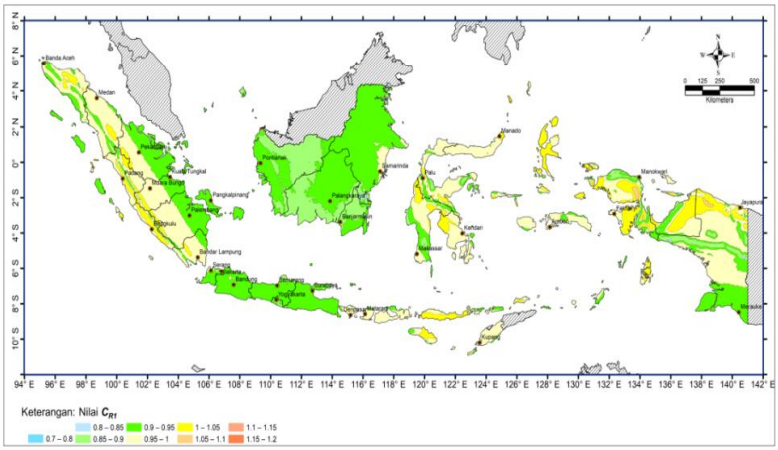
Koefisien risiko terpetakan, periode spektrum respons 0,2-detik (CRS) dapat ditentukan berdasarkan lokasi daerah bangunan yang akan dibangun dengan melihat ketentuan Gambar 18 pada SNI 1726-2019. Gambar 18 pada SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Spektrum Respons 0,2 Detik

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

j. Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respon Spektral 1-detik (C_{R1})



Gambar 3. 4 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Spektrum Respons 1 Detik

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

Koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 1 detik (CR1) dapat ditentukan berdasarkan lokasi daerah bangunan yang akan dibangun dengan melihat ketentuan Gambar 19 pada SNI 1726-2019. Gambar 19 pada SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 3.4.

k. Periode Getar Fundamental Struktur 0 detik (T_0)

Mencari Periode getar fundamental struktur (T_0) dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$T_0 = 0{,}2 \cdot \frac{SDS}{SD2} \qquad (3.5)$$

Keterangan :

SDS = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

SD1 = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

l. Periode Getar Fundamental Struktur 1 detik (Ts)

Mencari periode getar fundamental struktur (TS) dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$TS = \frac{SD1}{SDs} \quad (3.6)$$

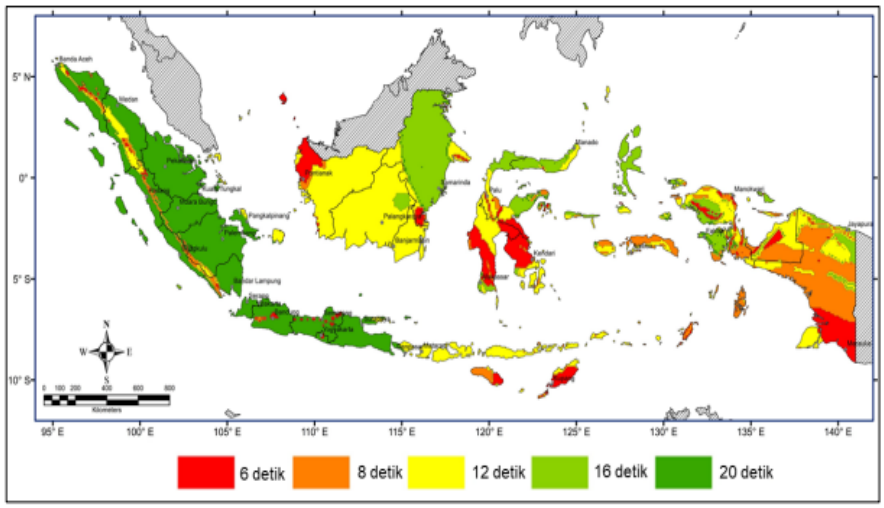
Keterangan :

SDS = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

SD1 = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

m. Transisi Periode Panjang (T_L)

Transisi Periode Panjang (T_L) ditentukan berdasarkan lokasi daerah yang akan dibangun. Berikut adalah ketentuannya berdasarkan SNI 1726-2019.



Gambar 3. 5 Peta Transisi Periode Panjang Wilayah Indonesia

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

n. Spektrum Respon Desain

Berikut adalah ketentuan dalam menentukan spektrum respon desain sesuai dengan pedoman SNI 1726-2019.

1. Ketika periode memliki nilai yang lebih kecil dibanding T0 (T ≤ T0), maka persamaan yang digunakan untuk mencari spektrum respon percepatan desain (Sa) yaitu:

$$Sa = SDS \text{ x } (0{,}4 + 0{,}6 \text{ x } \frac{T}{T0}) \quad (3.7)$$

2. Ketika periode memliki nilai yang lebih besar dari atau sama dengan nilai T0 dan nilai periode lebih kecil atau sama dengan nilai Ts (T0 ≤ T ≤ T0), maka persamaan yang digunakan untuk mencari spektrum respon percepatan desain (Sa) yaitu:

$$Sa = SDS \text{ x } (0{,}4 + 0{,}6 \text{ x } \frac{T}{T0}) \quad (3.8)$$

3. Ketika periode memliki nilai yang lebih besar nilai TS namun nilai dari periode tersebut lebih kecil dari atau sama dengan TL (T > TS), maka persamaan yang digunakan untuk mencari spektrum respon percepatan desain (Sa) yaitu:

$$Sa = \frac{SD1}{T} \quad (3.9)$$

Keterangan :

T_0 = Periode getar fundamental struktur

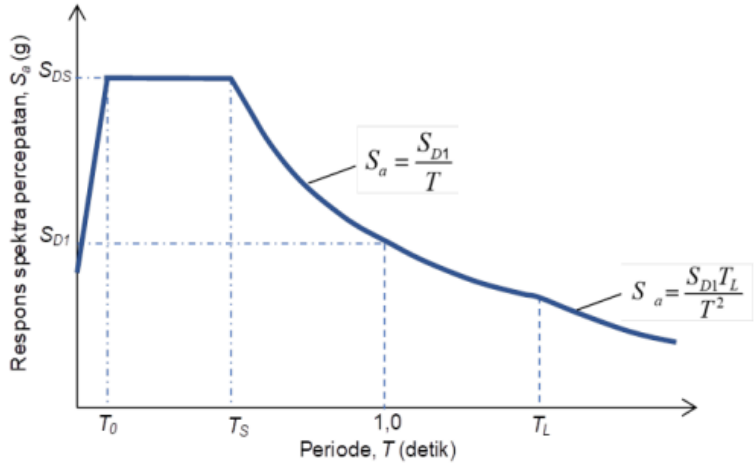
Ts = Periode getar fundamental struktur

SDS = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

SD1 = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

Setelah memperoleh hasil dari persamaan diatas kemudian hasil dapat di gambarkan pada grafik spektrum respon sebagai berikut.



Gambar 3. 6 Grafik Respon Spektrum Desain

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

o. Periode Fundamental Pendekatan (T_a)

Peridoe Fundamental Pendekatan (T_a) didapatkan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Ta = C_t \times Hn^x \quad (3.10)$$

Keterangan:

Ta = Periode fundamental pendekatan (detik)

Hn = Ketinggian struktur bangunan (meter)

Dalam menentukan nilai C_t dan x didapatkan pada Tabel 18 SNI 1726-2019. Berikut adalah Tabel dalam menentukan nilai C_t dan x

Tabel 3. 7 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka baja pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Standar Nasional Indonesia 1726:2019)

p. Koefisien Respon Seismik (Cs)

Menentukan nilai koefisien respon seismik (Cs) menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_s = \frac{SDS}{(\frac{R}{I})} \quad (3.11)$$

$$C_{s\,max} = \frac{SD1}{T\ x\ (\frac{R}{I})} \quad (3.12)$$

$$C_{s\,min} = \frac{0{,}5\ .S1}{(\frac{R}{I})} \quad (3.13)$$

Keterangan:

SDS = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

SD1 = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

I = Faktor keutamaan gempa

Cs = Koefisien respon seismik

Cs max = Koefisien respon seismik maksimum

Cs min = Koefisien respon seismik minimum

S1 = Parameter respon spectral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

q. Gaya Geser Dasar Seismik (V)

Menentukan nilai gaya geser dasar seismik (V) menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$V = Cs \times W \quad (3.14)$$

Keterangan:

V = Gaya geser dasar seismik

W = Berat seismik efektif

CS = Koefisien respon seismik

r. Faktor Skala Gempa

Faktor skala gempa yang diperhitungkan adalah antara gaya gempa statis dan dinamis lalu dari perbandingan tersebut harus lebih besar atau sama dengan satu sesuai ketentuan SNI 1726-2019. Berikut adalah persamaan dalam menentukan faktor skala gempa.

$$\frac{Vs}{VD} \geq 1 \quad (3.15)$$

Keterangan:

V = Gaya geser dasar seismik

W = Berat seismik efektif

CS = Koefisien respon seismik

4. Beban Banjir Bandang

Beban banjir bandang menggunakan pendekatan pada pedoman FEMA P646-508 Tahun 2019. Berikut adalah gaya – gaya yang harus diperhitungkan.

a. Gaya Hidrostatis

Gaya hidrostatis perlu diperhitungkan ketika lantai dasar dari Gedung terkepung air, dimana dinding sebuah bangunan dapat menahan air supaya air tidak dapat masuk ke dalam lantai dasar bangunan. Berikut adalah persamaan dalam menghitung gaya hidrostatis.

$$Fh = \rho c \times Aw = \frac{1}{2} \times \rho s \times g \times b \times h\ max \qquad (3.16)$$

Keterangan :

ρc = Tekanan hidrostatik

ρs = Kerapatan fluida termasuk endapan (1100 kg/m^3)

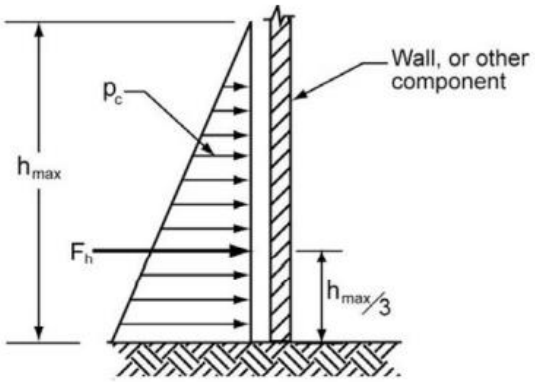
Aw = Luasan panel yang basah

b = Lebar dinding

g = Percepatan gravitasi

h max : Ketinggian maksimum air yang diukur dari bagian dasar dinding pada struktur.

Berikut adalah ilustrasi dari Gaya hidrostatis sesuai pedoman FEMA P646-2019.



Gambar 3. 7 Konsep Gaya Hidrostatis

Sumber: FEMA P646-508-2019

b. Gaya Apung

Gaya apung perlu diperhitungkan karena gaya apung dapat menyebabkan gaya angkat keatas yang berpengaruh pada ketahanan dan kekuatan pada struktur bangunan. Berikut adalah persamaan dalam memperhitungkan gaya apung.

$$Fb = \rho_s \times g \times V \qquad (3.17)$$

Keterangan :

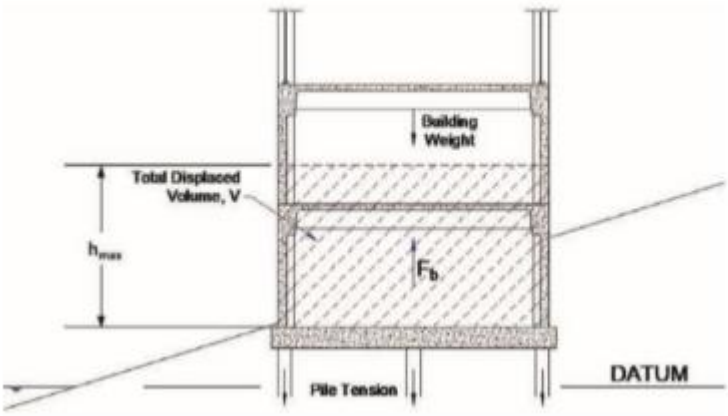
Fb = Gaya apung

ρ_s = Percepatan kerapatan fluida termasuk endapan (1100 kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi

V = Volume air yang dipindahkan oleh bangunan (volume yang berada dibawah hmax)

Berikut adalah ilustrasi dari Gaya apung sesuai pedoman FEMA P646-2019.



Gambar 3. 8 Konsep Gaya Apung

Sumber: FEMA P646-508-2019

c. Gaya Hidrodinamik

Gaya hidrodinamik dievaluasi untuk seluruh struktur bangunan dan untuk setiap elemen struktur. Gaya hidrodinamik dapat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya yaitu kecepatan aliran, massa jenis air, dan bentuk struktur bangunan. Berikut adalah persamaan dalam menghitung gaya hidrodinamik.

$$Fd = \frac{1}{2} \times \rho s \times Cd \times B \times (hu^2)_{maks} \qquad (3.18)$$

Keterangan :

Fd = Gaya hidrodinamik

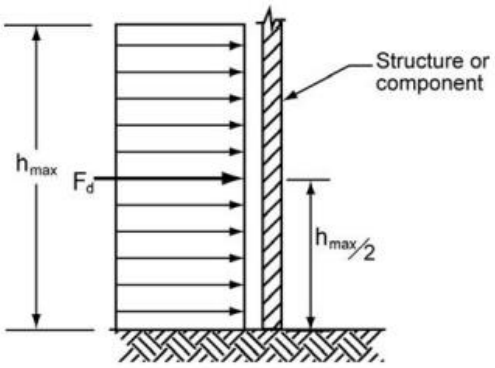
ρs = Massa jenis air tsunami termasuk sedimen (ρs = 1100 kg/m3)

Cd = Koefisien tarik

h = Kedalaman aliran

u = Kecepatan aliran pada lokasi struktur

B = Luasan struktur pada bidang normal arah aliran



Gambar 3.9

Gambar 3. 9 Konsep Gaya Hidrodinamik

Sumber: FEMA P646-508-2019

d. Gaya Impulsif

Gaya impulsif adalah gaya yang bekerja pada ujung aliran air. Berdasarkan FEMA P646 besaran gaya impulsive 1,5 kali lebih besar

dari gaya hidrodinamik. Sesuai kondisi tersebut maka persamaan dalam menghitung besaran nilai gaya impulsif adalah

$$F_s = 1{,}5 \times F_d \quad (3.19)$$

Keterangan :

Fs = Gaya impulsif

Fd = Gaya hidrodinamik

e. Gaya Tumbukan Debris

Gaya tumbukan debris terjadi karena ada gaya tumbukan yang berasal dari hanyutan yang disebabkan banjir bandang seperti kendaraan, pepohonan, dan lain sebagainya. Untuk menghitung gaya tumbukan debris dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_i = 1{,}3 \times U_{maks} \times \sqrt{[K \times md \times (1+c)]} \quad (3.20)$$

Keterangan :

Fi = Gaya tumbukan debris

Umaks = Kecepatan aliran maksimum

K = kekakuan efektif debris

Md = massa debris

c = Koefisien massa hidrodinamik

Berikut adalah ketentuan dalam menentukan massa debris dan kekakuan hanyutan.

Tabel 3. 8 Kekakuan dan Massa Tumbukan Debris

Type of Debris	*Mass (m_d) In kg*	*Hydrodynamic Mass Coefft. (c)*	*Debris Stiffnes s(k_d) in N/m*
Lumber or Wood Log – oriented longitudinally	450	0	$2{,}4 \times 10^6$
20-ft Standard Shipping Container – oriented longitudinally	2200 (empty)	0,30	85×10^6
20-ft Standard Shipping Container – oriented transverse to flow	2200 (empty)	1,00	80×10^6
20-ft Heavy Shipping Container – oriented longitudinally	2400 (empty)	0,30	93×10^6
20-ft Heavy Shipping Container – oriented transverse to flow	2400 (empty)	1,00	87×10^6
40-ft Standard Shipping Container – oriented longitudinally	3800 (empty)	0,20	60×10^6
40-ft Standard Shipping Container – oriented transverse to flow	3800 (empty)	1,00	40×10^6

Sumber: FEMA P646-508-2019

f. Gaya Tahanan Debris

Gaya tahanan debris disebabkan oleh puing-puing yang ditahan oleh struktur bangunan. Untuk menghitung gaya tahanan debris dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Fdm = \frac{1}{2} \times \rho s \times C_d \times B \times (hu^2)_{maks} \qquad (3.21)$$

Keterangan :

Fdm = Gaya tahanan debris atau hanyutan puing

ρs = Massa jenis air tsunami termasuk sedimen (ρs = 1100 kg/m3)

Cd = Koefisien tarik

h = Kedalaman aliran

u = Kecepatan aliran pada lokasi struktur

B = Luasan struktur pada bidang normal arah aliran

g. Gaya *Uplift*

Gaya uplift adalah gaya angkat yang disebabkan karena lantai bangunan yang tenggelam akibat genangan air oleh banjir bandang sehingga terjadi gaya apung tambahan yang disebabkan volume udara yang terjebak dibawah lantai. Berikut adalah persamaan dalam menghitung gaya *uplift.*

$$Fu = \frac{1}{2} \text{ x } Cu \text{ x } \rho s \text{ x } A_f \text{ x } U_v^2 \qquad (3.22)$$

Keterangan :

Fu = Gaya uplift per unit luas

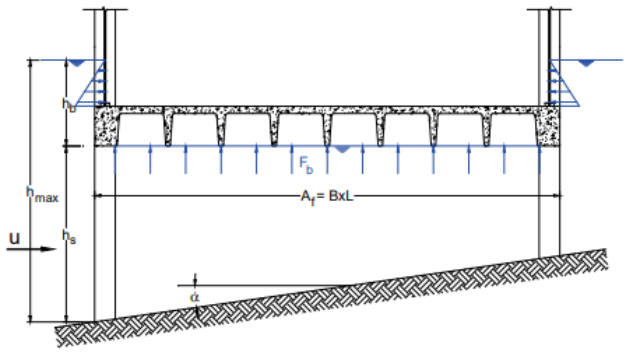
ρs = Massa jenis air tsunami termasuk sedimen (ρs = 1100 kg/m3) 50

Cu = Koefisien uplift (Cu = 3,0)

Af = Area lantai

Uv^2 = Estimasi kecepatan vertikal aliran

Berikut adalah gambaran mengenai gaya *uplift* pada sebuah struktur bangunan.



Gambar 3. 10 Konsep Gaya Uplift

Sumber: FEMA P646-508-2019

3.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang akan direncanakan pada sebuah gedung shelter bencana gempa bumi dan banjir bandang diantaranya adalah:

1. Beban hidup
2. Beban mati
3. Beban Gempa
4. Beban Banjir Bandang

Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu berdasarkan SNI 1726-2019 yaitu tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Berikut adalah kombinasi – kombinasi yang digunakan dalam menganalisa beban gempa yaitu:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + LL
4. 0,9 DL
5. (1,2 + 0,2 SDS) DL + LL ± ρ (1 QEX) ± ρ (1 QEY)
6. (1,2 + 0,2 SDS) DL + LL ± ρ (0,3 QEX) ± ρ (1,0 QEY)
7. (0,9 – 0,2 SDS) DL ± ρ (1 QEX) ± ρ (0,3 QEY)
8. (0,9 – 0,2 SDS) DL ± ρ (0,3 QEX) ± ρ (1 QEY)

Kombinasi yang dipakai dalam menganalisa beban banjir bandang menggunakan pendekatan beban tsunami yang mengacu berdasarkan pedoman FEMA P646-508. Berikut adalah kombinasi – kombinasi yang digunakan dalam menganalisa beban banjir bandang yaitu:

1. 1,2 DL + 1,0 TS + 1,0 LREF + 0,25 LL
2. 0,9 DL + 1,0 TS

Keterangan :

DL = Beban mati (Dead Load)
LL = Beban hidup (Live Load)
LREF = Beban hidup pengungsi
TS = Beban tsunami (Tsunami Load)
ρ = Faktor redudansi (terdapat pada SNI 1726-2019, pasal 7.3.4)

SDS = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

QEX = Beban gempa arah x

QEY = Beban gempa arah y

3.5 Perencanaan Pelat

Pelat terdiri dari dua jenis yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Adapun dalam menentukan jenis pelat adalah sebagai berikut.

Rasio = $\frac{Ly}{Lx}$ > 2 (desain pelat 1 arah)

Rasio = $\frac{Ly}{Lx}$ = 1 - 2 (desain pelat 2 arah)

Keterangan:

Ly = Bentang terpanjang

Lx = Bentang terpendek

Adapun Langkah selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menentukan tebal pelat

Berikut adalah ketentuan dalam menentukan tebal pelat satu arah dan dua arah sesuai pedoman SNI 2847-2019.

Tabel 3. 9 Tebal Pelat Satu Arah

Kondisi Tumpuan	h minimum
Tumpuan sederhana	L/20
Satu ujung menerus	L/24
Kedua ujung menerus	L/28
Kantilever	L/10

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

Tabel 3. 10 Tebal Pelat Dua Arah

α_{fm}	h minimum, mm		
$\alpha_{fm} \leq 0{,}2$	8.3.1.1 berlaku		(a)
$0{,}2 < \alpha_{fm} \leq 2{,}0$	Terbesar dari:	$\frac{\mathrm{Ln}(0{,}8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 5_{\beta}(\alpha fm - 0{,}2)}$	(b)
		125	(c)
$\alpha_{fm} \geq 2{,}0$	Terbesar dari:	$\frac{\mathrm{Ln}(0{,}8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9_{\beta}}$	(d)
		90	(e)

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

2. Menentukan pembebanan pelat

Dalam menentukan pembebanan pelat sesuai dengan acuan SNI 2847-2019 adalah sebagai berikut.

QU = 1,2QD + 1,6QL

Keterangan:

QU = Beban ultimit terfaktor (kN/m^2)

QD = Beban mati (kN/m^2)

QL = Beban hidup (kN/m^2)

3. Menentukan momen lentur pelat

Adapun dalam menentukan Momen Ultimate untuk pelat satu arah dan dua arah adalah sebagai berikut.

a. Pelat satu arah

M = Koefisien x $QU\ x\ L\text{^}2$

Keterangan:

L = Panjang antara 2 tumpuan

QU = Momen ultimate (kN/m^2)

Adapun nilai koefisien dalam pelat satu arah adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 11 Koefisien Pelat Satu Arah

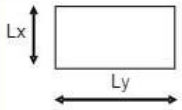
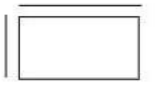
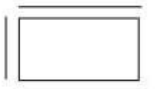
Momen	Lokasi	Kondisi	Mu
Positif	Bentang Ujung	Ujung tak menerus dan monolit dengan perletakan	$WuLn^2/14$
		Ujung tak menerus dan tidak terkekang	$WuLn^2/11$
	Bentang tengah	Semua	$WuLn^2/16$
Negatif	Muka Interior dari pendukung eksterior	Balok menyatu secara monolit dengan balok spandrel pendukung	$WuLn^2/24$
		Balok monolit dengan kolom pendukung	$WuLn^2/16$
	Muka eksterior dari pendukung interior pertama	Dua bentang	$WuLn^2/9$
		Lebih dari dua bentang	$WuLn^2/10$
	Muka dari pedukung lainnya	Semua	$WuLn^2/11$
	Muka semua pendukung memenuhi (a) atau (b)	(a) Pelat dengan bentang tidak lebih dari 3 m (b) Balok dengan rasio jumlah kekakuan kolom terhadap kekakuan balok melebihi 8 pada setiap ujung bentangnya	$WuLn^2/12$

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

b. Pelat dua arah

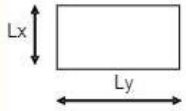
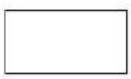
Adapun dalam menentukan koefisien pelat dua arah menggunakan tabel momen pelat PBI 1971 adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 12 Koefisien Pelat Dua Arah

Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2,5
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	13
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	38
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	19
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	56
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	25
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	75
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	25
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	75
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	19
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	56
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	13
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	38

(Sumber: PBI – 1971)

Lanjutan Tabel 3. 12 Koefisien Pelat Dua Arah

Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2,5
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	43
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
	Mtx = - 0.001.q.Lx^2 x	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	Mlx = 0.001.q.Lx^2 x	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	Mly = 0.001.q.Lx^2 x	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	Mty = - 0.001.q.Lx^2 x	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

(Sumber: PBI – 1971)

4. Menentukan luas tulangan minum lentur

Berikut adalah langkah dalam menentukan luas tulangan minimum lentur sesuai SNI 2847-2019.

Tabel 3. 13 Ketentuan As Minimum Pelat Satu Arah dan Pelat dan Pelat Dua Arah

TIpe tulangan	Fy, Mpa	Asmin	
Batang ulir	<420	0,0020 Ag	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari :	$\frac{0{,}0018\ x\ 420}{Fy}$ Ag
			0,0014 Ag

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

5. Menentukan jarak tulangan sengkang

Berdasarkan SNI 2847-2019 ketentuan untuk jarak masimum tulangan adalah sebagai berikut.

1. Tidak boleh melebihi nilai 3 x h pelat
2. Tidak boleh melebihi nilai 450 mm

3.6 Perencanaan Balok

Adapun dalam melakukan desain tulangan lentur balok adalah sebagai barikut.

1. Menghitung nilai a_{max}

$$a_{max} = \frac{\varepsilon cu}{(\varepsilon cu + \varepsilon y)} \text{ x dt x } \beta 1$$

Keterangan:

Ecu = Regangan maksimum pada serat tekan beton

Ey = Regangan tarik netto

dt = Tinggi efektif (mm)

2. Menghitung Luas tul. Tunggal maksimum

$$As_{max} = \frac{0{,}85.x\ fc'\ x\ amaks\ x\ \beta 1}{F_y}$$

Keterangan :

Fc' = Mutu beton (MPa)

β1 = Nilai beta

Fy = Mutu baja (MPa)

3. Menghitung momen nominal tulangan Tunggal maksimum

$M_{n1} = As_1.Fy\ (d - ½\ a_{max})$

Keterangan :

As1 = Luas tulangan (mm^2)

Fy = Mutu baja (MPa)

4. Menghitung nilai

$\Phi M_{n1} > Mu$ → desain tulangan tunggal

$\Phi M_{n1} < Mu$ → desain tulangan rangkap

5. Jika tulangan rangkap maka hitung momen lentur sisa

M_{n2}= Mu/f – Mn1, Sehingga Luas tulangan rangkap (A_{s2})

$$As_2 = \frac{Mn_2}{Fy\ x\ (d-d')}$$

Keterangan :

Mn = Momen nominal (kN/m^2)

As = Luas tulangan (mm^2)

Fy = Mutu baja (MPa)

d' = Tinggi efektif (mm)

6. Chek terhadap A_{smin}

As min1 = $(\frac{1,4}{Fy})$ x B x d

As min 2 = $\frac{\sqrt{Fc'}}{4Fy}\ x\ B\ x\ d$

Keterangan :

Fy = Mutu baja (MPa)

B = Lebar balok (mm)

d = Tinggi efektif (mm)

7. Check regangan tulangan tarik terluar (εt)

$$\varepsilon t = \frac{(dt-c)}{C} \times 0{,}003$$

Keterangan:

Dt = Tinggi efektif (mm)

c = Konstanta penampang (mm)

8. Periksa kembali Kapasitas Momen yang tersedia (ΦMn) > Mu

9. Apabila perhitungan tulangan positif dan negatif masuk pada syarat tulangan tunggal maka masing-masing hasilnya digabung, tulangan bawah dari M+ dan tulangan atas dari M-

Setelah tulangan lentur balok selesai dihitung maka langkah selanjutnya adalah menganalisa struktur balok yang sudah terpasang. Adapun langkahnya sebagai berikut.

1. Menghitung titik berat tulangan tarik terpasang (ds)
2. Menghitung tinggi efektif balok

   d= H-ds

   Keterangan:

   Ds = Titik berat tulangan Tarik terpasang (mm)

   H = Tinggi Balok (mm)
3. Periksa apakah tulangan desak sudah leleh atau belum

   εs< εy → tulangan belum leleh

   εs> εy → tulangan sudah leleh

   Keterangan:

   εs = Nilai diagram regangan lokasi tulangan

   εy = Regangan tarik netto
4. Menghitung tinggi blok tekan sesungguhnya (a)

   0,85 x fc’ x a x B + Es x 0,003 x As' x ((a-β1 x d')/a) – As x Fy = 0

   Keterangan:

   fc’ = Kuat tekan beton (MPa)

   B = Lebar balok (mm)

   Es = Modulus elastisitas baja (MPa)

   As’ = Luas tulangan tekan (mm^2)

Fy = Kuat tekan baja (MPa)

5. Menghitung regangan tulangan tarik terluar (et) untuk menentukan nilai Φ

$$\varepsilon t = \frac{(\beta 1 \; x \; dt - a)}{a} \times 0{,}003$$

Keterangan:

dt = Tinggi efektif (mm)

a = Tinggi blok tekan sesungguhnya (mm)

6. menghitung Kapasitas Momen yang tersedia

$$Fs = Es \; x \; \frac{(a - d' \; x \; \beta 1)}{a} \; x \; 0{,}003$$

Keterangan:

Es = Modulus elastisitas baja (MPa)

a = Tinggi blok tekan sesungguhnya (mm)

d’ = Tinggi efektif balok (mm)

7. Memeriksa regangan, apakah tulangan tarik sudah leleh semuanya

Mkap->ΦMn- → dapat disimpulkan sudah aman

Setelah menghitung momen kapasitas balok, maka langkah selanjutnya adalah mendesain tulangan geser pada balok. Adapun Langkah desain dalam tulangan balok adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai gaya geser desain

Vu= Ve + V(1,2D+1,0L)

Keterangan:

Ve = Gaya geser desain untuk pembebanan (N)

V = Gaya geser desain untuk pembebanan (N)

2. Mengasumsikan Vc=0 bilamana nilai poin berikut terpenuhi.

a. Ve>0,5Vu

b. Gaya tekan aksial terfaktor (Pu) termasuk pengaruh gempa kurang dari $\frac{Agxfc\prime}{20}$

Tetapi apabila poin tersebut tidak terpenuhi maka vc perlu dihitung sebagai berikut.

$$Vc = 0{,}17 \; x \; \lambda \; x \; \sqrt{Fc'} \; x \; B \; x \; d$$

Keterangan:

λ = Faktor beton ringan (memiliki nilai 1 untuk beton normal)

fc’ = Kuat tekan beton (MPa)

B = Lebar balok (mm)

d = Tinggi efektif balok (mm)

3. Syarat spasi sengkang harus memenuhi kriteria sebagai berikut.

a. $\frac{d}{4}$

b. 6 x D tulangan lentur

c. 150 mm (nilai maksimum)

4. menentukan faktor reduksi kekuatan penampang

Berdasarkan SNI 2847-2019 berikut adalah nilai faktor reduksi kekuatan penampang.

Tabel 3. 14 Faktor Reduksi Kekuatan Penampang

Gaya atau elemen struktur		Φ	Pengecualian
a)	Momen, gaya aksial atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2	Didekat ujung komponen pratarik (pretension) dimana strand belum speneuhnya bekerja. Φ harus sesuai dengan 21.2.3
b)	Geser	0,75	Persyaratanuntuk struktur tahan gempater dapat pada 21.2.4

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

5. Menghitung nilai kuat geser balok

Vn = Φ (Vc + Vs)

Keterangan:

Vc = Tegangan geser beton (MPa)

Vn = Tegangan geser beton (MPa)

Φ = Faktor reduksi

3.7 Perencanaan Kolom

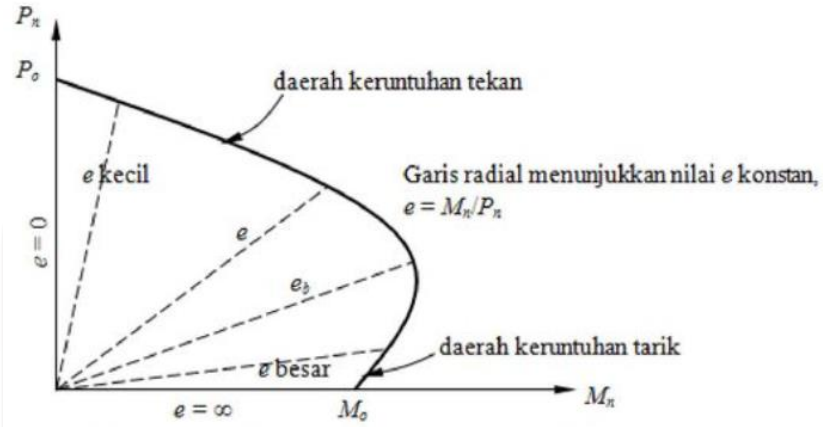
Langkah dalam melakukan desain kolom adalah melakukan desain diagram mn-pn terlebih dahulu. Adapun dalam perencanaan diagram mn-pn sebagai berikut.

Tabel 3. 15 Desain Kondisi Regangan Kolom

Kondisi	Garis netral	Eks. (e)	*Tul. Tekan* (f_s')	Tul. Tarik (f_s)	Kuat desak (P_n)	Kuat lentur (M_n)	Φ
kosentris	C=∞	e~0	f_y	f_y	P_{nmax}= 0,80.0,85f_c'.(A_g-A_{st}) +$A_{st}.f_y$	0	0.65
Patah desak	C>C_b	e<e_b	$\frac{600(c-d')}{c} \leq f_y$	$\frac{600(d-c)}{c}$	P_n= C_c+A_s'f_y-A_s x $f_s \leq$ P_{nmax}	Mn= C_c.(½H- ½a) +C_s.(½H-d') +T_s (d-½H)	0.65
balance	C=C_b	e=e_b	$\frac{600(c-d')}{c} \leq f_y$	$\frac{600(d-c)}{c} \leq f_y$	P_n= C_c+A_s'f_y-$A_s.f_y$	M_n= C_c.(½H- ½a) +C_s.(½H-d') +T_s (d-½H)	0.65
Patah tarik	C<C_b	e>e_b	$\frac{600(c-d')}{c}$	$\frac{600(d-c)}{c} \leq f_y$	P_n= C_c+A_s'f_s-$A_s.f_y$	M_n= C_c.(½H- ½a) +C_s.(½H-d') +T_s (d-½H)	0.65~0.9
Lentur Murni	C<C_b	e=∞	$\frac{600(c-d')}{c}$	$\frac{600(d-c)}{c} \leq f_y$	0	M_n= C_c.(½H- ½a) +C_s.(½H-d') +T_s (d-½H)	0,9

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

Selanjutnya jika pada masing-masing kondisi sudah dihitung nilainya dapat dilanjutkan dengan menggambar diagram mn-pn kolom. Adapun gambar diagram mn-pn kolom dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3. 11 Diagram Interaksi Kolom dengan Beban Aksial dan Momen Lentur

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan pada aspek *Strong Coloumn Weak Beam (SCWB)* berdasarkan SNI 1726:2019 disebutkan bahwa nilai kekuatan lentur kolom harus memenuhi ∑momen kolom ≥ (1,2) x ∑momen balok.

Langkah selanjutnya adalah melakukan desain geser kolom. Adapun langkah dalam melakukan perhitungan desain geser kolom adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai *distribution factor (Df)*

$$D_f = \frac{(EI/\ell_u)_{desain}}{(EI/\ell_u)_{desain}+(EI/\ell_u)}$$

Keterangan:

E = Modulus elastisitas beton (MPa)

I = Inersia kolom (mm^4)

lu = Panjang kolom (mm)

2. Menghitung nilai gaya geser

$$V_e \leq \frac{\left(M^+_{Prb\,(atas)}+M^-_{Prb(atas)}\right)\times df+\left(M^+_{Prb\,(bawah)}+M^-_{Prb(bawah)}\right)\times df}{l_u}$$

Keterangan:

Mpr = Kekuatan komponen lentur struktur (N-mm)

Lu = Panjang kolom (mm)

3. Melakukan *checking* pada jarak spasi tulangan kolom.

   a. s ≤ So (100+ $\frac{(350-hx)}{3}$)

   b. s ≤ 150 mm

   c. s ≥ 100 mm

   d. s ≤ $\frac{1}{4}$ x B kolom

   e. s ≤ 6 x diameter tulangan

4. Menghitung nilai Ash sesuai ketentuan berikut.

Tabel 3. 16 Perhitungan Luas Minimum Sengkang

Tulangan transversal	Kondisi	Persamaan yang berlaku	
Ash/sbc Untuk sengkang pengekang persegi	Pu≤ 0,3 Ag fc' dan $fc' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (a) dan (b)	0,3 $(\frac{Ag}{Ach} - 1) \frac{fc\prime}{fyt}$ (a) 0,09 $\frac{fc\prime}{fyt}$ (b)
	Pu > 0,3 Ag fc' dan $fc > 70$ MPa	Terbesar antara (a) , (b) dan (c)	0,2 kf kn $\frac{Pu}{fytAch}$ (c)

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

5. Menghitung nilai gaya geser kolom

   Vc = 0,17 x (1 + $\frac{Nu}{14\,Ag}$) x λ $\sqrt{Fc'}$ x bw x d

   Syarat:

   Pu < 5% Ag x fc' → Vc dianggap 0

   Pu > 5% Ag x fc' → Vc diperhitungkan

   Vs = $\frac{Av\ x\ fyt\ x\ d}{s}$

   Vn = Vc + Vs

   Keterangan:

   Vc = Tegangan terkait geser dua arah (kN)

   Vn = Tegangan geser ekuivalen dua arah (kN)

   Vs = Tegangan geser ekuivalen dua arah (kN)

   s = Jarak sengkang (mm)

   Av = Luas tulagan geser (mm^2)

Nu = Gaya aksial terfaktor (N)

6. Pemeriksaan terhadap faktor reduksi kekuatan

Berdasarkan SNI 2847-2019 nilai faktor reduksi ϕ ditentukan sebagai berikut.

Tabel 3. 17 Faktor Reduksi Kekuatan Geser Kolom

Gaya atau elemen struktur		Φ	Pengecualian
a)	Momen, gaya aksial atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2	Didekat ujung komponen pratarik (pretension) dimana strand belum speneuhnya bekerja. Φ harus sesuai dengan 21.2.3
b)	Geser	0,75	Persyaratanuntuk struktur tahan gempater dapat pada 21.2.4

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

Selanjutnya melakukan *checking* nilai aman dengan ketentuan sebagai berikut.

Vu < ϕVn

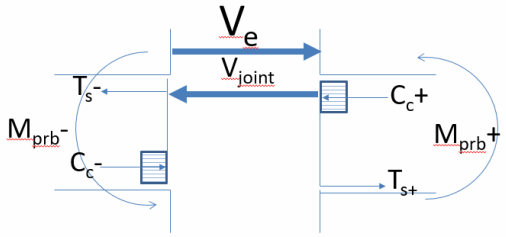
Keterangan:

Vu = Tegangan geser ultimate (kN)

Vn = Tegangan geser ekuivalen dua arah (kN)

Langkah selanjutnya adalah perencanaan join balok kolom. Adapun langkahnya adalah sebagai berikut.

1. Melakukan perhitungan nilai Ve joint.



Gambar 3. 12Gaya Dalam Beam Coloumn Joint

Dengan nilai sebagai berikut.

ΣFH = 0

$V_e - C_c^+ - T_s^- - V_{joint} = 0$

sehingga:

$V_{joint} = V_e – Ts^- – Cc+$

Dengan:

Ts = 1,25 x fy x As^-

Cc+ = 1,25 x fy x As^+

Keterangan:

Ve = Gaya geser kolom sendi plastis (kN)

Fy = Kuat tekan baja (MPa)

As = Luas tulangan (mm^2)

Ts = Gaya tekan beton Mpr- (kN)

Cc = Gaya tekan beton Mpr+ (kN)

2. Melakukan perhitungan nilai Vn.

Berdasarkan SNI 2847-2019 dalam menentukan vn adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 18 Konfigurasi Nilai Vn

Konfigurasi Joint	Vn
Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada keempat sisinya (1)	$1,7\lambda\sqrt{Fc'}$ Af
Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga sisinya atau dua sisi berlawanan (1)	$1,2\lambda\sqrt{Fc'}$ Af
Untuk kasus-kasus lainnya	$1,0\lambda\sqrt{Fc'}$ Af

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

3. Melakukan pemeriksaan terhadap syarat berikut.

ϕVn > V joint , apabila memenuhi maka dapat dinyatakan aman.

3.8 Perencanaan Pondasi

Adapun langkah dalam perancangan pondasi adalah sebagai berikut.

1. Menghitung kapasitas dukung 1 tiang

Pu = Qp + Qs – Wp

Keterangan:

Qp = Kuat dukung ujung tiang pancang (kN)

Qs = Kuat dukung friksi selimut tiang pancang (kN)

Wp = Berat tiang pancang (kN)

$Qp = Ap \times 40 \times Nb \times \frac{Lb}{D} < Ap \times 400 \times Nb$

Keterangan:

Ap = Luas pile (mm^2)

Nb = Nilai n-spt rata- rata

Lb = Kedalaman pile (m)

D = Diameter pile (mm)

$Qs = As\ tiang \times \frac{Nspt\ rata-rata}{50}$

Keterangan:

As = Luasan tiang (mm^2)

Q ultimate = Qp+Qs

Keterangan:

Qp = Tahanan ujung (kN)

Qs = Tahanan samping (kN)

2. Menghitung jumlah tiang yang diperlukan

$N = \frac{\sum P}{Pa}$

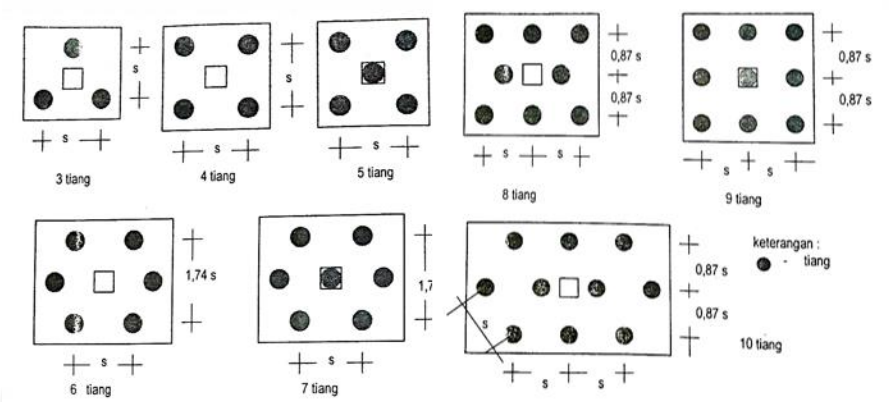
Keterangan:

$\sum$ P = Jumlah gaya tekan beban tetap (kN)

Pa = Daya dukung ijin 1 tiang (kN)

3. Membuat susunan Tiang

Adapun konfigurasi umum ukuran pile cap yang ada di lapangan adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 13 Konfigurasi Dimensi Pile Cap

(Sumber: Suryolelono,2004)

4. Melakukan kontrol gaya tekan pada tiang, dengan faktor aman (SF) = 3 untuk beban tetap dan SF= 2 untuk beban sementara

$$Pi = \frac{\sum P}{N} + \frac{(\sum M_x) \times x_i}{\sum {X_i}^2} + \frac{(\sum M_y) \times y_i}{\sum {y_i}^2}$$

Dengan syarat sebagai berikut.

$$Pi \leq \frac{Pu}{Sf}$$

Keterangan:

$\sum P$ = Jumlah gaya tekan beban tetap (kN)

Pa = Daya dukung ijin 1 tiang (kN)

SF = Faktor aman

N = Jumlah tiang

5. Melakukan kontrol terhadap kelompok tiang

$$Q_{g(u)} = \eta \times \sum Q_u$$

Keterangan:

Qg(u) = Beban ultimit yang mampu dipikul kelompok tiang (kN)

η = Efisiensi tiang pancang

$\sum$Qu = Beban ultimit yang mampu dipikul tiang pancang (kN)

$P < \frac{\eta \, x \sum Qu}{SF}$ → Apabila sudah memenuhi maka dinyatakan aman

Keterangan:

P = Gaya vertical dari struktur (kN)

SF = Faktor aman

6. Perancangan tulangan pour (pile cap)

a. Menentukan nilai momen nominal (Mn)

$Mn = \frac{Mu}{\phi}$

Keterangan:

Mn = Momen nominal (kNm)

Mu = Momen ultimate (kNm)

ϕ = Faktor reduksi

b. Menentukan nilai luasan tulangan (As)

$As1 = \frac{0{,}85 \; x \; fc' \; x \; a \; x \; b}{fy}$

$As2 = \frac{1{,}4}{fy}$ x bw x d

$As3 = \frac{\sqrt{Fc'}}{4fy}$ x bw x d

As 1 tulangan = 0,25 x π x D^2

Keterangan:

a = Tinggi blok tekan (mm)

bw = Lebar pile (mm)

d = Tinggi efektif (mm)

fy = Kuat tekan baja (MPa)

Fc’ = Kuat tekan beton (MPa)

c. Menentukan spasi tulangan (s)

$S = \frac{B \times A_{spakai}}{As \; 1 \; tulangan}$

Keterangan:

B = Lebar pile (mm)

As = Luas tulagan terbesar (mm^2)

As 1 tulangan = Luas 1 tulangan (mm^2)

d. Memeriksa tulangan geser 1 arah

Vc = 0,17 x $\sqrt{Fc'}$ x b x d

Vs $= \frac{A_v \, x \, fy \, x \, d}{s}$

ϕVn = 0,75 x (Vc+Vs)

ϕVn > Vx

Keterangan:

Vc = Tegangan geser ekuivalen dua arah (kN)

Vn = Tegangan geser ekuivalen dua arah (kN)

Vs = Tegangan geser ekuivalen dua arah (kN)

e. Memeriksa tulangan geser 2 arah

Adapun dalam menentukan nilai vc sesuai ketentuan SNI 2847-2019 adalah sebagai berikut.

Tabel 3.19 Nilai Vc Geser Dua Arah

Vc		
Nilai terkecil dari a), b), dan c):	$0{,}33\ \lambda\sqrt{Fc'}$	a)
	$0{,}17(1+\frac{2}{\beta})\ \lambda\sqrt{Fc'}$	b)
	$0{,}083(2+\frac{as\ d}{b0})\ \lambda\sqrt{Fc'}$	c)

(Sumber: SNI 2847 – 2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

Untuk menentukan nilai αs sesuai ketentuan SNI 2847-2019 adalah sebagai berikut.

α_s kolom interior = 40

α_s kolom tepi = 30

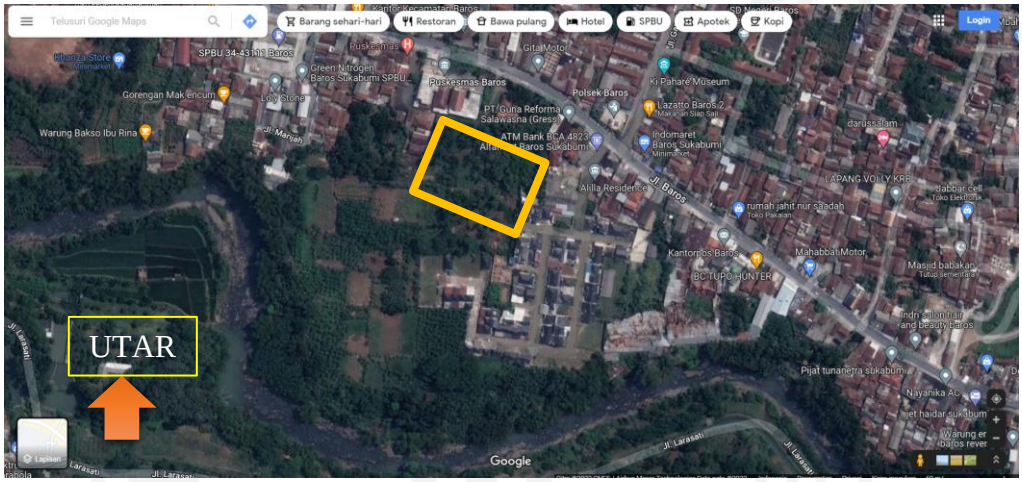
α_s kolom sudut = 20

Langkah terakhir adalah melakukan pemeriksaan terhadap nilai aman dimana harus memenuhi ϕVn > Vx.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Objek Perancangan

Perancangan gedung sebagai tempat evakuasi bencana banjir bandang ini berlokasi di Kecamatan Baros, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Lokasi Perancangan dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Lokasi Perancangan Gedung Evakuasi Bencana

Sumber: Google Earth (2022)

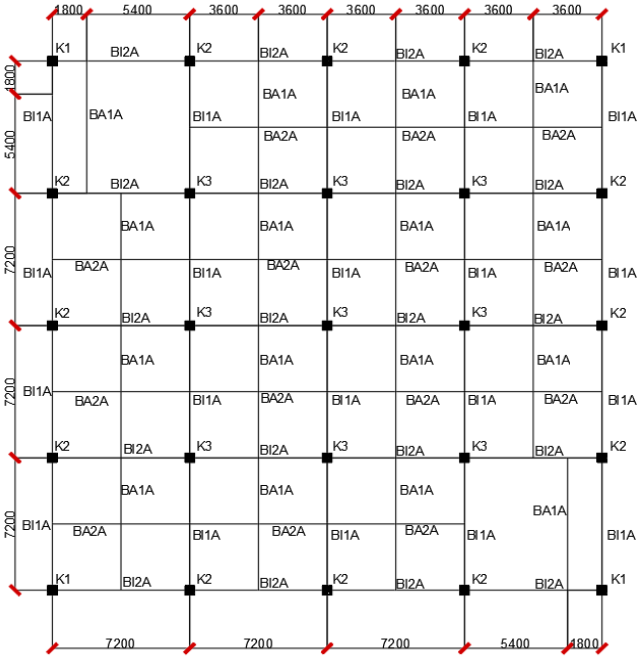
4.2 Data Perancangan

Data yang digunakan ditentukan pada awal perencanaan struktur. Gedung ini memiliki tinggi yang berbeda pada tingkat pertama yaitu 8 meter guna meminimalisir air masuk ke dalam gedung. Dan memanfaatkan lantai pertama sebagai tempat parkir kendaraan. Berikut adalah data perencanaan struktur dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

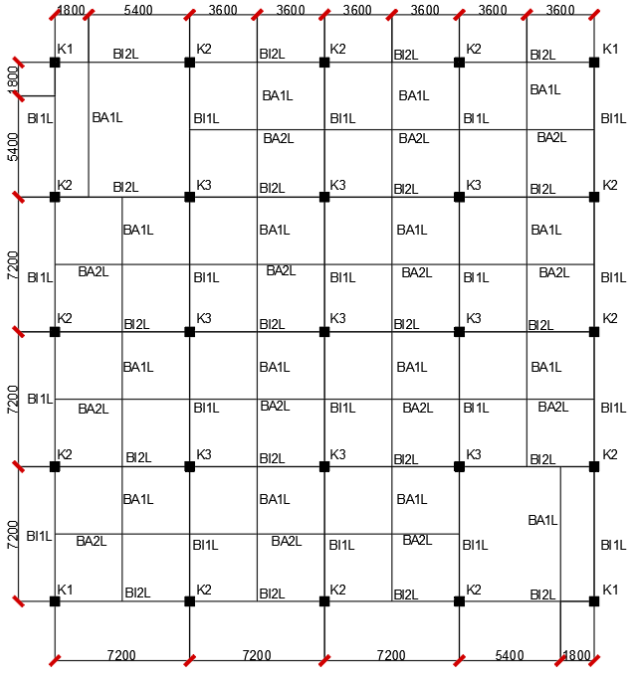
Tabel 4. 1 Data Perancangan Struktur Bangunan

No.	Uraian	Keterangan
1.	Fungsi bangunan	Gedung pertemuan (sebagai gedung fasilitas umum warga) dan Gedung Evakuasi (ketika terjadi bencana banjir bandang)
2.	Lokasi perancangan	Sukabumi
3.	Jumlah tingkat	5 tingkat
4.	Tinggi total bangunan	24 meter (Tinggi tingkat 1 adalah 8 meter, dan tinggi tingkat 2-5 yaitu 4 meter)
5.	Jenis Material Konstruksi	Beton Bertulang
6.	Mutu Beton (f'c)	30 Mpa
7.	Tegangan leleh baja (fy)	420 Mpa
8.	Berat volume beton	2400 kg/m^3

Berikut adalah rencana denah perancangan gedung shelter tsunami. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3



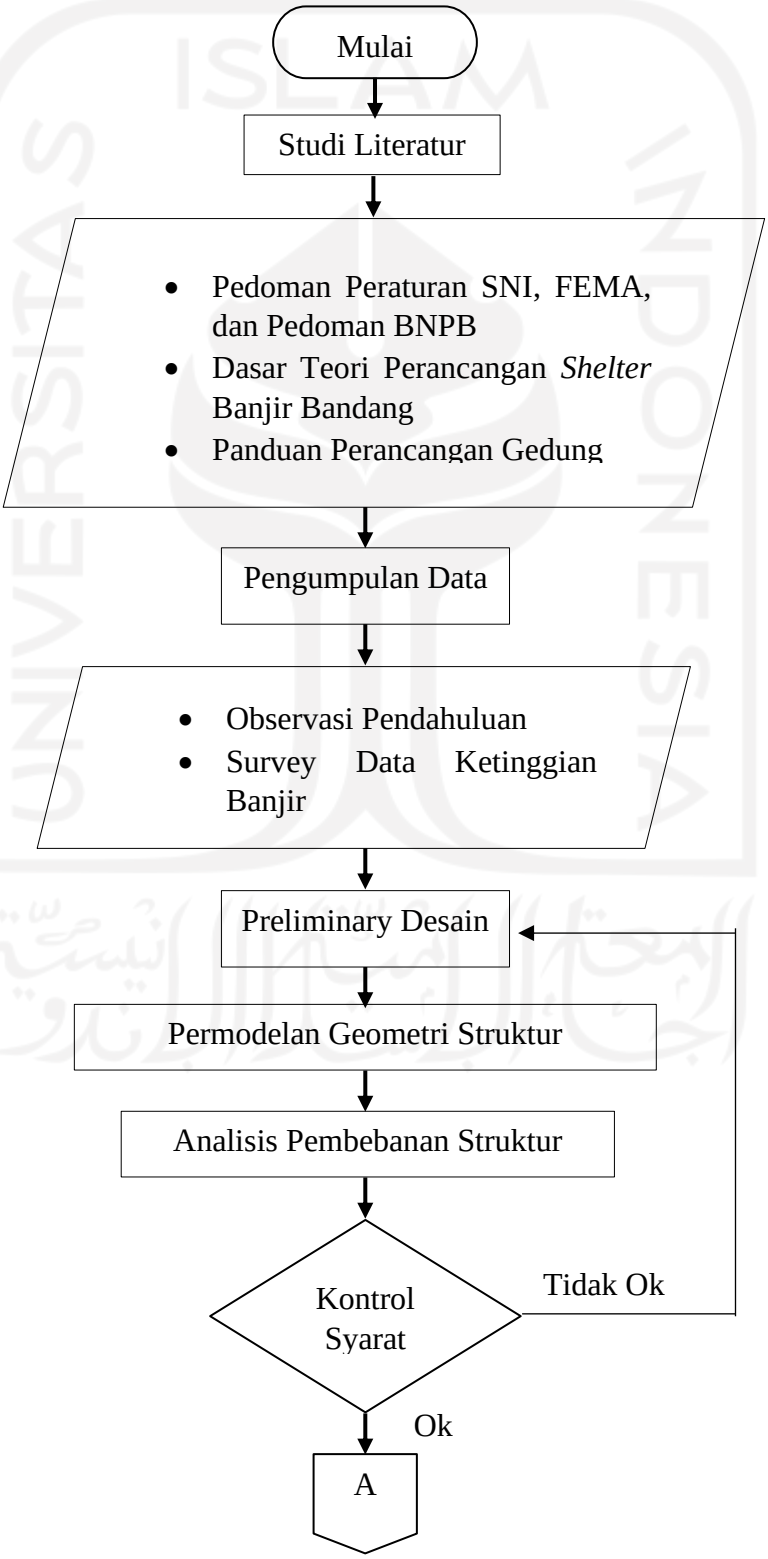
Gambar 4. 2 Denah Perancangan Lantai 5 (atap)



Gambar 4. 3 Denah Perancangan Lantai 1-4

4.3 Metode Perancangan

Metodologi perancangan merupakan urutan kerja suatu perhitungan perancangan untuk mendapatkan hasil perancangan gedung *shelter* ketika terjadi bencana banjir bandang. Adapun metode perancangan dalam tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir beriku





Gambar 4. 4 Bagan Alir Perancangan

Berdasarkan diagram alir tersebut dapat diuraikan metodologi perancangan Gedung *Shelter* Banjir Bandang sebagai berikut.

4.3.1 Studi Literatur

Dalam melakukan perancangan Gedung *Shelter* Banjir Bandang yang digunakan sebagai berikut.

1. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
2. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
3. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain.

4. Federal Emergency Management Agency (FEMA P646-508 Tahun 2019).
5. Pedoman Teknik Perancangan Struktur Banguna Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami (BPNB Tahun 2013).
6. PBI 1971 tentang Peraturan Beton Bertulang Indonesia.

4.3.2 Pengumpulan Data

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) ketinggian banjir yang terjadi adalah ± 5 meter dari muka tanah dan selanjutnya digunakan untuk menentukan ketinggian elevasi yang mengacu pada aturan FEMA P646-2019 sehingga direncanakan ketinggian elevasi lantai pertama bangunan yaitu 8 meter. Dan untuk lantai selanjutnya 4 meter.

4.3.3 Analisa Perancangan

1. Preliminari Desain

   Desain pendahuluan yang ditentukan dalam perencanaan gedung shelter banjir bandang adalah

   a. Penentuan Layout
   b. Penentuan Fungsi Bangunan

2. Perancangan Struktur Atas

   Pada perencanaan bangunan atas harus dilakukan perhitungan secara runtut, Berikut adalah urutan perhitungan struktur atas bangunan:

   a. Perencanaan Dimensi struktur
   b. Pembebanan Struktur bangunan
   c. Kontrol Desain
   d. Penulangan

3. Perancangan Bangunan Bawah

   Pada perencanaan bangunan bawah harus dilakukan perhitungan secara runtut, Berikut adalah urutan perhitungan struktur atas bangunan:

   a. Perencanaan Dimensi struktur
   b. Pembebanan Struktur bangunan
   c. Kontrol Desain
   d. Penulangan

4.3.4 Penggambaran

Pada tahap penggambaran ini akan dilengkapi dengan gambar sesuai perencanaan dan perhitungan diantaranya adalah:

1. Gambar denah dan layout
2. Gambar potongan
3. Gambar detail penulangan

4.3.5. Penyusunan Laporan

Dalam tugas akhir perancangan dan perhitungan struktur gedung *shelter* banjir bandang disusun dalam sebuah laporan yang kompleks dan sistematik.

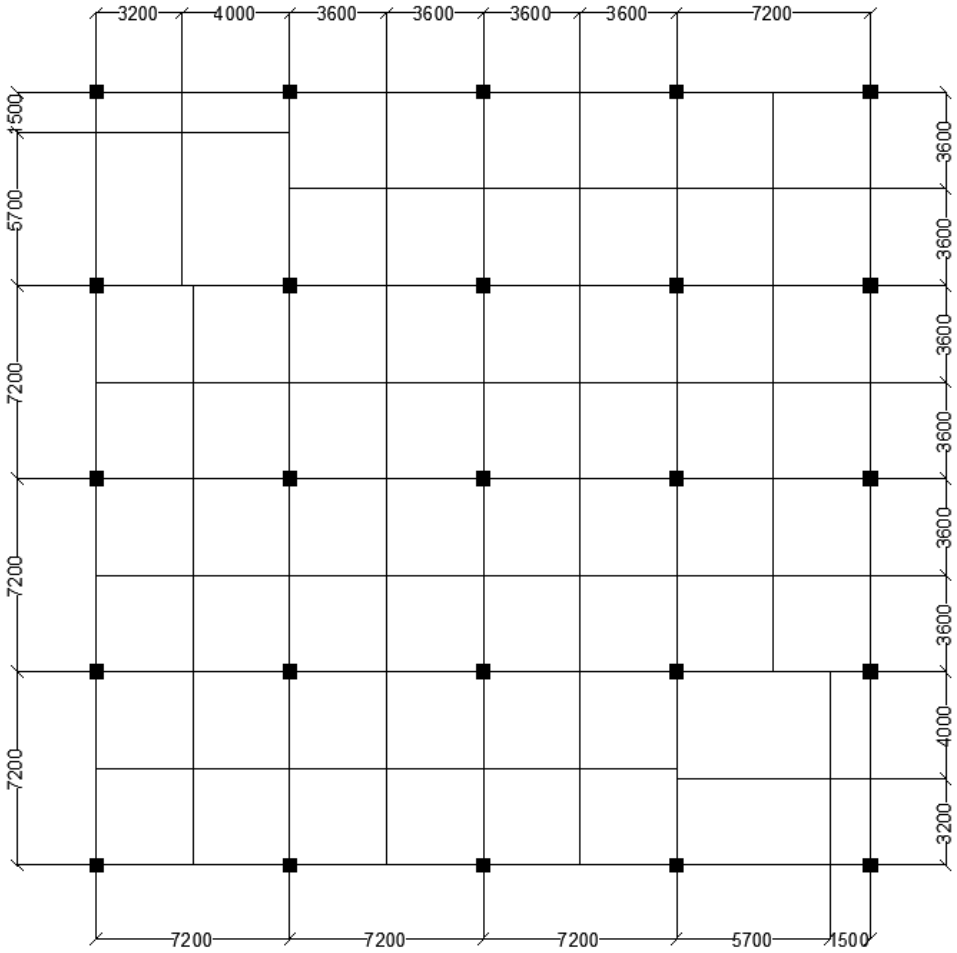
BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Awal Perencanaan

Adapun data awal perancangan struktur gedung shelter tsunami adalah sebagai berikut.

Fungsi bangunan : Gedung pertemuan
Tinggi bangunan : 24 meter
Panjang bangunan : 28,8 meter
Lebar bangunan : 28,8 meter
Jumlah lantai : 5 lantai
Mutu beton (f'c) : 30 MPa
Mutu Baja (fy) : 420 MPa dan 395 MPa

Bangunan dengan struktur beton bertulang dengan menganggap dinding dipasang hanya pada sisi luar bangunan dengan pasangan bata. Bangunan menggunakan lantai keramik, langit-langit ternit, serta dipakai *ducting* AC. Bangunan terletak di daerah Sukabumi dengan kondisi tanah lunak ketinggian antar lantai 8 meter pada lantai 1 dan ketinggian 4 meter pada lantai 2 sampai 5. Bangunan memiliki struktur utama Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK). Adapun denah bangunan dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5. 1 Denah Bangunan

5.2 Pembebanan

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur bangunan perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Setiap suatu struktur bangunan pasti akan berfungsi menahan beban (*load*) tertentu di samping harus menahan beratnya sendiri. Setiap elemen struktur mulai dari pelat lantai, balok, kolom, maupun pondasi dimaksudkan untuk menahan semua beban yang mungkin terjadi. Dengan demikian setiap elemen struktur tersebut akan mempunyai kekuatan (*resistence*) tertentu sesuai dengan beban yang harus disokong.

Berikut ini adalah beban yang diperhitungkan dalam perancangan struktur gedung. Besar nilai beban-beban tersebut sesuai dengan SNI 1727-2020.

1. Beban Mati (QD)

   Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya. Berikut merupakan beban mati dari berat sendiri material atau bahan bangunan dan komponen struktur sesuai dengan SNI 1727-2020.

Tabel 5. 1 Pembebanan Oleh Pelat Lantai

Jenis Beban	Berat Volume (kg/m^3)	Tebal (m)	Berat (kN/m^2)
Pelat Beton	2400	0,15	3,53
Keramik spesi			1,1
Ducting Mekanikal			0,19
Penggantung			0,1
Plafon			0,05
Spesi	20,4	0,03	0,6
Pasir	16,7	0,03	0,49
Total			6,06

Tabel 5. 2 Pembebanan Oleh Pelat Atap

Jenis Beban	Berat Volume (kg/m^3)	Tebal (m)	Berat kN/m^2)
Pelat Beton	2400	0,15	3,53
Lapisan *Waterproofing*			0,05
Ducting Mekanikal			0,19
Penggantung			0,1
Plafon			0,05
Spesi	20,4	0,03	0,6
Pasir	16,7	0,03	0,49
Total			5,01

Tabel 5. 3 Pembebanan Oleh Dinding

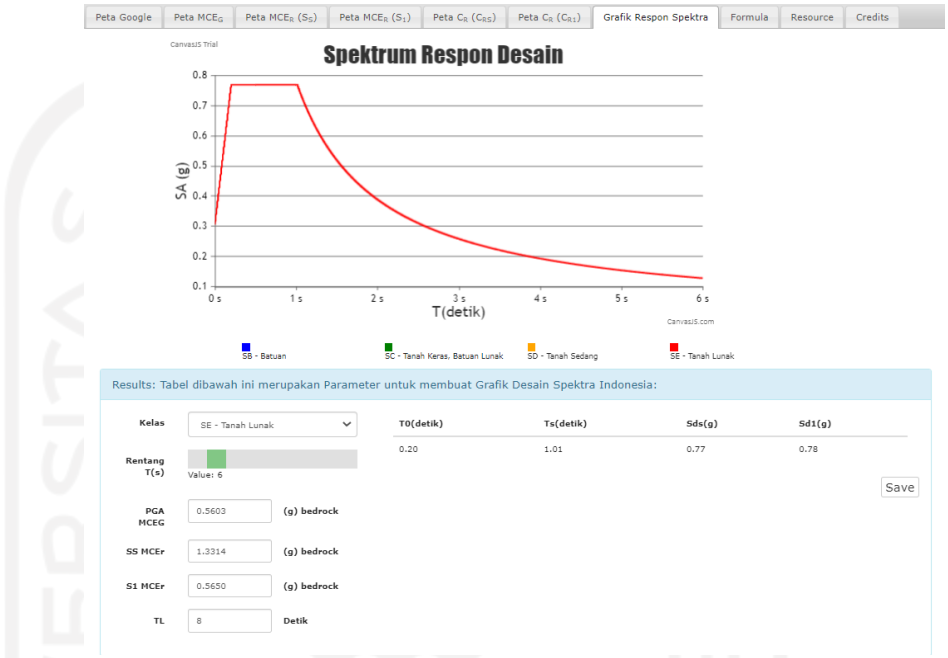
Jenis Beban	Berat Volume (kg/m^3)	Tebal (m)	Berat kN/m^2)
Bata (102 mm), tinggi 4 meter.			7,48
Spesi	20,4	0,06	1,2
Total			8,68

2. Beban Hidup (QL)

Beban hidup adalah semua beban tidak tetap, kecuali beban angin, beban gempa, dan pengaruh-pengaruh khusus yang diakibatkan oleh selisih suhu, pemasangan (*erection*), penurunan pondasi, susut, dan pengaruh-pengaruh lainnya. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan perhitungan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Beban hidup untuk lantai diambil berdasarkan fungsional bangunan sesuai dengan SNI 1727-2020. Untuk fungsi bangunan sebagai gedung pertemuan, digunakan beban hidup (QL) sebesar 4,79 kN/m^2 berlaku pada ruangan (kursi yang dapat dipindahkan dan juga panggung pertemuan, Serta menurut SNI 1727-2020 beban hidup untuk struktur atap adalah sebesar 0,96 kN/m^2 serta adanya penambahan untuk beban helipad sebesar 1,92 kN/m^2.

3. Beban gempa

Berdasarkan http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/ berikut adalah klasifikasi beban gempa pada wilayah Sukabumi dengan kondisi tanah lunak dan grafik respon spektrum beserta data gempa dan grafik respon spektrum.



Gambar 5. 2 Data Gempa daerah Sukabumi dan Grafik Respon Spektrum

Selanjutnya setelah mendapatkan data-data diatas, maka dapat dihitung beban gempa dari portal-portal dalam suatu bangunan melalui perhitungan berikut ini.

a. Kategori risiko bangunan = IV
b. Ie = 1,5
c. KDS = E
d. R = 8
e. Cd = 5,5
f. Ω = 3
g. T = Ct x Hn^x
   = 0,488 x $24^{0,9}$
   = 0,814 detik
h. Ta max = Cu x Ta

= 1,4 x 0,814

= 1,139 detik

i. T sap kondisi retak = 1,654 detik (di ganti yang tidak retak)

j. Cs1 $= \frac{SDsr}{\frac{R}{Ie}}$

$= \frac{0,77}{\frac{8}{1,5}}$

= 0,144 g

k. Cs *max* $= \frac{SD1r}{T\ x \frac{R}{Ie}}$

$= \frac{0,78}{1,654\ x \frac{8}{1,5}}$

= 0,088 g

l. Cs min = 0,444 x SDsr x Ie

= 0,444 x 0,77 x 1,5

= 0,050 g

m. Cs pakai = 0,088

n. Nilai V = Cs pakai x Berat Bangunan Total

= 0,088 x 58639,39 kN

= 5185,013 kN

4. Beban Banjir Bandang

Dalam menentukan besaran gaya banjir bandang menggunakan pendekatan perhitungan beban tsunami. Terkait analisis pembebanan gaya dalam tsunami berdasarkan FEMA P646-2019 dan BNPB: PEDOMAN TEKNIK PERANCANGAN STRUKTUR BANGUNAN TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA (TES) TSUNAMI gaya dalam tsunami diklasifikasikan diantaranya gaya hidrostatis, gaya apung, gaya hidrodinamik, gaya impulsif, gaya benturan dan efek pembendungan dari puing terbawa air. Berikut adalah perhitungan dari masing-masing gaya yang terjadi.

Informasi bangunan dan genangan tsunami:

Percepatan gravitasi (g) : 9,81 m/s^2

Massa jenis air + sedimen (ρs) : 1100 kg/m^3

Lebar struktur : 28,8 m

Lebar elemen kolom terbesar (B kolom)	: 0,9 m
Jumlah kolom arah planar (n)	: 5 kolom
Tinggi balok (H balok)	: 0,85 m
Koefisien *drag* (Cd)	: 2
Elevasi maksimum genangan (R*)	: 5 m (asumsi didasarkan atas BPBD)
Elevasi bangunan terhadap muka air (z)	: 1 m (asumsi)
Tinggi bangunan tanpa faktor aman (R*-z)	: Elevasi maksimum genangan – Elevasi bangunan terhadap muka air : 5 - 1 : 4 m
Elevasi maksimum dikali faktor aman (R)	: 1,3 x Tinggi bangunan tanpa faktor aman : 1,3 x 4 : 6,5 m
Tinggi genangan rencana	: Elevasi maksimum dikali faktor aman - Elevasi bangunan terhadap muka air : 6,5 – 1 : 5,5 m

a. Gaya hidrostatis

Berdasarkan pedoman BNPB bangunan TES tsunami yang dirancang merupakan bangunan dengan sistem portal dimana elemen strukturnya hanya balok, kolom, dan pelat. Gaya hidrostatik tidak perlu diperhitungkan pada komponen struktur atau luasan yang relatif kecil seperti balok dan kolom. Gaya hidrostatik diperhitungkan untuk struktur yang panjang seperti *seawall* dan bendungan. Sehingga gaya hidrostatis tidak diperhitungkan.

b. Gaya apung

Berdasarkan pedoman BNPB karena tidak ada lantai yang terendam air sehingga tidak diperhitungkan.

c. Gaya hidrodinamik (Fd')

$(hu^2)\ max$ = g x R^2 x $(0{,}125 - 0{,}235\ \frac{z}{R} + 0{,}11\ (\frac{z}{R})^2)$

= 9,81 x $6{,}5^2$ x $(0{,}125 - 0{,}235\ \frac{1}{6{,}5} + 0{,}11\ (\frac{1}{6{,}5})^2)$

= 37,903 m^3/s^2

Fd = 0,5 x ρs x Cd x B kolom x $(hu^2)\ max$

= 0,5 x 1100 x 2 x 0,9 x 37,903

= 37524,536 N

= 37,524 kN

Fd' = $\frac{Fd}{R-z}$

= $\frac{37{,}524}{6{,}5-1}$

= 6,822 kN/m

d. Gaya impulsif (Fs')

Fs = 1,5 x Fd

= 1,5 x 37,524

= 56,286 kN

Fs' = $\frac{Fs}{R-z}$

= $\frac{56{,}286}{6{,}5-1}$

= 10,233 kN/m

e. Gaya benturan benda menumbuk (FI)

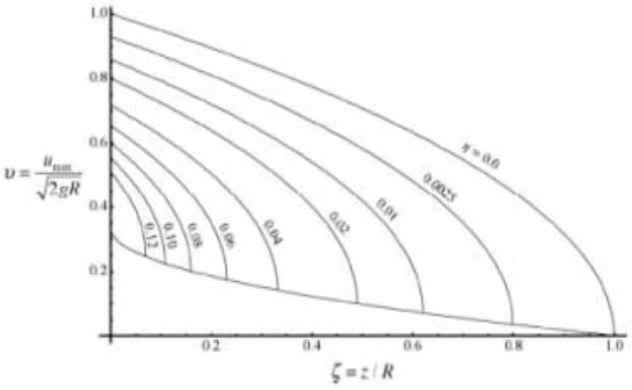
Berikut ini adalah data benda yang diperkirakan menumbuk struktur bangunan TES tsunami. Adapun data benda tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 5. 4 Data Benda yang Diperkirakan Menumbuk Struktur Bangunan TES Tsunami

	Variabel	Besar	
Kayu Gelondong	Panjang	8,53	m
	Diameter	0,35	m
	Massa	450	kg
	Kekakuan	$2{,}4\times10^{6}$	N/m
	Koefisien massa hidrodinamik	0	
Kontainer 40-ft terorientasi longitudinal	Panjang	12,2	m
	Lebar	2,44	m
	Tinggi	2,59	m
	Massa (Kosong)	3800	kg
	Kekakuan	60×10^{6}	N/m
	Koefisien massa hidrodinamik	0,20	
Kontainer 40-ft terorientasi transversal	Panjang	12,2	m
	Lebar	2,44	m
	Tinggi	2,59	m
	Massa (Kosong)	3800	kg
	Kekakuan	40×10^{6}	N/m
	Koefisien massa hidrodinamik	1,00	

(sumber: Pedoman BNPB:Badan Nasional Penanggulangan Bencana)

Pada perhitungan ini beban yang diperhitungkan hanya beban kayu gelondong dikarenakan lokasi perancangan bukan pada area perkotaan, Selanjutnya dilakukan estimasi besarnya kecepatan maksimum aliran dengan menggunakan diagram berikut ini. Adapun gambar diagram dapat dilihat pada Gambar 5.3 Berikut ini.



Gambar 5. 3 Diagram Kecepatan Alir Maksimum

Berikut adalah perhitungan untuk menentukan kecapatan alir air maksimum.

$\zeta = \frac{z}{R}$

$= \frac{1}{6,5}$

$= 0,15$

Nilai *draft* kayu (d) $= \frac{W}{\rho s \text{ x } g \text{ x } Af}$

$= \frac{450}{1100 \text{ x } 9,81 \text{ x } (3,14 \text{ x } 0,25 \text{ x } 0,35^2)}$

$= 0,4m$

Batas atas kurva $= \frac{d}{R}$

$= \frac{0,4}{6,5}$

$= 0,06$

Maka dengan menggunakan kurva batas dari Gambar 5.3 dapat ditentukan nilai v sebesar 0,5 sehingga nilai U *max* dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\frac{\text{U } max}{\sqrt{2\ g\ R}} = v$$

$$\frac{\text{U } max}{\sqrt{2\ g\ R}} = 0,5$$

U *max* $= 0,5 \text{ x } \sqrt{2\ g\ R}$

$= 0,5 \text{ x } \sqrt{2 \text{ x } 9,81 \text{ x } 6,5}$

$= 5,646$ m/s

Maka, gaya benturan yang dihasilkan berdasarkan kecepatan maksimum diatas sebesar

FI $= 1,3 \text{ U } max \sqrt{k\ md\ (1 + c)}$

$= 1,3\ (5,646) \sqrt{2,4\ x\ 10^6 \text{ x } 450 \text{ x } (1 + c)}$

$= 241230,054$ N

$= 241,230$ kN

f. Perhitungan efek pembedungan dari puing terbawa air (Fdm')

Fdm' = 0,5 x ρs x Cd x Bd x $(hu^2)max$

= 0,5 x 1100 x 2 x 12 x $(37{,}903^2)max$

= 500324,715 N

Fdm' tiap kolom = $\frac{Fdm}{\text{total kolom 1 sisi}}$

= $\frac{500324{,}715}{5}$

= 100,064 kN/m

= 10,006 kN/m

Adapun Rekapitulasi gaya-gaya dalam terjadi pada akibat beban banjir bandang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Gaya Dalam Beban Banjir Bandang

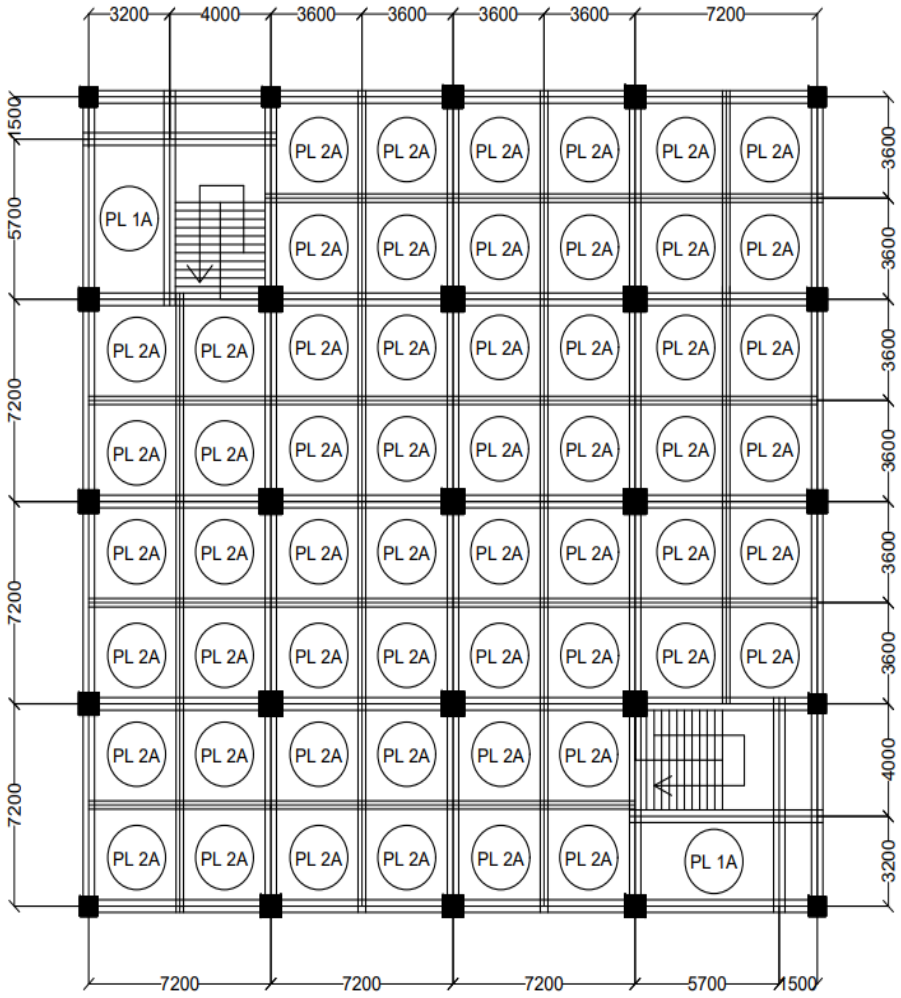
No	Jenis gaya dalam	Nilai	Satuan
1	Gaya hidrodinamik (fd')	6,822	kN/m
2	Gaya impulsif (fs')	10,233	kN/m
3	Gaya benturan benda menumbuk (FI)	241,230	kN
4	Efek pembendungan dari puing terbawa air (Fdm')	10,006	kN/m

5.3 Kodefikasi

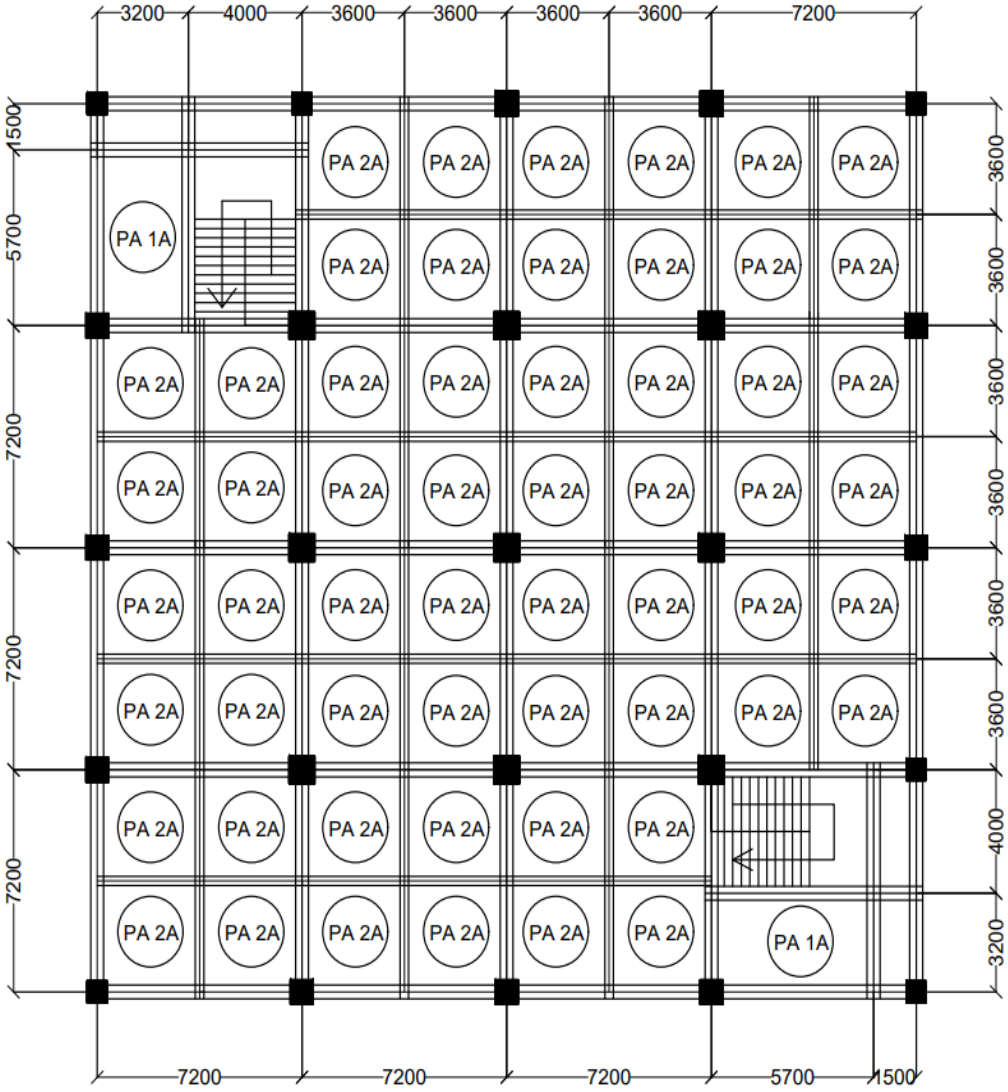
Kodefikasi merupakan penamaan yang berfungsi untuk memudahkan pembacaan suatu gambar. Dimana semakin kompleks suatu bangunan tentunya memiliki elemen struktur yang semakin beragam. Sehingga kodefikasi sangat membantu dalam membedakan elemen-elemen struktur yang ada. Selain itu kodefikasi juga akan memberikan hasil rancangan yang semakin efisien karena rancangan akan meninjau berdasarkan kodefikasi yang ada.

5.3.1 Kodefikasi Pelat

Kodefikasi pada struktur pelat dibedakan menjadi pelat lantai dan pelat atap. Selain itu pelat juga dibedakan berdasarkan jenisnya yaitu, pelat satu arah dan pelat dua arah. Adapun kodefikasi pelat dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. 4 Kodefikasi Pelat Lantai



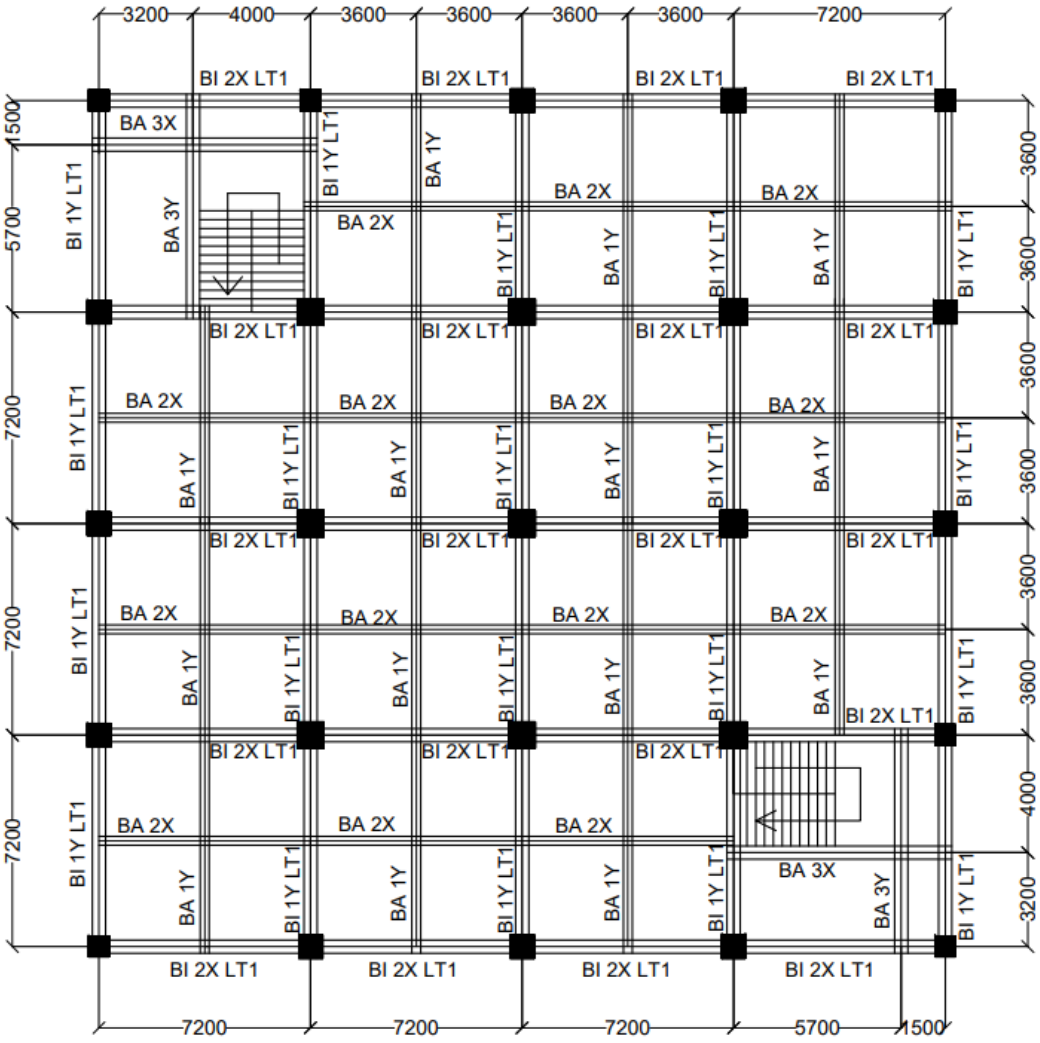
Gambar 5. 5 Kodefikasi Pelat Atap

Dari Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 diperoleh keterangan kodefikasi sebagai berikut.

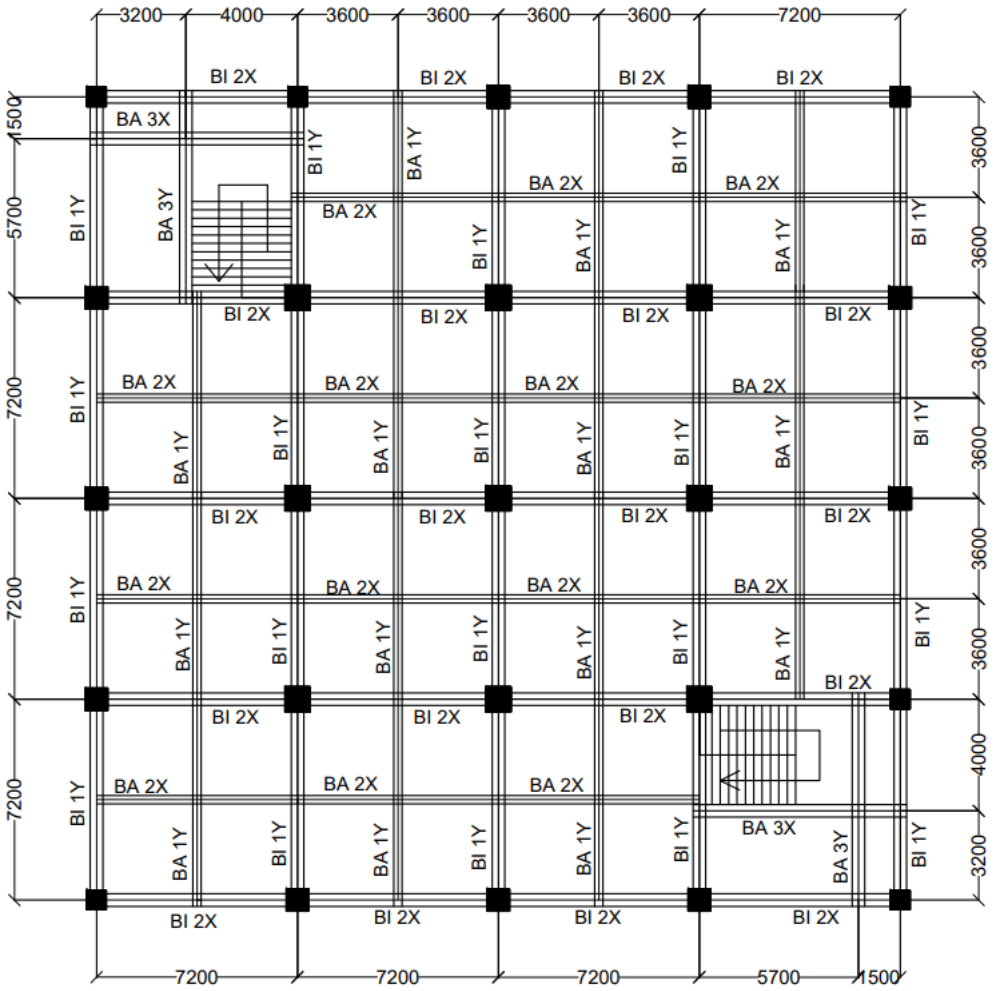
1. PL 1A : Pelat lantai satu arah – A
2. PL 2A : Pelat lantai dua arah – A
3. PA 1A : Pelat atap satu arah – A
4. PA 2A : Pelat atap dua arah – A

5.3.2 Kodefikasi Balok

Kodefikasi balok pada umumnya dibedakan berdasarkan tipe balok anak dan balok induk. Balok pada lantai merupakan elemen struktur pemikul momen yang berfungsi mentrasnfer beban dari pelat lantai ke kolom. Kodefikasi balok dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 dibawah ini.



Gambar 5. 6 Kodefikasi Balok Lantai 1



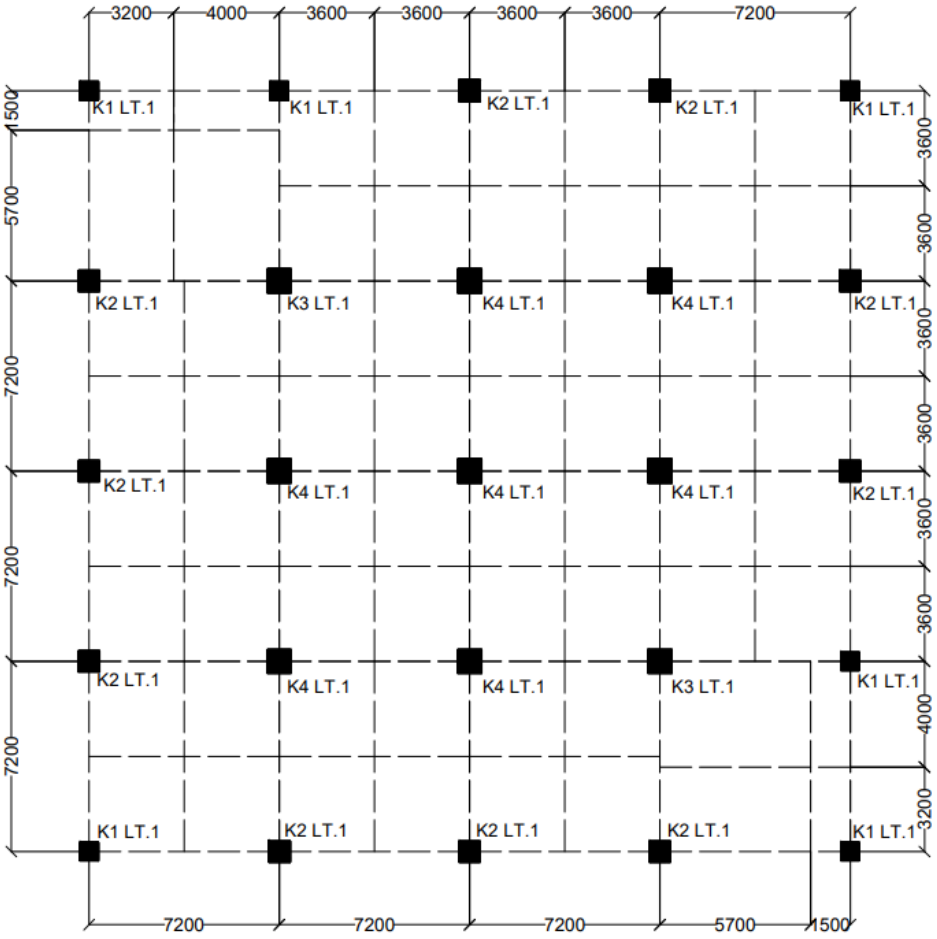
Gambar 5. 7 Kodefikasi Balok Lantai 2-5

Dari Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 diperoleh keterangan kodefikasi sebagai berikut.

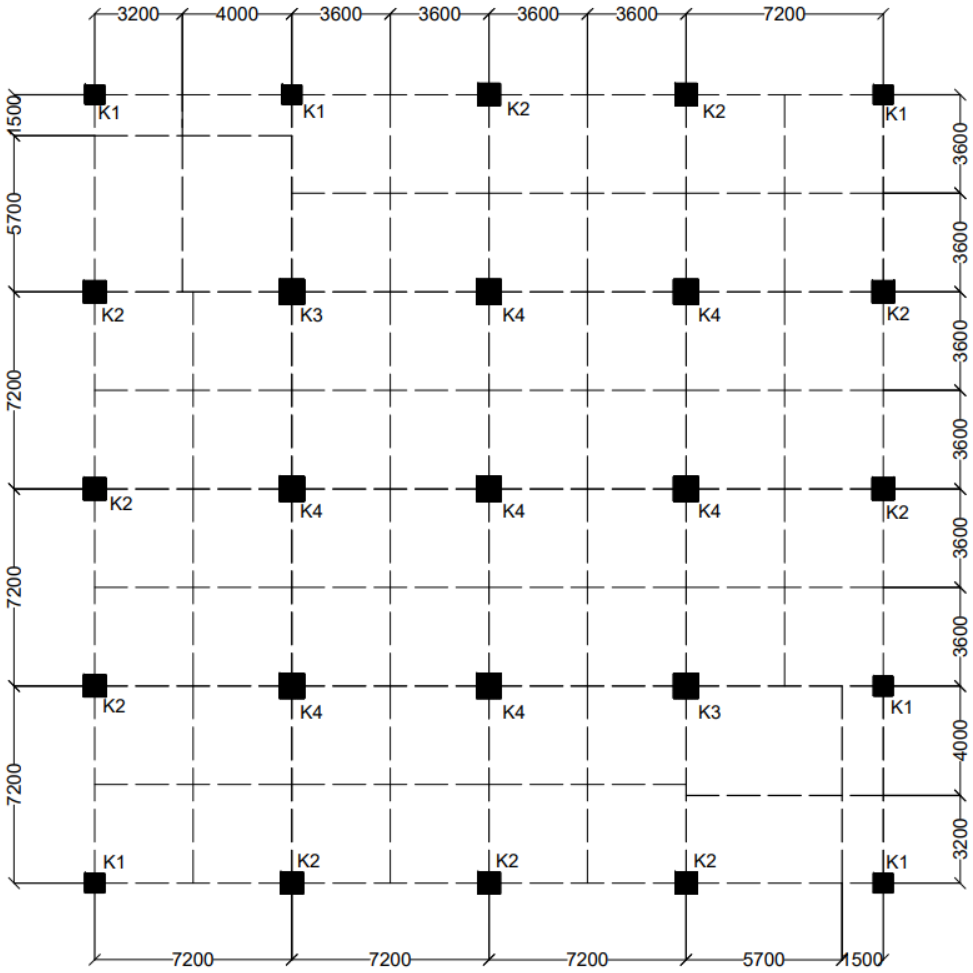
1. BI 1Y LT1 : Balok Induk Satu, Arah Y Lantai 1
2. BI 2X LT1 : Balok Induk Dua, Arah X Lantai 1
3. BI 1Y : Balok Induk Satu, Arah Y
4. BI 2X : Balok Induk Dua, Arah X
5. BA 1Y : Balok Anak Satu, Arah Y
6. BA 2X : Balok Anak Dua, Arah X
7. BA 3X : Balok Anak Tiga, Arah X
8. BA 3Y : Balok Anak Tiga, Arah Y

5.3.3 Kodefikasi Kolom

Kolom merupakan elemen struktur pemikul momen yang berfungsi mentransfer beban dari balok ke pondasi. Kolom umumnya dibedakan menjadi kolom external dan kolom internal. Namun pada perancangan kali ini kolom dibedakan berdasarkan beban yang ditopang. Adapun kodefikasi kolom dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 5. 8 Kodefikasi Kolom Lantai 1



Gambar 5. 9 Kodefikasi Kolom Lantai 2-5

Dari Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 diperoleh keterangan kodefikasi sebagai berikut.

1. K1 LT.1 : Kolom 1 Lantai 1
2. K2 LT.1 : Kolom 2 Lantai 1
3. K3 LT.1 : Kolom 3 Lntai 1
4. K4 LT.1 : Kolom 4 Lantai 1
5. K1 : Kolom 1
6. K2 : Kolom 2
7. K3 : Kolom 3
8. K4 : Kolom 4

5.4 Estimasi Dimensi Struktur

Dalam perancangan struktur terdapat perhitungan-perhitungan yang harus diperhatikan, salah satunya adalah dimensi elemen struktur. Berikut ini akan dibahas perhitungan-perhitungan untuk mendapatkan dimensi sesuai dengan aturan yang berlaku

5.4.1 Estimasi Dimensi Pelat

Berdasarkan Gambar 5.2 dan Gambar 5.3 pelat dibedakan menjadi pelat lantai dan pelat atap. Selain itu pelat dibedakan menjadi pelat satu arah dan pelat dua arah. Adapun perhitungan estimasi pelat adalah sebagai berikut.

1. Pelat Lantai Satu Arah

Penentuan jenis pelat dapat dilakukan dengan dengan rumus $\frac{Ly}{Lx}$, dimana Ly merupakan bentang Panjang dan Lx merupakan bentang pendek.

$$\frac{\text{Ly}}{\text{Lx}} = \frac{7200}{3200}$$

$$= 2{,}25$$

Dari perhitungan tersebut didapat nilai perbandingan antara bentang panjang dan pendeknya sebesar 2,25 dimana nilai tersebut > 2 , sehingga PL1A merupakan tipe pelat satu arah.

Selanjutnya perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{H min} = \frac{Lx}{20}$$

$$= \frac{3200}{20}$$

$$= 160 \text{ mm.}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai H min sebesar 160 mm. Tebal pelat yang dipakai (h pakai) sesuai dengan ketentuan SNI 2847 – 2019. Maka h pakai adalah sebesar 160 mm.

2. Pelat Lantai Dua Arah -A (PL2A)

Penentuan jenis pelat dapat dilakukan dengan dengan rumus $\frac{Ly}{Lx}$, dimana Ly merupakan bentang Panjang dan Lx merupakan bentang pendek.

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{3600}{3600}$$

$= 1$

Dari perhitungan tersebut didapat nilai perbandingan antara bentang panjang dan pendeknya sebesar 1 dimana nilai tersebut < 2 , sehingga PL2A merupakan tipe pelat dua arah.

Selanjutnya perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Lny = Ly – ($\frac{1}{2}$ x Lebar balok tumpuan kanan) – ($\frac{1}{2}$ x lebar balok tumpuan kiri)

= 3600 – ($\frac{1}{2}$ x lebar BI 2X) – ($\frac{1}{2}$ x lebar BA 2X)

= 3600 – ($\frac{1}{2}$ x 400) – ($\frac{1}{2}$ x 300)

= 3250 mm

Lnx = Lx – ($\frac{1}{2}$ x Lebar balok tumpuan kanan) – ($\frac{1}{2}$ x lebar balok tumpuan kiri)

= 3600 – ($\frac{1}{2}$ x lebar BI 1Y) – ($\frac{1}{2}$ x lebar BA 1Y)

= 3600 – ($\frac{1}{2}$ x 400) – ($\frac{1}{2}$ x 300)

=3250 mm

$\beta = \frac{Lny}{Lnx}$

$= \frac{3250}{3250}$

$= 1$

Dari perhitungan diatas diperoleh rasio dimensi bentang bersih (β) untuk PL 2A adalah 1.

Langkah selanjutnya ialah menentukan nilai kekakuan (αm) yang dapat perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Xm1= $\frac{Eb1\ x\ Ib1}{Ep1\ x\ Ip1} = \frac{\frac{1}{12} x\ 300\ x\ 600\text{^}3}{\frac{1}{12} x\ 3600\ x\ 125\ \text{^}3} = 9{,}216$

Xm2 = $\frac{Eb1\ x\ Ib1}{Ep1\ x\ Ip1} = \frac{\frac{1}{12} x\ 400\ x\ 850\text{^}3}{\frac{1}{12} * 3600 * 125\ \text{^}3} = 34{,}936$

Xm3 = $\frac{Eb1\ x\ Ib1}{Ep1\ x\ Ip1} = \frac{\frac{1}{12} x\ 300\ x\ 600\text{^}3}{\frac{1}{12} x\ 3600\ x\ 125\ \text{^}3} = 9{,}216$

$$Xm4 = \frac{Eb2x\ Ib2}{Ep2\ x\ Ip2} = \frac{\frac{1}{12} x\ 300\ x\ 600\text{^}3}{\frac{1}{12} x\ 3600\ x\ 125\ \text{^}3} = 34{,}936$$

$$\alpha m \text{ rerata} = \frac{Xm1+Xm2+Xm3+Xm4}{4}$$

$$= \frac{9{,}216+34{,}936+9{,}216+34{,}936}{4}$$

$$= 22{,}076$$

Karena nilai αm rerata sebesar 22,076 dan nilai tersebut lebih besar dari 2 maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut

$$\text{H min} = \text{Lny x } \left(\frac{0{,}8+\frac{Fy}{1400}}{36+(9 \text{ x } \beta)}\right)$$

$$= \text{Lny x } \left(\frac{0{,}8+\frac{395}{1400}}{36+(9 \text{ x } 1)}\right)$$

$$= 78{,}154 \text{ mm.}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai H min sebesar 78,154 mm. Tebal pelat yang dipakai (h pakai) sesuai dengan ketentuan. Maka h pakai adalah sebesar 150 mm. Adapun rekapitulasi estimasi dimensi pelat dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Estimasi Dimensi Pelat

No	Kode	Tipe Pelat	H min	Hpakai
			mm	mm
1	PL 1A	Pelat Satu Arah	160	160
2	PL 2A	Pelat Dua Arah	78,154	150
3	PA 1A	Pelat Satu Arah	160	160
4	PA 2A	Pelat Dua Arah	78,154	150

5.4.2 Estimasi Dimensi Balok

Berdasarkan Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 balok dibedakan menjadi balok induk dan balok anak. Adapun dalam menentukan dimensi balok dipengaruhi oleh panjang bentang balok tersebut. Untuk menentukan dimensi balok pada lantai terdapat persamaan sebagai berikut.

h $= \frac{1}{16}$ x L

b $= \frac{1}{2}$ h

Dimana:

h = tinggi balok (mm)

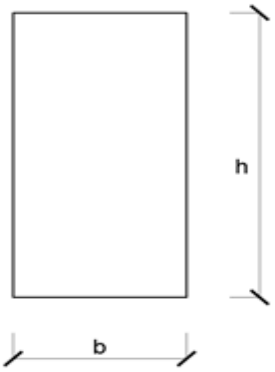
L = panjang bentang balok (mm)

b = lebar balok (mm)

Maka contoh perhitungan dimensi balok pada lantai adalah sebagai berikut.

1. Balok Induk Satu Arah X (BI 2X Lantai 1)

   Berdasarkan Gambar 5.4 diketahui panjang (L) BI 2X Lantai 1 sebesar 7200 mm. Sketsa dimensi BI 2X dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Dimensi Balok Induk Satu Arah X (BI 2X)

Maka perhitungan dimensi perlu BI 2X menjadi sebagai berikut.

h $= \frac{1}{16}$x L

$= \frac{1}{16}$ x 7200

h = 450 mm

b = ½ h

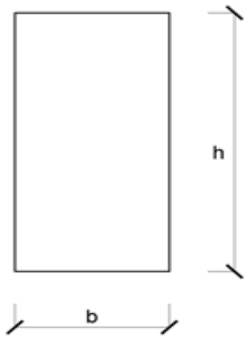
= ½ x 450

b = 250 mm

Dari perhitungan di atas, diperoleh dimensi pakai BI 2X yaitu dengan tinggi (h) pakai sebesar 850 mm dan lebar (b) pakai sebesar 450 mm.

2. Balok Anak Dua Arah X (BA 2X)

   Berdasarkan Gambar 5.8 diketahui panjang (L) BA 2X sebesar 7200 mm. Sketsa dimensi BA 2X dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5. 11 Dimensi Balok Anak Dua Arah X (BA 2X)

Maka perhitungan dimensi perlu BA 2X menjadi sebagai berikut.

h = $\frac{1}{16}$x L

= $\frac{1}{16}$ x 7200

h = 450 mm

b = ½ h

= ½ x 450

b = 250 mm

Dari perhitungan di atas, diperoleh dimensi pakai BA 2X yaitu dengan tinggi (h) pakai sebesar 600 mm dan lebar (b) pakai sebesar 300 mm. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan estimasi dimensi balok pada lantai dan balok pada atap dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Estimasi Dimensi Balok

No	Kode	L	H	B	H pakai	B pakai
		mm	mm	mm	mm	mm
1	BI 1Y Lt.1	7200	450	250	850	450
2	BI 2X Lt.1	7200	450	250	850	450
3	BI 1Y	7200	450	250	750	400
4	BI 2X	7200	450	250	750	400
5	BA 1Y	7200	450	250	600	300
6	BA 2X	7200	450	250	600	300
7	BA 3X	7200	450	250	600	300
8	BA 3Y	7200	450	250	600	300

5.4.3 Estimasi Dimensi Kolom

Dalam merencanakan dimensi kolom dipengaruhi luas pada plat yang disokong, serta beban ultimate Qu oleh plat. Berikut ini akan dibahas perhitungan-perhitungan untuk mendapatkan dimensi sesuai dengan faktor yang mempengaruhi. Berdasarkan Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 kolom dibedakan menjadi kolom 1 sampai kolom 4

Adapun dalam menentukan dimensi kolom dipengaruhi oleh luas pada plat yang disokong, serta beban ultimate QU oleh plat kolom tersebut. Untuk menentukan dimensi kolom pada bangunan bertingkat terdapat persamaan sebagai berikut.

P = Pl + Pd

Pu Maks = Qu x Total Lantai Tingkat Bangunan

Ag Perlu = Pu / 1/3 x f'c

B = H Perlu = $\sqrt{Ag\ perlu}$

Dimana :

P = Tekanan Ultimate (kN)

Pu Maks = Tekanan Maksimum (kN)

Ag Perlu = Luasan Gross (mm)

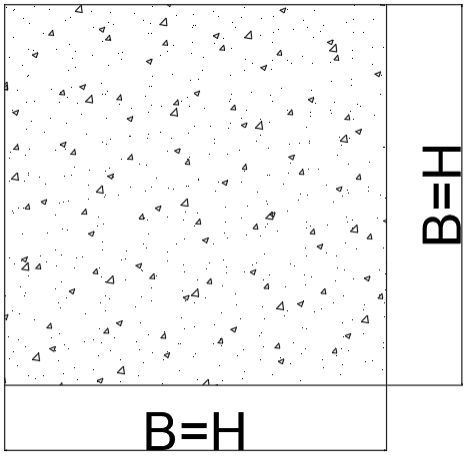
B = Lebar perlu (mm)

H = Tinggi perlu (mm)

Maka contoh perhitungan dimensi kolom pada lantai adalah sebagai berikut.

1. Kolom- 1 (K1)

   Berdasarkan Gambar 5.6 diketahui letak dimensi Kolom- A (KA) dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5. 12 Estimasi Dimensi Kolom

Adapun perhitungan untuk Kolom-1 (K1) sebagai berikut.

P lantai = P lantai total

= 61,02 + 18,30 + 54,92 + 74,99

= 209,25 kN

P Atap = P atap total

= 61,02 + 18,30 + 54,92

= 134,25 kN

Pu lantai = P x Total Lantai Tingkat Bangunan

= 209,25 x 4

= 837,01 kN

Pu Atap = P x Total Lantai Tingkat Bangunan

= 134,25 x 1

= 134,2 kN

Pu Maks = Pu lantai + Pu atap

= 837,01 +134,2

= 971,26 kN

Ag perlu = Pu /1/3 x f'c

= 971,26 x1000 / 1/3 x 30

= 0,09 m^2

B=H Perlu = $\sqrt{Ag\ perlu}$

= $\sqrt{0{,}09}$

= 0,31 m

B = H Pakai = 600 mm

Cek penampang terhdap lebar balok maksimum, dimana B balok maks = 400 mm

B maks + 2 x 50 mm < B = H Kolom

400 + 2 x 50 mm < B = H Kolom

550 mm < 600 mm (Aman)

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan estimasi dimensi balok pada lantai dan balok pada atap dapt dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Estimasi Dimensi Kolom

No	Kode	H pakai	B pakai
		mm	mm
1.	Kolom 1 lt.1	700	700
2.	Kolom 2 lt 1	800	800
3.	Kolom 3 lt 1	900	900
4.	Kolom 4 lt 1	900	900
5.	Kolom 1	600	600
6.	Kolom 2	600	600
7.	Kolom 3	700	700
8.	Kolom 4	700	700

5.5 Kombinasi Pembebanan

Dalam melakukan kombinasi pembebanan yang harus dilakukan sebagai betikut.

1. Hitung kombinasi pembebanan

Adapun kombinasi pembebanan dalam SAP 2000, ada 21 beban kombinasi yang dimasukkan berdasarkan SNI yaitu :

a. Comb 1 = 1,4 D
b. Comb 2 = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr
c. Comb 3 = 1,2 D + 1 L + 1,6 Lr
d. Comb 6.1 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_1 + L
e. Comb 6.2 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_2 + L
f. Comb 6.3 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_3 + L
g. Comb 6.4 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_4 + L
h. Comb 6.5 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_5 + L
i. Comb 6.6 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_6 + L
j. Comb 6.7 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_7 + L
k. Comb 6.8 = (1,2 + 0,2 Sds) D + 1ρE_8 + L
l. Comb 7.1 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_1
m. Comb 7.2 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_2
n. Comb 7.3 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_3
o. Comb 7.4 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_4
p. Comb 7.5 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_5
q. Comb 7.6 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_6
r. Comb 7.7 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_7
s. Comb 7.8 = (0,9 + 0,2 Sds) D + 1ρE_8
t. Comb 8 = 1,2 D + 1,0 Ts + 1,0 Lref + 0,25 L
u. Comb 9 = 0,9 D + 1,0 Ts

Untuk mempermudah memasukan kedalam SAP 2000, maka dilakukan perhitungan terlebih dahulu sesuai Sds pada kombinasi 6 dan kombinasi 7. Nilai

Sds diambil dari perhitungan respon spektrum sebesar 0,78 sedangkan berdasarkan SNI nilai ρ = 1

Tabel 5. 9 Kombinasi Pembebanan Comb 6

Comb	Nilai Dasar						
	D	0,2Sds D	D total	Adead	Ex	Ey	L
6.1	1,2	0,156	1,356	1,356	0,3	1	1
6.2	1,2	0,156	1,356	1,356	0,3	-1	1
6.3	1,2	0,156	1,356	1,356	-0,3	1	1
6.4	1,2	0,156	1,356	1,356	-0,3	-1	1
6.5	1,2	0,156	1,356	1,356	1	0,3	1
6.6	1,2	0,156	1,356	1,356	-1	0,3	1
6.7	1,2	0,156	1,356	1,356	1	-0,3	1
6.8	1,2	0,156	1,356	1,356	-1	-0,3	1

Tabel 5. 10 Kombinasi Pembebanan Comb 7

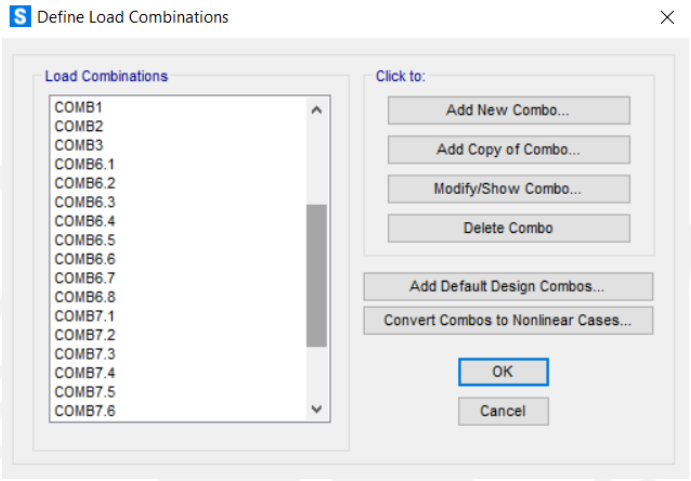
Comb	Nilai Dasar					
	D	0,2Sds D	D total	Adead	Ex	Ey
7.1	0,9	0,156	0,744	0,744	0,3	1
7.2	0,9	0,156	0,744	0,744	0,3	-1
7.3	0,9	0,156	0,744	0,744	-0,3	1
7.4	0,9	0,156	0,744	0,744	-0,3	-1
7.5	0,9	0,156	0,744	0,744	1	0,3
7.6	0,9	0,156	0,744	0,744	-1	0,3
7.7	0,9	0,156	0,744	0,744	1	-0,3
7.8	0,9	0,156	0,744	0,744	-1	-0,3

2. Masukkan kombinasi 1 sampai ke 21 ke dalam SAP 2000

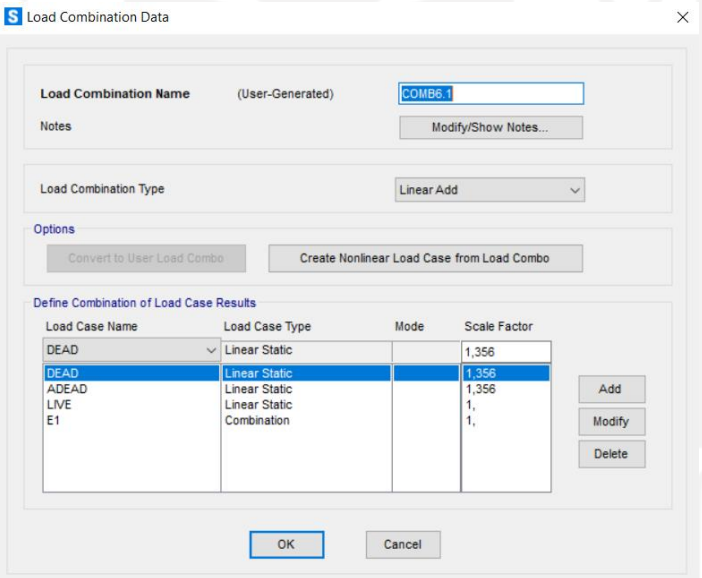
Adapun langkah dalam memasukkan kombinasi beban yaitu :

Define → Load Combinations → Add New

Kemudian masukan load case name sesuai dengan perhitungan kombinasi lalu klik add. Ubah nama load combinaton lalu klik ok.



Gambar 5. 13 Define Load Combination



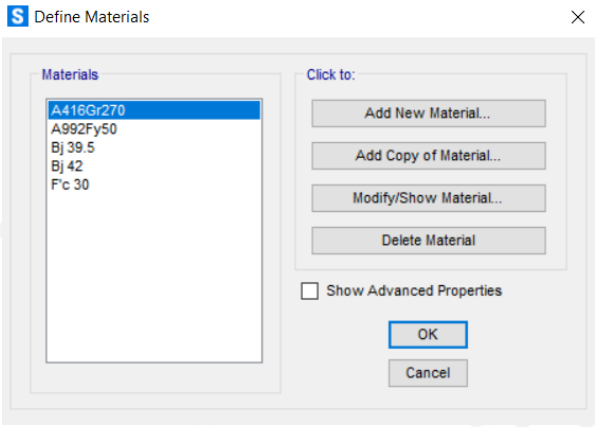
Gambar 5. 14 Define Load Combination Data

5.6 Analisis Struktur

5.6.1 Kodefikasi Balok dan Kolom

Langkah – langkah yang dilakukan untuk memberikan kodefikasi pada balok dan kolom didalam SAP 2000.

1. Memasukan material yang digunakan ke dalam SAP 2000.
    a. Klik define lalu pilih material



Gambar 5. 15 Define Material

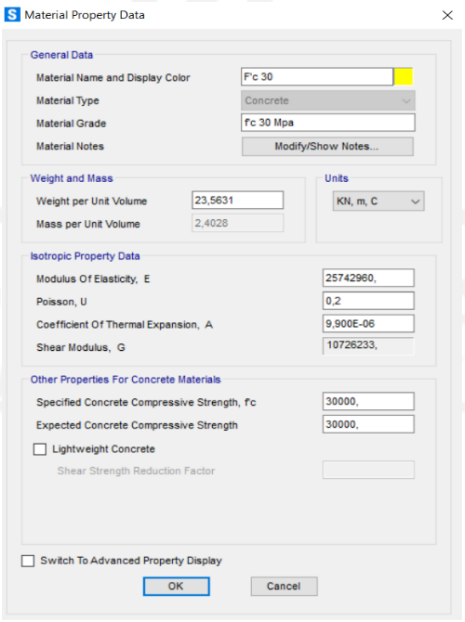
b. Pada define material klik Add New Material. Material yang dimasukan ada 3 yaitu:

1) Material tipe : Concrete

F'c : 30 MPa

Weigt per unit volume : 24 Kn,m,C.

Modulus elastisitas : $4700\sqrt{30}$



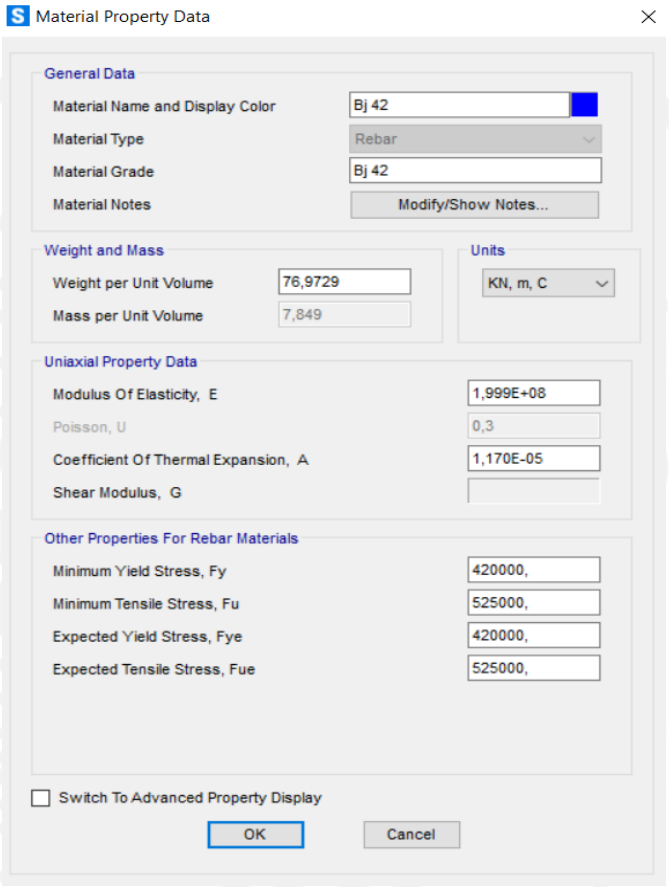
Gambar 5. 16 Material Property Data Concrete

2) Material tipe : Baja tulangan Fy 420

Fy : 420 MPa

Weigt per unit volume : 76,98 kN,m,C.

Modulus elastisitas : 200000 N/mm



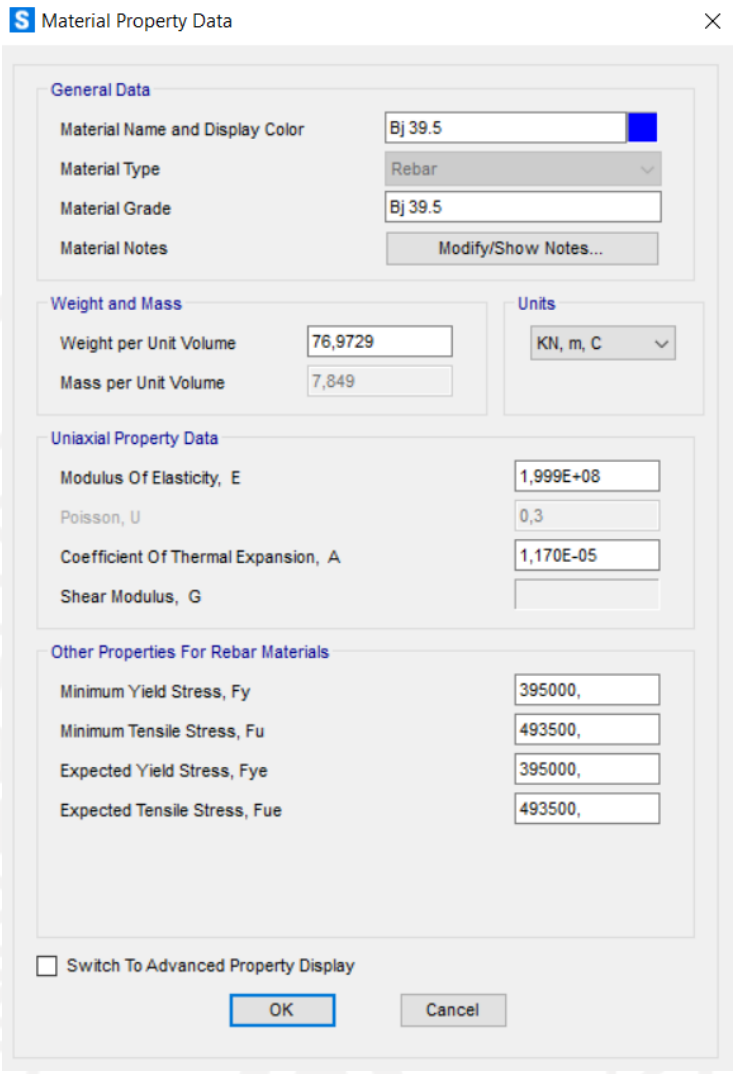
Gambar 5. 17 Material Property Data Baja tulangan Fy 420

3) Material tipe : Baja tulangan Fy 395

Fy : 395 MPa

Weigt per unit volume : 76,98 kN,m,C.

Modulus elastisitas : 200000 N/mm



Gambar 5. 18 Material Property Data Baja tulangan Fy 395

2. Membuat bentuk penampang balok, kolom dan pelat tangga

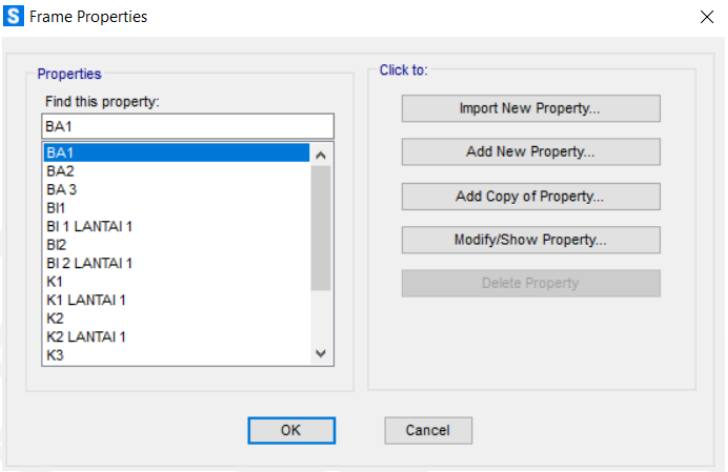
   Pembuatan bentuk penampang balok dan kolom sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan, dengan cara:

Klik Define → Section Properties → Frame Section → Add New Properties.

Selanjutnya buat Frame Properties dengan ukuran sebagai berikut.

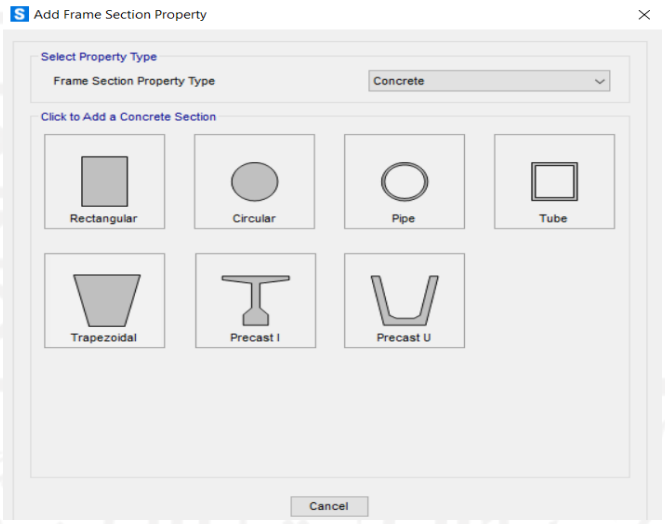
Tabel 5. 11 Dimensi Frame Properties

Kodefikasi	B (mm)	H (mm)
BI 1Y Lt 1	850	450
BI 2X Lt 1	850	450
BI 1Y	750	400
BI 2X	750	400
BI 2X	300	250
BA 1Y	300	250
BA 2X	600	300
BA 3Y	600	300
BA 3X	600	300
K1 Lt 1	700	700
K2 Lt 1	800	800
K3 Lt 1	900	900
K4 Lt 1	900	900
K1	600	600
K2	600	600
K3	700	700
K4	700	700
Pelat Tangga	2000	300



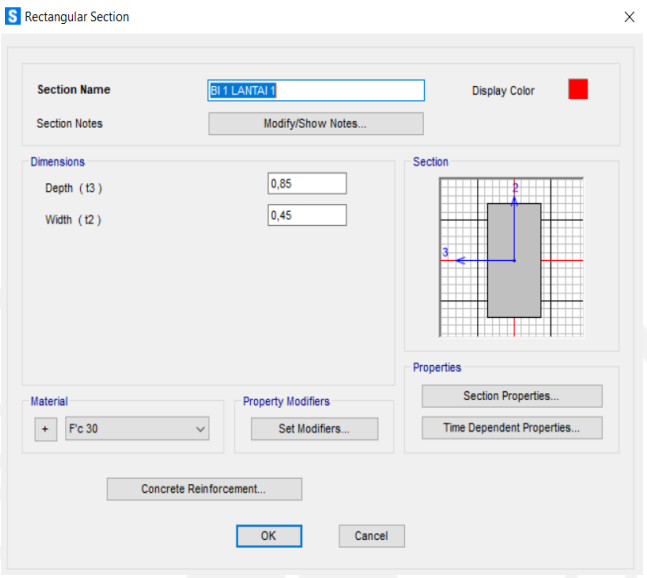
Gambar 5. 19 Frame Properties

a. Untuk Balok Induk 1 arah x (BI1X) tipe Frame Section Property Concrete dan pilih rectangular untuk Concrete sectionnya.

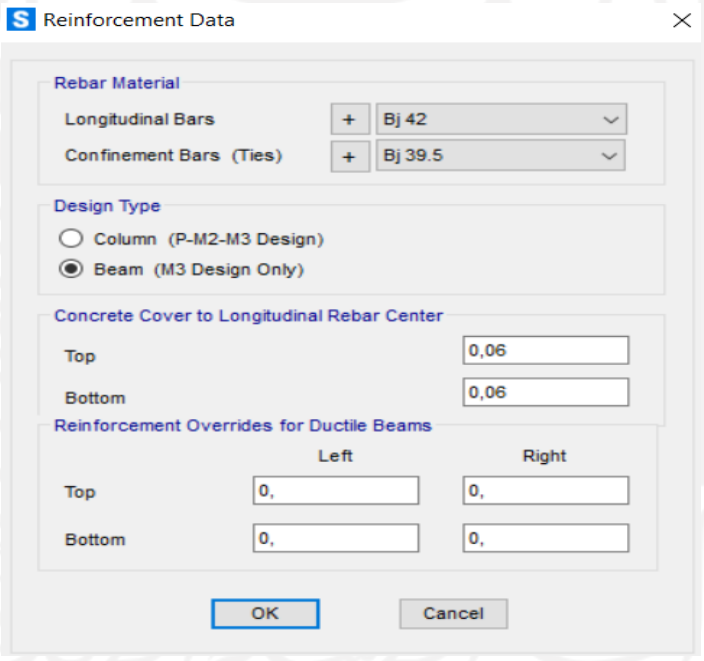


Gambar 5. 20 Add Frame Section Property B1

b. Lalu sesuaikan dimensi pada balok induk 1 arah x (0,85 x 0,45 m) dan sesuaikan juga section name (BI1Y). Klik Concrete Reinforcement, lalu sesuaikan tulangan pokok (Fy 420) dan sengkang nya (Fy 395). Pilih tipe Beam untuk balok dan Concrete cover longitudinal rebar center adalah tebal selimut beton (0,06 m) .



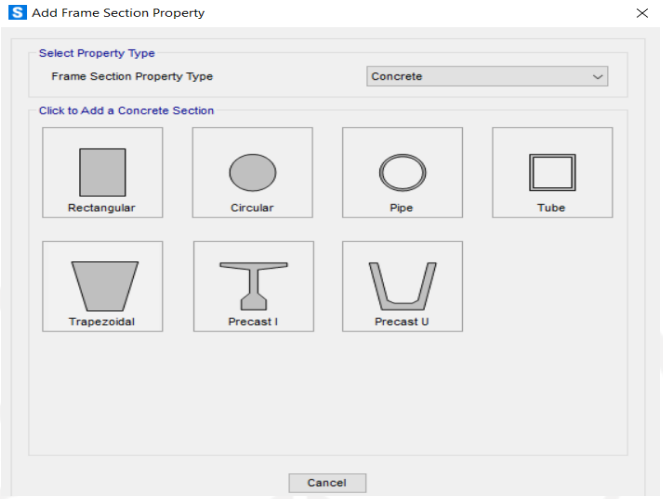
Gambar 5. 21 Rectangular Section BI1Y



Gambar 5. 22 Reinforcement Data BI1X

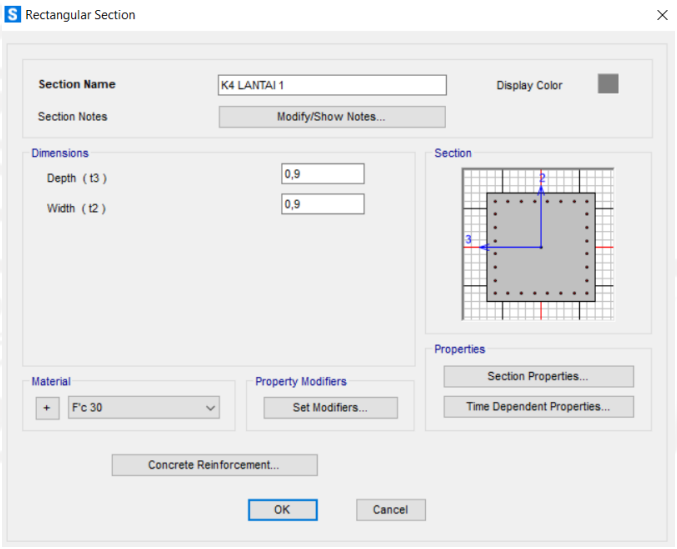
Setelah melakukan langkah-langkah tersebut, kemudian klik ok jadilah properti BI1X Lt 1. Add New Property untuk menambah penampang balok yang lain dan diubah Depth dan Width sesuai yang telah ditentukan.

c. Lalu Untuk Kolom Interior (K1) tipe Frame Section Property Concrete dan pilih rectangular untuk Concrete sectionnya.

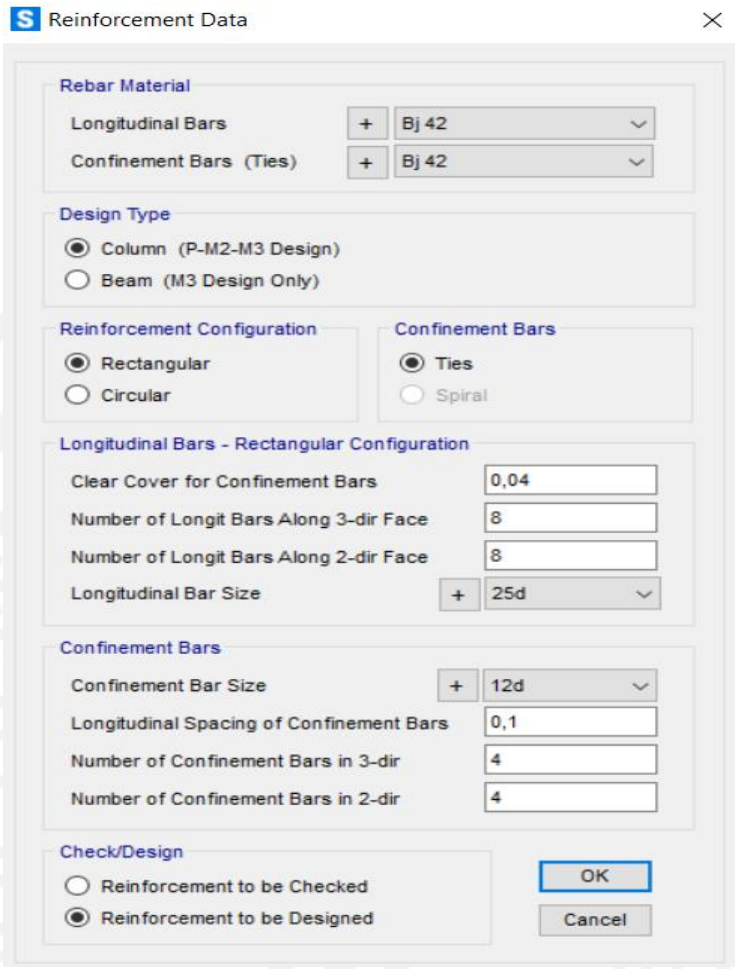


Gambar 5. 23 Add Frame Section Property KD

d. Lalu sesuaikan dimensi pada kolom interior (0,9 x 0,9 m) dan sesuaikan juga section name (KD). Klik Concrete Reinforcement, lalu sesuaikan tulangan pokok (Fy 420) diameter 25 mm dan sengkang nya (Fy 420) diameter 12 mm. Pilih tipe Column untuk kolom dan Concrete cover longitudinal rebar center adalah tebal selimut beton (0,04 m) .



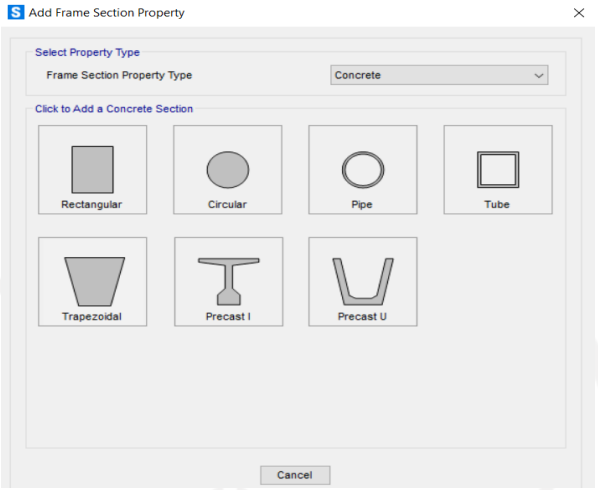
Gambar 5. 24 Rectangular Section KD



Gambar 5. 25 Reinforcement Data KD

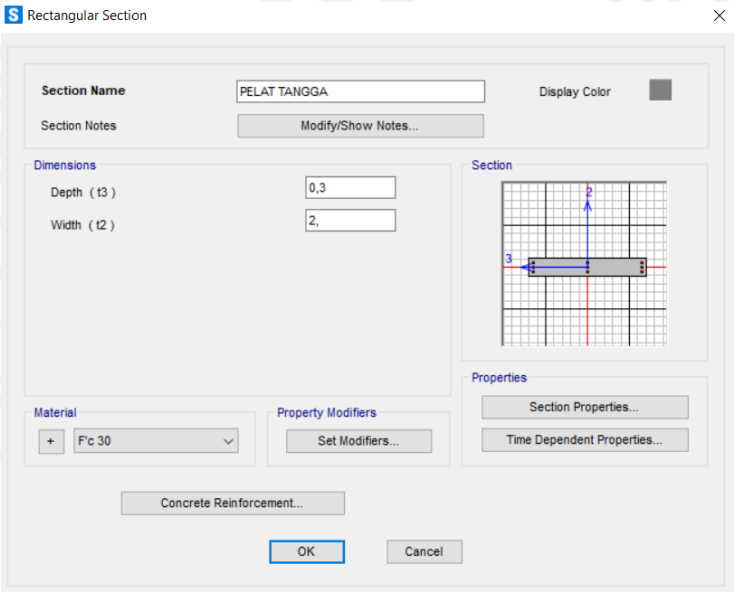
Setelah melakukan langkah-langkah tersebut, kemudian klik ok jadilah properti KD. Add New Property untuk menambah penampang yang lainnya. Lalu diubah Depth dan Width sesuai yang telah ditentukan.

e. Lalu Untuk Pelat Tangga tipe Frame Section Property Concrete dan pilih rectangular untuk Concrete sectionnya.

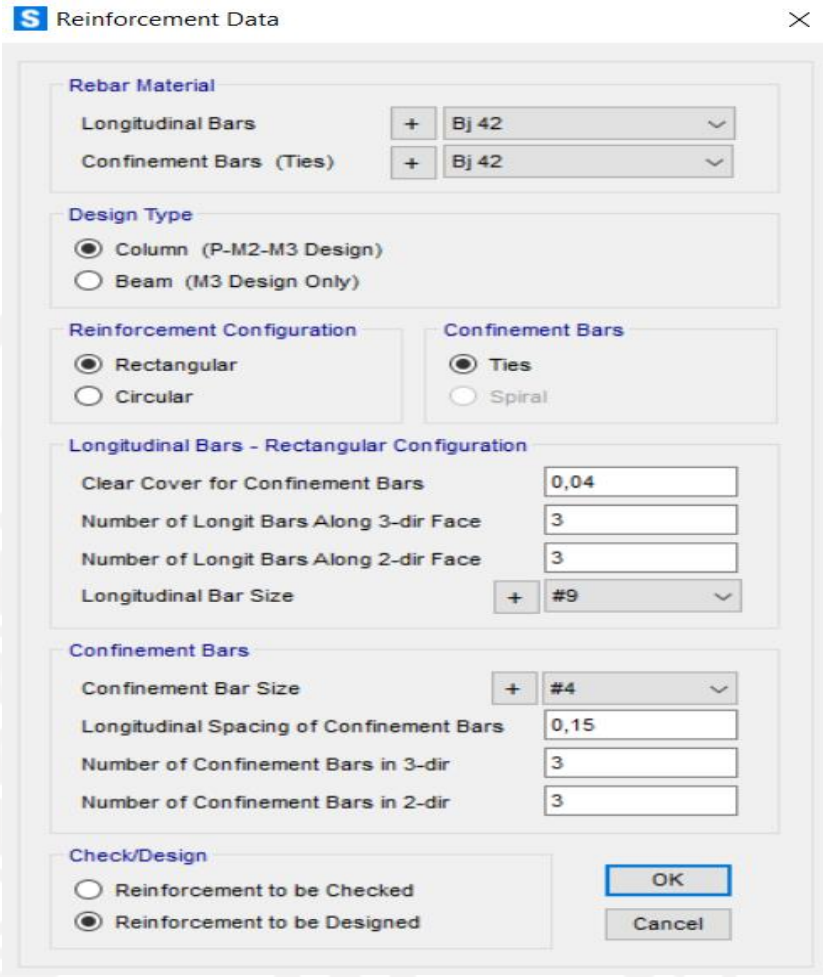


Gambar 5. 26 Add Frame Section Property Pelat Tangga

f. Lalu sesuaikan dimensi pada pelat tangga (0,3 x 2 m) dan sesuaikan juga section name (Pelat Tangga). Klik Concrete Reinforcement, lalu sesuaikan tulangan pokok (Fy 420) diameter 12 mm dan sengkang nya (Fy 420) diameter 12 mm. Pilih tipe Beam untuk pelat tangga dan Concrete cover longitudinal rebar center adalah tebal selimut beton (0,06 m) .



Gambar 5. 27 Rectangular Section Pelat Tangga

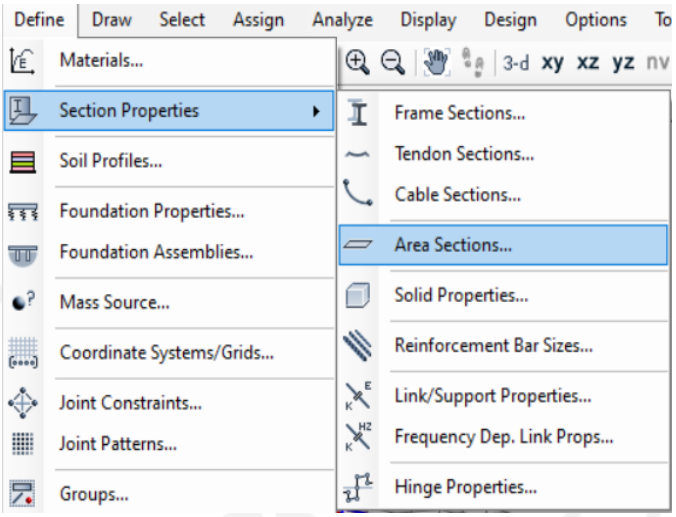


Gambar 5. 28 Reinforcement Data Pelat Tangga

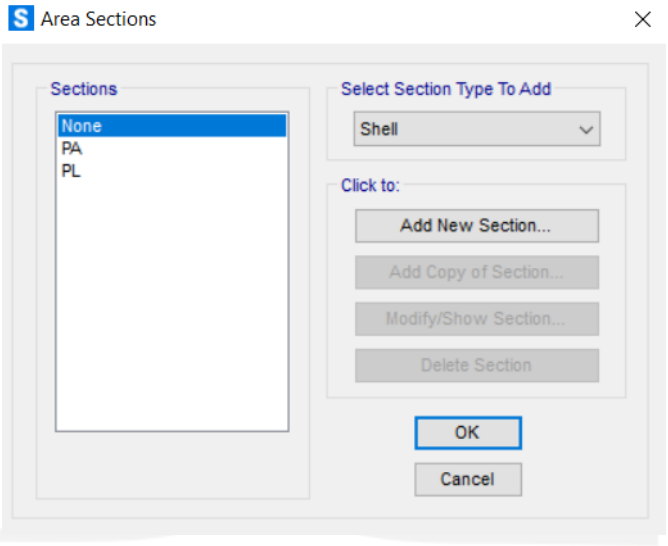
3. Membuat penampang pelat lantai dan pelat atap.

   Pembuatan bentuk penampang balok dan kolom sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan, dengan cara:

Klik Define → Section Properties → Area Section → Add New Section.



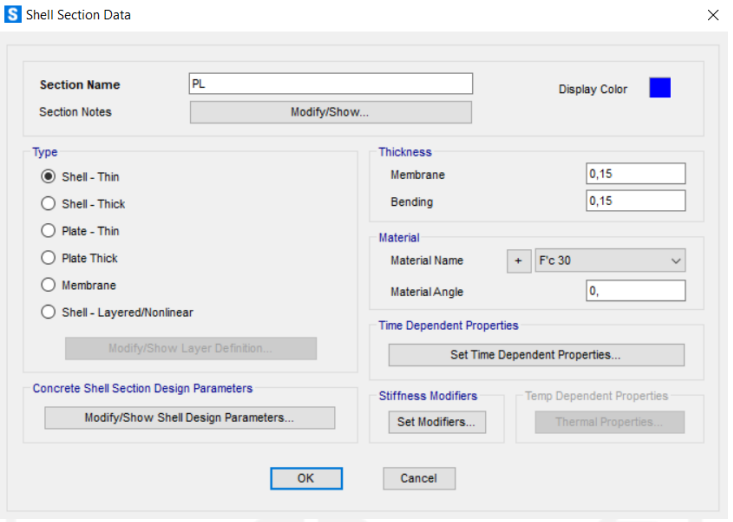
Gambar 5. 29 Menambah Area Section



Gambar 5. 30 Area Section

a. Pelat Lantai (PL)

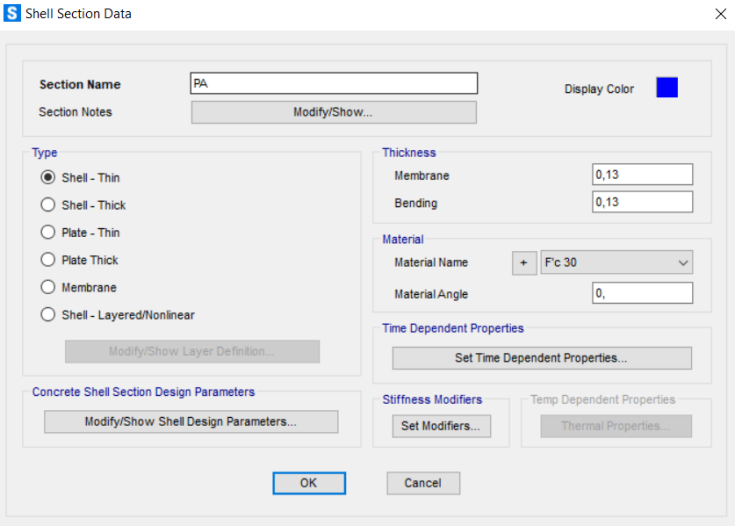
Memberi nama pada Section Name (PL). Mengganti tipe pelat menjadi shell-thin. Mengganti material dengan beton (F'c 30 MPa). Isi nilai thickness dengan ketebalan pelat yang digunakan yaitu 0,125 m.



Gambar 5. 31 Pelat Lantai

b. Pelat Atap (PA)

Memberi nama pada Section Name (PA). Mengganti tipe pelat menjadi shell-thin. Mengganti material dengan beton (F'c 30 MPa). Isi nilai thickness dengan ketebalan pelat yang digunakan yaitu 0,10 m.

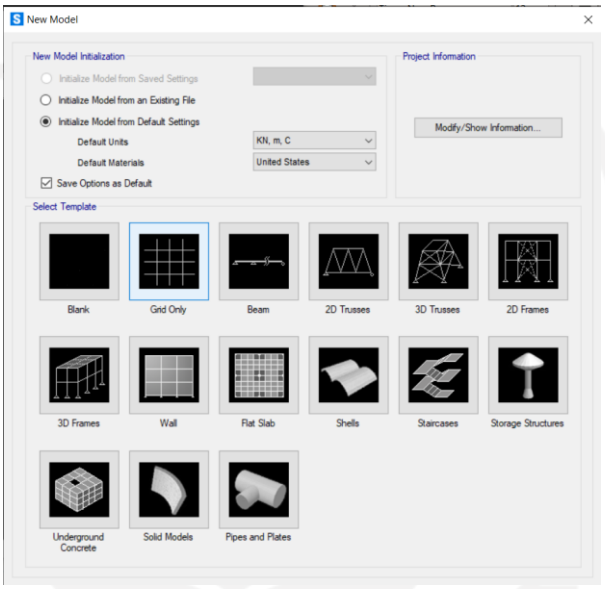


Gambar 5. 32 Pelat Atap

5.6.2 Permodelan Struktur

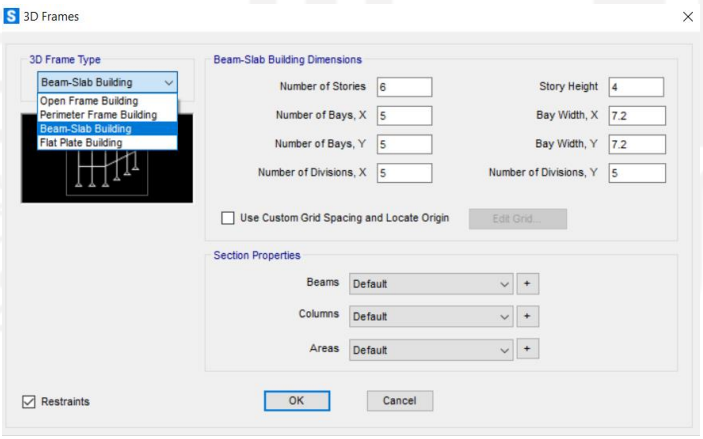
Langkah pemodelan struktur dengan SAP2000 dapat dilihat dibawah ini:

1. Membuka program SAP2000 lalu buat permodelan dengan cara klik new, pilih satuan kN,m,c lalu pilih pada template 3D frames.



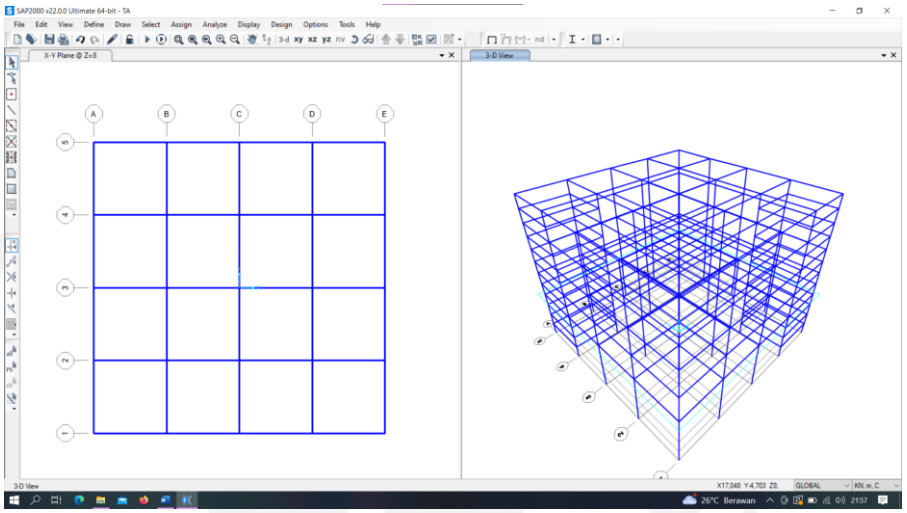
Gambar 5. 33 New Model

a. Memilih beam slab sehingga tiap lantai sudah terdapat pelat lantainya, dan data grid disesuaikan dengan denah rencana bangunan.



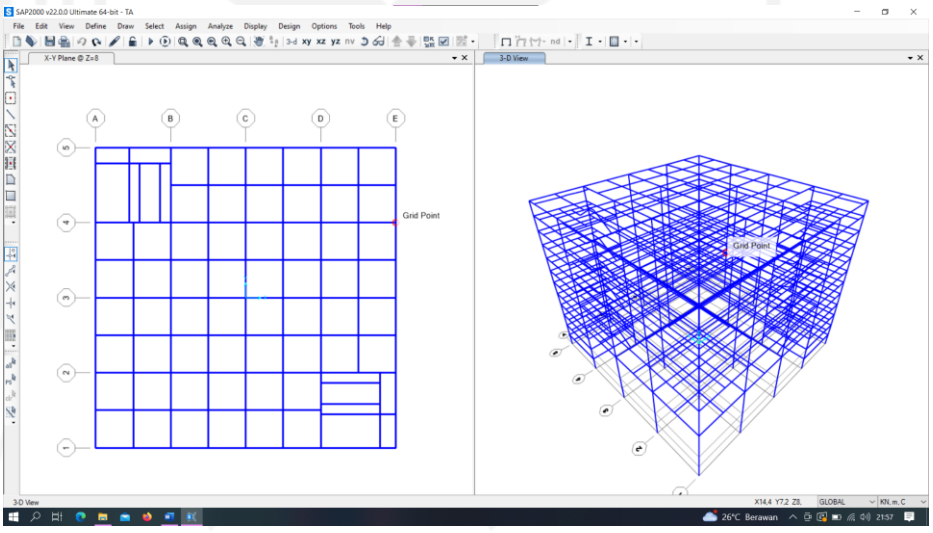
Gambar 5. 34 Edit 3D Frame Type

b. Tampilan 3D dan 2D permodelan gedung yang sudah di input pada langkah sebelumnya.



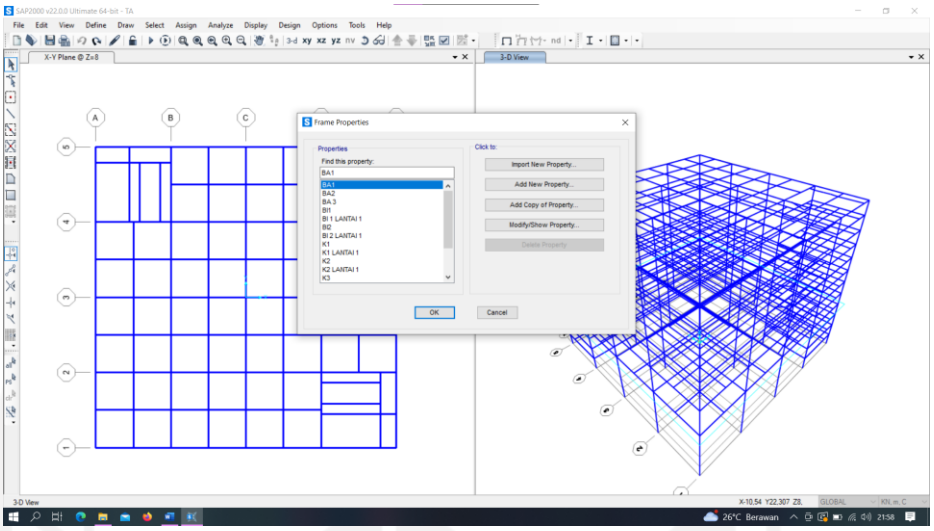
Gambar 5. 35 Menyesuaikan Model dengan Denah Rencana

c. Membuat balok anak dan balok pada balkon dengan fasilitas *replicate* sehingga pemodelan akan menjadi seperti berikut.



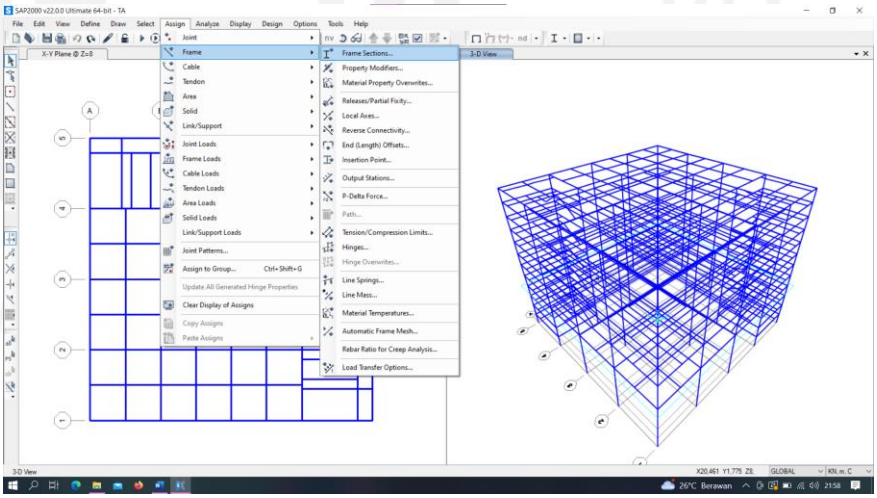
Gambar 5. 36 Replicate

d. Mendefinisikan semua penampang balok dan kolom yang akan digunakan dalam pemodelan SAP2000 sesuai dengan estimasi dimensi yang telah dilakukan sebelumnya. Dengan mengklik Define lalu section properties dan klik frame section.



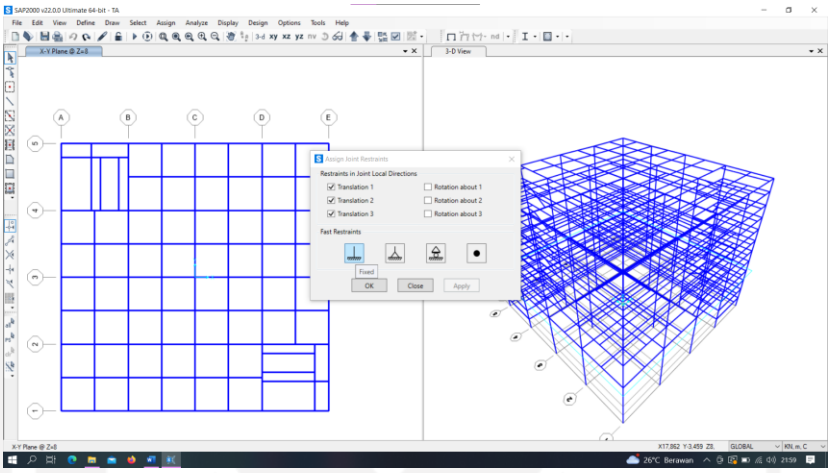
Gambar 5. 37 Define Frame Properties

e. Setelah pemodelan pada SAP2000 sesuai dengan gambar denah rencana, langkah selanjutnya yaitu menerapkan penampang balok dan kolom sesuai dengan dimensi rencana. Select balok atau kolom yang akan diubah dimensinya, lalu klik assign, pilih frame lalu klik frame section, sesuaikan nama penampang yang telah di definisikan sebelumnya, mulai dari balok, kolom hingga pelat.



Gambar 5. 38 Menyesuaikan Penampang Balok Kolom dan Pelat

f. Memasukkan pondasi jepit pada bangunan dengan cara klik joint yang dijadikan pondasi kemudian klik Assign → Joint → Restrainst. Kemudian pilih jepit dan ok.

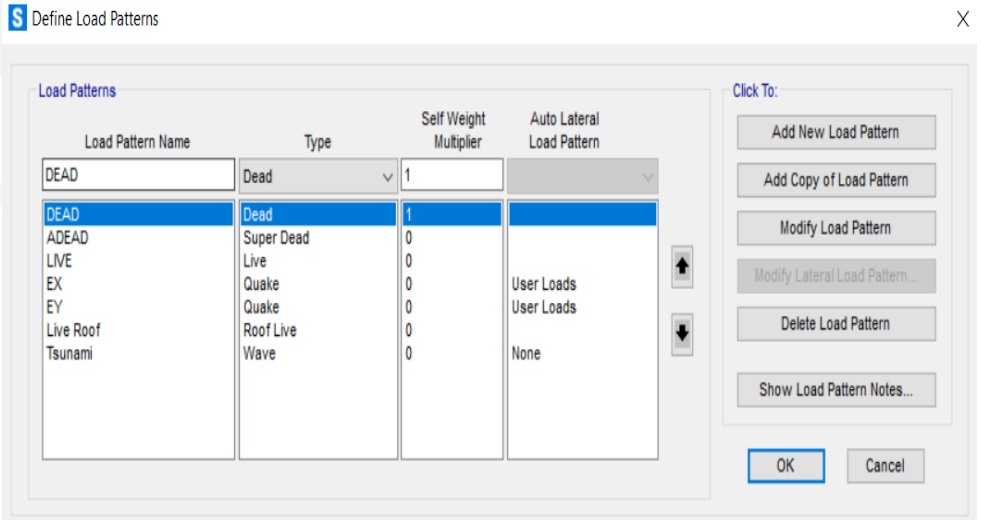


Gambar 5. 39 Assign Joint Restraint

2. Langkah–langkah melakukan pembebanan gravitasi struktur pada SAP 2000.

a. Memasukan Load Pattern dengan cara klik Define → Load Pattern

- Dead → Type = Dead → Self Weight = 1 (modify)
- Adead → Type = Dead → Self Weight = 0 (add)
- Live → Type = Live→ Self Weight = 0 (add)
- Live Roof → Type = Roof Live → Self Weght = 0 (add)

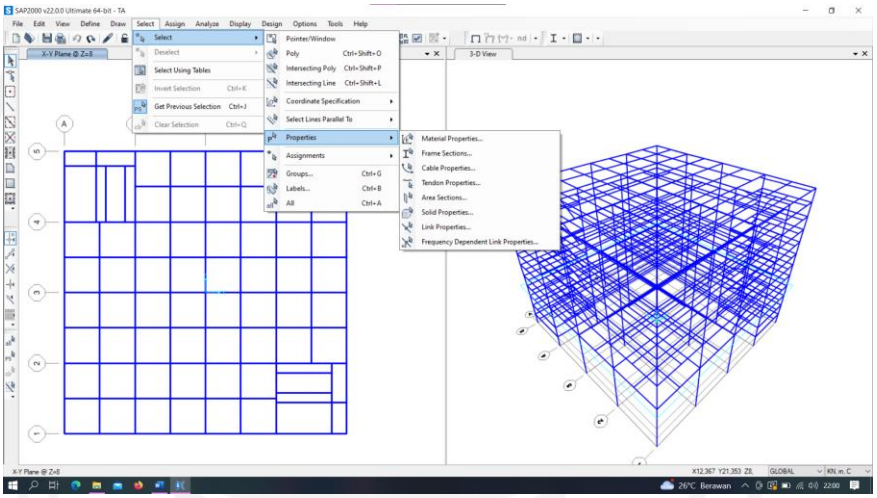


Gambar 5. 40 Define Load Pattern

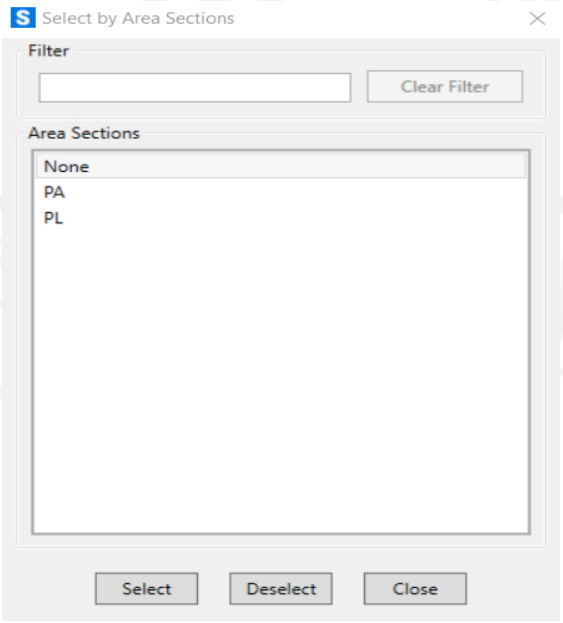
b. Memasukan beban area yaitu beban mati dan beban hidup.

Memilih tipe pelat yang akan diberikan beban dengan cara:

Klik select → Area Section → Pilih Area Section yang akan diselect.



Gambar 5. 41 Select Area Section

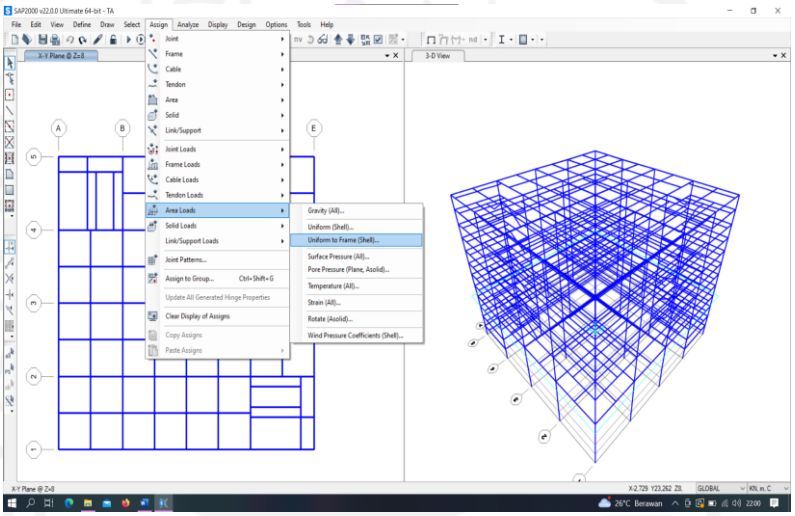


Gambar 5. 42 Select by Area Sectio

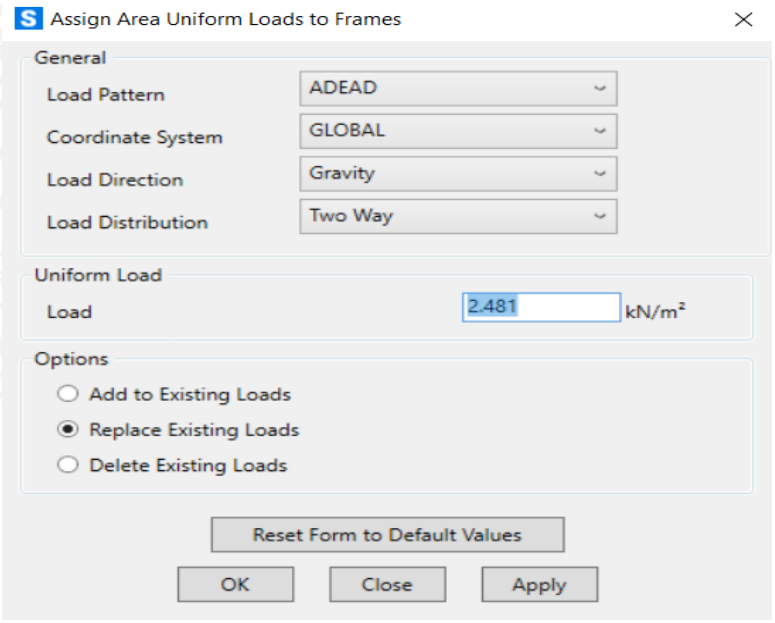
c. Memberikan beban pada pelat yang sudah dipilih dengan cara klik

Assign → Area Loads → Uniform to Frame (shell).

Lalu masukan beban mati lalu klik ok. Ulangi untuk melakukan pembebanan beban hidup.

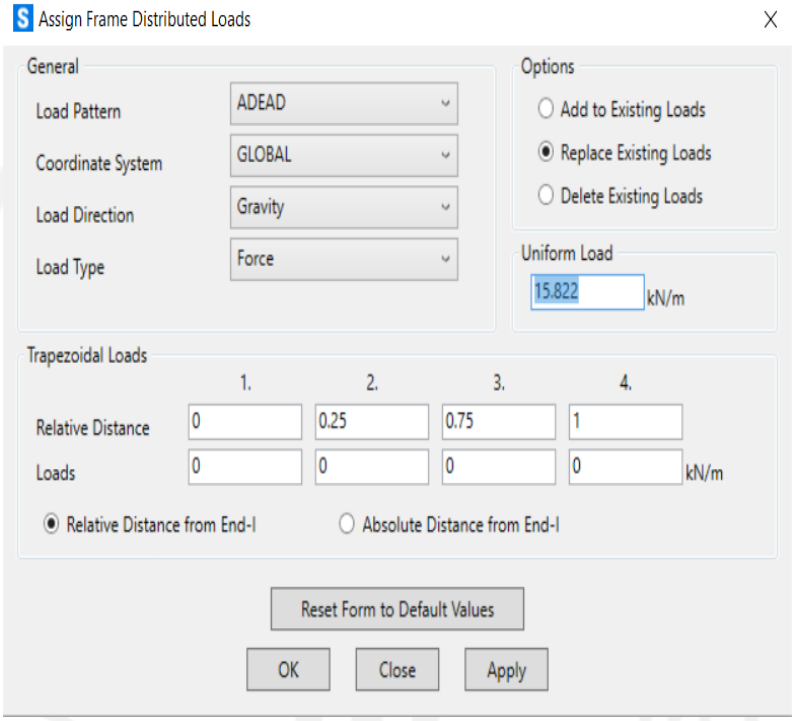


Gambar 5. 43 Cara Memberi Beban Pelat



Gambar 5. 44 Pembebanan Beban Mati dan Beban Hidup pada Pelat

d. Memberikan beban dinding perimeter dengan cara select balok yang terdapat dinding perimeter Assign → Frame Loads → Distributed Lalu masukan beban dinding perimeter lalu klik ok.



Gambar 5. 45 Pembebanan Dinding Perimeter

3. Input I – Crack, Diafragma, Periode Getar Bangunan dan Torsi Tak Terduga.

a. I-Crack

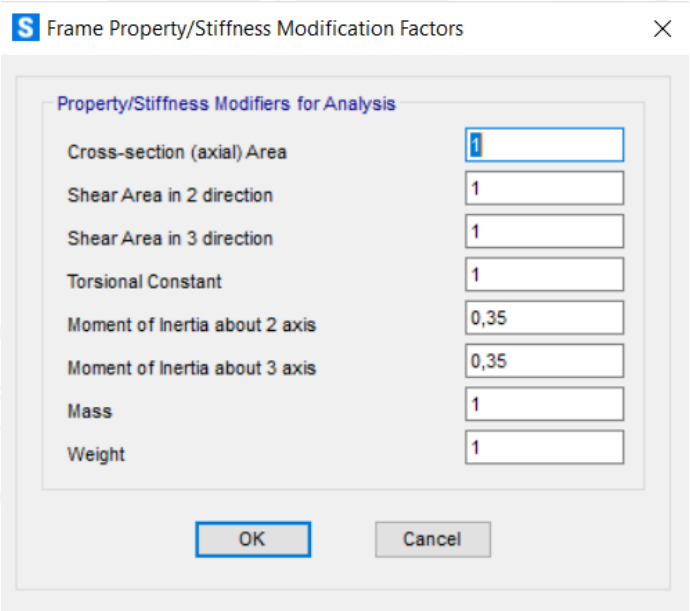
Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana, pengaruh perletakan beton pada unsur-unsur struktur dari beton bertulang, beton pra-tekan dan baja komposit harus diperhitungkan terhadap kekakuannya yang diasumsikan kondisi penampang sudah retak. Oleh karean itu, sebagai pendekatan perilaku inelastik struktur yang dianalisis secara linear, SNI 2847-2019 mengatur faktor reduksi kekakuan penampang (inersia) sebagai berikut:

Tabel 5. 12 Momen Inersia

Modulus Elastisitas	Ec
Momen Inersia	
Balok	0,35 I
Kolom	0,7 I
Dinding : Tidak retak	0,7 I
: Retak	0,35 I
Pelat dasar dan Lantai dasar	0,25 I
Luas	1 Ag

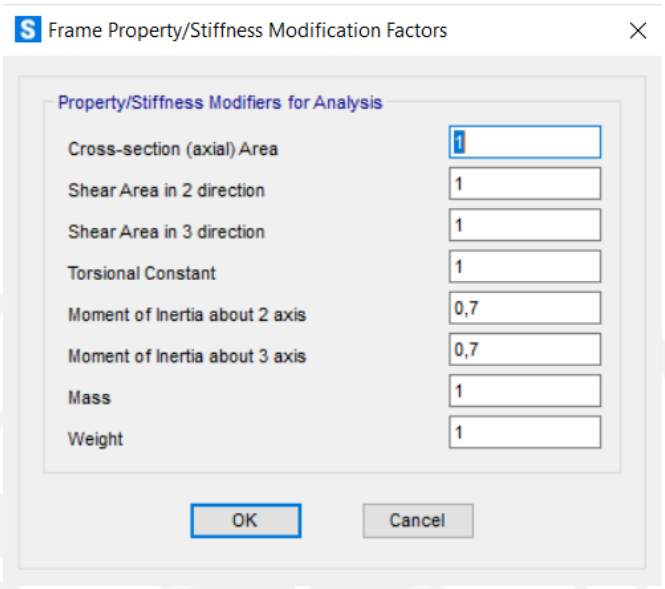
Adapun Langkah-langkahnya dalam SAP2000 sebagai berikut:

1) Mengubah Inersia pada balok dan kolom dengan cara klik Define → Section Properties → Frame Section → pilih balok → modify → set modifiers → lalu ubah Inersia balok = 0,35 dan Inersia kolom = 0,7.



Gambar 5. 46 I-Crack Balok

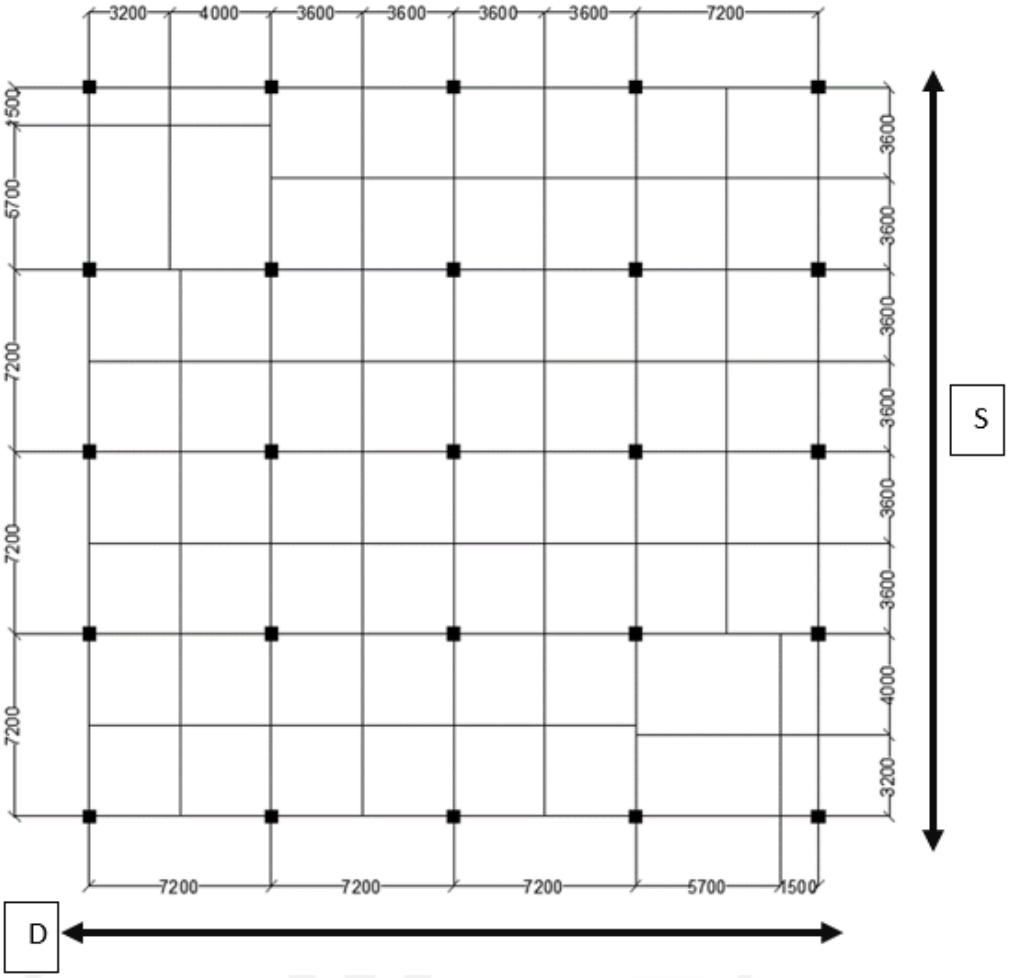
2) Mengubah Inersia pada kolom dengan cara klik Define → Section Properties → Frame Section → pilih balok → modify → set modifiers → lalu ubah Inersia kolom = 0,7.



Gambar 5. 47 I-Crack Kolom

b. Diafragma

Diafragma adalah suatu desain yang mengikat antar gelagar atau kolom untuk mendapatkan kekakuannya. Diafragma pada program analisis struktur SAP 2000 dimodelkan dengan nodal pada ujung-ujung kolom yang didefinisikan constraint. Menurut SNI 1726-2019, Diafragma pelat beton atau dek metal yang diberi penutup beton dengan perbandingan S (panjang) / D (lebar), sebesar 3 atau kurang pada struktur tanpa ketidakberaturan horizontal dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku. Berikut adalah perhitungan penentuan diafragma :



Gambar 5. 48 Denah Bangunan

Data Bangunan

Jumlah lantai = 5 lantai

Tinggi antar lantai = 4 m

S (Panjang) = 4 x 7,2

= 28,8 m

D (Lebar) = 4 x 7,2

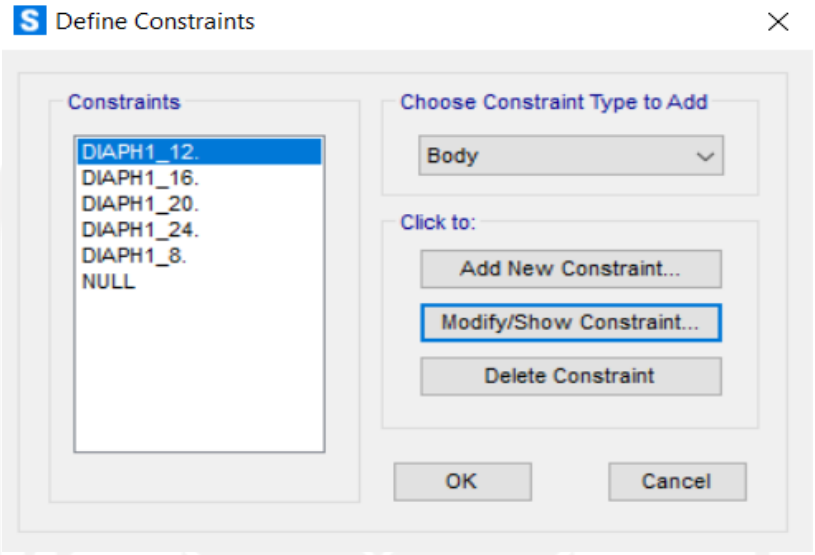
= 28,8 m

S/D = 28,8 / 28,8

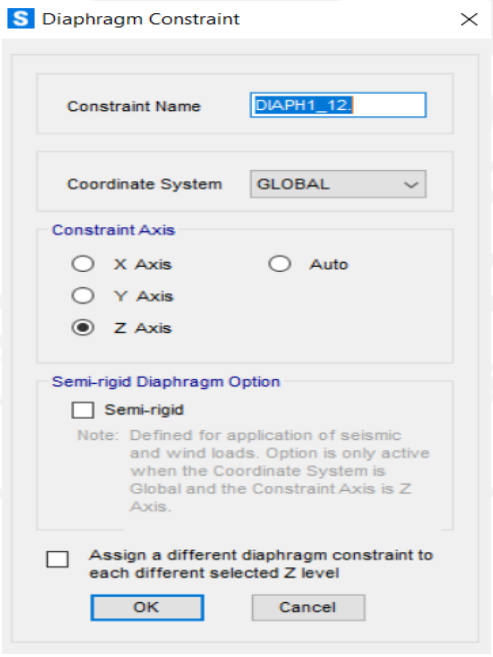
= 1

Maka disimpulkan diafragma pada bangunan rigid. Langkah permodelan pada SAP2000 sebagai berikut:

1) Klik Define → Joint Constraints → Coinstrants Type : Diaphargm → Add New Constraints → Pilih Z axis → centang semi rigid → centang Assign a different diaphragm coinstrants to each different selected Z level.

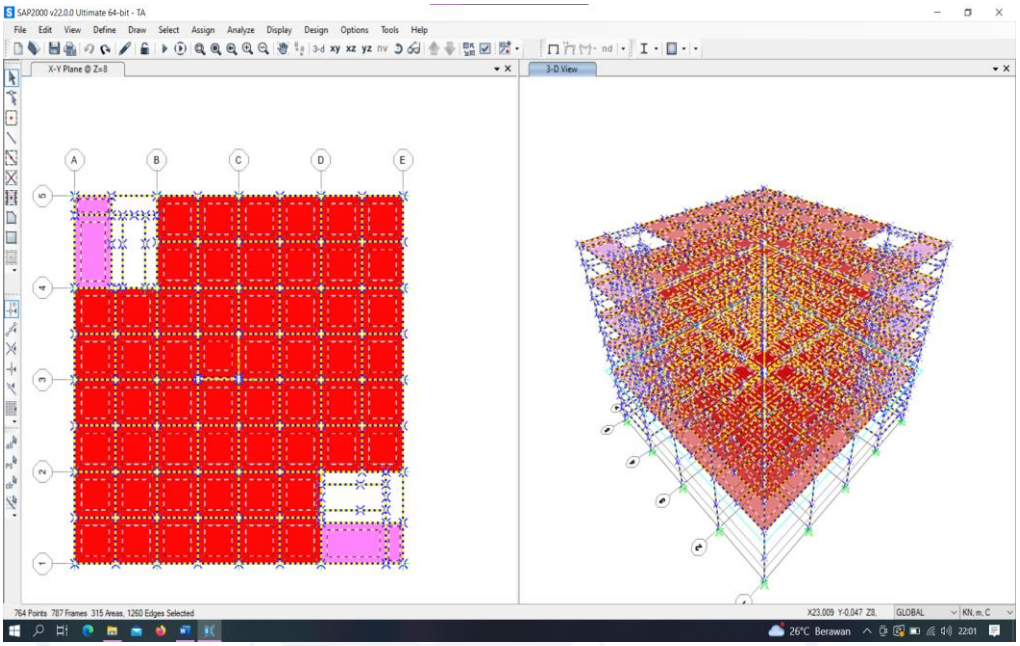


Gambar 5. 49 Add New Constrains



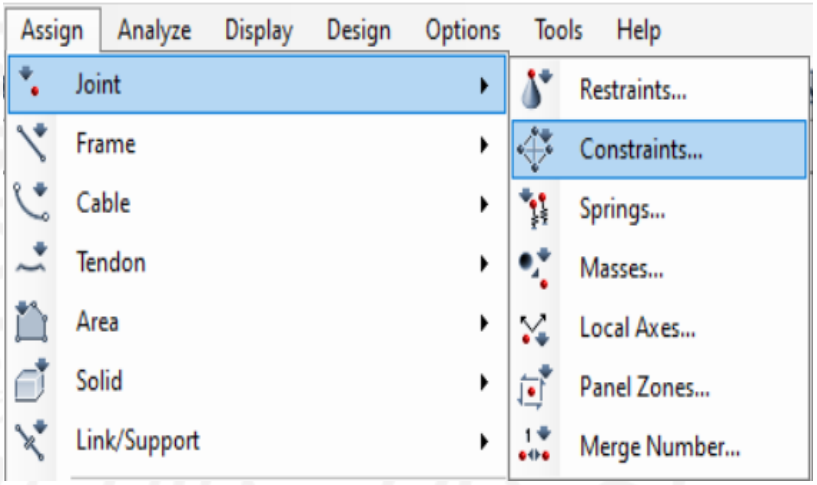
Gambar 5. 50 Diaphragm Coinstrant

Select tiap lantai dari lantai bawah elevasi 8 m sampai lantai atap elevasi 24 m. Berikut adalah tampilan lantai yang sudah di select di semua lantai.

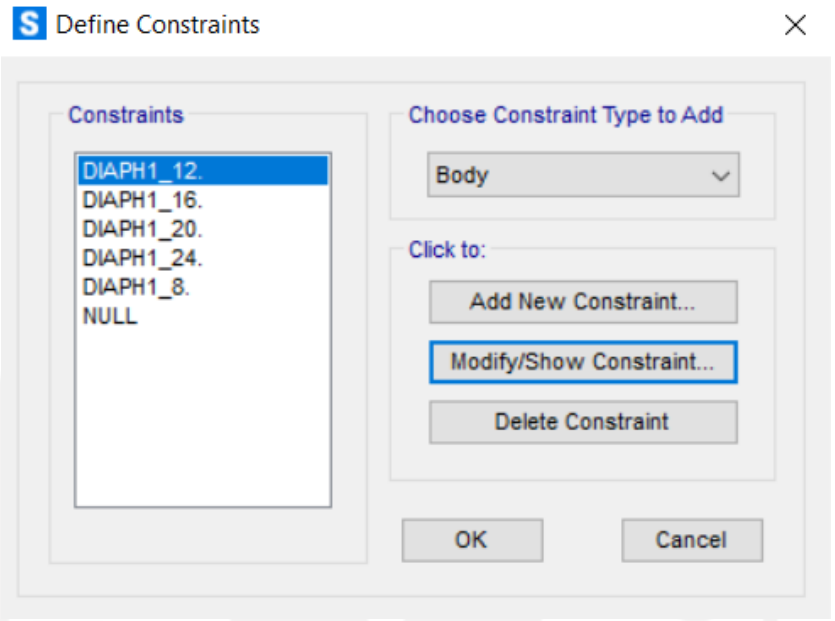


Gambar 5. 51 Select tiap lantai

Klik Assign → Joint → Constraint → Pilih Diaph1



Gambar 5. 52 Assign Joint Constraints



Gambar 5. 53 Output Diafragma

c. Periode Getar Bangunan

Setiap bangunan mempunyai periode tersendiri tergantung pada struktur yang didesain pada bangunan itu sendiri, dibawah ini adalah perhitungan periode getar pada bangunan perancangan.

Setelah di analisis pada SAP 2000 Tc (periode yang didapat dari hasil perhitungan SAP 2000) maka dibandingkan dengan T dari hasil hitungan di excel, adapun syarat untuk menentukan nilai T yang akan digunakan yaitu:

a. Jika Tc > Cu Ta, digunakan T = Cu Ta
b. Jika Ta < Tc < Cu Ta, digunakan T = Tc
c. Jika Tc < Ta, digunakan T = Ta

Dari perhitungan di SAP didapatkan data sebagai berikut.

Tc (SAP) = 1,15 detik

Ta min = $Ct \times hn^{x}$

= $0{,}0466 \times 24^{0{,}9}$

= 0,813 detik.

Cu = 1,4 (karena Sd1 ≥ 0,4)

Ta max = Cu x Ta

= 1,4 x 0,813

= 1,139

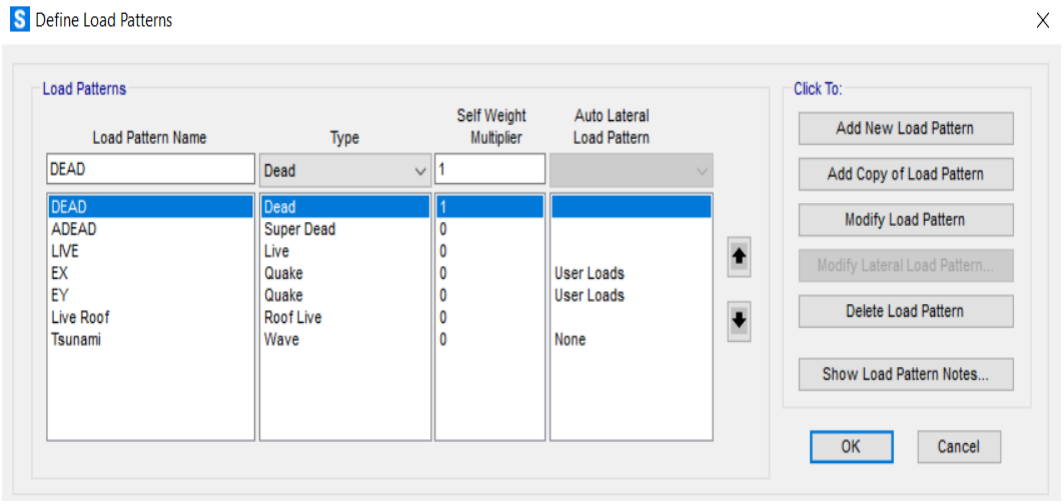
Jadi Tc > Cu x Ta maka periode yang digunakan 1,139 detik

d. Torsi Tak Terduga

Torsi tak terduga dari sebuah bangunan berasal dari adanya eksentrsitas antara pusat massa lantai dengan pusat kekakuan lantai. Hal ini terjadi karena diperkirakan jika terjadi goyangan struktur akibat gempa, maka struktur penahan gaya seismik (penampang kolom) akan mengalami keretakan sehingga akan terjadi perubahan pusat kekakuan lantai. Hal ini menyebabkan pusat kekakuan lantai tidak satu titik dengan pusat massa lantai. Guna mengakomodir maka pusat gaya gempa tiap lantai perlu digeser sejauh Δx atau Δy. Nilai pergeseran Δx atau Δy 5% dari bentang terpanjang.

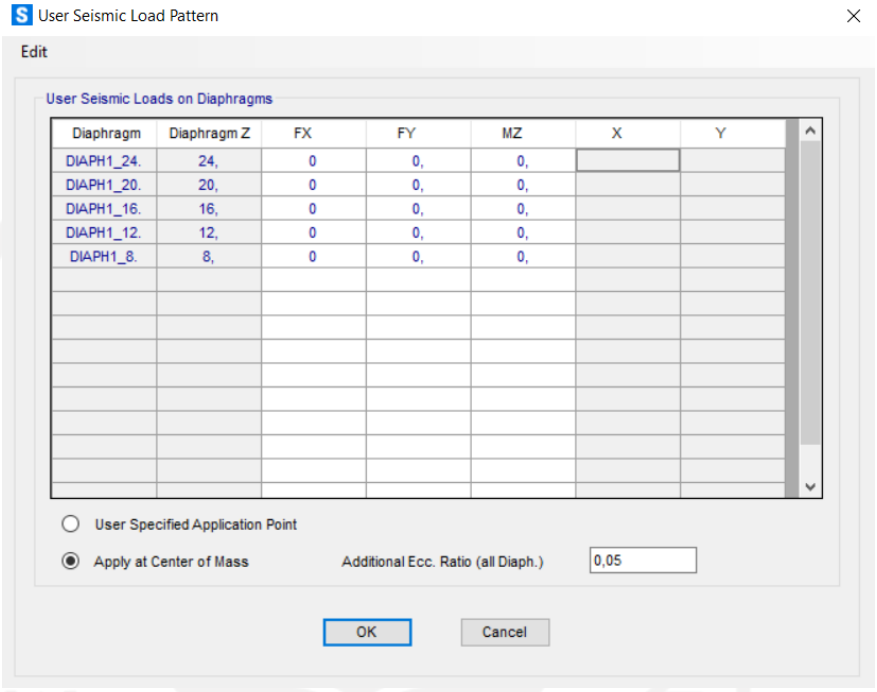
Langkah-langkah untuk mengetahui gaya geser dasar sebagai berikut :

1) Klik Define → Load Patterns → Masukan Ex Static dan Ey Static → Type: Quake → Auto Lateral Load Pattern : User Load.



Gambar 5. 54 Define Load Pattern Static

2) Klik Modify Lateral Load Pattern → klik Apply at Center of Mass → Additional Ecc. Ratio : 5%.



Gambar 5. 55 User Seismic Load Pattern

5.7 Kontrol Peryaratan Bangunan

Dalam melakukan permodelan struktur perlu dilakukan kontrol persayaratan menyesuaikan pedoman dalam SNI 1726-2019. Berikut adalah persyaratan yang perlu ditinjau sesuai dalam pedoman SNI 1726-2019.

1. Ketidakberaturan Vertikal

Struktur-struktur yang didesain untuk kategori desain seismik sebagaimana yang terdapat dalam tabel 14 SNI 1726-2019 harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam gambar berikut.

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	**Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak** didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 16	D, E, dan F
1b.	**Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan** didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2.	**Ketidakberaturan Berat (Massa)** didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3.	**Ketidakberaturan Geometri Vertikal** didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	Tabel 16	D, E, dan F
4.	**Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral** didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	**Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat** didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b.	**Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat** didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 7.3.3.2 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

Gambar 5. 56 Kategori Desain Seismik

Dari penjelasan diatas maka perhitungan mengenai ketidakberaturan vertikal dibagi menjadi 5 type.

a. Ketidakberaturan Vertikal Type 1a dan 1 b : Kekakuan Tingkat , dan Kekakuan Tingkat Berlebihan.

Tabel 5. 13 Ketidakberaturan Vertikal Type 1a arah X

lantai	Z	Fx	Fx Akumulatif	U1	Δi	K	Cek		cek	
	(mm)	(kN)	Vz (kN)	mm	mm	(kN/m)	70%Ki+1	Status	80%(avgKi+3)	status
5	24000	1	1	0,070482	0,0034	297,442	0,000	**Regular**	0,000	**Regular**
4	20000	1	2	0,06712	0,0059	340,948	208,209	**Regular**	237,954	**Regular**
3	16000	1	3	0,061254	0,0086	347,705	238,663	**Regular**	255,356	**Regular**
2	12000	1	4	0,052626	0,0121	330,306	243,394	**Regular**	262,959	**Regular**
1	8000	1	5	0,040516	0,0169	295,911	231,214	**Regular**	271,722	**Regular**

Tabel 5. 14 Ketidakberaturan Vertikal Type 1a arah Y

Lantai	Z	Fx	Fx Akumulatif	U2	Δi	K	Cek		cek	
	(mm)	(kN)	Vz (kN)	mm	mm	(kN/m)	70%Ki+1	Status	80%(avgKi+3)	status
5	24000	1	1	0,06996	0,0034	295,683	0,000	**Regular**	0	**Regular**
4	20000	1	2	0,066578	0,0059	341,0641	206,978	**Regular**	236,546	**Regular**
3	16000	1	3	0,060714	0,0086	348,149	238,745	**Regular**	254,699	**Regular**
2	12000	1	4	0,052097	0,0120	332,3363	243,704	**Regular**	262,639	**Regular**
1	8000	1	5	0,040061	0,0167	299,1325	232,635	**Regular**	272,413	**Regular**

Tabel 5. 15 Ketidakberaturan Vertikal Type 1b arah X

lantai	Z	Fx	Fx Akumulatif	U1	Δi	K	Cek		cek	
	(mm)	(kN)	Vz (kN)	mm	Mm	(kN/m)	60%Ki+1	Status	70%(avgKi+3)	status
5	24000	1	1	0,070482	0,0034	297,442	0,000	**Regular**	0,000	**Regular**
4	20000	1	2	0,06712	0,0059	340,948	178,465	**Regular**	208,209	**Regular**
3	16000	1	3	0,061254	0,0086	347,705	204,569	**Regular**	223,436	**Regular**
2	12000	1	4	0,052626	0,0121	330,306	208,623	**Regular**	230,089	**Regular**
1	8000	1	5	0,040516	0,0169	295,911	198,183	**Regular**	237,757	**Regular**

Tabel 5. 16 Ketidakberaturan Vertikal Type 1b arah X

Lantai	Z	Fx	Fx Akumulatif	U2	Δi	K	Cek		cek	
	(mm)	(kN)	Vz (kN)	mm	Mm	(kN/m)	60%Ki+1	Status	70%(avgKi+3)	status
5	24000	1	1	0,06996	0,0034	295,683	0,000	**Regular**	0	**Regular**
4	20000	1	2	0,066578	0,0059	341,0641	177,410	**Regular**	206,978	**Regular**
3	16000	1	3	0,060714	0,0086	348,149	204,638	**Regular**	222,862	**Regular**
2	12000	1	4	0,052097	0,0120	332,3363	208,889	**Regular**	229,809	**Regular**
1	8000	1	5	0,040061	0,0167	299,1325	199,402	**Regular**	238,362	**Regular**

b. Ketidakberaturan Vertikal Type 2 : Massa (Berat)

Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Vertikal Type 2

Joint	Berat	Cek	
Lantai	W (kN)	150%Wi+1	status
5	7856,034	0	Regular
4	11514,07	11784,052	Regular
3	11514,07	17271,106	Regular
2	11514,07	17271,106	Regular
1	16241,15	17271,106	Regular
Total	58639,39		

c. Ketidakberaturan Vertikal Type 3 : Geometri

Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Type 3 arah X

Joint	lebar		Cek
Lantai	di (m)	di/di+1	status
5	28,8	0	Regular
4	28,8	37,44	Regular
3	28,8	37,44	Regular
2	28,8	37,44	Regular
1	28,8	37,44	Regular

Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Type 3 arah Y

Joint	lebar		Cek
Lantai	di (m)	di/di+1	status
5	28,8	0	**Regular**
4	28,8	37,44	**Regular**
3	28,8	37,44	**Regular**
2	28,8	37,44	**Regular**
1	28,8	37,44	**Regular**

d. Ketidakberaturan Type 4 : Diskontinuitas

Karena tidak dijumpai kolom portal yang diskontinu dari atap hingga pilecap maka status nya regular.

e. Ketidakberaturan Type 5 : Tingkat Lemah

Ta1 = 0,814 detik

Ta2 (Cu Ta) = 1,139 detik

Ta SAP2000 = 1,150 detik

Ta diambil = 1,139 detik

K_2 = $K_1 + (T_2-T_1)/2$

= 1 + (1,139- 0,5)/2

= 1,3195

Tabel 5. 20 Ketidakberaturan Type 5

Lantai	W (kN)	h	K	W.h^k	Cv	Vx	Vi/Vi+1	status
5	7856,03	24	1,315	513075,3918	0,244515	0,244515	0	Regular
4	11514,1	20	1,315	591675,1428	0,281973	0,526488	2,153193	Regular
3	11514,1	16	1,315	441211,3309	0,210267	0,736755	1,399376	Regular
2	11514,1	12	1,315	302240,1935	0,144038	0,880792	1,195503	Regular
1	16241,2	8	1,315	250138,2538	0,119208	1	1,135341	Regular

Adapun hasil rekapitulasi ketidakberaturan vertikal dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. 21 Ketidakberaturan Type 5

Rekapitulasi Ketidakberaturan	
Type	Vertikal
1	Regular
2	Regular
3	Regular
4	Regular
5	Regular

2. Ketidakberaturan Horizontal

Struktur-struktur yang didesain untuk kategori desain seismik sebagaimana yang terdapat dalam tabel 13 SNI 1726-2019 harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam Gambar 4.1 diatas.

Dari penjelasan diatas maka perhitungan mengenai ketidakberaturan horizontal dibagi menjadi 5 type yaitu:

a. Ketidakberaturan Horizontal Type 1 : Torsi

Tabel 5. 22 Ketidakberaturan Horizontal Type 1 arah EX

Lantai	δ A	δ B	Δ A	Δ B	Δ Avg	Δ Max	Δ Max / Δ Avg	status
6	0,04162	0,05199	0,003	0,004	0,003	0,004	1,106	Regular
5	0,03877	0,04846	0,005	0,006	0,005	0,006	1,107	Regular
4	0,03388	0,04239	0,007	0,008	0,007	0,008	1,105	Regular
3	0,02726	0,03422	0,008	0,010	0,009	0,010	1,103	Regular
2	0,01922	0,02432	0,011	0,014	0,013	0,014	1,112	Regular
1	0,00804	0,01033	0,008	0,010	0,009	0,010	1,125	Regular

Tabel 5. 23 Ketidakberaturan Horizontal Type 1 arah EY

Lantai	δ A	δ B	Δ A	Δ B	Δ Avg	Δ Max	Δ Max / Δ Avg	status
6	0,043296	0,053858	0,003	0,004	0,003	0,004	1,093	Regular
5	0,040286	0,050233	0,005	0,006	0,006	0,006	1,104	Regular
4	0,035185	0,043952	0,007	0,009	0,008	0,009	1,108	Regular
3	0,028308	0,035404	0,008	0,010	0,009	0,010	1,110	Regular
2	0,019955	0,02498	0,012	0,014	0,013	0,014	1,111	Regular
1	0,008373	0,010493	0,008	0,010	0,009	0,010	1,112	Regular

b. Ketidakberaturan Horizontal Type 2 : sudut dalam

Karena layout gedung memiliki bentuk persegi dan simetris dan tidak memiliki sudut dalam, Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketidakberaturan horizontal type 2 dalam kondisi regular.

c. Ketidakberaturan Horizontal Type 3 : diskontiunitas diaphragm

Tabel 5. 24 Perhitungan diskontiunitas diaphragma

Luas Diaphragma					
No	Grid		Dimensi (m)		A (m2)
1	A~E	1~5	28,8	28,8	829,44
Luas Total Diaphragma					829,44
Luas Void					
No	Grid		Dimensi (m)		A (m2)
1	A~B	4~5	4	7.2	28.8
2	D~E	1~2	4	7,2	28,8
Luas Total Void					57,6

Luas Total = Luas Total Diaphragma - Luas Total Void

= 829,44 – 57,6

= 771,84 m^2

% Luas Void = (Luas Total Void / Luas Total Diaphragma) x 100

$= (\frac{829,44}{57,6})$ x 100%

= 6,94 %

Karena % Luas Void kurang dari 50 % maka termasuk Regular.

d. Ketidakberaturan Horizontal Type 4 : pergeseran tegak lurus bidang

Karena bentuk gedung yang direncanakan tidak ada yang berbelok maka termasuk regular.

e. Ketidakberaturan Horizontal Type 5 : non paralel

Karena bentuk gedung yang direncanakan paralel bahkan ortogonal maka termasuk regular.

Adapun hasil rekapitulasi ketidakberaturan vertikal dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 5. 25 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal

Rekapitulasi Ketidakberaturan	
Type	Horizontal
1	Regular
2	Regular
3	Regular
4	Regular
5	Regular

3. Analisis Model Respon Spektrum

Berikut adalah langkah-langkah analisis beban model spektrum untuk beban gempa dinamik.

a. Medefinisikan Respon Spektrum

Diketahui data perhitungan beban respon spektrum bab 2:

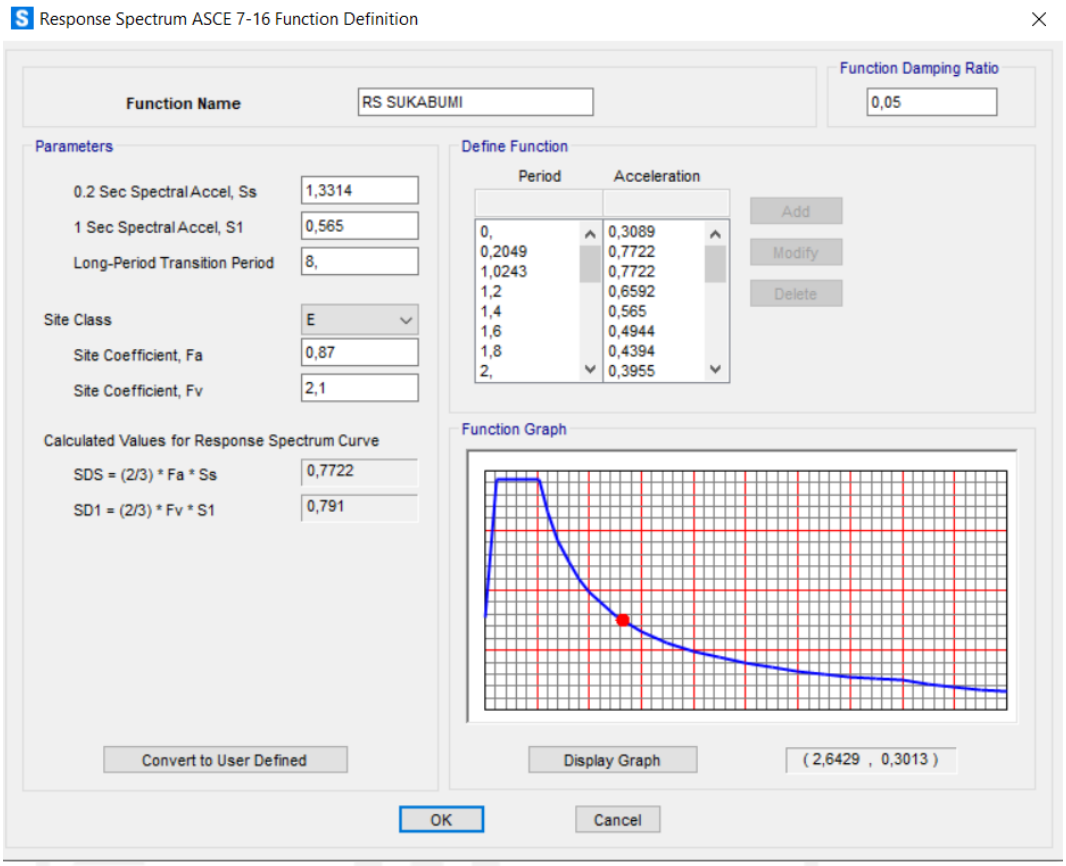
Ss = 1,3314 detik

S1 = 0,565 detik

TL = 8 detik

Kelas situs = E

Klik Define → Function → Respon Spektrum → Type : ASCE 7-16 → masukan data diatas → Name : RS SUKABUMI



Gambar 5. 57 Respon Spektrum

b. Medefinisikan Load Case Respon Spektrum

Diketahui data :

I = 1,5

R = 8

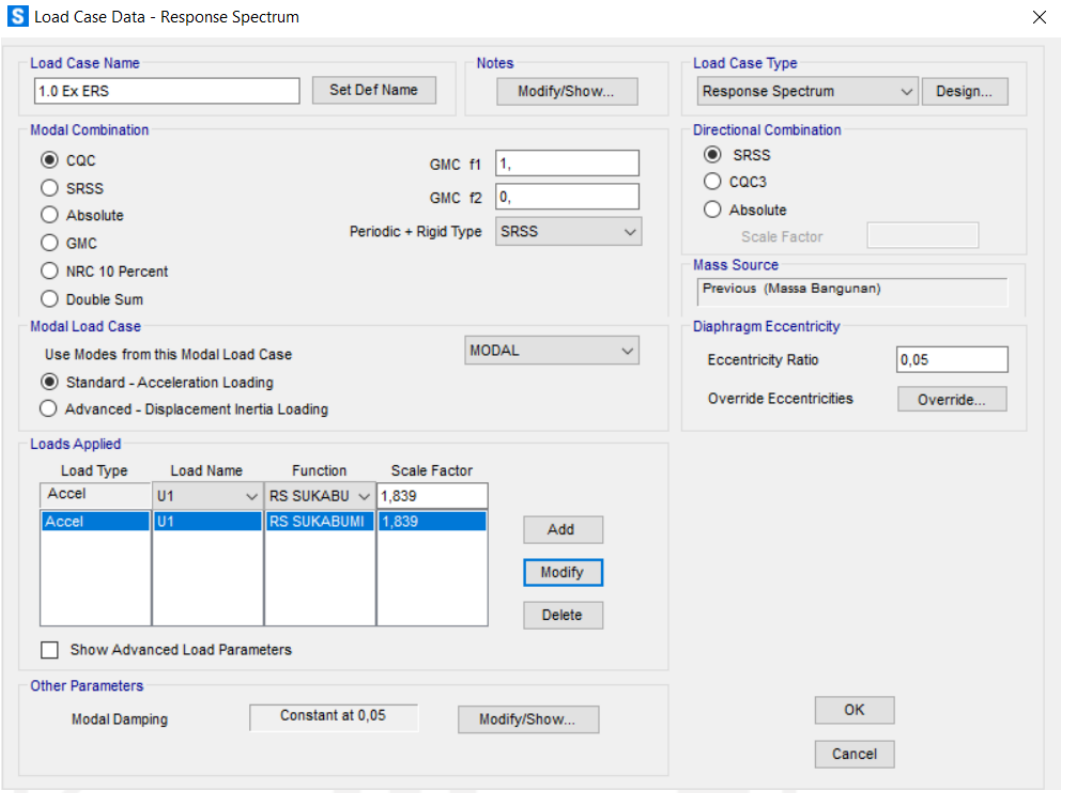
Scale Factor (I/R) = 1,5/8

= 0,1875 g

= 0,1875 x 9.81

= 1,839

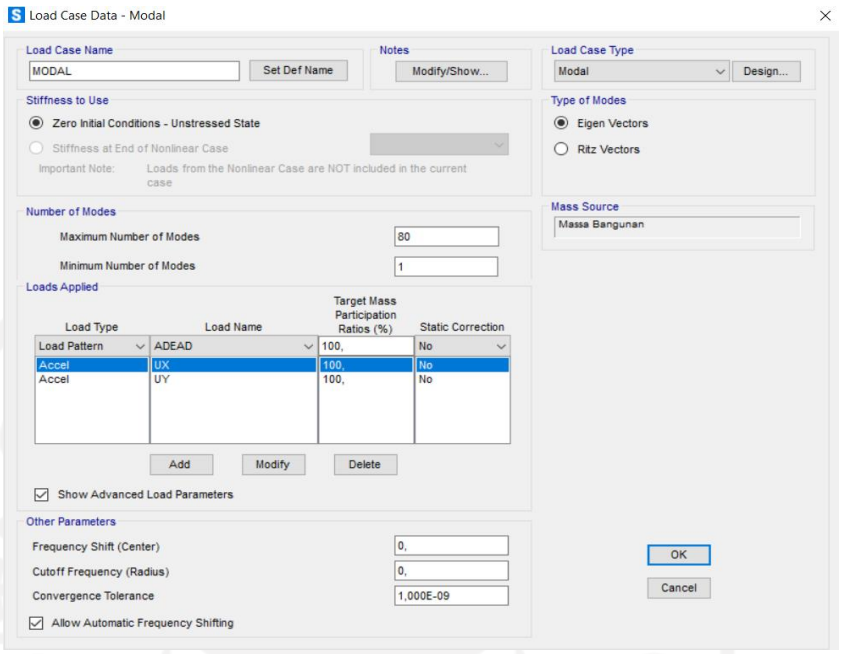
Klik Define → Load Case → Add New Load Case → Type : Respon Spektrum → Load Case Name : Ex_RS dan Ey_RS → Modal Combination : CQC → Load Name : U1 (untuk Ex_RS) dan U2 (untuk Ey_RS) → Scale Factor : 1,839



Gambar 5. 58 Load Case Data – Response Spectrum

c. Menginput dalam Modal Analisis

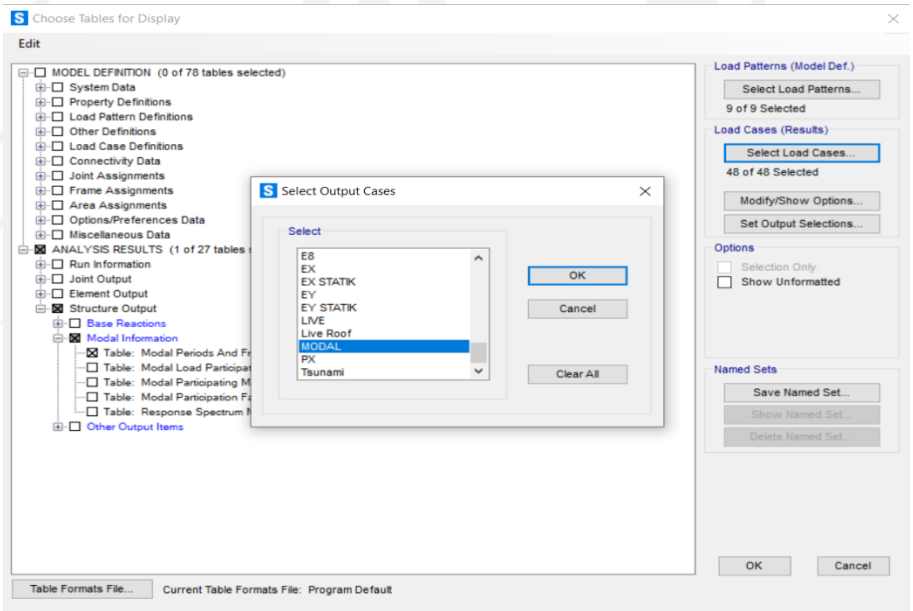
Klik Define → Load Case → Modal → Mass Source : Massa Bangunan → Maximum Number of Modes : 80.



Gambar 5. 59 Load Case Data – Modal

d. Mengecek Modal Combination CQC

Run Analisis → Display → Show Tables →Analysis Results → Structure Output → Modal Information → Modal Period And Frequencies → Select Load Case Modal → Ok → Export Table. Maka perhitungan seperti dibawah ini.



Gambar 5. 60 Export Analysis Results Table

Berikut adalah hasil report nilai analisa modal dengan *number of mode* sebesar 80.

Tabel 5. 26 Modal Periode dan Frekuensi

TABLE: Modal Periods And Frequencies					
OutputCase	**StepType**	**StepNum**	**Period**		
Text	Text	Unitless	Sec	selisih (%)	avg
MODAL	Mode	1	1,44906	2%	2%
MODAL	Mode	2	1,423328	5%	
MODAL	Mode	3	1,346497	68%	
MODAL	Mode	4	0,429668	2%	
MODAL	Mode	5	0,422273	4%	
MODAL	Mode	6	0,404585	44%	
MODAL	Mode	7	0,226552	2%	
MODAL	Mode	8	0,22268	2%	
MODAL	Mode	9	0,217223	30%	
MODAL	Mode	10	0,151405	2%	
MODAL	Mode	11	0,148762	1%	
MODAL	Mode	12	0,147741	1%	
MODAL	Mode	13	0,146163	2%	
MODAL	Mode	14	0,143724	4%	
MODAL	Mode	15	0,137629	0%	
MODAL	Mode	16	0,137239	4%	
MODAL	Mode	17	0,131457	1%	
MODAL	Mode	18	0,130515	1%	
MODAL	Mode	19	0,129467	1%	
MODAL	Mode	20	0,128321	3%	
MODAL	Mode	21	0,124036	0%	
MODAL	Mode	22	0,123916	1%	
MODAL	Mode	23	0,122852	1%	
MODAL	Mode	24	0,121056	0%	

TABLE: Modal Periods And Frequencies					
OutputCase	**StepType**	**StepNum**	**Period**		
Text	Text	Unitless	Sec	selisih (%)	avg
MODAL	Mode	25	0,120768	0%	
MODAL	Mode	26	0,120586	1%	
MODAL	Mode	27	0,119781	0%	
MODAL	Mode	28	0,119314	1%	
MODAL	Mode	29	0,118432	0%	
MODAL	Mode	30	0,118393	1%	
MODAL	Mode	31	0,117742	0%	
MODAL	Mode	32	0,117586	0%	
MODAL	Mode	33	0,117075	0%	
MODAL	Mode	34	0,116979	0%	
MODAL	Mode	35	0,116818	1%	
MODAL	Mode	36	0,116152	0%	
MODAL	Mode	37	0,115844	0%	
MODAL	Mode	38	0,115567	0%	
MODAL	Mode	39	0,115125	0%	
MODAL	Mode	40	0,114931	0%	
MODAL	Mode	41	0,114664	0%	
MODAL	Mode	42	0,114264	0%	
MODAL	Mode	43	0,114091	0%	
MODAL	Mode	44	0,113833	0%	
MODAL	Mode	45	0,113455	0%	
MODAL	Mode	46	0,11316	0%	
MODAL	Mode	47	0,113044	0%	
MODAL	Mode	48	0,113005	0%	
MODAL	Mode	49	0,112692	0%	
MODAL	Mode	50	0,112386	0%	
MODAL	Mode	51	0,112369	0%	

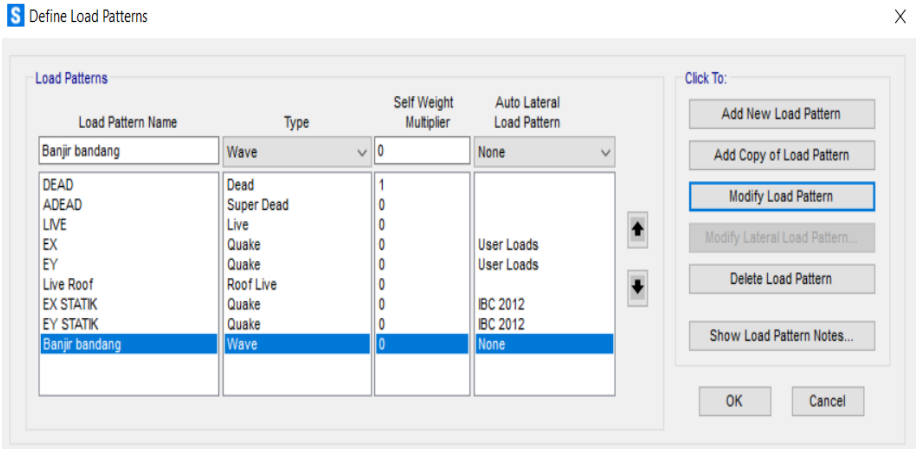
TABLE: Modal Periods And Frequencies					
OutputCase	**StepType**	**StepNum**	**Period**		
Text	Text	Unitless	Sec	selisih (%)	avg
MODAL	Mode	52	0,112324	0%	
MODAL	Mode	53	0,112245	0%	
MODAL	Mode	54	0,112072	0%	
MODAL	Mode	55	0,111832	0%	
MODAL	Mode	56	0,111771	0%	
MODAL	Mode	57	0,11158	0%	
MODAL	Mode	58	0,111365	0%	
MODAL	Mode	59	0,111267	0%	
MODAL	Mode	60	0,11095	0%	
MODAL	Mode	61	0,110608	0%	

Dari tabel diatas didapatkan hasil selisih modal periode rata-rata tiap lantai sebesar 2%, termasuk dalam kategori yang berdekatan sehingga modal combinationnya merupakan type CQC (Complete Quadratic Combination).

4. Input beban banjir bandang

a. Mendefinisikan beban banjir bandang

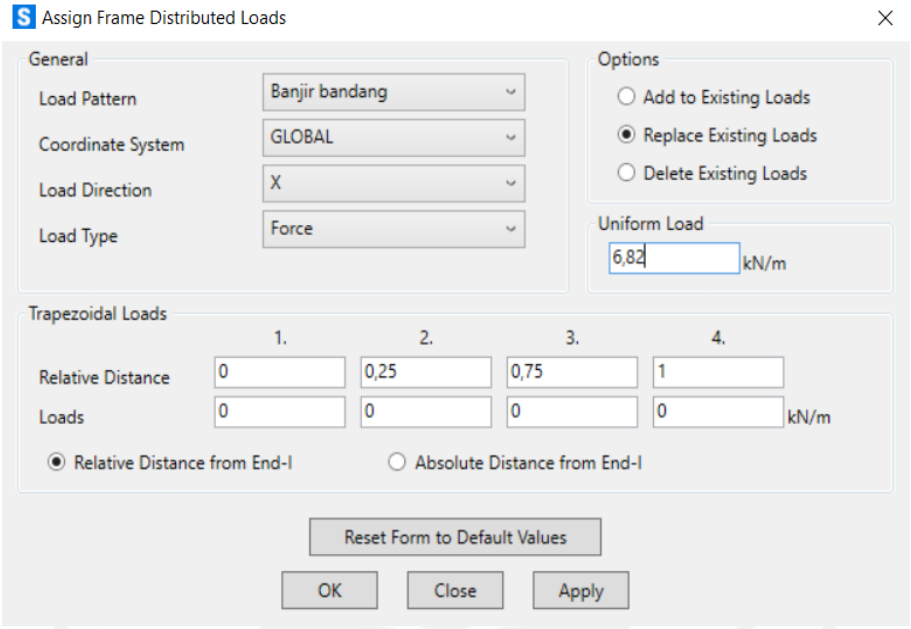
Mendefinisikan beban banjir bandang Klik Define → Load Pattern → set type " wave " → ok.



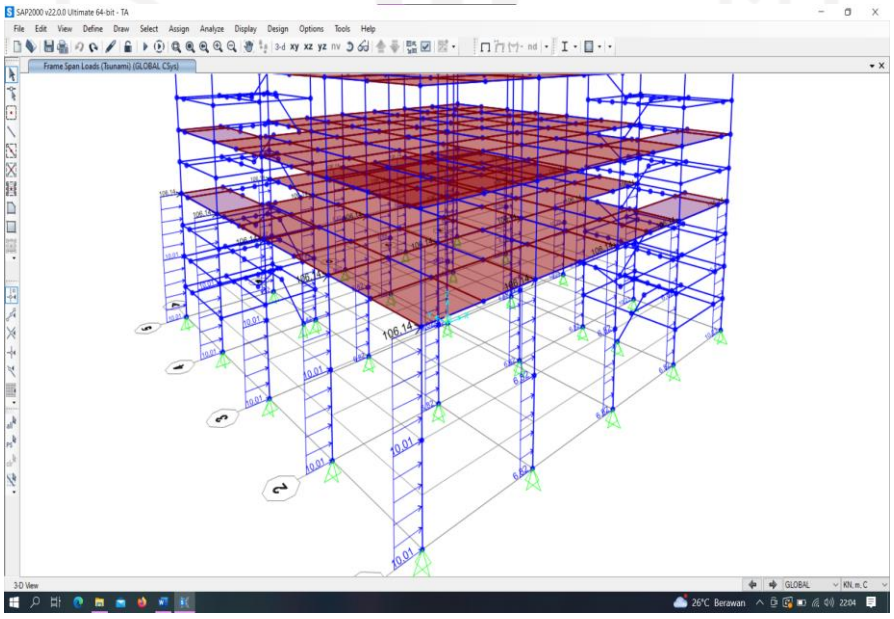
Gambar 5. 61 Define Beban Banjir Bandang

b. Input beban banjir bandang

Klik Assign → Frame Load → Distributed → input masing-masing beban yang sudah diperhitungkan diawal.



Gambar 5. 62 Input Beban Banjir Bandang



Gambar 5. 63 Hasil *Input* Beban Banjir Bandang

5. Simpangan Antar Lantai

Penskalaan Simpangan

Data diketahui :

S1 = 0,565 detik

I = 1,5

R = 8

W (Berat Bangunan) = 58639,39 kN

CS $= \frac{0{,}5\ S1}{(\frac{R}{I})}$ (Pers 35 SNI 1726-2019)

$= \frac{0{,}5\ x\ 0{,}565}{(\frac{8}{1})}$

= 0,053

Cs x W = 0,053 x 58639,39

= 3106,1 kN

Vt_RSx (dari SAP2000) = 5026,955 kN

Vt_Rsy (dari SAP2000) = 5091,187 kN

Fs simpangan x $= \frac{Cs\ x\ W}{(Vt_RSx)}$

$= \frac{3106{,}1}{5026{,}955}$

= 0,593

Fs simpangan y $= \frac{Cs\ x\ W}{(Vt_{RSx})}$

$= \frac{3106{,}1}{5091{,}187}$

= 0,585

6. Mencari Center Of Mass

Run Analysis → Display → Show Tables → Model Definition → Load Pattern Defination → Auto Seismic - User Loads → Select Loads Ex/Ey.

	LoadPat Text	AutoLdType	Diaphragm Text	DiaphragmZ	FX KN	FY KN	FZ KN	MX KN-m	MY KN-m	MZ KN-m	X m	Y m	Z m
▸	EX	USER LOADS	DIAPH1_24.	24	1828,96	0	0	0	0	-3,73E-13	-0,00223	0,01076	24
	EX	USER LOADS	DIAPH1_20.	20	1473,56	0	0	0	0	2,736E-13	-0,01978	-0,01893	20
	EX	USER LOADS	DIAPH1_16.	16	1098,83	0	0	0	0	-3,002E-13	-0,01978	-0,01893	16
	EX	USER LOADS	DIAPH1_12.	12	752,73	0	0	0	0	-1,474E-13	-0,01978	-0,01893	12
	EX	USER LOADS	DIAPH1_8.	8	621,397	0	0	0	0	5,596E-14	-0,0906	0,02168	8
	EY	USER LOADS	DIAPH1_24.	24	0	1282,96	0	0	0	9,223E-13	-0,00223	0,01076	24
	EY	USER LOADS	DIAPH1_20.	20	0	1473,56	0	0	0	5,255E-13	-0,01978	-0,01893	20
	EY	USER LOADS	DIAPH1_16.	16	0	1098,83	0	0	0	-4,7E-14	-0,01978	-0,01893	16
	EY	USER LOADS	DIAPH1_12.	12	0	752,73	0	0	0	-3,608E-13	-0,01978	-0,01893	12
	EY	USER LOADS	DIAPH1_8.	8	0	621,397	0	0	0	-7,593E-14	-0,0906	0,02168	8

Gambar 5. 64 Nilai Pusat Massa Bangunan

Didapatkan nilai pusat massa dititik x = -0,01978 m dan y = -0,01893 m

7. Analisis Simpangan di Pusat Massa

Ubah Joint restaint menjadi sendi → Run Analysis → Pilih Joint di pusat massa tiap lantai → Display → Show Tables → Model Definition → Connectivity Data → Joint Coordinates → Analysis Result → Joint Output → Displacement → Select Load Ex_RS dan Ey_RS → Export Table.

Berikut adalah contoh perhitungan pada simpangan antar lantai arah X.

a. U1 = simpangan antar lantai (SAP) x Faktor skala x $\frac{Cd}{Ie}$

= 0,100 x 0,592 x $\frac{5,5}{1,5}$

= 0,217 m.

b. Δ = U1 lantai x – U1 lantai (x-1)

= 0,2174 – 0,2108

= 0,006 m

c. Δ ijin = hx x 2%

= 4 x 2%

= 0,08

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi dalam *checking* simpangan antar lanta

Tabel 5. 27 Simpangan Arah X

Lantai	OutputCase	U1	F.Skala	Cd/I	U1	Δ	Hx	Δijin	ρ	Δijin/ρ	Status
		m			m	m	M	M			
5	Ex ERS	0,100066	0,61788	3,666667	0,226706	0,006867	4	0,08	1	0,08	OK
4	Ex ERS	0,097035	0,61788	3,666667	0,219839	0,01343	4	0,08	1	0,08	OK
3	Ex ERS	0,091107	0,61788	3,666667	0,206408	0,020947	4	0,08	1	0,08	OK
2	Ex ERS	0,081861	0,61788	3,666667	0,185461	0,034171	4	0,08	1	0,08	OK
1	Ex ERS	0,066778	0,61788	3,666667	0,15129	0,15129	8	0,16	1	0,16	OK

Tabel 5. 28 Simpangan Arah Y

Lantai	OutputCase	U2	F.Skala	Cd/I	U2	Δ	hx	Δijin	ρ	Δijin/ρ	Status
		m			m	m	M	m			
5	Ey ERS	0,070554	0,610085	3,666667	0,157828	0,006753	4	0,08	1	0,08	OK
4	Ey ERS	0,067535	0,610085	3,666667	0,151074	0,013183	4	0,08	1	0,08	OK
3	Ey ERS	0,061642	0,610085	3,666667	0,137892	0,01999	4	0,08	1	0,08	OK
2	Ey ERS	0,052706	0,610085	3,666667	0,117902	0,027586	4	0,08	1	0,08	OK
1	Ey ERS	0,040374	0,610085	3,666667	0,090316	0,090316	8	0,16	1	0,16	OK

8. Pengaruh P-Delta

Adapun pengaruh P-Delta dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. 29 P-Delta arah X

Lantai	Joint	Px	Vx	Ie	Cd	θ	Θmaks	Status	Status 2
	Text	kN	kN						
5	177	9391,22	1441,38	1,5	5,5	0,002542	0,121	OK	No P-delta
4	284	25485	3410,86	1,5	5,5	0,005702	0,121	OK	No P-delta
3	254	41578,7	5122,2	1,5	5,5	0,009661	0,121	OK	No P-delta
2	224	57672,5	6570,49	1,5	5,5	0,017042	0,121	OK	No P-delta
1	194	79254,2	8002,89	1,5	5,5	0,042564	0,121	OK	No P-delta

Tabel 5. 30 P-Delta arah Y

Lantai	Joint	Px	Vx	Ie	Cd	θ	Θmaks	Status	Status 2
	Text	kN	kN						
5	177	9391,22	1457,27	1,5	5,5	0,002473	0,121	OK	No P-delta
4	284	25485	3428,85	1,5	5,5	0,005567	0,121	OK	No P-delta
3	254	41578,7	5137,37	1,5	5,5	0,009192	0,121	OK	No P-delta
2	224	57672,5	6581,26	1,5	5,5	0,013735	0,121	OK	No P-delta
1	194	79254,2	8002,89	1,5	5,5	0,02541	0,121	OK	No P-delta

9. Penskalaan gaya gempa untuk diambil gaya dalam

Sebelum diambil nilai gaya dalam maka perlu dilakukan penskalaan gaya gempa dengan nilai Periode sesuai ketentuan dalam SNI 1726-2019. Dimana perhitungan penskalaan gaya gempa adalah sebagai berikut.

a. T sap kondisi retak = 1,139 detik

b. Cs1 $= \frac{SDsr}{\frac{R}{Ie}}$

$= \frac{0,77}{\frac{8}{1,5}}$

= 0,144 g

c. Cs *max* $= \frac{SD1r}{T\ x\ \frac{R}{Ie}}$

$= \frac{0,78}{1,139\ x\ \frac{8}{1,5}}$

= 0,128 g

d. Cs min = 0,444 x SDsr x Ie

= 0,444 x 0,77 x 1,5

= 0,050 g

e. Cs pakai = 0,128 g

f. Nilai V = Cs pakai x Berat Bangunan Total

= 0,088 x 58639,3 kN

= 7526,28 kN

g. Vtx = 5026,955 kN

h. Vty = 5091,187 kN

i. FSx = Vtx x Faktor skala RS

= 5026,955 x 1,839

= 1,497

j. FSy = Vty x Faktor skala RS

= 5091,187 x 1,839

= 1,478

k. FS input X = FSx x Faktor skala RS

= 1,497 x 1,839

= 2,753

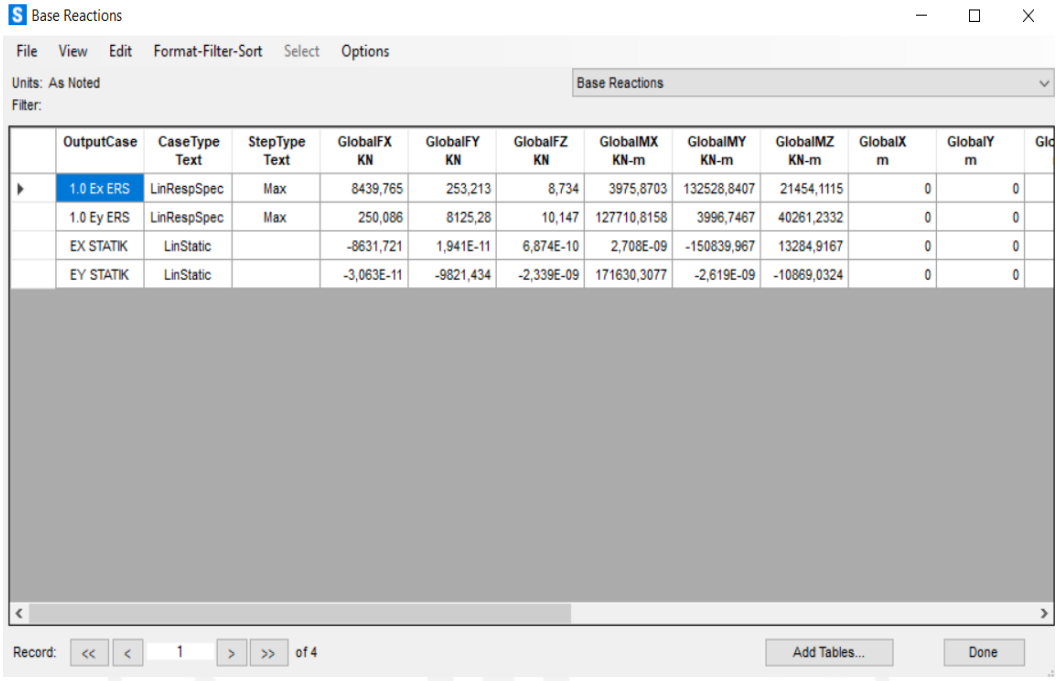
l. FS input Y = FSy x Faktor skala RS

= 1,478 x 1,839

= 2,719

10. Checking penskalaan gaya gempa

Run program → Show table → Analysis results → Structure output → Base reactions → Select load case → select beban gempa respon spectrum dan beban gempa static → ok.



OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	Glo
1.0 Ex ERS	LinRespSpec	Max	8439,765	253,213	8,734	3975,8703	132528,8407	21454,1115	0	0	
1.0 Ey ERS	LinRespSpec	Max	250,086	8125,28	10,147	127710,8158	3996,7467	40261,2332	0	0	
EX STATIK	LinStatic		-8631,721	1,941E-11	6,874E-10	2,708E-09	-150839,967	13284,9167	0	0	
EY STATIK	LinStatic		-3,063E-11	-9821,434	-2,339E-09	171630,3077	-2,619E-09	-10869,0324	0	0	

Gambar 5. 65 Export Analysis Results Beban Statik dan Respon Spektrum

Dari hasil running beban gempa didapatkan hasil bahwa nilai respon spektrum arah X sebesar 8439,765 kN dan untuk arah Y didapatkan hasil sebesar 8125,28 kN. Untuk beban statik arah X didapatkan nilai sebesar -8631,721 dan untuk arah Y didapatkan nilai sebesar -9821,434. Sesuai pedoman SNI bahwa selisih nilai antara beban gempa respon spektrum dan statik ekuivalen harus sama dengan 0. Berikut adalah perhitungan selisih antara beban gempa respon spektrum dan beban gempa statik ekuivalen.

Ex RS = 8439,765 kN

Ey RS = 8125,28 kN

Ex statik = -8631,721 kN

Ey statik = -9821,434 kN

$\Delta Ex = \frac{\text{absolut(Ex statik)}}{\text{Ex RS}}$

$= \frac{8631,721}{8439,765}$

$= 1,0227$

$\Delta Ey = \frac{\text{absolut(Ey statik)}}{\text{Ey RS}}$

$= \frac{9821,434}{8125,28}$

$= 1,208$

Fs X input akhir = FX input X x (ΔEx)

= 2,753 x 1,0227

= 2,815

Fs Y input akhir = FX input Y x (ΔEy)

= 2,719 x 1,208

= 3,286

11. Checking simpangan antar lantai.

Setelah didapatkan faktor skala akhir untuk penskalaan gaya gempa maka perlu dilakukan checking simpangan antar lantai dengan cara nilai ΔEx dan nilai ΔEy dikalikan dengan dengan nilai Δ pada perhitungan simpangan antar lantai sebelumnya. Berikut adalah hasil perhitungan nilai simpangan antar lantai:

Tabel 5. 31 Simpangan Arah X1

Lantai	OutputCase	U1	F.Skala	Cd/I	U1	Δ	hx	Δijin	ρ	Δijin/ρ	Status
	Text	m			m	M	m	m			
5	Ex ERS	0,100066	0,61788	3,666667	0,226706	0,0065	4	0,08	1	0,08	OK
4	Ex ERS	0,097035	0,61788	3,666667	0,219839	0,0128	4	0,08	1	0,08	OK
3	Ex ERS	0,091107	0,61788	3,666667	0,206408	0,0195	4	0,08	1	0,08	OK
2	Ex ERS	0,081861	0,61788	3,666667	0,185461	0,2717	4	0,08	1	0,08	OK
1	Ex ERS	0,066778	0,61788	3,666667	0,15129	0,0900	8	0,16	1	0,16	OK

Tabel 5. 32 Simpangan Arah Y2

Lantai	OutputCase	U2	F.Skala	Cd/I	U2	Δ	hx	Δijin	ρ	Δijin/ρ	Status
	Text	m			m	M	m	m			
5	Ey ERS	0,070554	0,610085	3,666667	0,157828	0,0078	4	0,08	1	0,08	OK
4	Ey ERS	0,067535	0,610085	3,666667	0,151074	0,0152	4	0,08	1	0,08	OK
3	Ey ERS	0,061642	0,610085	3,666667	0,137892	0,0231	4	0,08	1	0,08	OK
2	Ey ERS	0,052706	0,610085	3,666667	0,117902	0,0318	4	0,08	1	0,08	OK
1	Ey ERS	0,040374	0,610085	3,666667	0,090316	0,1049	8	0,16	1	0,16	OK

5.8 Desain Penulangan Pelat Lantai dan Atap

Dalam perancangan struktur terdapat perhitungan-perhitungan yang harus diperhatikan, salah satunya adalah perhitungan pada penulangan pelat lantai dan pelat atap. Berdasarkan Panjang bentangnya pelat tersebut terbagi dalam dua kategori yaitu dua arah dan satu arah. Adapun perhitungan pada penulangan pelat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti panjang bentang pelat. Berikut ini akan dibahas perhitungan-perhitungan untuk mendapatkan penulangan sesuai dengan aturan yang berlaku. Dalam perencanaan pelat diperlukan perhitungan momen ultimate pelat berdasarkan beban hidup dan beban mati yang sudah dihitung sebelumnya. Adapun perhitungan beban ultimate adalah sebagai berikut.

Beban ultimate merupakan kombinasi beban terfaktor dari beban mati (QD) dan beban hidup (QL) sesuai dengan SNI 2847-2019 didapat kombinasi beban sebagai berikut.

QU = 1,2QD + 1,6QL

Keterangan:

QU = beban ultimit terfaktor (kN/m^2)

QD = beban mati (kN/m^2)

QL = beban hidup (kN/m^2)

Sehingga dengan mengunakan persamaan tersebut beban ulitmate (QU) didapatkan rekapitulasi sebagai berikut.

Tabel 5. 33 Rekapitulasi Beban Ultimate

FUNGSI	QD (kN/m2)	QL (kN/m2)	1.2 QD + 1.6 QL	SATUAN
Ruangan (kursi dapat di pindahkan)	6,06	4,79	14,93	kN/m^2
Panggung pertemuan	6,06	4,79	14,93	kN/m^2
Atap	5,01	2,88	10,62	kN/m^2

5.8.1 Penulangan Pelat Lantai

Berdasarkan Gambar 5.1 pada perhitungan pelat lantai dibedakan menjadi dua yaitu pelat satu arah dan dua arah. Pada masing-masing kondisi pelat tersebut terdapat dua daerah yang berbeda yaitu penulangan daerah tumpuan dan penulangan daerah lapangan. Adapun contoh perhitungan penulangan pelat lantai satu arah daerah tumpuan dan Penulangan pelat lantai dua arah daerah tumpuan arah x sebagai berikut.

1. Penulangan pelat lantai satu arah

   a. Penulangan pelat lantai satu arah (tumpuan)

Fc’	= 30 MPa
Ec	= 4700 x $\sqrt{f'c}$
	= 4700 x $\sqrt{30}$
	= 25742,960 MPa
Ey	= 200000 MPa
Fy 1	= D pokok > 12 = 420 MPa
Fy 2	= D pokok < 12 = 395 MPa (dipilih)
β	= 0,85 - ((fc’-28)/7) x 0,05
	= 0,85 – ((30 – 28)/7) x 0,05
	= 0,8357
Ɛcu	= 0,003
Ɛy	= $\frac{fy}{Ey}$
	= $\frac{395}{Ey}$
	= 0,001975
Ly	= 7200 mm
Lx	= 3200 mm
D pokok	= 10 mm
D susut	= 8 mm
H pelat	= 160 mm
Sb	= 20 mm

ds = 25 mm

d = H pelat – ds

= 160 – 25

= 135 mm

Qu = 1,2 Qd + 1,6 Ql

= 1,2 (6,06) + 1,6 (4,79)

= 14,94 kN/m^2

$\frac{Ly}{Lx}$ = 2,25 (Pelat satu arah)

$\frac{1}{2}$ BI1Y = $\frac{1}{2}$ 450

= 225 mm

$\frac{1}{2}$ BI2X = $\frac{1}{2}$ 400

= 225 mm

Lnx = Lx – ($\frac{1}{2}$ BI1Y+ $\frac{1}{2}$ BI2X)

= 3200 – (225+225)

= 2750 mm

Mu tum (-) = $\frac{1}{16}$ x Qu x Ln^2

= $\frac{1}{16}$ x 14,94 x 2750^2

= 7,059 kNm

Mu lap (+) = $\frac{1}{10}$ x Qu x Ln^2

= $\frac{1}{10}$ x 14,94 x 2750^2

= 11,29 kNm

Mu tum (-) = $\frac{1}{16}$ x Qu x Ln^2

= $\frac{1}{16}$ x 14,94 x 2750^2

= 7,059 kNm

Vu = 0,5 x Qu x Ln

= 0,5 x 14,94 x 2750

= 20,459 kN

Φ geser = 0,75

Vn = 0,17 x $\sqrt{f'c}$ x bw x d

= 0,17 x $\sqrt{30}$ x 1000 x 135

= 125702,32 N

ΦVn = 0,75 x Vn

= 0,75 x 125702,32

= 94276,74 N

= 94,27 kN

Perhitungan pada daerah tumpuan

Mu tum (-) = 7,059 kNm

Φ lentur = 0,9

Mn = $\frac{\text{Mu tum (−)}}{\text{Φ lentur}}$

= $\frac{7,059}{0,9}$

= 7,84 kNm

= 7843993,05 Nmm

b = 1000 mm

d = 135 mm

Mencari nilai a dengan persamaan Mn = (0,85 x f'c x a x b) x (d - $\frac{a}{2}$)

a = 0,85 x fc' x b

= 0,85 x 30 x 1000

= 25500 a^2

b = -1,7 x f'c x b x d

= -1,7 x 30 x 1000 x 135

= -6885000 a

c = 2Mn

= 2 x 7843993,05

= 15687986,11

a1 = $\frac{(-b\text{^}2+(b^2-4 \text{ x a x c}))}{2 \text{ x a}}$

= $\frac{(-(-6885000\ a)\text{^}2+((-6885000\ a)^2-4 \text{ x } 25500 \text{ a2x } 15687986,11))}{2 \text{ x } 25500}$

= 2,29 mm

a2 $= \frac{(-b^2-(b^2-4 \text{ x a x c}))}{2 \text{ x a}}$

$= \frac{(-(-6885000 \text{ a})^2-((-6885000 \text{ a})^2-4 \text{ x } 25500 \text{ a2x } 15687986{,}11))}{2 \text{ x } 25500}$

= 267,70 mm

a = 2,29 (diambil a terkecil)

Ts = As x Fy

Cc = 0,85 x fc' x a x b

As min 1 = 0,002 Ag

= 0,002 x 1000 x 160

= 320 mm^2

As tulangan pokok = 0,85 x fc' x a x $\frac{b}{fy}$

= 0,85 x 30 x 2,29 x $\frac{1000}{395}$

= 148,36 mm^2

As balance = 0,85 x β1 x $\frac{fc\prime}{fy}$ x $\frac{600}{(600+\text{fy})}$ x (b x d)

= 0,85 x 0,835 x $\frac{30}{395}$ x $\frac{600}{(600+395)}$ x (135 x 1000)

= 4392,01 mm^2

As maks = 0,75Asb

= 0,75 x 4392,01

= 3294,00 mm^2

As pakai = 320 mm^2

As tulangan = 0,25 x π x d^2

= 0,25 x π x 10^2

= 78,54 mm^2

s $= \frac{\text{As tul x b}}{As\ pakai}$

$= \frac{78{,}54 \text{ x } 1000}{320}$

= 245,44 mm

s terpasang = 200 mm (pembulatan)

Checking tulangan pokok :

Luas tulangan yang terpasang = $\frac{\text{b}}{s\ digunakan}$ x As tulangan

= $\frac{1000}{200}$ x 78,54

= 392,70 mm

Kontrol jarak antar tulangan, s ≤ 2d = 2 x d

= 2 x 135

= 270 mm (OK)

Kontrol jarak antar tulangan, s ≤ 450 mm = 450 (OK)

Di dapatkan penulangan pokok P10-200

As susut = 0,002 x b x h

= 0,002 x 1000 x 160

= 320 mm^2

As tulangan = 0,5 x π x d^2

= 0,5 x π x 8^2

= 50,27 mm^2

s susut = $\frac{\text{As tulangan x b}}{As\ pakai}$

= $\frac{50,27 \text{ x } 1000}{320}$

= 157,08 mm^2

s susut terpasang = 150 mm

Checking tulangan susut :

Kontrol jarak tulangan susut, s ≤ 5d = 5d

= 5 x 135

= 675 mm < S terpasang(OK)

Kontrol jarak tulangan susut, s ≤ 450 mm = 450 < S terpasang (OK)

Di dapatkan penulangan susut P8-150

b. Penulangan pelat lantai satu arah (lapangan)

Untuk perhitungan penulangan pelat satu arah daerah lapangan Langkah sama hanya saja tinggal diganti pada bagian momen nya. Sehingga di dapatkan hasil penulangan sebagai berikut:

Di dapatkan penulangan pokok P10-200

Di dapatkan penulangan susut P8-150

2. Penulangan pelat lantai dua arah (PL 2A)

a. Penulangan pelat lantai dua arah (tumpuan arah X)

fc'	= 30 MPa
fy 2 (D<12mm)	= 395 MPa
fy 1 (D>12mm)	= 420 MPa
β	= 0,85 - ((fc'-28)/7) x 0,05
	= 0,85 – ((30 – 28)/7) x 0,05
	= 0,835
Ɛcu	= 0,003
D pokok	= 10 mm
D susut	= 8 mm
h pelat	= 150 mm
Sb	= 20 mm
ds	= Sb + 0,5 Dpokok
	= 20 + 0,5 (10)
	= 25
Ly	= 3600 mm
	= 3,6 m
Lx	= 3600 mm
	= 3 m
$\frac{Ly}{Lx}$	$= \frac{3600}{3600}$
	= 1
Lny	= Ly – ($\frac{1}{2}$ BI 1Y + $\frac{1}{2}$ BI 2X)
	= 3600 – (300+400)

= 3225 mm

Lnx = Ly – ($\frac{1}{2}$ BI 1Y + $\frac{1}{2}$ BI 2X)

= 3600 – (300+400)

= 3225 mm

Ln terpendek = 3225 mm

Qu = 1,2 Qd + 1,6 Ql

= 1,2 (6,06) + 1,6 (4,79)

= 14,936 kN/m^2

Mtx (-) = 0,001 x Qu x (Lx^2) x koefisien

= 0,001 x 14,936 x ($3,6^2$) x 52

= 10,07 kNm

Mlx (+) = -0,001 x Qu x (Lx^2) x koefisien

= -0,001 x 14,936 x ($3,6^2$) x 21

= -4,06 kNm

Mty (-) = 0,001 x Qu x (Ly^2) x koefisien

= 0,001 x 14,936 x ($3,6^2$) x 52

= 10,07 kNm

Mly (+) = -0,001 x Qu x (Ly^2) x koefisien

= -0,001 x 14,936 x ($3,6^2$) x 21

= -4,06 kNm

<u>Pehitungan Geser</u>

Vu = 0,5 x 1,15 x Qu x Ln

= 0,5 x 1,15 x 14,930 x 3,225

= 27,70 kN

d = h – ds

= 150 – 25

= 125 m

Vn = 0,17 x $\sqrt{f'c}$ x bw x d

= 0,17 x $\sqrt{30}$ x 1000 x 125

= 116391,04 N

Ø = 0,75

ØVn = 0,75 x Vn

= 0,75 x 116391,04

= 87293,28 N

= 87,29 kN

Dikarenakan vu<vn jadi tidak perlu tulangan geser

Mu = 10,07 kNm

Ø = 0,9

Mn = $\frac{Mu}{Ø}$

= $\frac{10,07}{0,9}$

= 11,18 kNm

= 11184076,80 Nmm

b = 1000 mm

d = 125 mm

a = 0,85 x fc' x b

= 0,85 x 30 x 1000

= 25500 a^2

b = -1,7 x fc' x b x d

= -1,7 x 30 x 1000 x 125

= -6375000 a

c = 2 Mn

= 2 (11184076,80)

= 22368153,60

a1 = $\frac{(-b\text{^}2+(b^2-4 \text{ x a x c}))}{2 \text{ x a}}$

= $\frac{(-(-6375000\ a)\text{^}2+((-6375000\ a)^2-4 \text{ x } 25500 \text{ a2x } 22368153,60\ ))}{2 \text{ x } 25500}$

= 3,56 mm

a2 = $\frac{(-b^2-(b^2-4 \text{ x a x c}))}{2 \text{ x a}}$

= $\frac{(-(-6375000\ a)^2-((-6375000\ a)^2-4 \text{ x } 25500 \text{ a2x } 22368153,60\ ))}{2 \text{ x } 25500}$

= 246,44 mm

a pakai = 3,56 mm

Mencari As dengan persamaan Ts = Cc

As min 1 = 0,002 Ag

= 0,002 x 1000 x 150

= 300 mm^2

As tulangan pokok = 0,85 x fc' x a x $\frac{b}{fy}$

= 0,85 x 30 x 3,56 x $\frac{1000}{395}$

= 229,78 mm^2

As balance = 0,85 x β1 x $\frac{fc\prime}{fy}$ x $\frac{600}{(600+fy)}$ x (b x d)

= 0,85 x 0,835 x $\frac{30}{395}$ x $\frac{600}{(600+395)}$ x (125 x 1000)

= 4066,67 mm^2

As maks = 0,75Asb

= 0,75 x 4066,67

= 3050 mm^2

As pakai = 300 mm^2

As tulangan = 0,25 x π x d^2

= 0,25 x π x 10^2

= 78,54 mm^2

s = $\frac{\text{As tul x b}}{As\ pakai}$

= $\frac{78,54 \text{ x } 1000}{300}$

= 261,8 mm

s terpasang = 200 mm (pembulatan)

Checking tulangan pokok :

Luas tulangan yang terpasang = $\frac{\text{b}}{s\ digunakan}$ x As tulangan

= $\frac{1000}{200}$ x 78,54

= 392,70 mm

Kontrol jarak antar tulangan, s ≤ 2d = 2 x d

= 2 x 125

= 250 mm (OK)

Kontrol jarak antar tulangan, s ≤ 450 mm = 450 (OK)

a terpasang $= \frac{(As \times fy)}{(0{,}85 \times fc' \times 1000)}$

$= \frac{(392{,}70 \times 395)}{(0{,}85 \times 30 \times 1000)}$

= 6,082 mm

c terpasang $= \frac{a}{\beta}$

$= \frac{6{,}802}{0{,}835}$

= 7,278 mm

Ɛy $= (Ɛcu \times \frac{d}{c}) - Ɛcu$

$= (0{,}003 \times \frac{125}{7{,}278}) - 0{,}003$

= 0,0485

Ɛt $= (Ɛcu \times \frac{d}{c}) - Ɛcu$

$= (0{,}003 \times \frac{125}{7{,}278}) - 0{,}003$

= 0,0485

Mn $= (As \times fy \times \frac{d-a}{2})/100000$

$= (392{,}70 \times 395 \times \frac{125-6{,}082}{2})/100000$

= 18,917 kNm

ØMn (0,9 Mn desain > MU) = 0,9 x 18,917

= 17,025 kNm > Mu

= 17,025 kNm > 10,03 (OK)

Di dapatkan penulangan pokok D10-200

As susut = 0,002 x b x h

= 0,002 x 1000 x 150

= 300 mm^2

As tulangan = 0,5 x π x d^2

= 0,5 x π x 8^2

= 50,27 mm^2

s susut $= \frac{\text{As tulangan x b}}{As\ pakai}$

$= \frac{50{,}27 \text{ x } 1000}{300}$

= 167,55 mm

s susut terpasang = 150 mm

Checking tulangan susut :

Kontrol jarak tulangan susut, s ≤ 5d = 5d

= 5 x 125

= 625 mm (OK)

Kontrol jarak tulangan susut, s ≤ 450 mm = 450 mm (OK)

Di dapatkan penulangan susut D8-200

b. Penulangan pelat lantai dua arah (Lapangan arah X)

Untuk perhitungan penulangan pelat dua arah daerah lapangan arah X Langkahnya sama, hanya saja tinggal diganti pada bagian momen nya. Sehingga di dapatkan hasil penulangan sebagai berikut:

Di dapatkan penulangan pokok P10-250

c. Penulangan pelat lantai dua arah (tumpuan arah Y)

Untuk perhitungan penulangan pelat dua arah daerah tumpuan arah Y Langkahnya sama, hanya saja tinggal diganti pada bagian momen nya. Sehingga di dapatkan hasil penulangan sebagai berikut:

Di dapatkan penulangan pokok P10-200

Di dapatkan penulangan susut P8-150

d. Penulangan pelat lantai dua arah (Lapangan arah Y)

Untuk perhitungan penulangan pelat dua arah daerah lapangan arah Y Langkahnya sama, hanya saja tinggal diganti pada bagian momen nya. Sehingga di dapatkan hasil penulangan sebagai berikut:

Di dapatkan penulangan pokok P10-250

Pada perhitungan pelat lantai dan pelat atap langkahnya sama saja, sehingga didapatkan rekaptiulasi perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5. 34 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah

REKAPITULASI PELAT 1 ARAH									
JENIS PELAT	TEBAL (mm)	TUL. TUMPUAN POKOK	TUL LAPANGAN POKOK	TUL. TUMPUAN SUSUT	TUL LAPANGAN SUSUT	Ly (As)	Lx (As)	Lny (Bersih)	Lnx (Bersih)
P. ATAP	130,00	P10-150	P10-150	P8-150	P8-150	7200,00	3600,00	6800,00	3200,00
P. LANTAI 1	150,00	P10-200	P10-200	P8-150	P8-150	7200,00	3600,00	6750,00	2750,00
P. LANTAI 2-4	150,00	P10-200	P10-200	P8-150	P8-150	7200,00	3200,00	6800,00	2800,00

Tabel 5. 35 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah (Arah X)

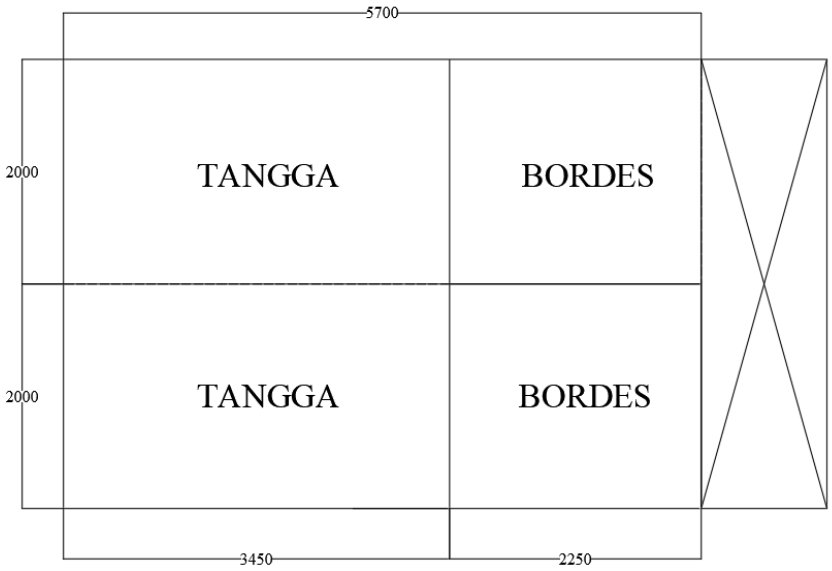
REKAPITULASI PELAT 2 ARAH (ARAH X)									
JENIS PELAT	TEBAL (mm)	TUL. TUMPUAN POKOK	TUL LAPANGAN POKOK	TUL. TUMPUAN SUSUT	TUL LAPANGAN SUSUT	Ly (As)	Lx (As)	Lny (Bersih)	Lnx (Bersih)
P. ATAP	130,00	P10-200	P10-200	P8-150	-	3600,00	3600,00	3250,00	3250
P. LANTAI 1	150,00	P10-200	P10-250	P8-150	-	3600,00	3600,00	3225,00	3225,00
P. LANTAI 2 - 4	150,00	P10-200	P10-250	P8-150	-	3600,00	3600,00	3250,00	3250,00

Tabel 5. 36 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah (Arah Y)

REKAPITULASI PELAT 2 ARAH (ARAH Y)									
JENIS PELAT	TEBAL (mm)	TUL. TUMPUAN POKOK	TUL LAPANGAN POKOK	TUL. TUMPUAN SUSUT	TUL LAPANGAN SUSUT	Ly (As)	Lx (As)	Lny (Bersih)	Lnx (Bersih)
P. ATAP	130,00	P10-200	P10-200	P8-150	-	3250,00	3250	3250,00	3250,00
P. LANTAI 1	150,00	P10-200	P10-250	P8-150	-	3600,00	3600,00	3225,00	3225,00
P. LANTAI 2 - 4	150,00	P10-250	P10-250	P8-150	-	3600,00	3600,00	3250,00	3250,00

5.9 Desain Penulangan Pelat Tangga

Daerah tangga dibentuk dengan 1 bordes, dan tinggi lantai sama, sehingga hanya terdapat 1 desain tangga untuk semua lantai.



Gambar 5. 66 Desain tangga

5.9.1 Estimasi Tangga

Tinggi lantai = 4 m

Lebar tangga = 2 m

Lebar antrede (a) = 0,3 m

Tinggi optrede (s) = 0,16 m

Syarat = 2s + a

= 0,62 m (OK!)

Total anak tangga = $\frac{Htingkat}{s} - 1$

$= \frac{400}{16} - 1$

= 24 anak tangga

Sudut kemiringan tangga = $\tan \frac{0,16}{0,30}$

= 28,07 derajat

Panjang tangga horizontal (L) = $\frac{a}{b}$ x hb

= $\frac{0,3}{0,30}$ x 2 m

= 3,75 m

Panjang bordes = Panjang ruang – Panjang ideal tangga

= 5,7 – 3,75

= 1,95 m

Panjang bordes sisi atas = Panjang bordes + a

= 1,95 + 0,3

= 2,25 m

Panjang pelat miring = $\sqrt{L^2 + hb^2}$

= $\sqrt{3,75^2 + 2^2}$

= 4,25 m

Panjang pelat (l) = Panjang pelat miring + c

= 4,25 + 2,25

= 6,5 m

Tebal pelat bordes = $\frac{L}{24}$

= $\frac{6,5}{24}$

= 27,083 mm

= 30 cm

Cos α = Cos (28,07)

= 0,88

Tebal anak tangga ekivalen (t1) = $\frac{1}{2}$ x s x Cos α

= $\frac{1}{2}$ x 0,16 x 28,07

= 7,05 cm

5.9.2 Pembebanan Tangga

Beban pada tangga terdapat 2 komponen, yaitu beban mati dan beban hidup. Adapun perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Beban mati (Qd)

   Qd tangga = B x t1 x ϒbeton

   = 2 x 0,00705 x 24

   = 3,39 $kN/_m$

2. Beban hidup (Ql)

   Ql tangga = 2 x 4,79

   = 9,58 $kN/_m$

5.9.3 Analisis Struktur

Dari analisis struktur menggunakan SAP 2000 diperoleh nilai momen sebagai berikut ini.

Tabel 5. 37 Rekapitulasi Momen dan Geser Tangga

Momen Tumpuan	Momen Lapangan	Momen Tumpuan	Geser Ultimate
72,044 kNm	133,656 kNm	24 kNm	25,82 kN

5.9.4 Penulangan Pelat Tangga

Berdasarkan Gambar 5.1 pada perhitungan pelat tangga terdapat dua daerah yang berbeda yaitu penulangan daerah tumpuan dan penulangan daerah lapangan. Adapun contoh perhitungan penulangan pelat tangga daerah tumpuan dan Penulangan pelat tangga daerah lapangan sebagai berikut.

1. Penulangan pelat tangga

   Fc’ = 30 MPa

   Ec = 4700 x $\sqrt{f'c}$

   = 4700 x $\sqrt{30}$

   = 25742,960 MPa

   Ey = 200000 MPa

Fy 1 = D pokok > 12 = 420 MPa

Fy 2 = D pokok < 12 = 395 MPa (dipilih)

β = 0,85 - ((fc'-28)/7) x 0,05

= 0,85 – ((30 – 28)/7) x 0,05

= 0,835

Ɛcu = 0,003

Ɛy = $\frac{fy}{Ey}$

= $\frac{420}{200000}$

= 0,0021

Ly = 6500 mm

Lx = 2000 mm

D pokok = 16 mm

D susut = 10 mm

H pelat = 300 mm

Sb = 20 mm

ds = 25 mm

d = 275 mm

Ly = 6500 mm

Lx = 2000 mm

Lny = 6500 mm

Lnx = 2000 mm

$\frac{Ly}{Lx}$ = 3,25

Mu tum (-) = 72,04 kNm

Mu lap (+) = 133,65 kNm

Mu tum (-) = 243 kNm

Vu = 25,82 kN

Ø geser = 0,75

Vn = 0,17 x $\sqrt{f'c}$ x bw x d

= 0,17 x $\sqrt{30}$ x 1000 x 275

= 256060,2956 N

ØVn = 0,75 x Vn

= 0,75 x 256060,2956

= 192045,221 N

= 192,045 kN

Perhitungan pada daerah tumpuan

Mu tum (-) = 243 kNm

Ø lentur = 0,9

Mn = $\frac{\text{Mu tum (−)}}{\text{Ø lentur}}$

= $\frac{243}{0,9}$

= 270 kNm

= 270000000 Nmm

b = 2000 mm

d = 275 mm

Mencari nilai a dengan persamaan Mn = (0,85 x f'c x a x b) x (d - $\frac{a}{2}$)

a = 0,85 x fc' x b

= 0,85 x 35 x 2000

= 51000 a^2

b = -1,7 x 35 x b x d

= -1,7 x 35 x 2000 x 275

= -28050000 a

c = 2Mn

= 2 x 270000000

= 540000000

a1 $= \frac{(-b\text{^}2+(b^2-4 \text{ x a x c}))}{2 \text{ x a}}$

$= \frac{(-(-28050000\ \text{a})\text{^}2+((-28050000\ \text{a})^2-4 \text{ x } 51000 \text{ a2x } 540000000\ ))}{2 \text{ x } 51000 \text{ a2}}$

= 19,976 mm

a2 $= \frac{(-b^2-(b^2-4 \text{ x a x c}))}{2 \text{ x a}}$

$= \frac{(-(-28050000\ \text{a})^2-((-28050000\ \text{a})^2-4 \text{ x } 51000 \text{ a2x } 540000000\ ))}{2 \text{ x } 51000 \text{ a2}}$

= 530,023 mm

a = 19,976 (diambil a terkecil)

Ts = As x Fy

Cc = 0,85 x fc' x a x b

As min 1 $= \frac{\sqrt{f'c}}{4xfy}$ x b x d

$= \frac{\sqrt{30}}{4\ x\ 420}$ x 2000 x 275

= 1793,14 mm^2

As Pakai = 1793,14 mm^2

As balance = 0,85 x β1 x $\frac{fc\prime}{fy}$ x $\frac{600}{(600+\text{fy})}$ x (b x d)

= 0,85 x 0,835 x $\frac{30}{420}$ x $\frac{600}{(600+420)}$ x (2000 x 300)

= 16415,82 mm^2

As maks = 0,75Asb

= 0,75 x 16415,82

= 12311,86 mm^2

As pakai = 2579,30 mm^2

As tulangan = 0,25 x π x d^2

= 0,25 x π x 16^2

= 201,06 mm^2

s = $\frac{\text{As tul x b}}{As\ pakai}$

= $\frac{201,06 \text{ x } 2000}{2579,30}$

= 155,90 mm

s terpasang = 150 mm (pembulatan)

Checking tulangan pokok :

Luas tulangan yang terpasang = $\frac{\text{b}}{s\ digunakan}$ x As tulangan

= $\frac{2000}{200}$ x 201,06

= 2680,83 mm

Kontrol jarak antar tulangan, s ≤ 2h = 2 x h

= 2 x 300

= 600 mm (OK)

Kontrol jarak antar tulangan, s ≤ 450 mm = 450 (OK)

Di dapatkan penulangan pokok D16-150

As susut = 0,002 x b x h

= 0,002 x 1000 x 300

= 1200 mm^2

As tulangan = 0,5 x π x d^2

= 0,5 x π x 10^2

= 78,54 mm^2

s susut = $\frac{\text{As tulangan x b}}{As\ pakai}$

= $\frac{78{,}54\ \text{x}\ 1000}{1200}$

= 130,9 mm^2

s susut terpasang = 125 mm

Checking tulangan susut :

Kontrol jarak tulangan susut, s ≤ 5h = 5h

= 5 x 300

= 1500 mm (OK)

Kontrol jarak tulangan susut, s ≤ 450 mm = 450 (OK)

Di dapatkan penulangan susut P10-120

Untuk perhitungan penulangan pelat satu arah daerah lapangan Langkah sama hanya saja tinggal diganti pada bagian momen nya. Sehingga di dapatkan hasil penulangan sebagai berikut:

Di dapatkan penulangan pokok D16-170

Di dapatkan penulangan susut P10-130

Pada perhitungan pelat lantai dan pelat atap langkahnya sama saja, sehingga didapatkan rekaptiulasi perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5. 38 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga

Jenis Pelat	Tebal Pelat	Kebutuhan Tulangan Pokok		Kebutuhan Tulangan Susut	
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Pelat Tangga	300 mm	D16-150	D16-170	P10-120	P10-130

5.10 Desain Penulangan Balok

Pada desain tulangan balok anak terdapat balok BI 1Y, BI 2X, BA 1Y, BA 2X, BA 3Y, dan BA 3X. Dalam mendesain tulangan lentur balok dan tulangan geser dibutuhkan nilai momen dan Vu (Gaya Geser) pada masing-masing balok yang akan ditinjau. Adapun nilai momen dan Vu (Gaya Geser) dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. 39 Rekapitulasi Momen dan Gaya Geser BA 1Y dan BA 3Y

	Tumpuan		Lapangan	Geser
	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu+ (kNm)	Vu (kN)
Lantai 1	211,0451	60,1484	71,9501	103,126
Lantai 2-4	170,4027	43,1283	55,4721	94,596
Atap	73,1664	11,9743	33,4131	45,2

Tabel 5. 40 Rekapitulasi Momen dan Gaya Geser BA 2X dan BA 3X

	Tumpuan		Lapangan	Geser
	Mu- (kNm)	Mu+ (kNm)	Mu+ (kNm)	Vu (kN)
Lantai 1	211,0451	60,1484	71,9501	103,126
Lantai 2-4	170,4027	43,1283	55,4721	94,596
Atap	73,1664	11,9743	33,4131	45,2

5.10.1 Desain Tulangan Lentur

Adapun perhitungan penulangan balok seperti berikut.

1. BA 1Y (Lantai 1)
   a. Desain Tulangan Tumpuan Negatif

      B = 300 mm

      H = 600 mm

      Dpokok = 19 mm

      Dbegel = 10 mm

      Sb = 40 mm

Spasi tulangan = 25 mm

ds = Sb + Dbegel + (0,5 x Dpokok)

= 40 + 10 + (0,5 x 19)

= 59,5 mm

Asumsi awal 1 lapis jika setelah dicek jarak tulangan (s) < 25 mm, maka asumsi diubah menjadi 2 lapis.

d = H - ds

= 600 – 59,5

= 540,5 mm

Fc’ = 30 MPa

Fy = 420 MPa

β1 = $0,85 – (\frac{fc'-28}{7})$ x 0,05

= $0,85 – (\frac{fc'-28}{7})$ x 0,05

= 0,835

Mu- = 211,0451 kNm (didapatkan dari rekapitulasi SAP)

Mn = $\frac{Mu-}{0,9}$

= $\frac{211,0451}{0,9}$

= 234,49 kNm

= 234494555,56 Nmm

Mencari tinggi blok tekan :

a = 1

b = -2 x d

= -2 x 540,5

= -1801 mm

c = $\frac{2 \text{ x } Mn}{0,85 \text{ x } fc \text{ x } B}$

= $\frac{2 \text{ x } 234494555,56}{0,85 \text{ x } 30 \text{ x } 300}$

= 61305,766

a1 = $\frac{(-6 + \sqrt{6^2-4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 61305{,}766})}{2\ x\ 1}$

= 1020,952374 mm

a2 $= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 61305{,}766})}{2\ x\ 1}$

= 60,047 mm

a pakai = 16,41 mm

Cc = 0,85 x fc' x B x a

= 0,835 x 30 x 300 x 60,047

= 459364,337 N

As perlu $= \frac{Cc}{Fy}$

$= \frac{459364{,}337}{420}$

= 1093,724 mm^2

As min 1 $= \frac{\sqrt{f'c}\ x\ B\ x\ d}{4\ x\ fy}$

$= \frac{\sqrt{30}\ x\ 300\ x\ 542}{4\ x\ 420}$

= 528,65 mm^2

As min 2 $= \frac{1{,}4\ x\ B\ x\ d}{fy}$

$= \frac{1{,}4\ x\ 300\ x\ 542}{420}$

= 540,5 mm^2

As min pakai menggunakan nilai max dari As min 1 dan As min 2, maka yang dipakai ialah As min 2 sebesar 540,5 mm^2

As max $= \frac{0{,}85 \text{ x fc' x d x } 3/8 \text{ x } \beta 1 \text{ x B}}{fy}$

$= \frac{0{,}85 \text{ x } 30 \text{ x } 542 \text{ x } 3/8 \text{ x } 0{,}835 \text{ x } 300}{420}$

= 3085,30 mm^2

As digunakan menggunakan nilai tertinggi dari As perlu dan As min pakai, maka As yang dipakai ialah 1093,724 mm^2

As 1 = ¼ x π x $dpokok^2$

= ¼ x π x 19^2

= 283,528 mm^2

n = $\frac{As\ digunakan}{As\ 1}$

= $\frac{1093,724}{283,528}$

= 3,86 buah

= 4 buah

Cek jarak = $\frac{B - (2 \times sb) - (2 \times dbegel) - (n \times dpokok)}{n-1}$

= $\frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{4-1}$

= 41,33 mm

Maka asumsi memakai 1 lapis benar karena jaraknya > 25 mm.

As tarik = ¼ x n x π x $dpokok^2$

= ¼ x 4 x π x 19^2

= 1134,114 mm^2

b. Desain Tulangan Positif Tumpuan

Dpokok = 19 mm

ds = Sb + Dbegel + (0,5 x Dpokok)

= 40 + 10 + (0,5 x 19)

= 59,5 mm

d = H - ds

= 600 – 59,5

= 540,5 mm

Mu+ = 60,148 (didapatkan dari rekapitulasi SAP)

Mn = $\frac{Mu+}{0,9}$

= $\frac{60,148}{0,9}$

= 66,83 kNm

= 66831555,56 Nmm

a = 1

b = -2 x d

= -2 x 540,5

= -1081 mm

c $= \frac{2 \text{ x Mn}}{0{,}85 \text{ x fc x B}}$

$= \frac{2 \text{ x } 66831555{,}56}{0{,}835 \text{ x } 30 \text{ x } 300}$

= 17472,30

a1 $= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 17472{,}30}}{2\ x\ 1}$

= 1064,59 mm

a2 $= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 17472{,}30}}{2\ x\ 1}$

= 16,41 mm

Cc = 0,85 x fc' x B x a

= 0,85 x 30 x 300 x 16,41

= 125553,87

As perlu $= \frac{Cc}{Fy}$

$= \frac{125553{,}87}{420}$

= 298,94

As min 1 $= \frac{\sqrt{f'c}\ x\ B\ x\ d}{4\ x\ fy}$

$= \frac{\sqrt{30}\ x\ 300\ x\ 542}{4\ x\ 420}$

= 528,65 mm^2

As min 2 $= \frac{1{,}4\ x\ B\ x\ d}{fy}$

$= \frac{1{,}4\ x\ 300\ x\ 540{,}5}{420}$

= 540,5 mm^2

As min pakai menggunakan nilai max dari As min 1 dan As min 2, maka As min pakai ialah 540,5 mm^2

As max $= \frac{0{,}85 \text{ x } fc' \text{ x } d \text{ x } 3/8 \text{ x } \beta 1 \text{ x } B}{fy}$

$= \frac{0{,}85 \text{ x } 30 \text{ x } 542 \text{ x } 3/8 \text{ x } 0{,}835 \text{ x } 300}{420}$

$= 3085{,}30\ mm^2$

As digunakan menggunakan angka terbesar dari As perlu dengan As min pakai, maka As yang dipakai ialah 540,5

As 1 = ¼ x π x $dpokok^2$

= ¼ x π x 19^2

= 283,528 mm^2

n $= \frac{As\ digunakan}{As\ 1}$

$= \frac{540{,}5}{283{,}528}$

= 1,91 buah

= 2 buah

Cek jarak $= \frac{B - (2 \text{ x } sb) - (2 \text{ x } dbegel) - (n \text{ x } dpokok)}{n-1}$

$= \frac{300 - (2 \text{ x } 40) - (2 \text{ x } 10) - (3 \text{ x } 16)}{3-1}$

= 76 mm

Maka asumsi memakai 1 lapis benar karena jaraknya > 25 mm.

As desak = ¼ x n x π x $dpokok^2$

= ¼ x 2 x π x 19^2

= 567,06 mm^2

c. Desain Tulangan Positif Lapangan

Dpokok = 25 mm

ds = Sb + Dbegel + (0,5 x Dpokok)

= 40 + 10 + (0,5 x 19)

= 59,5 mm

d = H - ds

= 600 – 59,5

= 540,5 mm

Mu+ = 71,950 (didapatkan dari rekapitulasi SAP)

Mn $= \frac{Mu+}{0,9}$

$= \frac{71,950}{0,9}$

= 79,94 kNm

= 79944555,56 Nmm

a = 1

b = -2 x d

= -2 x 540,5

= -1081 mm

c $= \frac{2 \text{ x Mn}}{0,85 \text{ x fc x B}}$

$= \frac{2 \text{ x } 79944555,56}{0,835 \text{ x } 30 \text{ x } 300}$

= 20900,54

a1 $= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 20900,54}}{2\ x\ 1}$

= 1061,31 mm

a2 $= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 20900,54}}{2\ x\ 1}$

= 19,69 mm

Cc = 0,85 x fc' x B x a

= 0,85 x 30 x 300 x 19,69

= 150653,06

As perlu $= \frac{Cc}{Fy}$

$= \frac{144053,27}{420}$

= 358,70

As min 1 $= \frac{\sqrt{f'c}\ x\ B\ x\ d}{4\ x\ fy}$

$= \frac{\sqrt{30}\ x\ 300\ x\ 542}{4\ x\ 420}$

= 528,65 mm^2

As min 2 = $\frac{1{,}4\ x\ B\ x\ d}{fy}$

= $\frac{1{,}4\ x\ 300\ x\ 540{,}5}{420}$

= 540,5 mm^2

As min pakai menggunakan nilai max dari As min 1 dan As min 2, maka As min pakai ialah 542 mm^2

As SRPMK = 0,5 x As perlu

= 0,5 x 1093,724

= 546,86 mm^2

As max = $\frac{0{,}85 \text{ x } fc' \text{ x } d \text{ x } 3/8 \text{ x } \beta 1 \text{ x } B}{fy}$

= $\frac{0{,}85 \text{ x } 30 \text{ x } 542 \text{ x } 3/8 \text{ x } 0{,}835 \text{ x } 300}{420}$

= 3085,30 mm^2

As digunakan menggunakan angka terbesar dari As perlu dengan As min pakai, maka As yang dipakai ialah 546,86

As 1 = ¼ x π x $dpokok^2$

= ¼ x π x 19^2

= 283,528 mm^2

n = $\frac{As\ digunakan}{As\ 1}$

= $\frac{546{,}86}{283{,}528}$

= 1,93 buah

= 2 buah

Cek jarak = $\frac{B - (2 \text{ x } sb) - (2 \text{ x } dbegel) - (n \text{ x } dpokok)}{n-1}$

= $\frac{300 - (2 \text{ x } 40) - (2 \text{ x } 10) - (2 \text{ x } 19)}{2-1}$

= 174,42 mm

Maka asumsi memakai 1 lapis benar karena jaraknya > 25 mm.

n = $\frac{As\ \min\ pakai}{As\ 1}$

= $\frac{540{,}45}{283{,}528}$

= 1,91 buah

= 2 buah (Kebutuhan Tulangan Lapangan)

Adapun untuk hasil perhitungan dari desain tulangan lentur untuk balok BA1X ialah, pada tumpuan terdapat 5D16 pada sisi atas dan 3D16 pada sisi bawah. Sedangkan pada lapangan baik sisi atas maupun bawah terdapat 3D16.

5.10.2 Desain Tulangan Geser Balok Anak

Adapun contoh perhitungan desain tulangan geser pada balok adalah sebagai berikut.

2. BA1Y (Lantai 1)

a. Desain Tulangan Tumpuan Negatif

Vg - = 92,494 kN

Vg + = 103,126 kN

Vu= Vg max = 103,126 kN

L = 7,2 m

B = 300 mm

H = 600 mm

Pb = 40 mm

D pokok = 19 mm

ø Sengkang = 10 mm

ds = Sb + Dbegel + (0,5 x Dpokok)

= 40 + 10 + (0,5 x 19)

= 59,5 mm

d = H - ds

= 600 – 59,5

= 541 mm

f'c = 30 MPa

fy = 395 MPa

Ø = 0,75

Vc = $\frac{1\sqrt{f'c}}{16}$ x b x w x d

= $\frac{1\sqrt{30}}{16}$ x 300 x 600 – 59,5

= 148022,021 N

ØVc = 0,75 x 148022,021

= 111016,515 N

Cek kecukupan Penampang = 0,75 x (Vc+($\frac{4}{6}$ x $\sqrt{f'c}$ x b x d))

= 0,75 x (148022,021 +($\frac{4}{6}$ x $\sqrt{30}$ x 300 x 541))

= 555082,579 N

= 555,082 kN > Vg max

= 555,082 kN > 103,126 kN (ok)

0,5 Vc = 55,508 kN

Vc = 111,016 kN

2 Vc = 222,033 kN

3 Vc = 333,049 kN

4Vc = 444,066 kN

5 Vc = 555,082 kN

Jumlah kaki = 2

Av = ¼ x π x $dsengkang^2$ x n

= ¼ x π x 10^2 x 2

= 157,079 mm^2

Av/s (min)

(jika Vu<ØVc) = 0,062 x $\sqrt{f'c}$ x $\frac{B}{fy}$

= 0,062 x $\sqrt{30}$ x $\frac{300}{395}$

= 0,242

Av/s (jika Vu>ØVc) = = $\frac{Vg - ØVc}{Ø \text{ x fy x d}}$

= $\frac{103,126 - 111016,515}{0,75 \text{ x } 395 \text{ x } 541}$

= -0,651

S (min) = $\frac{Av}{\frac{Av}{s}min}$

= $\frac{157,079}{0,242}$

= 647,583 mm

Vs $= \frac{Av\ x\ fy\ x\ d}{s\ \min x\ 1000}$

$= \frac{157{,}079\ x\ 395\ x\ 541}{647{,}583\ x\ 1000}$

= 55,064 kN

Øvs = 41,298 kN

Smax 1 $= \frac{d}{2}$

$= \frac{541}{2}$

= 270,25 mm

Smax 2 = 600 mm

S pakai = 270,25 mm

= 250 mm (dibulatkan).

Adapun untuk hasil perhitungan dari desain tulangan geser untuk balok BA1X adalah 2D10 - 250 mm pada sendi pelastis dan luar sendi plastisnya.

5.10.3 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan penulangan balok anak dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 41 Rekapitulasi Tulangan Lentur dan Tulangan Geser Balok Anak

No.	Kode Balok	Lantai	Tul.Lentur Tumpuan		Tul. Lentur Lapangan		Kebutuhan Tulangan Geser	
			Atas	Bawah	Atas	Bawah	Daerah Sendi Plastis	Daerah Luar Sendi Plastis
1	BA1Y	1	4D19	2D19	2D19	2D19	2D10-250 mm	2D10-250 mm
2		2-4	5D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm
3		atap	3D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm
4	BA3Y	1	4D19	2D19	2D19	2D19	2D10-250 mm	2D10-250 mm
5		2-4	5D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm
6		atap	3D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm
7	BA2X	1	4D19	2D19	2D19	2D19	2D10-250 mm	2D10-250 mm
8		2-4	5D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm
9		atap	3D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm
10	BA3X	1	4D19	2D19	2D19	2D19	2D10-250 mm	2D10-250 mm
11		2-4	5D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm
12		atap	3D16	3D16	3D16	3D16	2D10-250 mm	2D10-250 mm

5.10.4 Desain Tulangan Balok Induk

Pada desain tulangan balok induk terdapat balok BI1X, BI2X,BI1Y, dan BI2Y. Dalam mendesain tulangan lentur balok dan tulangan geser dibutuhkan nilai momen dan Vu (Gaya Geser) pada masing-masing balok yang akan ditinjau. Namun pada balok induk perlu adanya redistribusi momen untuk mendapatkan nilai momen yang memenuhi SNI 2487 – 2019 terutama pada aspek SRPMK. Adapun nilai rekap momen dan Vu (Gaya Geser) dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. 42 Rekapitulasi Redistribusi Momen BI 1Y

Lantai	M-j	M+j	M+Lap
1	1361,792	699,3691	747,6211
2~4	658,3061	405,2613	584,037
Atap	190,8936	95,4468	145,0446

Tabel 5. 43 Rekapitulasi Redistribusi Momen BI 2X

Lantai	M-j	M+j	M+Lap
1	1257,661	365,8625	783,4337
2~4	693,3693	205,7937	588,3556
Atap	283,5806	27,60044	162,781

Tabel 5. 44 Rekapitulasi Vu Balok Induk

Kode	Lantai	Daerah Sendi Plastis (kN)		Luar Sendi Plastis (kN)	
		Vu-	Vu+	Vu-	Vu+
BI 1 Y	1	-179,167	420,342	-135,022	230,677
	2~4	-163,311	409,125	-120,518	227,567
	5 (Atap)	-102,561	108,971	-77,53	83,94
BI 2 X	1	-173,531	415,953	-129,386	223,706
	2~4	-161,219	407,013	-118,425	220,74
	5 (Atap)	-121,204	199,779	-96,868	180,019

5.10.5 Perhitungan Desain Tulangan Lentur Balok Induk

Perhitungan Tulangan Lentur Balok menggunakan BI1Y lantai 1 pada portal Y sebagai contoh perhitungan. Untuk perhitungan pada balok lainnya sama, hanya saja terdapat perbedaan pada dimensi balok, dan momen yang dipakai. Momen yang dipakai pada perhitungan ini merupakan hasil dari redistribusi momen.

1. Perhitungan Desain Tulangan Lentur Balok Daerah Tumpuan

a. Perhitungan Desain Tulangan Lentur Balok Momen Positif

Diketahui data-data, sebagai berikut.

Fy = 420 MPa

F'c = 30 MPa

Mu + = 699,369 kNm

Es = 200000 MPa

εcu = 0,003

εy = 0,005

Φ pokok = 25 mm

Φ sengkang = 13 mm

1) Dimensi Balok

Dari perhitungan estimasi balok telah didapatkan dimensi untuk balok induk sebagai berikut ini.

H = 850 mm

B = 450 mm

Sb = 40 mm

ds = Sb + Φ Sengkang + ½ Φ pokok

= 40 + 13 + ½ x 25

= 65,5 mm

d = dt = H – ds

= 850 – 65,5

= 784,5 mm

β1 = 0,85 – $(\frac{fc'-28}{7})$ x 0,05

$= 0{,}85 - (\frac{fc' - 28}{7})$ x 0,05

= 0,835

2) Perhitungan awal

Asumsi balok tulangan tunggal

a max $= \frac{\varepsilon cu}{\varepsilon cu + \varepsilon y}$ x dt x β1

$= \frac{0{,}003}{0{,}003+0{,}005}$ x 784,5 x 0,835

= 245,646 mm

As max $= 0{,}85 \times F'c \times a \times \frac{B}{Fy}$

$= 0{,}85 \times 30 \times 245{,}646 \times \frac{450}{420}$

= 6592,978 mm^2

Mn1 $= Asmax \times Fy \times \frac{d - ½\ amax}{10\hat{}6}$

$= 6592{,}978 \times 420 \times \frac{784{,}5 - ½\ 245{,}646}{10\hat{}6}$

= 1832,216 kNm

Karena Mu+ < Mn1, maka cukup desain tulangan tunggal

3) Desain Tulangan Tunggal

Φ = 0,9 (asumsi tulangan terkontrol Tarik)

Mn+ $= \frac{Mu+}{\Phi}$

$= \frac{675{,}347}{0{,}9}$

= 750,39 kNm

= 750386555,56 Nmm

a = 1

b = -2 x d

= -2 x 784,5

= -1569 mm

C $= \frac{2 \times Mn}{0{,}85 \times fc \times B}$

$= \frac{2 \times 750386555{,}56}{0{,}835 \times 30 \times 450}$

= 130786,42

a1 $= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 750386555,56}}{2\ x\ 1}$

= 1480,67 mm

a2 $= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 750386555,56}}{2\ x\ 1}$

= 88,33 mm

a pakai = 88,33 mm

Cc = 0,85 x fc' x B x a

= 0,85 x 30 x 450 x 88,33

= 1013576,42 N

As Perlu $= \frac{0,85 \text{ x F'c x a x B}}{\text{Fy}}$

$= \frac{0,85 \text{ x } 30 \text{ x } 88,33 \text{ x } 450}{420}$

= 2413,28 mm^2

As min1 $= \frac{1,4}{\text{Fy}}$ x B x d

$= \frac{1,4}{420}$ x 450 x 784,5

= 1150,95 mm^2

As min2 $= \frac{\sqrt{F'c}}{4Fy}\ x\ B\ x\ d$

$= \frac{\sqrt{30}}{4\ x\ 420}\ x\ 450\ x\ 784,5$

= 1176,75 mm^2

4) Jumlah Tulangan Yang Dipakai

As digunakan = As perlu

= 2413,28 mm^2

As1D = ¼ π D^2

= ¼ π 25^2

= 490,873 mm^2

n $= \frac{\text{As digunakan}}{\text{As1D}}$

$= \frac{2413,28}{490,873}$

= 4,92

= 6 tulangan

Tulangan baris 1 (n1) = 6 tulangan (asumsi)

s $= \frac{b - 2 \text{ x } sb - 2 \text{ x } sk - n1\emptyset}{(n-1)}$

$= \frac{450 - 2 \text{ x } 40 - 2 \text{ x } 13 - 6 \text{ x } 25}{(6 - 1)}$

= 38,8 mm > 25 mm OKE

5) Cek regangan tulangan Tarik terluar (εt)

c $= \frac{a}{\beta 1}$

$= \frac{88,33}{0,835}$

= 105,784

(εt) $= \frac{(dt - c)}{c}$ x 0,003

$= \frac{(784,5 - 105,784)}{105,784}$ x 0,003

= 0,0192

εt > 0,005 maka tulangan terkontrol tarik sehingga Φ = 0,9 (asumsi benar)

6) Tulangan Pakai

Dari perhitungan diatas maka didapat tulangan pakai 6D25

2. Perhitungan Desain Tulangan Lentur Balok Momen Negatif

a. Diketahui data-data, sebagai berikut.

Fy = 420 MPa

F'c = 30 MPa

Mu - = 1470,95 kNm

Es = 200000 MPa

εcu = 0,003

εy = 0,005

Φ pokok = 25 mm

Φ sengkang = 13 mm

1) Dimensi Balok

Dari perhitungan estimasi balok telah didapatkan dimensi untuk balok induk sebagai berikut ini.

H = 850 mm

B = 450 mm

Sb = 40 mm

ds = Sb + Φ Sengkang + ½ x25 +Φ pokok

= 40 + 13 + ½ x 25 + 25

= 90,5 mm (asumsi 2 lapis tulangan)

d = dt = H – ds

= 850 – 90,5

= 795,5 mm

$\beta 1 = 0{,}85 - \frac{F'c - 28}{7} \times 0{,}05$

$= 0{,}85 - \frac{30 - 28}{7} \times 0{,}05$

= 0,835

2) Perhitungan awal

Asumsi balok tulangan tunggal

$a\ max = \frac{\varepsilon cu}{\varepsilon cu + \varepsilon y} \times dt \times \beta 1$

$= \frac{0{,}003}{(0{,}003+0{,}005)} \times 759{,}5 \times 0{,}835$

= 237,818 mm

$As\ max = 0{,}85 \times F'c \times a \times \frac{B}{Fy}$

$= 0{,}85 \times 30 \times 237{,}818 \times \frac{450}{420}$

= 6382,876 mm^2

$Mn1 = Asmax \times Fy \times \frac{d - ½\ As\ max}{10\text{^}6}$

$= 6382{,}876 \times 420 \times \frac{759{,}5 - ½\ 6382{,}876}{10\text{^}6}$

= 1717,301 kNm

Karena Mu- < Mn1, maka desain tulangan tunggal

3) Desain Tulangan Tunggal

Φ = 0,9 (asumsi tulangan terkontrol Tarik)

Mn- $= \frac{Mu-}{\Phi}$

$= \frac{1323,853}{0.9}$

= 1470,95 kNm

= 1470948666,67 Nmm

a = 1

b = -2 x d

= -2 x 759,5

= -1519 mm

C $= \frac{2 \text{ x Mn}}{0,85 \text{ x fc x B}}$

$= \frac{2 \text{ x } 1470948666,67}{0,835 \text{ x } 30 \text{ x } 450}$

= 256374,495

a1 $= \frac{(-6 + \sqrt{6^2-4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 + \sqrt{6^2-4\ x\ 1\ x\ 256374,495}}{2\ x\ 1}$

= 1325,596 mm

a2 $= \frac{(-6- \sqrt{6^2-4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6- \sqrt{6^2-4\ x\ 1\ x\ 256374,495}}{2\ x\ 1}$

= 193,403 mm

a pakai = 193,403 mm

Cc = 0,85 x fc' x B x a

= 0,85 x 30 x 450 x 193,403

= 2219300,02 N

As perlu $= \frac{0,85 \text{ x F'c x a x B}}{\text{Fy}}$

$= \frac{0,85 \text{ x } 30 \text{ x } 193,403 \text{ x } 450}{420}$

= 5284,047 mm^2

As min1 $= \frac{1,4}{Fy}$ x B x d

$= \frac{1,4}{420}$ x 450 x 759,5

= 1114,273078 mm^2

As min2 $= \frac{\sqrt{F'c}}{4Fy}\ x\ B\ x\ d$

$= \frac{\sqrt{30}}{4\ x\ 420}\ x\ 450\ x\ 759,5$

= 1139,25 mm^2

4) Jumlah Tulangan Yang Dipakai

As digunakan = As perlu

= 5284,047 mm^2

As1D = ¼ π D^2

= ¼ π 25^2

= 490,873 mm^2

n $= \frac{\text{As digunakan}}{\text{As1D}}$

$= \frac{5284,047}{490,873}$

= 10,76

= 12 tulangan

Tulangan baris 1 (n1) = 12 tulangan (asumsi)

s $= \frac{(b - 2\ x\ sb - 2\ x\ sk - n1\emptyset)}{(n - 1)}$

$= \frac{(450 - 2\ x\ 40 - 2\ x\ 13 - 12\ x\ 25)}{(12 - 1)}$

= 38,80 mm > 25 mm (OKE)

5) Cek regangan tulangan Tarik terluar (εt)

c $= \frac{a}{\beta 1}$

$= \frac{193,403}{0,835}$

= 231,422

(εt) $= \frac{(dt - c)}{c}$ x 0,003

$= \frac{(759,5 - 231,422)}{231,422}$ x 0,003

= 0,00684

εt > 0,005 maka tulangan terkontrol tarik sehingga Φ = 0,9

6) Tulangan Pakai

Dari perhitungan diatas maka didapat tulangan pakai 12D25

3. Perhitungan Desain Tulangan Lentur Daerah Lapangan

Diketahui data-data, sebagai berikut.

Fy = 420 MPa

F'c = 30 MPa

Mu + = 747,6211 kNm

Es = 200000 MPa

εcu = 0,003

εy = 0,005

Φ pokok = 25 mm

Φ sengkang = 13 mm

1) Dimensi Balok

Dari perhitungan estimasi balok telah didapatkan dimensi untuk balok induk sebagai berikut ini.

H = 850 mm

B = 450 mm

Sb = 40 mm

ds = Sb + Φ Sengkang + ½ Φ pokok

= 40 + 13 + ½ x 25

= 65,5 mm

d = dt = H – ds

= 850 – 65,5

= 784,5 mm

$\beta 1 = 0{,}85 - \frac{F'c - 28}{7} \times 0{,}05$

$= 0{,}85 - \frac{30 - 28}{7} \times 0{,}05$

= 0,835

2) Perhitungan awal

Asumsi balok tulangan tunggal

a max $= \frac{\varepsilon cu}{(\varepsilon cu + \varepsilon y)}$ x dt x β1

$= \frac{0,003}{(0,003+0,005)}$ x784,5 x 0,835

= 245,646 mm

As max = 0,85 x F'c x a x $\frac{B}{Fy}$

= 0,85 x 30 x 245,646 x $\frac{450}{420}$

= 6592,978 mm^2

Mn1 = Asmax x Fy x $\frac{(d - ½\ amax)}{10\text{^}6}$

= 6592,978 x 420 x $\frac{(784,5\ - ½\ 245,646)}{10\text{^}6}$

= 1832,216 kNm

Karena Mu+ < Mn1, maka cukup desain tulangan tunggal

3) Desain Tulangan Tunggal

Φ = 0,9 (asumsi tulangan terkontrol Tarik)

Mn+ $= \frac{Mu}{\Phi}$

$= \frac{747,6211}{0,9}$

= 830,69 kNm

= 830690111,11 Nmm

a = 1

b = -2 x d

= -2 x 784,5

= -1569 mm

C $= \frac{2 \text{ x } Mn}{0,85 \text{ x } fc \text{ x } B}$

$= \frac{2 \text{ x } 830690111,11}{0,835 \text{ x } 30 \text{ x } 450}$

= 144782,59

a1 $= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 + \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 144782,59}}{2\ x\ 1}$

= 1470,54 mm

a2 $= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4ac})}{2\ x\ a}$

$= \frac{(-6 - \sqrt{6^2 - 4\ x\ 1\ x\ 144782,59}}{2\ x\ 1}$

= 98,46 mm

a pakai = 98,46 mm

Cc = 0,85 x fc' x B x a

= 0,85 x 30 x 450 x 98,46

= 1129771,81 N

As perlu $= \frac{0,85 \text{ x F'c x a x B}}{\text{Fy}}$

$= \frac{0,85 \text{ x } 30 \text{ x } 193,403 \text{ x } 450}{420}$

= 2689,93 mm^2

As min1 $= (\frac{1,4}{Fy})$ x B x d

$= (\frac{1,4}{420})$ x 450 x 784,50

= 1150,95 mm^2

As min2 $= \frac{\sqrt{F\prime c}}{4Fy}\ x\ B\ x\ d$

$= \frac{\sqrt{35}}{4\ x\ 420}\ x\ 450\ x\ 784,50$

= 1176,75 mm^2

4) Jumlah Tulangan Yang Dipakai

As digunakan = As perlu

= 2689,93mm^2

As1D = ¼ π D^2

= ¼ π 25^2

= 490,873 mm^2

n $= \frac{\text{As digunakan}}{\text{As1D}}$

$= \frac{2689,93}{490,873}$

= 5,48

= 6 tulangan

Tulangan baris 1 (n1) = 6 tulangan (asumsi)

$$s = \frac{(b - 2 \times sb - 2 \times sk - n1\emptyset)}{(n-1)}$$

$$= \frac{(450 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 6 \times 25)}{(6-1)}$$

= 38,8 mm > 25 mm (OKE)

5) Cek regangan tulangan Tarik terluar (εt)

$$c = \frac{a}{\beta 1}$$

$$= \frac{98,46}{0,835}$$

= 117,916

$$(\varepsilon t) = \frac{(dt - c)}{c} \times 0,003$$

$$= \frac{(784,5 - 117,916)}{117,916} \times 0,003$$

= 0,0169

εt > 0,005 maka tulangan terkontrol tarik sehingga Φ = 0,9 (asumsi benar)

6) Tulangan Pakai

Dari perhitungan diatas maka didapat tulangan pakai 6D25

5.10.6 Analisis Kapasitas Momen Tulangan Lentur Balok Induk

1. Analisis Kapasitas Momen Tulangan Lentur Balok Daerah Tumpuan

Setelah dilakukan desain tulangan lentur balok, maka diperlukan analisis untuk mengecek asumsi-asumsi awal yang kita gunakan dalam mendesain tulangan lentur balok.

a. Analisis Kapasitas Momen Negatif Tulangan Lentur Balok Induk

Diketahui data-data sebagai berikut ini.

B = 450 mm

H = 850 mm

Sb = 40 mm

D pokok tarik = 25 mm

D pokok tekan = 25 mm

Sengkang = 13 mm

F'c = 30 MPa

Fy = 420 MPa

β1 = 0,835

Es = 200000

S = 25 mm

$\varepsilon y = \frac{Fy}{Es}$

$= \frac{420}{200000}$

= 0,0021

1) Titik Berat Tulangan Tarik (ds)

ds = Sb + Φ Sengkang + ½ x25 +Φ pokok

= 40 + 13 + ½ x 25 + 25

= 90,5 mm

d = H – ds

= 850 – 90,5

= 759,5 mm

2) Titik Berat Tulangan Tekan (d')

ds = Sb + Φ Sengkang + ½ Φ pokok

= 40 + 13 + ½ x 25

= 65,5 mm

d' = H – ds

= 850 – 65,5

= 784,5 mm

3) Mengecek Tulangan sudah leleh atau belum

Tulangan Pakai Tekan 6D25

Tulangan pakai Tarik 12D25

Luas tulangan tekan (As') = ¼ π D^2 x n

= ¼ π 25^2 x 6

= 2945,240 mm^2

Luas tulangan tarik (As) = ¼ π D^2 x n

= ¼ π 25^2 x 12

= 5890,486 mm^2

ΣFH = 0

Cs + Cc – Ts = 0

Asumsi As' leleh

(0,85 x F'c x a x B) + (Fy x As') - (As x Fy) = 0

$$a = \frac{((As \times Fy) - (As' \times Fy))}{(0{,}85 \times F'c \times B)}$$

$$= \frac{((5890{,}486 \times 420) - (2945{,}240 \times 420))}{(0{,}85 \times 30 \times 450)}$$

= 161,699 mm

$$\varepsilon cs = \frac{((a - d' \times \beta 1))}{a} \times 0{,}003$$

$$= \frac{(161{,}699 - 784{,}5 \times 0{,}835)}{161{,}669} \times 0{,}003$$

= -0,00159

Karena εcs < εy, maka tulangan belum leleh

4) Blok Tekan Yang sesungguhnya (a)

$0{,}85.F'c.a.B + E.0{,}003.As'.((a-\beta 1.d')/a) - As.Fy = 0$

$0{,}85.F'c.a^2.B + E.0{,}003.As'.a - E.0{,}003.As'.\beta 1.d' - As.Fy.a = 0$

$0{,}85.F'c.B.a^2 + (E.0{,}003.As' - As.Fy).a - E.0{,}003.As'.\beta 1.d' = 0$

A = 0,85 x F'c x B x a^2

= 0,85 x 30 x 450 x a^2

= 11475 a^2

B = (E x 0,003 x As' – As x Fy).a

= (200000 x 0,003 x 2945,240 –5890,486 x 420).a

= -1325359,401a

C = E x 0,003 x As' x β1 x d'

= 200000 x 0,003 x 2945,240 x 0,835 x 784,5

= -96732302,55

$$a = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

a = 166,21 mm

a pakai = 166,21 mm

5) Menghitung Regangan Tarik Baja Terluar

dt = H – ds

= 850 – 65,50

= 784,50 mm

$\varepsilon t = \frac{(\beta 1 \times dt - a)}{a} \times 0{,}003$

$= \frac{(0{,}835 \times 784{,}5 - 166{,}21)}{166{,}21} \times 0{,}003$

= 0,0088

Karena εt > 0,005, maka εt masuk dalam zona terkontrol tarik sehingga Φ = 0,9

6) Kapasitas Momen Tulangan Rangkap

$Fs = Es \times \frac{(a - d' \times \beta 1)}{a} \times 0{,}003$

$= 200000 \times \frac{(166{,}21 - 784{,}5 \times 0{,}835)}{166{,}21} \times 0{,}003$

= 326,985 N/mm^2

Mkap- = $Mn_1 + Mn_2$

Mkap- = Cc x (d – ½ a) + Cs x (d – d')

Mkap- = 0,85 x F'c x a x B x (d -1/2 a) + Fs x As' x (d – d')

= 0,85 x 30 x 166,21 x 450 x (759,5 -1/2 x 166,21) + 326,985 x 2945,24 x (759,5– 784,5)

= 1934383381 Nmm

= 1934,383 kNm

Karena Mkap->ΦMn- maka kapasitas momen aman

b. Analisis Kapasitas Momen Positif Tulangan Lentur Balok

Dengan cara yang sama seperti pada kpasitas momen negative, sehingga didapatkan nilai sebagai berikut.

Mkap+ = 1120,075 kNm

Karena Mkap->ΦMn+ maka kapasitas momen aman.

5.10.7 Perhitungan Tulangan Geser Balok

Pada perhitungan tulangan geser kali ini menggunakan sampel BI 1Y lantai 1 bentang 7,2 m. Untuk lantai dan bentang yang berbeda perhitungannya sama.

1. Perhitungan Tulangan Geser Balok Daerah Sendi Plastis

Dari hasil analisis struktur didapat :

Vg kiri = -179,17 kN

Vg kanan = 420,34 kN

Dari hasil perhitungan desain balok lentur didapat ;

F'c = 30 MPa

B = 450 mm

H = 850 mm

Ø Atas = D25 mm

Ø Atas = D25 mm

d min = 759,5 mm

d' = 90,5 mm

Mpr+ = 1120,075 kNm

Mpr- = 1934,383 kNm

Ln = 7,2 – Hc

= 7,2 – 0,4 - 0,45

= 6,35 m

Ve/Vsway $= \frac{(\text{Mpr+} + \text{Mpr}-)}{\text{Ln}}$

$= \frac{(1120{,}075 + 1934{,}383)}{6{,}35}$

= 481,02 kN

Daerah sendi plastis = 2Hb

= 2 x 850

= 1700 mm

a. Menghitung Vu

Vu kiri = Vg kiri + Ve

= 179,17 + 481,02

= 660,18 kN

Vu kanan = Vg kanan + Ve

= 420,34 + 481,02

= 901,36 kN

Vu pakai = 901,36 kN

b. Syarat ukuran dimensi untuk desain penampang

λ = 1 (untuk beton biasa)

Vc = 0,17 x λ x $\sqrt{F'c}$ x B x d

= 0,17 x 1 x $\sqrt{30}$ x 450 x $\frac{759,5}{1000}$

= 311,960 kN

Φ = 0,75 (Faktor reduksi kekuatan geser SNI 2847-2019)

Vu ≤ Φ (Vc + 0,66 x $\sqrt{F'c}$ x B x d)

901,36 ≤ 0,75 (311,996+ 0,66 x $\sqrt{30}$ x 450 x 759,5)

901,36 ≤ 926,8634 kNm,

Karena Vu ≤ Φ (Vc + 0,66 x $\sqrt{F'c}$ x B x d), maka OKE lanjut

c. Cek apakah Vc = 0

0,5Vu = 0,5 x 901,36

= 450,679 kNm

Ve = 481,02 kNm

Karena Ve > 0,5 Vu, maka Vc=0

d. Desain Sengkang pengekang

Digunakan tulangan 5 kaki D13 (asumsi)

Fy = 420 MPa

Syarat spasi Sengkang

d/4 = $\frac{759,5}{4}$

= 189,875 mm

6 Dpokok = 6 x 25

= 150 mm

150 mm = 150 mm

Dicoba S = 150 mm (asumsi)

Luas tulangan Sengkang

Av = n x ¼ π db^2

= 5 x ¼ π 13^2

= 663,66 mm^2

Vs = $\frac{(Av \times Fyt \times d)}{S}$

= $\frac{(663,66 \times 420 \times 759,5)}{150}$

= 1411,34 kN

Kuat geser balok

Vu = 901,36 kN

Vn = Φ (Vc + Vs)

= 0,75 (0 + 527,159)

= 1058,51 kN

Karena Vn > Vu, maka asumsi OKE.

Jadi untuk tulangan sengkang BI 1Y lantai 1 daerah sendi plastis menggunakan tulangan 5D13-100 mm.

2. Perhitungan Tulangan Geser Balok Diluar Daerah Sendi Plastis

Dari hasil analisis struktur didapat :

Vg kiri = -135,02 kN

Vg kanan = 230,68 kN

Dari hasil perhitungan desain balok lentur didapat ;

F'c = 30 MPa

B = 450 mm

H = 850 mm

Ø Atas = D25 mm

Ø Atas = D25 mm

d min = 759,5 mm

d' = 90,5 mm

Mpr+ = 1120,08 kNm

Mpr- = 1934,383 kNm

Ln = 7,2 – Hc

= 7,2 – 0,4 - 0,45

= 6,35 m

Ve/Vsway = $\frac{(Mpr+ + Mpr-)}{Ln}$

= $\frac{(1120,075 + 1934,383)}{6,35}$

= 481,02 kN

a. Menghitung Vu

Vu kiri = Vg kiri + Ve

= -135,02 + 481,02

= 346,00 kN

Vu kanan = Vg kanan + Ve

= 230,68 + 481,02

= 711,69 kN

Vu pakai = 711,69 kN

b. Syarat ukuran dimensi untuk desain penampang

λ = 1 (untuk beton biasa)

Vc = 0,17 x λ x $\sqrt{F'c}$ x B x d

= 0,17 x 1 x $\sqrt{30}$ x 450 x $\frac{759,5}{1000}$

= 311,96 kN

Φ = 0,75 (Faktor reduksi kekuatan geser SNI 2847-2019)

Vu ≤ Φ (Vc + 0,66 x $\sqrt{F'c}$ x B x d)

711,69 ≤ 0,75 (311,96 + 0,66 x $\sqrt{30}$ x 450 x 759,5)

711,69 ≤ 926,8634 kNm,

Karena Vc ≤ Φ (Vc + 0,66 x $\sqrt{F'c}$ x B x d), maka OKE lanjut

c. Cek apakah Vc = 0

0,5Vu = 0,5 x 711,69

= 355,847 kNm

Ve = 481,02 kNm

Karena Ve > 0,5 Vu, maka Vc = 0

d. Desain Sengkang pengekang

Digunakan tulangan 4 kaki D13 (asumsi)

Fyt = 420 MPa

Syarat spasi Sengkang

d/4 $= \frac{759,5}{4}$

$= 189,875$ mm

150 mm = 150 mm

Dicoba S = 170 mm (asumsi)

Luas tulangan Sengkang

Av $= n \times ¼ \pi db^2$

$= 4 \times ¼ \pi 13^2$

$= 530,929$ mm^2

Kuat geser tulangan Sengkang

Vs $= \frac{(Av \times Fyt \times d)}{S}$

$= \frac{(530,929 \times 420 \times 759,5)}{170}$

$= 996,21$ kN

Kuat geser balok

Vu = 711,69 kN

Vn $= \Phi (Vc + Vs)$

$= 0,75 (0 + 996,24)$

$= 747,18$ kN

Karena Vn > Vu, maka asumsi OKE.

Jadi untuk tulangan sengkang BI 1Y lantai 1 daerah luar sendi plastis menggunakan tulangan 4D13-170 mm.

5.10.8 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Balok Induk

Adapun untuk perhitungan tulangan untuk balok BI1X, BI2X, BI1Y, dan BI2Y dapat dilihat pada berikut ini.

Tabel 5. 45 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

No.	Kode Balok	Lantai	Tul.Lentur Tumpuan		Tul. Lentur Lapangan		φMn Tumpuan (kNm)		φMn Lapangan (kNm)	φMkap Tumpuan (kNm)		Dimensi		Kebutuhan Tulangan Geser	
			Atas	Bawah	Atas	Bawah	φMn-	φMn+	φMn+	φMkap-	φMkap+	B	H	Daerah Sendi Plastis	Daerah Luar Sendi Plastis
1	BI1Y	1	12D25	6D25	3D25	6D25	1513,10	777,08	830,69	1934,38	1120,08	450	850	5D13-150 mm	4D13-170 mm
2		2-4	6D25	4D25	2D25	2D25	731,45	450,29	648,93	918,95	653,87	400	750	4D13-150 mm	2D13-170 mm
3		5 Atap	4D19	4D19	4D19	4D19	212,10	106,05	161,16	393,58	393,58	400	750	2D10-125 mm	2D10-150 mm
4	BI2X	1	12D25	6D25	3D25	3D25	1470,95	750,39	796,93	1934,38	1120,08	450	850	5D13-150 mm	4D13-170 mm
5		2-4	6D25	3D25	2D25	2D25	744,73	383,32	644,98	823,21	499,89	400	750	4D13-150 mm	4D13-170 mm
6		5 Atap	4D19	4D19	4D19	4D19	218,53	109,27	319,42	393,58	393,58	400	750	2D10-125 mm	2D10-150 mm

5.11 Desain Penulangan Kolom

5.11.1 Perhitungan Diagram Mn-Pn Kolom

Adapun contoh perhitungan kolom A lantai 1 pembuatan diagram momen ultimit dan gaya aksial kolom ultimit dapat dilakukan dengan perhitungan-perhitungan di bawah ini.

Diketahui :

1. Lebar penampang kolom (b) = 700 mm
2. Tinggi penampang Kolom (h) = 700 mm
3. Kuat tekan beton (F'c) = 30 MPa
4. Tegangan leleh baja (Fy) = 420 MPa
5. Diameter tulangan pokok kolom = 25 mm
6. Diameter sengkang kolom = 10 mm
7. Selimut beton (sb) = 40 mm
8. d' = sb + d sengkang + $\frac{1}{2}$ x d pokok
   = 40 + 10 + $\frac{1}{2}$ x 25
   = 62,5 mm
9. d = 700 – d'
   = 700 – 62,5
   = 637,5 mm
10. Ag = b x h
    = 700 x 700
    = 490000 mm2
11. Ast = 2 % x Ag
    = 2 % x 490000
    = 9800 mm
12. As = As' = ½ Ast
    = ½ 9800
    = 4900 mm

13. Ey $= \frac{fy}{200000}$

$= \frac{420}{200000}$

$= 0{,}0021$

14. Cbalance $= \frac{600.(d)}{600+(fy)}$

$= \frac{600.(640{,}5)}{600+(420)}$

$=376{,}764$ mm

15. β1 $= 0{,}85 - \frac{0{,}05(fc'-28)}{7}$

$= 0{,}85 - \frac{0{,}05(30-28)}{7}$

$= 0{,}835$

Adapun pembuatan diagram momen ultimit dan gaya aksial kolom ultimit dapat dilakukan dengan perhitungan-perhitungan di bawah ini.

1. Kondisi konsentris

   Kondisi ini adalah kondisi dimana beban bekerja tepat pada titik berat potongan kolom (beban aksial momen), sehingga tidak ada momen.

   Pn max = 0,80 x 0,85 x fc' x (Ag-Ast)+Ast x fy

   = 0,80 x 0,85 x 30 x (490000-9800)+9800 x 420

   = 13912,1 kN

   Adapun untuk nilai reduksi atau ϕ ditentukan dengan persyaratan berikut.

   - Apabila nilai εs ≤ εy, maka nilai ϕ = 0,65
   - Apabila nilai εs ≥ εt, maka nilai ϕ = 0,9
   - Apabila nilai εs ≤ εy dan εs ≥ εt, maka nilai ϕ didapatkan dengan rumus: ϕ = $0{,}65 + ((\varepsilon s - \varepsilon y) \times \frac{250}{3})$

   Karena pada kondisi seimbang nilai εs ≤ εy, maka nilai ϕ = 0,65

   Pu = ϕ x Pn

   = 0,65 x 13912,1

   = 9042,852 kN

2. Kondisi patah desak

Agar terjadi patah desak, maka diambil faktor pengali Cb>1. Misal pakai pengali 1,1.

c = 1,1 x cb

= 1,1 x 375

= 412,5 mm

a = β1x c

= 0,835 x 412,5

= 344,7 mm

$\varepsilon s' = \frac{c-d'}{c} \times \varepsilon c$

$= \frac{412,5-62,5}{412,5} \; x \; 0,003$

= 0,0026 ≥ εy = 0,002, maka baja tarik sudah leleh.

Karena baja tarik sudah leleh, fs = fy = 420 MPa

Tulangan tekan (fs') $= \frac{600(c-d')}{c} \leq$ fy

$= \frac{600(412,5-62,5)}{412,5}$

= 509,1 MPa,

Karena hasilnya tidak memenuhi ≤ fy maka diambil fs' = 420 MPa

Tulangan tarik (fs) $= \frac{600(d-c)}{c}$

$= \frac{600(637,5-412,5)}{412,5}$

= 327,3 MPa

Z1 = ½ H – ½ a

= ½ .700 – ½ . 344,7

= 177,6 mm

Z2 = ½ H – d'

= ½ x 700 – 62,5

= 287,5 mm

Z3 = d – ½ H

$= 637{,}5 - \frac{1}{2}700$

= 287,5 mm

Pn = Cc + (As'x fy) – (As.fs) ≤ Pn max

= (0,85 x 30 x 344,7 x 700)+(4900 x420)-(4900 x 327,3)

= 6608 kNm

Mn $= \frac{Cc.Z1+Cs.Z2+Ts.Z3}{10\text{^}6}$

$= \frac{((0{,}85 \text{ x } 30 \text{ x } 344{,}7 \text{ x } 700) \text{ x } 177{,}6+(4900 \text{ x } 420) \text{ x } 287{,}5+(4900 \text{ x } 327{,}3)\text{x } 287{,}5)}{10\text{^}6}$

= 2145,785 kNm

εt $= \frac{(d-c)}{c}\ x\ 0{,}003$

$= \frac{(637{,}5-412{,}5)}{412{,}5}\ x\ 0{,}003$

= 0,00164

ϕ = 0,65

ϕ.Pn = 0,65 x 6608

= 4295,091 kN

ϕ.Mn = 0,65 x 2145,785

= 1394,760 kNm

3. Kondisi *balance*

Agar terjadi kondisi seimbang, maka diambil faktor pengali Cb=1.

c = 1 x cb

= 1 x 375

= 375 mm

a = β1x c

= 0,835 x 375

= 313,4 mm

εs' $= \frac{(c-d')}{c}$ x εc

$= \frac{(375-62{,}5)}{375}$ x 0,003

= 0,0025 ≥ εy = 0,002, maka baja tarik sudah leleh.

Karena baja tarik sudah leleh, fs = fy = 420 MPa

Tulangan tekan (fs') $= (600 \frac{(c-d')}{c}) \leq fy$

$= 600 \frac{(376,8-59,5)}{376,8} \leq 420$

= 505,2 MPa

Karena hasilnya tidak memenuhi ≤ fy maka diambil fs' = 420 MPa

Z1 = ½ H – ½ a

= ½ x 700 – ½ x 313,4

= 193,3 mm

Z2 = ½ H – d'

= ½ x 700 - 62,5

= 287,5 mm

Z3 = d – ½ H

= 637,5-1/2 x 700

= 287,5 mm

Pn = Cc + (As'x fy) – (As.fs) ≤ Pn max

= (0,85 x 30 x 313,4 x 700)+(4900x420)-(4900 x 420)

= 5594 kN

Mn $= \frac{Cc.Z1+Cs.Z2+Ts.Z3}{10\text{^}6}$

$= \frac{((0,85 \text{ x } 30 \text{ x } 313,4 \text{ x } 700) \text{ x } 193,3+(4900 \text{ x } 420) \text{ x } 287,5+(4900 \text{ x } 313,4)\text{x } 287,5)}{10\text{^}6}$

= 2264,702 kNm

εt $= \frac{(c-d')}{c}$) x 0,003

$= \frac{(375-62,5)}{375}$ x 0,003

= 0,0021

ϕ = 0,65

ϕ.Pn = 0,65 x 5594

= 3636,141 kN

ϕ.Mn = 0,65 x 1472,056

= 1472,056 kNm

4. Kondisi patah tarik

Agar terjadi patah tarik, maka diambil faktor pengali Cb<1. Misal dipakai faktor pengali 0,9.

c = 0,9 x cb

= 0,9 x 375

= 337,5 mm

a = β1x c

= 0,835 x 337,5

= 282,1 mm

$\varepsilon s' = \frac{(c-d')}{c}$ x εc

$= \frac{(337,5-62,5)}{337,5}$ x 0,003

= 0,0024 ≥ εy = 0,002 maka baja tarik sudah leleh

Karena baja tarik sudah leleh, fs = fy = 420 MPa

Tulangan tekan (fs') $= (600\frac{(c-d')}{c})$

$=(600\frac{(337,5-62,5)}{337,5})$

= 488,9 Mpa

Tulangan tarik (fs) $= (600\frac{(d-c)}{c})$

$= (600\frac{(637,5-337,5)}{337,5})$

= 533,3 Mpa

Karena hasilnya tidak memenuhi ≤ fy maka diambil fs' = 420 MPa

Z1 = ½ H – ½ a

= ½ x 700 – ½ x 282,1

= 209 mm

Z2 = ½ H – d'

= ½ x 700 – 62,5

= 287,5 mm

Z3 = d – ½ H

= 637,5 - ½ x 700

= 287,5 mm

Pn = Cc + (As'x fy) – (As.fs) ≤ Pn max

= (0,85 x 30 x 282,1 x 700)+(4900 x420)-(4900 x 420)

= 5035 kN

$Mn = \frac{Cc.Z1+Cs.Z2+Ts.Z3}{10^6}$

$= \frac{((0,85 \times 30 \times 282,1 \times 700) \times 209+(4900 \times 420) \times 287,5+(4900 \times 313,4) \times 287,5)}{10^6}$

= 2235,458 kNm

$\varepsilon t = \frac{(d-c)}{c}$ x 0,003

$= \frac{(637,5-337,5)}{337,5}$)x 0,003

= 0,00267

Karena εty < εt < 0,005 maka:

$\phi = 0,65 + 0,25(\frac{(\varepsilon t-\varepsilon ty)}{(0,005-\varepsilon t)})$

$= 0,65 + 0,25(\frac{(0,00267-0,0021)}{(0,005-0,0021)})$

= 0,7

ϕ.Pn = 0,7 x 5035

= 3518,472

ϕ.Mn = 0,7 x 2235,458

= 1562,251 kNm

5. Kondisi lentur murni

Kondisi ini adalah kondisi dimana beban yang terjadi hanyalah momen, beban aksial = 0, sehingga perhitungannya seperti analisis balok tulangan rangkap dengan tulangan desak belum leleh.

c = 0,12 x cb

= 0,12 x 375

= 85,3 mm

a = β1x c

= 0,835 x 85,3

= 71,3 mm

εs’ $= \frac{(c-d')}{c}$ x εc

$= \frac{(85,3-62,5)}{85,3}$ x 0,003

= 0,000801 ≥ εy = 0,002, maka baja tarik belum leleh.

Tulangan tekan (fs’) $= (600\frac{(c-d')}{c})$

$= 600\frac{(85,3-62,5)}{85,3}$

= 160,3 MPa

Tulangan tarik (fs) $= (600\frac{(d-c)}{c})$

$= (600\frac{(637,5-85,3)}{85,3}$

= 3884,6 MPa

Karena hasilnya tidak memenuhi ≤ fy maka diambil fs’ = 420 MPa

Z1 = ½ H – ½ a

= ½ x 700 – ½ x 71,3

= 314,4 mm

Z2 = ½ H – d’

= ½ x 700 - 62,5

= 287,5 mm

Z3 = d – ½ H

= 637,5 - 1/2 x 700

= 287,5 mm

Pn = 0

Mn $= \frac{Cc.Z1+Cs.Z2+Ts.Z3}{10\text{^}6}$

$= \frac{((0,85 \text{ x } 30 \text{ x } 85,3 \text{ x } 700) \text{ x } 314,4+(4900 \text{ x } 420) \text{ x } 287,5+(4900 \text{ x } 85,3)\text{x } 287,5)}{10\text{^}6}$

= 1217,525 kNm

εt $= \frac{(d-c)}{c}$ x 0,003

$= \frac{(637,5-85,3)}{85,3}$ x 0,003

= 0,01942

Karena εt ≥ 0,005 maka:

ϕ = 0,9

ϕ.Mn = 0,9 x 1217,525

= 1095,773 kNm

Berikut tabel rekapitulasi nilai Mu dan Pu kolom arah X dan Y dengan rasio tulangan 2 %.

Tabel 5. 46 Rekapitulasi Perhitungan Pn dan Mn

Kondisi	C (mm)		a (mm)	fs'		fs		Z1	Z2	Z3	Pn (kN)		Mn (kNm)	et	φ	φMn	φPn
	n.Cb			hitung	ambil	hitung	ambil	(1/2*H-1/2*a)	(1/2*H-d')	d-1/2*H	hitung	diambil					
konsentris	~	~		420	420	420,0	420,0	0	0	0	13912,1	13912,08	0	0,00000	0,65	0,000	9042,852
pth desak	1,87	700,0	585,0	546,4	420	-53,6	-53,6	57,5	287,5	287,5	12763	12762,75	1116,6356	-0,00027	0,65	725,813	8295,788
	1,8	675,0	564,1	544,4	420	-33,3	-33,3	67,9	287,5	287,5	12291	12291	1228,8905	-0,00017	0,65	798,779	7988,920
	1,7	637,5	532,8	541,2	420	0,0	0,0	83,6	287,5	287,5	11568	11568	1386,856	0,00000	0,65	901,456	7519,139
	1,6	600,0	501,4	537,5	420	37,5	37,5	99,3	287,5	287,5	10825	10825	1533,1599	0,00019	0,65	996,554	7036,088
	1,5	562,5	470,1	533,3	420	80,0	80,0	115,0	287,5	287,5	10057	10057	1668,9762	0,00040	0,65	1084,835	6537,111
	1,4	525,0	438,8	528,6	420	128,6	128,6	130,6	287,5	287,5	9260	9260	1795,8142	0,00064	0,65	1167,279	6018,797
	1,3	487,5	407,4	523,1	420	184,6	184,6	146,3	287,5	287,5	8426	8426	1915,6477	0,00092	0,65	1245,171	5476,683
	1,2	450,0	376,1	516,7	420	250,0	250,0	162,0	287,5	287,5	7546	7546	2031,1085	0,00125	0,65	1320,221	4904,819
	1,1	412,5	344,7	509,1	420	327,3	327,3	177,6	287,5	287,5	6608	6608	2145,7853	0,00164	0,65	1394,760	4295,091
Balance	1	375,0	313,4	500,0	420	420,0	420,0	193,3	287,5	287,5	5594	5594	2264,7023	0,00210	0,65	1472,056	3636,141
Patah tarik	0,9	337,5	282,1	488,9	420	533,3	420,0	209,0	287,5	287,5	5035	5035	2235,4583	0,00267	0,70	1562,251	3518,472
	0,8	300,0	250,7	475,0	420	675,0	420,0	224,6	287,5	287,5	4475	4475	2188,6829	0,00338	0,76	1663,210	3400,804
	0,7	262,5	219,4	457,1	420	857,1	420,0	240,3	287,5	287,5	3916	3916	2124,3762	0,00429	0,84	1781,127	3283,136
	0,6	225,0	188,0	433,3	420	1100,0	420,0	256,0	287,5	287,5	3356	3356	2042,5381	0,00550	0,90	1838,284	3020,794
	0,5	187,5	156,7	400,0	400	1440,0	420,0	271,7	287,5	287,5	2699	2699	1914,9935	0,00720	0,90	1723,494	2429,128
	0,4	150,0	125,4	350,0	350,000	1950,0	420,0	287,3	287,5	287,5	1895	1895	1727,6551	0,00975	0,90	1554,890	1705,163
	0,3	112,5	94,0	266,7	266,667	2800,0	420,0	303,0	287,5	287,5	927	927	1475,827	0,01400	0,90	1328,244	834,197
	0,2	75,0	62,7	100,0	100,000	4500,0	420,0	318,7	287,5	287,5	-449	-449	1089,0716	0,02250	0,90	980,164	-404,269
Lentur murni	0,23	85,3	71,3	160,3	160,337	3884,6	420,0	314,4	287,5	287,5	0	0	1217,5252	0,01942	0,90	1095,773	0,000

5.11.2 Pengecekan SCWB

Kolom harus memenuhi persyaratan salah satu bangunan tahan gempa yaitu *Strong Column Weak Beam* atau SCWB yaitu ΣMu Kolom ≥ 1,2 x ΣMu Balok. Langkah - langkah perhitungan Mu pakai kolom sendiri dapat dilihat di bawah ini. Berikut adalah rekapitulasi nilai Mn Balok dan Pu kolom.

Tabel 5. 47 Rekapitulasi Momen Ultimate Balok

No.	Kode Balok	Lantai	Momen Ultimate (kNm)	
			Mu+	Mu-
1	BI1Y	1	699,369	1361,79
2		2-4	405,26	658,31
3		5 Atap	95,45	190,89
6	BI2X	1	675,35	1323,85
7		2-4	344,98	670,26
8		5 Atap	98,34	196,68

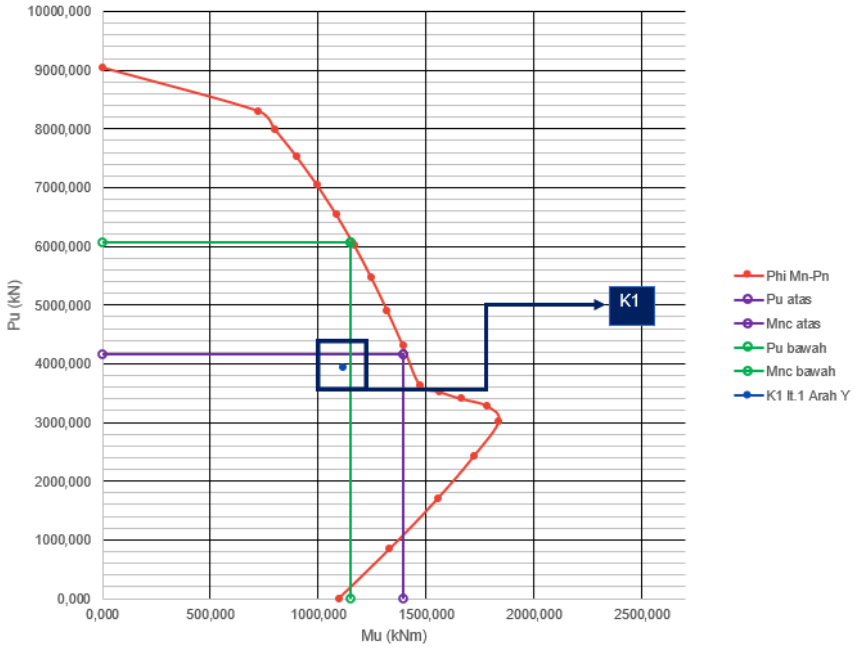
Tabel 5. 48 Rekapitulasi Pu Kolom

Kode Kolom	**Lantai**	**Pu Kolom X**		**Pu Kolom Y**		**Mu Kolom X (kN)**	**Mu Kolom Y (kN)**
		Atas (kN)	**Bawah (kN)**	**Atas (kN)**	**Bawah (kN)**		
K1	1	3782,50	5345,90	4171,16	6064,90	857,00	1238,00
	2-4	2601,50	3782,50	2815,48	4171,10	289,00	366,00
	5 atap	0,00	557,10	0,00	583,50	164,00	182,00
K2	1	3716,51	6011,84	3761,50	5214,92	764,00	1012,00
	2-4	2780,7	3716,5	2555,00	4139,05	313,0	339,00
	5 atap	0,00	529,60	0,00	507,60	190,00	215,00
K3	1	5176,08	7090,52	5104,80	7032,52	1023,00	1002,00
	2-4	3597,2	5176,08	3545,80	5104,80	281,00	311,00
	5 atap	0,00	777,60	0,00	772,67	133,00	176,00
K4	1	3624,40	4723,50	3632,54	4733,20	735,00	790,00

Lanjutan Tabel 5. 48 Rekapitulasi Pu Kolom

Kode Kolom	Lantai	Pu Kolom X		Pu Kolom Y		Mu Kolom X (kN)	Mu Kolom Y (kN)
		Atas (kN)	Bawah (kN)	Atas (kN)	Bawah (kN)		
	2-4	2612,30	3624,30	2620,00	3632,40	285,00	333,00
	5 atap	0,00	593,07	0,00	595,40	92,00	97,00

Karena kolom 1 lantai 1 sebagai contoh dalam perhitungan maka berikut ini adalah grafik mu-pu pada kolom 1 lantai 1 arah Y.



Gambar 5. 67 Grafik Mu-Pu Kolom 1 lantai 1 Arah Y

Dari grafik tersebut didapatkan nilai Mu sebesar 1390 kNm dan 1150 kNm. Jika dijumlahkan maka didapatkan nilai 2540 kNm. Pada ketentuan analisa SCWB adalah nilai ΣMu Kolom ≥ 1,2 x ΣMu Balok. Sedangkan nilai 1,2 x ΣMu Balok sendiri pada kolom A arah Y adalah 2473,9 kNm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai Pu kolom sudah memenuhi kriteria SCWB dan dapat dikatakan aman.

5.11.3 Perhitungan Lentur Kolom

Perhitungan lentur kolom yang diambil sebagai contoh perhitungan adalah kolom A lantai 1 arah Y. Adapun perhitungan lentur kolom A lantai 1 arah Y sebagai berikut.

Rasio = 2%

Ag = 490000 mm^2

As Perlu = Rasio x Ag

= 2% x 490000

= 9800 mm^2

As 1 tulangan = 0,25 x π x Db^2

= 0,25 x π x 25^2

= 490,879 mm^2

T. PERLU = $\frac{As\ perlu}{\text{As 1 Tulangan}}$

= $\frac{9800}{490,879}$

= 19,9644 Buah

T. Terpasang = 20 Buah

Tulangan Lentur = 20D25

5.11.4 Perhitungan Gaya Geser Kolom

Perhitungan gaya geser kolom yang diambil sebagai contoh perhitungan adalah kolom A lantai 1 arah Y. Adapun perhitungan lentur kolom A lantai 1 arah Y sebagai berikut.

1. Menghitung nilai Lo

Hbalok = 850,00 mm

Hlantai = 8000,00 mm

Lu = Hlantai-Hbalok

= 8000-850

= 7150,00 mm

cek 1 =Lo>Hkolom

= 850,00 mm

cek 2 =Lo>$\frac{1}{6}$ x Lu

= Lo> $\frac{1}{6}$ x 7150

= Lo > 1191,67 mm

cek 3 =Lo>450

= 450,00 mm

Lo(terbesar) = 1191,67 mm

DAERAH SENDI PLASTIS

2. Menghitung nilai sengkang

Kolom =B kolom = H kolom

=700,00 mm

Sb = 40,00 mm

Trial kaki sengkang

kaki sengkang = 8 kaki

hx $= \frac{(\text{B kolom} - 2\ \text{xSb} - 2\text{xØsengkang} - \text{db})}{(\text{n kaki} - 1)}$

$= \frac{(700 - 2\ \text{x}40 - 2\text{x}13 - 25)}{(8 - 1)}$

= 81,29 mm

bc = Hx x (Kaki sengkang -1)

= 81,29 x (8-1)

= 569 mm

pu = 6064,90 kNm

ag x fc x 0,3 = (700x700) x 30 x 0,3

= 4410 < pu (not OK)

cek hx<=200 mm (OK)

3. Menghitung spasi (s)

menentukan nilai s

diameter pokok = 25 mm

S0 $=100+ \frac{350-\text{hx}}{3}$

$= 100+ \frac{350-81,29}{3}$

= 189,57 mm

cek 1 s<=S0 =189,57 mm (ok)

cek 2 s<=150 =150,00 mm (ok)

cek 3 s>=100 =100,00 mm (ok)

cek 4 s<=1/4*Bc

= ¼ x 569

=142,25 mm (ok)

cek 5 s<=6*db

= 6 x 25

=150 mm (ok)

S pakai =100,00 mm

4. Menghitung luasan penampang sengkang

Øsengkang =13,00 mm

Ashx=Ashy

Bc = Hkolom-2xSb-2x Øsengkang -db

= 700 – 2x40 – 2x13 - 25

= 569 mm

Ash1 = 0,3 x (Spakai x bc x $\frac{Fc}{Fy}$) x (($\frac{BxH}{Bc\ x\ Bc}$ -1))

= 0,3 x (100 x 569 x $\frac{30}{420}$) x (($\frac{700\ x\ 700}{569\ x\ 569}$ -1))

= 626 mm^2

Ash2 = 0,09 x ($\frac{Spakai\ x\ bc\ x\ Fc}{Fy}$)

= 0,09 x ($\frac{100\ x\ 569\ x\ 30}{420}$)

= 365,79 mm^2

Ash3 = 553,71 mm^2

Ash pakai = 729,28 mm^2

5. Menghitung luas sengkang

Avx=Avy

Avx = Kaki sengkang x 0,25 π x $Øsengkang^2$

= 8 x 0,25 π x 13^2

= 796,39 mm^2

cek 1

Avx>Ashpakai (ok)

6. Melakukan cek terhadap gaya

Ve = 2394,64 kN

d = Hkolom - Sb- Øsengkang-0,5 x Db

= 700 – 40 - 13- (0,5x25)

= 634,50 mm

Pu = 6064,90 kN

Ag x f'c x 5% = Ag x f'c x 5%

= (700x700) x 30 x 5%

= 735 kN

Cek =Pu<Ag*f'c*5% (vc terhitung)

maka Nilai Vc dihitung berdasarkan SNI

Vc $=0{,}17 \times \left(1+\left(\frac{\text{Pu x 1000}}{\text{(14 x H kolom x Bkolom)}}\right)/\right) \times \sqrt{}(\text{Fc'}) \times \text{Bkolom} \times \text{d}$

$= 0{,}17 \times \left(1+\left(\frac{6064{,}90 \times 1000}{(14 \times 700 \times 700)}\right)/\right) \times \sqrt{}(30) \times 700 \times 634{,}5$

= 779188,06 N

= 779,19 kN

Vs $= \text{Avx} \times \text{Fy} \times \left(\frac{\text{d}}{\text{S pakai}}\right)$

$= 1061{,}86 \times 420 \times \left(\frac{634{,}5}{100}\right)$

= 2829746,23 N

= 2829,75 kN

ΦVn =Φ(Vc+Vs)

= 0,75 x (779,19 + 2929,75)

= 2706,70 kN

cek 2 =ΦVn>Ve (OK)

Sehingga dipakai tulangan **8D13-100 mm**

DAERAH LUAR SENDI PLASTIS

7. Menentukan spasi

p = 13 mm

cek1 =s<=6dB =150 mm

cek2 =s<=150 =150 mm

S pakai = 110 mm

8. Melakukan cek terhadap gaya

Ve = 2393,64 kN

d = 637,50 mm

kaki sengkang = 8 kaki

Avx =kaki*A tul sengkang

= 8 x 0,25 x π x 13^2

= 1061,86 mm2

Vc = 779,19 kN

Vs = $\frac{\text{Avx x d x Fy}}{S\ pakai}$

= $\frac{1061,86\ \text{x}\ 634,5\ \text{x}\ 420}{100}$

= 2829746,23 N

= 2829,75 kN

ΦVn =Φ(Vc+Vs)

= 0,75 x (779,19 + 2829,75)

=1217,32 kN

cek1 =ΦVn>Ve (OK)

Sehingga digunakan tulangan **8D13-100 mm**

5.11.5 Perhitungan Desain Tulangan *Geser Beam Coloumn Joint*

Pada perhitungan desain tulangan geser *beam coloumn joint* kali ini diambil sampel balok lantai 1-3 portal X dengan bentang 6 m.

1. Data-Data Yang Dibutuhkan

Hc = 700 mm

Bc = 700 mm

Hb = 850 mm

Bb = 450 mm

Sengkang kolom daerah sendi plastis 8D13-100

db = 25 mm

20db = 20 x 25

= 500 mm

Hc (700 mm) > 20db (5000 mm) (OKE)

2. Cek Syarat Sengkang Pada *Joint*

x $= \frac{(Bc-Bb)}{2}$

$= \frac{(700-450)}{2}$

= 125 mm

Lebar efektif joint (B)

B1 = b + h

= Bb + Hc

= 450 + 700

= 1150 mm

B2 = B balok + 2 x (b kolom – b balok)

= 450 + 2 x (0,5 x (700 – 450))

= 700 mm

B pakai = 700 mm

Sehingga luas penampang *joint*

Aj = B x h

= 700 x 700

= 490000 mm^2

Cek syarat sengkang

Bb = 450 mm

B kolom = 700 mm

¾ B kolom = 525 mm

Karena B balok < ¾ B kolom , maka sengkang *joint* sama dengan sengkang kolom sendi plastis yakni 8D13-100.

Karena setiap lantai memiliki lebar balok < ¾ lebar kolom, maka sengkang *joint* setiap lantai sama dengan sengkang kolom sendi plastis.

5.11.6 Perhitungan Kekuatan Geser Nominal Joint (Vn)

1. Untuk *Joint* Dengan 2 Balok Tiap Sisi

Aj = 490000 mm^2

F'c = 30 MPa

Fy = 420 MPa

As- = 12D25

= n x ¼ x π x D^2

= 12 x ¼ x π x 25^2

= 5890,486 mm^2

As+ = 6D25

= n x ¼ x π x D^2

= 6 x ¼ x π x 25^2

= 2945,24 mm^2

Cek kuat geser :

ΣH = 0

Ve – (Cc+) – (Ts-) – V joint = 0

V joint = Ve – (Ts-) – (Cc+)

Ve = 2393,64 kN

Ts- = 1,25 x fy x As-

= 1,25 x 420 x 5890,486

= 3092,505 kN

Cc+ = 1,25 x fy x As+

= 1,25 x 420 x 2945,243

= 1546,252 kN

V joint = |Ve – (Ts-) – (Cc+)|

= |2393,64 – 3092,505 – 1546,252| kN

= 1620,50 kN

Φ = 0,75

ΦVn = Φ x1,7 x $\sqrt{F'c}$ x Aj x $\frac{1}{1000}$

= 0,75 x1,7 x $\sqrt{30}$ x 490000 x $\frac{1}{1000}$

= 3421,90 kN

φVn > V joint AMAN

5.11.7 Rekapitulasi Hasil Penulangan Kolom

Adapun hasil rekapitulasi dari perhitungan desain tulangan lentur kolom, tulangan geser kolom serta pada daerah *beam column joint* pada semua tipe kolom adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 49 Rekapitulasi Desain Tulangan Kolom

Kode Kolom	Dimensi Kolom	Lantai	Tul.Lentur Tumpuan		Kebutuhan Tulangan Geser		
			Aah X	Arah Y	Daerah Sendi Plastis	Daerah Luar Sendi Plastis	Pada Joint
k1	700	1	20D25	20D25	8D13-100 mm	8D13-100 mm	8D13-100 mm
	600	2-4	20D25	20D25	4D13-100 mm	4D13-110 mm	4D13-100 mm
		5 atap	20D25	20D25	4D13-100 mm	2D13-110 mm	4D13-100 mm
k2	800	1	14D25	14D25	4D13-100 mm	5D13-110 mm	4D13-100 mm
	600	2-4	18D25	16D25	4D13-100 mm	4D13-110 mm	4D13-100 mm
		5 atap	18D25	16D25	4D13-100 mm	2D13-110 mm	4D13-100 mm
k3	900	1	12D22	12D22	4D13-100 mm	4D13-110 mm	4D13-100 mm
	700	2-4	20D22	20D22	5D13-100 mm	2D13-110 mm	5D13-100 mm
		5 atap	20D22	20D22	5D13-100 mm	2D13-110 mm	5D13-100 mm
k4	900	1	12D22	12D22	6D13-100 mm	6D13-110 mm	6D13-100 mm
	700	2-4	20D22	20D22	5D13-100 mm	2D13-110 mm	5D13-100 mm
		5 atap	20D22	20D22	4D13-100 mm	2D13-110 mm	4D13-100 mm

5.12 Perancangan Pondasi

Pondasi adalah struktur bangunan paling bawah dan dasar yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur diatasnya ke lapisan tanah pendukung atau batuan yang berada di bawahnya. Sebagai elemen struktur bawah bangunan dan bagian terendah dari sebuah bangunan, maka pondasi langsung berhubungan dengan tanah. Secara umum, jenis pondasi dibedakan menjadi tipe dangkal dan pondasi dalam. Pondasi tipe dangkal biasanya dibuat di kedalaman yang rendah sekitar 1/3 dari panjang pondasi dengan kedalaman 3 meter.

Salah satu pondasi dalam adalah pondasi tiang. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah keras terletak sangat dalam. Dimana lapisan tanah dikatkan sebagai tanah keras apabila nilai N-SPT nya lebih dari 50 pukulan. Pondasi tiang dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang

menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin.

Pada tugas akhir perancangan bangunan ini digunakan pondasi tiang dengan bahan beton pracetak atau dikenal dengan spun pile atau tiang pancang. Adapun pondasi tiang ini masuk dalam kategori pondasi tiang perpindahan besar (*large displacement pile*), yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar.

Kapasitas dukung tiang dihitung baik pada tahanan ujung dan tahanan gesernya. Tiang didesain dalam grup atau kumpulan tiang yang diharapkan bekerja bersama. Sehingga agar kumpulan pile tersebut dapat bekerja bersama digunakanlah Pile Cap. Pile cap sendiri juga memiliki fungsi sebagai penopang beban dari kolom, yang akan disebarkan lebih lanjut ke tiang pancang. Pengerjaan pile cap juga memiliki peran penting dalam menentukan lokasi kolom pada titik pusat pondasi.

5.12.1 Perancangan Pile

1. Data Perencanaan

Pada perancangan ini digunakan satu diameter pile, yaitu pile dengan diameter 0,8 m kelas B dari WIKA Beton. Dalam merencanakan pondasi digunakan data tanah dan rekapitulasi beban dan gaya geser akibat beban hidup dan mati. Adapun kodefikasi dan rekapitulasi beban data dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 50 Kodefikasi Dan Rekapitulasi Beban

Kodefikasi Pondasi	Beban Tetap (DL+LL)			Beban Gempa		
	P	Vx	Vy	P	Vx	Vy
P1 (Interior)-57	4967,39	-21,436	-15,816	2446,9	144,66	558,37
P2 (Eksterior)-64	3658,74	-50,055	-49,508	3668,6	288,36	551,51
P4 Sudut luar-628	3464,292	44,236	-44,901	2517,9	337,23	668,41

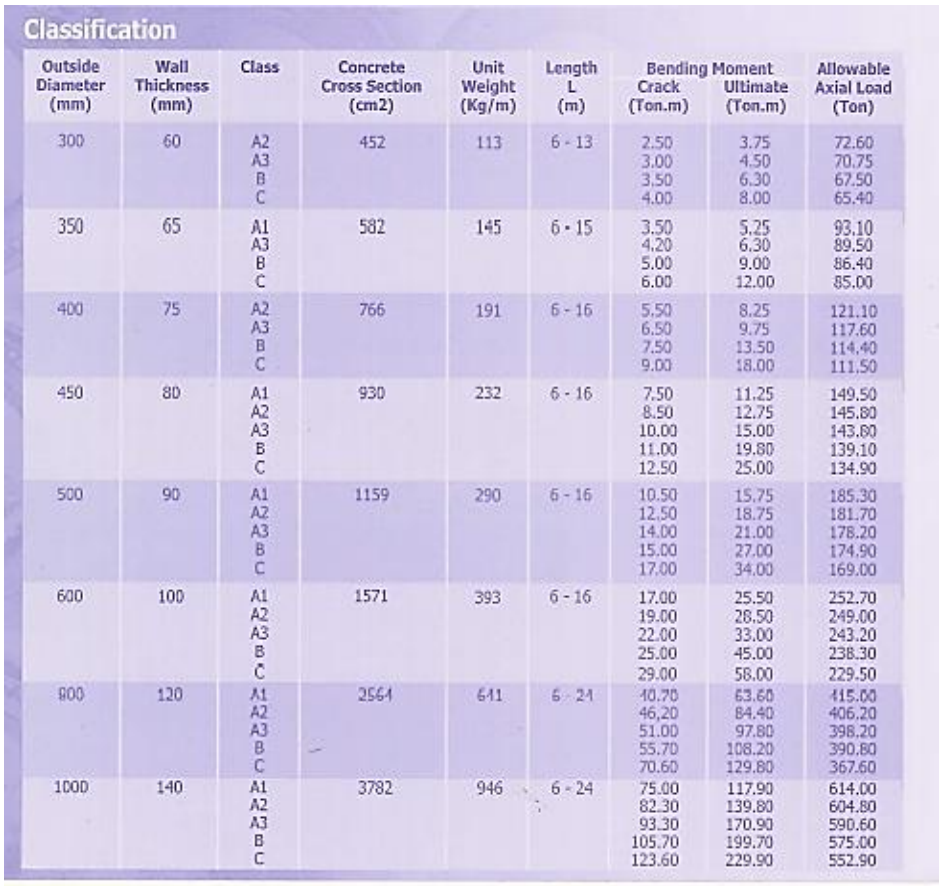
Data tanah yang digunakan adalah hasil uji bor sehingga didapatkan nilai N-SPT ditiap lapisan. Rekapitulasi data tanah dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut, serta uji tanah secara lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5. 51 Rekapitulasi Data Tanah

Kedalaman	Nilai n-spt
2	9
4	11
6	8
8	7
10	8
12	32
14	60
16	50
18	60
20	60
22	56
24	60
26	60

Adapun berat tiap pile, daya dukung tiang berdasarkan diameter dan kelasnya dapat dilihat pada

Tabel 5. 52 Tabel Klasifikasi Tiang Pile



Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm2)	Unit Weight (Kg/m)	Length L (m)	Bending Moment Crack (Ton.m)	Bending Moment Ultimate (Ton.m)	Allowable Axial Load (Ton)
300	60	A2 A3 B C	452	113	6 - 13	2.50 3.00 3.50 4.00	3.75 4.50 6.30 8.00	72.60 70.75 67.50 65.40
350	65	A1 A3 B C	582	145	6 - 15	3.50 4.20 5.00 6.00	5.25 6.30 9.00 12.00	93.10 89.50 86.40 85.00
400	75	A2 A3 B C	766	191	6 - 16	5.50 6.50 7.50 9.00	8.25 9.75 13.50 18.00	121.10 117.60 114.40 111.50
450	80	A1 A2 A3 B C	930	232	6 - 16	7.50 8.50 10.00 11.00 12.50	11.25 12.75 15.00 19.80 25.00	149.50 145.80 143.80 139.10 134.90
500	90	A1 A2 A3 B C	1159	290	6 - 16	10.50 12.50 14.00 15.00 17.00	15.75 18.75 21.00 27.00 34.00	185.30 181.70 178.20 174.90 169.00
600	100	A1 A2 A3 B C	1571	393	6 - 16	17.00 19.00 22.00 25.00 29.00	25.50 28.50 33.00 45.00 58.00	252.70 249.00 243.20 238.30 229.50
800	120	A1 A2 A3 B C	2564	641	6 - 24	40.70 46.20 51.00 55.70 70.60	63.60 84.40 97.80 108.20 129.80	415.00 406.20 398.20 390.80 367.60
1000	140	A1 A2 A3 B C	3782	946	6 - 24	75.00 82.30 93.30 105.70 123.60	117.90 139.80 170.90 199.70 229.90	614.00 604.80 590.60 575.00 552.90

5.12.2 Analisis Perencanaan

Pada perancangan ini terdapat 3 desain pondasi tiang, yaitu untuk Pondasi Interior, Pondasi exterior, dan Pondasi sudut luar. Berikut adalah contoh perhitungan analisis pile untuk pondasi sudut luar.

1. Data Awal

Sesuai pada Tabel 9.1 dan Tabel 9.2 serta Gambar 9.1 didapatkan data sebagai berikut.

a. P akibat beban tetap = 3464,292 kN
b. Vy akibat beban tetap = -44,901 kN
c. Vx akibat beban tetap = 44,326 kN
d. P akibat beban gempa = 2517,911 kN
e. Vy akibat beban gempa = 668,408 kN
f. Vx akibat beban gempa = 337,231 kN

g. Diameter Pile (D) = 0,8 m

h. Kedalaman pile (Lb) = 16 m = 52,4934 ft

i. Keliling pile (P) = π x D

= π x 0,8

= 2,513 m = 8,246 ft

j. Luas pile (Ap) = ¼ x π x D^2

= ¼ x π x $0,8^2$

= 0,50 m^2

k. Berat Pile (Wp) = Berat per meter x kedalaman pile

= 641 x 16

= 100,16 kN

2. Nilai Tahanan Ujung

Perhitungan tanahan ujung tiang dapat diuraikan sebagai berikut.

a. 8D = 8 x 1

= 8 m

b. 4D = 4 x 1

= 4 m

c. N1 (nilai rerata N-SPT pada kedalaman 4D) = $\frac{(60+60)}{2}$

= 60

d. N2 (nilai rerata N-SPT pada kedalaman 8D) = $\frac{(32+60+50)}{3}$

= 47,33

e. Nb (N rerata) = $\frac{(N1+N2)}{2}$

= $\frac{(60+47,33)}{2}$

= 53,67

f. Tahanan Ujung 1 (Qp1) = Ap x 40 x Nb x $\frac{Lb}{D}$

= 0,50 x 40 x 53,67 x ($\frac{(16-14)}{0,8}$)

= 2696,21 kN

g. Tahanan Ujung 2 (Qp2) = Ap x 400 x Nb

= 0,50 x 400 x 53,67

= 10784,85 kN

h. Tahanan Ujung (Qp) diambil terkecil = 2696,2 kN

3. Nilai Tahanan *Friction*

Perhitungan tanahan ujung tiang dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Luas selimut tiang (As) = P x Lb

= 10,30 x 52,49

= 432,842 ft^2

b. N rerata sepanjang tiang ($\bar{N}$) = $\frac{(9+11+8+7+8+32+60+50)}{8}$

= 23,125

c. Tahanan Friksi (Qs) = $\frac{(\text{As x } \bar{N})}{50}$

= $\frac{(432{,}842 \text{ x } 23{,}125)}{50}$

= 200,189 ton

= 1963,860 kN

4. Jumlah pile

Perhitungan jumlah pile tiang dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Pu = Qp+Qs-Wp

= 3370,3 + 2454,82 – 100,6

= 4559,46 kN

b. SF = 3

c. Daya dukung ijin tanah (Pa) = $\frac{\text{Pu}}{SF}$

= $\frac{4559{,}46}{3}$

= 1519,82 kN

d. Daya dukung ijin tiang (Pa_{tiang}) = 390,8 x 9,81

= 3833,75 kN

e. Pa pakai = 1519,82 kN

f. ΣP = 3464,29 kN

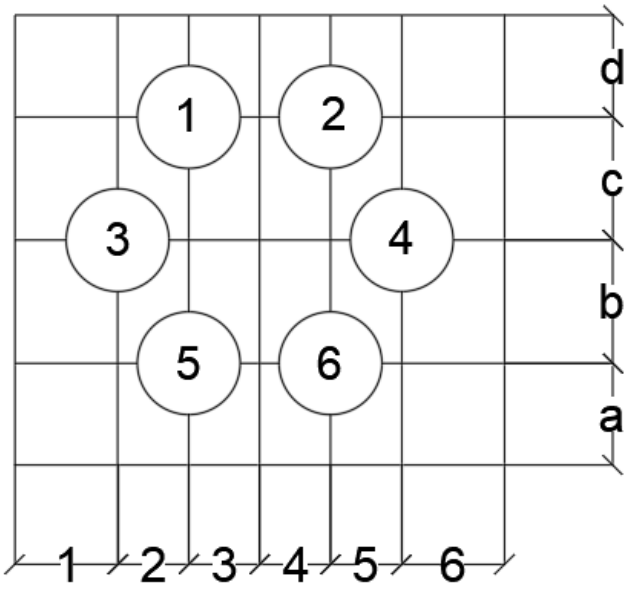
g. Jumlah pile (n) = $\frac{\text{P}}{Pa}$

$= \frac{3464,29}{1519,82}$

= 2,28

h. n Pakai = 6 buah

i. Konfigurasi tiang dapat dilihat pada gambar berikut. Dimana jarak tiang (S) adalah 0,3 + D = 0,3 +0,8= 1,1 m dan jarak tiang ke tepi = D = 0,8 m.



Gambar 5. 68 Konfigurasi Pile

Dengan :

1 : 0,797 m

2 : 0,525 m

3 : 0,55 m

4 : 0,55 m

5 : 0,525m

6 : 0,797 m

a : 0,793 m

b : 0,957 m

c : 0,957 m

d : 0,793 m

Sehingga didapatkan,

1) Panjang Pile Cap = 1 + 2 + 3 + 4 +5 + 6
= 0,797 + 0,525 + 0,55 + 0,55 + 0,525 + 0,797
= 3,8 m
2) Lebar Pile Cap = a + b + c + d
= 0,793 + 0,957 + 0,957 + 0,793
= 3,5 m
3) Berat Jenis Pile Cap = 24 kN/m^3
4) Asumsi Tebal Pile Cap = 0,8 m
5) Berat Pile Cap = A x Berat Jenis x Tebal
= (3,8 x 3,5) x 24 x 0,8
= 255,36 kN/m^3

5. Kontrol Gaya

Kontrol gaya pada pile tiang dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Akibat beban tetap

1) P = P + Berat Pile Cap
= 3464,29 + 255,36
= 3719,7 kN
2) Pa = $\frac{Pu}{SF}$
= $\frac{4559,46}{3}$
= 1519,8 kN
= 154,9 ton
3) Pa tiang = 390,8 ton
4) Pa Pakai = 154,9 ton
5) Kontrol untuk Pile 1

X1 = 0,95 m
Y1 = 0,55 m
$X1^2$ = 0,95 x 0,55
= 0,902 m^2
$Y1^2$ = 0,55 x 0,55
= 0,3025 m^2

MX1 = Mx x $\frac{Yi}{\sum X^2}$

= 0

MY1 = My . $\frac{Yi}{\sum Y^2}$

= 0

Pi = $\frac{P}{n}$ + MX1+MY1

= $\frac{3648,8}{5}$ + 0 + 0

= 619,94 kN

= 63,19 ton

Pi < Pa pakai (Aman)

Kontrol untuk Pile lainnya dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. 53 Rekapitulasi Kontrol Gaya Beban Tetap

P	xi (m)	Yi (m)	x^2	y^2	∑Mx.yi/∑x2	∑My.xi/∑y2	Pi (kN)	Pi (Ton)	Ket
1	0,95	0,55	0,9025	0,3025	0,000	0,000	619,94	63,19	AMAN
2	0,95	0,55	0,9025	0,3025	0,000	0,000	619,94	63,19	AMAN
3	0,00	1,10	0	1,21	0,000	0,000	619,94	63,19	AMAN
4	0,00	1,10	0	1,21	0,000	0,000	619,94	63,19	AMAN
5	0,95	0,55	0,9025	0,3025	0,000	0,000	619,94	63,19	AMAN
6	0,95	0,55	0,9025	0,3025	0,000	0,000	619,94	63,19	AMAN

b. Akibat beban tetap + beban sementara

1) P = P + Berat Pile Cap + P gempa

= 3648,8 + 255,36 + 2517,911

= 6237,6 kN

2) Pa = $\frac{Pu}{SF}$

= $\frac{4559,46}{2}$

= 2279,7 kN

= 232,4 ton

3) Pa tiang = 390,8 ton

4) Pa Pakai = 232,4 ton

5) Kontrol untuk Pile 1

X1 = 0,95 m

Y1 = 0,55 m

$X1^2$ = 0,95 x 0,55

= 0,902 m^2

$Y1^2$ = 0,55 x 0,55

= 0,302 m^2

MX1 = Mx x $\frac{Yi}{\sum X2}$

= 0

MY1 = My x $\frac{Yi}{\sum Y2}$

= 0

Pi = $(\frac{p}{n})$+MX1+MY1

= $(\frac{6237,6}{5})$+0+0

= 1039,6 kN

= 106,0 ton

Pi < Pa pakai (Aman)

Kontrol untuk Pile lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.52 berikut.

Tabel 5. 54 Rekapitulasi Kontrol Gaya Beban Sementara

P	xi (m)	yi (m)	x2	y2	∑My.xi/∑x2	∑Mx.yi/∑y2	Pi (kN)	Pi (Ton)	Ket
1	0,95	0,55	0,9025	0,3025	0,0	0,0	1039,6	106,0	AMAN
2	0,95	0,55	0,9025	0,3025	0,0	0,0	1039,6	106,0	AMAN
3	0,00	1,10	0	1,21	0,0	0,0	1039,6	106,0	AMAN
4	0,00	1,10	0	1,21	0,0	0,0	1039,6	106,0	AMAN
5	0,95	0,55	0,0000	1,2100	0,00	0,00	1039,6	105,97	AMAN
6	0,95	0,55	0,0000	1,2100	0,00	0,00	1039,6	105,97	AMAN

2. Kontrol Kelompok Tiang

Kontrol kelompok tiang dapat diuraikan sebagai berikut.

a. θ = $\tan^{-1}(\frac{D}{S})$

= $\tan^{-1}(\frac{1}{1,3})$

= 36˚

b. m = 3

c. n = 2

d. η = $1-\theta\left[\frac{(n-1)m+(m-1)n}{90\ m\ n}\right]$

= $1 - 36\ (\frac{(2-1)3+(3-1)2}{90 \text{ x } 3 \text{ x } 2})$

= 0,5

e. Qu = 4559,5kN

f. Qgu = Qu x n x η

= 4559,5 x 6 x 0,5

= 14580,6 kN

g. Qa tetap = $\frac{\text{Qgu}}{\text{SF}}$

= $\frac{14580,6}{3}$

= 4860,2 kN > P (Aman)

h. Qa sementara = $\frac{\text{Qgu}}{\text{SF}}$

= $\frac{14580,6}{2}$

= 7290,3 kN > P (Aman)

i. Kontrol Gaya Lateral

Kontrol Gaya Lateral dapat diuraikan sebagai berikut.

a. V tetap = 44,2 kN

b. V Sementara = 668,4 kN

c. H tetap = $\frac{\text{V tetap}}{\text{N}}$

= $\frac{44,2}{5}$

= 8,85 kN

d. H gabungan $= \frac{(\text{V tetap} + \text{V sementara})}{\text{N}}$

$= \frac{(44{,}2 + 668{,}4)}{5}$

= 118,8 kN

e. My = 1061,442 kNm

f. N-SPT rerata ($\bar{N}$) = 30,5

g. Cu = 0,06 x My x 100

= 0,06 x 1061,442 x 100

= 183 kN/m^2

h. A = 1

i. B = (2 x kedalaman pile)+(3 x diameter pile)

= (2 x 16)+(3 x 1)

= 34,4

j. C $= \frac{\text{Mu}}{((2{,}25 \text{ x Cu x H pile }))-((\text{D pile} -(1{,}5 \text{ x H pile}))\text{^}2}$

$= \frac{1061{,}442}{((2{,}25 \text{ x } 183 \text{ x } 16))-((0{,}8 -(1{,}5 \text{ x } 16))\text{^}2}$

= -215,818

k. f $= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

= 5,42 m

l. Hu $= \frac{(2 \text{ x My})}{(1{,}5 \text{ D} + 0{,}5\text{f})}$

$= \frac{(2 \text{ x } 1061{,}442)}{(1{,}5 \text{ x } 0{,}8 + 0{,}5 \text{ x } 5{,}42)}$

= 542,9 kN

m. Ha tetap $= \frac{\text{Hu}}{\text{SF}}$

$= \frac{542{,}9}{3}$

= 181 kN > H tetap (Aman)

n. Ha gabungan $= \frac{\text{Hu}}{\text{SF}}$

$= \frac{542{,}9}{2}$

= 271,5 kN > H tetap (Aman)

5.12.3 Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Tiang

Adapun rekapitulasi hasil perancangan pondasi tiang dapat dilihat pada Tabel 5.49 berikut.

Tabel 5. 55 Rekapitulasi Desain Pondasi Tiang

Pondasi	Jumlah	Diameter (m)	L (m)
Interior	7	0,8	16
Eksterior	7	0,8	16
Sudut	6	0,8	16

5.12.4 Perancangan pile cap

1. Penulangan lentur arah X

Adapun untuk perhitungan desain pile cap dapat dilakukan dengan beberapa perhitungan di bawah ini. Diketahui data sebagai berikut:

Jarak tiang (s) : 1,1 m
Diameter tiang (D) : 0,8 m
F'c : 30 MPa
Fy : 420 MPa
Øpokok : 22 mm
Økonstruksi : 22 mm
Sb : 70 mm
H pile cap : 800 mm

Maka selanjutnya dilakukan beberapa perhitungan berikut untuk mengetahui dimensi pile cap yang digunakan.

a. Menghitung jarak tepi (st)

st = 1D

st = 1 x0,8

st = 0,8 m

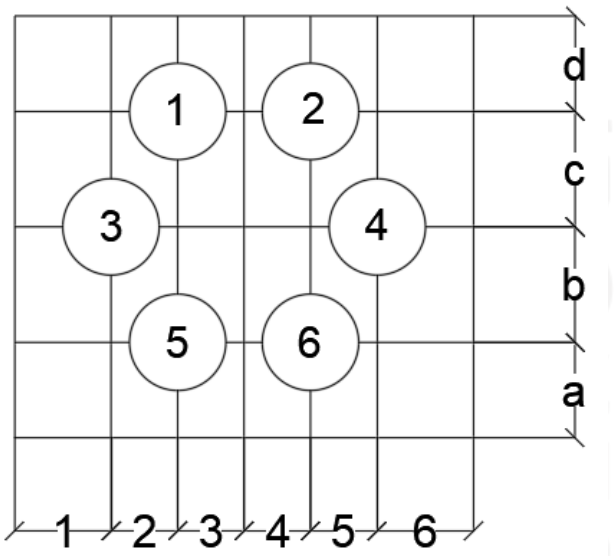
b. Menghitung lebar pile cap (Bx)

Berdasarkan Gambar 5.69 didapatkan nilai lebar pile cap sebesar 3,5 m.

c. Menghitung panjang pile cap

Berdasarkan Gambar 5.69 didapatkan nilai panjang pile cap sebesar 3,8 m.

Konfigurasi gambar pile cap dapat dilihat pada Gambar 5.69 berikut.



Gambar 5. 69 Konfigurasi Tiang Pada *pile cap* Kolom Sudut

Dengan :

P1 = 619,94 kN

P2 = 619,94 kN

P3 = 619,94 kN

P4 = 619,94 kN

P5 = 619,94 kN

P6 = 619,94 kN

Dimensi K1 = 0,7 m

Berikut adalah contoh perhitungan tulangan lentur arah Y

Momen yang bekerja pada tulangan lentur arah Y adalah

M(P1, P5) atau (P2,6) = (P1+P5) x (0,55 – 0,5 x 0,7)

= (619,94 + 619,94) x 0,20

= 248,0 kNm

M (P4 , P5) = (P4+P5) x ((0,55+0,525) – 0,5 x 0,7)

= (619,94 + 619,94) x 0,73

= 449,8 kNm

My (diambil terbesar) = 449,8 kNm

Φ = 0,9

Mn = $\frac{My}{\Phi}$

= $\frac{449,8}{0,9}$

= 499,7 kNm

d = H – Sb – (0,5 x Øpokok)

= 800 – 70 – (0,5 x 22)

= 719 mm

A = 1

B = -2 x d

= -2 x 719

= -1438

C = $\frac{(2 \text{ x mn x } 10\text{^}6)}{(0,85 \text{ x fc' x bx})}$

$$= \frac{(2 \text{ x } 1078{,}1 \text{ x } 10\text{^}6)}{(0{,}85 \text{ x } 30 \text{ x } 3500)}$$

$$= 11198{,}703$$

Tinggi blok tekan dicari menggunakan persamaan berikut.

$1a^2 - 2d\ a + \frac{2mn}{0{,}85 \text{ x } fc' x\ b} = 0$

Sehingga didapatkan akar persamaannya,

a1 = 1430,17 mm

a2 = 7,83 mm

a pakai = 7,83 mm

Kondisi *under reinforced*

Cb $= \frac{0{,}003}{0{,}003 + \frac{Fy}{200000} x\ d}$

$= \frac{0{,}003}{0{,}003 + \frac{420}{200000} x\ 719}$

= 422,94 mm

ab = Cb x β1

= 422,94 x 0,835

= 353,46 mm

0,75 ab = 0,75 x 353,46

= 265,09 mm > a pakai

= 265,09 mm > 7,83 mm (OK)

As hitung $= \frac{0{,}85 \text{ x } fc' x\ a\ x\ bx}{Fy}$

$= \frac{0{,}85 \text{ x } 30\ x\ 16{,}88\ x\ 3}{420}$

= 1664,50 mm^2

As 1 tulangan $= \frac{1}{4}$ x π x d pokok^2

$= \frac{1}{4}$ x π x 22^2

= 380,13 mm^2

As min 1 $= \frac{1{,}4}{fy}$ x bx x d

$= \frac{1{,}4}{420}$ x 3500 x 719

= 8388,33 mm^2

As min 2 = $\frac{1{,}4 \text{ x } \sqrt{F'c}}{\text{Fy x } bx \; x \; d}$

= $\frac{1{,}4 \text{ x } \sqrt{30}}{420 \text{ x } 3500 \; x \; 719}$

= 8204,43 mm^2

As pakai = 8388,33

n = $\frac{\text{As pakai}}{\text{As 1 tulangan}}$

= $\frac{8388{,}33}{380{,}13}$

= 22,07

= 23 tulangan

S = $\frac{\text{Bx}}{(\text{n}-1)}$

= $\frac{3500}{(23-1)}$

= 159,09 mm

S pakai = 150 mm

Sehingga tulangan lentur arah Y digunakan tulangan 18D22-150.

Langkah perhitungan pada penulangan lentur arah X langkahnya sama dengan penulangan arah Y, sehingga didapatkan hasil penulangan arah X sebesar 18D22-150.

2. Cek tulangan geser satu arah, arah Y

tulangan geser arah Y (D22-150)

V = P1 + P3 + P5

= 619,94 + 619,94 + 619,94

= 1859,82 kN

Vc = 0,11 x λ $\sqrt{F'c}$ x Bx x d x 10^{-3}

= 0,11 x 1 x $\sqrt{30}$ x 3500 x 719 x 10^{-3}

= 1686,99 kN

Vs = $\frac{(2 \text{ x } 0{,}25 \text{ x } \pi \text{ x } \text{Økonstruksi}\text{^}2) \text{ x Fy x d}}{\text{s}}$ x 10^{-3}

= $\frac{(2 \text{ x } 0{,}25 \text{ x } \pi \text{ x } 22\text{^}2) \text{ x Fy x d}}{150}$ x 10^{-3}

= 1529,79 kN

ϕVn = 0,75 x (Vc+Vs)

= 0,75 x (1686,99 + 1529,79)

= 2412,58 > V

= 2024,56 > 1859,82 (OK)

3. Cek tulangan geser satu arah, arah X

tulangan geser arah X (D22-150)

V = P1 + P2

= 619,94 + 619,94

= 1239,88 kN

Vc = 0,11 x λ $\sqrt{F'c}$ x Bx x d x 10^{-3}

= 0,11 x 1 x $\sqrt{30}$ x 3500 x 800 x 10^{-3}

= 1686,99 kN

Vs = $\frac{(2 \text{ x } 0{,}25 \text{ x } \pi \text{ x } \text{Ø}\text{konstruksi}\text{^}2) \text{ x } Fy \text{ x } d}{s}$ x 10^{-3}

= $\frac{(2 \text{ x } 0{,}25 \text{ x } \pi \text{ x } 22\text{^}2) \text{ x } Fy \text{ x } d}{150}$ x 10^{-3}

= 1529,79 kN

ϕVn = 0,75 x (Vc+Vs)

= 0,75 x (1686,99 + 1529,79)

= 2412,58 > V

= 2412,58 > 1469,35 (OK)

4. Cek tulangan geser dua arah

Vu = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 +P6

= 619,94 + 619,94 + 619,94 + 619,94 + 619,94 + 619,94

= 3099,71

Bo = 2 x (lebar kolom + lebar kolom + 2 d)

= 2 x (700 + 700 + 2 x (719))

= 5676 mm

βc = $\frac{\text{Lebar kolom}}{\text{Lebar kolom}}$

= $\frac{700}{700}$

= 1

αs = 20 (kolom sudut)

Nilai terkecil dari :

a. ϕVc1 =0,75 x 0,33 x λ x $\sqrt{Fc'}$ x Bo x d

b. ϕVc2 = 0,75 x 0,17 x (1+$\frac{2}{\beta c}$) x λ x $\sqrt{Fc'}$ x Bo x d

c. ϕVc3 = 0,75 x 0,083 x (2+$\frac{\alpha s \text{ x } d}{Bo}$) x λ x $\sqrt{Fc'}$ x Bo x d

Berikut adalah perhitungan nilai ϕVc :

a. ϕVc1 = 0,75 x 0,33 x λ x $\sqrt{Fc'}$ x Bo x d

= 0,75 x 0,33 x 1 x $\sqrt{30}$ x 5675 x 719

= 5532,32 kN

b. ϕVc2 = 0,75 x 0,17 x (1+$\frac{2}{\beta c}$) x λ x $\sqrt{Fc'}$ x Bo x d

= 0,75 x 0,17 x (1+$\frac{2}{1}$) x 1 x $\sqrt{30}$ x 5675 x 719

= 8549,845 kN

c. ϕVc3 = 0,75 x 0,083 x (2+$\frac{\alpha s \text{ x } d}{Bo}$) x λ x $\sqrt{Fc'}$ x Bo x d

= 0,75 x 0,083 x (2+$\frac{20 \text{ x } 719}{5675}$) x 1 x $\sqrt{30}$ x 5675 x 719

= 6308,16 kN

Maka nilai Vn yang diambil sebesar 5532,32 kN nilai tersebut lebih besar daripada nilai Vu 3673,38 kN. Maka pile cap aman terhadap geser dua arah.

5.12.5 Rekapitulasi Penulangan Pile Cap

Adapun rekapitulasi dari perhitungan desain tulangan lentur dan konstruksi pada semua tipe pile cap adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 56 Rekapitulasi Desain Pondasi Tiang

Daerah	Ukuran (m)	Lentur X	Lentur Y	Konstruksi X	Konstruksi Y
Interior	3,6 x 3,8	D22-150	D22-150	D22-150	D22-150
Eksterior	3,6 x 3,8	D22-150	D22-150	D22-150	D22-150
Sudut Luar	3,5 x 3,8	D22-150	D22-150	D22-150	D22-150

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir "Perenanaan Struktur Bangunan Evakuasi Bencana Banjir Bandang Berdasarkan FEMA P646-2019 (Studi Kasus Lokasi di Sukabumi)" yang berpedoman pada peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, SNI 1727:2020, Pedoman BNPB 2013, dan FEMA P646-2019 menghasilkan kesimpulan yang diuraikan sebagai berikut.

1. Berikut adalah kriteria desain struktur gedung Tempat Evakuasi Vertikal (TEV).
   a. Ketinggian gedung pada lantai pertama di desain dengan tinggi 8m sesuai FEMA P646-2019.
   b. Menggunakan faktor keutamaan gempa (Ie) sebesar 1,5
   c. Pada lantai atap di desain untuk beban helipad supaya memudahkan akses evakuasi apabila terjadi bencana.
2. Desain struktur gedung Tempat Evakuasi Vertikal (TEV) adalah sebagai berikut.
   a. Perancangan pelat dan tangga

      Adapun hasil perancangan struktur pelat lantai, pelat atap, dan pelat tangga adalah sebagai berikut.

      1) Penulangan pelat atap satu arah dengan tebal 160 mm yaitu P10-150 pada tulangan tumpuan pokok, P10–150 pada tulangan lapangan pokok, P8-150 pada tulangan tumpuan susut, P8-150 pada tulangan lapangan susut.
      2) Penulangan pelat lantai satu arah dengan tebal 160 mm yaitu P10-200 pada tulangan tumpuan pokok, P10–200 pada tulangan lapangan

pokok, P8-150 pada tulangan tumpuan susut, P8-150 pada tulangan lapangan susut.

3) Penulangan pelat atap dua arah X dan arah Y dengan tebal 150 mm yaitu P10-200 pada tulangan tumpuan pokok, P10–200 pada tulangan lapangan pokok, P8-150 pada tulangan tumpuan susut.
4) Penulangan pelat lantai dua arah X dan arah Y dengan tebal 150 mm yaitu P10-200 pada tulangan tumpuan pokok, P10–250 pada tulangan lapangan pokok, P8-150 pada tulangan tumpuan susut.
5) Penulangan pelat tangga dengan tebal 300 mm yaitu D16-150 pada tulangan tumpuan pokok, D16–170 pada tulangan lapangan pokok, P10-120 pada tulangan tumpuan susut, P10-130 pada tulangan lapangan susut.

b. Perancangan balok

Adapun perancangan pada struktur balok adalah sebagai berikut.

1) Balok anak dengan dimensi 600x300 mm didapatkan penulangan pokok dengan menggunakan diameter 16 mm dan 19 mm, serta kebutuhan tulangan geser menggunakan tulangan D10 – 250 mm.
2) Balok induk dengan dimensi 850 x 450 mm pada lantai 1, serta dimensi 750 x 400 pada lantai 2-5 didapatkan penulangan pokok dengan menggunakan diameter 25 mm dan 19 mm, serta kebutuhan tulangan geser menggunakan tulangan D13-150 mm , D13-170 mm, D10-125 mm, D10-150 mm.

c. Perancangan kolom

Adapun hasil perancangan pada struktur kolom adalah sebagai berikut.

1) Kolom pada lantai 1 dengan dimensi 700 x 700 mm, 800 x 800 mm, dan 900 x 900 mm didapatkan dimensi penulangan pokok 25 mm dan 22 mm, serta kebutuhan tulangan geser dan *Beam Coloumn Joint* menggunakan D13-100 mm.
2) Kolom pada lantai 2-5 dengan dimensi 600 x 600 mm dan 700 x 700 mm didapatkan dimensi penulangan pokok 25 mm dan 22 mm, serta

kebutuhan tulangan geser dan *Beam Coloumn Joint* menggunakan D13-100 mm.

d. Perancangan pondasi

Adapun hasil perancangan pondasi adalah sebagai berikut.

1) Pada pile daerah interior dengan dimensi 3,6 x 3,8 m didapatkan total pile 7 buah diameter pile 0,8 m dengan kedalaman 16 m, serta penulangan lentur dan penulangan konstruksi D22-150 mm.
2) Pada pile daerah eksterior dengan dimensi 3,6 x 3,8 m didapatkan total pile 7 buah diameter pile 0,8 m dengan kedalaman 16 m, serta penulangan lentur dan penulangan konstruksi D22-150 mm.
3) Pada pile daerah sudut luar dengan dimensi 3,5 x 3,8 m didapatkan total pile 6 buah diameter pile 0,8 m dengan kedalaman 16 m, serta penulangan lentur dan penulangan konstruksi D22-150 mm.

6.2 Saran

Adapun dari penulis yang diperlukan untuk tugas akhir yang lebih baik adalah sebagai berikut.

1. Diperlukan perhitungan atau metode pada beban banjir yang lebih akurat.
2. Menggunakan pedoman peraturan pembangunan gedung yang masih berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional,2019.Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2019,BSN, Bandung.

Badan Standardisasi Nasional,2019.Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2019,BSN, Bandung.

Badan Standardisasi Nasional, 2020.Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktural Lain, SNI 1727-2020, BSN, Bandung.

Budiadi, A. 2008. *Desain Praktis Beton Prategang*. Yogyakarta : Andi Offset.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2013, Pedoman Teknik Perancangan Struktur Bangunan Tempat Evakuasi Sementara, Jakarta.

Fani, A., Rifqi, M. G., Erwanto, Z., & M. Shofi'ul Amin. (2021). Desain Struktur Shelter Inovatif sebagai Tempat Evakuasi Sementara di Banyuwangi. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, *10*(1), 25–40. https://doi.org/10.22225/pd.10.1.2325.25-40

Federal Emergency Managemet Agency, 2019. Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis. FEMA P-646 (third edition) ed. California: s.n.

Pradana, A. B., Saputra, R. P., Indarto, H., & Nurhuda, I. (2015). Desain Struktur Tempat Evakuasi Sementara Tsunami. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, *4*(4), 69–84.

Rahayu, et al. 2009. *Banjir dan Upaya penanggulanganya*. Bandung: Promise (Program for Hydro-Meteorological Risk Mitigation Secondary Cities in Asia).

Sebastian, L. (2008). Pendekatan Banjir dan Penanggulangan Banjir. *Dinamika Teknik Sipil*, *8*(2), 162--169.

Trinanda, A. Y., Wardi, & Mulyani, R. (2016). Perencanaan Struktur Gedung Shelter Tsunami di Kota Padang. *E-Jurnal Bung Hatta*, *1*(1), 65–77.

Yuhanah, T. (2014). Konsep Desain Shelter Mitigasi Tsunami. *Jurnal Teknologi*, *6*(1), 19–31.

LAMPIRAN

LAPORAN AKHIR

PEKERJAAN PENYELIDIKAN TANAH
PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT PANDU BOGOR
JALAN ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR – JAWA BARAT



NOPEMBER 2021

REVOLOGY INDONESIA

Jalan Masjid Hudal Islam No 98 Jatimakmur Pondok Gede
Kota Bekasi Jawa Barat 17413 Indonesia.
Telp : 021- 84900102 / 84900156
Fax : 021- 84900102
Email : sales@revology.co.id
Web : www.revology.co.id

DAFTAR ISI

PENGANTAR **1**

BAB I PENYELIDIKAN TANAH **2**

1.1 Program Penyelidikan Tanah di Lapangan 2

1.2 Pengeboran Dalam 2

1.3 Uji Penetrasi Standar 2

1.4 Pengambilan Contoh Tanah 3

1.5 Pengamatan Muka Air Tanah 3

BAB II UJI LABORATORIUM **4**

BAB III KONDISI LAPISAN TANAH **5**

3.1 Kondisi Lapisan Tanah Berdasarkan Pengeboran Dalam dan Uji Laboratorium 5

3.2 Muka air Tanah 6

BAB IV REKOMENDASI DAYA DUKUNG IJIN PONDASI **8**

4.1 Rekomendasi Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal 8

4.2 Rekomendasi Daya Dukung Ijin Pondasi Dalam Berdasarkan Nilai SPT 8

4.3 Formula Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi 9

4.3.1 Formula daya dukung ijin pondasi dangkal 9

4.3.2 Formula daya dukung ijin pondasi dalam berdasarkan SPT 9

4.4 Kesimpulan dan Saran 11

4.5 Standar dan Referensi 12

LAMPIRAN I. DRILLING LOG

LAMPIRAN II. HASIL UJI LABORATORIUM

LAMPIRAN III. DOKUMENTASI

Grafik 1 rangkuman hasil uji SPT

Tabel 1 ringkasan pekerjaan lapangan pengeboran dalam

Tabel 2 kondisi lapisan tanah pada titik BH-1

Tabel 3 kondisi lapisan tanah pada titik BH-2

Tabel 4 kedalaman muka air tanah

Tabel 5 daya dukung ijin pondasi dangkal

Tabel 6 daya dukung ijin pondasi dalam tiang bor berdasarkan uji SPT

Tabel 7 daya dukung ijin pondasi dalam tiang pancang berdasarkan uji SPT

LAPORAN AKHIR PEKERJAAN PENYELIDIKAN TANAH PROYEK PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR DI JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR – JAWA BARAT

PENGANTAR

Laporan ini memaparkan hasil akhir penyelidikan tanah Proyek Pembangunan RS Pandu Bogor di Jl. Ahmad Adna Wijaya, Bogor – Jawa Barat. Tujuan dari penyelidikan tanah ini adalah untuk mendapatkan data parameter geoteknik lapisan tanah bawah yang dapat digunakan pada perencanaan proyek tersebut.

Ruang lingkup pekerjaan penyelidikan tanah untuk memenuhi tujuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pengeboran dalam hingga kedalaman maksimal di 24.0 meter pada 2 titik.
2. Pengujian SPT dengan interval 2.0 meter.
3. Pengambilan contoh tanah tak terganggu ke dalam tabung UDS.
4. Pengamatan muka air tanah pada seluruh titik uji lapangan.
5. Pengujian laboratorium.
6. Menyusun laporan untuk menyajikan hasil penyelidikan tanah serta diskusi kondisi tanah.
7. Melakukan analisa dan rekomendasi daya dukung ijin pondasi.

BAB I.
PENYELIDIKAN TANAH

1.1 Program Penyelidikan Tanah di Lapangan

Program penyelidikan tanah yang telah dilakukan meliputi pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- Pengeboran dalam pada 1 titik hingga kedalaman maksimal 24.0 meter.
- Pengujian SPT dengan interval 2.0 meter.
- Pengambilan sampel tanah tak terganggu.
- Memonitor muka air tanah pada titik bor dalam.

Ringkasan pekerjaan lapangan terangkum sebagai berikut:

Tabel 1. Ringkasan pekerjaan lapangan pengeboran dalam

Titik bor	Tanggal pelaksanaan	Kedalaman (meter)	UDS (tabung)	SPT (tes)	Muka air tanah (meter)
BH-1	19-22 Oktober 2021	24.0	3	12	9
BH-2	23-25 Oktober 2021	24.0	3	12	6

1.2 Pengeboran Dalam

Pengeboran dilakukan dengan menggunakan 1 unit mesin bor dengan metode pengeboran basah. Pada kedalaman tertentu diambil contoh tanah tak terganggu dengan menggunakan tabung berdiameter 76 mm dan panjang 50 cm. Contoh tanah tak terganggu ini dideskripsikan sesuai Unified Soil Classification System (USCS) dan diplot dalam drilling log.

1.3 Uji Penetrasi Standar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kepadatan tanah atau kekerasan tanah serta mendeskripsikan jenis tanah dari pengamatan contoh tanah yang didapat. Uji ini dilakukan setiap selang interval 2.0 meter.

Alat SPT otomatis digunakan untuk menjamin energi konstan dengan palu berbobot 63.5 kg dan tinggi jatuh 760 mm. Nilai N-SPT adalah jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung SPT sedalam 30 cm terakhir yang kemudian dicatat dan dipresentasikan pada hasil pengeboran dalam atau drilling log. Pemaparan pada drilling log adalah jumlah pukulan yang dilakukan untuk 15 cm dari 30 cm terakhir.

1.4 Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan undisturbed sample (sampel tanah tak terganggu) dilakukan dengan menggunakan tabung berdinding tipis (thin wall tube) dengan diameter 63.5 mm. Kedalaman pengambilan sample tanah taktergangu ini dipresentasikan dalam drilling log.

1.5 Pengamatan Muka Air Tanah

Muka air tanah diamati pada semua titik pengeboran dalam selama penyelidikan lapangan dilakukan. Kedalaman muka air tanah yang diperoleh pada waktu penyelidikan lapangan diperoleh dalam waktu yang singkat atau hanya dilakukan pada saat pekerjaan lapangan dilaksanakan, sehingga perlu dilakukan pengujian lapangan lainnya untuk mendapatkan kedalaman muka air tanah yang lebih pasti dan stabil.

BAB II
UJI LABORATORIUM

Uji laboratorium dibawah ini dilakukan pada semua contoh tanah tidak terganggu yang didapat pada setiap lubang bor. Pengujian laboratium terdiri atas pengujian terhadap sifat fisis dan mekanis tanah. Keseluruhan pengujian ini berdasarkan standar American Society for Testing and Materials (ASTM).

Uji sifat-sifat indeks tanah (Index Properties Test), meliputi:

- Berat Isi (Unit Weight) – ASTM D2937
- Kadar Air (Natural Moisture/Water Content) – ASTM D2216
- Berat Jenis Tanah (Specific Gravity) – ASTM D854
- Atterberg Limit – ASTM D4318
- Grain Size Distribution – ASTM D422

Uji sifat-sifat mekanis tanah (Mechanical Properties Test), meliputi:

- Uji Tekan Triaksial – UU untuk tanah lempung dan lanau – ASTM D2850
- Uji Direct Shear untuk tanah pasir – ASTM D3080
- Consolidation Test untuk tanah lempung dan lanau – ASTM D2435

BAB III.
KONDISI LAPISAN TANAH

3.1 Kondisi Lapisan Tanah Berdasarkan Pengeboran Dalam dan Uji Laboratorium

Lapisan tanah pada lokasi proyek berdasarkan data pengeboran dalam, nilai SPT, uji laboratorium, dan pengamatan secara visual terbagi atas:

a. Lapisan lanau-1 yaitu lanau kelempungan berplastisitas tinggi dengan konsistensi sedang teguh. Nilai N-SPT berkisar antara 5-8 pukulan.
b. Lapisan lanau-2 yaitu lanau kelempungan berplastisitas tinggi dengan konsistensi teguh hingga sangat teguh. Nilai N-SPT berkisar antara 9 hingga 32 pukulan.
c. Lapisan lanau-3 yaitu lanau keras dengan N-SPT 35-48 pukulan.
d. Lapisan pasir sangat padat dan boulder dengan N-SPT >50 pukulan.

Kondisi lapisan tanah pada masing-masing titik dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Kondisi lapisan tanah pada titik BH-1

Kedalaman (meter)	Jenis tanah	N-SPT (pukulan)	Konsistensi/kepadatan
0.0-6.0	Lanau-2	9-11	Teguh
6.0-12.0	Lanau-1	7-8	Sedang teguh hingga teguh
12.0-14.0	Lanau-2	32	Sangat teguh
14.0-19.0	Pasir	>50	Sangat padat
19.0-24.0	Boulder	>50	Keras

Tabel 3. Kondisi lapisan tanah pada titik BH-2

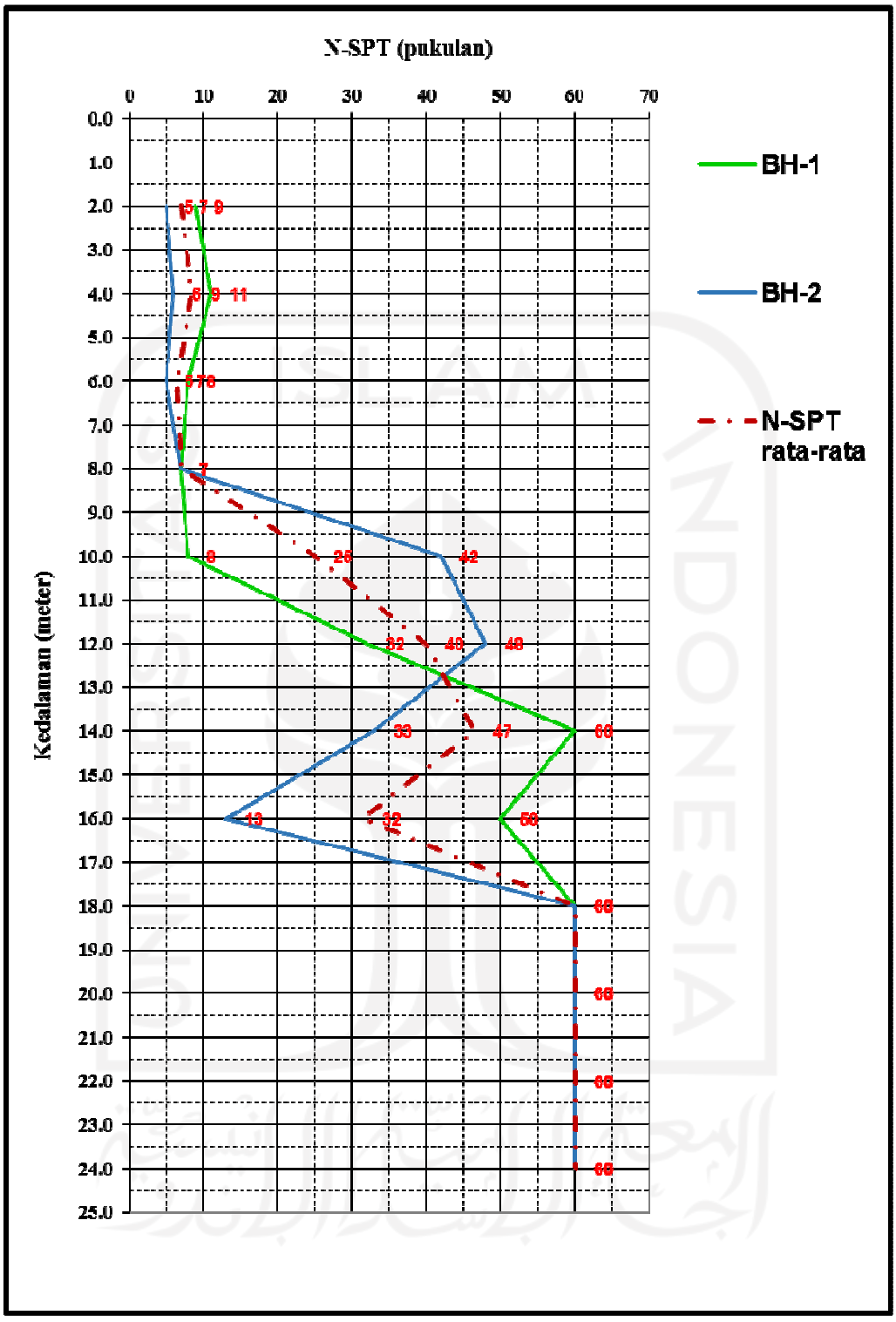
Kedalaman (meter)	Jenis tanah	N-SPT (pukulan)	Konsistensi/kepadatan
0.0-10.0	Lanau-1	5-7	Sedang teguh
10.0-16.0	Lanau-3	35-48	Keras
16.0-17.5	Lanau-2	13	Teguh
17.5-19.0	Pasir	>50	Sangat padat
19.0-24.0	Boulder	>50	Keras

3.2 Muka Air Tanah

Kedalaman muka air tanah diamati dan diukur selama penyelidikan lapangan dilakukan. Untuk mendapatkan muka air tanah yang lebih pasti disarankan untuk melakukan pengujian lapangan lainnya. Adapun hasil pengukuran muka air tanah sebagai berikut:

Tabel 4. Kedalaman muka air tanah

Titik Bor	Muka Air Tanah (meter)
BH-1	9.0
BH-2	6.0



Grafik 1 rangkuman nilai N-SPT

BAB IV.
REKOMENDASI DAYA DUKUNG IJIN PONDASI

4.1 Rekomendasi Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal

Daya dukung ijin pondasi dangkal dihitung berdasarkan korelasi nilai SPT dengan menggunakan formula Skempton. Daya dukung ijin pondasi dangkal sebagai berikut:

Tabel 5. Daya dukung ijin pondasi dangkal

Kedalaman pondasi dangkal (meter)	**Daya dukung ijin (kg/cm²)**
1.0-1.5	0.38

4.2 Rekomendasi Daya Dukung Ijin Pondasi Dalam

Pondasi dalam disarankan ditempatkan di kedalaman tanah dengan nilai N-SPT minimal >45 pukulan. Daya dukung ijin pondasi dalam terangkum dalam tabel berikut ini:

Tabel 6. Daya dukung ijin pondasi dalam tiang bor berdasarkan uji SPT

Titik Bor	Kedalaman pondasi tiang bor (meter)	Daya dukung ijin (ton), angka keamanan 3			Keterangan
		Dia. 40cm	Dia. 50cm	Dia. 60cm	
BH-1	14.0-15.0	53	72	93	Daya dukung ijin aksial
BH-2	10.0-11.0	19	23	28	Daya dukung ijin friksi
	18.0-19.0	67	89	114	Daya dukung ijin aksial

Tabel 7. Daya dukung ijin pondasi dalam tiang pancang berdasarkan data uji SPT

Titik Bor	Kedalaman pondasi tiang pancang (meter)	Daya dukung ijin (ton), angka keamanan 3				Keterangan
		Segiempat 30cmx30cm	Segiempat 35cmx35cm	Segiempat 40cmx40cm	Segiempat 45cmx45cm	
BH-1	14.0-15.0	48	59	71	85	Daya dukung ijin aksial
BH-2	10.0-11.0	18	21	24	26	Daya dukung ijin friksi
	18.0-19.0	92	112	134	157	Daya dukung ijin aksial

4.3 Formula Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi

4.3.1 Formula Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal

Daya dukung ijin pondasi dangkal menggunakan formula Skempton.

$$qall = (c.Nc + Df.\gamma)/SF$$

Dimana :
- qall : daya dukung ijin dengan angka keamanan (kg/cm²)
- c : kohesi tanah, diperoleh dari korelasi N-SPT dan uji UU
- Nc : faktor kapasitas dukung Terzaghi
- Df : kedalaman pondasi dangkal (meter)
- γ : berat volume tanah (t/m³)

4.3.2 Formula Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi Dalam Berdasarkan Nilai N-SPT

a. Daya dukung ijin pondasi dalam tiang bor menggunakan referensi Reese and O'Neal.

$$Pall = (Pb+Ps)/SF \text{ atau } Pall = (qd.Ab + fs.As)/SF$$

Dimana:

Pall	:	daya dukung ijin pondasi dalam tiang bor (ton)
SF	:	angka keamanan, diambil 3
Pb	:	daya dukung ujung tiang (ton)
qd	:	tahanan ujung tiang (ton/m²)
Ab	:	luas penampang tiang (m²)
Ps	:	daya dukung selimut/friksi tiang (ton)
fs	:	tahanan gesek satuan (ton/m²)
As	:	luas selimut tiang (m²)

b. Daya dukung ijin pondasi dalam tiang pancang menggunakan referensi dan formula Meyerhoff.

$$Pall = (Pb+Ps)/SF$$

Dimana:

Pall	:	daya dukung ijin pondasi dalam tiang bor (ton)
SF	:	angka keamanan, diambil 3
Pb	:	daya dukung ujung tiang (ton)
	:	30.N1.Ab
N1	:	nilai rata-rata N-SPT 8B di atas ujung tiang dan 3B di bawah ujung tiang
Ab	:	luas penampang tiang (m²)
Ps	:	daya dukung selimut/friksi tiang (ton)
		ΣNc.Ac/2 untuk tanah kohesif
		ΣNs.As/5 untuk tanah non kohesif
Nc	:	nilai N-SPT pada tanah kohesif
Lc	:	luas selimut tiang pada lapisan kohesif (m²)
Ns	:	nilai N-SPT pada tanah non kohesif
Ls	:	luas selimut tiang pada lapisan non kohesif (m²)

4.4 Kesimpulan dan Saran

- Lapisan tanah pada lokasi proyek terdiri atas:

a. Lapisan lanau-1 yaitu lanau kelempungan berplastisitas tinggi dengan konsistensi sedang teguh. Nilai N-SPT berkisar antara 5-8 pukulan.
b. Lapisan lanau-2 yaitu lanau kelempungan berplastisitas tinggi dengan konsistensi teguh hingga sangat teguh. Nilai N-SPT berkisar antara 9 hingga 32 pukulan.
c. Lapisan lanau-3 yaitu lanau keras dengan N-SPT 35-48 pukulan.
d. Lapisan pasir sangat padat dan boulder dengan N-SPT >50 pukulan.

- Kedalaman muka air tanah berada di 6.0 meter dan 9.0 meter.
- Pondasi dangkal berada pada lapisan tanah lanau kelempungan sedang teguh hingga teguh dengan nilai N-SPT 5 dan 9 pukulan. Daya dukung ijin pondasi dangkal dapat dilihat pada tabel 5.
- Pondasi dalam pada titik BH-1 dapat ditempatkan di kedalaman 14.0 meter hingga 15.0 meter.
- Pondasi dalam pada titik BH-2 disarankan ditempatkan hingga kedalaman 18.0 meter hingga 19.0 meter. Uji SPT menunjukkan terdapatnya lapisan lanau keras di kedalaman 10.0 meter hingga 16.0 meter dengan nilai N-SPT antara 33 hingga 48 pukulan. Pihak perencana dan pelaksana disarankan untuk melakukan uji tiang indikator pada tiang pancang. Uji indikator tiang ini diharapkan dapat memberikan informasi kemampuan tiang pancang menembus lapisan lanau keras tersebut. Jika lapisan lanau tersebut tidak dapat ditembus maka disarankan untuk melakukan preboring sebelum pemancangan.
- Daya dukung ijin pondasi dalam dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.
- Angka keamanan untuk daya dukung ijin pondasi dalam adalah 3.
- Disarankan untuk melakukan uji beban tiang statis dan PDA dengan beban minimal 2 kali beban desain atau rencana.
- Disarankan untuk melakukan uji integritas tiang seperti CSL dan PIT.

- Permasalahan yang timbul dalam pelaksanaan konstruksi pondasi dalam baik tiang pancang maupun tiang bor sangat mempengaruhi perilaku pondasi dalam dan daya dukung ijinnya, sehingga perlu dilakukan pengawasan dan kendali mutu pekerjaan yang baik, tepat, dan berkualitas.

4.5 Standar dan Referensi

1. ASTM Standards for field and laboratory works
2. Robert W. Day, *Soil testing manual, Procedures, Classification Data, and Sampling Practices*, McGraw Hill
3. State of California Departement of Transportation Division of Engineering Services – Geotechnical Services, *Soil and Rock Logging, Classification, and Presentation Manual*, June 2007
4. Joseph E Bowles, *Foundation Analysis and Design*, McGraw Hill
5. Ir. Gouw Tjie-Liong, M. Eng, *Geotechnical Short Course Journal for Deep Foundation*
6. Braja M Das, *Soil Mechanic Engineering*
7. Munibudhu, *Soil Mechanics and Foundations*, John Wiley and Sons Inc.
8. Ken Fleming, Austin Weltman, Mark Randolph, Keith Elson, *Piling Engineering*, Kluwer Academic Publishers
9. Simon – Menzies, *Short Course in Foundation Engineering*, Thomas Thelford Publishers
10. Ir. Gouw Tjie-Liong, M. Eng, *Sudah Standardkan SPT Kita*, private course
11. Workshop Journal By Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)
12. Hary Christady, *Analisis dan Perancangan Pondasi I dan II*, Gajah Mada University Press
13. Robert W Day, *Geotechnical Engineers's Portable Handbook*, McGraw Hill

Demikian laporan akhir penyelidikan tanah ini disampaikan. Drilling log, grafik, hasil uji laboratorium, dan dokumentasi pekerjaan lapangan terlampir dan melengkapi laporan akhir. Atas kerjasama dan kepercayaan yang telah diberikan, kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 3 November 2021

Hormat Kami,

CV Revology

Darmawan

LAMPIRAN I.

DRILLING LOG

DRILLING LOG

HOLE NO. BH-1

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**	Type of Drilling	Wash Boring	Coordinates:	
Location	Jl. Achmad Adna Wijaya, Bogor - Jawa Barat	Driller	Wayim		E
Date	19 - 22 Oktober 2021	Supervisor	Nur Irwan		N
GWL	9 m				

Depth	Sampling	Symbol	Soil Description	N1 (0-15CM)	N2 (15-30CM)	N3 (30-45CM)	N-SPT	SPT Curve (0 10 20 30 40 50 60)	Soil Laboratory Results: γw (t/m³)	Gs	W (%)	LL (%)	PL (%)	Type	C (kg/cm²)	ϕ (°)
0.0																
0.5																
1.0																
1.5	UDS 1 1.50-2.00	MH	clayey SILT, high plasticity, dark brown						1.60	2.69	58.99	83.03	40.00	UU	0.38	5.70
2.0	SPT 1 2.00-2.45		grades stiff consistancy	3	4	5	9									
2.5																
3.0																
3.5	UDS 2 3.50-4.00		same as above						1.63	2.70	55.98	88.22	41.50	UU	0.33	12.40
4.0	SPT 2 4.00-4.45		same as above	3	4	7	11									
4.5																
5.0																
5.5																
6.0	SPT 3 6.00-6.45		grades medium stiff to stiff consistancy	2	5	3	8									
6.5																
7.0																
7.5	UDS 3 7.50-8.00		same as above						1.62	2.68	56.94	78.33	39.00	UU	0.33	4.80
8.0	SPT 4 8.00-8.45		grades medium stiff consistancy	2	3	4	7									
8.5																
9.0																
9.5																
10.0	SPT 5 10.00-10.45		grades medium stiff to stiff consistancy	3	4	4	8									
10.5																
11.0																
11.5																
12.0	SPT 6 12.00-12.45		grades gray very stiff to hard consistancy	7	9	23	32									
12.5																
13.0																
13.5																
14.0	SPT 7 14.00-14.42	SP	SAND, black, very dense compactness	20	34	26/12	60									
14.5																
15.0																
15.5																
16.0	SPT 8 16.00-16.45		same as above	17	21	29	50									
16.5																
17.0																
17.5																
18.0	SPT 9 18.00-18.25		same as above	45	60/10		60									
18.5																
19.0																
19.5																
20.0	SPT 10 20.00-20.05		BOULDER, black, hard	60/5			60									

Remarks :

UDS (Undisturbed Sample)

SPT Sample

UNIVERSITAS INDONESIA

DRILLING LOG

HOLE NO.	BH-1

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**	Type of Drilling	Wash Boring	Coordinates:	
Location	Jl. Achmad Adna Wijaya, Bogor - Jawa Barat	Driller	Wayim		E
Date	19 - 22 Oktober 2021	Supervisor	Nur Irwan		N
GWL	9 m				

Depth	Sampling	Symbol	Soil Description	N1 (0-15CM)	N2 (15-30CM)	N3 (30-45CM)	N-SPT	SPT Curve (0 10 20 30 40 50 60)	Soil Laboratory Results							
									γw (t/m³)	Gs	W (%)	LL (%)	PL (%)	Type	C (kg/cm²)	ϕ (°)
20.0	SPT 10 20.00-20.05		BOULDER, black, hard	60/5			60									
20.5																
21.0																
21.5																
22.0	SPT 11 22.00-22.04		same as above	60/4			60									
22.5																
23.0																
23.5			Drilling stopped at 24,0m depth													
24.0	SPT 12 24.00-24.05		same as above	60/5			60									

Remarks :

UDS (Undisturbed Sample)

SPT Sample

DRILLING LOG

HOLE NO. BH-2

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**	Type of Drilling	Wash Boring	Coordinates:	
Location	Jl. Achmad Adna Wijaya, Bogor - Jawa Barat	Driller	Wayim		E
Date	23 - 25 Oktober 2021	Supervisor	Nur Irwan		N
GWL	6 m				

Depth	Sampling	Symbol	Soil Description	N1 (0-15CM)	N2 (15-30CM)	N3 (30-45CM)	N-SPT	SPT Curve (0 10 20 30 40 50 60)	Soil Laboratory Results							
									γw (t/m³)	Gs	W (%)	LL (%)	PL (%)	Type	C (kg/cm²)	ϕ (°)
0.0																
0.5																
1.0																
1.5	UDS 1 1.50-2.00	MH	clayey SILT, high plasticity, brown						1.62	2.69	57.02	87.00	39.50	UU	0.27	10.40
2.0	SPT 1 2.00-2.45		grades reddish brown, medium stiff consistancy	1	2	3	5									
2.5																
3.0																
3.5	UDS 2 3.50-4.00		grades red						1.60	2.69	57.99	92.97	42.50	UU	0.21	7.30
4.0	SPT 2 4.00-4.45		same as above	2	2	4	6									
4.5																
5.0																
5.5																
6.0	SPT 3 6.00-6.45		grades brown	2	2	3	5									
6.5																
7.0																
7.5	UDS 3 7.50-8.00		same as above						1.60	2.68	58.88	82.99	39.50	UU	0.24	10.60
8.0	SPT 4 8.00-8.45		same as above	2	3	4	7									
8.5																
9.0																
9.5																
10.0	SPT 5 10.00-10.45		grades dark gray, hard consistancy	11	18	24	42									
10.5																
11.0																
11.5																
12.0	SPT 6 12.00-12.45		same as above	14	21	27	48									
12.5																
13.0																
13.5																
14.0	SPT 7 14.00-14.42		same as above	7	15	18	33									
14.5																
15.0																
15.5																
16.0	SPT 8 16.00-16.45		grades black, stiff consistancy	4	5	8	13									
16.5																
17.0																
17.5																
18.0	SPT 9 18.00-18.25	SP	SAND trace gravel, black, very dense compactness	32	45	15/4	60									
18.5																
19.0																
19.5																
20.0	SPT 10 20.00-20.05		BOULDER, black, hard	60/5			60									

Remarks :

UDS (Undisturbed Sample)

SPT Sample

UNIVERSITAS INDONESIA

DRILLING LOG

HOLE NO.	**BH-2**				
Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**	Type of Drilling	Wash Boring	Coordinates:	
Location	Jl. Achmad Adna Wijaya, Bogor - Jawa Barat	Driller	Wayim		E
Date	23 - 25 Oktober 2021	Supervisor	Nur Irwan		N
GWL	6 m				

Depth	Sampling	Symbol	Soil Description	N1 (0-15CM)	N2 (15-30CM)	N3 (30-45CM)	N-SPT	SPT Curve (0 10 20 30 40 50 60)	Soil Laboratory Results							
									γw (t/m³)	Gs	W (%)	LL (%)	PL (%)	Type	C (kg/cm²)	ϕ (°)
20.0	SPT 10 20.00-20.05	CH	BOULDER, black, hard	60/5			60									
20.5																
21.0																
21.5																
22.0	SPT 11 22.00-22.07		same as above	60/7			60									
22.5																
23.0																
23.5			Drilling stopped at 24,0m depth													
24.0	SPT 12 24.00-24.05		same as above	60/5			60									

Remarks :

UDS (Undisturbed Sample)

SPT Sample

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

LAMPIRAN III.

HASIL UJI LABORATORIUM

	Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
	Tested By	TEAM
	Checked By	KHK

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS

Location : JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

Bore Hole No		BH-1			
Depth	meter	1.50-2.00	3.50-4.00	7.50-8.00	
Sample Type		UDS1	UDS2	UDS3	
A. NATURAL WATER CONTENT, DENSITY, AND SPECIFIC GRAVITY TEST					
Specific Gravity		2.69	2.70	2.68	
Natural Water Content	%	58.99	55.98	56.94	
Bulk/Wet density	gr/cm^3	1.60	1.63	1.62	
Dry Density	gr/cm^3	1.01	1.05	1.03	
Void ratio		1.67	1.58	1.59	
Porosity		0.63	0.61	0.61	
Degree of saturation	%	94.82	95.60	95.70	
B. ATTERBERG LIMIT TEST					
Liquid Limits (LL)	%	83.03	88.22	78.33	
Plastic Limits (PL)	%	40.00	41.50	39.00	
Plasticity Index (PI)	%	43.03	46.76	36.85	
C. GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST					
Gravel	%	0.00	0.00	0.00	
Sand	%	4.50	3.80	16.00	
Silt	%	57.70	50.90	48.40	
Clay	%	37.80	45.30	35.60	
Soil Classfication (USC)		MH	MH	MH	
D. TRIAXIAL UU TEST					
Cohesion (c)	kg/cm^2	0.38	0.33	0.33	
Friction Angle (ϕ)	°	5.70	12.40	4.80	
E. DIRECT SHEAR TEST					
Cohesion (c)	kg/cm^2				
Friction Angle (ϕ)	°				
F. CONSOLIDATION TEST					
Effective overburden pressure, Po	kg/cm^2	0.28	0.61	1.26	
Preconsolidation Pressure, Pc	kg/cm^2	0.42	1.70	1.60	
Over consolidation ratio, OCR		1.50	2.78	1.27	
Compression ratio, Cc		0.49	0.55	0.45	
Recompression ratio, Cr		0.051	0.060	0.051	
Coeff. of consolidation, Cv	cm^2/sec	0.00363	0.00405	0.00445	
Vol. Compressibility, mv	cm^2/kg	0.041	0.043	0.026	

	Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
	Tested By	TEAM
	Checked By	KHK

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS

Location : JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT

Bore Hole No		BH-2			
Depth	meter	1.50-2.00	3.50-4.00	7.50-8.00	
Sample Type		UDS1	UDS2	UDS3	
A. NATURAL WATER CONTENT, DENSITY, AND SPECIFIC GRAVITY TEST					
Specific Gravity		2.69	2.69	2.68	
Natural Water Content	%	57.02	57.99	58.88	
Bulk/Wet density	gr/cm^3	1.62	1.60	1.60	
Dry Density	gr/cm^3	1.03	1.01	1.01	
Void ratio		1.60	1.65	1.66	
Porosity		0.62	0.62	0.62	
Degree of saturation	%	95.52	94.24	94.98	
B. ATTERBERG LIMIT TEST					
Liquid Limits (LL)	%	87.00	92.97	82.99	
Plastic Limits (PL)	%	39.50	42.50	39.50	
Plasticity Index (PI)	%	47.53	50.47	43.52	
C. GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST					
Gravel	%	0.00	0.00	0.00	
Sand	%	4.00	4.80	4.40	
Silt	%	50.70	49.90	52.40	
Clay	%	45.30	45.30	43.20	
Soil Classfication (USC)		MH	MH	MH	
D. TRIAXIAL UU TEST					
Cohesion (c)	kg/cm^2	0.27	0.21	0.24	
Friction Angle (ϕ)	°	10.40	7.30	10.60	
E. DIRECT SHEAR TEST					
Cohesion (c)	kg/cm^2				
Friction Angle (ϕ)	°				
F. CONSOLIDATION TEST					
Effective overburden pressure, Po	kg/cm^2	0.28	0.60	1.24	
Preconsolidation Pressure, Pc	kg/cm^2	0.51	0.95	1.65	
Over consolidation ratio, OCR		1.80	1.58	1.33	
Compression ratio, Cc		0.41	0.57	0.55	
Recompression ratio, Cr		0.049	0.0495	0.051	
Coeff. of consolidation, Cv	cm^2/sec	0.00418	0.00431	0.00499	
Vol. Compressibility, mv	cm^2/kg	0.039	0.032	0.029	

Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR

Tested By TEAM
Checked By KHK

INDEX PROPERTIES TEST

Location : JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

Bore Hole No		BH-1			
Depth	meter	1.50-2.00	3.50-4.00	7.50-8.00	
Sample Type		UDS1	UDS2	UDS3	
SPECIFIC GRAVITY TEST (ASTM D854)					
Picnometer No.		P13	P14	P15	
Weight of picnometer + dry soil	gram	60.50	56.10	55.00	
Weight of picnometer	gram	40.50	36.10	35.00	
Weight of dry soil	gram	20.00	20.00	20.00	
Weight of picnometer + water at t°c	gram	146.30	138.50	134.30	
Weight of picnometer + water + dry soil at t°c	gram	158.88	151.09	146.84	
Specific gravity of soil at t°c, Gt = (3):(3+4-5)	gram	2.70	2.70	2.68	
Temperature, t°c	°c	26	26	26	
Temperature correction	k	0.9986	0.9986	0.9986	
Specific gravity of soil, Gs = k . Gt		2.69	2.70	2.68	
MOISTURE CONTENT TEST (ASTM D2216)					
No. Container		4	6	2	
Wt. Container + Wet Soil	gram	269.50	343.70	343.00	
Wt. Container + Dry Soil	gram	175.00	225.70	224.00	
Wt. Container	gram	14.80	14.90	15.00	
Wt. Water	gram	94.50	118.00	119.00	
Wt. Dry Soil	gram	160.20	210.80	209.00	
Moisture Content (w)	**%**	**58.99**	**55.98**	**56.94**	
DENSITY TEST (ASTM D2937)					
Wt. Ring + Wet Soil	gram	157.00	160.00	159.00	
Vol. Wet Soil (= Vol. Ring)	cm^3	98.12	98.12	98.12	
BULK DENSITY (γm)	gr/cm^3	**1.60**	**1.63**	**1.62**	
DRY DENSITY (γd)	gr/cm^3	**1.01**	**1.05**	**1.03**	
VOID RATIO (e)		**1.67**	**1.58**	**1.59**	
POROSITY (n)		**0.63**	**0.61**	**0.61**	
DEGREE OF SATURATION (Sr)	%	**94.82**	**95.60**	**95.70**	

Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR

Tested By TEAM
Checked By KHK

INDEX PROPERTIES TEST

Location : JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT

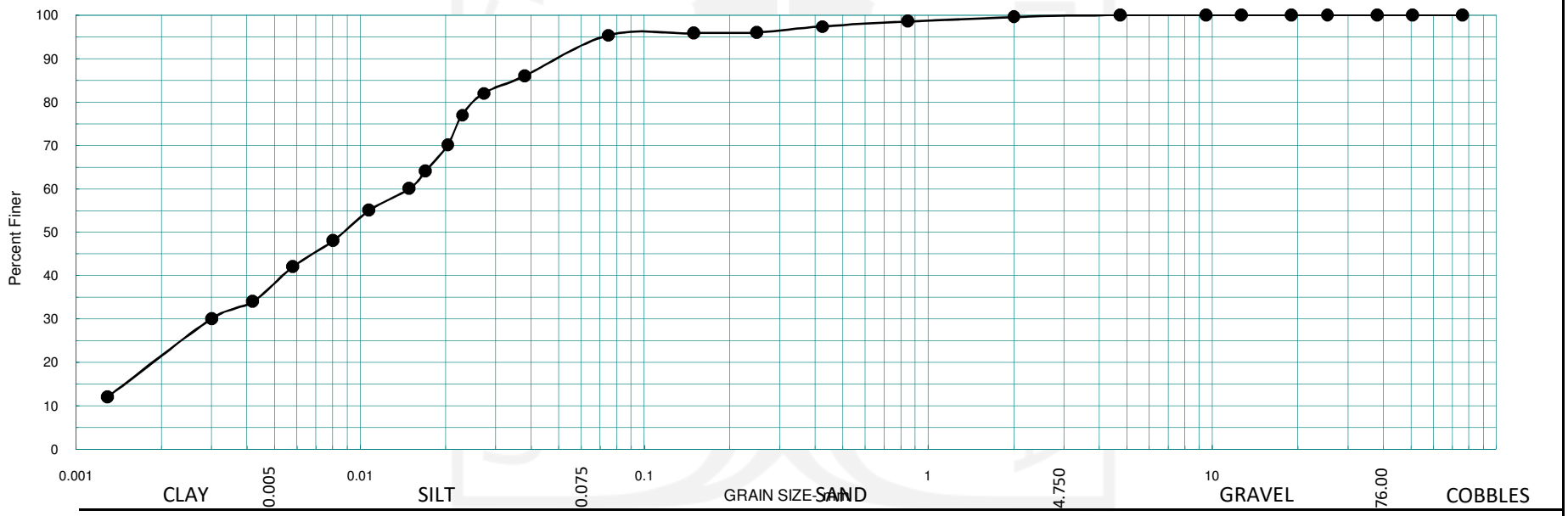
Bore Hole No		BH-2			
Depth	meter	1.50-2.00	3.50-4.00	7.50-8.00	
Sample Type		UDS1	UDS2	UDS3	
SPECIFIC GRAVITY TEST (ASTM D854)					
Picnometer No.		P1	P2	P3	
Weight of picnometer + dry soil	gram	53.00	51.30	52.30	
Weight of picnometer	gram	33.00	31.30	32.30	
Weight of dry soil	gram	20.00	20.00	20.00	
Weight of picnometer + water at t°c	gram	133.00	132.40	131.30	
Weight of picnometer + water + dry soil at t°c	gram	145.57	144.97	143.85	
Specific gravity of soil at t°c, Gt = (3):(3+4-5)	gram	2.69	2.69	2.68	
Temperature, t°c	°c	26	26	26	
Temperature correction	k	0.9986	0.9986	0.9986	
Specific gravity of soil, Gs = k . Gt		2.69	2.69	2.68	
MOISTURE CONTENT TEST (ASTM D2216)					
No. Container		A9	P8	A5	
Wt. Container + Wet Soil	gram	338.60	378.50	397.50	
Wt. Container + Dry Soil	gram	221.20	245.00	256.00	
Wt. Container	gram	15.30	14.80	15.70	
Wt. Water	gram	117.40	133.50	141.50	
Wt. Dry Soil	gram	205.90	230.20	240.30	
Moisture Content (w)	**%**	**57.02**	**57.99**	**58.88**	
DENSITY TEST (ASTM D2937)					
Wt. Ring + Wet Soil	gram	159.00	157.00	157.00	
Vol. Wet Soil (= Vol. Ring)	cm^3	98.12	98.12	98.12	
BULK DENSITY (γm)	gr/cm^3	**1.62**	**1.60**	**1.60**	
DRY DENSITY (γd)	gr/cm^3	**1.03**	**1.01**	**1.01**	
VOID RATIO (e)		**1.60**	**1.65**	**1.66**	
POROSITY (n)		**0.62**	**0.62**	**0.62**	
DEGREE OF SATURATION (Sr)	%	**95.52**	**94.24**	**94.98**	

GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST - ASTM D422

Project **PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**

Location **JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT**

Hole No.	BH-1		Sample No.	Tested By	TEAM
Depth	1.50-2.00	M		Date of Tested	Nov-21

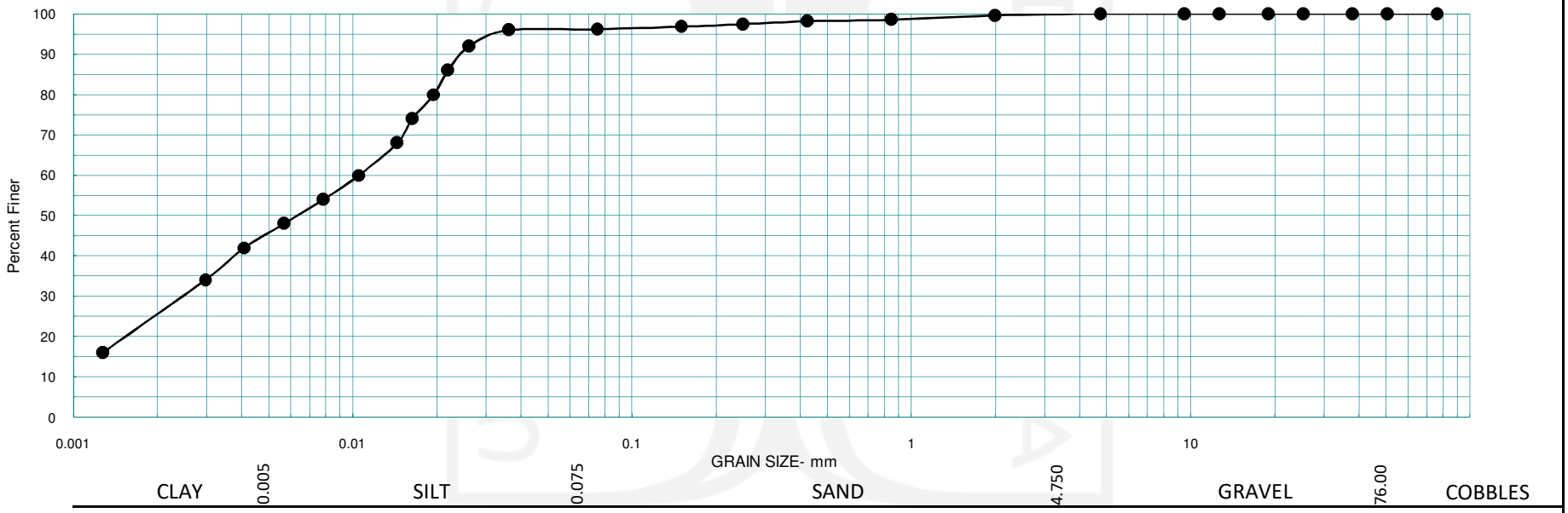


Legend	% Clay	% Silt	% Sand	% Gravel	% +3"	D60	D30	D10	Cu	Cc	LL	PL	PI	Soil Classification
●	37.8	57.7	4.5	0.0	0.0	-	-	-	-	-	83.03	40	43.03	MH

GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST - ASTM D422

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT**

Hole No.	BH-1		Sample No.	Tested By	TEAM
Depth	3.50-4.00	M		Date of Tested	Nov-21

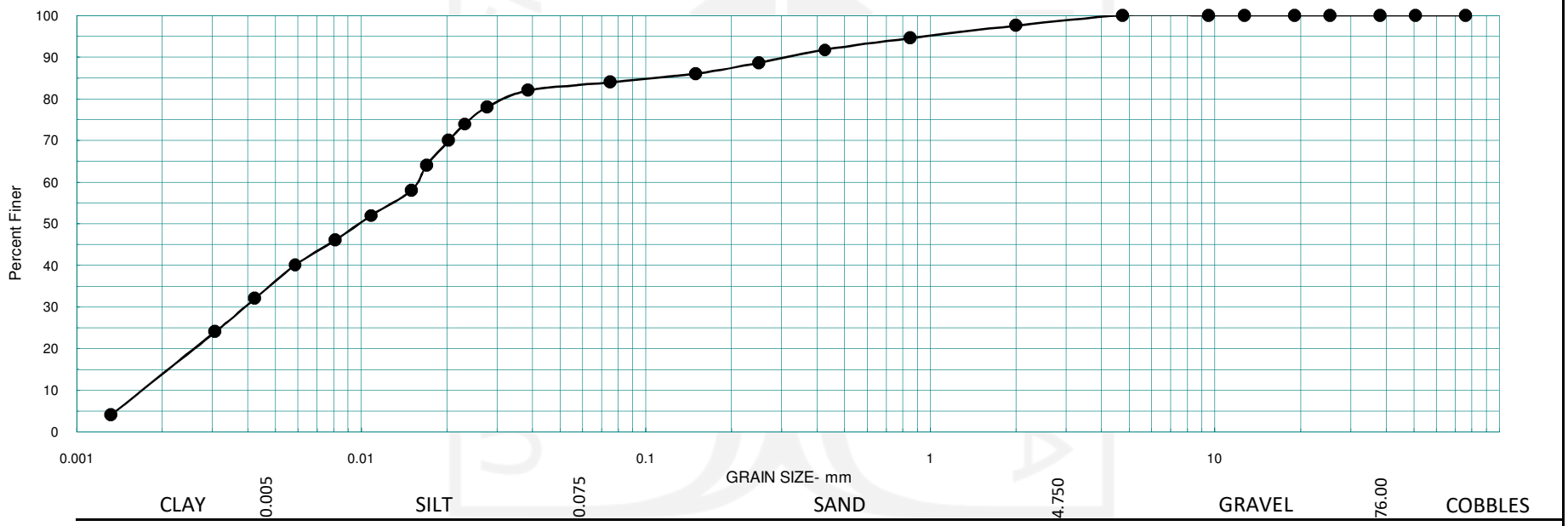


Legend	% Clay	% Silt	% Sand	% Gravel	% +3"	D60	D30	D10	Cu	Cc	LL	PL	PI	Soil Classification
●	45.3	50.9	3.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	88.22	41.5	46.76	MH

GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST - ASTM D422

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT**

Hole No.	BH-1		Sample No.	Tested By	TEAM
Depth	7.50-8.00	M		Date of Tested	Nov-21

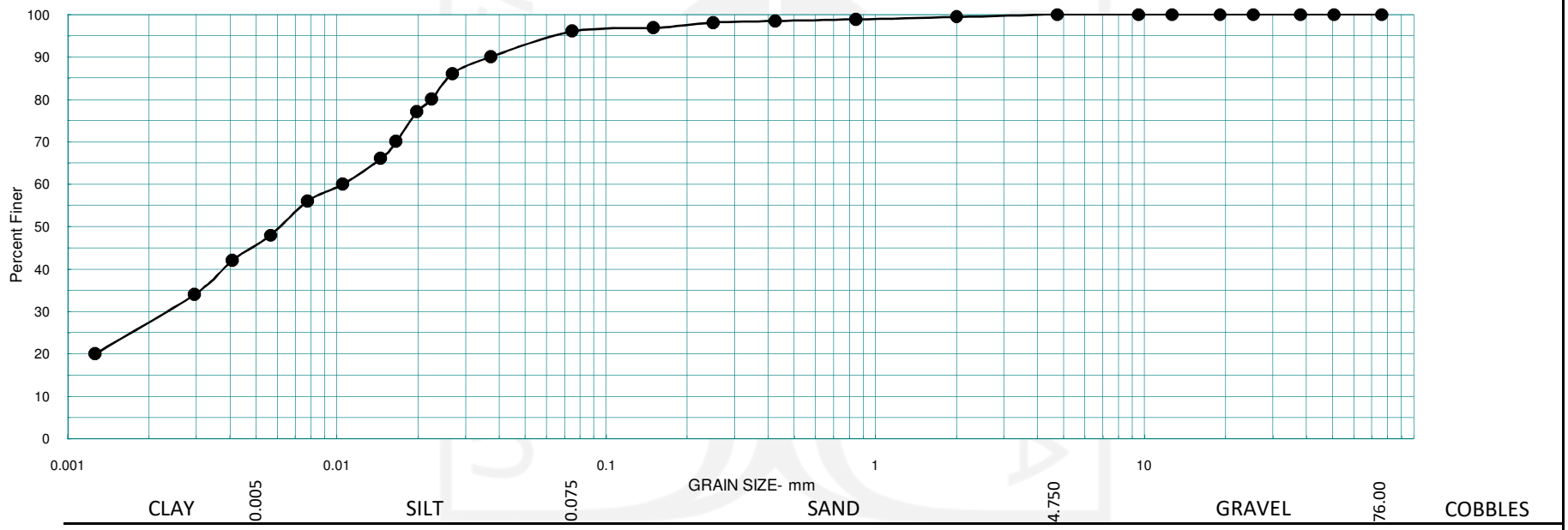


Legend	% Clay	% Silt	% Sand	% Gravel	% +3"	D60	D30	D10	Cu	Cc	LL	PL	PI	Soil Classification
●	35.6	48.4	16.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	78.83	39	36.85	MH

GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST - ASTM D422

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT**

Hole No.	BH-2		Sample No.	Tested By	TEAM
Depth	1.50-2.00	M		Date of Tested	Nov-21



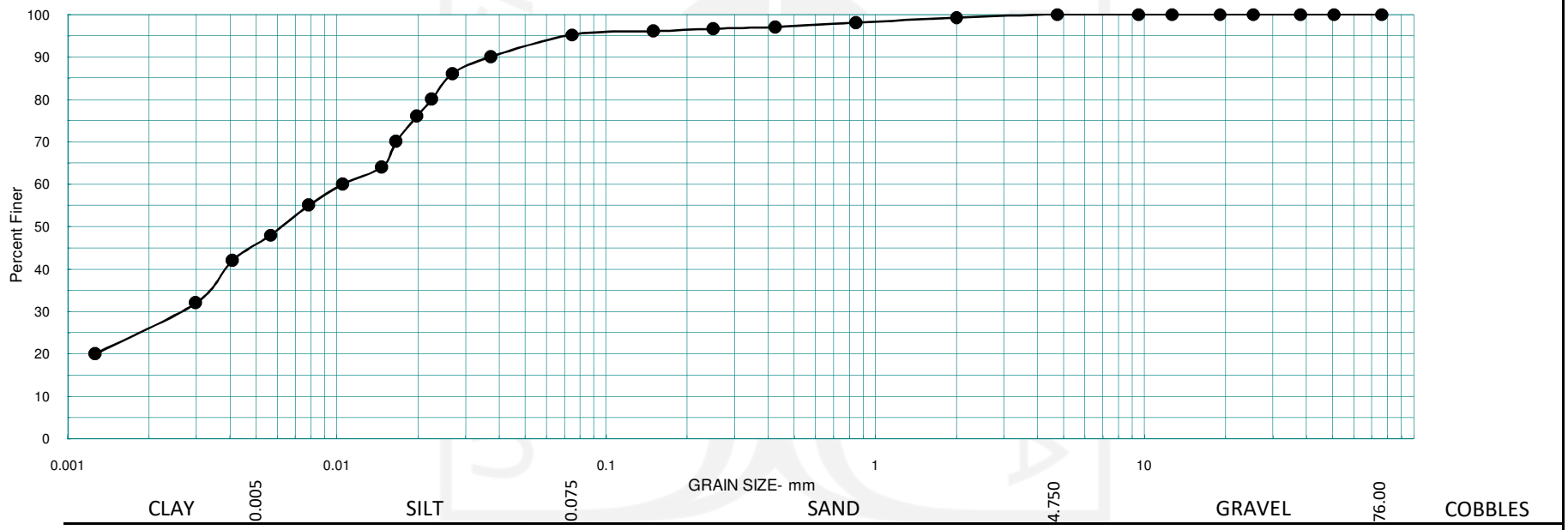
Legend	% Clay	% Silt	% Sand	% Gravel	% +3"	D60	D30	D10	Cu	Cc	LL	PL	PI	Soil Classification
●	45.3	50.7	4.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	87	39.5	47.53	MH

GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST - ASTM D422

Project **PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**

Location **JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT**

Hole No.	BH-2		Sample No.	Tested By	TEAM
Depth	3.50-4.00	M		Date of Tested	Nov-21

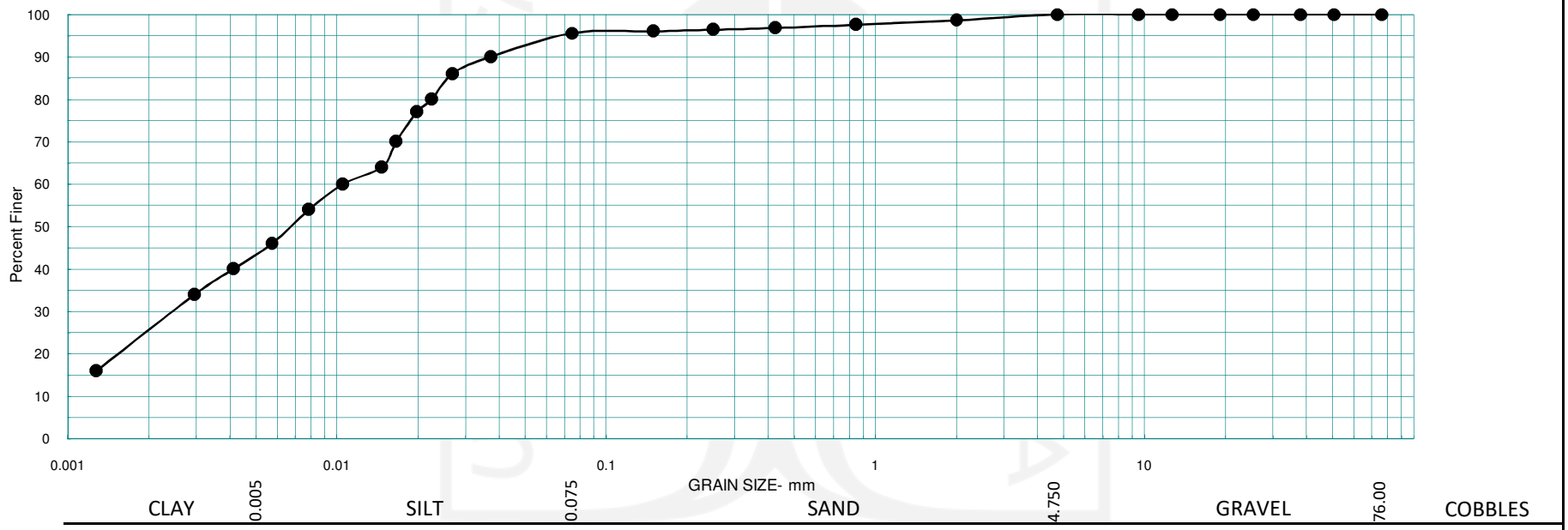


Legend	% Clay	% Silt	% Sand	% Gravel	% +3"	D60	D30	D10	Cu	Cc	LL	PL	PI	Soil Classification
●	45.3	49.9	4.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	92.97	42.5	50.47	MH

GRAIN SIZE DISTRIBUTION TEST - ASTM D422

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT**

Hole No.	BH-2		Sample No.	Tested By	TEAM
Depth	7.50-8.00	M		Date of Tested	Nov-21



Legend	% Clay	% Silt	% Sand	% Gravel	% +3"	D60	D30	D10	Cu	Cc	LL	PL	PI	Soil Classification
●	43.2	52.4	4.4	0.0	0.0	-	-	-	-	-	82.99	39.5	43.52	MH

ATTERBERG LIMIT TEST - ASTM D 4318

Project	: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR	Date of Tested	Nov-21
Location	: JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT	Tested By	TEAM
		Checked By	KHK
BH. No.	: BH-1		
Depth	: 1.50-2.00 M		

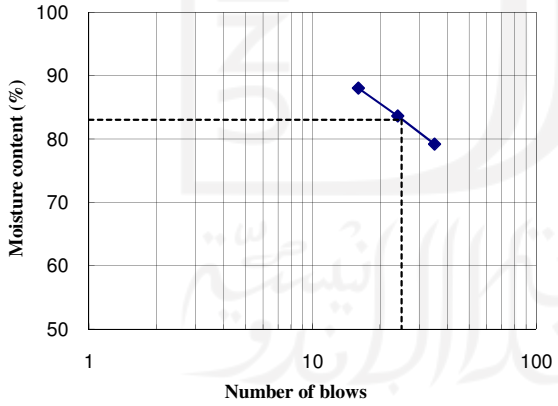
A. Liquid Limit Test

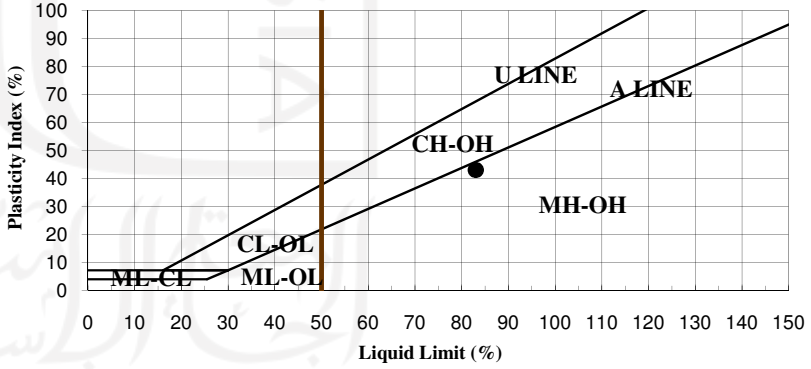
No. of Blows		16	24	35	
No.Test					
Can No.					
Wt of Can	gram	8.6	8.7	8.8	
Wt of Wet Soil + Can	gram	65.0	64.7	66.5	
Wt of Dry Soil + Can	gram	38.6	39.2	41.0	
Wt of Water	gram	26.4	25.5	25.5	
Wt of Dry Soil	gram	30.0	30.5	32.2	
Moisture Content	%	**88.0**	**83.6**	**79.2**	

B. Plastic Limit Test

No.Test			
Can No.			
Wt of Can	gram	4.1	
Wt of Wet Soil + Can	gram	8.3	
Wt of Dry Soil + Can	gram	7.1	
Wt of Water	gram	1.2	
Wt of Dry Soil	gram	3.0	
Moisture Content	%	40.0	
Average	%	**40.0**	

Liquid limit (%) = 83.03
Slope of flow line = 0.135
Plasticity Index (PI) = 43.03 %





Soil Classification : **MH**

ATTERBERG LIMIT TEST - ASTM D 4318

Project	: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR	Date of Tested	Nov-21
Location	: JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT	Tested By	TEAM
		Checked By	KHK
BH. No.	: BH-1		
Depth	: 3.50-4.00 M		

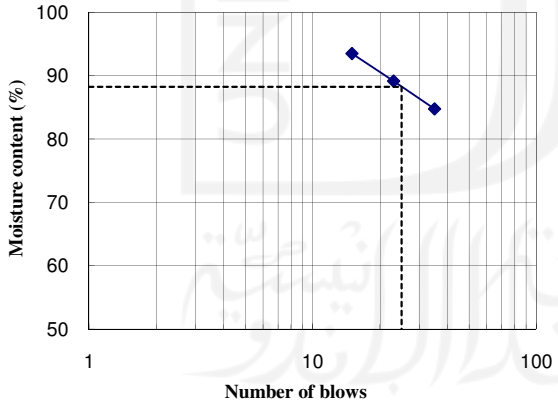
A. Liquid Limit Test

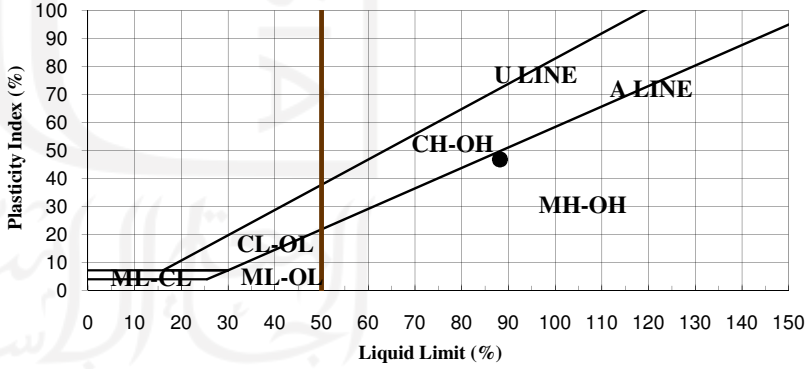
No. of Blows		15	23	35	
No.Test					
Can No.					
Wt of Can	gram	8.2	8.4	8.5	
Wt of Wet Soil + Can	gram	61.4	62.3	63.0	
Wt of Dry Soil + Can	gram	35.7	36.9	38.0	
Wt of Water	gram	25.7	25.4	25.0	
Wt of Dry Soil	gram	27.5	28.5	29.5	
Moisture Content	%	**93.5**	**89.1**	**84.7**	

B. Plastic Limit Test

No.Test			
Can No.			
Wt of Can	gram	3.8	
Wt of Wet Soil + Can	gram	6.7	
Wt of Dry Soil + Can	gram	5.9	
Wt of Water	gram	0.9	
Wt of Dry Soil	gram	2.1	
Moisture Content	%	41.5	
Average	%	**41.5**	

Liquid limit (%) = 88.22
Slope of flow line = 0.115
Plasticity Index (PI) = 46.76 %





Soil Classification : **MH**

ATTERBERG LIMIT TEST - ASTM D 4318

Project	: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR	Date of Tested	Nov-21
Location	: JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT	Tested By	TEAM
		Checked By	KHK
BH. No.	: BH-1		
Depth	: 7.50-8.00 M		

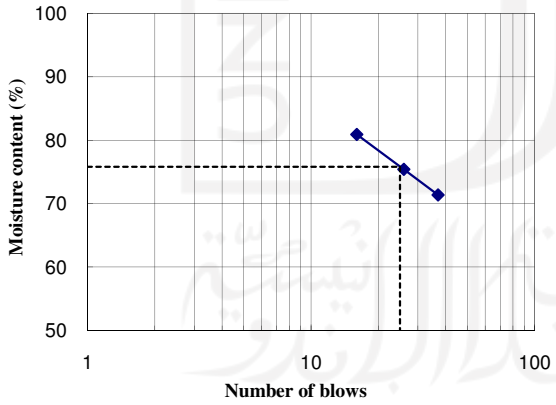
A. Liquid Limit Test

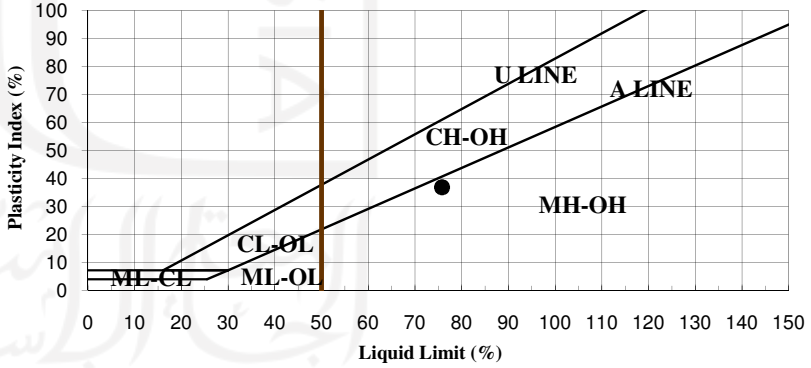
No. of Blows		16	26	37	
No.Test					
Can No.					
Wt of Can	gram	8.7	8.4	8.2	
Wt of Wet Soil + Can	gram	63.7	63.3	64.4	
Wt of Dry Soil + Can	gram	39.1	39.7	41.0	
Wt of Water	gram	24.6	23.6	23.4	
Wt of Dry Soil	gram	30.4	31.3	32.8	
Moisture Content	%	**80.9**	**75.4**	**71.3**	

B. Plastic Limit Test

No.Test			
Can No.			
Wt of Can	gram	4.4	
Wt of Wet Soil + Can	gram	8.5	
Wt of Dry Soil + Can	gram	7.4	
Wt of Water	gram	1.2	
Wt of Dry Soil	gram	3.0	
Moisture Content	%	39.0	
Average	%	**39.0**	

Liquid limit (%) = 75.83
Slope of flow line = 0.150
Plasticity Index (PI) = 36.85 %





Soil Classification : **MH**

ATTERBERG LIMIT TEST - ASTM D 4318

Project	: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR	Date of Tested	Nov-21
Location	: JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT	Tested By	TEAM
		Checked By	KHK
BH. No.	: BH-2		
Depth	: 1.50-2.00 M		

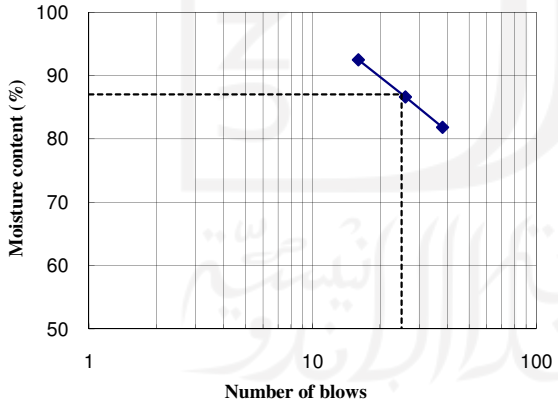
A. Liquid Limit Test

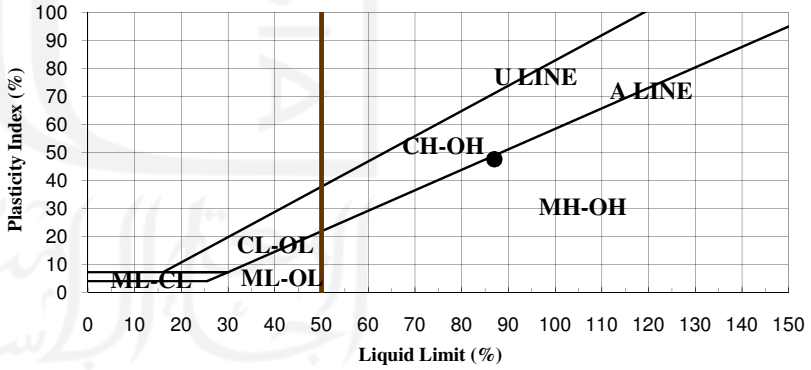
No. of Blows		16	26	38	
No.Test					
Can No.					
Wt of Can	gram	8.8	8.9	9.2	
Wt of Wet Soil + Can	gram	64.8	66.0	65.2	
Wt of Dry Soil + Can	gram	37.9	39.5	40.0	
Wt of Water	gram	26.9	26.5	25.2	
Wt of Dry Soil	gram	29.1	30.6	30.8	
Moisture Content	%	**92.4**	**86.6**	**81.8**	

B. Plastic Limit Test

No.Test			
Can No.			
Wt of Can	gram	3.5	
Wt of Wet Soil + Can	gram	8.8	
Wt of Dry Soil + Can	gram	7.3	
Wt of Water	gram	1.5	
Wt of Dry Soil	gram	3.8	
Moisture Content	%	39.5	
Average	%	**39.5**	

Liquid limit (%) = 87.00
Slope of flow line = 0.141
Plasticity Index (PI) = 47.53 %





Soil Classification : **MH**

ATTERBERG LIMIT TEST - ASTM D 4318

Project	: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR	Date of Tested	Nov-21
Location	: JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT	Tested By	TEAM
		Checked By	KHK
BH. No.	: BH-2		
Depth	: 3.50-4.00 M		

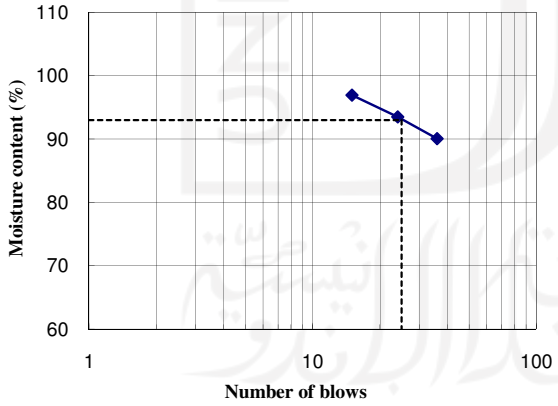
A. Liquid Limit Test

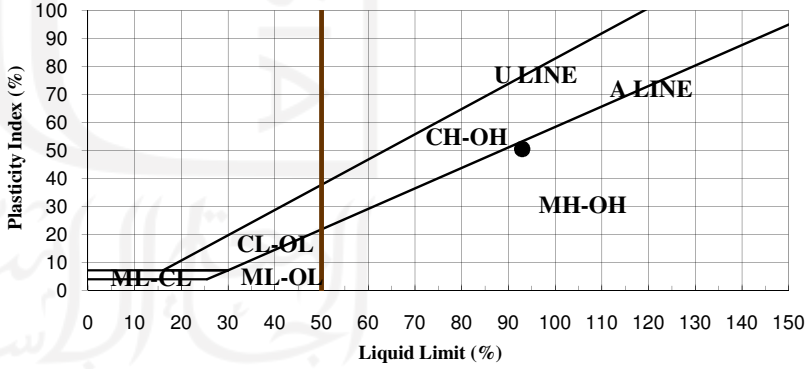
No. of Blows		15	24	36	
No.Test					
Can No.					
Wt of Can	gram	8.9	9.1	9.2	
Wt of Wet Soil + Can	gram	65.8	65.2	64.5	
Wt of Dry Soil + Can	gram	37.8	38.1	38.3	
Wt of Water	gram	28.0	27.1	26.2	
Wt of Dry Soil	gram	28.9	29.0	29.1	
Moisture Content	%	**96.9**	**93.4**	**90.0**	

B. Plastic Limit Test

No.Test			
Can No.			
Wt of Can	gram	3.3	
Wt of Wet Soil + Can	gram	9.0	
Wt of Dry Soil + Can	gram	7.3	
Wt of Water	gram	1.7	
Wt of Dry Soil	gram	4.0	
Moisture Content	%	42.5	
Average	%	**42.5**	

Liquid limit (%) = 92.97
Slope of flow line = 0.084
Plasticity Index (PI) = 50.47 %





Soil Classification : **MH**

ATTERBERG LIMIT TEST - ASTM D 4318

Project	: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR	Date of Tested	Nov-21
Location	: JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT	Tested By	TEAM
		Checked By	KHK
BH. No.	: BH-2		
Depth	: 7.50-8.00 M		

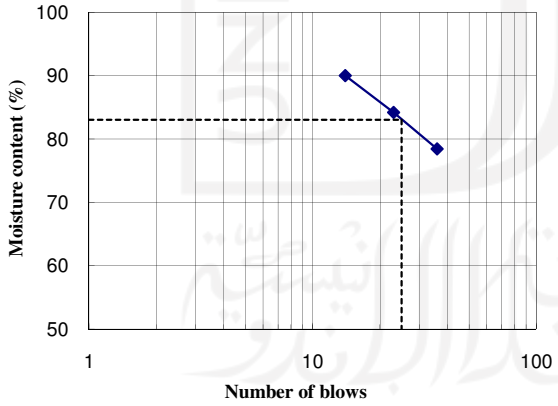
A. Liquid Limit Test

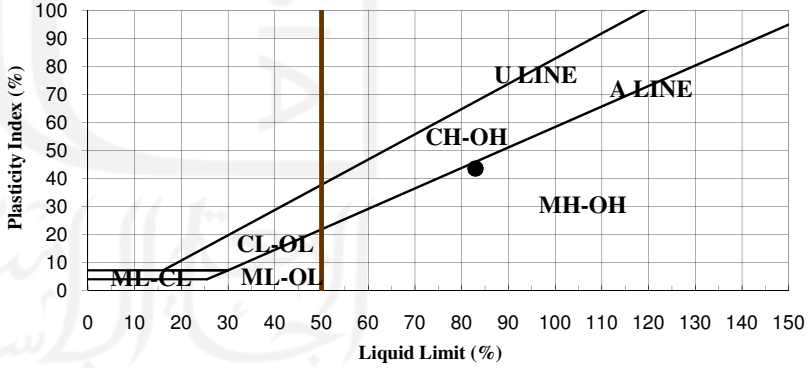
No. of Blows		14	23	36	
No.Test					
Can No.					
Wt of Can	gram	8.5	8.6	8.4	
Wt of Wet Soil + Can	gram	63.6	62.2	63.0	
Wt of Dry Soil + Can	gram	37.5	37.7	39.0	
Wt of Water	gram	26.1	24.5	24.0	
Wt of Dry Soil	gram	29.0	29.1	30.6	
Moisture Content	%	**90.0**	**84.2**	**78.4**	

B. Plastic Limit Test

No.Test			
Can No.			
Wt of Can	gram	3.2	
Wt of Wet Soil + Can	gram	8.5	
Wt of Dry Soil + Can	gram	7.0	
Wt of Water	gram	1.5	
Wt of Dry Soil	gram	3.8	
Moisture Content	%	39.5	
Average	%	**39.5**	

Liquid limit (%) = 82.99
Slope of flow line = 0.145
Plasticity Index (PI) = 43.52 %





Soil Classification : **MH**

Triaxial Compression Test - Unconsolidated Undrained

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT**

Hole No	BH-1		Soil Description	-	
Depth	1.50-2.00	M	Type Of Sample	Undisturbed	
Sample ID.	UDS-1				

Date of Tested	November-21
Tested By	TEAM
Checked By	KHK

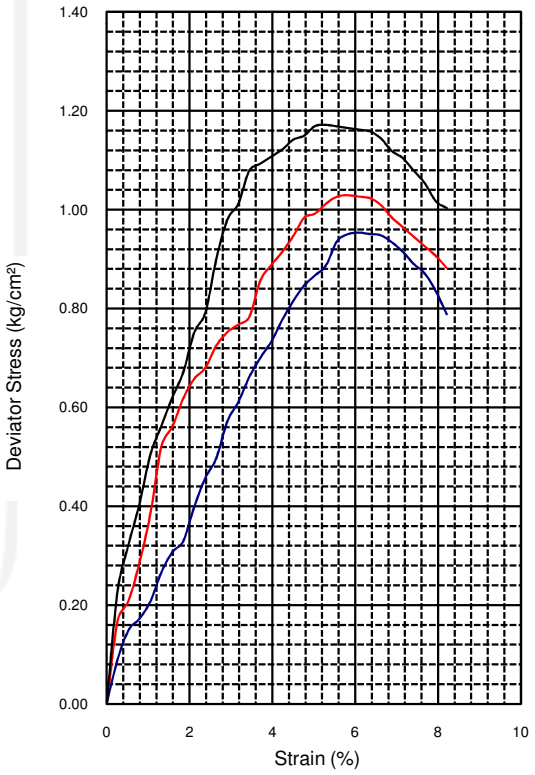
Sample Parameters

No.	Diameter	Height	Area	Specific Gravity	Water Content	Wet Density	Dry Density	Saturation	Void Ratio	Failure Stress		Strain
										Confining (σ3)	Deviator (σ1-σ3)	
	cm	cm	cm²		%	gr/cm³	gr/cm³	%		kg/cm²	kg/cm²	%
1	3.80	7.55	11.34	2.66	58.20	1.60	1.01	94.97	1.63	0.5	1.0	6.1
2	3.80	7.55	11.34	2.66	58.20	1.60	1.01	94.97	1.63	1.0	1.0	5.8
3	3.80	7.55	11.34	2.66	58.20	1.60	1.01	94.97	1.63	1.5	1.2	5.3

Strength Parameter

Strength intercept, C	kg/cm²	0.38
Friction angle,f	degree	5.7
Tangent f		0.10





Triaxial Compression Test - Unconsolidated Undrained

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT**

Hole No	BH-1		Soil Description	-	
Depth	3.50-4.00	M	Type Of Sample	Undisturbed	
Sample ID.	UDS-2				

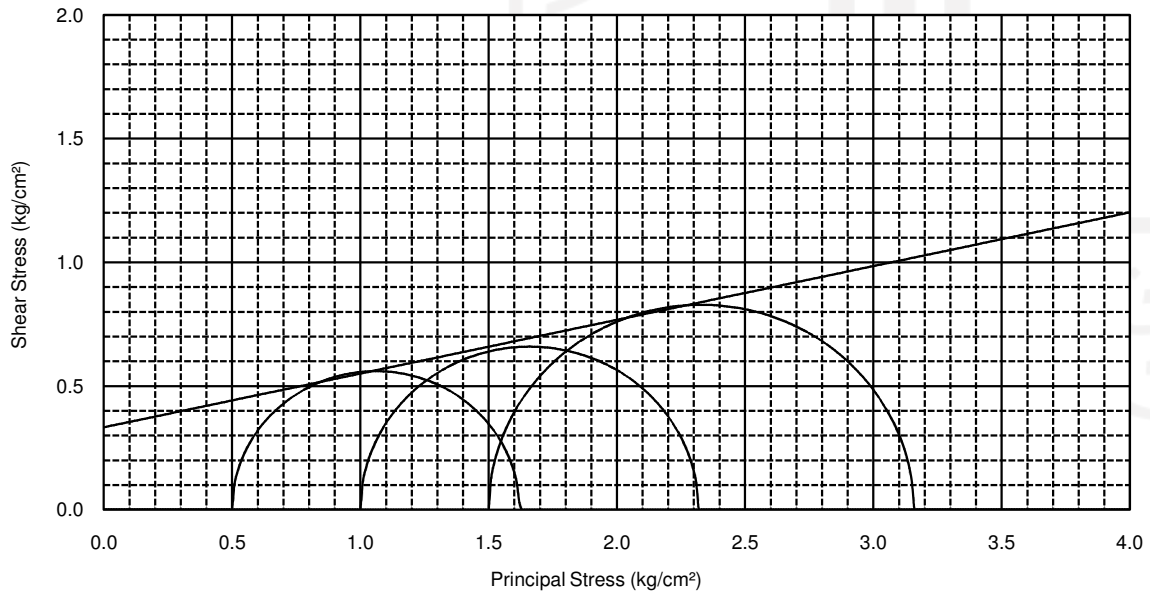
Date of Tested	November-21
Tested By	TEAM
Checked By	KHK

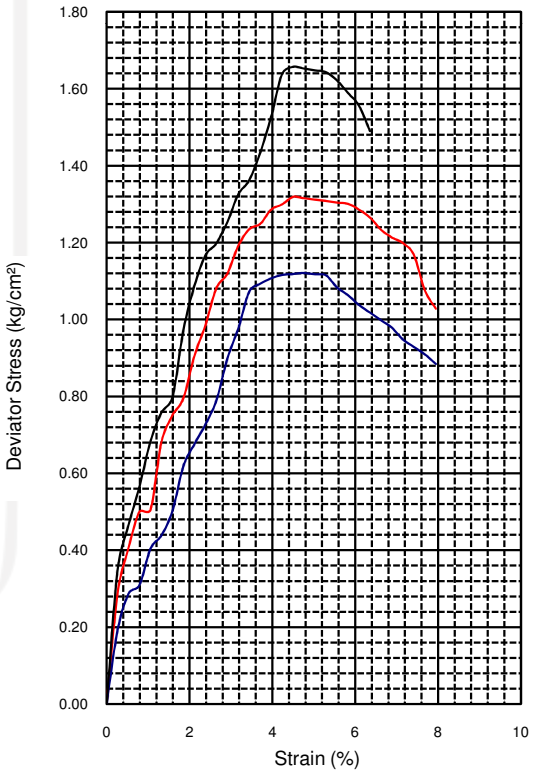
Sample Parameters

No.	Diameter	Height	Area	Specific Gravity	Water Content	Wet Density	Dry Density	Saturation	Void Ratio	Failure Stress		Strain
										Confining (σ3)	Deviator (σ1-σ3)	
	cm	cm	cm²		%	gr/cm³	gr/cm³	%		kg/cm²	kg/cm²	%
1	3.80	7.55	11.34	2.7	55.69	1.63	1.05	95.16	1.58	0.5	1.1	4.8
2	3.80	7.55	11.34	2.7	55.69	1.63	1.05	95.16	1.58	1.0	1.3	4.5
3	3.80	7.55	11.34	2.7	55.69	1.63	1.05	95.16	1.58	1.5	1.7	4.5

Strength Parameter

Strength intercept, C	kg/cm²	0.33
Friction angle,f	degree	12.4
Tangent f		0.22





Triaxial Compression Test - Unconsolidated Undrained

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT**

Hole No	BH-1		Soil Description	-	
Depth	7.50-8.00	M	Type Of Sample	Undisturbed	
Sample ID.	UDS-3				

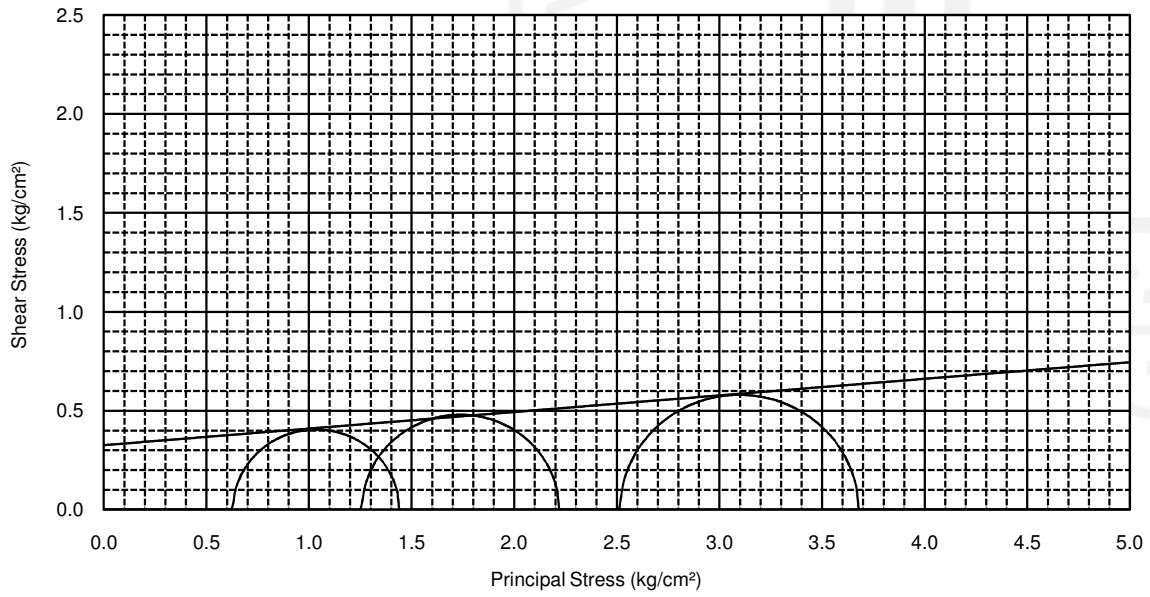
Date of Tested	November-21
Tested By	TEAM
Checked By	KHK

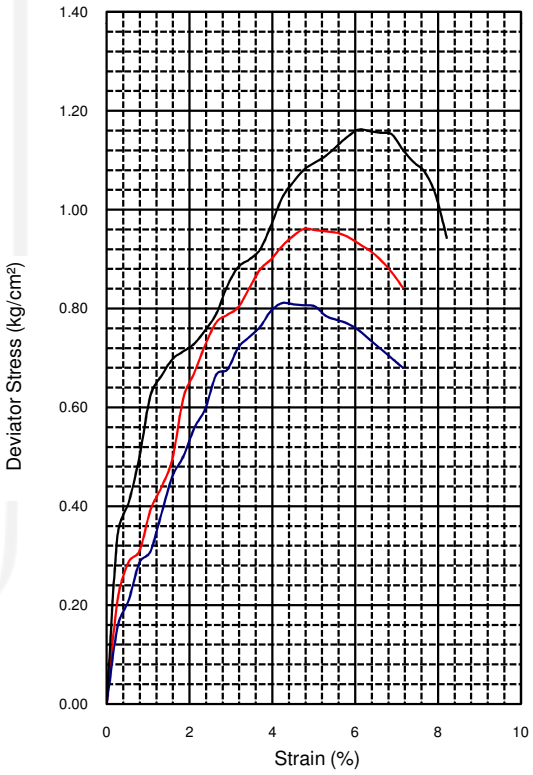
Sample Parameters

No.	Diameter	Height	Area	Specific Gravity	Water Content	Wet Density	Dry Density	Saturation	Void Ratio	Failure Stress		Strain
										Confining (σ3)	Deviator (σ1-σ3)	
	cm	cm	cm²		%	gr/cm³	gr/cm³	%		kg/cm²	kg/cm²	%
1	3.80	7.55	11.34	2.7	55.66	1.62	1.04	94.57	1.59	0.6	0.8	4.2
2	3.80	7.55	11.34	2.7	55.66	1.62	1.04	94.57	1.59	1.3	1.0	4.8
3	3.80	7.55	11.34	2.7	55.66	1.62	1.04	94.57	1.59	2.5	1.2	6.1

Strength Parameter

Strength intercept, C	kg/cm²	0.33
Friction angle,f	degree	4.8
Tangent f		0.08





Triaxial Compression Test - Unconsolidated Undrained

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT**

Hole No	BH-2		Soil Description	-	
Depth	1.50-2.00	M	Type Of Sample	Undisturbed	
Sample ID.	UDS-1				

Date of Tested	November-21
Tested By	TEAM
Checked By	KHK

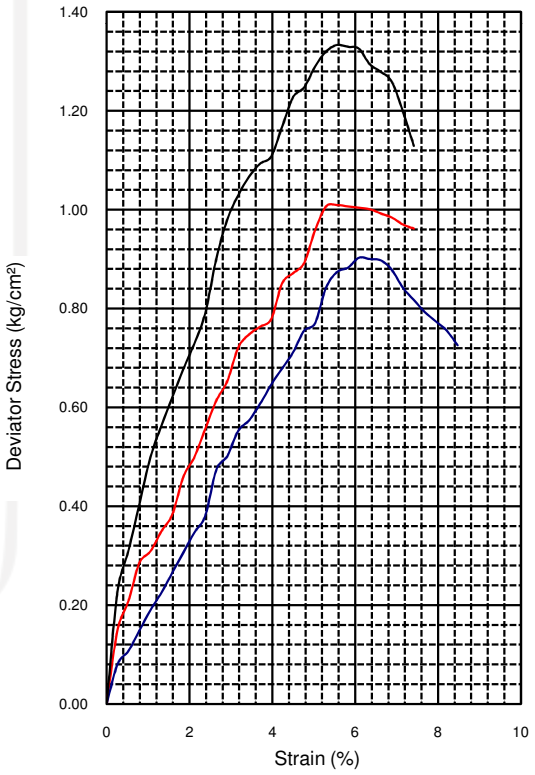
Sample Parameters

No.	Diameter	Height	Area	Specific Gravity	Water Content	Wet Density	Dry Density	Saturation	Void Ratio	Failure Stress		Strain
										Confining (σ3)	Deviator (σ1-σ3)	
	cm	cm	cm²		%	gr/cm³	gr/cm³	%		kg/cm²	kg/cm²	%
1	3.80	7.55	11.34	2.69	57.06	1.62	1.03	95.78	1.60	0.5	0.9	6.1
2	3.80	7.55	11.34	2.69	57.06	1.62	1.03	95.78	1.60	1.0	1.0	5.6
3	3.80	7.55	11.34	2.69	57.06	1.62	1.03	95.78	1.60	1.5	1.3	5.6

Strength Parameter

Strength intercept, C	kg/cm²	0.27
Friction angle,f	degree	10.4
Tangent f		0.18





Triaxial Compression Test - Unconsolidated Undrained

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT**

Hole No	BH-2		Soil Description	-	
Depth	3.50-4.00	M	Type Of Sample	Undisturbed	
Sample ID.	UDS-2				

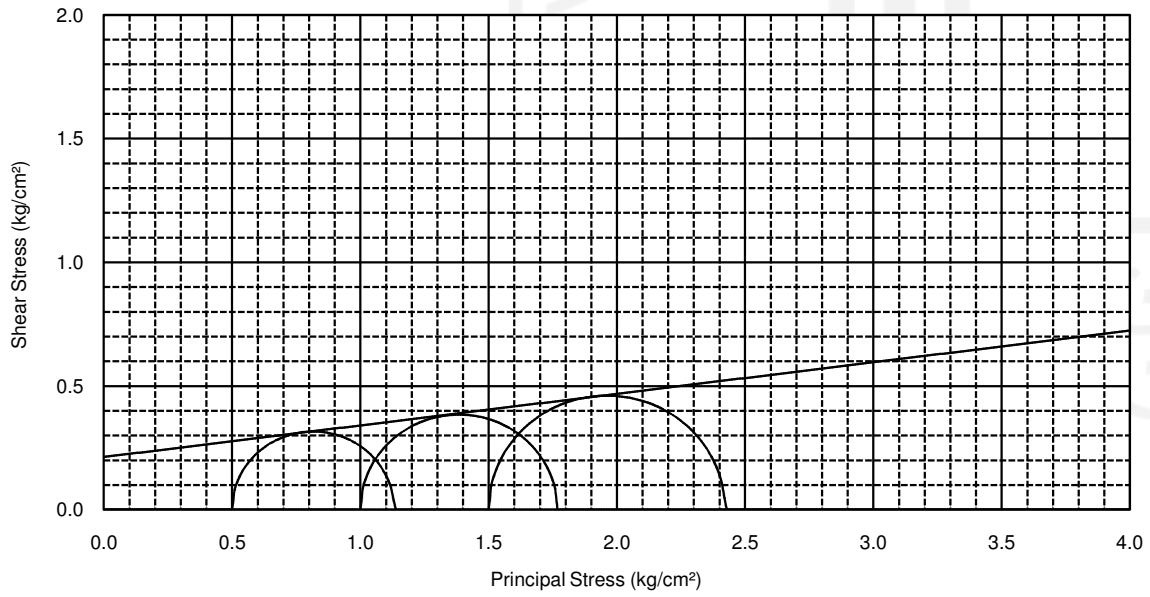
Date of Tested	November-21
Tested By	TEAM
Checked By	KHK

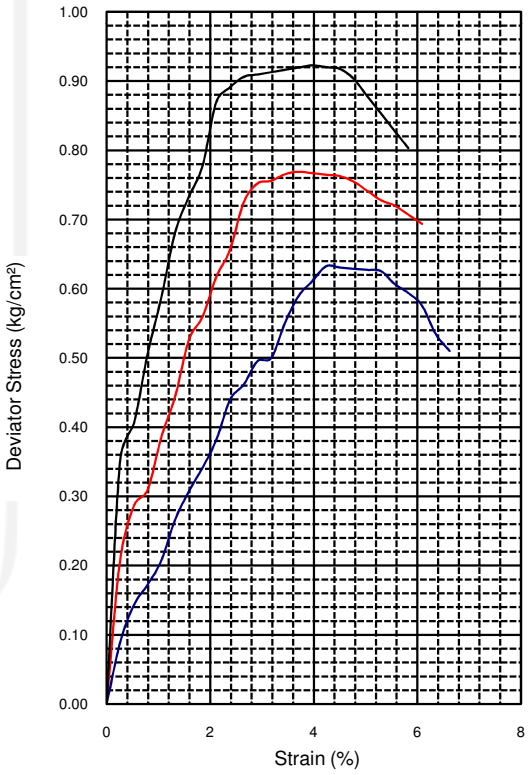
Sample Parameters

No.	Diameter	Height	Area	Specific Gravity	Water Content	Wet Density	Dry Density	Saturation	Void Ratio	Failure Stress		Strain
										Confining (σ3)	Deviator (σ1-σ3)	
	cm	cm	cm²		%	gr/cm³	gr/cm³	%		kg/cm²	kg/cm²	%
1	3.80	7.55	11.34	2.69	57.47	1.60	1.02	93.84	1.65	0.5	0.6	4.2
2	3.80	7.55	11.34	2.69	57.47	1.60	1.02	93.84	1.65	1.0	0.8	3.7
3	3.80	7.55	11.34	2.69	57.47	1.60	1.02	93.84	1.65	1.5	0.9	4.0

Strength Parameter

Strength intercept, C	kg/cm²	0.21
Friction angle,f	degree	7.3
Tangent f		0.13





Triaxial Compression Test - Unconsolidated Undrained

Project	**PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR**
Location	**JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT**

Hole No	BH-2		Soil Description	-	
Depth	7.50-8.00	M	Type Of Sample	Undisturbed	
Sample ID.	UDS-3				

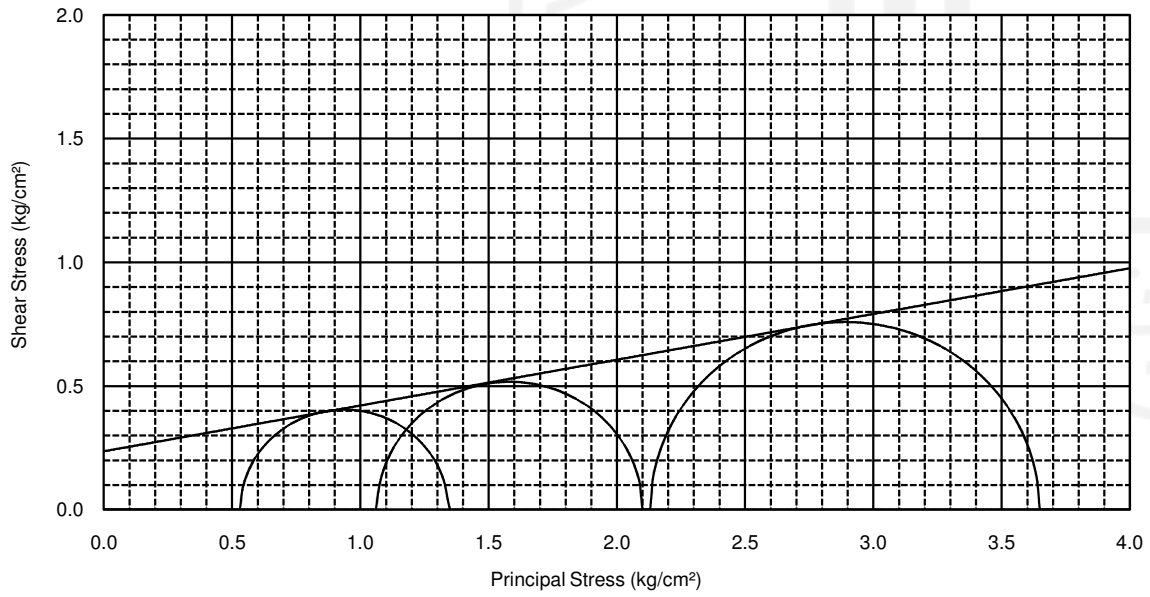
Date of Tested	November-21
Tested By	TEAM
Checked By	KHK

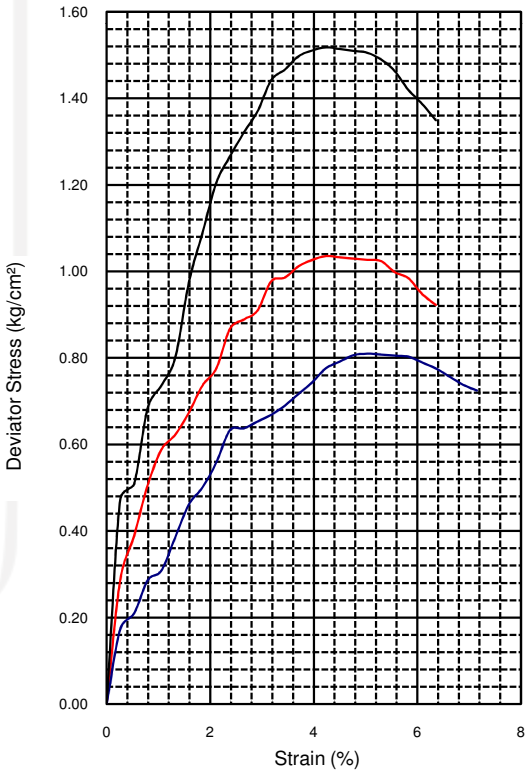
Sample Parameters

No.	Diameter	Height	Area	Specific Gravity	Water Content	Wet Density	Dry Density	Saturation	Void Ratio	Failure Stress		Strain
										Confining (σ3)	Deviator (σ1-σ3)	
	cm	cm	cm²		%	gr/cm³	gr/cm³	%		kg/cm²	kg/cm²	%
1	3.80	7.55	11.34	2.68	58.20	1.60	1.01	94.54	1.65	0.5	0.8	5.0
2	3.80	7.55	11.34	2.68	58.20	1.60	1.01	94.54	1.65	1.1	1.0	4.2
3	3.80	7.55	11.34	2.68	58.20	1.60	1.01	94.54	1.65	2.1	1.5	4.2

Strength Parameter

Strength intercept, C	kg/cm²	0.24
Friction angle,f	degree	10.6
Tangent f		0.19



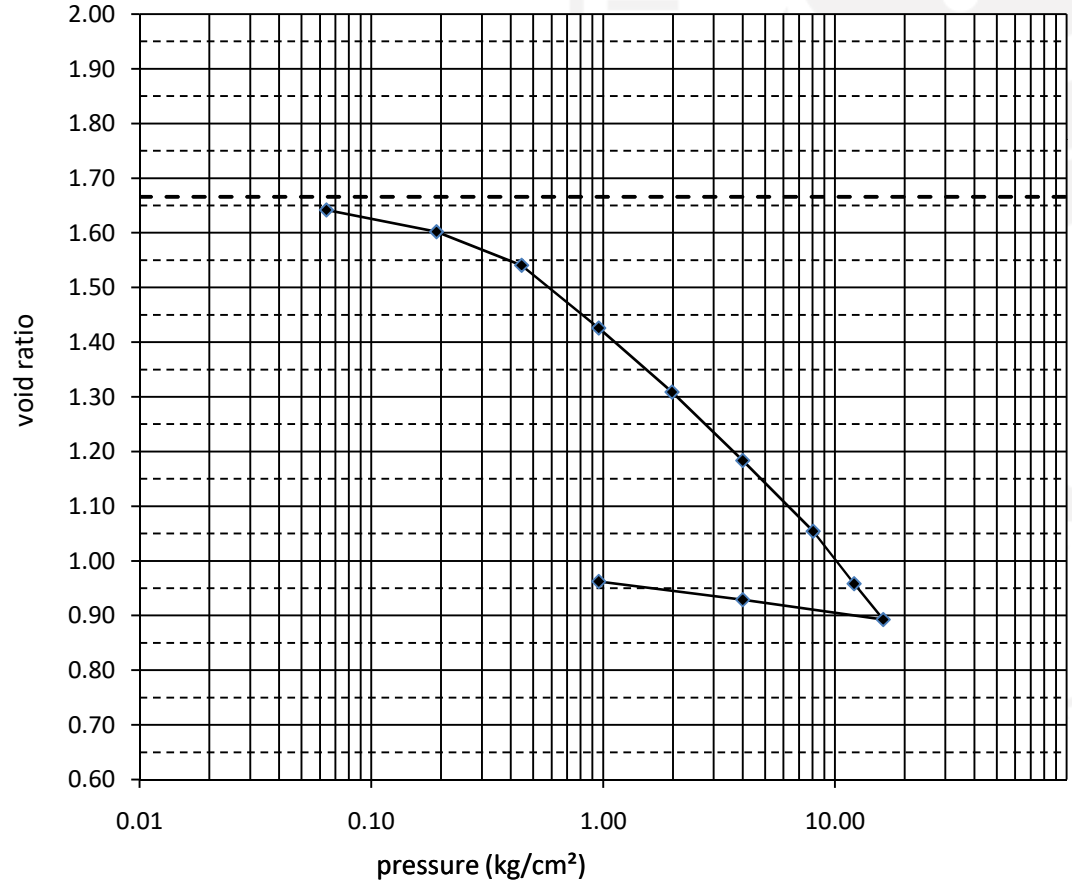


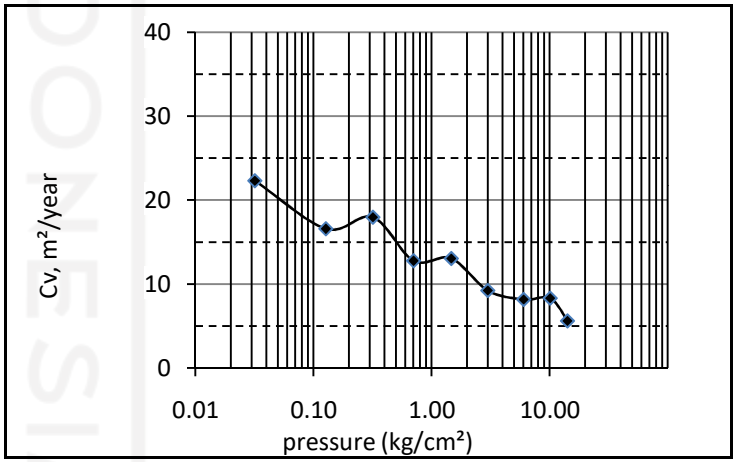
	Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Test - ASTM D2435	Location	JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

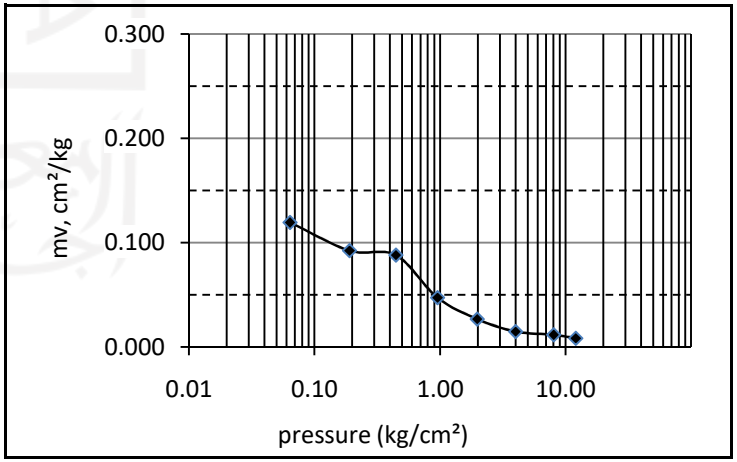
Hole No	BH 1		Tested By	str/jn	**Soil Parameters**		
Depth	1.50-2.00	m	Checked By	khk	Water content	58.99 %	Spec. Gravity 2.69
Sample ID.	UDS-1		Date	Nov-21	Wet density	1.60 gr/cm³	Liquid Limit 83.03 %
Sample Description :	-				Dry Density	1.01 gr/cm³	Plastic Limit 40.00 %
					Void Ratio e	1.67	Plasticity Index 43.03 %
					Porosity n	0.62	Saturation 95.25 %

Consolidation Parameters

Eff. overburden press., Po	0.28 kg/cm²	Compression ratio, Cc	0.49	Coeff. of consolidation, Cv	11.45 m²/year
Preconsolidation pressure, Pc	0.42 kg/cm²	Recompression ratio, Cr	0.051	or	0.00363 cm²/sec
Over Consolidation Ratio, OCR	1.50	Soil Consol. History	over consolidated	Vol. compressibilty, mv	0.041 cm²/kg







	Project: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Data Sheet - ASTM D2435	Location: JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

Hole No. BH 1 Depth 1.50-2.00 m Sample ID UDS-1 Soil Description -

Apparatus No.

Diameter	5.00 cm	Water Content	58.99 %	Weight of soild, Ws	39.63 gram	Liquid limit	83.03 %
Height	2.00 cm	Wet density	1.60 gr/cm³	Solid height, 2Ho	0.75 cm	Plastic limit	40.00 %
Area	19.63 cm²	Dry Density	1.01 gr/cm³	Sample Height	2.00 cm	Plasticity Index	43.03 %
Weight of soil sample	63.00 gram	Specific Gravity	2.69	Initial Void ratio	1.6659		
		Degree of saturation	95.25 %				

Pressure (kg/cm²)	Final dial reading (x 0.01mm)	Dial change (cm)	2 H fr. change (cm)	Height of soil, H (cm)	Void ratio 2H-2Ho / 2Ho	Root of t90 (minute)	t90 Fit time (sec)	Cv 0,848 H² / t90 (m²/year)	av Δe / Δp (cm²/kg)	mv av / (1+e1) (cm²/kg)
	0		2.0000	1.0000	1.6659					
		0.0180				1.40	117.60	22.3073		
0.0640	18		1.9820	0.991	1.6419				0.3149	0.1192
		0.0300				1.60	153.60	16.5659		
0.1910	48		1.9520	0.976	1.6019				0.2405	0.0924
		0.0460				1.50	135.00	17.9704		
0.4460	94		1.9060	0.953	1.5406				0.2235	0.0880
		0.0860				1.70	173.40	12.7568		
0.9590	180		1.8200	0.91	1.4260				0.1145	0.0472
		0.0880				1.60	153.60	13.0422		
1.9830	268		1.7320	0.866	1.3087				0.0618	0.0268
		0.0940				1.80	194.40	9.2168		
4.0110	362		1.6380	0.819	1.1834				0.0320	0.0147
		0.0970				1.80	194.40	8.1575		
8.0520	459		1.5410	0.7705	1.0541				0.0236	0.0115
		0.0720				1.70	173.40	8.3108		
12.1140	531		1.4690	0.7345	0.9581				0.0160	0.0082
		0.0490				2.00	240.00	5.6106		
16.1890	580		1.4200	0.71	0.8928					
		-0.0270								
4.0110	553		1.4470	0.7235	0.9288					
		-0.0250								
0.9590	528		1.4720	0.736	0.9621					

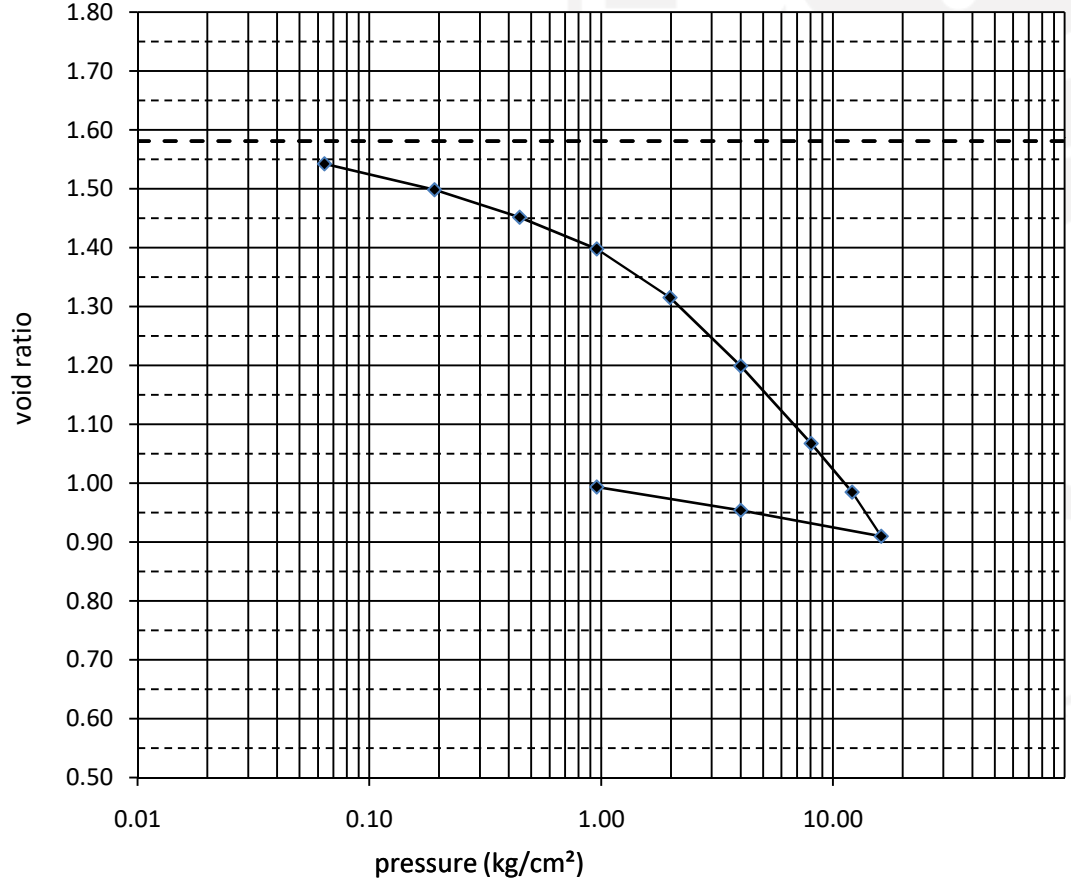
Date of Tested Nov-21
Tested By str/jn
Checked By khk

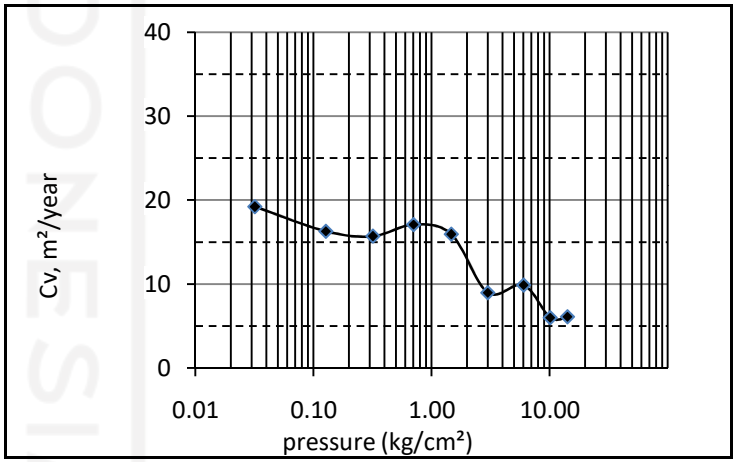
	Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Test - ASTM D2435	Location	JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

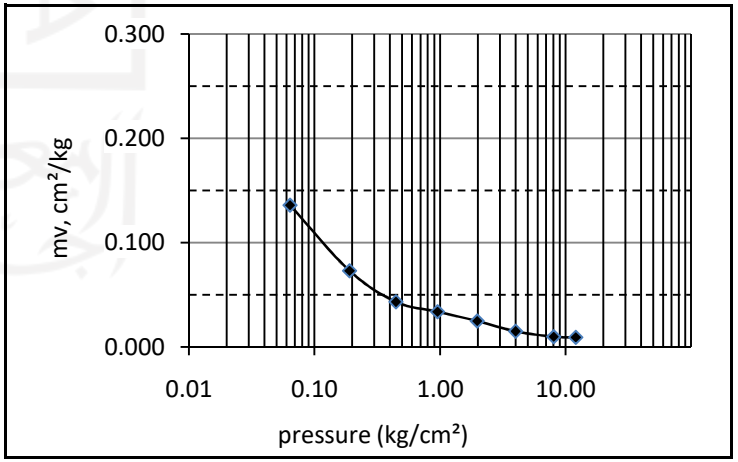
Hole No	BH 1		Tested By	str/jn	**Soil Parameters**		
Depth	3.50-4.00	m	Checked By	khk	Water content	55.98 %	Spec. Gravity	2.70
Sample ID.	UDS-2		Date	Nov-21	Wet density	1.63 gr/cm³	Liquid Limit	88.22 %
Sample Description :	-				Dry Density	1.05 gr/cm³	Plastic Limit	41.50 %
					Void Ratio e	1.58	Plasticity Index	46.76 %
					Porosity n	0.61	Saturation	95.61 %

Consolidation Parameters

Eff. overburden press., Po	0.61 kg/cm²	Compression ratio, Cc	0.55	Coeff. of consolidation, Cv	12.79 m²/year
Preconsolidation pressure, Pc	1.70 kg/cm²	Recompression ratio, Cr	0.06	or	0.00405 cm²/sec
Over Consolidation Ratio, OCR	2.78	Soil Consol. History	over consolidated	Vol. compressibilty, mv	0.043 cm²/kg







	Project: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Data Sheet - ASTM D2435	Location: JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

Hole No. BH 1 | Depth 3.50-4.00 m | Sample ID UDS-2 | Soil Description -

Apparatus No.

Diameter	5.00 cm	Water Content	55.98 %	Weight of soild, Ws	41.08 gram	Liquid limit	88.22 %
Height	2.00 cm	Wet density	1.63 gr/cm³	Solid height, 2Ho	0.77 cm	Plastic limit	41.50 %
Area	19.63 cm²	Dry Density	1.05 gr/cm³	Sample Height	2.00 cm	Plasticity Index	46.76 %
Weight of soil sample	64.08 gram	Specific Gravity	2.7	Initial Void ratio	1.5809		
		Degree of saturation	95.61 %				

Pressure (kg/cm²)	Final dial reading (x 0.01mm)	Dial change (cm)	2 H fr. change (cm)	Height of soil, H (cm)	Void ratio 2H-2Ho / 2Ho	Root of t90 (minute)	t90 Fit time (sec)	Cv 0,848 H² / t90 (m²/year)	av Δe / Δp (cm²/kg)	mv av / (1+e1) (cm²/kg)
	0		2.0000	1.0000	1.5809					
		0.0300				1.50	135.00	19.1975		
0.0640	30		1.9700	0.985	1.5422				0.3455	0.1359
		0.0340				1.60	153.60	16.2954		
0.1910	64		1.9360	0.968	1.4983				0.1822	0.0729
		0.0360				1.60	153.60	15.6950		
0.4460	100		1.9000	0.95	1.4518				0.1057	0.0431
		0.0420				1.50	135.00	17.0767		
0.9590	142		1.8580	0.929	1.3976				0.0807	0.0336
		0.0640				1.50	135.00	15.9205		
1.9830	206		1.7940	0.897	1.3151				0.0573	0.0247
		0.0900				1.90	216.60	8.9521		
4.0110	296		1.7040	0.852	1.1989				0.0326	0.0148
		0.1020				1.70	173.40	9.8838		
8.0520	398		1.6020	0.801	1.0673				0.0203	0.0098
		0.0640				2.10	264.60	5.9699		
12.1140	462		1.5380	0.769	0.9847				0.0184	0.0093
		0.0580				2.00	240.00	6.0948		
16.1890	520		1.4800	0.74	0.9099					
		-0.0340								
4.0110	486		1.5140	0.757	0.9537					
		-0.0310								
0.9590	455		1.5450	0.7725	0.9937					

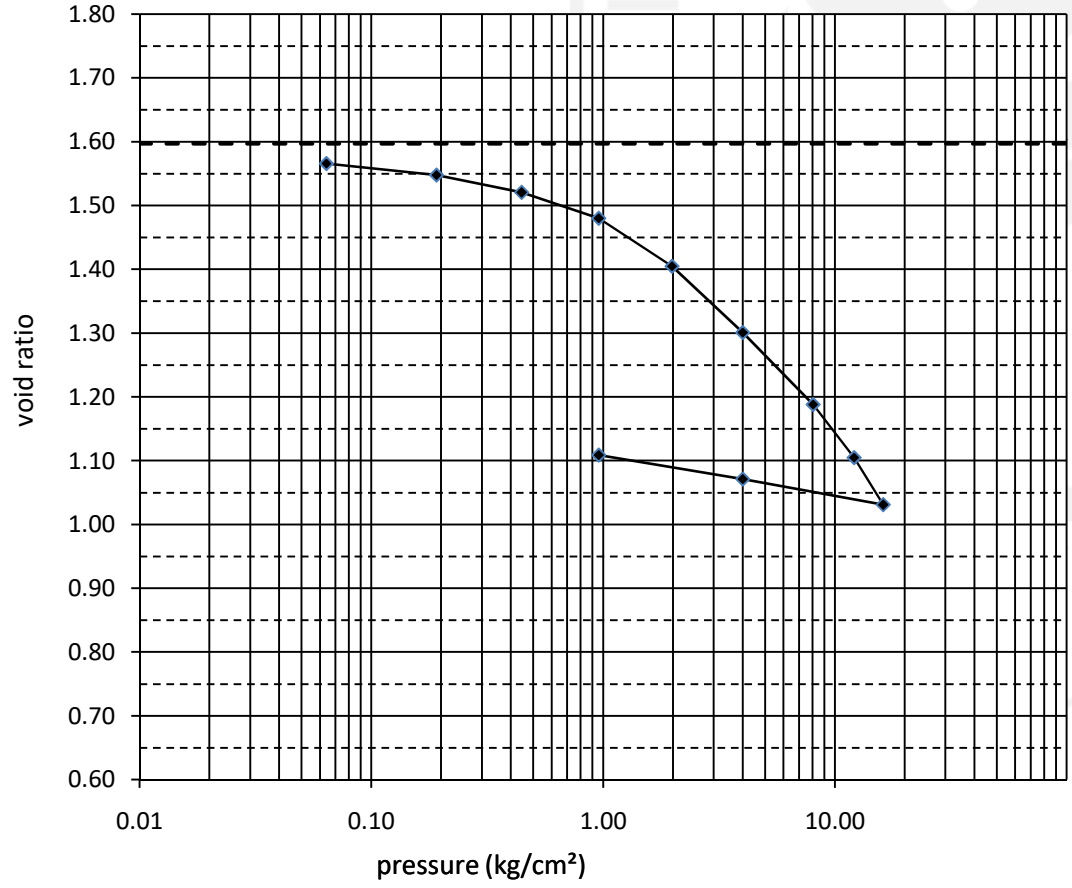
Date of Tested Nov-21
Tested By str/jn
Checked By khk

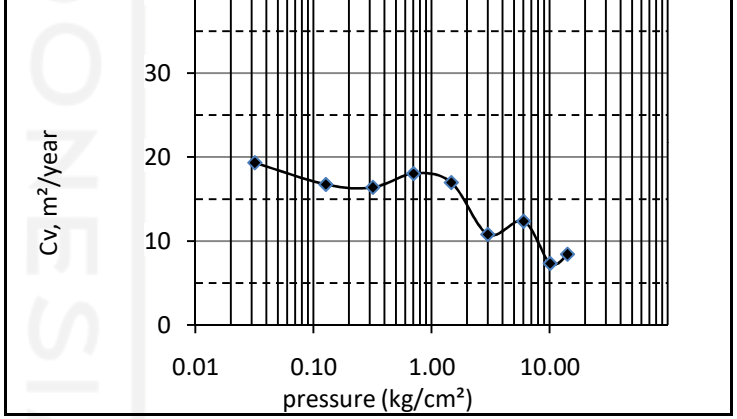
	Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Test - ASTM D2435	Location	JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

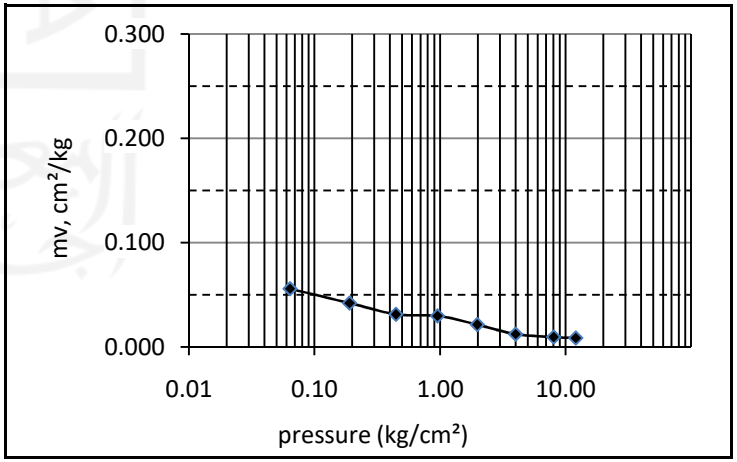
Hole No	BH 1	Tested By	str/jn	**Soil Parameters**	
Depth	7.50-8.00 m	Checked By	khk	Water content 56.94 %	Spec. Gravity 2.68
Sample ID.	UDS-3	Date	Nov-21	Wet density 1.62 gr/cm³	Liquid Limit 78.83 %
Sample Description :	-			Dry Density 1.03 gr/cm³	Plastic Limit 39.00 %
				Void Ratio e 1.60	Plasticity Index 36.85 %
				Porosity n 0.61	Saturation 95.55 %

Consolidation Parameters

Eff. overburden press., Po	1.26 kg/cm²	Compression ratio, Cc	0.45	Coeff. of consolidation, Cv	14.03 m²/year
Preconsolidation pressure, Pc	1.60 kg/cm²	Recompression ratio, Cr	0.051	or	0.00445 cm²/sec
Over Consolidation Ratio, OCR	1.27	Soil Consol. History	over consolidated	Vol. compressibilty, mv	0.026 cm²/kg







	Project: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Data Sheet - ASTM D2435	Location: JL. ACHMAD ADNA WIJAYA, BOGOR-JAWA BARAT

Hole No. BH 1 | Depth 7.50-8.00 m | Sample ID UDS-3 | Soil Description -

Apparatus No.

Diameter	5.00 cm	Water Content	56.94 %	Weight of soild, Ws	40.53 gram	Liquid limit	78.83 %
Height	2.00 cm	Wet density	1.62 gr/cm³	Solid height, 2Ho	0.77 cm	Plastic limit	39.00 %
Area	19.63 cm²	Dry Density	1.03 gr/cm³	Sample Height	2.00 cm	Plasticity Index	36.85 %
Weight of soil sample	63.60 gram	Specific Gravity	2.68	Initial Void ratio	1.5970		
		Degree of saturation	95.55 %				

Pressure (kg/cm²)	Final dial reading (x 0.01mm)	Dial change (cm)	2 H fr. change (cm)	Height of soil, H (cm)	Void ratio 2H-2Ho / 2Ho	Root of t90 (minute)	t90 Fit time (sec)	Cv 0,848 H² / t90 (m²/year)	av Δe / Δp (cm²/kg)	mv av / (1+e1) (cm²/kg)
	0		2.0000	1.0000	1.5970					
		0.0240				1.50	135.00	19.3146		
0.0640	24		1.9760	0.988	1.5658				0.1431	0.0558
		0.0140				1.60	153.60	16.7361		
0.1910	38		1.9620	0.981	1.5477				0.1069	0.0420
		0.0210				1.60	153.60	16.3797		
0.4460	59		1.9410	0.9705	1.5204				0.0785	0.0311
		0.0310				1.50	135.00	18.0459		
0.9590	90		1.9100	0.955	1.4801				0.0735	0.0297
		0.0580				1.50	135.00	16.9666		
1.9830	148		1.8520	0.926	1.4048				0.0512	0.0213
		0.0800				1.80	194.40	10.7864		
4.0110	228		1.7720	0.886	1.3009				0.0280	0.0121
		0.0870				1.60	153.60	12.3440		
8.0520	315		1.6850	0.8425	1.1880				0.0205	0.0094
		0.0640				2.00	240.00	7.3114		
12.1140	379		1.6210	0.8105	1.1049				0.0182	0.0086
		0.0570				1.80	194.40	8.4028		
16.1890	436		1.5640	0.782	1.0309					
		-0.0310								
4.0110	405		1.5950	0.7975	1.0711					
		-0.0290								
0.9590	376		1.6240	0.812	1.1088					

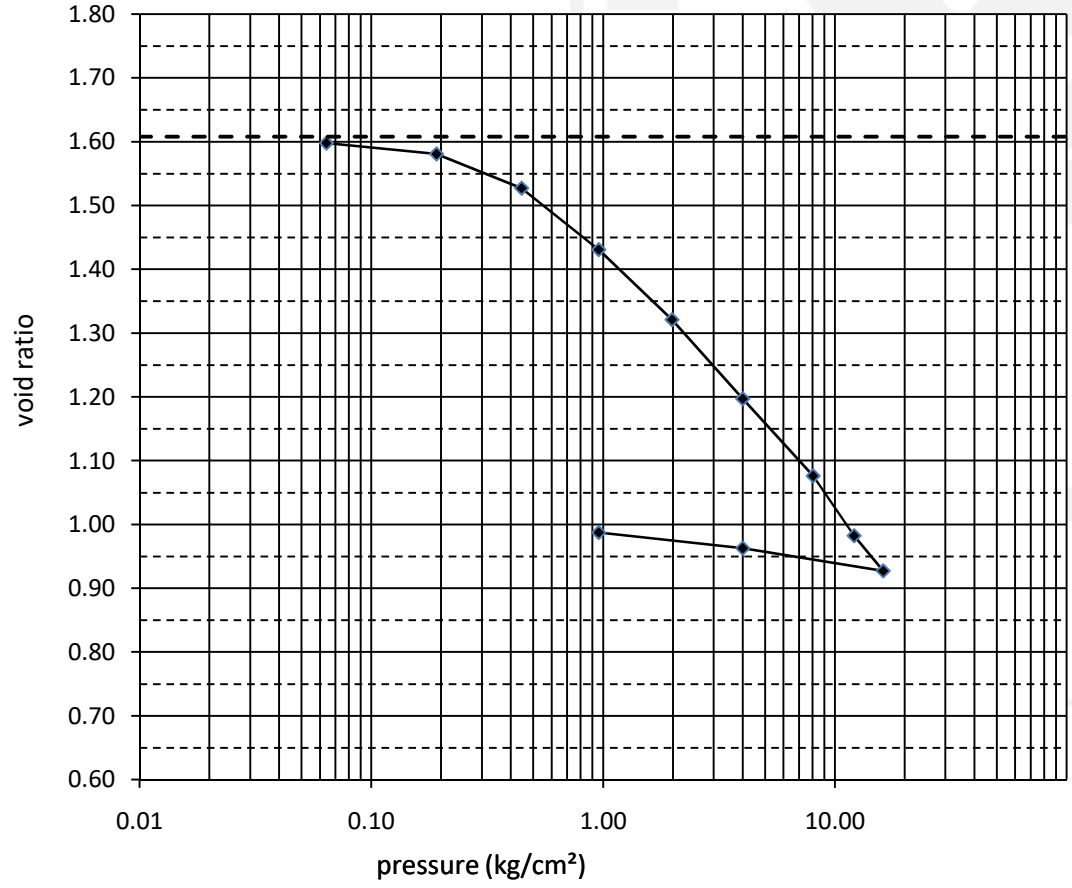
Date of Tested Nov-21
Tested By str/jn
Checked By khk

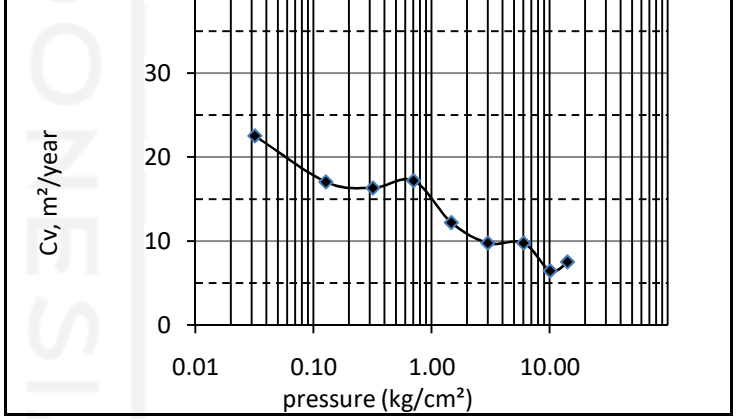
	Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Test - ASTM D2435	Location	JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT

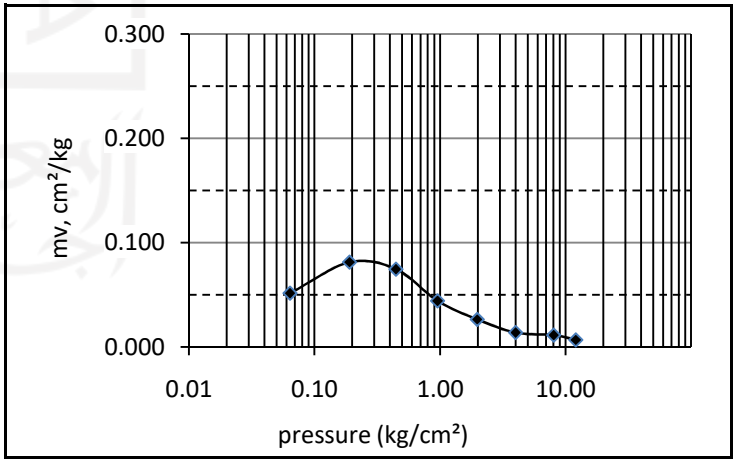
Hole No	BH 2		Tested By	str/jn	**Soil Parameters**		
Depth	1.50-2.00	m	Checked By	khk	Water content	57.02 %	Spec. Gravity	2.69
Sample ID.	UDS-1		Date	Nov-21	Wet density	1.62 gr/cm³	Liquid Limit	87.00 %
Sample Description :	-				Dry Density	1.03 gr/cm³	Plastic Limit	39.50 %
					Void Ratio e	1.61	Plasticity Index	47.53 %
					Porosity n	0.62	Saturation	95.39 %

Consolidation Parameters

Eff. overburden press., Po	0.28 kg/cm²	Compression ratio, Cc	0.41	Coeff. of consolidation, Cv	13.19 m²/year
Preconsolidation pressure, Pc	0.51 kg/cm²	Recompression ratio, Cr	0.049	or	0.00418 cm²/sec
Over Consolidation Ratio, OCR	1.80	Soil Consol. History	over consolidated	Vol. compressibilty, mv	0.039 cm²/kg







	Project: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Data Sheet - ASTM D2435	Location: JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT

Hole No. BH 2 | Depth 1.50-2.00 m | Sample ID UDS-1 | Soil Description -

Apparatus No.

Diameter	5.00 cm	Water Content	57.02 %	Weight of soild, Ws	40.50 gram	Liquid limit	87.00 %
Height	2.00 cm	Wet density	1.62 gr/cm³	Solid height, 2Ho	0.77 cm	Plastic limit	39.50 %
Area	19.63 cm²	Dry Density	1.03 gr/cm³	Sample Height	2.00 cm	Plasticity Index	47.53 %
Weight of soil sample	63.60 gram	Specific Gravity	2.69	Initial Void ratio	1.6080		
		Degree of saturation	95.39 %				

Pressure (kg/cm²)	Final dial reading (x 0.01mm)	Dial change (cm)	2 H fr. change (cm)	Height of soil, H (cm)	Void ratio 2H-2Ho / 2Ho	Root of t90 (minute)	t90 Fit time (sec)	Cv 0,848 H² / t90 (m²/year)	av Δe / Δp (cm²/kg)	mv av / (1+e1) (cm²/kg)
	0		2.0000	1.0000	1.6080					
		0.0080				1.40	117.60	22.5329		
0.0640	8		1.9920	0.996	1.5976				0.1335	0.0514
		0.0130				1.60	153.60	17.0273		
0.1910	21		1.9790	0.9895	1.5806				0.2097	0.0812
		0.0410				1.60	153.60	16.3291		
0.4460	62		1.9380	0.969	1.5272				0.1881	0.0744
		0.0740				1.50	135.00	17.1872		
0.9590	136		1.8640	0.932	1.4307				0.1070	0.0440
		0.0840				1.70	173.40	12.2022		
1.9830	220		1.7800	0.89	1.3211				0.0611	0.0263
		0.0950				1.80	194.40	9.7533		
4.0110	315		1.6850	0.8425	1.1973				0.0300	0.0137
		0.0930				1.70	173.40	9.7608		
8.0520	408		1.5920	0.796	1.0760				0.0231	0.0111
		0.0720				2.00	240.00	6.4287		
12.1140	480		1.5200	0.76	0.9821				0.0134	0.0068
		0.0420				1.80	194.40	7.5041		
16.1890	522		1.4780	0.739	0.9273					
		-0.0270								
4.0110	495		1.5050	0.7525	0.9625					
		-0.0190								
0.9590	476		1.5240	0.762	0.9873					

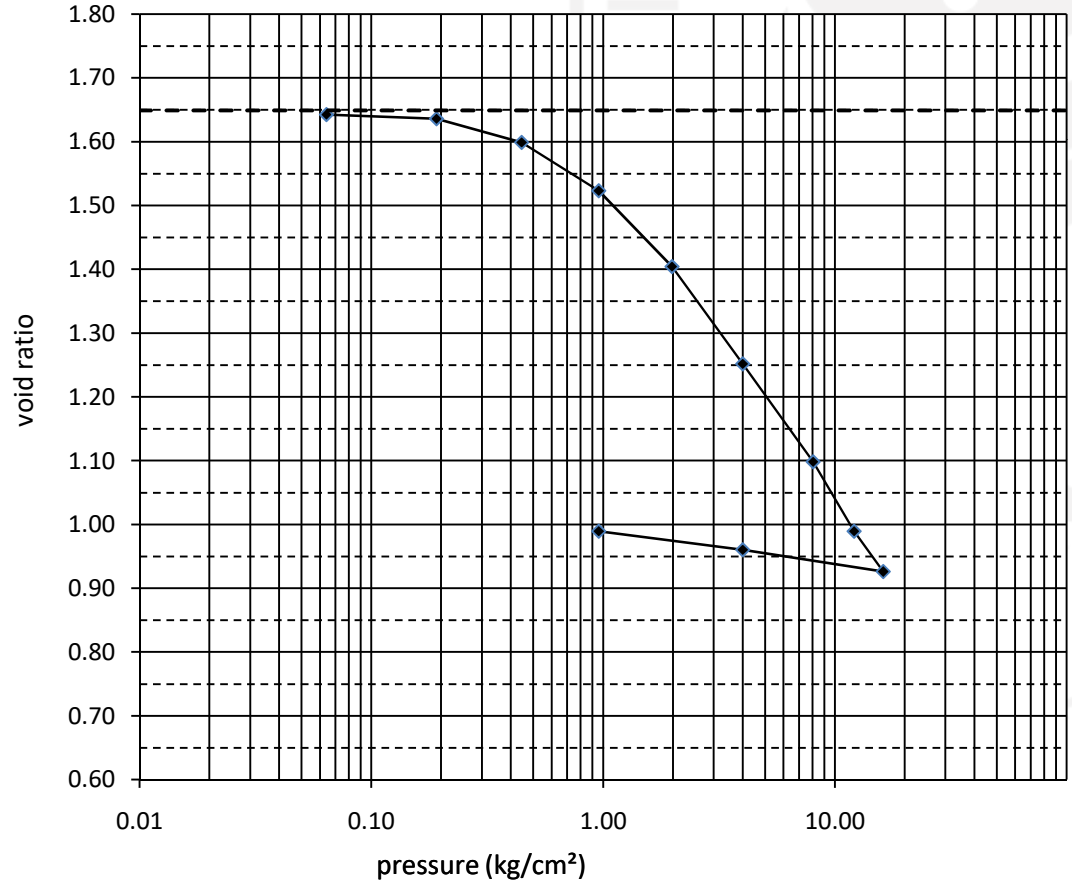
Date of Tested Nov-21
Tested By str/jn
Checked By khk

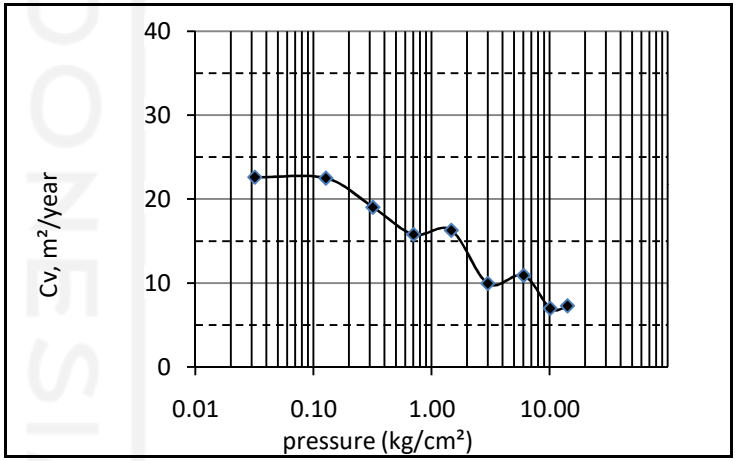
	Project	0
Consolidation Test - ASTM D2435	Location	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR

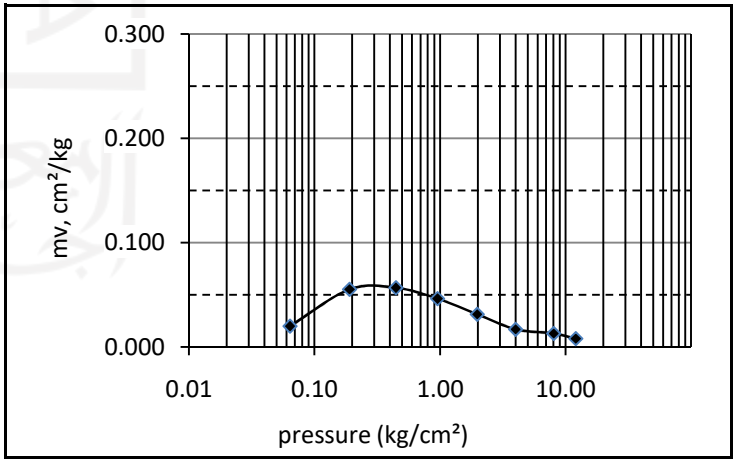
Hole No	BH 2		Tested By	str/jn	**Soil Parameters**		
Depth	3.50-4.00	m	Checked By	khk	Water content	57.99 %	Spec. Gravity	2.69
Sample ID.	UDS-2		Date	Nov-21	Wet density	1.60 gr/cm³	Liquid Limit	92.97 %
Sample Description :	-				Dry Density	1.02 gr/cm³	Plastic Limit	42.50 %
					Void Ratio e	1.65	Plasticity Index	50.47 %
					Porosity n	0.62	Saturation	94.59 %

Consolidation Parameters

Eff. overburden press., Po	0.60 kg/cm²	Compression ratio, Cc	0.57	Coeff. of consolidation, Cv	13.58 m²/year
Preconsolidation pressure, Pc	0.95 kg/cm²	Recompression ratio, Cr	0.0495	or	0.00431 cm²/sec
Over Consolidation Ratio, OCR	1.58	Soil Consol. History	over consolidated	Vol. compressibilty, mv	0.032 cm²/kg







	Project
Consolidation Data Sheet - ASTM D2435	Location PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
	JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT

Hole No. BH 2 Depth 3.50-4.00 m Sample ID UDS-2 Soil Description -

Apparatus No.									
Diameter	5.00	cm	Water Content	57.99	%	Weight of soild, Ws	39.88	gram	Liquid limit 92.97 %
Height	2.00	cm	Wet density	1.60	gr/cm³	Solid height, 2Ho	0.75	cm	Plastic limit 42.50 %
Area	19.63	cm²	Dry Density	1.02	gr/cm³	Sample Height	2.00	cm	Plasticity Index 50.47 %
Weight of soil sample	63.00	gram	Specific Gravity	2.69		Initial Void ratio	1.6491		
			Degree of saturation	94.59	%				

Pressure (kg/cm²)	Final dial reading (x 0.01mm)	Dial change (cm)	2 H fr. change (cm)	Height of soil, H (cm)	Void ratio 2H-2Ho / 2Ho	Root of t90 (minute)	t90 Fit time (sec)	Cv 0.848 H² / t90 (m²/year)	av Δe / Δp (cm²/kg)	mv av / (1+e1) (cm²/kg)
	0		2.0000	1.0000	1.6491					
		0.0050				1.40	117.60	22.6009		
0.0640	5		1.9950	0.9975	1.6425				0.0521	0.0197
		0.0050				1.40	117.60	22.4877		
0.1910	10		1.9900	0.995	1.6359				0.1454	0.0552
		0.0280				1.50	135.00	19.0419		
0.4460	38		1.9620	0.981	1.5988				0.1472	0.0566
		0.0570				1.60	153.60	15.7778		
0.9590	95		1.9050	0.9525	1.5233				0.1164	0.0461
		0.0900				1.50	135.00	16.2954		
1.9830	185		1.8150	0.9075	1.4041				0.0751	0.0312
		0.1150				1.80	194.40	9.9277		
4.0110	300		1.7000	0.85	1.2517				0.0380	0.0169
		0.1160				1.60	153.60	10.9085		
8.0520	416		1.5840	0.792	1.0981				0.0267	0.0127
		0.0820				1.90	216.60	6.9555		
12.1140	498		1.5020	0.751	0.9895				0.0156	0.0078
		0.0480				1.80	194.40	7.2624		
16.1890	546		1.4540	0.727	0.9259					
		-0.0260								
4.0110	520		1.4800	0.74	0.9603					
		-0.0220								
0.9590	498		1.5020	0.751	0.9895					

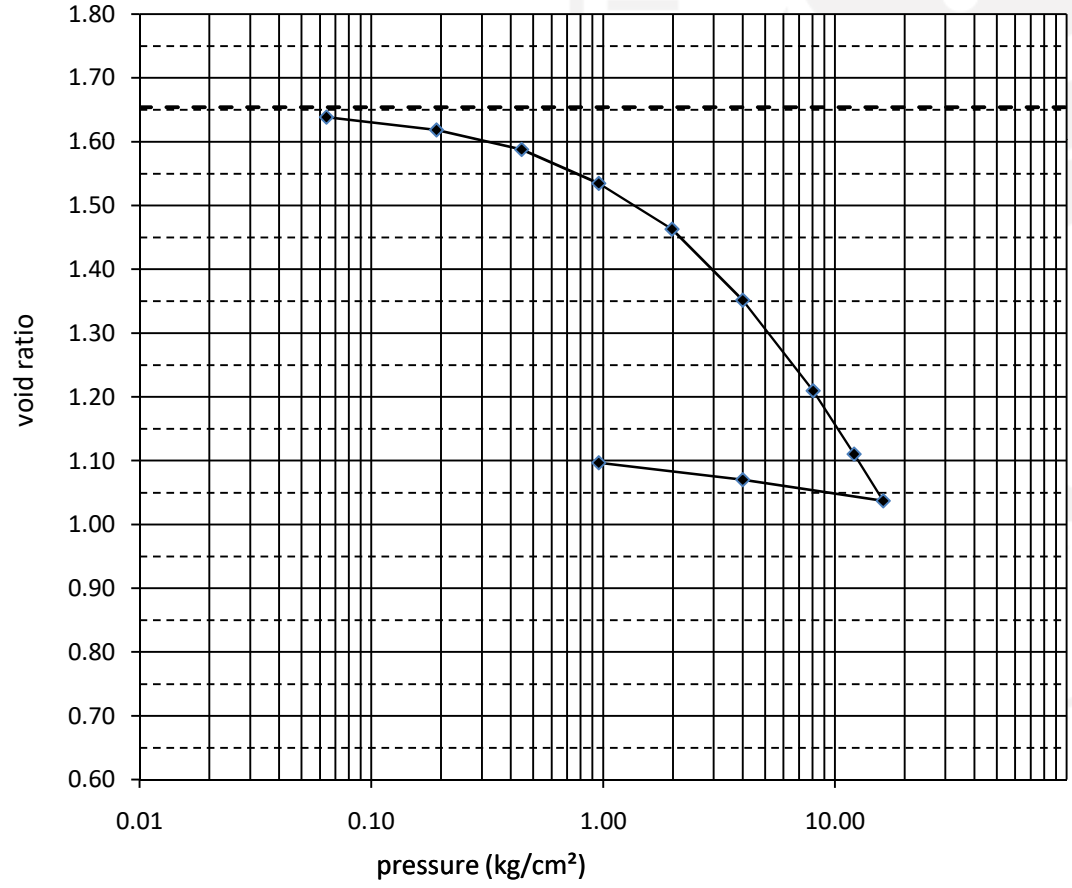
Date of Tested Nov-21
Tested By str/jn
Checked By khk

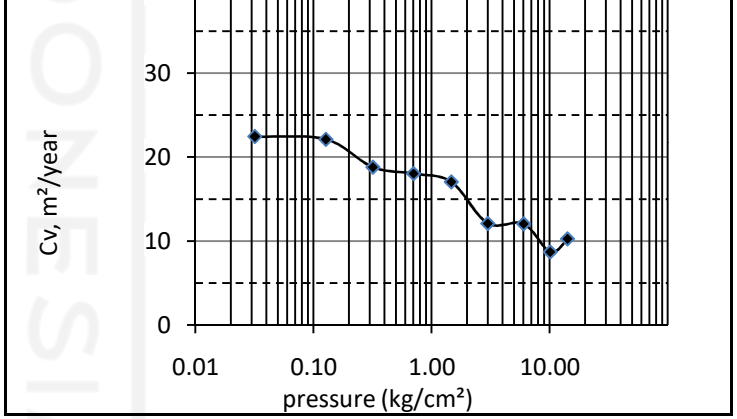
	Project	PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Test - ASTM D2435	Location	JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT

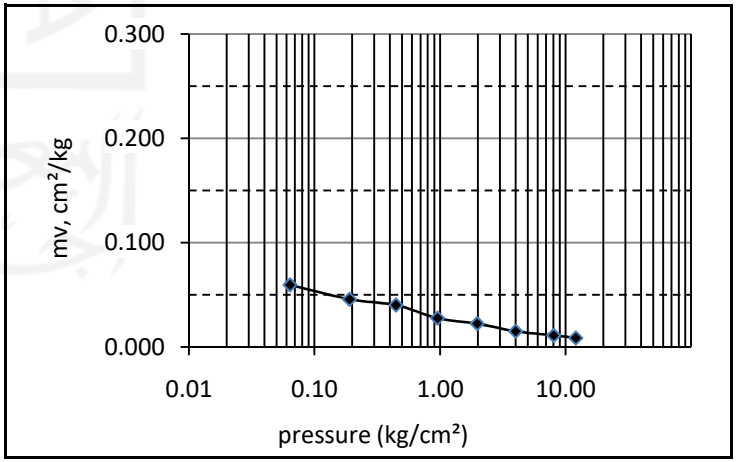
Hole No	BH 2		Tested By	str/jn	**Soil Parameters**		
Depth	7.50-8.00	m	Checked By	khk	Water content	58.88 %	Spec. Gravity	2.68
Sample ID.	UDS-3		Date	Nov-21	Wet density	1.60 gr/cm³	Liquid Limit	82.99 %
Sample Description :	-				Dry Density	1.01 gr/cm³	Plastic Limit	39.5 %
					Void Ratio e	1.65	Plasticity Index	43.49 %
					Porosity n	0.62	Saturation	95.40 %

Consolidation Parameters

Eff. overburden press., Po	1.24 kg/cm²	Compression ratio, Cc	0.55	Coeff. of consolidation, Cv	15.72 m²/year
Preconsolidation pressure, Pc	1.65 kg/cm²	Recompression ratio, Cr	0.051	or	0.00499 cm²/sec
Over Consolidation Ratio, OCR	1.33	Soil Consol. History	over consolidated	Vol. compressibilty, mv	0.029 cm²/kg







	Project: PEMBANGUNAN RS PANDU BOGOR
Consolidation Data Sheet - ASTM D2435	Location: JL. AHMAD ADNA WIJAYA, BPGPR-JAWA BARAT

Hole No. BH 2 | Depth 7.50-8.00 m | Sample ID UDS-3 | Soil Description -

Apparatus No.

Diameter	5.00 cm	Water Content	58.88 %	Weight of soild, Ws	39.65 gram	Liquid limit	82.99 %
Height	2.00 cm	Wet density	1.60 gr/cm³	Solid height, 2Ho	0.75 cm	Plastic limit	39.50 %
Area	19.63 cm²	Dry Density	1.01 gr/cm³	Sample Height	2.00 cm	Plasticity Index	43.52 %
Weight of soil sample	63.00 gram	Specific Gravity	2.68	Initial Void ratio	1.6541		
		Degree of saturation	95.40 %				

Pressure (kg/cm²)	Final dial reading (x 0.01mm)	Dial change (cm)	2 H fr. change (cm)	Height of soil, H (cm)	Void ratio 2H-2Ho / 2Ho	Root of t90 (minute)	t90 Fit time (sec)	Cv 0,848 H² / t90 (m²/year)	av Δe / Δp (cm²/kg)	mv av / (1+e1) (cm²/kg)
	0		2.0000	1.0000	1.6541					
		0.0120				1.40	117.60	22.4425		
0.0640	12		1.9880	0.994	1.6382				0.1567	0.0594
		0.0150				1.40	117.60	22.1051		
0.1910	27		1.9730	0.9865	1.6183				0.1197	0.0457
		0.0230				1.50	135.00	18.8097		
0.4460	50		1.9500	0.975	1.5878				0.1035	0.0400
		0.0400				1.50	135.00	18.0459		
0.9590	90		1.9100	0.955	1.5347				0.0700	0.0276
		0.0540				1.50	135.00	17.0400		
1.9830	144		1.8560	0.928	1.4630				0.0550	0.0223
		0.0840				1.70	173.40	12.0927		
4.0110	228		1.7720	0.886	1.3516				0.0351	0.0149
		0.1070				1.60	153.60	12.0527		
8.0520	335		1.6650	0.8325	1.2096				0.0245	0.0111
		0.0750				1.80	194.40	8.6845		
12.1140	410		1.5900	0.795	1.1100				0.0179	0.0085
		0.0550				1.60	153.60	10.2441		
16.1890	465		1.5350	0.7675	1.0371					
		-0.0250								
4.0110	440		1.5600	0.78	1.0702					
		-0.0200								
0.9590	420		1.5800	0.79	1.0968					

Date of Tested Nov-21
Tested By str/jn
Checked By khk

LAMPIRAN IV.

DOKUMENTASI

PHOTO KEGIATAN BORING (BH-1)









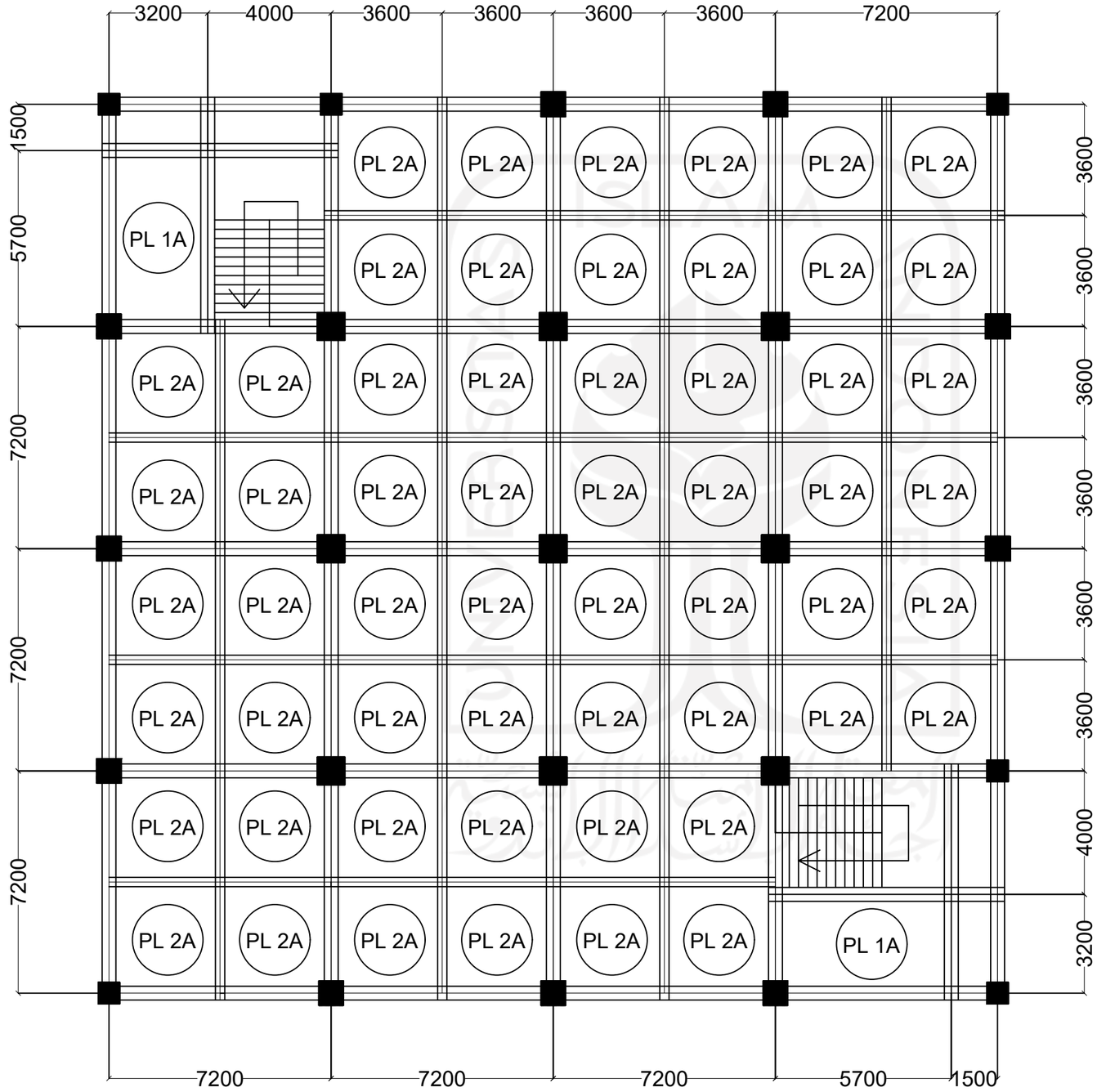
PHOTO KEGIATAN BORING (BH-2)











UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
KODEFIKASI PELAT LANTAI

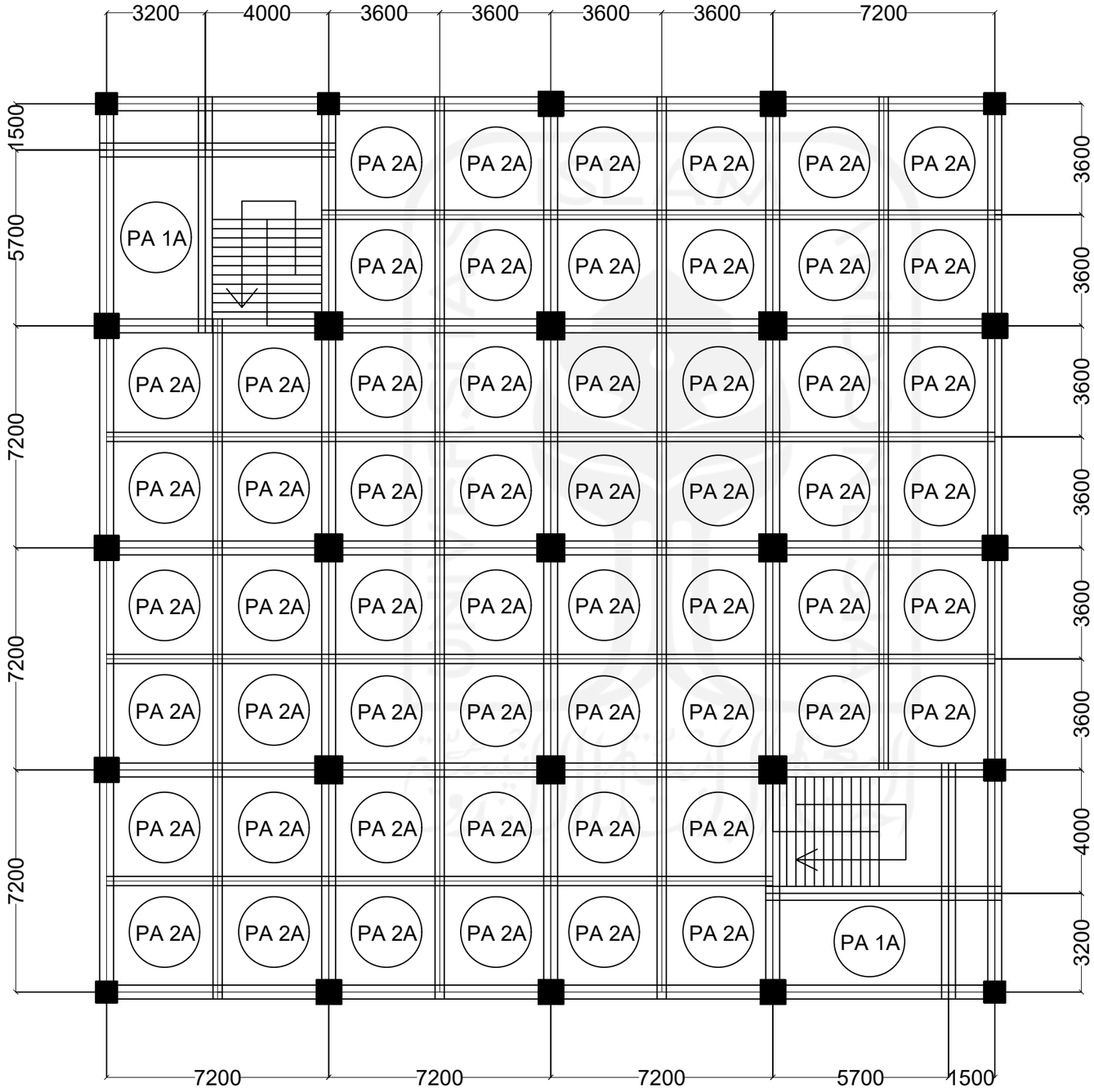
SKALA :

1 : 300

HALAMAN :

1

KETERANGAN :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
KODEFIKASI PELAT ATAP

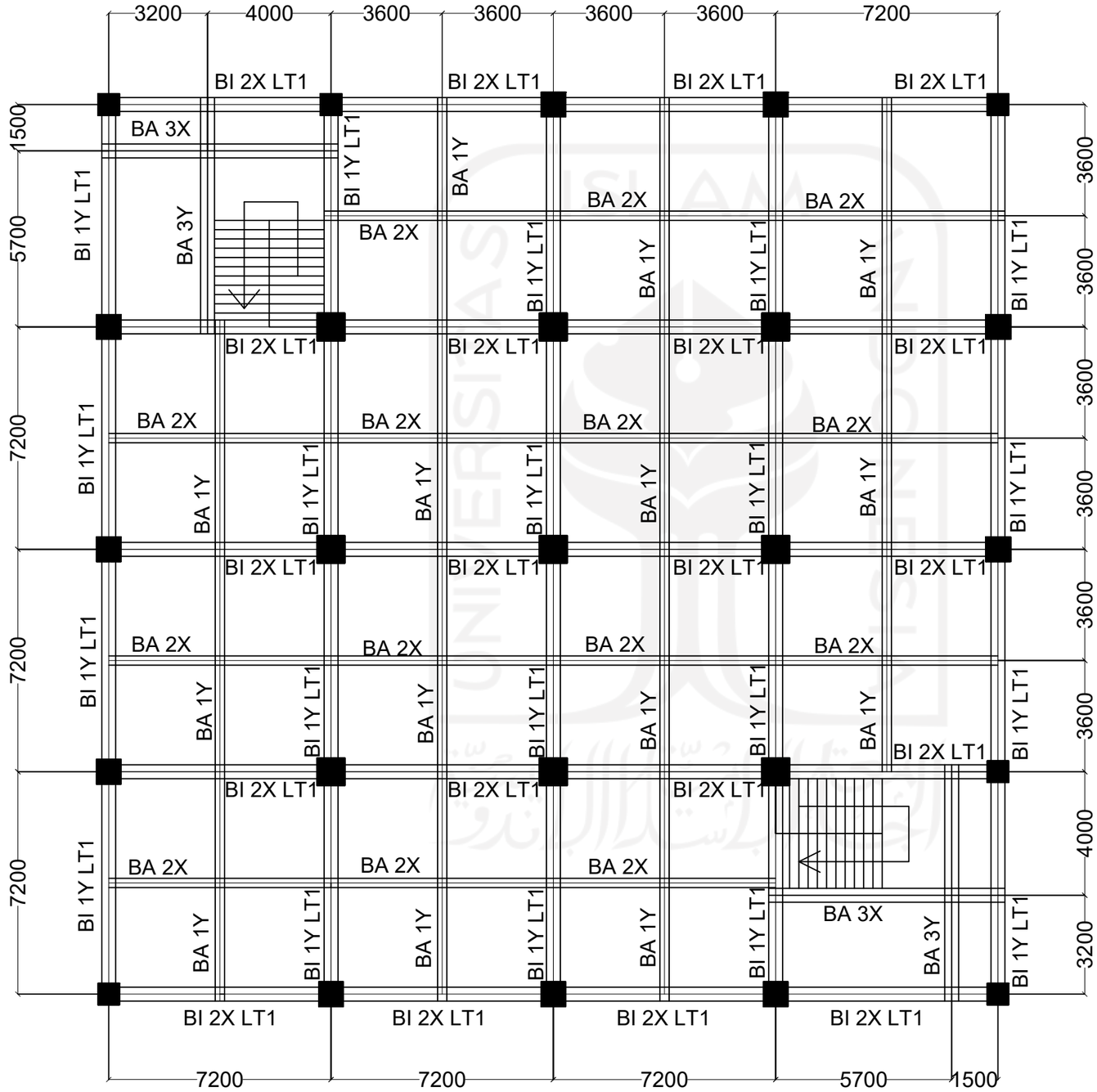
SKALA :

1 : 300

HALAMAN :

2

KETERANGAN :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
KODEFIKASI BALOK LT.1

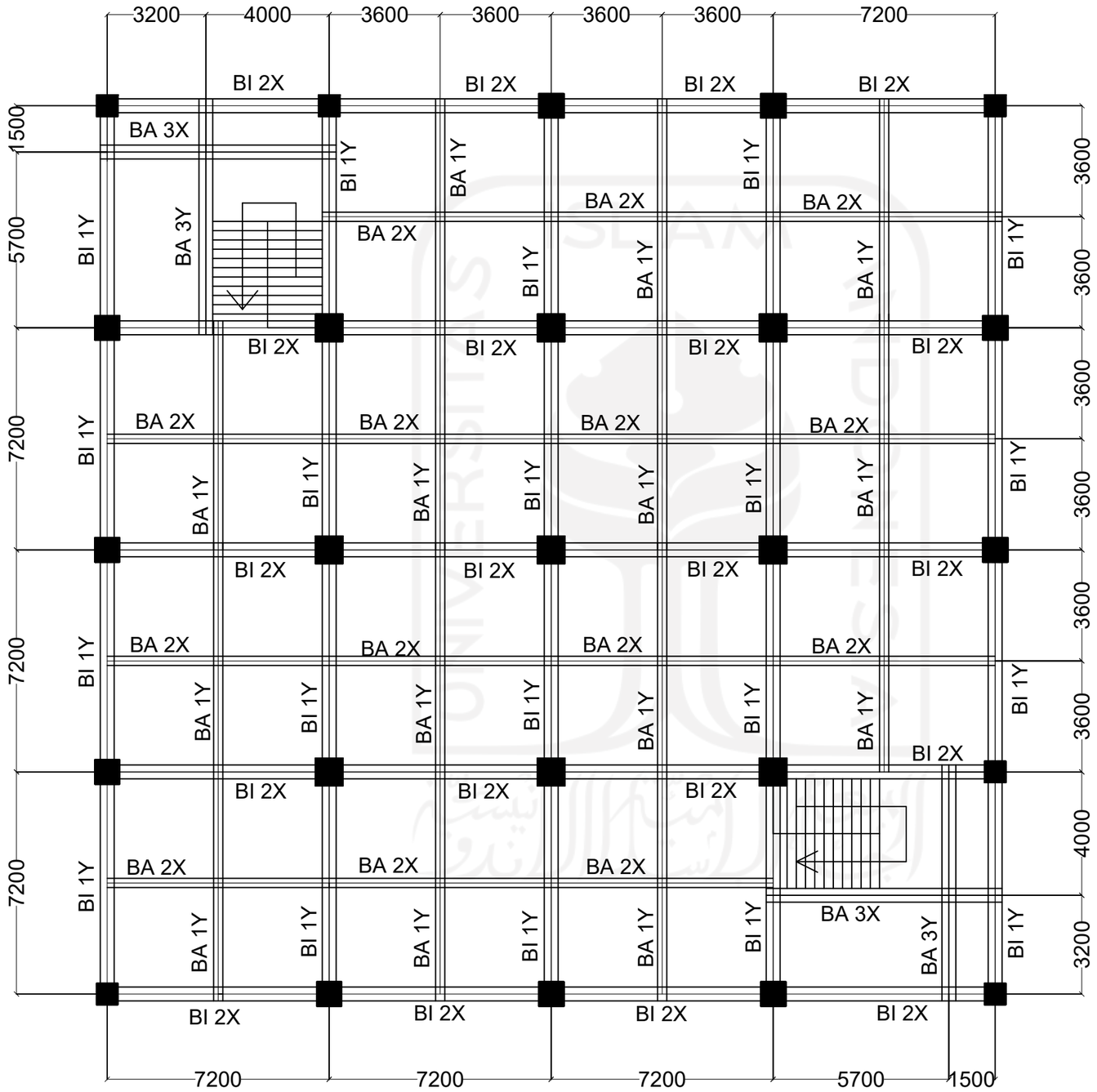
SKALA :

1 : 300

HALAMAN :

3

KETERANGAN :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
KODEFIKASI BALOK LT.2-5

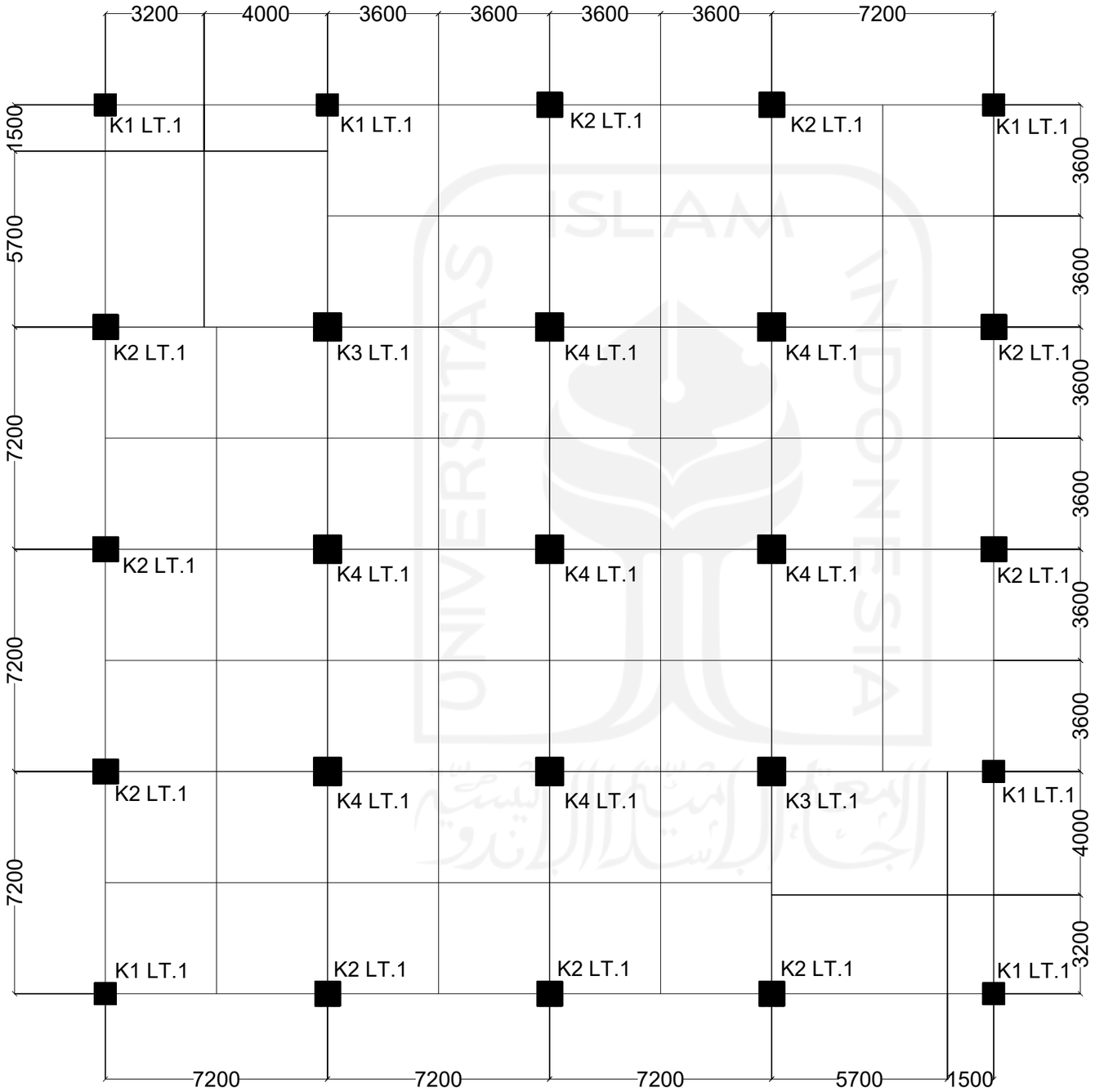
SKALA :

1 : 300

HALAMAN :

4

KETERANGAN :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
KODEFIKASI KOLOM LT.1

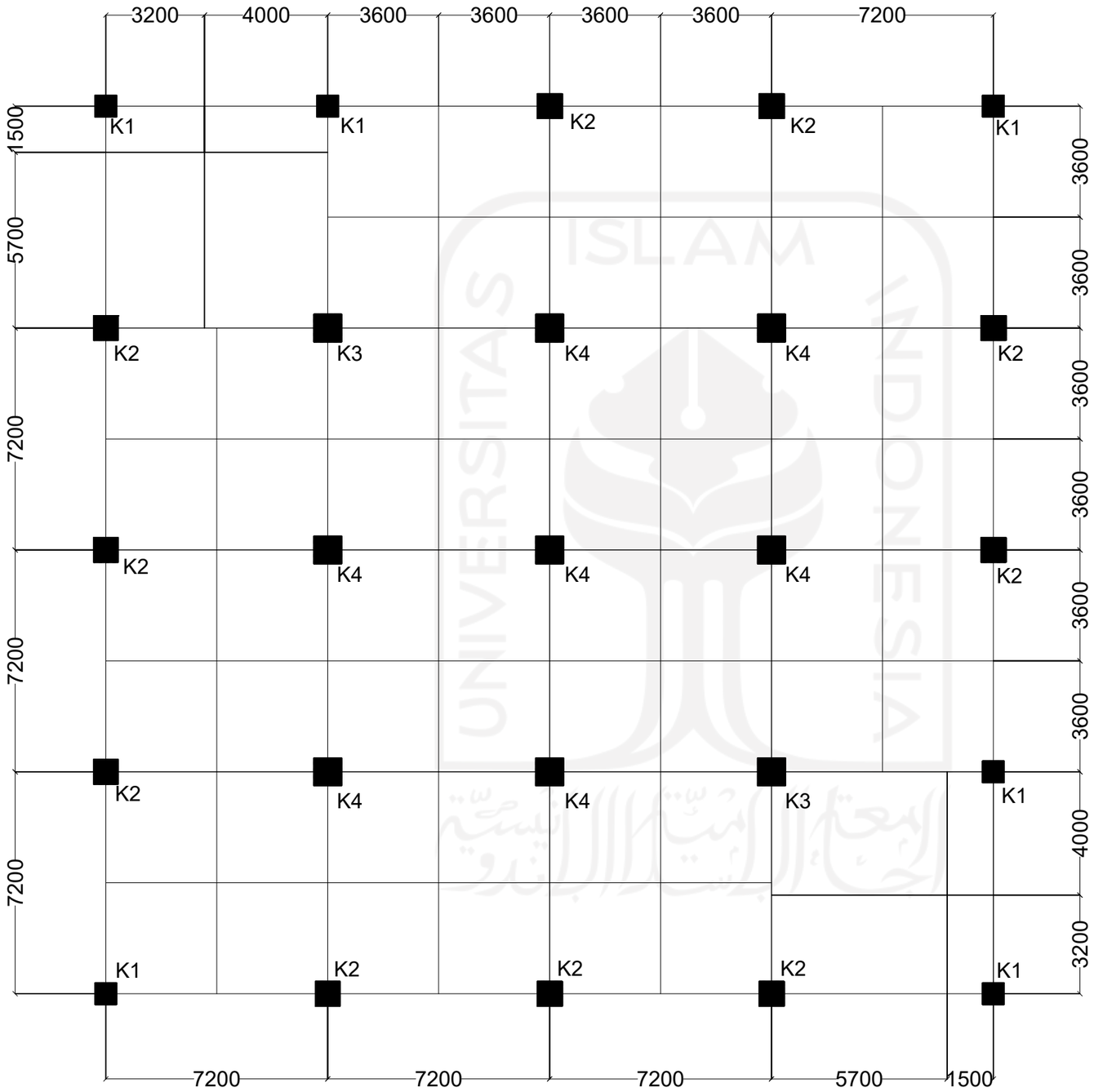
SKALA :

1 : 300

HALAMAN :

5

KETERANGAN :



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
KODEFIKASI KOLOM LT.2-5

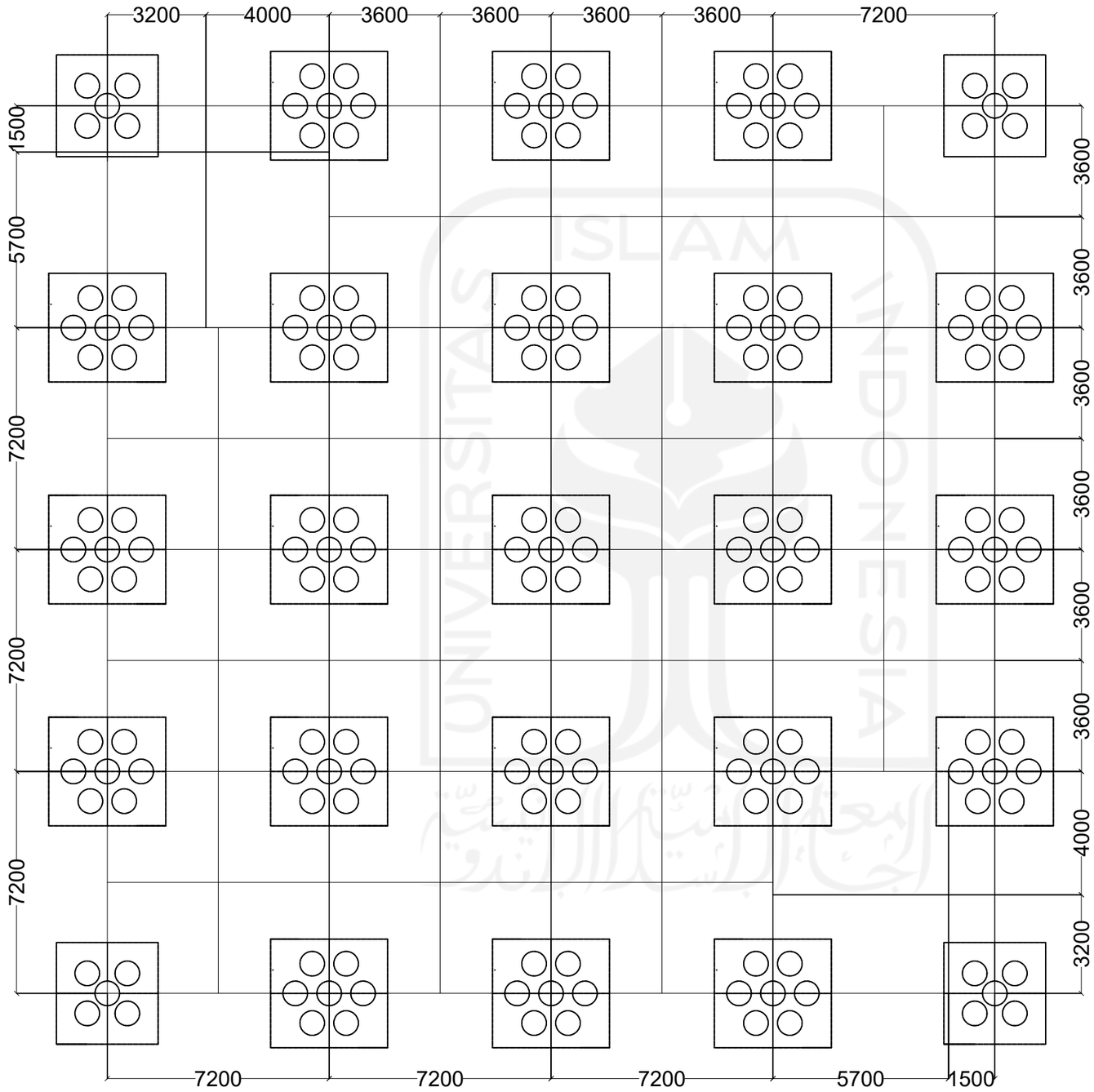
SKALA :

1 : 300

HALAMAN :

6

KETERANGAN :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
KODEFIKASI PILE

SKALA :

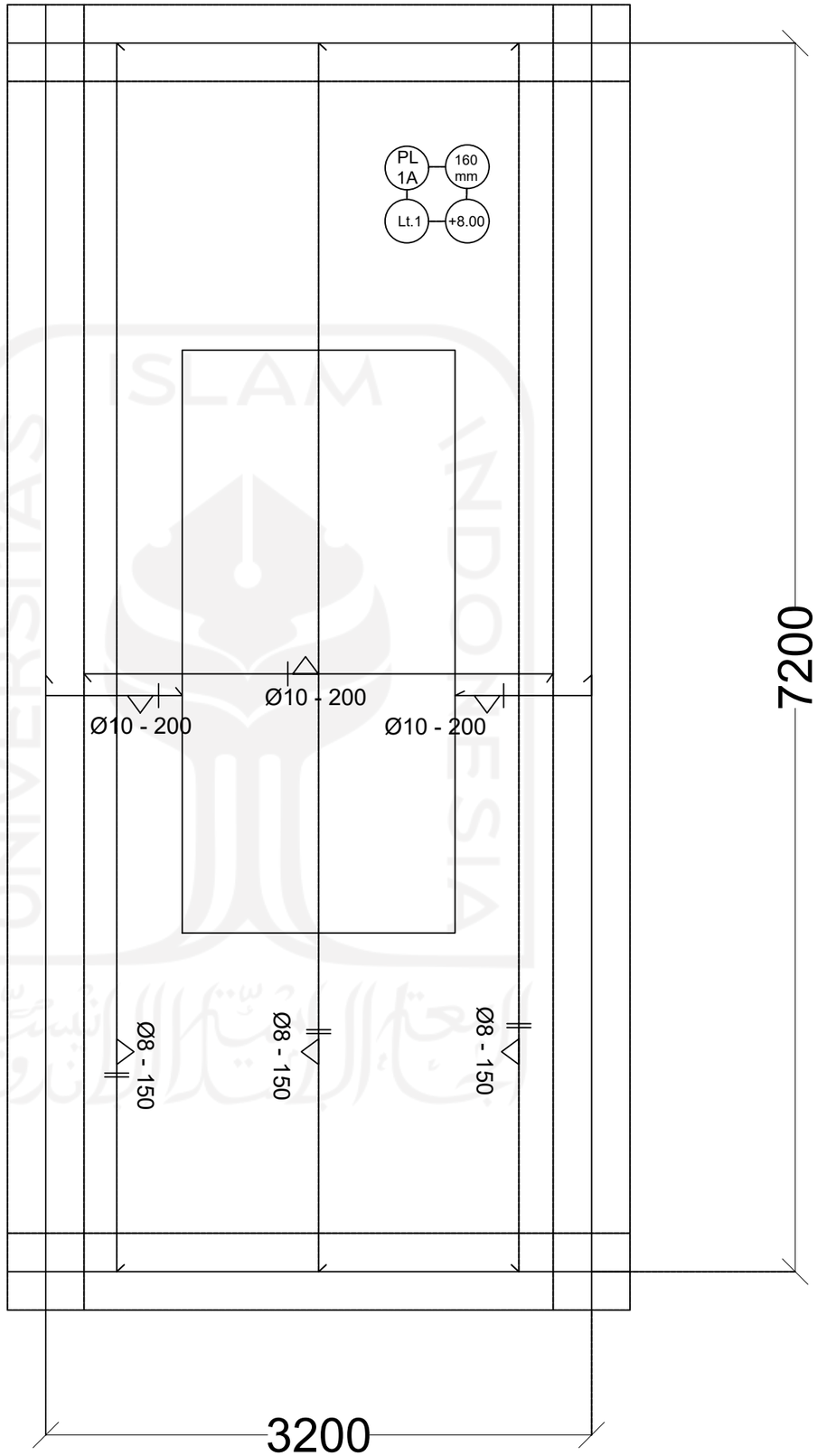
1 : 300

HALAMAN :

7

KETERANGAN :

PELAT 1 ARAH
LT. 1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN PELAT 1 ARAH LT. 1

SKALA :

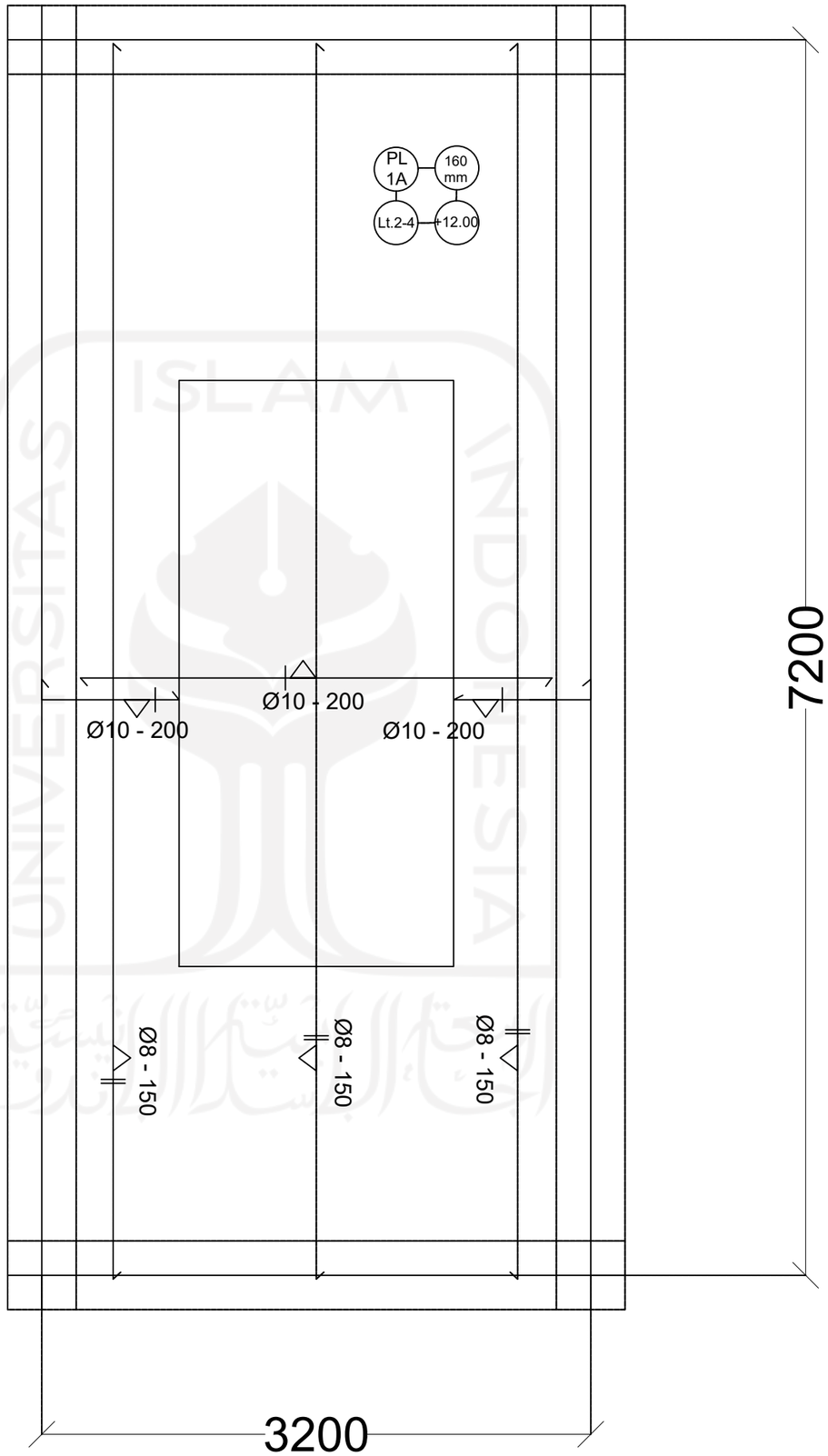
1 : 60

HALAMAN :

8

KETERANGAN :

PELAT 1 ARAH
LT. 2-4



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN PELAT
1 ARAH LT. 2-4

SKALA :

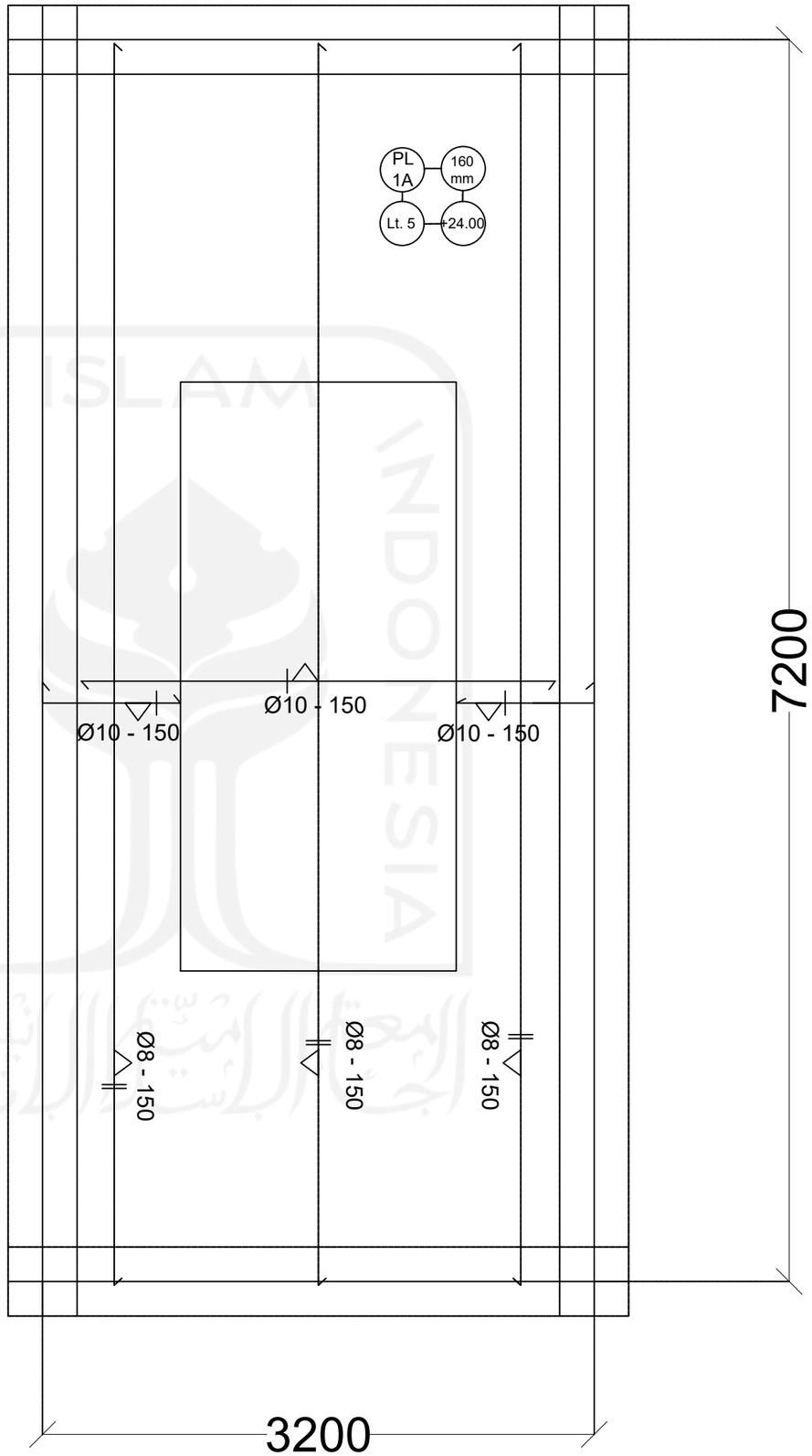
1 : 60

HALAMAN :

9

KETERANGAN :

PELAT 1 ARAH
LT.5



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN PELAT
1 ARAH LT. 5

SKALA :

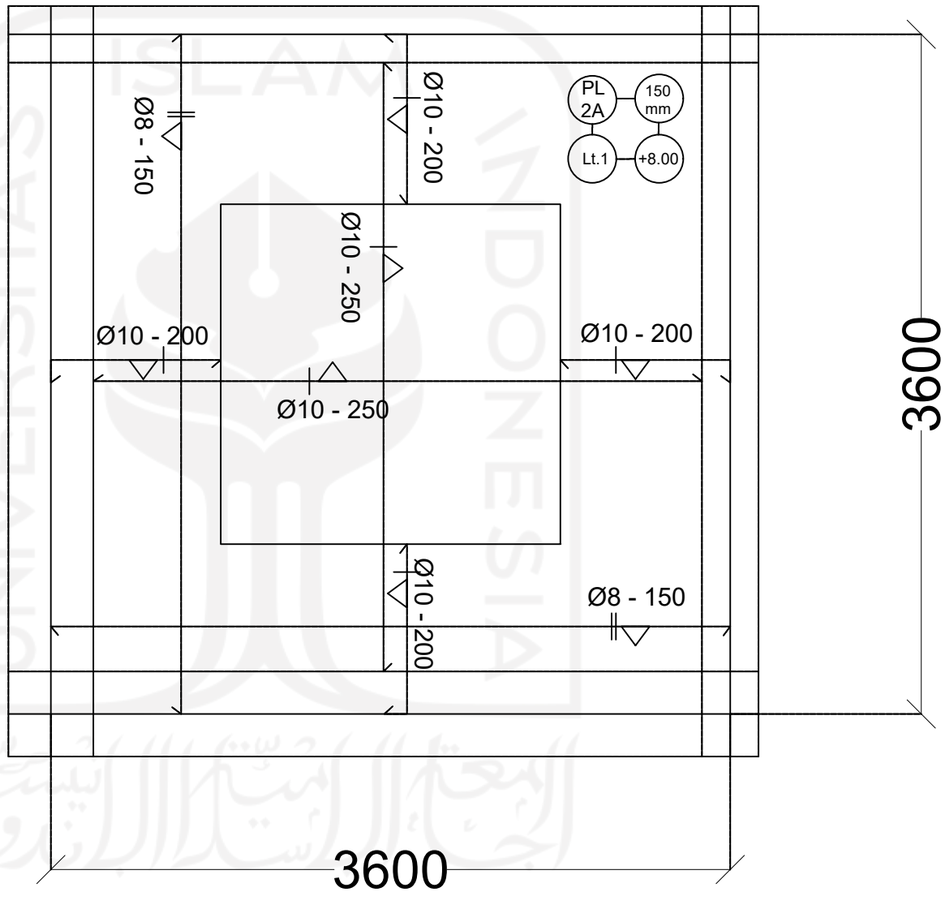
1 : 60

HALAMAN :

10

KETERANGAN :

PELAT 2 ARAH LT. 1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN PELAT 2 ARAH LT. 1

SKALA :

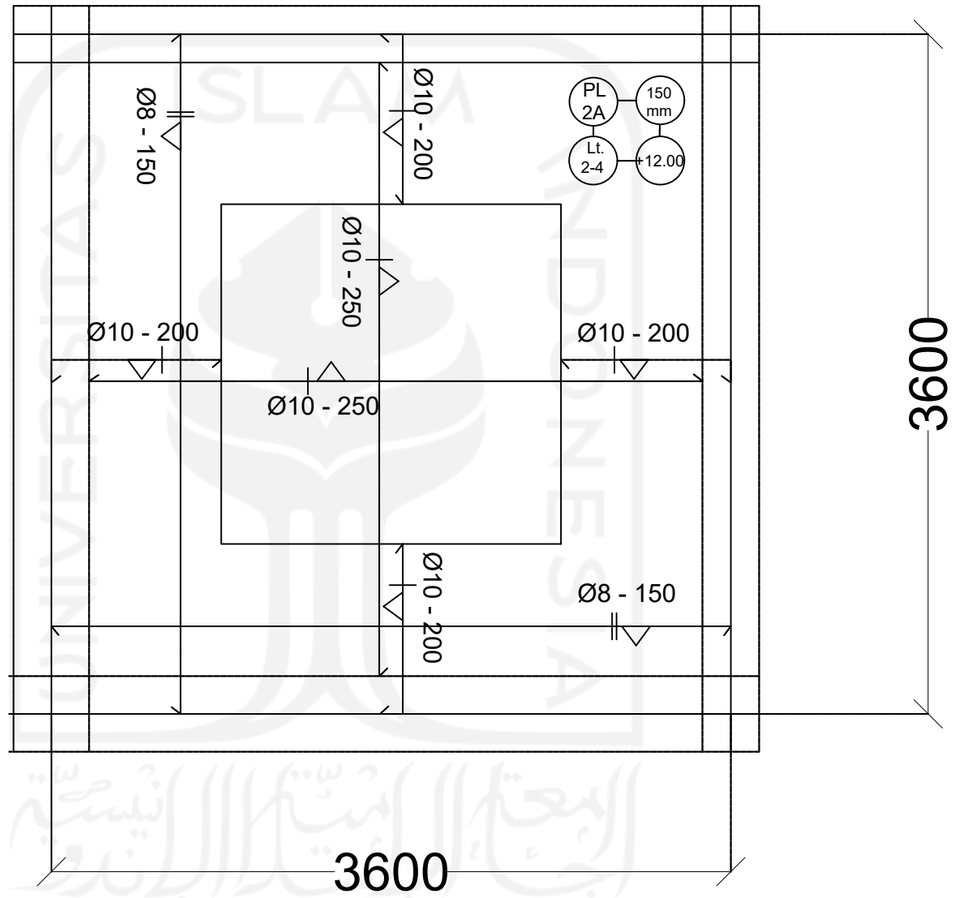
1 : 60

HALAMAN :

11

KETERANGAN :

PELAT 2 ARAH
LT. 2-4



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN PELAT
2 ARAH LT. 2-4

SKALA :

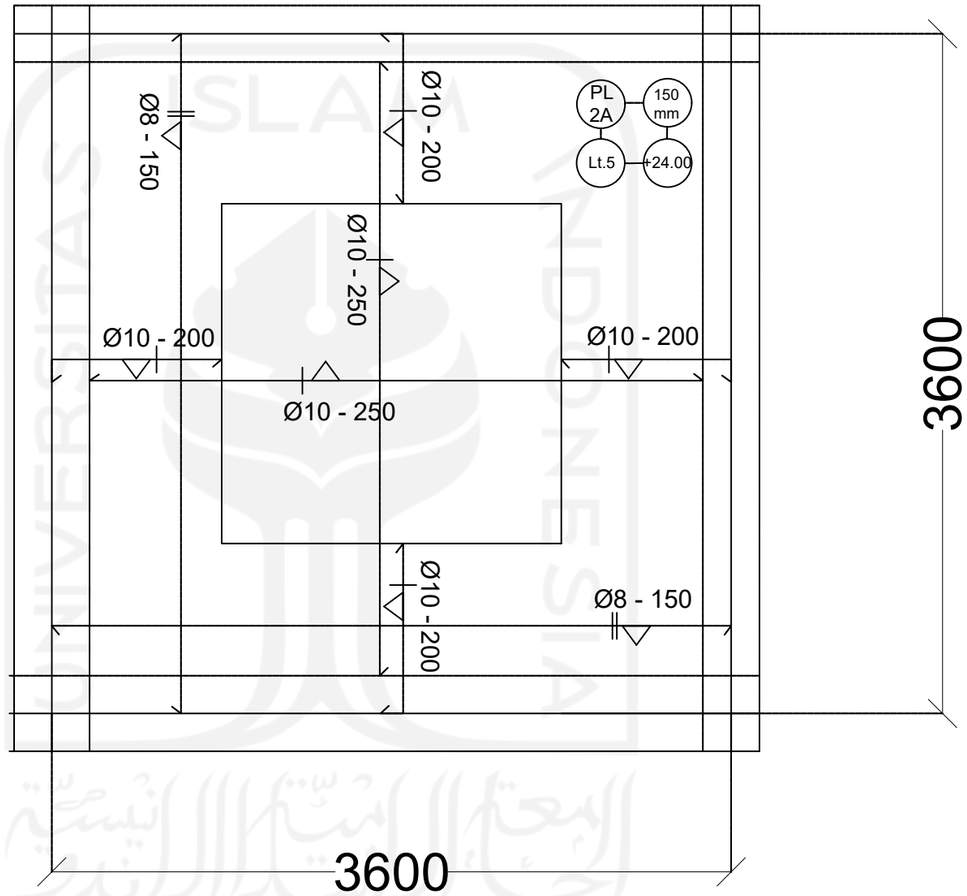
1 : 60

HALAMAN :

12

KETERANGAN :

PELAT 2 ARAH
LT. 5



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN PELAT 2 ARAH LT. 5

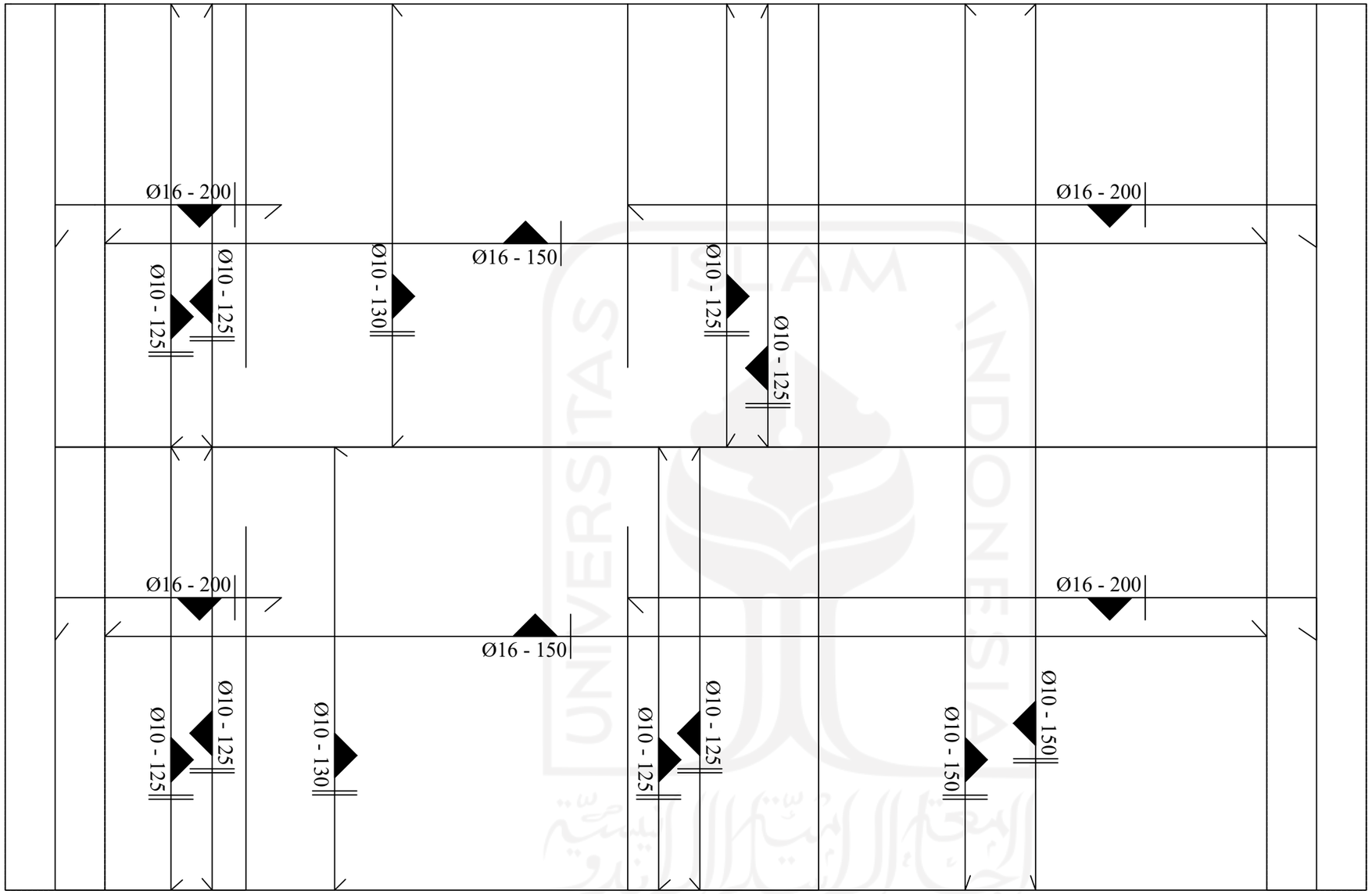
SKALA :

1 : 60

HALAMAN :

13

KETERANGAN :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN PELAT TANGGA

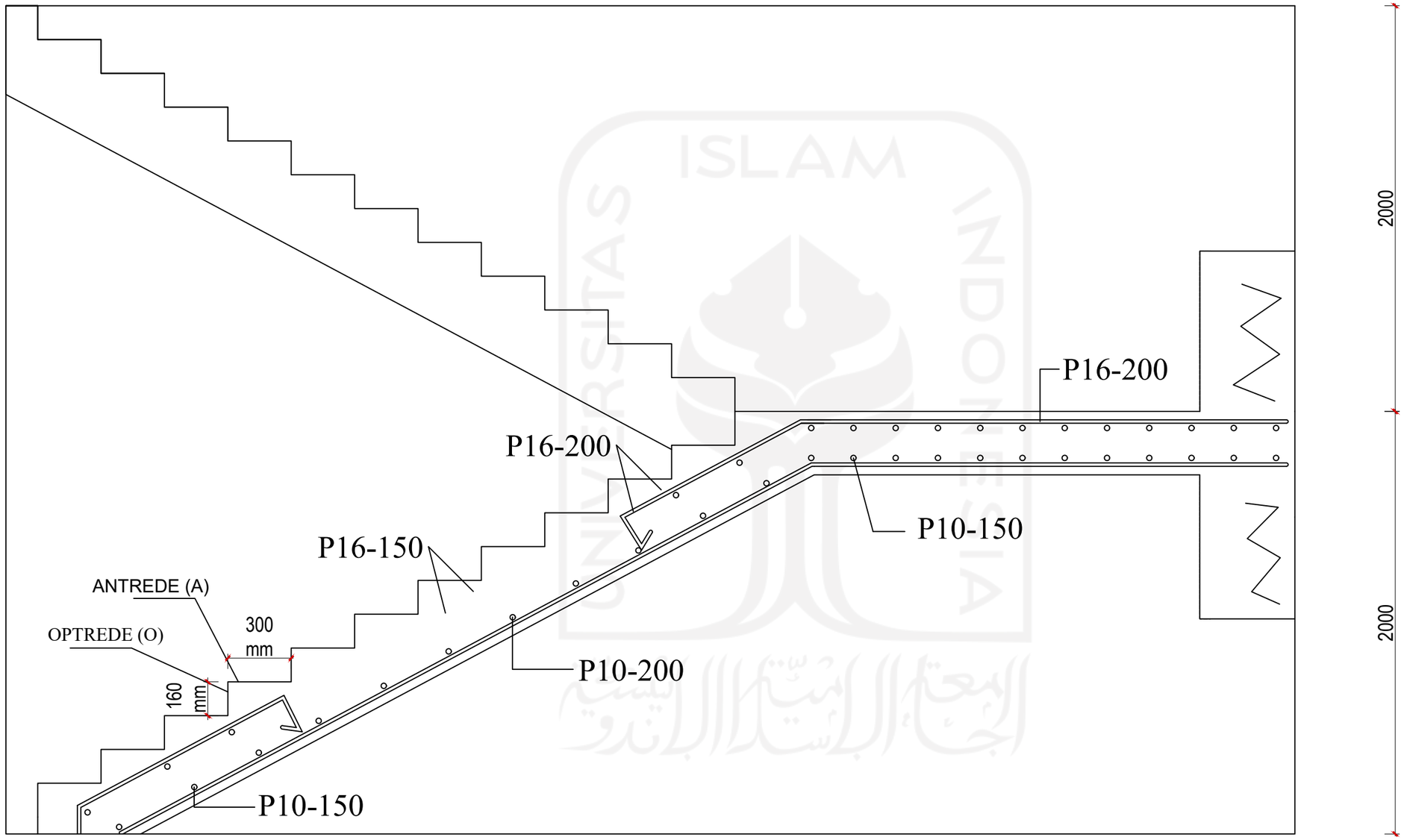
SKALA :

1 : 40

HALAMAN :

14

KETERANGAN :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN

MALIK MUSHTHOFA, S.T., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
POTONGAN MEMANJANG TANGGA

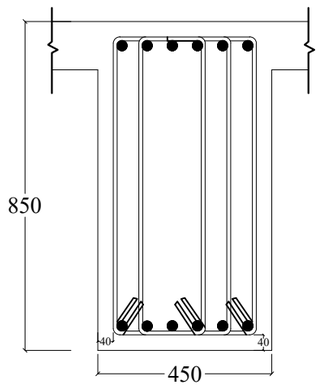
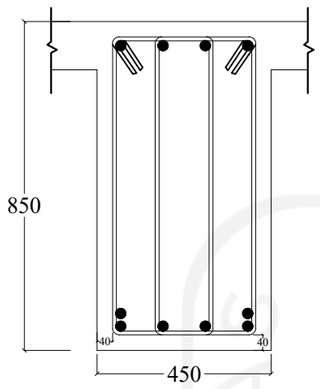
SKALA :

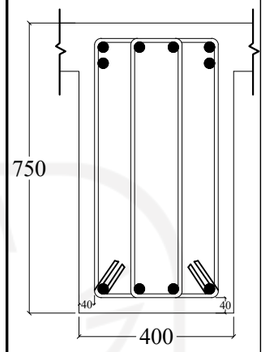
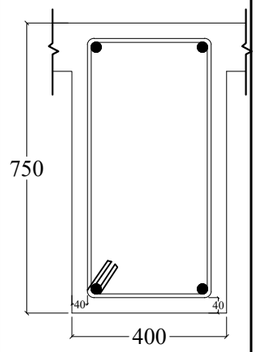
1 : 40

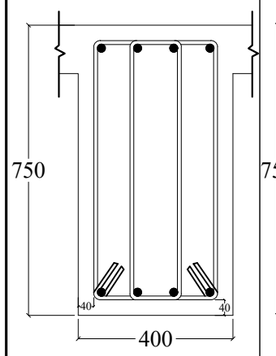
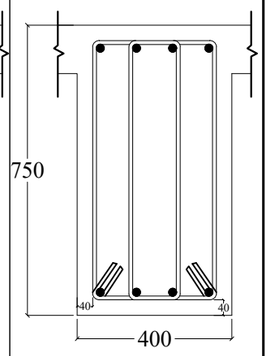
HALAMAN :

15

KETERANGAN :

TYPE	**BALOK BI1Y Lt.1**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	450 X 850	450 X 850
TUL. ATAS	12 D25	4 D25
TUL. BAWAH	6 D25	6 D25
SENGKANG	5D13 - 150	4D13 - 170

TYPE	**BALOK BI1Y Lt.2-4**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	400 X 750	400 X 750
TUL. ATAS	6 D25	2 D25
TUL. BAWAH	4 D25	2 D25
SENGKANG	4D13 - 100	2D13 - 170

TYPE	**BALOK BI1Y Lt.5**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	400 X 750	400 X 750
TUL. ATAS	4 D19	4 D19
TUL. BAWAH	4 D19	4 D19
SENGKANG	2D10 - 125	2D10 - 150

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN
BALOK BI1Y

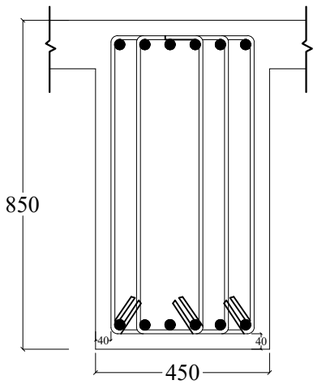
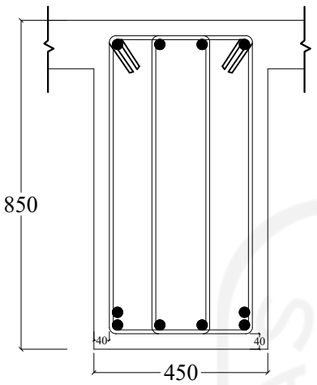
SKALA :

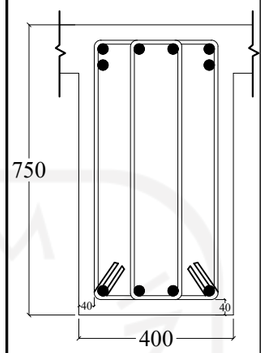
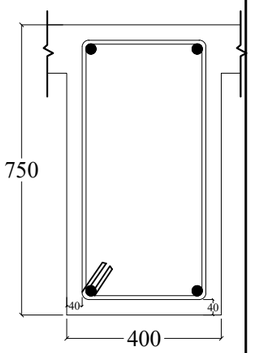
1 : 550

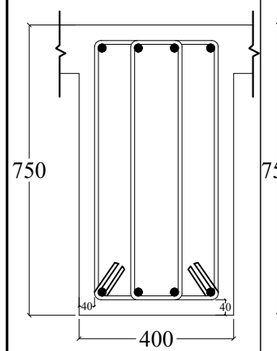
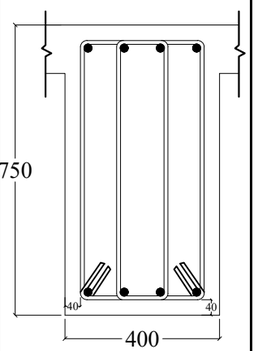
HALAMAN :

16

KETERANGAN :

TYPE	BALOK BI2X Lt.1	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	450 X 850	450 X 850
TUL. ATAS	12 D25	4 D25
TUL. BAWAH	6 D25	6 D25
SENGKANG	5D13 - 150	4D13 - 170

TYPE	BALOK BI2X Lt.2-4	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	400 X 750	400 X 750
TUL. ATAS	6 D25	2 D25
TUL. BAWAH	4 D25	2 D25
SENGKANG	4D13 - 100	2D13 - 170

TYPE	BALOK BI2X Lt.5	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	400 X 750	400 X 750
TUL. ATAS	4 D19	4 D19
TUL. BAWAH	4 D19	4 D19
SENGKANG	2D10 - 125	2D10 - 150

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN BALOK BI2X

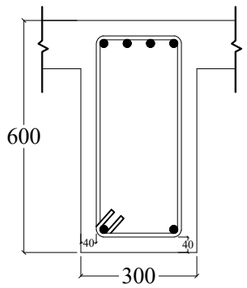
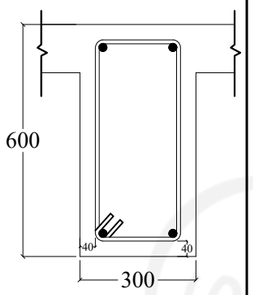
SKALA :

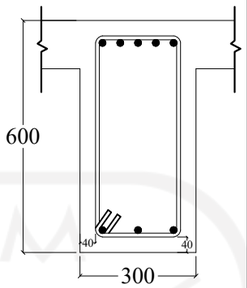
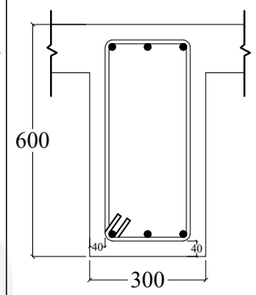
1 : 550

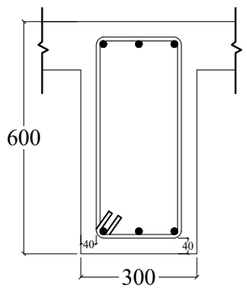
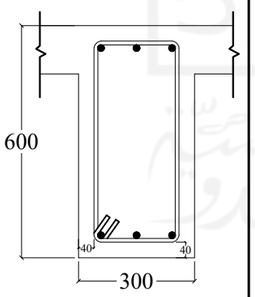
HALAMAN :

17

KETERANGAN :

TYPE	**BALOK BA1Y Lt.1**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	4 D19	2 D19
TUL. BAWAH	2 D19	2 D19
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA1Y Lt.2-4**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	5 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA1Y Lt.5**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	3 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN BALOK BA1Y

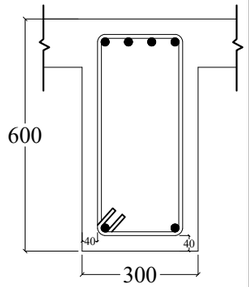
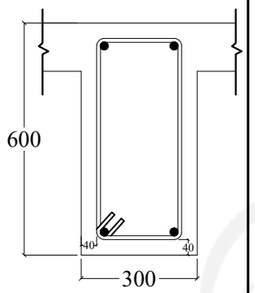
SKALA :

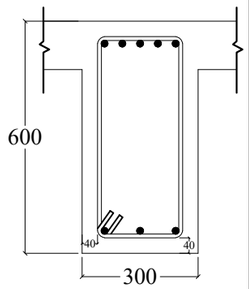
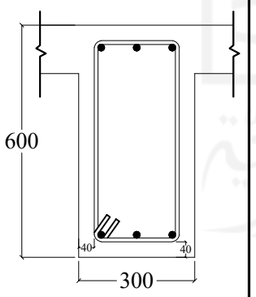
1 : 550

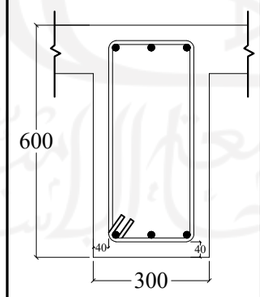
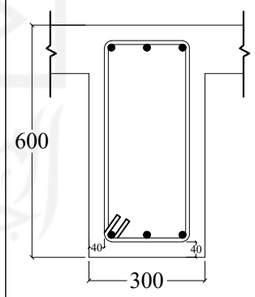
HALAMAN :

18

KETERANGAN :

TYPE	**BALOK BA3Y Lt.1**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	4 D19	2 D19
TUL. BAWAH	2 D19	2 D19
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA3Y Lt.2-4**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	5 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA3Y Lt.5**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	3 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN BALOK BA3Y

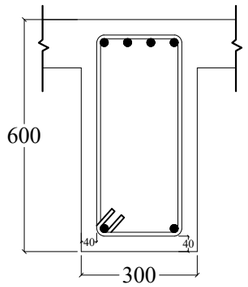
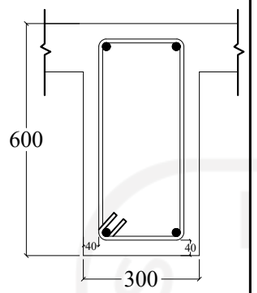
SKALA :

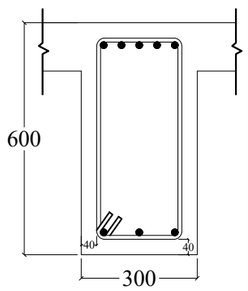
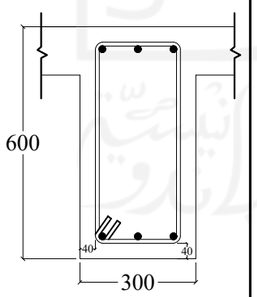
1 : 550

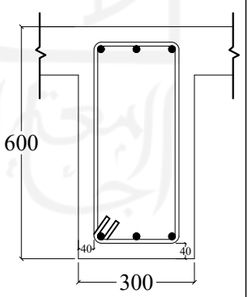
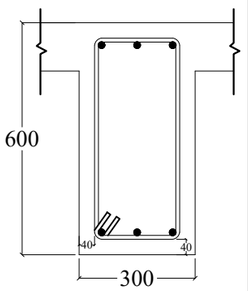
HALAMAN :

19

KETERANGAN :

TYPE	**BALOK BA2X Lt.1**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	4 D19	2 D19
TUL. BAWAH	2 D19	2 D19
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA2X Lt.2-4**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	5 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA2X Lt.5**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	3 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN BALOK BA2X

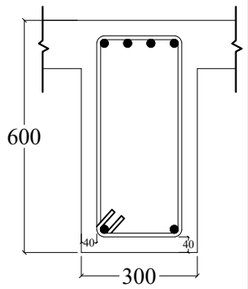
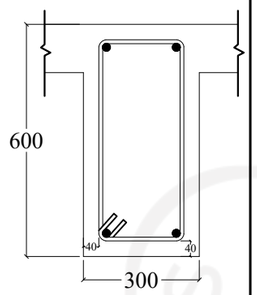
SKALA :

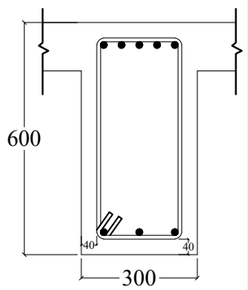
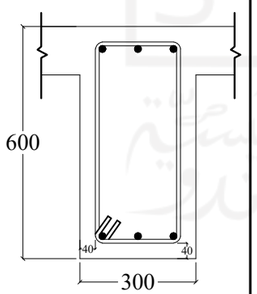
1 : 550

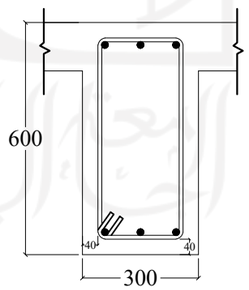
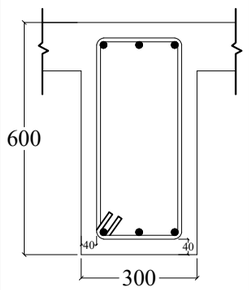
HALAMAN :

20

KETERANGAN :

TYPE	**BALOK BA3X Lt.1**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	4 D19	2 D19
TUL. BAWAH	2 D19	2 D19
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA3X Lt.2-4**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	5 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

TYPE	**BALOK BA3X Lt.5**	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG		
DIMENSI	300 X 600	300 X 600
TUL. ATAS	3 D16	3 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	2D10 - 250	2D10 - 250

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN BALOK BA3X

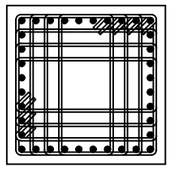
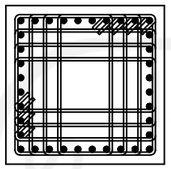
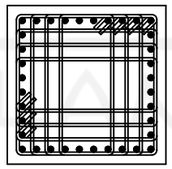
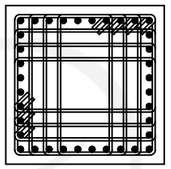
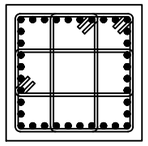
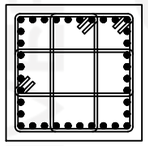
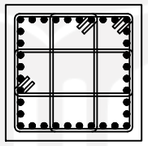
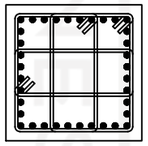
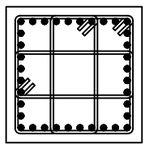
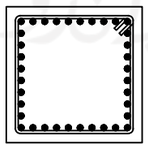
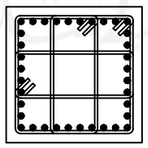
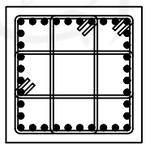
SKALA :

1 : 550

HALAMAN :

21

KETERANGAN :

KOLOM - 1 LANTAI 1			
TUMPUAN	**LAPANGAN**	**SAMBUNGAN**	**JOINT KOLOM - BALOK**
700 x 700	**700 x 700**	**700 x 700**	**700 x 700**
			
TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25
TULANGAN GESER : 8 D13 -100	TULANGAN GESER : 8 D13 -110	TULANGAN GESER : 8 D13 -100	TULANGAN GESER : 8 D13 -100
KOLOM - 1 LANTAI 2-4			
TUMPUAN	**LAPANGAN**	**SAMBUNGAN**	**JOINT KOLOM - BALOK**
600 x 600	**600 x 600**	**600 x 600**	**600 x 600**
			
TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25
TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -110	TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -100
KOLOM - 1 LANTAI 5			
TUMPUAN	**LAPANGAN**	**SAMBUNGAN**	**JOINT KOLOM - BALOK**
600 x 600	**600 x 600**	**600 x 600**	**600 x 600**
			
TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25
TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 2 D13 -110	TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -100

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN KOLOM 1

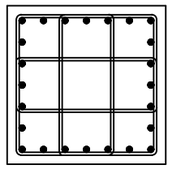
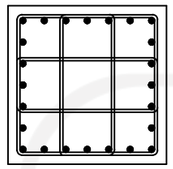
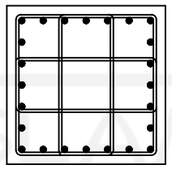
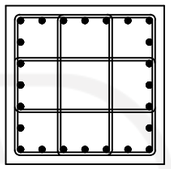
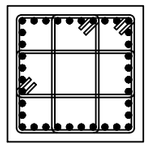
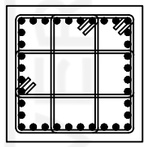
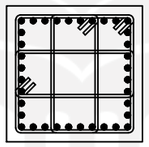
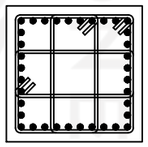
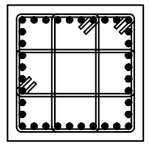
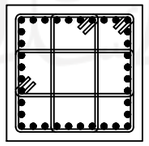
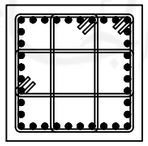
SKALA :

1 : 50

HALAMAN :

22

KETERANGAN :

KOLOM - 2 LANTAI 1			
TUMPUAN	**LAPANGAN**	**SAMBUNGAN**	**JOINT KOLOM - BALOK**
800 x 800	**800 x 800**	**800 x 800**	**800 x 800**
			
TULANGAN POKOK : 14 D25	TULANGAN POKOK : 14 D25	TULANGAN POKOK : 14 D25	TULANGAN POKOK : 14 D25
TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -110	TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -100
KOLOM - 2 LANTAI 2-4			
TUMPUAN	**LAPANGAN**	**SAMBUNGAN**	**JOINT KOLOM - BALOK**
600 x 600	**600 x 600**	**600 x 600**	**600 x 600**
			
TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25
TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -110	TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -100
KOLOM - 2 LANTAI 5			
TUMPUAN	**LAPANGAN**	**SAMBUNGAN**	**JOINT KOLOM - BALOK**
600 x 600	**600 x 600**	**600 x 600**	**600 x 600**
			
TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25	TULANGAN POKOK : 20 D25
TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 2 D13 -110	TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -100

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN KOLOM 2

SKALA :

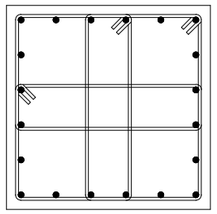
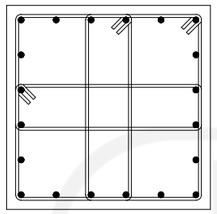
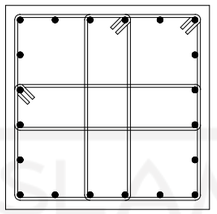
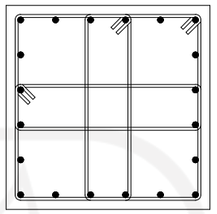
1 : 50

HALAMAN :

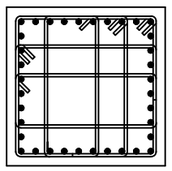
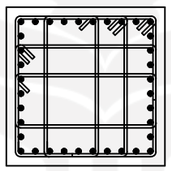
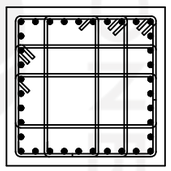
23

KETERANGAN :

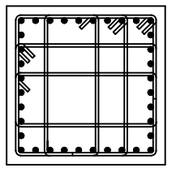
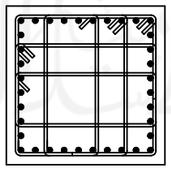
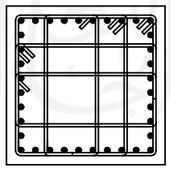
KOLOM - 3 LANTAI 1

TUMPUAN	LAPANGAN	SAMBUNGAN	JOINT KOLOM - BALOK
900 x 900	900 x 900	900 x 900	900 x 900
			
TULANGAN POKOK : 12 D22	TULANGAN POKOK : 12 D22	TULANGAN POKOK : 12 D22	TULANGAN POKOK : 12 D22
TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -110	TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -100

KOLOM - 3 LANTAI 2-4

TUMPUAN	LAPANGAN	SAMBUNGAN	JOINT KOLOM - BALOK
700 x 700	700 x 700	700 x 700	700 x 700
			
TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22
TULANGAN GESER : 5 D13 -100	TULANGAN GESER : 2 D13 -110	TULANGAN GESER : 5 D13 -100	TULANGAN GESER : 5 D13 -100

KOLOM - 3 LANTAI 5

TUMPUAN	LAPANGAN	SAMBUNGAN	JOINT KOLOM - BALOK
700 x 700	700 x 700	700 x 700	700 x 700
			
TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22
TULANGAN GESER : 5 D13 -100	TULANGAN GESER : 2 D13 -110	TULANGAN GESER : 5 D13 -100	TULANGAN GESER : 5 D13 -100

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN KOLOM 3

SKALA :

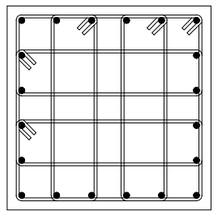
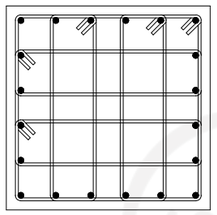
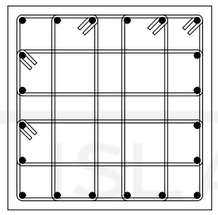
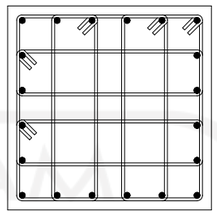
1 : 50

HALAMAN :

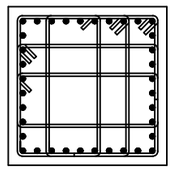
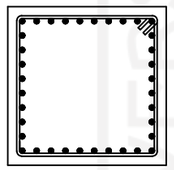
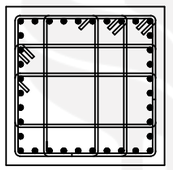
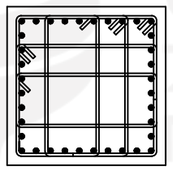
24

KETERANGAN :

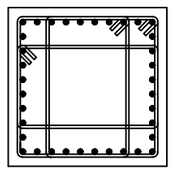
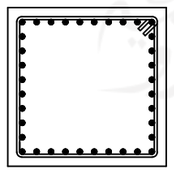
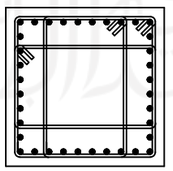
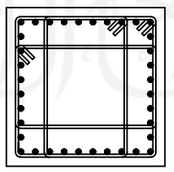
KOLOM - 3 LANTAI 1

TUMPUAN	LAPANGAN	SAMBUNGAN	JOINT KOLOM - BALOK
900 x 900	900 x 900	900 x 900	900 x 900
			
TULANGAN POKOK : 12 D22	TULANGAN POKOK : 12 D22	TULANGAN POKOK : 12 D22	TULANGAN POKOK : 12 D22
TULANGAN GESER : 6 D13 -100	TULANGAN GESER : 6 D13 -110	TULANGAN GESER : 6 D13 -100	TULANGAN GESER : 6 D13 -100

KOLOM - 3 LANTAI 2-4

TUMPUAN	LAPANGAN	SAMBUNGAN	JOINT KOLOM - BALOK
700 x 700	700 x 700	700 x 700	700 x 700
			
TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22
TULANGAN GESER : 5 D13 -100	TULANGAN GESER : 2 D13 -110	TULANGAN GESER : 5 D13 -100	TULANGAN GESER : 5 D13 -100

KOLOM - 3 LANTAI 5

TUMPUAN	LAPANGAN	SAMBUNGAN	JOINT KOLOM - BALOK
700 x 700	700 x 700	700 x 700	700 x 700
			
TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22	TULANGAN POKOK : 20 D22
TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 2 D13 -110	TULANGAN GESER : 4 D13 -100	TULANGAN GESER : 4 D13 -100

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
DETAIL PENULANGAN KOLOM 4

SKALA :

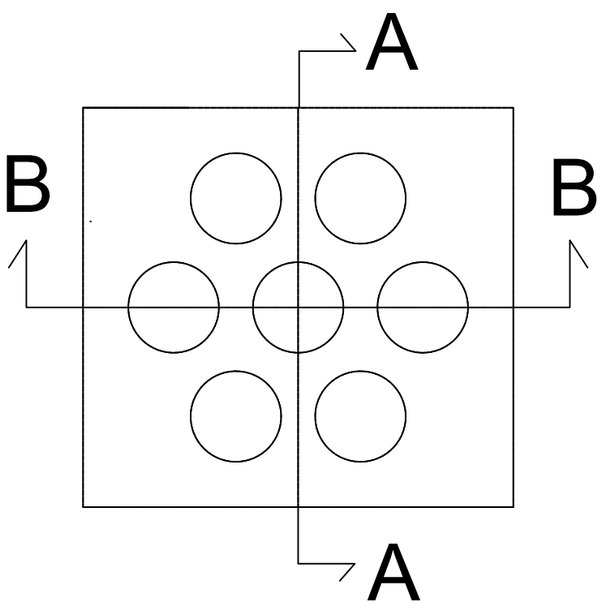
1 : 50

HALAMAN :

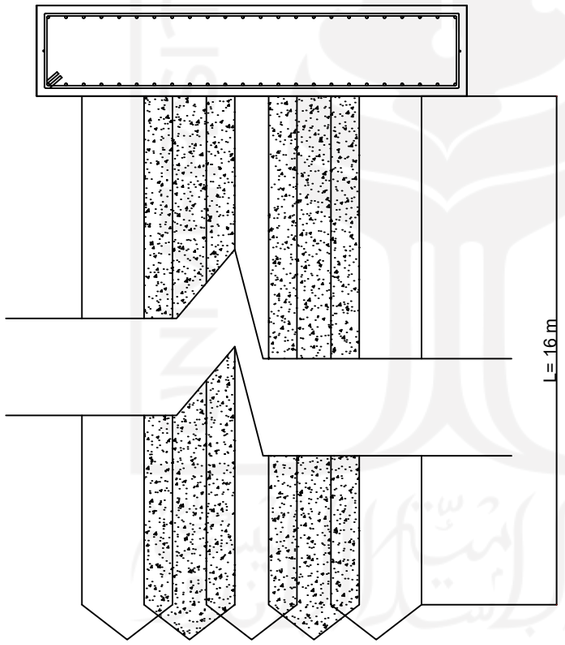
25

KETERANGAN :

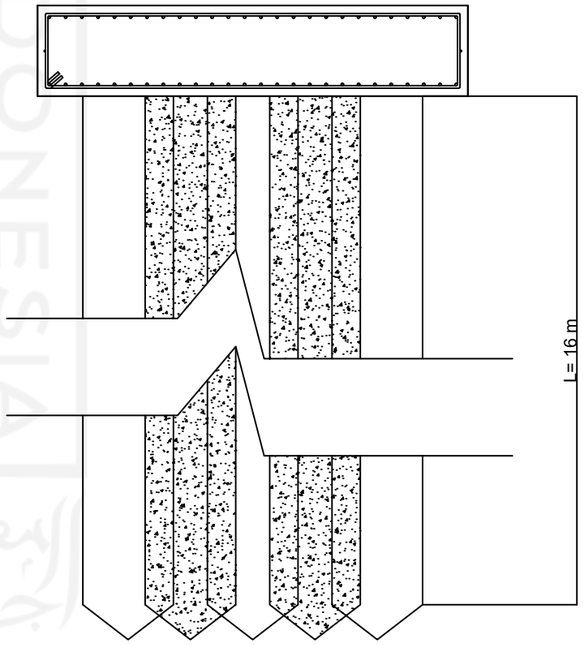
Pile cap interior
(3,6 x 3,8) m



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN MEMANJANG PILE CAP INTERIOR

SKALA :

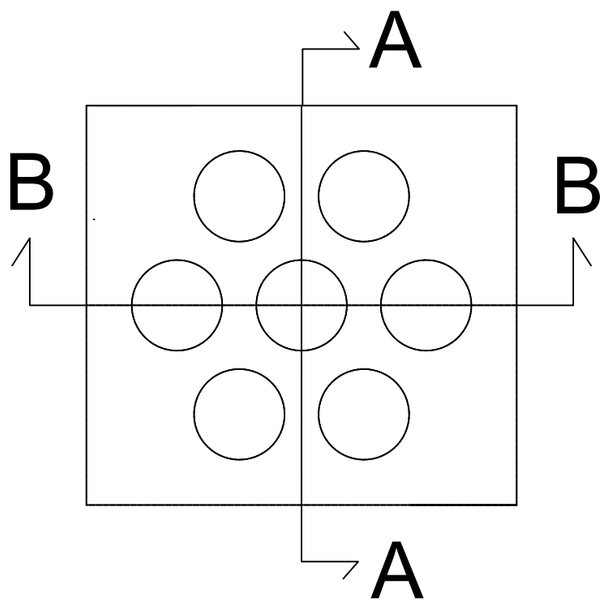
1 : 100

HALAMAN :

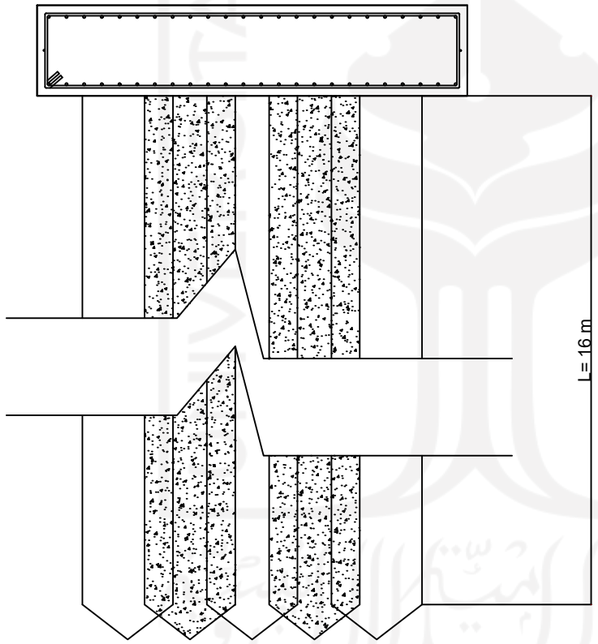
26

KETERANGAN :

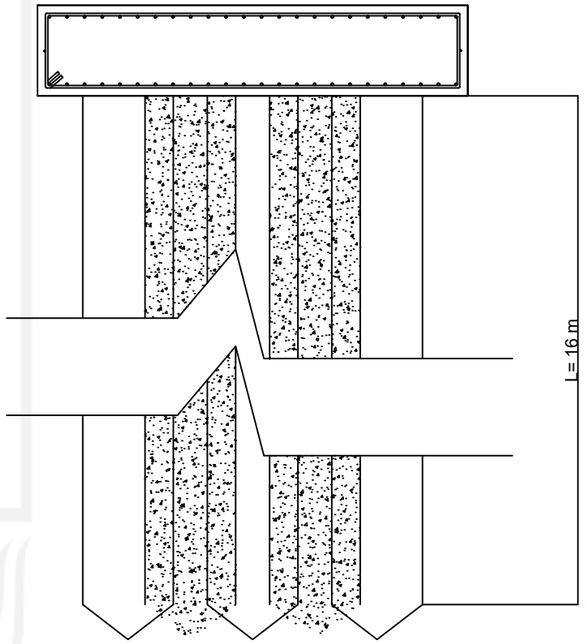
Pile cap eksterior
(3,6 x 3,8) m



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN MEMANJANG PILE CAP EKSTERIOR

SKALA :

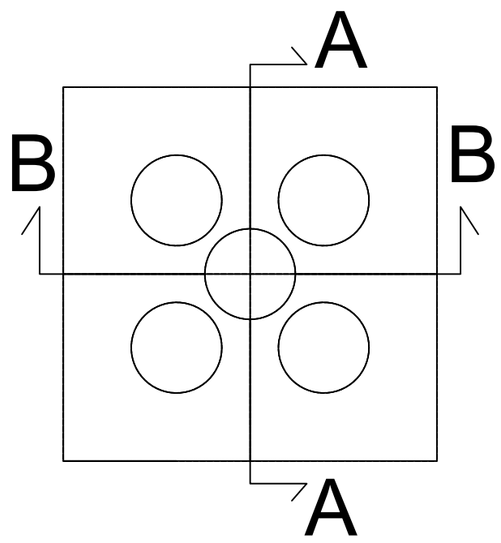
1 : 100

HALAMAN :

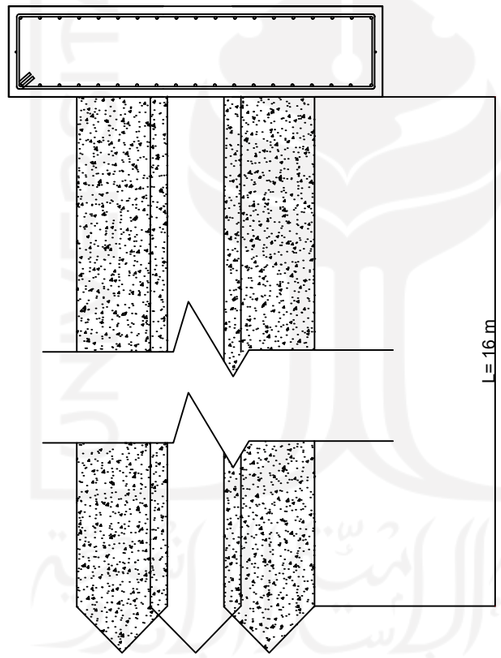
27

KETERANGAN :

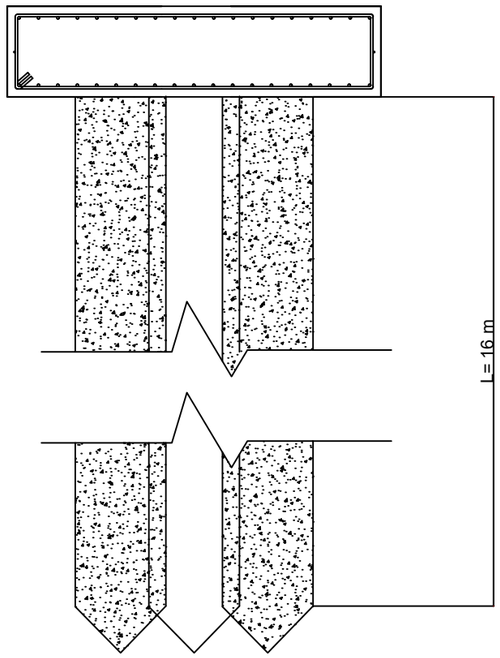
Pile cap sudut
(3,3 x 3,3) m



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1

DOSEN PEMBIMBING

MALIK MUSHTHOFA, ST., M.Eng

NAMA MAHASISWA

MIFTAHUT TAUFIQ 18511108

JUDUL GAMBAR :
PENULANGAN MEMANJANG PILE CAP SUDUT

SKALA :

1 : 100

HALAMAN :

28

KETERANGAN :