

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN KONSTRUKSI TURAP *CORRUGATED
CONCRETE SHEET PILE* (CCSP) PADA PROYEK
PEMBANGUNAN JALAN *BYPASS BIL* – MANDALIKA
STA. 2+000
(*CONSTRUCTION PLANNING OF CORRUGATED
CONCRETE SHEET PILE (CCSP) ON BYPASS BIL –
MANDALIKA AT STA. 2+000 ROAD PROJECT*)**

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



**LALU GILANG RAMADHAN
17511082**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN KONSTRUKSI TURAP *CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE* (CCSP) PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN *BYPASS BIL* – MANDALIKA STA. 2+000 (*CONSTRUCTION PLANNING OF CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE (CCSP) ON BYPASS BIL – MANDALIKA AT STA. 2+000 ROAD PROJECT*)

Disusun Oleh

Lalu Gilang Ramadhan

17511082

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

Anisa Nur Amalia, S.T., M.Eng.

NIK :

Nama Dosen

NIK :

Nama Dosen

NIK :

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.

NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 2 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan

Lalu Gilang Ramadhan

(17511082)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepda Allah SWT karena atas berkat dan limpahan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Konstruksi Turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) Pada Proyek Pembangunan Jalan *Bypass* BIL – Mandalika STA. 2+000. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tentunya tidak luput dari segala hambatan yang telah dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan dari berbagai pihak, alhamulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Anisa Nur Amalia, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, saran, dan juga dukungan demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Ibu/Bapak (nama dosen) selaku Dosen Penguji 1 dan Ibu/Bapak (nama dosen) selaku Dosen Penguji 2.
3. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Alm. *Mamiq* Lalu Muh. Edy Subhan, S.E. dan *Umi* Ely Adriani, S.E. selaku orang tua tercinta penulis yang telah memberikan doa, semangat, dan berkorban begitu banyak hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
5. Lalu Zainul Fatihul Khalik selaku adik tercinta penulis yang telah berkorban begitu banyak hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
6. Bangkit, Anggoro, Yoda, Arief, Daus, dan Haikal selaku teman – teman yang telah membantu terselesainya Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi orang banyak dan bagi insan Teknik Sipil khususnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 2 Agustus 2024

Lalu Gilang Ramadhan

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perencanaan Konstruksi Turap	5
2.2 Perbandingan Konstruksi Turap dengan Tanpa Turap	7
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Dilakukan	8
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Perencanaan Konstruksi Turap	11

3.1.1 Turap	11
3.1.2 Jenis Turap	13
3.1.3 Gaya-Gaya Lateral Pada Turap	17
3.1.4 Tekanan Tanah Lateral	19
3.1.5 Pengaruh Beban di Atas Tanah Timbunan	26
3.1.6 Teori Boussinesq untuk Tegangan Dalam Tanah	29
3.1.7 Teori Rankine untuk Kondisi Permukaan Tanah Miring	30
3.1.8 Pengaruh Beban Gempa Statik Ekuivalen	32
3.2 Dinding Turap Kantilever	39
3.2.1 Seluruh Turap di Dalam Tanah Lempung (Teng, 1962)	39
3.2.2 Perencanaan Dinding Turap	42
3.2.3 Metode Ujung Bebas	43
3.2.4 Analisis Stabilitas Konstruksi Turap	45
BAB IV METODE PENELITIAN	47
4.1 Metode Penelitian	47
4.2 Pengumpulan Data	47
4.3 Analisis Data	51
4.4 Bagan Alir Penelitian	52
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	54
5.1 Gambaran Umum	54
5.2 Analisis Tekanan Tanah Lateral	55
5.2.1 Analisis Metode Ujung Bebas Tanpa Beban Gempa	55
5.2.2 Analisis Metode Ujung Bebas dengan Beban Gempa	68
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	81

6.1	Kesimpulan	81
6.2	Saran	81
	DAFTAR PUSTAKA	82
	LAMPIRAN	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	9
Tabel 3.1 Macam Tanah dan Translasi Saat Tanah Dalam Kondisi Aktif	24
Tabel 3.2 Nilai-Nilai K_o Untuk Berbagai Benis Tanah	25
Tabel 3.3 Nilai-Nilai Kisaran Koefisien Tekanan Tanah Lateral	26
Tabel 3.4 Klasifikasi Situs	33
Tabel 3.5 Koefisien Situs Percepatan Pada Getaran Periode Pendek, F_a	35
Tabel 3.6 Koefisien Situs Percepatan Pada Getaran Periode 1 Detik, F_v	35
Tabel 3.7 Koefisien Situs Percepatan Tanah Puncak, F_{PGA}	36
Tabel 3.8 Faktor Keutamaan Gempa	37
Tabel 3.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	38
Tabel 4.1 Data Parameter Tanah	48
Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas Berdasarkan Fungsi Jalan	49
Tabel 4.3 Berat Volume Lapis Perkerasan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika	50
Tabel 5.1 Data Perencanaan Turap Kantilever	60
Tabel 5.2 Momen Aktif yang Bekerja Terhadap Titik d_o	64
Tabel 5.3 Momen Pasif yang Bekerja Terhadap Titik d_o	65
Tabel 5.4 Momen Aktif Yang Bekerja Terhadap Titik x	66
Tabel 5.5 Momen Pasif Yang Bekerja Terhadap Titik x	67
Tabel 5.6 Data Perencanaan Turap Kantilever	73
Tabel 5.7 Momen Aktif yang Bekerja Terhadap Titik d_o	76
Tabel 5.8 Momen Pasif yang Bekerja Terhadap Titik d_o	77
Tabel 5.9 Momen Aktif Yang Bekerja Terhadap Titik x	78
Tabel 5.10 Momen Pasif Yang Bekerja Terhadap Titik x	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Turap Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)	13
Gambar 3.2	Turap Beton Bertulang	14
Gambar 3.3	Corrugated Concrete Sheets Pile (CCSP)	16
Gambar 3.4	Dimensi Turap CCSP	17
Gambar 3.5	CPC Sheet Piles Specification	17
Gambar 3.6	Tekanan Air Terhadap Dinding Turap	19
Gambar 3.7	Tekanan Tanah Lateral	20
Gambar 3.8	Tekanan Tanah Aktif Menurut Rankine	22
Gambar 3.9	Tekanan Tanah Pasif Menurut Rankine	23
Gambar 3.10	Distribusi Tekanan Tanah Aktif Pada Dinding Penahan Menurut Tipe Gerakan Dinding	25
Gambar 3.11	Diagram Tekanan Tanah Aktif Akibat Beban Terbagi Rata q Untuk Teori Rankine	27
Gambar 3.12	Tekanan Tanah Pada Dinding Akibat Beban Titik, Beban Garis, dan Beban Terbagi Rata Memanjang	29
Gambar 3.13	(a) Gaya-Gaya yang Bekerja dinding Penahan, (b) Segitiga Gaya Pada Penyelesaian Cara Rankine	31
Gambar 3.14	Tekanan Tanah Awal Pada Turap Kantilever yang Dipancang Dalam Tanah Kohesif. Turap Secara Keseluruhan Pada Tanah Lempung	40
Gambar 3.15	(a) Turap Pada Tanah Lempung Diurug Tanah Granuler (b) Gaya – Gaya di Atas Titik Dengan Gaya Lintang Nol	42
Gambar 3.16	Pengaruh Kedalaman Turap Terhadap Distribusi Tekanan dan Perubahan Bentuknya	43
Gambar 3.17	Tekanan Tanah Pada Turap Dengan Metode Ujung Bebas	44

Gambar 3.18	Diagram Gaya Turap Kantilever Dipancang Pada Tanah Kohesif	46
Gambar 4.1	Lapis Perkerasan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika	49
Gambar 4.2	Peta Zonasi Gempa	51
Gambar 4.3	Bagan Alir Penelitian	53
Gambar 5.1	Model Geometri Perencanaan Turap	56
Gambar 5.2	Penyebaran Beban 2V : 1H	57
Gambar 5.3	Model Geometri Penyebaran Beban	59
Gambar 5.4	Bidang Longsor yang Terjadi	60
Gambar 5.5	Diagram Tekanan Tanah yang Terjadi	61
Gambar 5.6	Diagram Gaya Untuk Mencari Momen Maksimum	66
Gambar 5.7	Profil CCSP W-350	68
Gambar 5.8	Model Geometri Perencanaan Turap	70
Gambar 5.9	Model Geometri Penyebaran Beban	72
Gambar 5.10	Diagram Tekanan Tanah Yang Terjadi	73
Gambar 5.11	Diagram Gaya Untuk Mencari Momen Maksimum	78
Gambar 5.12	Profil CCSP W-450	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule Proyek	86
Lampiran 2 <i>Layout</i> CCSP Sta. 2+000	87
Lampiran 3 Potongan Melintang Jalan Sta. 2+000	88
Lampiran 4 Lembar Hasil Uji Balai Pengujian Material Konstruksi	89
Lampiran 5 Rekap Hasil Pengujian Sampel Bor Mesin	91
Lampiran 6 CPC Sheet Piles Specification	92

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

q	= Tekanan Tanah Lateral (kN/m^2)
γ	= Berat Volume Tanah (kN/m^3)
H	= Tinggi Turap (m)
d	= Kedalaman Penetrasi Turap (m)
P	= Beban Tanah Lateral (kN/m^2)
M	= Momen (kNm)
V	= Gaya Geser (kN)
N	= Gaya Normal (kN)
E	= Modulus Elastisitas Tanah (kPa atau MPa)
I	= Momen Inersia (m^4)
A	= Luas Penampang (m^2)
$\Delta\sigma_z$	= Perubahan Tegangan Vertikal (kN/m^2)
K_o	= Koefisien Tekanan Tanah Saat Diam
σ_h	= Tegangan Horizontal (kN/m^2)
σ_v	= Tegangan Vertikal (kN/m^2)
$\Delta\sigma_h$	= Perubahan Tegangan Horizontal (kN/m^2)
K_a	= Koefisien Tekanan Tanah Aktif
K_p	= Koefisien Tekanan Tanah Pasif
EA	= Energi Aktif (Tekanan Tanah Aktif Total) (kN/m^2)
MA	= Momen Aktif (Momen Aktif Total) (kNm)
EP	= Energi Pasif (Tekanan Tanah Pasif Total) (kN/m^2)
MP	= Momen Pasif (Momen Pasif Total) (kNm)
PGA	= <i>Peak Ground Acceleration</i> (Percepatan Tanah Puncak)
$FPGA$	= <i>Peak Ground Acceleration Site Coefficient</i> (Koefisien Situs Percepatan Tanah Puncak)

S	= <i>Seismic Design Category</i> (Kategori Desain Seismik)
Ss	= <i>Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Acceleration for Short Periods</i> (Percepatan Respons Spektral Gempa Maksimum untuk Periode Pendek) (g)
S1	= <i>Mapped Maximum Considered Earthquake Spectral Response Acceleration for 1-Second Periods</i> (Percepatan Respons Spektral Gempa Maksimum untuk Periode 1 Detik) (g)
Ie	= <i>Seismic Importance Factor</i> (Faktor Keutamaan Gempa)
Kh	= <i>Horizontal Seismic Coefficient</i> (Koefisien Seismik Horizontal)
Kv	= <i>Vertical Seismic Coefficient</i> (Koefisien Seismik Vertikal)
θ	= <i>Angle</i> (Sudut) ($^{\circ}$)
Kae1	= <i>Seismic Active Earth Pressure Coefficient</i> (Koefisien Tekanan Tanah Aktif Akibat Gempa)
CCSP	= <i>Corrugated Concrete Sheet Pile</i> (Turap Beton Bergelombang)
BIL	= Bandara Internasional Lombok
STA	= <i>Stationing</i> (Titik Penanda Jarak Pada Proyek Jalan)
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SF	= <i>Safety Factor</i> (Faktor Keamanan)

ABSTRAK

Ruas jalan *Bypass* BIL – Mandalika adalah jalur penting yang menghubungkan Bandara Internasional Lombok (BIL) dengan Kawasan Ekonomi Khusus Mandalika. Pada beberapa bagian, jalan ini dibangun di atas timbunan yang tinggi, sehingga memerlukan sistem penahan untuk mencegah longsor. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penahan tersebut pada jalan ByPass BIL – Mandalika.

Fokus perencanaan adalah pada STA 2+000, di mana terdapat timbunan setinggi 7 meter. Sistem penahan yang digunakan adalah turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP). Data yang dianalisis merupakan data sekunder dari proyek perencanaan jalan BIL – Mandalika. Analisis dilakukan secara manual dengan dua pendekatan: metode ujung bebas tanpa beban gempa dan metode ujung bebas dengan beban gempa. Tujuan analisis ini adalah untuk menentukan kedalaman penetrasi dan profil penampang turap.

Berdasarkan hasil analisis manual, kedalaman penetrasi turap pada kondisi tanpa beban gempa adalah 6 meter dan dengan beban gempa adalah 6,13 meter. Panjang total turap yang dibutuhkan untuk memenuhi syarat angka keamanan adalah 12,2 meter tanpa beban gempa dan 12,36 meter dengan beban gempa. Dimensi turap yang digunakan pada STA 2+000 adalah turap CCSP W-350 B dengan lebar 996 mm dan tebal 350 mm, serta turap CCSP W-450 A dengan lebar 996 mm dan tebal 450 mm.

Kata kunci: Dimensi Turap, Turap, CCSP, Ujung Bebas, Timbunan.

ABSTRACT

The Bypass BIL – Mandalika road is a crucial route connecting Lombok International Airport (BIL) to the Mandalika Special Economic Zone. In certain sections, the road is constructed on high embankments, necessitating a retaining system to prevent landslides. This study aims to design such a retaining system for the Bypass BIL – Mandalika road.

The planning focus is on STA 2+000, where there is a 7-meter-high embankment. The retaining system employed is a Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP). The data analyzed are secondary data from the BIL – Mandalika road project. The analysis was conducted manually using two approaches: the free end method without seismic loads and the free end method with seismic loads. The objective of this analysis is to determine the penetration depth and cross-sectional profile of the sheet pile.

According to the manual analysis results, the penetration depth of the sheet pile is 6 meters without seismic loads and 6.13 meters with seismic loads. The total length of the sheet pile required to meet the safety factor criteria is 12.2 meters without seismic loads and 12.36 meters with seismic loads. The sheet pile dimensions used at STA 2+000 include the CCSP W-350 B with a width of 996 mm and a thickness of 350 mm, as well as the CCSP W-450 A with a width of 996 mm and a thickness of 450 mm.

Keywords: *Sheet Pile Dimensions, Sheet Pile, CCSP, Free End, Embankment.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan jalan merupakan salah satu hal yang selalu beriringan dengan kemajuan teknologi dan pemikiran manusia yang menggunakannya. Dalam hal ini, jalan memiliki peran yang sangat penting dalam pemerataan pembangunan, pertumbuhan ekonomi, dan penunjang ketahanan nasional. Sebagai salah satu bagian dari sistem transportasi nasional, jalan mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung ekonomi, sosial budaya, lingkungan, politik, pertahanan, serta keamanan (Bappenas, 2017).

Berdasarkan Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif (2019), Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika merupakan salah satu upaya pemerintah dalam peningkatan ekonomi masyarakat yaitu sebagai konektivitas antara Bandara Internasional Lombok (BIL) menuju Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika yang merupakan salah satu pengembangan pariwisata di Indonesia. Salah satu tujuan pembangunan jalan ini khusus untuk rencana pelaksanaan *event* MotoGP dan WSBK di Pertamina Mandalika International Street Circuit.

Proyek pembangunan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika terdiri dari tiga paket pengerjaan dengan panjang total 17,363 KM, diantaranya adalah Mandalika 1 dengan panjang pengerjaan 4,3 KM, Mandalika 2 sepanjang 9,7 KM dan Mandalika 3 sepanjang 3,363 KM. Paket pembanguna jalan tersebut dikerjakan oleh tiga kontraktor yaitu yang pertama Nindiya-Bumi Agung KSO, yang kedua Adhi-Metro KSO dan yang ketiga PT. Yasa Patria Perkasa. (PUPR, 2021).

Pembangunan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika 1 ini diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan pelayanan dan dapat

memperlancar pembaruan fasilitas jalan dari sarana transportasi bagi masyarakat dan perindustrian yang ada, serta dapat meningkatkan aksestabilitas bagi semua sarana yang melaluinya.

Berdasarkan hasil uji Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat, elevasi tanah menjadi kendala untuk dibangunnya jalan *bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika, maka perlu dilakukan penimbunan tanah supaya diperoleh elevasi tanah yang diinginkan. Bahaya longsor pada lereng tanah timbunan dapat terjadi akibat perubahan kondisi lingkungan yang disebabkan oleh gempa bumi, pelapukan, maupun intensitas hujan yang tinggi. Untuk mengantisipasi kejadian tersebut maka perlu dilakukan pemasangan turap. Pembangunan turap beton berjenis pemancangan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) akan dilakukan di jalan ini karena berdasarkan kemudahan pekerjaan di lapangan dan kualitas bahan yang cocok untuk menahan tanah timbunan. Selain itu tipe ini memiliki nilai estetika yang lebih tinggi dibandingkan dengan turap jenis lainnya.

Rencana penelitian akan difokuskan pada analisis teknis dan lingkungan dalam konteks pembangunan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika. Fokus utama adalah mengevaluasi efektivitas penimbunan tanah dan pemasangan turap beton jenis *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP), khususnya terkait dengan kendala elevasi tanah yang diidentifikasi oleh hasil uji laboratorium. Penelitian akan mempertimbangkan risiko longsor pada lereng tanah timbunan, dengan penekanan pada perubahan kondisi lingkungan yang mungkin dipicu oleh gempa bumi, pelapukan, dan intensitas hujan tinggi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan stabilitas dan keamanan jalan, dengan fokus pada penerapan teknologi turap beton CCSP sebagai solusi yang efisien dan estetis untuk menangani tantangan lingkungan setempat.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang dapat diteliti. Adapun rumusan permasalahan yang dapat diteliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa panjang dan kedalaman pemasangan turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) pada pembangunan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I Sta. 2+000?
2. Berapa dimensi turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) pada pembangunan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I Sta. 2+000 dengan tanpa beban gempa?
3. Berapa dimensi turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) pada pembangunan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I Sta. 2+000 dengan dengan beban gempa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan panjang dan kedalaman pemancangan turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) pada pembangunan jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I STA. 2+000.
2. Menentukan dimensi turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) pada pembangunan jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I STA. 2+000 dengan metode ujung bebas tanpa beban gempa.
3. Menentukan dimensi turap *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) pada pembangunan jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I STA. 2+000 dengan metode ujung bebas dengan beban gempa.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui dan menambah pengetahuan mengenai *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP).
2. Menambah pengetahuan mengenai perencanaan pembangunan turap beton.

1.5 Batasan Penelitian

Agar tidak terjadinya perluasan pada lingkup pembahasan, maka perlu adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan merupakan data sekunder.
2. Tidak menggunakan perangkat lunak PLAXIS.
3. Analisis tekanan tanah lateral dengan menggunakan metode ujung bebas.
4. Tidak meninjau aspek struktural dan RAB.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Konstruksi Turap

Penelitian yang dilakukan Yuliet dkk (2014) di Kabupaten Padang Pariaman yang berkaitan dengan pengerjaan pembangunan turap (*sheet pile*) di tepi sungai Batang Anai. Proyek ini dilakukan sebagai bagian dari upaya normalisasi aliran sungai Batang Anai, karena adanya pembangunan Bandara Internasional Minangkabau (BIM) pada kawasan pesisir pantai yang memiliki ketinggian yang sangat rendah dari permukaan laut. Untuk memastikan kestabilan struktur turap, penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji kembali stabilitas turap beton dengan memperhitungkan data hasil uji sondir dan uji laboratorium. Dalam perencanaan struktur turap, metode coba-coba digunakan dengan mempertimbangkan kondisi tekanan tanah menggunakan teori Rankine. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah melalui 4 titik sondir, diketahui bahwa kedalaman tanah keras rata-rata mencapai 5 m dan lapisan tanah di lokasi proyek terdiri dari tanah pasir berlanau dan tanah pasir halus berlanau. Untuk mencapai stabilitas turap, perlu dilakukan pemancangan dengan kedalaman aktual 1,3 kali dari kedalaman teoritis. Pada proyek tersebut, kedalaman pemancangan turap aktual untuk turap kantilever adalah 6,4 m dengan total panjang turap sebesar 12 m, yang sama dengan total panjang turap yang digunakan di lokasi proyek. Sementara untuk turap diangkur dengan metode ujung bebas, stabilitas turap dapat dicapai dengan kedalaman pemancangan turap aktual sebesar 2,4 m dan panjang total turap sebesar 8 m. Namun, di lokasi proyek, panjang turap diangkur yang digunakan lebih besar dari 8 m yaitu 12 m, sama dengan turap kantilever.

Penelitian yang dilakukan oleh Irianto dan Wasesa (2014) merupakan tentang pemancangan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) pada proyek *Wonokromo River Improvement Surabaya sub project package-3*. Proyek ini dilakukan untuk

meningkatkan fungsi Sungai Jagir, Wonokromo, Surabaya yang belum sepenuhnya terlaksana. Dinding penahan sungai yang dijadikan tempat tinggal bagi penduduk pendatang sering menyebabkan luapan air sungai yang menyebabkan banjir. Jadi, pemerintah membangun dinding penahan yang berfungsi sebagai pelindung bangunan saat air sungai meluap. Kontraktor PT. Brantas Abipraya (persero) memulai proyek ini dengan pemasangan parapet di daerah Wonorejo, pembuatan *capping beam* dan *cyclope*, serta pondasi batu kali sebagai pelindung bangunan sekitar. Proses pemancangan dilakukan dengan menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) tipe W350 B dengan panjang 10 meter, yang diproduksi oleh 3 perusahaan beton ternama, yaitu WIKA Beton, Adhi Mix, dan Brantas Beton. Beton yang digunakan adalah beton mutu K-700 dengan umur beton lebih dari 28 hari.

Analisa stabilitas kelongsoran dilakukan oleh Sutanto (2017) pada proyek pembangunan turap (*sheet pile*) dengan menggunakan metode Limit Equilibrium. Tujuan dari analisa stabilitas kelongsoran pada masa konstruksi adalah untuk mengetahui faktor keamanan yang mencukupi dalam pembangunan turap di area Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Metode analisa stabilitas lereng yang umum digunakan adalah metode kesetimbangan, namun kini mulai beralih ke metode analisa elemen hingga. Pada analisa ini, stabilitas kelongsoran dilakukan pada saat konstruksi sheet pile dengan ketinggian kantilever 4 m dan kedalaman pancang 7 m. Metode analisa yang digunakan adalah metode Fellinius dan dianalisis menggunakan perangkat lunak Rocscience serta dibuktikan dengan perhitungan manual. Data yang digunakan adalah data sondir (qc , hambatan lekat dan rasio lekatan) di lokasi, kemudian dikorelasikan untuk memperoleh parameter tanah seperti nilai c_u , F , E , ν dan klasifikasi dari berbagai referensi. Hasil analisa menunjukkan faktor keamanan terhadap stabilitas kelongsoran sebesar 2,25 menggunakan perangkat lunak Rocscience dan 2,55 pada perhitungan manual. Berdasarkan hasil analisa, turap tersebut aman dari bahaya longsor dan faktor keamanan relatif sama antara perhitungan perangkat lunak dan perhitungan manual.

Penelitian yang dilakukan oleh Diputra dan kawan-kawan (2016) mengenai perencanaan turap/*retaining wall* pada jalan tol Gempol - Pandaan sta. 6+518 s/d 6+575, bertujuan untuk mengatasi risiko kelongsoran di galian sedalam 18 meter yang terdapat pada sisi badan jalan. Terdapat dua analisa perencanaan perkuatan tanah yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan menggunakan data tanah sesuai kondisi aslinya dan menggunakan data tanah yang dianggap sebagai pasir (*behaving like sand*). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dimensi perkuatan yang dibutuhkan lebih besar apabila menggunakan data tanah yang dianggap sebagai pasir dibandingkan dengan data tanah asli. Pada turap kantilever, dimensi perkuatan yang diperlukan untuk menggunakan *steel pipe pile* adalah 0,8 m dengan panjang total 26 m untuk kondisi tanah asli dan 1,1 m dengan panjang total 32 m untuk kondisi *behaving like sand*. Sedangkan pada turap yang dikombinasikan dengan *ground anchor*, dimensi *bored pile* yang diperlukan adalah 0,7 m dengan panjang total 16 m untuk kondisi tanah asli dan 0,9 m dengan panjang total 20 m untuk kondisi *behaving like sand*. Pemasangan *subdrain* juga dilakukan dibelakang turap agar kondisi lereng tetap kering.

2.2 Perbandingan Konstruksi Turap dengan Tanpa Turap

Penelitian yang dilakukan oleh Hertiany dkk. (2014) bertujuan untuk merancang konstruksi *sheet pile* sebagai alternatif pengganti *gravity wall* pada proyek Sindu Kusuma Edupark. Jika dinding gravitasi tidak mampu menahan gaya yang bekerja, maka diperlukan alternatif desain Konstruksi dinding penahan tanah yang lebih tepat. Konstruksi *sheet pile* menjadi pilihan karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain lebih ringan, cocok untuk timbunan dengan ketinggian sedang, dan mutu konstruksi yang lebih terjamin karena menggunakan konstruksi prefabrikasi. Dalam analisis kestabilan, dinding gravitasi tidak mampu menahan beban statis terhadap guling, geser, beban aksial, dan struktur kaki patah, tetapi masih aman menerima geser dan kapasitas stabilitas terpenuhi. Sementara untuk beban dinamis, struktur aman terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah. Dalam konstruksi *sheet pile*, jenis *sheet pile* yang digunakan adalah *anchorage sheet pile* tipe *continuous* dengan diameter 10 mm dan

jarak 3 m, sedangkan dinding tiang pancang yang dipilih sebagai pengganti dinding gravitasi adalah beton prefabrikasi Wika Beton, dengan tipe W-325A1000 dan panjang 8 m dengan panjang pemancangan sedalam 3 m. Pemasangan jangkar papan dengan ukuran 3 m di belakang konstruksi *sheet pile* juga membuat stabilitas *sheet pile* aman.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Dilakukan

Perbandingan penelitian atau tugas akhir ini dengan beberapa penelitian diatas disajikan dalam bentuk tabel, kemudian dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Yuliet dkk (2014)	Irianto dan Wasesa (2014)	Sutanto (2017)	Diputra dkk (2016)	Hertiany & Asyifa (2014)	Ramadhan, L. G. (2023)
Judul Penelitian	Studi Stabilitas Turap Beton Pada Tepi Sungai Anai Kabupaten Padang Pariaman	Pemancangan <i>Corrugated Concrete Sheet Pile</i> (CCSP) Pada Proyek Wonokromo <i>River Improvement Surabaya Sub Project Package-3</i>	Analisa Stabilitas Kelongsoran Pada Masa Konstruksi Di Proyek Pembangunan Turap <i>Sheetpile</i> Dengan Metode Limit Equilibrium	Perencanaan Turap / <i>Retaining Wall</i> Pembangunan Jalan Tol Gempol - Pandaan STA 6+518 s/d 6+575	Perencanaan Konstruksi <i>Sheet Pile Wall</i> Sebagai Alternatif Pengganti <i>Gravity Wall</i>	Perencanaan Konstruksi Turap <i>Corrugated Concrete Sheet Pile</i> (CCSP) Pada Proyek Pembangunan Jalan <i>Bypass BIL – Mandalika Sta. 2+000</i>
Tujuan Penelitian	Analisis stabilitas turap beton berdasarkan data hasil uji sondir dan hasil uji laboratorium	Perencanaan dan pelaksanaan turap <i>corrugated concrete sheet pile</i> (CCSP)	Analisis stabilitas kelongsoran pada konstruksi <i>sheet pile</i>	Analisis stabilitas dan angka keamanan di galian sedalam 18 meter yang terdapat pada sisi badan jalan	Analisis perbandingan hasil perhitungan stabilitas <i>gravity wall</i> dengan <i>sheet pile wall</i> dan mengetahui keamanan penggunaan <i>sheet pile wall</i> sebagai alternatif desain konstruksi penahan tanah	Analisis perhitungan panjang dan kedalaman pemasangan turap, dimensi turap, serta angka keamanan (<i>SF</i>)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Yuliet dkk (2014)	Irianto dan Wasesa (2014)	Sutanto (2017)	Diputra dkk (2016)	Hertiany dan Asyifa (2014)	Ramadhan, L. G. (2023)
Metode Penelitian	Analisis menggunakan metode coba-coba dengan teori Rankine dan metode ujung bebas	Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif dalam perencanaan dan pelaksanaan	Analisis menggunakan metode Fellinius yang diprogram ke perangkat lunak Rocscience dan dibuktikan dengan perhitungan manual	Analisis menggunakan PLAXIS dan metode konvensional	Analisis menggunakan perhitungan tekanan tanah lateral, stabilitas statis, stabilitas dinamis, dan analisis dengan SF=2.00	Analisis stabilitas perkuatan dinding turap menggunakan metode ujung bebas
Hasil Akhir Penelitian	Stabilitas turap dapat tercapai jika pemancangan aktual 1,3 kali kedalaman teoritis dan kedalaman pemancangan turap aktual 2,4 m dan panjang total turap 8 m untuk turap diangkur metode ujung bebas	Tipe CCSP yang digunakan dalam proyek adalah CCSP W350 B dengan panjang 10 meter menggunakan mutu beton K-700	Nilai faktor keamanan terhadap stabilitas kelongsoran sebesar 2,25 menggunakan perangkat lunak dan 2,55 dari perhitungan manual	Alternatif perencanaan yang akan digunakan yaitu kriteria pemilihan alternatif perkuatan yang aman dan ekonomis	<i>Gravity wall</i> tidak stabil terhadap beberapa parameter beban statis, tapi beban dinamis bisa. <i>Sheet pile wall</i> tipe W-325 A 1000 L-8 m aman SF = 2	

Sumber: Yuliet dkk (2014), Irianto dan Wasesa (2014), Sutanto (2017), Diputra dkk (2016), dan Hertiany dan Asyifa (2014)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perencanaan Konstruksi Turap

Proses perencanaan pembangunan turap secara umum mencakup beberapa elemen kunci. Langkah awal adalah pemilihan jenis struktur turap yang akan dibangun, yang harus disesuaikan dengan kontur tanah. Turap sendiri adalah struktur yang berfungsi untuk menstabilkan lereng atau bagian tanah yang miring. Tahap berikutnya adalah menentukan ketebalan dinding turap, yang mempengaruhi durasi penahanan tanah. Selanjutnya, pemilihan alat berat yang tepat sangat penting untuk mendukung proses pembangunan turap. Kemudian, persiapan dokumen seperti izin pembangunan sangat penting untuk menghindari masalah di masa depan. Terakhir, penentuan anggaran sangat penting dalam proses perencanaan pembangunan turap. Selain itu, turap juga memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas tanah, melindungi bangunan, dan mengendalikan erosi tanah. Oleh karena itu, pengetahuan tentang teknik pembangunan turap yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa turap dapat berfungsi secara efektif dalam melindungi bangunan dari kerusakan yang disebabkan oleh pergerakan tanah.

3.1.1 Turap

Menurut Hardiyatmo (2006), turap (*sheet pile*) adalah dinding menerus yang dibuat dengan cara menghubungkan potongan-potongan/*section* yang saling mengunci (baja, beton atau kayu) yang bertujuan untuk:

1. menahan tekanan horisontal akibat tanah dan air.
2. menghasilkan stabilitas terhadap tekanan horizontal dari tanah yang dipancang.
3. menghasilkan sokongan horizontal yang bersumber dari anchor yang dipasang pada turap.

Menurut Das (2011), turap adalah dinding vertikal relatif tipis yang berbentuk pipih dan panjang, biasanya terbuat dari material baja atau beton yang berfungsi untuk menahan tanah juga berfungsi untuk menahan masuknya air ke dalam lubang galian. Peranan turap sangat besar pada bidang teknik sipil. Dinding turap secara luas dipakai untuk struktur – struktur tepi laut atau pelabuhan baik yang besar maupun yang kecil. Untuk pelengkap fasilitas peluncuran kapal dan juga untuk dermaga – dermaga kapal karena pemasangan yang mudah dan biaya pelaksanaan yang relatif murah.

Dari kedua pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa turap adalah struktur penahan tanah yang terdiri dari balok-balok kayu, baja, atau beton bertulang yang ditanamkan ke dalam tanah secara vertikal. Turap berfungsi untuk menahan tekanan tanah dan air yang terjadi akibat perbedaan ketinggian antara permukaan tanah dengan permukaan lantai bangunan. Turap juga berfungsi untuk menstabilkan tanah yang dipancang dan memberikan sokongan horizontal dari anchor yang dipasang pada turap. Turap banyak digunakan untuk struktur – struktur tepi laut atau pelabuhan, seperti peluncuran kapal dan dermaga kapal.

Pemilihan jenis dinding turap juga harus mempertimbangkan kondisi tanah dan lingkungan di sekitarnya. Tanah yang memiliki sifat kohesif atau tingkat kelembaban yang tinggi, dinding turap beton seringkali lebih cocok untuk mencegah pergerakan tanah yang tidak diinginkan. Penggunaan dinding turap memiliki manfaat yang signifikan, antara lain melindungi struktur di sekitarnya dari erosi tanah, menjaga stabilitas lereng, dan meminimalkan risiko longsor tanah. Dengan demikian, dinding turap berperan penting dalam memastikan keamanan dan keberlanjutan proyek konstruksi.

Penerapan dinding turap juga harus memperhatikan desain struktur yang tepat, termasuk ketebalan dinding, kedalaman penempatan, dan metode konstruksi yang sesuai. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa dinding turap memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban tanah yang diterapkannya. Desain struktur turap harus memenuhi persyaratan teknis, ekonomis, dan estetis. Persyaratan teknis meliputi faktor keamanan, stabilitas, dan kinerja. Persyaratan ekonomis meliputi biaya material,

tenaga kerja, dan perawatan. Persyaratan estetis meliputi kesesuaian dengan lingkungan dan keindahan.



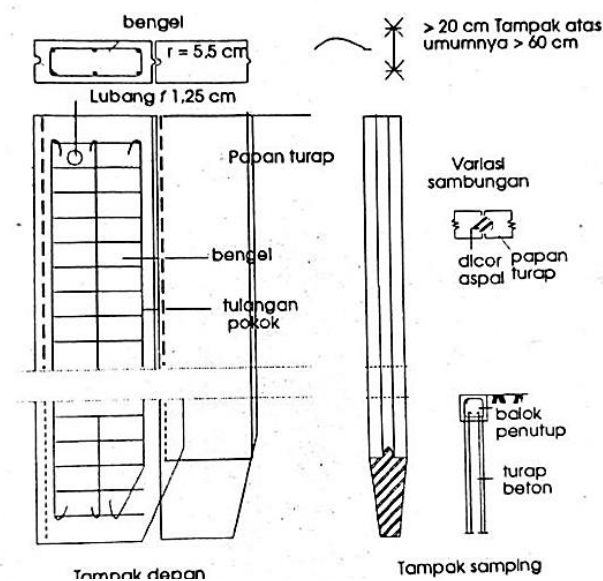
Gambar 3. 1 Turap Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)

3.1.2 Jenis Turap

Pemilihan jenis dinding turap juga harus mempertimbangkan kondisi tanah dan lingkungan di sekitarnya. Tanah yang memiliki sifat kohesif atau tingkat kelembaban yang tinggi, dinding turap beton seringkali lebih cocok untuk mencegah pergerakan tanah yang tidak diinginkan. Penggunaan dinding turap memiliki manfaat yang signifikan, antara lain melindungi struktur di sekitarnya dari erosi tanah, menjaga stabilitas lereng, dan meminimalkan risiko longsor tanah. Dengan demikian, dinding turap berperan penting dalam memastikan keamanan dan keberlanjutan proyek konstruksi.

1. Turap Beton Bertulang

Turap ini merupakan papan-papan atau balok-balok yang terbuat dari konstruksi beton bertulang. Konstruksi turap ini umumnya dibuat secara fabrikasi dan memiliki batasan tebal minimum sebesar 20 cm, sesuai dengan standar konstruksi beton bertulang. Turap beton bertulang memiliki keunggulan dalam hal kekuatan dan daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan turap konvensional. Selain itu, turap beton bertulang juga mampu menahan tekanan tanah yang lebih besar, sehingga sangat cocok untuk digunakan dalam proyek-proyek dengan kondisi tanah yang tidak stabil. Dalam Gambar 3.2 yang dijelaskan oleh Suryolelono, dapat dilihat contoh visualisasi dari turap beton bertulang untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai struktur dan tampilannya.



Gambar 3. 2 Turap Beton Bertulang

(Sumber: Suryolelono, 1994)

Tiang pancang pada dasarnya berfungsi sebagai pondasi yang bertujuan untuk menyalurkan gaya berat dari bangunan ke tanah keras yang mampu menahannya.

Dalam hal ini, perlu ada perantara yang disebut pondasi tiang pancang yang berperan sebagai penyalur gaya tersebut. Penting untuk diketahui bahwa tiang pancang harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan gaya berat, serta kemungkinan menerima momen dan gaya cabut. Selain itu, dalam konteks ini, ada juga jenis tiang pancang yang memiliki fungsi sebagai tirai. Artinya, ketika tiang pancang tersebut dipancangkan, ia akan membentuk sebuah tirai atau dinding yang mampu menahan air atau tanah yang lepas. Tanah yang lepas merujuk pada tanah yang tidak padat atau terkompaksi dengan baik. Dalam hal ini, tiang pancang dapat berfungsi sebagai dinding penahan tanah yang efektif. Penggunaan tiang pancang sebagai dinding penahan tanah memiliki manfaat yang signifikan. Selain mampu menghentikan pergerakan tanah yang lepas, dinding penahan tanah juga mampu menjaga kestabilan struktur dan mencegah kerusakan pada bangunan. Dalam desain dinding penahan tanah dengan menggunakan tiang pancang, perlu diperhatikan aspek kekuatan dan kekakuan tiang, serta kedalaman dan jarak antar-tiang yang disesuaikan dengan kondisi tanah dan beban yang bekerja.

Turap CCSP juga memiliki daya tahan yang baik terhadap korosi dan serangan bahan kimia, menjadikannya cocok untuk digunakan dalam lingkungan yang agresif seperti industri kimia atau lingkungan dengan kandungan asam yang tinggi. Kelebihan turap CCSP tidak hanya terletak pada kekuatan struktur dan kemampuan menahan tekanan lateral yang tinggi, tetapi juga pada fleksibilitasnya. Struktur gelombang yang dimiliki oleh turap CCSP memungkinkan penyesuaian terhadap perubahan kondisi tanah, seperti penurunan tanah atau pergeseran lateral, tanpa mengorbankan integritas struktur. Perancangan turap CCSP melibatkan analisis yang komprehensif, termasuk analisis geoteknik dan perhitungan beban lateral yang diterima.

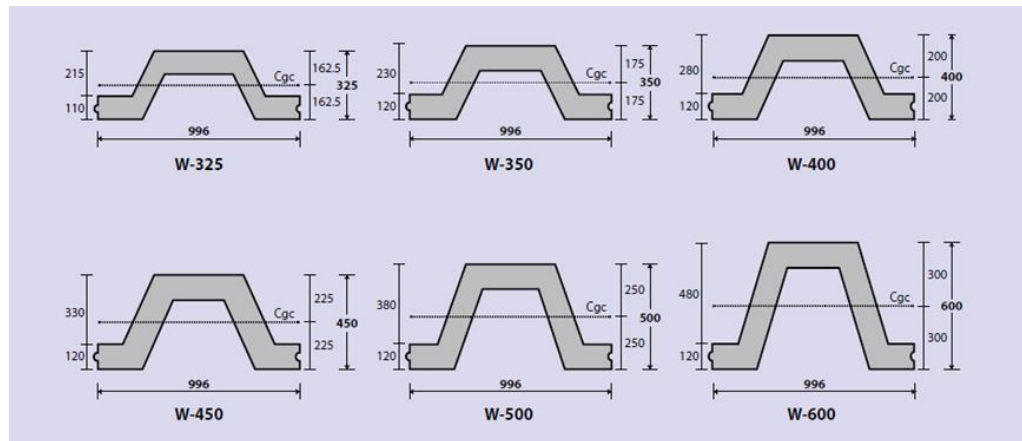
Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa dimensi dan spesifikasi turap CCSP sesuai dengan kebutuhan dan tuntutan beban yang dihadapi, sehingga dapat memberikan performa yang optimal dalam jangka panjang.



Gambar 3.3 Corrugated Concrete Sheets Pile (CCSP)

Pengawasan yang baik terhadap konstruksi dan pemeliharaan turap CCSP sangat penting untuk memastikan integritas dan keandalannya. Pemeriksaan rutin terhadap kondisi turap, termasuk pemeriksaan visual, pengukuran deformasi, dan pengujian kekuatan, akan membantu mendeteksi potensi masalah sejak dini dan mengambil tindakan yang diperlukan. Dalam kasus perubahan kondisi tanah yang signifikan atau beban yang berubah seiring waktu, turap CCSP dapat dimodifikasi atau diperkuat menggunakan teknik tambahan, seperti penggunaan anker atau perkuatan struktur dengan material lain.

Hal ini memungkinkan adaptasi turap CCSP terhadap perubahan lingkungan atau kebutuhan proyek tanpa perlu mengganti seluruh struktur.



Gambar 3.4 Dimensi Turap CCSP
(Sumber: Wika Beton Brochure, 2017)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment (ton.m) Crack	Moment (ton.m) Break	Allow. Service Moment (ton.m) Temporary	Allow. Service Moment (ton.m) Permanent	Length* (m)
W-325	996	1,315	134,264	329	A	11.40	22.80	10.07	6.74	8 - 15
					B	13.30	26.60	11.97	8.64	8 - 16
W-350	996	1,468	169,432	368	A	15.60	31.20	14.04	10.14	9 - 17
					B	17.00	34.00	15.44	11.54	10 - 18
W-400	996	1,598	248,691	400	A	20.10	40.20	18.10	13.08	10 - 18
					B	23.40	46.80	21.40	16.38	11 - 20
W-450	996	1,835	353,363	459	A	26.90	53.80	24.37	18.04	11 - 20
					B	30.70	61.40	28.17	21.84	12 - 21
W-500	996	1,818	462,373	455	A	35.20	70.40	32.22	24.76	12 - 22
					B	40.40	80.80	37.42	29.96	13 - 24
W-600	996	2,078	765,907	520	A	50.60	101.20	46.48	36.19	14 - 25
					B	59.60	119.20	55.48	45.19	15 - 27

Note : * Length of Concrete Corrugated Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position

Gambar 3. 5 CPC Sheet Piles Specification
Sumber: Wika Beton Brochure (2017)

3.1.3 Gaya-Gaya Lateral Pada Turap

1. Gaya Lateral Akibat Tekanan Tanah

Gaya-gaya lateral yang terjadi akibat tekanan tanah pada turap tidak dapat dihitung secara langsung menggunakan teori-teori Rankine dan Coulomb yang biasa

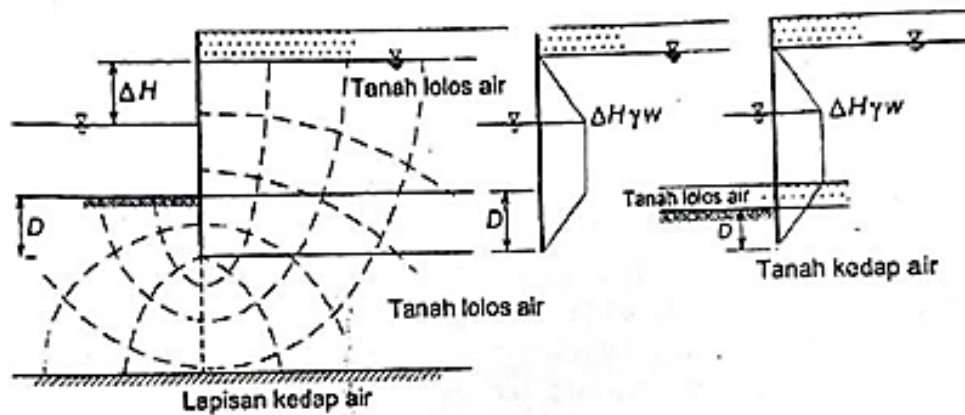
digunakan untuk dinding penahan tanah konvensional. Perbedaan ini disebabkan oleh sifat fleksibel dari dinding turap, yang menyebabkan perilaku deformasi yang berbeda dari dinding penahan tanah pada umumnya. Para ahli, seperti Hardyatmo, telah mengembangkan teori-teori khusus yang lebih tepat untuk memperhitungkan gaya-gaya lateral pada turap yang bersifat fleksibel. Faktor-faktor seperti kekakuan dinding turap, geometri turap, dan karakteristik tanah di sekitarnya diperhitungkan secara lebih mendalam. Pendekatan yang lebih akurat ini dapat diperoleh estimasi yang lebih baik mengenai gaya-gaya lateral yang bekerja pada turap.

Selain itu, penelitian oleh para ahli juga menunjukkan bahwa dalam analisis turap, perlu mempertimbangkan interaksi antara turap dengan struktur di atasnya. Beban struktur di atas turap, seperti beban bangunan atau beban lalu lintas, dapat mempengaruhi gaya-gaya lateral yang bekerja pada turap. Jadi, analisis turap harus mencakup perhitungan beban statis dan dinamis dari struktur di atasnya agar dapat dipahami bahwa analisis dan desain turap yang fleksibel seperti turap harus dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik khusus dan sifat deformasi yang berbeda dari dinding penahan tanah pada umumnya.

2. Gaya Lateral Akibat Tekanan Air

Tekanan lateral pada turap mencapai nilai maksimum saat muka air di depan turap berada pada posisi terendah. Namun, terdapat kondisi lain yang mungkin terjadi, terutama saat terjadi hujan lebat, di mana muka air tanah di belakang dinding turap dapat menjadi lebih tinggi daripada muka air di depannya. Hal ini mengakibatkan peningkatan tekanan tambahan pada dinding turap. Selain itu, aliran air dari belakang dinding yang mengalir ke arah depan juga dapat menyebabkan pengurangan tekanan tanah efektif pada tanah di depan dinding. Fenomena ini dapat mengurangi tekanan tanah pasif yang bekerja pada dinding turap. Penting untuk memahami bahwa variasi tekanan lateral dan perubahan kondisi air di sekitar dinding turap dapat mempengaruhi stabilitas dan kinerja turap tersebut.

Jadi, dalam perencanaan dan perancangan turap, faktor-faktor seperti tinggi muka air, curah hujan, dan aliran air harus diperhitungkan secara cermat untuk memastikan kekuatan dan keandalan dinding turap dalam menahan tekanan tanah.



Gambar 3.6 Tekanan Air Terhadap Dinding Turap

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

3.1.4 Tekanan Tanah Lateral

1. Tekanan Tanah Saat Diam, Aktif, dan Pasif

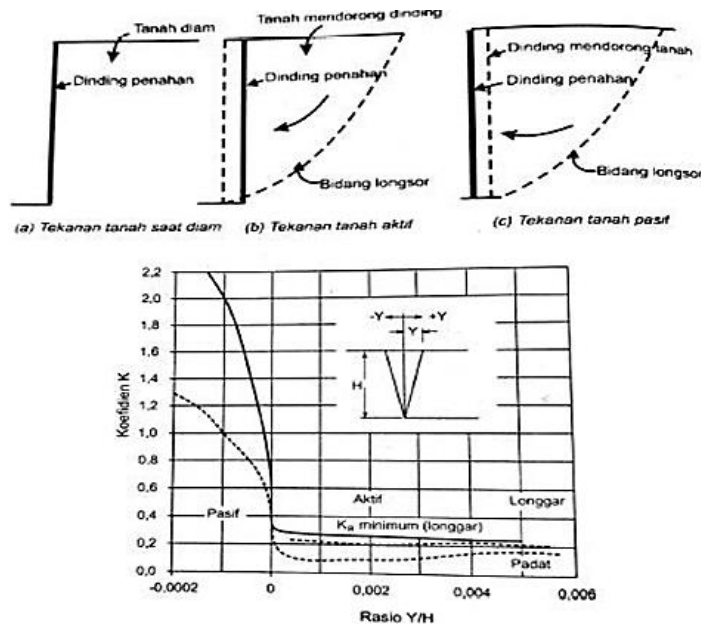
Suatu dinding penahan tanah dengan permukaan tanah mendatar (Gambar 3.6). Mula-mula dinding dan tanah urug di belakangnya pada kondisi diam, sehingga tanah pada kedudukan ini masih dalam kondisi elastis. Pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam (*earth pressure at rest*). Tekanan tanah lateral (horizontal) pada dinding, pada kedalaman tertentu (z), dinyatakan oleh persamaan:

$$\sigma_h = K_o \times \sigma_v = K_o \times z \times \gamma \quad (3.1)$$

dengan,

K_o = koefisien tekanan tanah saat diam

γ = berat volume tanah (kN/m³)



Gambar 3.7 Tekanan Tanah Lateral
(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Jika dinding penahan tanah bergeser menjauhi tanah timbunannya (Gambar 3.6 bagian b) dan jika gerakan ini diikuti oleh gerakan tanah di belakang dinding, maka tekanan tanah lateral pada dinding akan berangsur-angsur berkurang yang diikuti dengan berkembangnya tahanan geser tanah secara penuh. Pada suatu saat, gerakan dinding selanjutnya mengakibatkan terjadinya keruntuhan geser tanah dan tekanan tanah pada dinding menjadi konstan pada tekanan minimumnya. Tekanan tanah lateral minimum, yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah oleh akibat gerakan dinding menjauhi tanah di belakangnya disebut tekanan tanah aktif (*active earth pressure*). Tekanan tanah lateral pada saat tanah runtuh adalah:

$$\sigma_h = K_o \times \sigma_v = K_o \times z \times \gamma \quad (3.2)$$

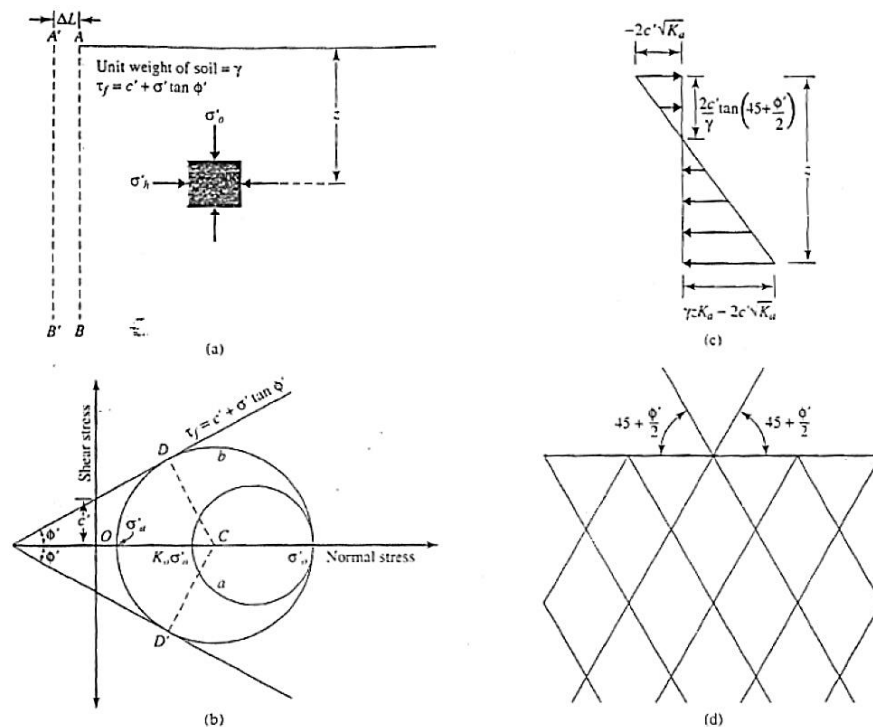
Dari memperhatikan lingkaran Mohr pada Gambar 3.6 bagian b, dapat disimpulkan bahwa:

$$K_a = \frac{\sigma_{h(aktif)}}{\sigma_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1 - \sin \sigma}{1 + \sin \sigma} = tg^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (3.3)$$

Sebaliknya, bila tanah tertekan sebagai akibat dinding penahan mendorong tanah (Gambar 3.6 bagian bc, maka gaya yang dibutuhkan untuk menyebabkan kontraksi tanah secara lateral sangat lebih besar daripada besarnya tekanan tanah menekan ke dinding. Besarnya gaya ini seiring dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan bergerak dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu, tanah mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya. Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug, disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*).

Gambar 3.7 bagian a menunjukkan suatu massa tanah seperti yang di tunjukan dalam Gambar 3.7. Tanah tersebut dibatasi oleh tembok dengan permukaan yang licin, AB, yang dipasang sampai kedalaman yang tak terhingga. Tegangan-tegangan utama arah vertikal dan horizontal (total dan efektif) pada elemen tanah di suatu kedalaman z adalah berturut-turut σ_v dan σ_h . Seperti terlihat pada Gambar 3.7, apabila dinding AB tidak diijinkan bergerak sama sekali, maka $Y_h = k_o.Y_v$. Kondisi tegangan dalam elemen tanah tadi dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b dalam Gambar 3.7 bagian b. Akan tetapi, bila dinding AB diijinkan bergerak menjauhi massa tanah secara perlahan-lahan, maka tegangan utama arah horisontal akan berkurang secara terus menerus. Pada akhirnya suatu kondisi, yaitu keseimbangan plastis, akan dicapai bila kondisi tegangan di dalam elemen tanah dapat di wakili oleh lingkaran Mohr b, dan klonggaran di dalam tanah terjadi. Keadaan tersebut diatas dinamakan sebagai Kondisi Aktif Menurut Rankine (*Rankine's Active State*). Tekanan yang bekerja pada

bidang vertikal (yang merupakan bidang utama) adalah tekanan tanah aktif menurut Rankine (*Rankine's Active earth pressure*). Berikut ini adalah penurunan dari γ_o sebagai fungsi y , Z , c dan t/J .

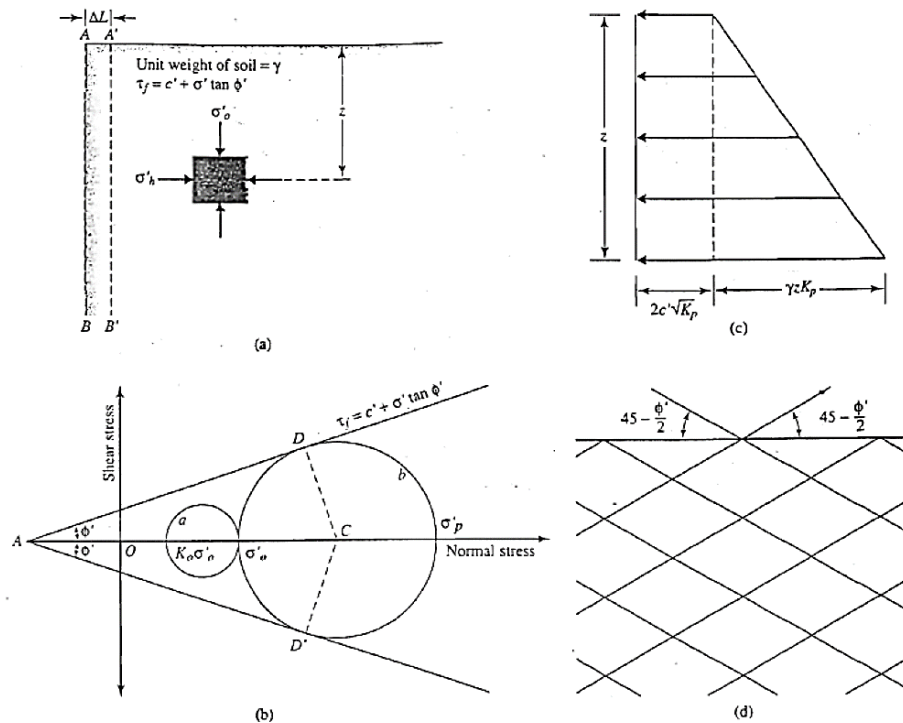


Gambar 3.8 Tekanan Tanah Aktif Menurut Rankine

(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Dapat dijelaskan dengan Gambar 3.8. AB adalah tembok licin tak terhingga. Keadaan tegangan awal pada suatu elemen tanah di wakili oleh lingkaran Mohr a dalam Gambar 3.8 bagian b . Apabila tembok di dorong perlahan-lahan ke arah masuk kedalam massa tanah, maka tegangan utama akan berubah secara terus menerus. Akhirnya akan didapatkan suatu keadaan yang menyebabkan kondisi tegangan elemen tanah dapat diwakili oleh lingkaran Mohr b .

Pada keadaan ini, keruntuhan tanah akan terjadi yang saat ini dikenal sebagai kondisi pasif menurut Rankine (*Rankine's Passive State*).



Gambar 3.9 Tekanan Tanah Pasif Menurut Rankine

(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

2. Pengaruh Regangan Lateral

Hasil penelitian Terzaghi (1943) memperlihatkan bahwa regangan lateral yang dibutuhkan untuk mencapai kedudukan tekanan tanah aktif lebih kecil dibandingkan dengan gerakan dinding penahan yang dibutuhkan untuk mencapai kedudukan tekanan tanah pasif. Nilai koefisien tekanan tanah aktif (K_a) lebih besar untuk tanah pasir longgar daripada tanah pasir padat, sedang untuk koefisien tekanan tanah pasif (K_p) kebalikannya.

Bila gerakan dinding penahan berupa translasi, nilai-nilai tipikal mulai bekerjanya tekanan tanah aktif ditunjukkan dalam Tabel 3.2 (Bowles, 1996).

Tabel 3. 1 Macam Tanah dan Translasi Saat Tanah Dalam Kondisi Aktif

Macam Tanah	Translasi yang dibutuhkan ($H = \text{tinggi dinding penahan}$)
Tanah tak kohesif, padat	0,001 sampai 0,002 H
Tanah tak kohesif, tak padat	0,001 sampai 0,002 H
Tanah kohesif, kaku	0,001 sampai 0,002 H
Tanah kohesif, lunak	0,001 sampai 0,002 H

Sumber: Bowles (1996)

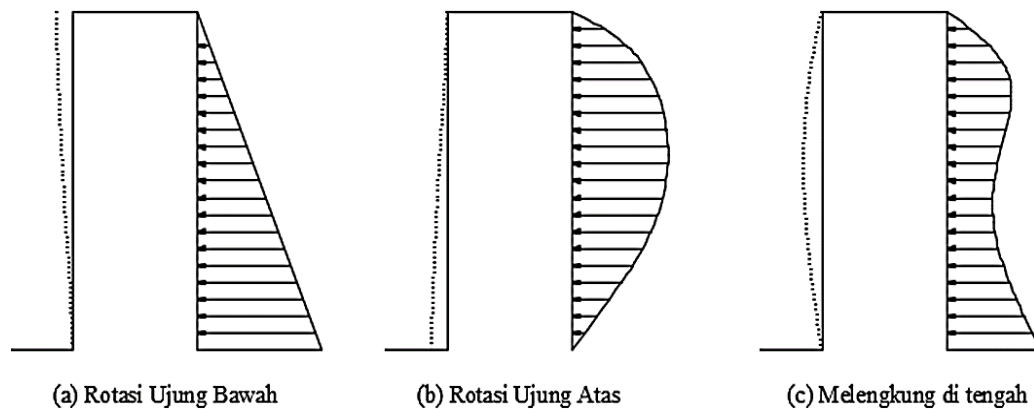
Berdasarkan tulisan Hardyatmo (2018), dapat disimpulkan bahwa diagram tekanan aktif dalam bentuk segitiga hanya akan terbentuk ketika keruntuhan tanah disebabkan oleh gulingnya dinding penahan. Hal ini terjadi ketika regangan di dalam tanah sama atau bahkan melebihi regangan minimumnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.9 bagian a.

Pada kondisi di mana bagian atas struktur penahan tanah dihambat gerakannya, sedangkan bagian bawahnya bebas, tekanan tanah lateral yang terjadi akan mendekati tekanan tanah saat diam di bagian atasnya dan secara perlahan berkurang hingga mendekati nol di bagian bawahnya, seperti yang terlihat pada Gambar 3.9 bagian b.

Apabila dinding penahan tanah merupakan turap yang fleksibel dan dianker pada ujung atasnya serta dipancang pada bagian bawahnya, tekanan tanah lateral akan mengalami penurunan pada bagian tengah dinding akibat defleksi lateral yang terjadi pada dinding turap yang fleksibel, seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.9 bagian c.

Pemahaman terhadap fenomena ini sangat penting dalam perancangan dan analisis struktur penahan tanah, karena tekanan tanah lateral yang bekerja pada dinding

penahan akan mempengaruhi stabilitas dan kekuatan struktur tersebut. Jadi, penggunaan turap fleksibel dan strategi anker pancang pada dinding penahan dapat memberikan keuntungan dalam mengurangi tekanan tanah lateral yang bekerja pada struktur tersebut.



Gambar 3. 10 Distribusi Tekanan Tanah Aktif Pada Dinding Penahan Menurut Tipe Gerakan Dinding
(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Tabel 3.2 Nilai-Nilai K_o Untuk Berbagai Benis Tanah

Jenis Tanah	K_o
Pasir tak padat	0,4
Pasir padat	0,6
Pasir dipadatkan per lapis	0,8
Lempung lunak	0,6
Lempung keras	0,5

Sumber: Punmia (1980)

Nilai-nilai kisaran koefisien tekanan tanah diam, aktif dan pasif untuk tanah kohesif dan tanah tak kohesif pada umumnya, ditunjukkan dalam Tabel 3.4 (Bowles, 1996).

Tabel 3.3 Nilai-Nilai Kisaran Koefisien Tekanan Tanah Lateral

Koefisien K	Tanah Granuler	Tanah Kohesif
K_p	3 – 14	1 – 2
K_o	0,4 – 0,6	0,4 – 0,8
K_a	0,33 – 0,22	1 – 0,5

Sumber: Bowles (1996)

3.1.5 Pengaruh Beban di Atas Tanah Timbunan

1. Beban Terbagi Rata

Terdapat diagram tekanan tanah aktif yang menggambarkan pengaruh beban terbagi rata pada dinding penahan tanah di atas tanah urug, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.11.

Beban terbagi rata (q) yang bekerja di atas tanah urug dapat dianggap sebagai beban tanah dengan ketebalan h_s dan berat volume tertentu (γ). Dengan kata lain, tinggi h_s dapat dihitung sebagai hasil dari pembagian beban q dengan berat volume γ .

Dalam kasus ini, tekanan tanah aktif pada kedalaman h_s , yang diasumsikan sebagai tinggi tanah yang terpengaruh oleh beban terbagi rata tersebut, dapat dihitung menggunakan rumus yang sesuai dengan kondisi beban tanah aktif.

Rumus untuk menghitung tekanan tanah aktif pada kedalaman h_s dapat ditemukan dalam tulisan Hardyatmo (2018). Rumus tersebut digunakan untuk mendapatkan estimasi tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan dalam kondisi beban terbagi rata di atas tanah urug.

Pemahaman terhadap tekanan tanah aktif yang dihasilkan oleh beban terbagi rata sangat penting dalam perancangan dan analisis struktur penahan tanah. Dengan memperhitungkan faktor ini, insinyur sipil dapat memastikan stabilitas dan kekuatan struktur penahan tanah yang sesuai dengan persyaratan keamanan dan keandalan yang ditetapkan.

$$p_a = h_s \gamma K_a = q K_a \quad (3.4)$$

Jadi, akibat beban terbagi rata, terdapat tambahan gaya tekanan tanah aktif (P_a') sebesar:

$$P_a' = q K_a H \quad (3.5)$$

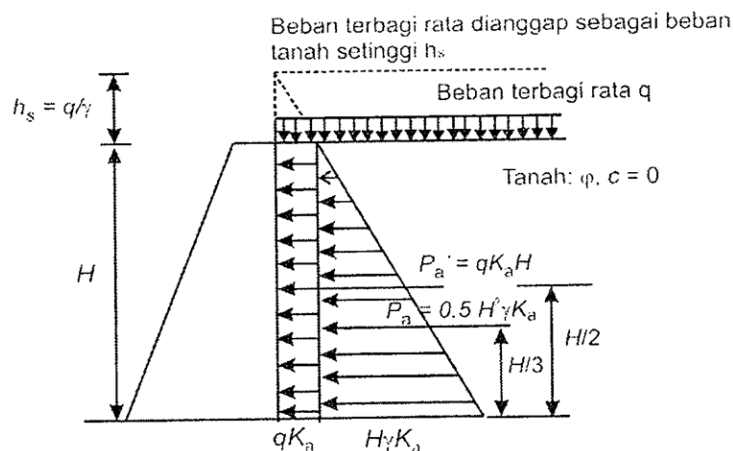
dengan,

q = beban terbagi rata (kN/m^2),

H = tinggi dinding penahan (m),

K_a = koefisien tekanan tanah aktif,

γ = berat volume tanah (kN/m^3).



Gambar 3.11 Diagram Tekanan Tanah Aktif Akibat Beban Terbagi Rata q Untuk Teori Rankine

(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

2. Beban Titik

Pengaruh beban titik dapat dilihat pada Gambar 3.11 bagian a. Tekanan tanah lateral akibat beban titik P yang bekerja di atas tanah urug, dapat dihitung dengan persamaan Boussinesq, yaitu dengan menganggap angka Poisson (μ) sama dengan 0,5 (Spangler, 1938). Dari penelitian Spangler (1938), diperoleh persamaan:

$$\sigma_h = \frac{1,77P}{H^2} \frac{m^2 n^2}{(m^2 + n^2)^3} \quad \text{untuk } m > 0,4 \quad (3.6a)$$

$$\sigma_h = \frac{1,77P}{H^2} \frac{m^2 n^2}{(m^2 + n^2)^3} \quad \text{untuk } m \leq 0,4 \quad (3.6b)$$

3. Beban Garis

Tekanan tanah lateral akibat beban garis persatuan lebar (q) (Gambar 3.11 bagian b), dari pengamatan Terzaghi (1943) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma_h = \frac{4q}{\pi H} \frac{m^2 n}{(m^2 + n^2)^3} \quad \text{untuk } m > 0,4 \quad (3.7a)$$

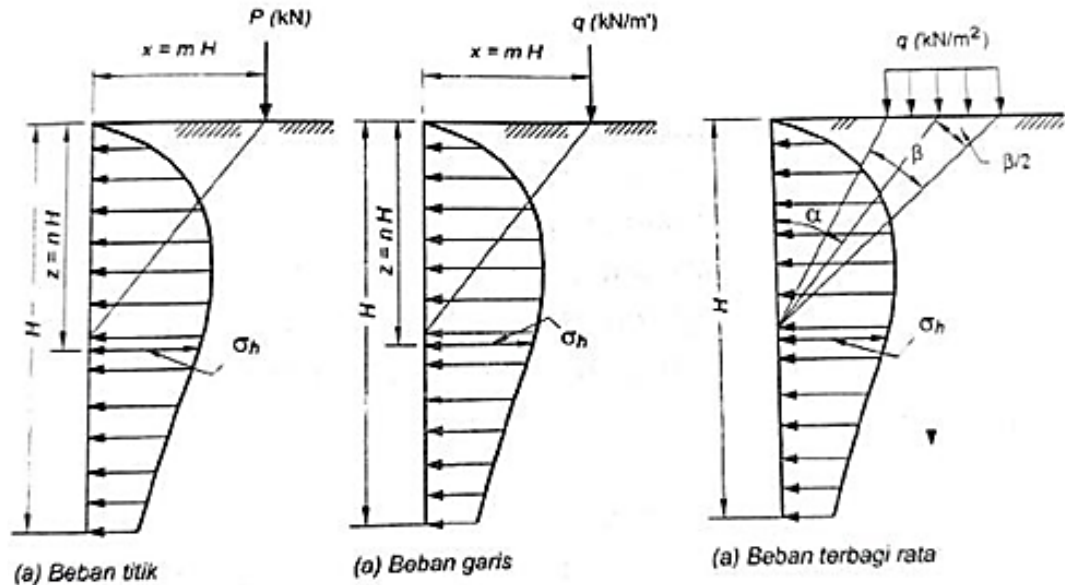
$$\sigma_h = \frac{q}{H} \frac{0,203n}{(0,16 + n^2)^2} \quad \text{untuk } m \leq 0,4 \quad (3.7b)$$

4. Beban Terbagi Rata Memanjang

Tekanan tanah lateral akibat beban terbagi rata memanjang (q), dapat dihitung menggunakan persamaan Terzaghi dalam tulisan Hardyatmo (2018):

$$\sigma_h = \frac{2q}{\pi} (\beta - \sin \beta \cos \alpha) \quad (3.8)$$

Bentuk diagram tekanan tanah lateralnya ditunjukkan dalam Gambar 3.11 bagian c, dengan α dan β adalah sudut (dalam radian).



Gambar 3.12 Tekanan Tanah Pada Dinding Akibat Beban Titik, Beban Garis, dan Beban Terbagi Rata Memanjang

(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

3.1.6 Teori Boussinesq untuk Tegangan Dalam Tanah

Telah dikembangkan oleh Joseph Valentin Boussinesq (1877), teori metode untuk menghitung distribusi tegangan dalam tanah akibat beban permukaan. Persamaan Boussinesq, yang mengasumsikan tanah sebagai medium elastis, homogen, dan isotropis, memungkinkan perhitungan tegangan vertikal pada titik tertentu di bawah permukaan tanah dengan mempertimbangkan kedalaman dan jarak horizontal dari beban.

Pada proyek pembangunan jalan bypass BIL – Mandalika, khususnya dalam perancangan konstruksi turap Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP), teori ini digunakan untuk memprediksi penyebaran beban dari turap ke dalam tanah. Hal ini

berpengaruh terhadap desain dan stabilitas konstruksi. Persamaan yang relevan dengan studi ini adalah:

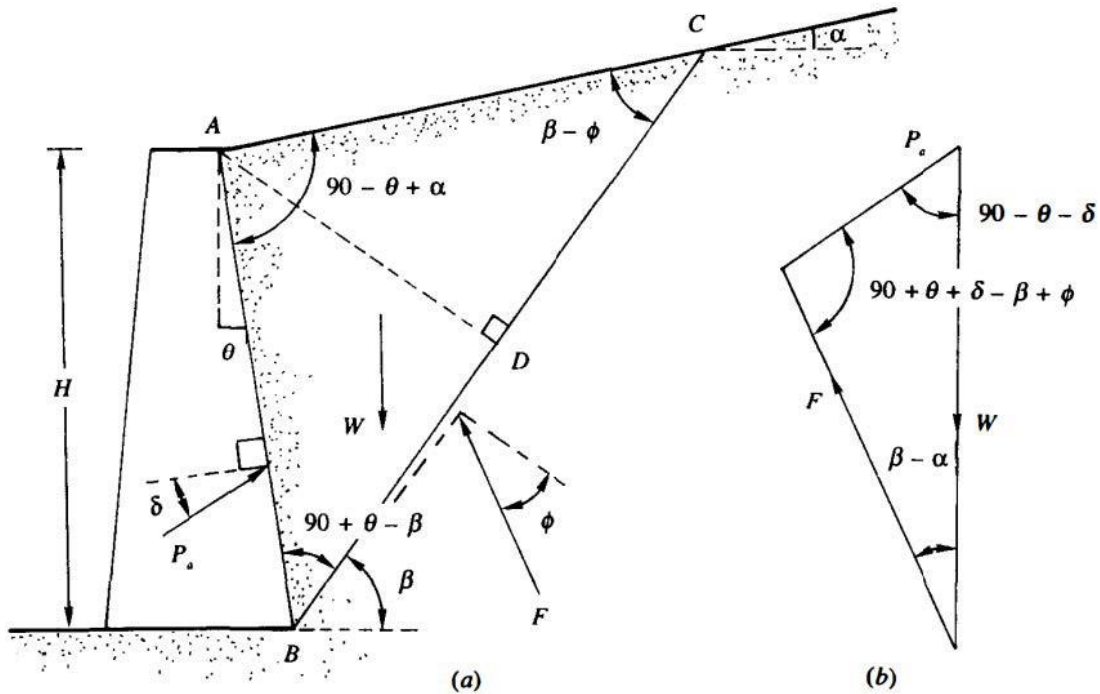
$$\Delta\sigma_z = \frac{qB}{(B+z)} \quad (3.9)$$

Dalam persamaan tersebut, $\Delta\sigma_z$ merupakan perubahan tegangan vertikal pada titik dalam tanah, (q) adalah tekanan permukaan yang diterapkan, (B) adalah konstanta yang terkait dengan distribusi tekanan, dan (z) adalah kedalaman di bawah permukaan tempat perubahan tegangan dihitung. Persamaan ini memfasilitasi perancangan pondasi yang mampu menahan beban tanpa kegagalan, dengan mempertimbangkan distribusi tegangan yang dihasilkan oleh beban turap.

3.1.7 Teori Rankine untuk Kondisi Permukaan Tanah Miring

Ditinjau suatu dinding penahan tanah dengan perkiraan bidang longsornya (Gambar 3.12). Tanah urugan kembali (*back fill*) dianggap tak berkohesi (pasir) dan tidak ada gesekan antara tanah dengan permukaan dinding penahan.

Berat tanah bekerja secara vertikal dan tekanan tanah lateral (P_a) bekerja permukaan tanah yang miring.



Gambar 3.13 (a) Gaya-Gaya yang Bekerja dinding Penahan, (b) Segitiga Gaya Pada Penyelesaian Cara Rankine
(Sumber: Hardiyatmo, 2018)

Dari Gambar 3.12 bagian a dapat dihitung:

$$\text{Luas baji } ABC = \frac{1}{2} H^2 \frac{\sin(90-i)\sin(90+\beta)}{\sin(i-\beta)}$$

$$\text{Berat baji } W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{\cos i \cos \beta}{\sin(i-\beta)} \quad (3.9)$$

Dari segitiga gaya dalam gambar 3.12 bagian b,

$$P_a = W \frac{\sin(i-\phi)}{\sin(90-i+\phi+\beta)} \quad (3.10)$$

Substitusi Persamaan (3.9) ke dalam persamaan (3.10) dan dengan mengambil $dP_a/di = 0$, maka dapat diperoleh:

$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2} \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}}{\cos \beta + \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}} \quad (3.11)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (3.12)$$

$$\text{Dengan, } K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}}{\cos \beta + \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}} \quad (3.13)$$

Dengan cara analogi dapat diperoleh besarnya tekanan tanah pasif untuk cara Rankine:

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}}{\cos \beta - \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}} \quad (3.14)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p \quad (3.15)$$

$$\text{Dengan, } K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}}{\cos \beta - \sqrt{(\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi)}} \quad (3.16)$$

3.1.8 Pengaruh Beban Gempa Statik Ekivalen

Prinsip pengaruh beban gempa secara statik ekivalen adalah dengan menggantikan beban-beban horizontal yang bekerja pada struktur bangunan akibat pengaruh dinamik pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa, dengan beban-beban statik yang ekivalen (Indarto, 2005). Tujuan dari analisis statik ini adalah untuk menyederhanakan perhitungan dengan asumsi gaya horizontal akibat gempa yang bekerja pada suatu elemen struktur, besarnya ditentukan berdasarkan perkalian antara suatu koefisien dengan massa atau berat dari elemen-elemen struktur tersebut.

Berdasarkan SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, besarnya gaya geser dasar seismik (V):

$$V = C_s W \quad (3.17a)$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.18b)$$

dengan,

C_s = koefisien respon seismik

W = berat seismik efektif

S_{DS} = parameter percepatan respons spektral desain

R = koefisien modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

1. Berat Struktur (W)

Berat struktur dapat berupa beban mati yang terdiri dari berat sendiri material konstruksi dan elemen-elemen struktur yang berada di atasnya serta beban hidup yang diakibatkan oleh penggunaan konstruksi.

2. Parameter Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs (lokasi konstruksi), maka situs diklasifikasikan sebagai situs SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak) dan SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik) seperti yang diperlihatkan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Klasifikasi Situs

Kelas situs	v_s (m/detik)	N atau N_{ch}	s_u (kPa)
SA	> 1500	N/A	N/A
SB	750 sampai 1500	N/A	N/A

Lanjutan Tabel 3.5 Klasifikasi Situs

SC	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser $s_u < 25$ kPa 		
SF	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih karakteristik berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 2. Lempung sangat organik dan/atau gambut 		

(Sumber: SNI-1726-2019)

3. Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget (MCE_R)

Penentuan nilai MCE_R di permukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) yang diperlihatkan dalam Tabel 3.6 dan pada getaran periode 1 detik (F_v) yang diperlihatkan dalam Tabel 3.7. Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs ditentukan dengan persamaan:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.19a)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.19b)$$

dengan,

S_s = MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik

Tabel 3.5 Koefisien Situs Percepatan Pada Getaran Periode Pendek, F_a

Kelas Situs	MCE_R terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik (S_s)					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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					

(Sumber: SNI-1726-2019)

Tabel 3.6 Koefisien Situs Percepatan Pada Getaran Periode 1 Detik, F_v

Kelas Situs	MCE_R 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
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					

(Sumber: SNI-1726-2019)

4. Parameter Percepatan Respons Spektral Desain

Parameter percepatan respons spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}), ditentukan melalui persamaan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.20a)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.20b)$$

5. Percepatan Tanah Puncak (PGA_M)

Potensi likuifaksi dan kehilangan kekuatan tanah yang dievaluasi terhadap percepatan tanah puncak pada situs, magnitudo gempa dan karakteristik sumber yang konsisten dengan percepatan puncak gempa maksimum yang dipertimbangkan (MCE_G). Koefisien situs percepatan tanah puncak (F_{PGA}) Percepatan puncak ditentukan dengan kajian spesifik situs dengan persamaan:

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA \quad (3.21)$$

dengan,

PGA = percepatan tanah puncak terpetakan

F_{PGA} = koefisien situs diperlihatkan dalam Tabel 3.8

Tabel 3.7 Koefisien Situs Percepatan Tanah Puncak, F_{PGA}

Kelas Situs	Percepatan tanah puncak terpetakan, PGA					
	$\leq 0,10$	$= 0,20$	$= 0,30$	$= 0,40$	$= 0,50$	$\geq 0,60$
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	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
SE	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
SF	SS					

(Sumber: SNI-1726-2019)

6. Faktor Keutamaan Gempa (I_e) dan kategori risiko struktur bangunan

Bangunan gedung dan non-gedung dibagi menjadi berbagai kategori risiko struktur bangunan terhadap beban gempa berdasarkan jenis pemanfaatan struktur tersebut. Nilai faktor keutamaan gempa terhadap kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung diperlihatkan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.8 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25

(Sumber: SNI-1726-2019)

7. Koefisien Modifikasi Respon (R)

Nilai koefisien modifikasi respon (R) ditinjau berdasarkan besarnya tingkat daktilitas struktur. Nilai koefisien modifikasi respon (R) untuk setiap jenis struktur perkuatan yang digunakan dalam menahan gaya gempa.

8. Penentuan Periode Struktur

Periode getar (T) struktur merupakan faktor penting yang mempengaruhi respon struktur terhadap getaran gempa. Periode fundamental struktur diperoleh berdasarkan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Struktur kaku dengan periode getar pendek akan menerima beban gempa yang lebih besar dibandingkan struktur fleksibel dengan periode getar panjang. Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur (T), digunakan periode bangunan pendekatan (T_a) dengan persamaan:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.22)$$

dengan,

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t dan x ditentukan dari Tabel 3.10

Namun, perlu dicatat bahwa pendekatan periode bangunan (T_a) memiliki keterbatasan dan hanya memberikan perkiraan kasar mengenai periode fundamental struktur. Jadi, SNI 1726-2019 merekomendasikan untuk melakukan analisis lebih lanjut dan mempertimbangkan hasil dari metode lain, seperti metode spektral atau metode elemen hingga, guna mendapatkan estimasi yang lebih akurat terhadap periode fundamental struktur.

Pemilihan metode analisis yang tepat dan penentuan periode fundamental struktur (T) yang akurat sangat penting dalam merancang struktur yang tahan gempa. Hal ini diperlukan untuk menjamin keamanan dan keandalan struktur terhadap gempa bumi. Jadi, SNI 1726-2019 memberikan pedoman yang lengkap dan terperinci mengenai analisis dan perancangan struktur tahan gempa, termasuk penentuan periode fundamental struktur berdasarkan karakteristik dan jenis struktur yang akan dibangun.

Tabel 3.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana 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 beton 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: SNI-1726-2019)

3.2 Dinding Turap Kantilever

Pada turap kantilever, stabilitas turap sepenuhnya ditahan oleh tekanan tanah pasif di muka dinding. Turap ini biasanya digunakan untuk kedalaman galian tanah yang sedang, karena penampang turap yang dibutuhkan bertambah bila kedalaman galian bertambah akibat momen lentur yang timbul. Pergeseran arah lateral relatif besar, pada pemakaian turap kantilever. Dinding turap kantilever bila dipancang ke dalam tanah lanau atau lempung dapat berotasi pada titik ujung bawah turap. Tekanan tanah pasif bekerja pada bagian depan turap, yaitu dari ujung bawah sampai permukaan galian.

3.2.1 Seluruh Turap di Dalam Tanah Lempung (Teng, 1962)

Menurut Teng (1962), turap yang dipancang dalam tanah kohesif mengalami kondisi tekanan tanah awal tertentu. Dalam kondisi ini, turap berfungsi sebagai penahan tekanan horisontal akibat tanah dan air. Gambar 2 menunjukkan kondisi tekanan tanah awal untuk keseluruhan turap dipancang dalam tanah kohesif.

Pada kondisi runtuh, tekanan tanah aktif dinyatakan. Jika dinding penahan tanah bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, maka tanah urugan akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya. Tekanan seperti ini disebut tekanan tanah aktif.

Dalam konteks ini, penting untuk memahami bahwa turap dan tekanan tanah yang berinteraksi dengannya adalah bagian dari sistem yang kompleks. Setiap perubahan dalam satu aspek sistem ini, seperti pergerakan dinding penahan atau perubahan dalam sifat tanah, dapat memiliki dampak signifikan pada kondisi keseluruhan sistem. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip dasar mekanika tanah dan fondasi, seperti yang dijelaskan oleh Teng, sangat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi yang melibatkan penggunaan turap.

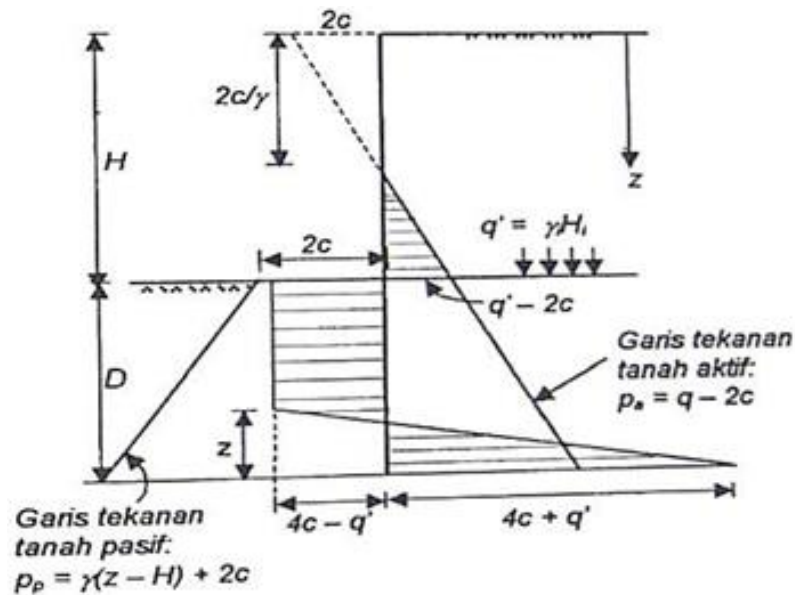
Pada kondisi runtuh, tekanan tanah aktif dinyatakan oleh:

$$P_a = \gamma z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2c \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (3.23)$$

Dan tekanan tanah pasif:

$$P_a = \gamma z \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - 2c \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (3.24)$$

Maka, untuk $\varphi = 0$, $K_a = K_p = 1$



Gambar 3.14 Tekanan Tanah Awal Pada Turap Kantilever yang Dipancang Dalam Tanah Kohesif. Turap Secara Keseluruhan Pada Tanah Lempung

(Sumber: Teng 1962)

Dengan memperhatikan persamaan – persamaan (3.20) dan (3.21), tekanan tanah pasif di depan turap, secara umum dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$P_p = \gamma (z - H) + 2c \text{ untuk } z > H \quad (3.25)$$

Tekanan tanah aktif dari belakang turap:

$$P_a = \gamma z - 2c \quad (3.26)$$

dengan,

z = kedalaman tanah di bawah tanah asli (permukaan tanah urug)

c = c_u = kohesi tanah pada kondisi undrained

γ = berat volume efektif (berat volume basah bila tanah di atas muka air dan berat volume terapung bisa terendam air)

H = tinggi tanah yang berada di atas dasar galian

Bila tanah tidak homogen, berlapis atau sebagian terendam air tekanan efektif merupakan tekanan *overburden* efektif, yaitu $q' = \sum \gamma_i H_i$ (gunakan berat volume apung (γ') bila tanah terendam air).

Karena kemiringan garis – garis tekanan aktif dan pasif sama (berhubung $K_a = K_p$), tahanan netto pada sisi depan turap besarnya akan konstan untuk tanah yang berada di bawah galian pada bagian turap yang bergerak ke kiri, yaitu:

$$P_p - P_a = 4c - \gamma H = 4c - q' \quad (3.27)$$

Pada bagian bawah turap dimana turap bergerak ke belakang (Gambar 3.10), tahanan pasif dinyatakan oleh:

$$P_p - P_a = \gamma z + q' + 2c - \gamma z + 2c = 4c + q' \quad (3.28)$$

Zona tanah lempung yang mengalami tarikan diabaikan. Kedalaman penembusan turap D dipilih sedemikian hingga harus memenuhi 2 kriteria, yaitu:

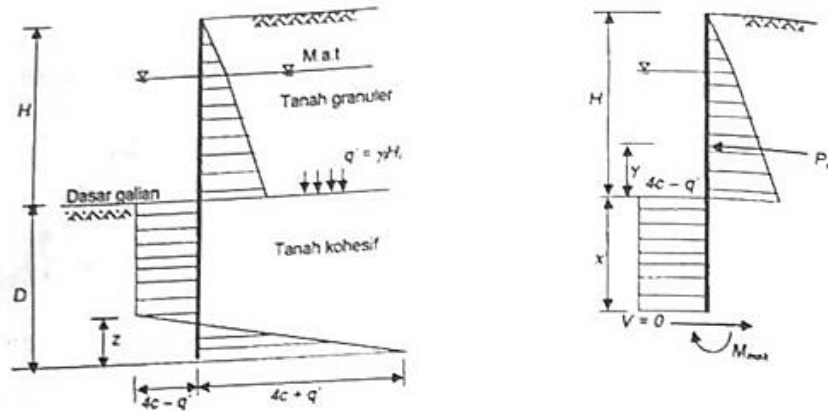
- Jumlah gaya – gaya horizontal sama dengan nol,
- Jumlah momen – momen pada sembarang titik sama dengan nol.

Dari jumlah gaya – gaya horizontal sama dengan nol (FH) = 0:

$$Z = \frac{D(4c - q') - P_a}{4c} \quad (3.29)$$

Jumlah momen pada sembarang titik sama dengan nol:

$$Pa(\gamma + D) - \left(\frac{D^2}{2}\right)(4c - q') + \left(\frac{z^2}{3}\right)(4c) = 0 \quad (3.30)$$



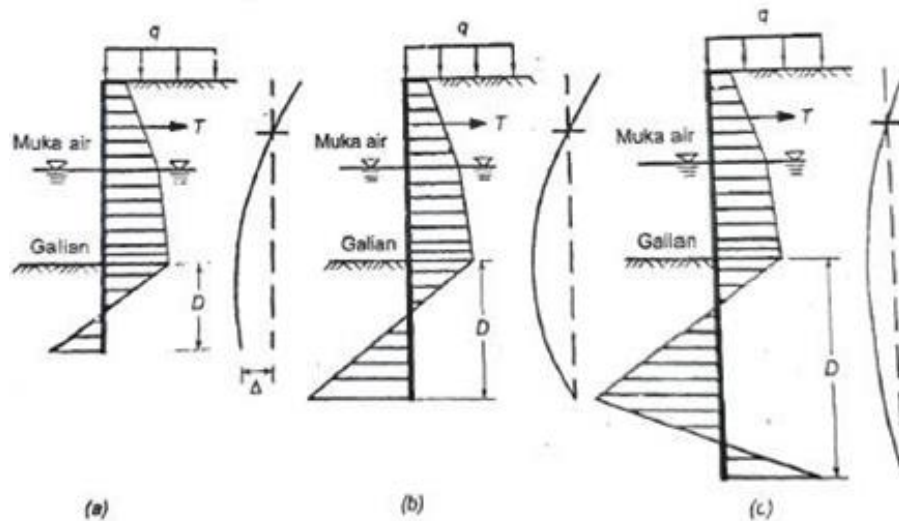
Gambar 3.15 (a) Turap Pada Tanah Lempung Diurug Tanah Granuler (b) Gaya – Gaya di Atas Titik Dengan Gaya Lintang Nol

(Sumber: Teng, 1962)

3.2.2 Perencanaan Dinding Turap

Apabila tanah yang perlu ditahan oleh suatu struktur sangat tinggi, lebih disarankan untuk menggunakan dinding turap. Distribusi tekanan pada turap memiliki perbedaan dengan distribusi tekanan pada dinding turap kantilever. Gambar 3.17 dalam tulisan tersebut menggambarkan hubungan antara kedalaman penembusan turap, distribusi tekanan lateral, dan perubahan bentuk struktur. Melalui Gambar 3.17, dapat dilihat bagaimana distribusi tekanan lateral pada turap berubah seiring dengan kedalaman penembusannya. Distribusi ini mempengaruhi garis perubahan bentuk struktur tersebut. Dengan memperhatikan gambar tersebut, dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai karakteristik dan respons dari dinding turap pada tanah yang tinggi. Penting untuk memahami bahwa pemilihan antara turap dan dinding turap kantilever harus didasarkan pada pertimbangan ketinggian tanah yang akan ditahan. Dalam situasi di mana tanah memiliki ketinggian yang signifikan,

penggunaan dinding turap dapat memberikan kestabilan yang lebih baik dan mendistribusikan tekanan secara efektif.



Gambar 3.16 Pengaruh Kedalaman Turap Terhadap Distribusi Tekanan dan Perubahan Bentuknya

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

3.2.3 Metode Ujung Bebas

Kedalaman turap di bawah dasar galian dianggap tidak cukup untuk menahan tekanan tanah yang terjadi pada bagian atas dinding turap. Jadi, keruntuhan terjadi oleh akibat rotasi dinding turap terhadap ujung bawahnya. Terdapat analisis stabilitas turap dengan metode ujung bebas, terdapat anggapan- anggapan sebagai berikut.

- Turap merupakan bahan yang sangat kaku dibandingkan dengan tanah di sekitarnya,
- Kondisi tekanan tanah yang bekerja dianggap memenuhi syarat teori Rankine atau Coulomb,

2. Hitung tekanan overburden efektif dan beban terbagi rata pada elevasi yang sama dengan dasar galian ($q' = \sum \gamma_i H_i$). Bila tanah terendam air, berat volume yang digunakan adalah berat volume apung (γ'),
3. Hitung momen terhadap titik do dengan menggunakan persamaan:
4. $LPa - D(4c - q')(Hw + b + 1/2 D) = 0$ (2.31) Dari persamaan diperoleh nilai D ,
5. Tentukan momen maksimum pada turap (titik dengan gaya lintang sama dengan nol),
6. Tentukan dimensi turap berdasarkan momen maksimum yang diperoleh,
7. Kalikan kedalaman penetrasi turap (D) dengan faktor 1,2-1,4 atau gunakan nilai c sebesar 50-70% nya dalam langkah (3) dan (4).

3.2.4 Analisis Stabilitas Konstruksi Turap

Suryolelono (1994) menyatakan tinjauan analisis konstruksi turap berupa stabilitas terhadap gaya-gaya eksternal (stabilitas eksternal) dan stabilitas terhadap gaya-gaya internal (stabilitas internal).

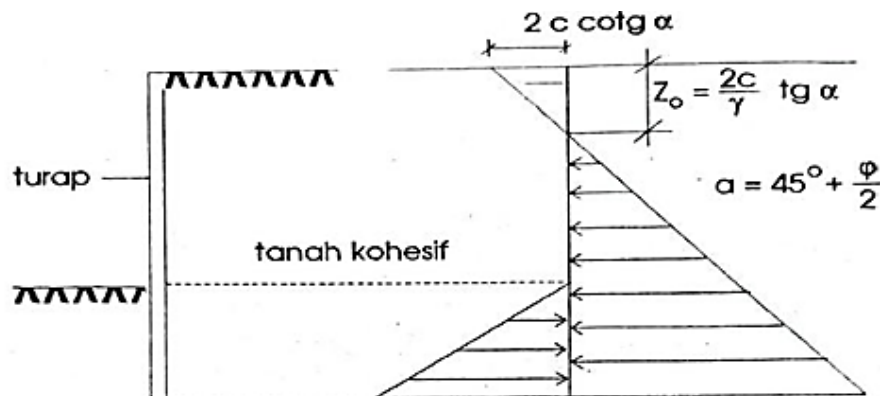
Tinjauan stabilitas eksternal meliputi stabilitas secara keseluruhan konstruksi di dalam menerima beban yang bekerja. Tinjauan ini berhubungan dengan penentuan panjang bagian turap yang dipancang ke dalam tanah, sehingga dapat ditentukan kebutuhan panjang turap secara keseluruhan.

Tinjauan stabilitas internal meliputi kemampuan bahan yang dipakai sebagai turap di dalam menerima beban yang bekerja. Tinjauan ini berhubungan dengan pendimensian ukuran turap. Pendimensian bervariasi tergantung dari jenis bahan yang digunakan. Turap baja umumnya oleh pabrik pembuatnya telah dikeluarkan daftar atau tabel untuk profil turap yang dipasarkan. Turap beton bertulang umumnya ditentukan dimensi turap seperti tebal dan jumlah tulangan yang diperlukan, sedangkan untuk turap kayu ditentukan dimensi ukuran kayu yang digunakan.

Berdasarkan *Japan Ports and Harbours Association: Technical Standards And Commentaries For Port and Harbour Facilities In Japan* (2002), terdapat nilai koefisien tekanan tanah aktif (K_c) yang memiliki nilai sebesar 0,5 untuk jenis tanah

kohesif. Sementara itu, untuk koefisien tekanan tanah pasif (Kc) p , nilai yang digunakan adalah 2. Selain itu, diagram gaya yang relevan dapat ditemukan dalam Gambar 3.20 yang menggambarkan distribusi gaya pada struktur.

Pengetahuan tentang nilai koefisien tekanan tanah aktif dan pasif serta penerapan metode perhitungan yang tepat sangat penting dalam merancang struktur di daerah pelabuhan dan dermaga. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, struktur yang kuat dan stabil dapat dibangun untuk menghadapi beban yang dihasilkan oleh tekanan tanah aktif maupun pasif pada tanah kohesif.



Gambar 3.18 Diagram Gaya Turap Kantilever Dipancang Pada Tanah Kohesif
(Sumber: Suryolelono, 1994)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara untuk memecahkan masalah ataupun cara mengembangkan ilmu pengetahuan dengan menggunakan metode ilmiah. Secara lebih luas lagi dijelaskan bahwa metode penelitian adalah cara-cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid, dengan tujuan dapat ditemukan, dikembangkan dan dibuktikan, suatu pengetahuan tertentu sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah.

Pada penelitian ini dilakukan analisis stabilitas perkuatan dinding turap pada ruas jalan BIL – Mandalika. Analisis yang dilakukan dengan metode ujung bebas yang meliputi perhitungan beban – beban yang bekerja sesuai dengan bidang longsor yang terjadi, perhitungan tekanan tanah, penggambaran tekanan tanah lateral, perhitungan kedalaman penetrasi turap, perhitungan momen maksimum, serta penentuan profil turap dan dimensi turap yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang ada.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berasal dari instansi terkait yang digunakan sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Data Geoteknik

Data tanah yang digunakan merupakan hasil penyelidikan tanah pada ruas Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I. Uji penyelidikan tanah yang dilakukan meliputi pekerjaan lapangan dan laboratorium.

a. Pekerjaan Lapangan

Pada penelitian ini, pengumpulan data berasal dari proyek Pembangunan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I. Data penyelidikan tanah berupa data tanah hasil sampel bor tanah.

b. Laboratorium

Kegiatan laboratorium yang dilakukan meliputi pemadatan *modified*, CBR Laboratorium, berat jenis, batas cair, batas plastis, dan sudut geser.

Tabel 4.1 Data Parameter Tanah

Parameter	Tanah Timbunan	Tanah Asli
Berat Isi, γ (kN/m ³)	19.21	16.6
Sudut Geser, ϕ (°)	30.35	30.96
Kohesi, C (kN/m ²)	7	8

(Sumber: Laporan Perencanaan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I)

c. Data Beban Lalu Lintas

Berdasarkan laporan perencanaan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I, direncanakan ruas jalan termasuk ke dalam sistem jaringan jalan arteri dengan fungsi primer. Ruas jalan direncanakan akan dilewati oleh truk-truk besar dengan 3 sumbu sebagai pengangkut motor balap, alat-alat perlengkapan balap, maupun anggota-anggota tim yang akan bertanding. Sehingga berdasarkan Tabel 4.2, beban lalu lintas yang bekerja pada ruas jalan BIL - Mandalika adalah sebesar 15 kN/m².

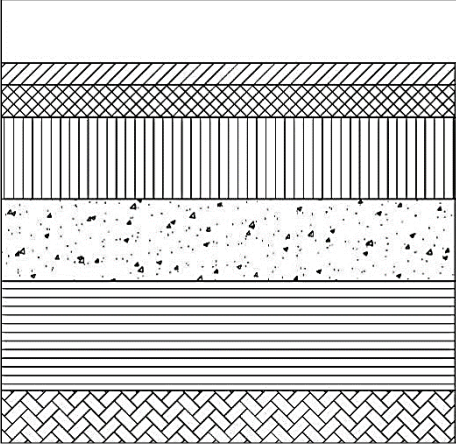
Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas Berdasarkan Fungsi Jalan

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	> 20.000	15
		< 20.000	12
	Kolektor	> 6.000	12
		< 6.000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

d. Data Beban Perkerasan

Besarnya beban perkerasan jalan diperoleh dari ketebalan setiap lapis perkerasan penyusun aspal dan berat volume dari masing-masing lapis perkerasan tersebut. Ketebalan setiap lapis perkerasan diperlihatkan pada Gambar 4.4.

Lapis Perkerasan Jalan	
	AC WC ; t = 4.0 cm
	AC BC ; t = 6.0 cm
	CTB ; t = 15.0 cm
	Agregat Kelas A ; t = 15.0 cm
	Tanah Timbunan ; t = variasi
	Tanah Asli

Gambar 4.1 Lapis Perkerasan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika

(Sumber: Laporan Perencanaan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika)

Berikut adalah berat volume diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Berat Volume Lapis Perkerasan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika

Lapis Perkerasan	Tebal (m)	Berat Volume (kN/m ³)
AC-WC	0,04	23
AC-BC	0,06	23
CTB	0,15	22
Agregat Kelas A	0,15	18,5

(Sumber: Laporan Perencanaan Jalan *Bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika)

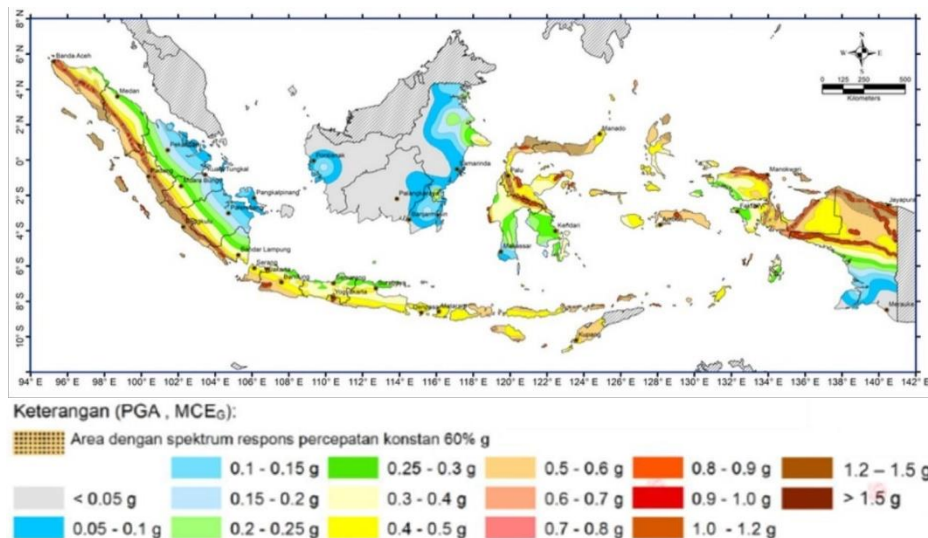
e. Data Beban Gempa

Besarnya beban gempa statik ekuivalen bergantung pada lokasi wilayah pemasangan dinding turap berdasarkan peta – peta gerak tanah seismik dan koefisien risiko dari gempa maksimum yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Pemasangan dinding turap berlokasi di Kabupaten Lombok Tengah Provinsi Nusa Tenggara Barat. Berdasarkan SNI-1726-2019, lokasi pemasangan termasuk dalam klasifikasi kelas situs tanah lunak (SE) serta kategori risiko gempa II untuk struktur bangunan gedung dan non gedung dengan data yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S_s &= 1 \\
 S_1 &= 0,4 \\
 I_e &= 1,0 \\
 R &= 4
 \end{aligned}$$

$$PGA = 0,5$$

$$F_{PGA} = 1,2$$



Gambar 4.2 Peta Zonasi Gempa

(Sumber: rsa.ciptakarya.pu.go.id, 2019)

f. Data Turap CCSP

Turap yang digunakan dalam perencanaan adalah turap jenis CCSP atau *Corrugated Concrete Sheet Pile*. Data spesifikasi dan dimensi bahan turap dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan Tabel 3.1.

4.3 Analisis Data

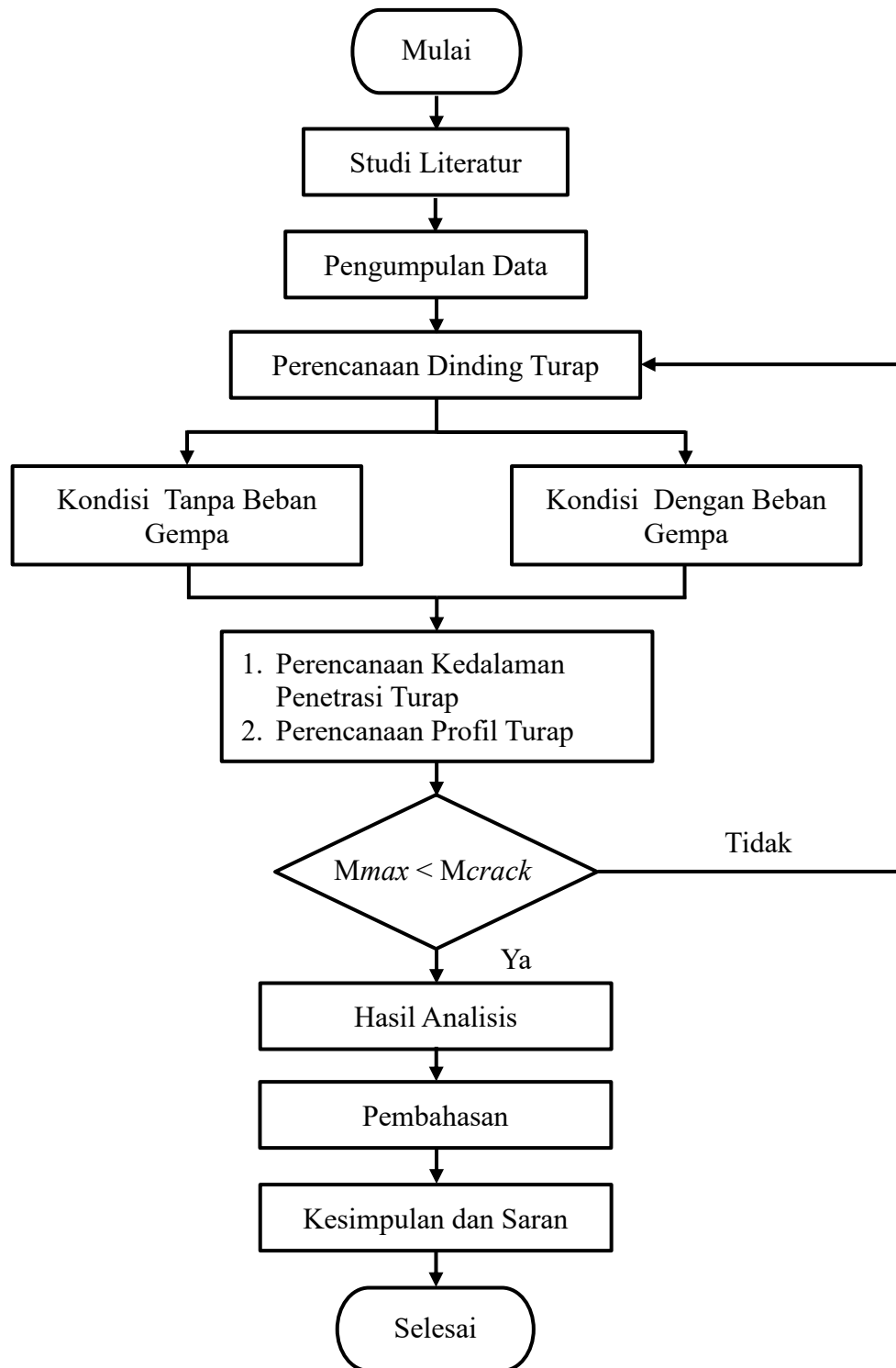
Pada penelitian ini analisis dilakukan secara manual menggunakan metode ujung bebas dengan beberapa tahapan – tahapan yang dilakukan, Penjelasan tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menggambar model geometri perencanaan perkuatan dinding turap.
2. Menghitung beban-beban yang bekerja sesuai dengan bidang longsor yang terjadi.

3. Menghitung tekanan tanah (P) yang bekerja pada lapisan tanah timbunan maupun pada lapisan tanah asli dengan memperhitungkan koefisien tekanan tanah aktif (K_a), koefisien tekanan tanah pasif (K_p), berat jenis tanah (γ) dan tekanan *overburden* efektif (q').
4. Menggambar diagram tekanan tanah lateral yang bekerja pada dinding turap akibat beban yang bekerja pada turap maupun akibat berat tanah sendiri pada lapisan tanah timbunan dan lapisan tanah asli.
5. Menghitung kedalaman penetrasi turap dengan memperhitungkan jumlah momen aktif yang bekerja pada turap ($\sum M_a$) dan jumlah momen pasif yang menahan turap ($\sum M_p$) sama dengan nol.
6. Menghitung besarnya momen maksimum yang bekerja pada dinding turap dengan mencari besarnya momen pada titik x yaitu titik dimana jumlah gaya horizontal yang bekerja sama dengan nol ($\sum F_x = 0$).
7. Menentukan profil turap dan dimensi turap yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang ada.

4.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir adalah proses yang dilalui selama penelitian berlangsung, dengan adanya bagan alir maka langkah - langkah yang ditempuh pada proses penelitian menjadi jelas. Proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Gambaran Umum

Proyek pembangunan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika terdiri dari tiga paket pengerjaan dengan panjang total 17,363 KM, diantaranya adalah Mandalika 1 dengan panjang pengerjaan 4,3 KM, Mandalika 2 sepanjang 9,7 KM dan Mandalika 3 sepanjang 3,363 KM. Paket pembanguna jalan tersebut dikerjakan oleh tiga kontraktor yaitu yang pertama Nindiya-Bumi Agung KSO, yang kedua Adhi-Metro KSO dan yang ketiga PT. Yasa Patria Perkasa. (PUPR, 2021).

Pembangunan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika 1 ini diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan pelayanan dan dapat memperlancar pembaruan fasilitas jalan dari sarana transportasi bagi masyarakat dan perindustrian yang ada, serta dapat meningkatkan aksestabilitas bagi semua sarana yang melaluinya.

Berdasarkan hasil uji Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat, elevasi tanah menjadi kendala untuk dibangunnya jalan *bypass* Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika, maka perlu dilakukan penimbunan tanah supaya diperoleh elevasi tanah yang diinginkan. Bahaya longsor pada lereng tanah timbunan dapat terjadi akibat perubahan kondisi lingkungan yang disebabkan oleh gempa bumi, pelapukan, maupun intensitas hujan yang tinggi. Untuk mengantisipasi kejadian tersebut maka perlu dilakukan pemasangan turap. Pembangunan turap beton berjenis pemancangan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) akan dilakukan di jalan ini karena berdasarkan kemudahan pekerjaan di lapangan dan kualitas bahan yang cocok untuk menahan tanah

timbunan. Selain itu tipe ini memiliki nilai estetika yang lebih tinggi dibandingkan dengan turap jenis lainnya.

5.2 Analisis Tekanan Tanah Lateral

Memegang peranan krusial, analisis tekanan tanah lateral berkaitan dengan kalkulasi gaya yang diterapkan oleh tanah pada struktur penahan. Gaya tersebut muncul akibat tendensi tanah untuk bergerak secara horizontal, dipicu oleh gravitasi atau beban eksternal. Teori Rankine dan Coulomb sering kali dijadikan acuan untuk menganalisis fenomena ini, masing-masing dengan asumsi dan kondisi penerapan yang spesifik.

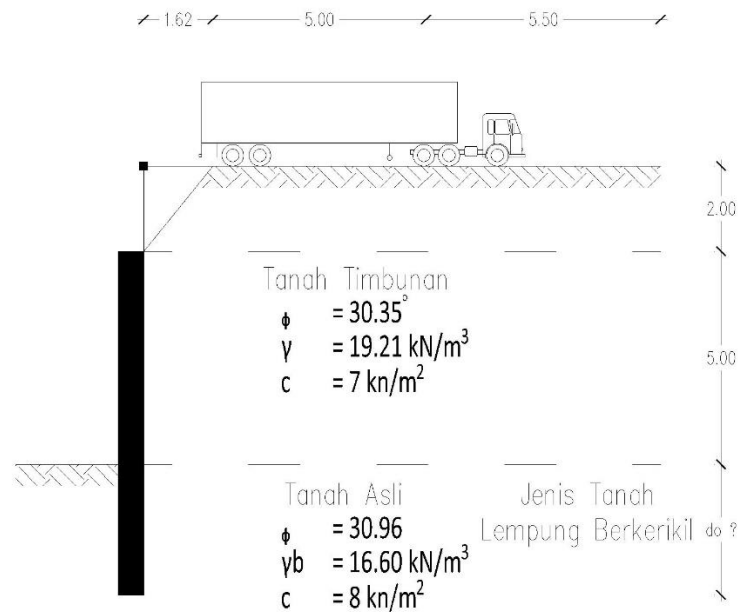
Hasil analisis tekanan tanah lateral sangat bergantung pada pemahaman mendalam tentang parameter tanah, seperti berat jenis, sudut gesekan dalam, dan kohesi. Insinyur dapat memanfaatkan rumus-rumus yang telah ditetapkan untuk merancang struktur yang stabil dan ekonomis, memastikan keamanan jangka panjang dari konstruksi geoteknik.

5.2.1 Analisis Metode Ujung Bebas Tanpa Beban Gempa

Analisis tekanan tanah terbagi dalam dua kategori utama yaitu tekanan tanah aktif, yang berpotensi menyebabkan kegagalan struktur penahan dengan mendorongnya keluar, dan tekanan tanah pasif, yang menawarkan resistensi terhadap pergerakan struktur tersebut.

Beberapa langkah penting diuraikan untuk menentukan stabilitas turap tanpa adanya beban gempa. Analisis ini dimulai dengan perhitungan tekanan tanah lateral yang bekerja pada turap, menggunakan rumus dasar tekanan tanah aktif yang diasumsikan tidak dipengaruhi oleh gaya eksternal seperti gempa. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa turap dapat menahan beban yang berasal dari tanah itu sendiri, tanpa mempertimbangkan tambahan beban dari aktivitas seismik. Dalam hal ini, koefisien tekanan tanah aktif (K_a) dan koefisien tekanan tanah pasif (K_p) dihitung berdasarkan karakteristik tanah dan kondisi geoteknikal setempat .

Selanjutnya, proses perhitungan kedalaman penetrasi turap dilakukan dengan memperhitungkan keseimbangan antara momen aktif dan momen pasif. Momen aktif dihasilkan oleh tekanan tanah yang mendorong turap keluar, sementara momen pasif adalah gaya reaksi yang menahan gerakan tersebut. Kedalaman penetrasi turap sangat krusial untuk mencapai kestabilan struktur, oleh karena itu metode ini memastikan bahwa momen pasif yang dihasilkan oleh tanah cukup untuk menahan momen aktif. Hasil dari perhitungan ini memberikan informasi mengenai panjang turap yang diperlukan untuk menjaga stabilitas tanpa adanya kontribusi dari beban gempa.



Gambar 5. 1 Model Geometri Perencanaan Turap

Beban timbunan di atas turap dapat dihitung sebagai berikut.

Diketahui:

$$h = 2 \text{ m}$$

$$\gamma_1 = 19,21 \text{ kN/m}^3$$

$$q_1 = h_1 \times \gamma_1$$

$$= 2 \times 19.21$$

$$= 38,42 \text{ kN/m}^2$$

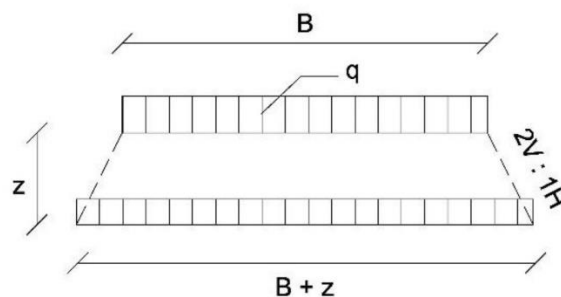
Pada konstruksi perkerasan jalan, beban yang diperhitungkan merata, terdiri dari berat lapisan perkerasan. Berat volume beserta ketebalan setiap lapisan tercantum dalam Tabel 4.3, yang memungkinkan perhitungan total beban perkerasan sejumlah:

$$q_2 = (0,04 \times 23) + (0,06 \times 23) + (0,15 \times 22) + (0,15 \times 18,5)$$

$$= 11,5 \text{ kN/m}^2$$

Beban lalu lintas yang mempengaruhi turap mencerminkan berat kendaraan yang transit melalui ruas jalan. Ruas jalan BIL – Mandalika, sebagai jalan arteri primer, sering dilalui oleh truk besar bertiga sumbu. Tabel 4.2 menyediakan data yang relevan untuk $q_3 = 15 \text{ kN/m}^2$.

Beban yang dihasilkan dari konstruksi perkerasan jalan serta lalu lintas tidak berdampak langsung pada turap, melainkan tersebar pada jarak yang setara dengan tinggi timbunan, yaitu 2,5 meter. Akibatnya, beban tersebut didistribusikan melalui timbunan. Teori Boussinesq menyediakan metode untuk menghitung penyebaran beban di permukaan, dengan melibatkan pembentukan garis penyebaran beban dengan perbandingan 2V : 1H (2 Vertikal terhadap 1 Horizontal), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Penyebaran Beban 2V : 1H

Sehingga besar beban perkerasan jalan dan beban lalu lintas menjadi:

$$\Delta\sigma_z = \frac{qB}{B + z}$$

Diketahui:

$$q_2 = 11,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_3 = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$B = 10,5 \text{ m}$$

$$z = 2 \text{ m}$$

Sehingga terjadi penyebaran beban sebesar:

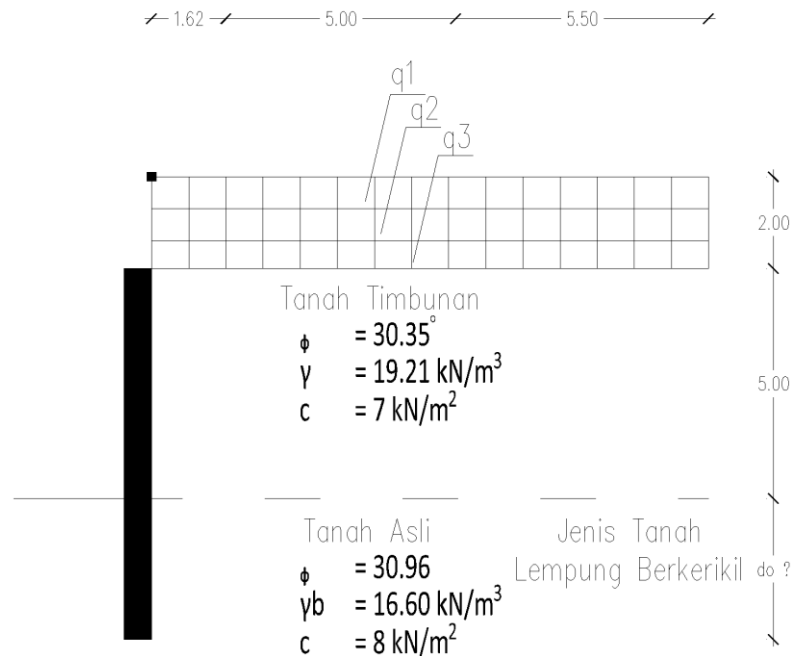
$$\begin{aligned} q_2 &= \frac{11,4547 \times 10,5}{10,5 + 2} \\ &= 9,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_3 &= \frac{15 \times 10,5}{10,5 + 2} \\ &= 12,1 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Pada model geometri penyebaran beban, distribusi beban dari konstruksi perkerasan jalan dan lalu lintas diperhitungkan dengan cermat. Beban yang diterima permukaan jalan tidak serta-merta diteruskan secara vertikal ke bawah, melainkan tersebar secara horizontal pada lapisan tanah. Penyebaran ini terjadi dalam suatu pola geometri tertentu yang ditentukan oleh karakteristik tanah dan struktur di atasnya. Model ini penting untuk memastikan bahwa tekanan yang diterima turap tidak melebihi kapasitas yang dapat ditahan, sehingga integritas struktur tetap terjaga. Perhitungan penyebaran beban dilakukan dengan menggunakan teori Boussinesq, yang memperhitungkan distribusi tekanan dari titik beban pada permukaan ke dalam tanah.

Selain itu, model geometri ini memungkinkan analisis yang lebih akurat terhadap pengaruh beban terhadap turap, khususnya pada situasi di mana beban tidak sepenuhnya vertikal atau terjadi pergeseran lateral.

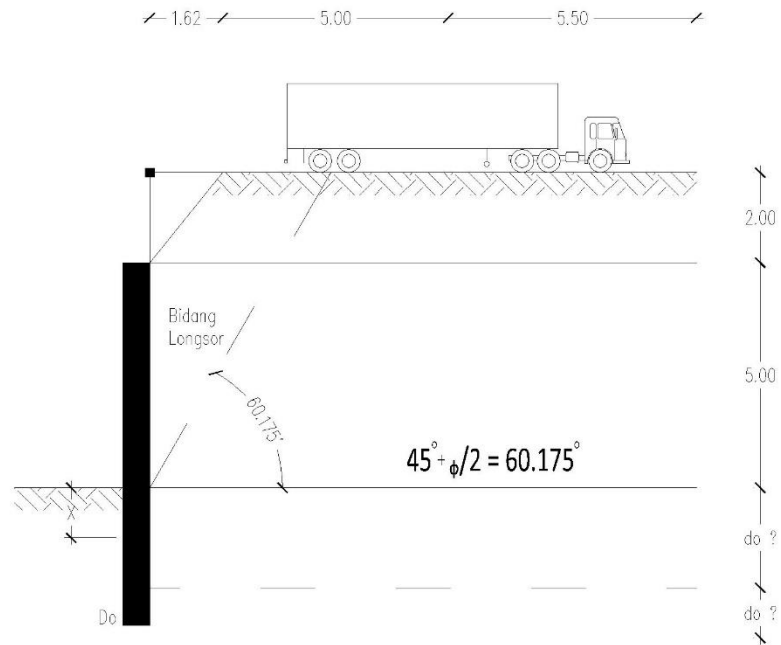
Melalui pemahaman yang komprehensif tentang penyebaran beban, desain turap dapat dioptimalkan untuk memastikan keamanan dan efisiensi dalam berbagai kondisi beban.



Gambar 5.3 Model Geometri Penyebaran Beban

Selanjutnya, pemahaman tentang mekanisme tanah longsor dan pola penyebaran beban juga krusial. Dalam konteks ini, bidang longsor biasanya terjadi pada lapisan tanah yang lebih lemah atau pada perbatasan antara dua lapisan dengan karakteristik berbeda. Ketika tekanan melebihi kapasitas geser tanah, pergeseran atau longsor dapat terjadi. Oleh karena itu, identifikasi dan analisis bidang longsor potensial harus dilakukan dengan teliti, menggunakan metode seperti teori keseimbangan batas dan pendekatan numerik. Dengan demikian, langkah-langkah mitigasi dapat dirancang untuk meningkatkan stabilitas, seperti penggunaan turap atau dinding penahan, untuk mengendalikan pergerakan tanah dan mencegah kerusakan lebih lanjut. Analisis ini menyediakan landasan yang kuat untuk desain struktur yang aman dan andal,

sebagaimana akan diuraikan pada bagian berikutnya yang menggambarkan bidang longsor yang terjadi.



Gambar 5.4 Bidang Longsor yang Terjadi

Tabel 5.1 Data Perencanaan Turap Kantilever

Lapisan Tanah	Ketebalan (m)	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	C_u (kN/m ²)	K_a	K_p
Timbunan	5	19,21	30,35	7	0,329	3,043
Asli	d_o	16,6	30,96	8	0,321	3,119

1. Koefisien Tekanan Tanah

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

Diketahui:

Lapisan Tanah Timbunan

$$\varphi_1 = 30,35^\circ$$

$$Ka_1 = 0,329$$

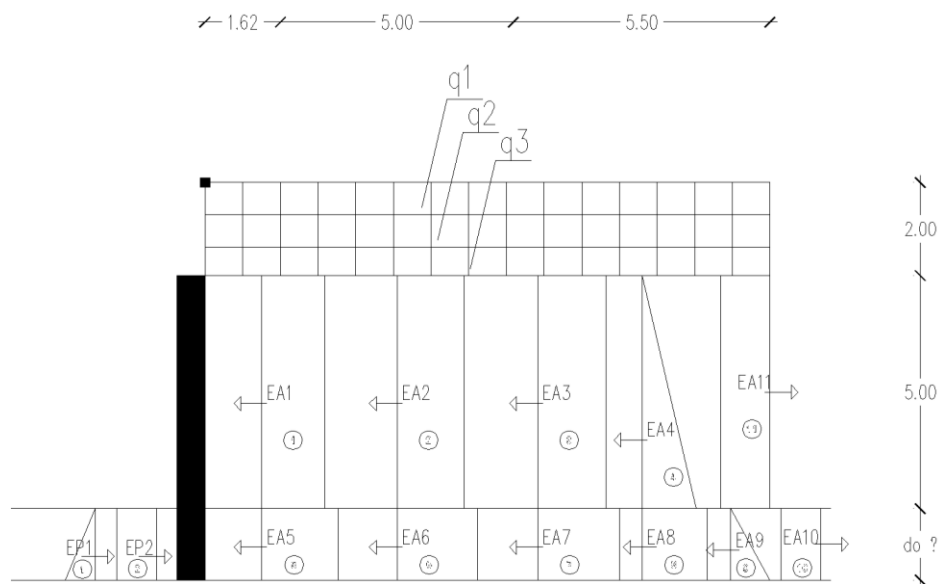
$$Kp_1 = 3,043$$

Lapisan Tanah Asli

$$\varphi_2 = 30,96^\circ$$

$$Ka_2 = 0,321$$

$$Kp_2 = 3,119$$



Gambar 5.5 Diagram Tekanan Tanah yang Terjadi

2. Tekanan Tanah Aktif

Akibat Beban Timbunan di Atas Turap:

$$\begin{aligned} EA_1 &= q_1 \times Ka_1 \\ &= 38,42 \times 0,329 \end{aligned}$$

$$= 12,64 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} EA_5 &= q_1 \times Ka_2 \\ &= 38,42 \times 0,321 \\ &= 12,33 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Akibat Perkerasan Jalan:

$$\begin{aligned} EA_2 &= q_2 \times Ka_1 \\ &= 9,6 \times 0,329 \\ &= 3,17 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EA_6 &= q_2 \times Ka_2 \\ &= 9,6 \times 0,321 \\ &= 3,09 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Akibat Beban Lalu Lintas:

$$\begin{aligned} EA_3 &= q_3 \times Ka_1 \\ &= 15 \times 0,321 \\ &= 4,93 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EA_7 &= q_3 \times Ka_2 \\ &= 15 \times 0,329 \\ &= 4,81 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Akibat Beban Lapisan Tanah Timbunan

$$\begin{aligned} EA_4 &= \gamma_1 \times h_1 \times Ka_1 \\ &= 19,29 \times 5 \times 0,329 \\ &= 31,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EA_8 &= \gamma_1 \times h_1 \times Ka_2 \\ &= 19,29 \times 5 \times 0,321 \\ &= 30,83 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
EA_{11} &= -2C_1\sqrt{Ka_1} \\
&= -2 \times 7 \times \sqrt{0,329} \\
&= -8,03 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Akibat Beban Lapisan Tanah Asli

$$\begin{aligned}
EA_9 &= \gamma_2 \times h_2 \times Ka_2 \\
&= 16,6 \times 0,321 \\
&= 5,33 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
EA_{10} &= -2C_2\sqrt{Ka_2} \\
&= -2 \times 8 \times \sqrt{0,321} \\
&= -9,065 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

3. Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned}
EP_1 &= \gamma_2 \times h_2 \times Kp_2 \\
&= 16,6 \times 3,119 \\
&= 51,78 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
EP_2 &= -2C_2\sqrt{Kp_2} \\
&= 2 \times 8 \times \sqrt{0,321} \\
&= 28,257 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

4. Tekanan Tanah Terhadap Titik d_o

Asumsi nilai kedalaman penetrasi turap $d_o = 6$ m. Pada analisis tekanan tanah terhadap titik d_o , asumsi kedalaman penetrasi turap $d_o = 6$ meter didasarkan pada keseimbangan momen aktif dan pasif yang bekerja pada struktur turap. Pemilihan kedalaman ini dilakukan melalui perhitungan iteratif dengan mempertimbangkan tekanan tanah aktif dan pasif yang dihitung berdasarkan karakteristik fisik dan mekanis tanah di lokasi proyek. Tekanan tanah aktif dihitung dengan memperhitungkan beban dari timbunan tanah, beban lalu lintas, dan lapisan tanah asli, sementara tekanan tanah

pasif dihitung dengan mempertimbangkan kohesi tanah dan berat volume tanah asli. Keseimbangan momen antara momen aktif (MA) dan momen pasif (MP) dicapai ketika $MA = MP$, yang dalam hal ini menghasilkan kedalaman penetrasi turap sebesar 6 meter. Kedalaman ini dipilih karena sesuai dengan rekomendasi literatur teknik sipil dan hasil studi kasus yang relevan, serta memperhitungkan kondisi geoteknik dan pertimbangan ekonomis untuk memastikan kestabilan dan efisiensi struktur turap yang direncanakan. Dengan demikian, kedalaman penetrasi turap $d_o = 6$ m meter dianggap memenuhi syarat teknis dan praktis dalam perencanaan konstruksi turap pada proyek ini.

Tabel 5.2 Momen Aktif yang Bekerja Terhadap Titik d_o

No	Tekanan Tanah Aktif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik d_o (m)	Momen ke Titik d_o (kNm)
1	$q_1 \times Ka_1 \times h_1$	63,20	8,5	537,208
2	$q_2 \times Ka_1 \times h_1$	15,83	8,5	134,572
3	$q_3 \times Ka_1 \times h_1$	24,68	8,5	209,738
4	$0,5 \times \gamma_1 \times Ka_1 \times h^2$	79,00	7,667	605,702
5	$q_1 \times Ka_2 \times d_o$	74,00	3	221,991
6	$q_2 \times Ka_2 \times d_o$	18,54	3	55,609
7	$q_3 \times Ka_2 \times d_o$	28,90	3	86,700
8	$\gamma_2 \times Ka_2 \times d_o$	184,99	3	554,977
9	$0,5 \times \gamma_2 \times Ka_2 \times d_o^2$	95,91	2	191,830
10	$-2 \times C_2 \times \sqrt{Ka_2} \times d_o$	-54,39	3	-163,172
11	$-2 \times C_1 \times \sqrt{Ka_1}$	-8,03	8,5	-68,257
ΣEA (kN/m ²)		523,629	ΣMA (kNm)	2372,453

Tabel 5.3 Momen Pasif yang Bekerja Terhadap Titik d_o

No	Tekanan Tanah Pasif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik d _o (m)	Momen ke Titik d _o (kNm)
1	$0,5 \times \gamma_2 \times Kp_2 \times d_o^2$	931,957	2	1863,914
2	$2 \times C_2 \times \sqrt{Kp_2} \times d_o$	169,543	3	508,628
ΣEP (kN/m ²)		1101,500	ΣMP (kNm)	2372,542

5. Kedalaman Penetrasi Turap

Kedalaman penetrasi turap ditentukan berdasarkan jumlah momen yang bekerja terhadap titik d_o = 0

$$\begin{aligned}
 (\Sigma MA)_{Total} &= \Sigma MA - \Sigma MP \\
 0 &= \Sigma MA - \Sigma MP \\
 0 &= 2372,453 - 2372,542 \\
 &= -0,089 \approx 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

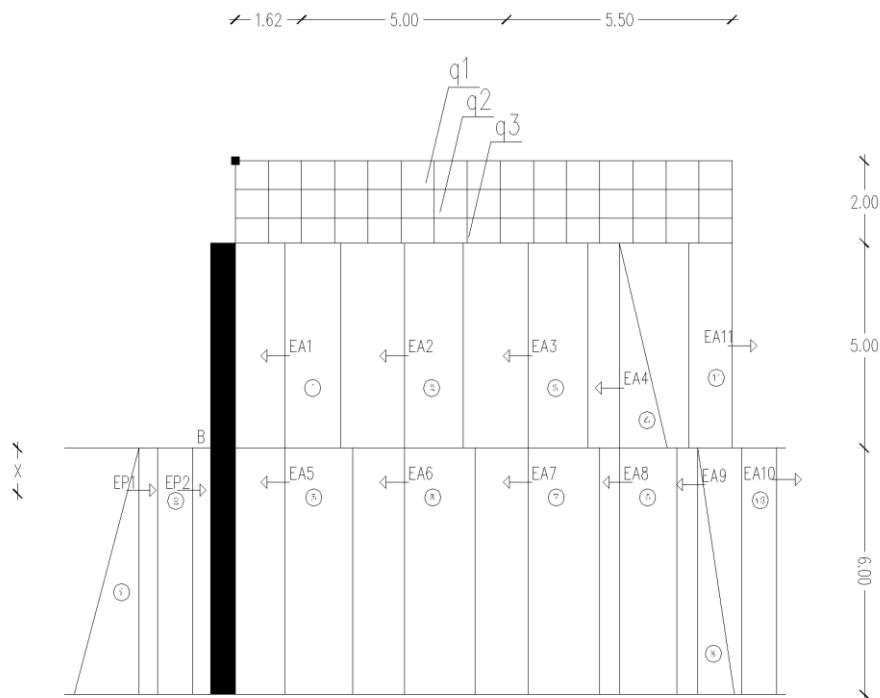
Diperoleh, d_o = 6 m

Digunakan, D = 1,2 × d_o = 7,20 m

Sehingga digunakan panjang total turap = H + D = 5 + 7,20 = 12,2 m

Momen maksimum terjadi pada kedalaman x m di antara titik B dan d_o. Perhitungan momen maksimum pada turap dilakukan untuk menentukan titik kritis di mana momen yang dihasilkan oleh tekanan tanah mencapai nilai tertingginya. Momen maksimum terjadi pada kedalaman tertentu antara titik B dan titik d_o, yaitu pada kedalaman x meter. Nilai kedalaman x ini diperoleh melalui analisis distribusi tekanan tanah aktif dan pasif sepanjang turap. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diasumsikan nilai kedalaman x = 2,95 meter.

Pada kedalaman ini, momen maksimum dihitung dengan menggunakan metode keseimbangan momen, di mana momen aktif (MA) dan momen pasif (MP) yang bekerja pada turap diintegrasikan sepanjang kedalaman hingga mencapai titik x.



Gambar 5.6 Diagram Gaya Untuk Mencari Momen Maksimum

Diasumsikan nilai kedalaman $x = 2,95 \text{ m}$

Tabel 5.4 Momen Aktif Yang Bekerja Terhadap Titik x

No	Tekanan Tanah Aktif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik x (m)	Momen ke Titik x (kNm)
1	$q_1 \times K_{a1} \times h_1$	63,201	8,5	537,208
2	$q_2 \times K_{a1} \times h_1$	15,832	8,5	134,572

Lanjutan Tabel 5.4 Momen Aktif Yang Bekerja Terhadap Titik x

No	Tekanan Tanah Aktif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik x (m)	Momen ke Titik x (kNm)
3	$q_3 \times Ka_1 \times h_1$	24,675	8,5	209,738
4	$0,5 \times \gamma_1 \times Ka_1 \times h^2$	79,001	2,95	233,053
5	$q_1 \times Ka_1 \times x$	36,382	1,475	53,663
6	$q_2 \times Ka_1 \times x$	9,114	1,475	13,443
7	$q_3 \times Ka_1 \times x$	14,204	1,475	20,951
8	$\gamma_2 \times h_1 \times Ka_2 \times x$	78,597	1,475	115,930
9	$0,5 \times \gamma_2 \times Ka_2 \times x^2$	23,186	0,983	22,792
10	$-2 \times C2 \times \sqrt{Ka_2} \times x$	-26,742	1,475	-39,445
11	$-2 \times C2 \times \sqrt{Ka_1} \times x$	-8,030	2,95	-23,689
ΣEA (kN/m ²)		308,589	ΣMA (kN/m ³)	1278,216

Tabel 5.5 Momen Pasif Yang Bekerja Terhadap Titik x

No	Tekanan Tanah Pasif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik x (m)	Momen ke Titik x (kNm)
1	$0,5 \times \gamma_2 \times Kp_2 \times x^2$	225,288	0,983	221,458
2	$2 \times C2 \times \sqrt{Kp_2} \times x$	83,358	1,475	122,954
ΣEP (kN/m ²)		308,646	ΣMP (kNm)	344,412

$$\begin{aligned}
 \Sigma EA &= \Sigma EP \\
 0 &= -\Sigma EA + \Sigma EP \\
 0 &= -308,589 + 308,646 \\
 &= -0,057 \approx 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Letak momen maksimum diperoleh $x = 2,95$ m dari titik B ke arah do, maka besarnya momen maksimum:

$$\begin{aligned}
 M_{Max(x)} &= \sum MA + \sum MP \\
 &= 1278,216 + 344,412 \\
 &= 1622,628 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Profil CCSP Yang Akan Digunakan

Syarat: $M_{max} < M_{crack}$

Nilai M_{crack} didapat dari tabel spesifikasi CCSP

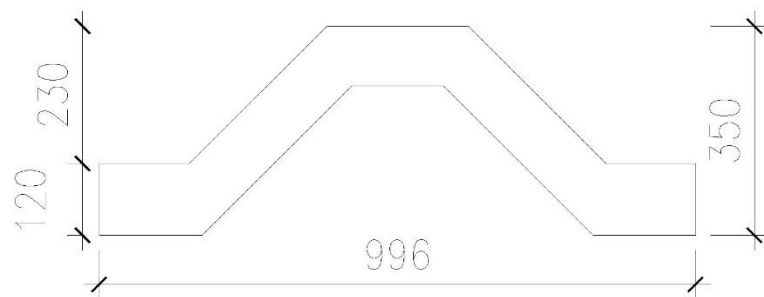
16, 23 ton < 17 ton

Maka digunakan profil CCSP W-350 tanpa beban gempa dengan data sebagai berikut:

Lebar = 996 mm

A = 1468 cm²

Inersia = 169,432 cm⁴



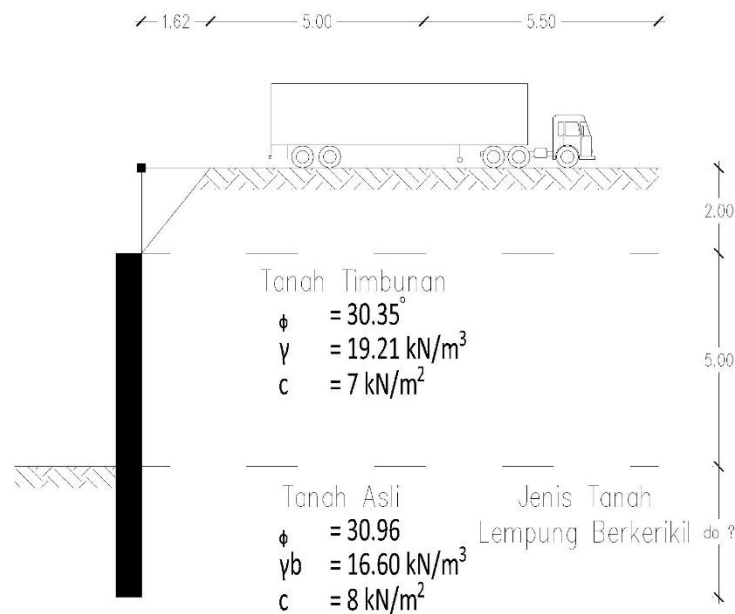
Gambar 5.7 Profil CCSP W-350

5.2.2 Analisis Metode Ujung Bebas dengan Beban Gempa

Metode ujung bebas dengan beban gempa adalah pendekatan yang memudahkan perhitungan efek dari beban lateral yang tidak merata seperti saat terjadi gempa bumi.

Analisis ini sangat penting mengingat Indonesia terletak di zona seismik aktif yang memerlukan perhitungan beban gempa sebagai bagian integral dari perencanaan konstruksi turap. Melalui analisis ini, kita dapat memahami bagaimana struktur turap merespons beban gempa dan bagaimana desain dapat disesuaikan untuk menjamin keamanan serta stabilitas struktur. Pada bagian ini, dibahas proses perhitungan kedalaman penetrasi turap *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* yang diperlukan untuk menahan beban gempa. Kedalaman penetrasi merupakan faktor kritis dalam desain turap untuk memastikan struktur dapat menahan beban lateral akibat gempa.

Analisis ini dimulai dengan menghitung tekanan tanah aktif dan pasif yang mempengaruhi turap selama gempa, menggunakan koefisien dari teori Mononobe-Okabe. Selanjutnya, kedalaman penetrasi turap dihitung berdasarkan keseimbangan antara tekanan aktif dan pasif tersebut. Hal ini untuk memastikan bahwa turap mampu menahan gaya lateral yang ditimbulkan oleh gempa. Metode ini juga mempertimbangkan parameter tanah seperti berat jenis, sudut gesekan dalam, dan kohesi yang diambil dari data seismik regional dan standar SNI-1726-2019. Kedalaman penetrasi yang dihasilkan dari perhitungan ini memastikan bahwa desain turap tidak hanya stabil terhadap tekanan tanah tetapi juga terhadap beban gempa, memberikan perlindungan optimal untuk infrastruktur yang direncanakan.



Gambar 5.8 Model Geometri Perencanaan Turap

Pembebanan seismik pada struktur dinding turap mempertimbangkan tekanan tanah aktif yang terpengaruh oleh densitas tanah, tinggi tanah yang ditopang, dan koefisien tekanan tanah. Tekanan tanah dihitung menggunakan koefisien dari teori Mononobe-Okabe. Magnitudo pembebanan seismik ekuivalen statis ditentukan berdasarkan posisi geografis area pemasangan dinding turap, yang direferensikan dari data seismik regional dan koefisien risiko seismik sesuai dengan standar SNI-1726-2019. Lokasi pemasangan dinding turap berada di Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat, yang menurut SNI-1726-2019, tergolong dalam kategori situs tanah lunak (SE) dan berada dalam klasifikasi risiko seismik II, yang berlaku untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung. Data yang diacu mencakup:

$$S_s = 1 \text{ m/s}^2$$

$$S_1 = 0,4 \text{ m/s}^2$$

$$I_e = 1$$

$$PGA = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$F_{PGA} = 1,2$$

Percepatan Tanah Puncak (PGA_m)

$$PGA_m = F_{PGA} \times PGA$$

$$= 1,2 \times 0,5$$

$$= 0,6$$

Koefisien Percepatan Horizontal dan Vertikal (K_h dan K_v)

$$K_h = 0,5 \times PGA_m$$

$$= 0,5 \times 0,6$$

$$= 0,3$$

$$K_v = 0$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{K_h}{1 - K_v} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{0,3}{1 - 0} \right)$$

$$= 16,992^\circ$$

Koefisien Tekanan Tanah Aktif Akibat Gempa pada Tanah Timbunan (K_{ae1})

$$\varphi = 30,35^\circ$$

$$K_{ae1} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos(\theta) \cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta + \theta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right)^2}$$

$$= \frac{\cos^2(33,5 - 16,992 - 0)}{\cos(16,992) \cos^2(0) \cos(0 + 16,992 + 0) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(33,5 + 0) \sin(33,5 - 16,992 - 0)}{\cos(0 + 0 + 16,992) \cos(0 - 0)}} \right)^2}$$

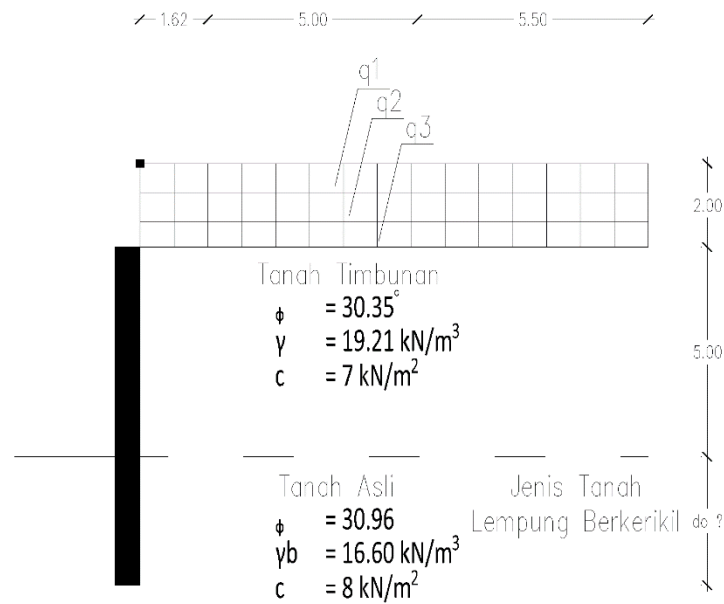
$$= 0,62$$

$$\varphi = 30,96^\circ$$

$$K_{ae1} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos(\theta) \cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta + \theta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right)^2}$$

$$= \frac{\cos^2(30,96 - 16,992 - 0)}{\cos(16,992) \cos^2(0) \cos(0 + 16,992 + 0) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(30,96 + 0) \sin(30,96 - 16,992 - 0)}{\cos(0 + 0 + 16,992) \cos(0 - 0)}} \right)^2}$$

$$= 0,63$$



Gambar 5.9 Model Geometri Penyebaran Beban

1. Koefisien Tekanan Tanah

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

Diketahui:

Lapisan Tanah Timbunan

$$\phi_1 = 30,35^\circ$$

$$K_{a1} = 0,329$$

$$K_{p1} = 3,043$$

$$\begin{aligned}\Delta K_{ae_1} &= K_{ae_1} - K_{a_1} \\ &= 0,62 - 0,329 \\ &= 0,291\end{aligned}$$

Lapisan Tanah Asli

$$\varphi_2 = 30,96^\circ$$

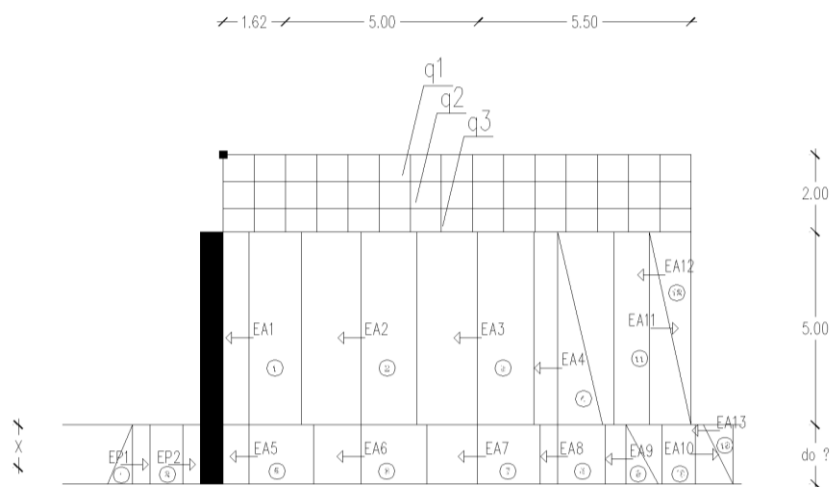
$$K_{a_2} = 0,321$$

$$K_{p_2} = 3,119$$

$$\begin{aligned}\Delta K_{ae_2} &= K_{ae_2} - K_{a_2} \\ &= 0,63 - 0,321 \\ &= 0,309\end{aligned}$$

Tabel 5.6 Data Perencanaan Turap Kantilever

Lapisan Tanah	Ketebalan (m)	γ (kN/m ³)	φ (°)	C_u (kN/m ²)	K_a	K_p	ΔK_{ae}
Timbunan	5	19,21	30,35	7	0,329	3,043	0,291
Asli	d_o	16,6	30,96	8	0,321	3,119	0,309



Gambar 5.10 Diagram Tekanan Tanah Yang Terjadi

1. Tekanan Tanah Aktif

Akibat Beban Timbunan di Atas Turap:

$$\begin{aligned}EA_1 &= q_1 \times Ka_1 \\&= 38.42 \times 0.329 \\&= 12,64 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}EA_5 &= q_1 \times Ka_2 \\&= 38.42 \times 0.321 \\&= 12,33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Akibat Perkerasan Jalan:

$$\begin{aligned}EA_2 &= q_2 \times Ka_1 \\&= 9,6 \times 0.329 \\&= 3,2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}EA_6 &= q_2 \times Ka_2 \\&= 9,6 \times 0.321 \\&= 3,1 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Akibat Beban Lalu Lintas:

$$\begin{aligned}EA_3 &= q_3 \times Ka_1 \\&= 15 \times 0.321 \\&= 4,93 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}EA_7 &= q_3 \times Ka_2 \\&= 15 \times 0.329 \\&= 4,81 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Akibat Beban Lapisan Tanah Timbunan

$$\begin{aligned}
 EA_4 &= \gamma_1 \times h_1 \times Ka_1 \\
 &= 19,29 \times 5 \times 0,329 \\
 &= 31,6 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EA_8 &= \gamma_1 \times h_1 \times Ka_2 \\
 &= 19,29 \times 5 \times 0,321 \\
 &= 30,83 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EA_{11} &= -2C_1\sqrt{Ka_1} \\
 &= -2 \times 7 \times \sqrt{0,329} \\
 &= -8,03 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Akibat Beban Lapisan Tanah Asli

$$\begin{aligned}
 EA_9 &= \gamma_2 \times h_2 \times Ka_2 \\
 &= 16,6 \times 0,321 \\
 &= 5,33 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EA_{10} &= -2C_2\sqrt{Ka_2} \\
 &= -2 \times 8 \times \sqrt{0,321} \\
 &= -9,065 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Akibat Gaya Gempa

$$\begin{aligned}
 EA_{12} &= \gamma_1 \times h_1 \times \Delta Kae_1 \\
 &= 19,29 \times 5 \times 0,291 \\
 &= 27,95 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EA_{13} &= \gamma_2 \times h_2 \times \Delta Kae_2 \\
 &= 16,6 \times 0,309 \\
 &= 5,13 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Tekanan Tanah Pasif

$$EP_1 = \gamma_2 \times h_2 \times Kp_2$$

$$\begin{aligned}
&= 16,6 \times 3,119 \\
&= 51,78 \text{ kN/m}^2 \\
EP_2 &= -2C_2\sqrt{Kp_2} \\
&= 2 \times 8 \times \sqrt{0,321} \\
&= 28,257 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

3. Tekanan Tanah Terhadap Titik d_o

Asumsi nilai kedalaman penetrasi turap $d_o = 6,13 \text{ m}$

Tabel 5.7 Momen Aktif yang Bekerja Terhadap Titik d_o

No	Tekanan Tanah Aktif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik d_o (m)	Momen ke Titik d_o (kNm)
1	$q_1 \times Ka_1 \times h_1$	63,10	8,63	544,553
2	$q_2 \times Ka_1 \times h_1$	16,43	8,63	141,791
3	$q_3 \times Ka_1 \times h_1$	24,65	8,63	212,730
4	$0,5 \times \gamma_1 \times Ka_1 \times h^2$	78,92	7,792	614,945
5	$q_1 \times Ka_2 \times d_o$	77,36	3,065	237,108
6	$q_2 \times Ka_2 \times d_o$	20,15	3,065	61,760
7	$q_3 \times Ka_2 \times d_o$	30,22	3,065	92,624
8	$\gamma_2 \times Ka_2 \times d_o$	188,78	3,065	578,611
9	$0,5 \times \gamma_2 \times Ka_2 \times d_o^2$	100,00	2,043	204,300
10	$-2 \times C_2 \times \sqrt{Ka_2} \times d_o$	-55,54	3,065	-170,230
11	$-2 \times C_1 \times \sqrt{Ka_1}$	-8,03	8,63	-69,299
12	$0,5 \times \gamma_1 \times \Delta Kae_1 \times h_1^2$	69,95	9,463	661,937
13	$0,5 \times \gamma_2 \times \Delta Kae_2 \times d_o^2$	96,49	4,087	394,355
$\Sigma EA \text{ (kN/m}^2\text{)}$		702,480	$\Sigma MA \text{ (kNm)}$	2449,346

Tabel 5.8 Momen Pasif yang Bekerja Terhadap Titik d_o

No	Tekanan Tanah Pasif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik d_o (m)	Momen ke Titik d_o (kNm)
1	$0,5 \times \gamma_2 \times K_{p2} \times d_o^2$	972,760	2,043	1987,680
2	$2 \times C_2 \times \sqrt{K_{p2}} \times d_o$	173,215	3,065	530,904
ΣEP (kN/m ²)		1145,975	ΣMP (kNm)	2449,388

4. Kedalaman Penetrasi Turap

Kedalaman penetrasi turap ditentukan berdasarkan jumlah momen yang bekerja terhadap titik $d_o = 0$

$$\begin{aligned}
 (\Sigma MA)_{Total} &= \Sigma MA - \Sigma MP \\
 0 &= \Sigma MA - \Sigma MP \\
 0 &= 2449,346 - 2449,388 \\
 &= -0,042 \approx 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

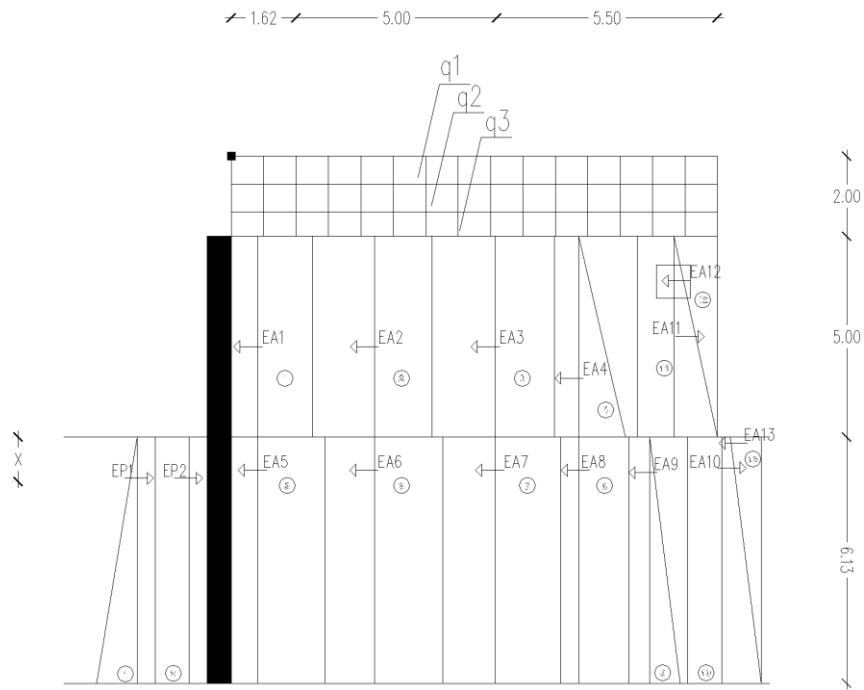
Diperoleh, $d_o = 6,13$ m

Digunakan, $D = 1,2 \times d_o = 7,36$ m

Sehingga digunakan panjang total turap = $H + D = 5 + 7,36 = 12,36$ m

5. Perhitungan Momen Maksimum Pada Turap

Momen maksimum terjadi pada kedalaman x m di antara titik B dan d_o



Gambar 5.11 Diagram Gaya Untuk Mencari Momen Maksimum

Diasumsikan nilai kedalaman $x = 3,56 \text{ m}$

Tabel 5.9 Momen Aktif Yang Bekerja Terhadap Titik x

No	Tekanan Tanah Aktif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik x (m)	Momen ke Titik x (kNm)
1	$q_1 \times Ka_1 \times h_1$	63,10	6,06	382,386
2	$q_2 \times Ka_1 \times h_1$	16,43	6,06	99,566
3	$q_3 \times Ka_1 \times h_1$	24,65	6,06	149,379
4	$0,5 \times \gamma_1 \times Ka_1 \times h^2$	78,92	5,227	412,515
5	$q_1 \times Ka_1 \times x$	43,83	1,78	78,017
6	$q_2 \times Ka_1 \times x$	11,41	1,78	20,310
7	$q_3 \times Ka_1 \times x$	17,12	1,78	30,474

Lanjutan Tabel 5.9 Momen Aktif Yang Bekerja Terhadap Titik x

No	Tekanan Tanah Aktif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik x (m)	Momen ke Titik x (kNm)
8	$\gamma_2 \times h_1 \times Ka_2 \times x$	112,38	1,78	200,036
9	$0,5 \times \gamma_2 \times Ka_2 \times x^2$	33,73	1,187	40,038
10	$-2 \times C2 \times \sqrt{Ka_2} \times x$	-66,92	1,78	-119,118
11	$-2 \times C2 \times \sqrt{Ka_1} \times x$	-8,03	6,06	-48,662
12	$0,5 \times \gamma_1 \times \Delta Ka_e1 \times h_1^2$	69,959	6,893	482,227
13	$0,5 \times \gamma_2 \times \Delta Ka_e2 \times d_o^2$	32,54	2,373	77,227
ΣEA (kN/m ²)		428,672	ΣMA (kNm)	1904,359

Tabel 5.10 Momen Pasif Yang Bekerja Terhadap Titik x

No	Tekanan Tanah Pasif Total (kN/m ²)		Jarak ke Titik x (m)	Momen ke Titik x (kNm)
1	$0,5 \times \gamma_2 \times Kp_2 \times x^2$	328,085	1,187	1987,680
2	$2 \times C2 \times \sqrt{Kp_2} \times x$	100,595	1,78	179,059
ΣEP (kN/m ²)		428,680	ΣMP (kNm)	568,386

$$\begin{aligned}
 \Sigma EA &= \Sigma EP \\
 0 &= -\Sigma EA + \Sigma EP \\
 0 &= -429,123 + 428,68 \\
 &= 0,443 \approx 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Letak momen maksimum diperoleh $x = 3,56$ m dari titik B ke arah d_o maka besarnya momen maksimum:

$$\begin{aligned}
 M_{\text{Max}(x)} &= \Sigma MA + \Sigma MP \\
 &= 1279,382 + 344,412
 \end{aligned}$$

$$= 1623,794 \text{ kNm}$$

6. Menentukan Profil CCSP Yang Akan Digunakan

Syarat: $M_{\max} < M_{\text{crack}}$

Nilai M_{crack} yang digunakan dengan beban gempa didapat dari tabel spesifikasi

CCSP: $23,72 \text{ tm} < 26,9 \text{ tm}$

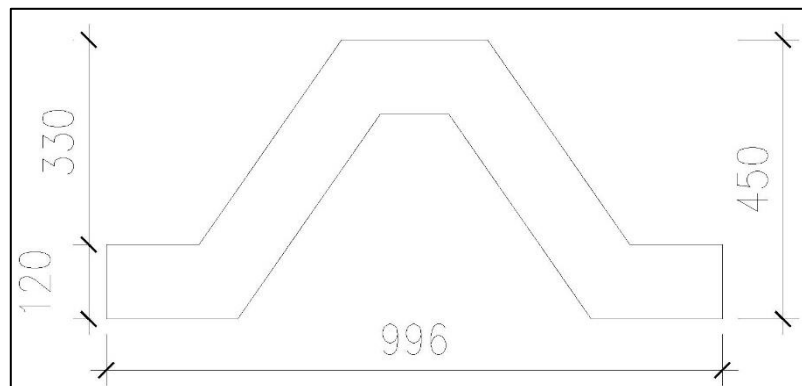
Profil CCSP W-450 digunakan dengan data sebagai berikut:

Lebar = 996 mm

Tebal = 450 mm

A = 1835 cm^2

Inersia = $169,432 \text{ cm}^4$



Gambar 5.12 Profil CCSP W-450

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan hasil yang diperoleh dari analisis adalah sebagai berikut:

1. Metode ujung bebas menunjukkan kedalaman penetrasi turap sebesar 6 meter tanpa beban gempa dan 6.13 meter dengan beban gempa. Panjang total turap yang memenuhi kriteria keamanan adalah 12.2 meter tanpa beban gempa dan 12.36 meter dengan beban gempa.
2. Profil CCSP W-350 B dipilih untuk analisis tanpa beban gempa pada proyek pembangunan Jalan Bypass BIL – Mandalika STA. 2+000 dengan lebar 996 mm dan ketebalan 350 mm.
3. Profil CCSP W-450 A dipilih untuk analisis dengan beban gempa pada proyek pembangunan Jalan Bypass BIL – Mandalika STA. 2+000 dengan lebar 996 mm dan ketebalan 450 mm

6.2 Saran

Saran berdasarkan analisis ini adalah:

1. Kondisi tanah sekitar lokasi pemasangan turap harus disesuaikan dengan parameter tanah yang telah diperoleh.
2. Potensi longsor dan berbagai beban yang mungkin terjadi di area tersebut perlu diwaspadai.
3. Melakukan studi komparatif terhadap penggunaan bahan alternatif selain beton, seperti baja, untuk mengetahui efisiensi biaya dan durabilitas dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Asbuilt Drawing*. Proyek Pembangunan Jalan Bypass BIL – Mandalika.
- Bappenas. 2017. *Pedoman Pemerintah Daerah dalam Penyusunan Rencana Pembangunan Jalan*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Bijatri, E. 2020. *Analisis Stabilitas Timbunan pada Tanah Lempung Ekspansif dengan Perkuatan Geosintetik pada Ruas Jalan BIL - Mandalika*. Mataram: Universitas Mataram.
- Boussinesq, J. V. 1877. *Essai sur la théorie des eaux courantes*. Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences.
- Bowles, Joseph. E. 1996. *Foundation Analysis and Design*. The McGraw - Hill Companies, Inc. Tokyo. Japan.
- Brochure: The Precast Concrete Manufacturer. Wika Beton.
- Craig, R. F. 2004. *Craig's Soil Mechanics*. Spon Press. London.
- Das, B. M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. VII Edition. PWS Publishing Company.
- Diputra, M. W., Arif, M., & Sari, P. T. (2016). *Perencanaan Turap/Retaining Wall Pembangunan Jalan Tol Gempol - Pandaan STA 6+518 s/d 6+575*. Jurnal Teknik Pomits, 1-6.
- Fihani, Ahmad. 2020. *Analisis Berat Pada Pekerjaan Jalan (Surface Infrastruktur Pendukung Circuit Mandalika Menggunakan Metode Produktivitas Dan Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Lapis Permukaan Surface) Poyek Pembangunan Infrastruktur Pendukung Street-Race Mandalika Menggunakan Metode Bina Marga Alat Lapis Permukaan) Poyek Pembangunan Race Mandalika Menggunakan Metode*. Universitas Mataram. Mataram.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Teknik Pondasi 2*. Edisi III. Beta Offset. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Mekanika Tanah 2*. Edisi III. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

- Hardiyatmo, Hary Christady. 2018. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hertiany, I. R., & Asyifa, A. (2014). *Perencanaan Konstruksi Sheet Pile Wall Sebagai Alternatif Pengganti Gravity Wall*. INERSIA, 53-65.
- Irianto, Djoni., Wesesa, Dwi Ratih. 2013. *Pemancangan Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) Pada Proyek Wonokromo River Improvement Surabaya Sub Project Package-3*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Indarto, H. (2005). *Buku Ajar Mekanika Getaran dan Rekayasa Gempa*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif. 2019. *Pedoman Teknis Pengembangan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Pariwisata Mandalika*. Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2021. *Laporan Proyek Pembangunan Jalan Bypass Bandara Internasional Lombok - Mandalika*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Mayeli, P., & Sheard, G. J. 2021. *Buoyancy-driven flows beyond the Boussinesq approximation: A brief review*. International Communications in Heat and Mass Transfer, 125, 1053161.
- Murthy, V. N. S. 2002. *Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Sutanto. 2017. *Analisa Stabilitas Kelongsoran Pada Masa Konstruksi Di Proyek Pembangunan Turap Sheetpile Dengan Metode Limit Equilibrium*. Jurnal Konstruksia, Volume 9 Nomor 1.
- SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (2019). Badan Standrardisasi Nasional. Jakarta.
- Spangler, M G. 1938. *The Structural Design of Flexible Pipe Culverts*. Vol. 17, Part I, PP 235-239, 1 FIG, 3 PHOT. Highway Research Board Proceedings Series. National Academy of Sciences. United States of America.
- Suryolelono, K. B. 1994. *Teknik Fondasi Bagian II*. NAFIRI. Yogyakarta.
- Teng, W.C. 1962. *Teknik Fondasi Bagian II*. NAFIRI. Yogyakarta.
- Terzaghi, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. Wiley, New York.

Yuliet, Rina., Hakam, Abdul., Ramanugraha, Yones. 2014. *Studi Stabilitas Turap Beton Pada Tepi Sungai Anai Kabupaten Padang Pariaman*. Volume 13 No.1, Oktober 2014: 56-68. Padang.

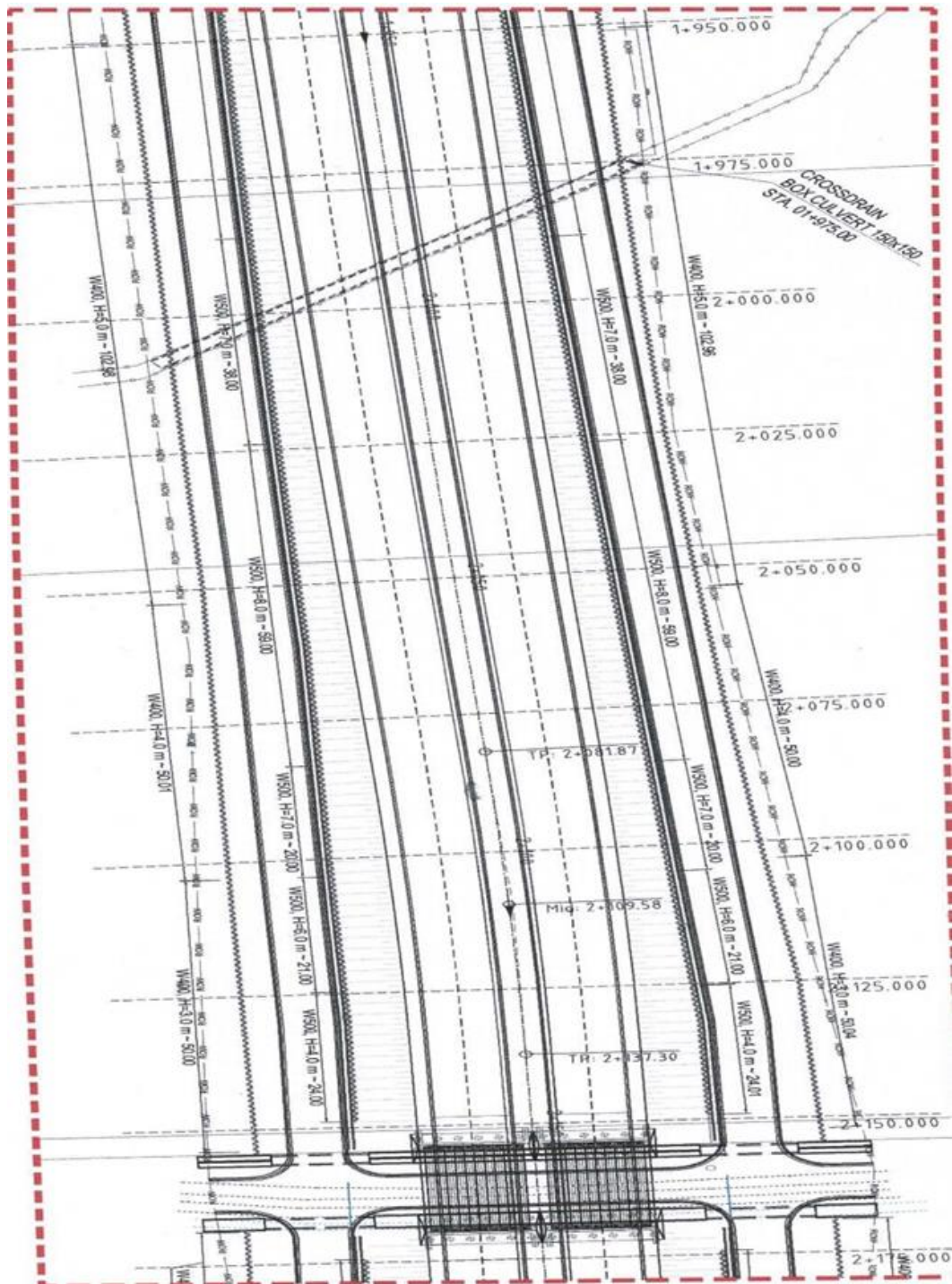
LAMPIRAN



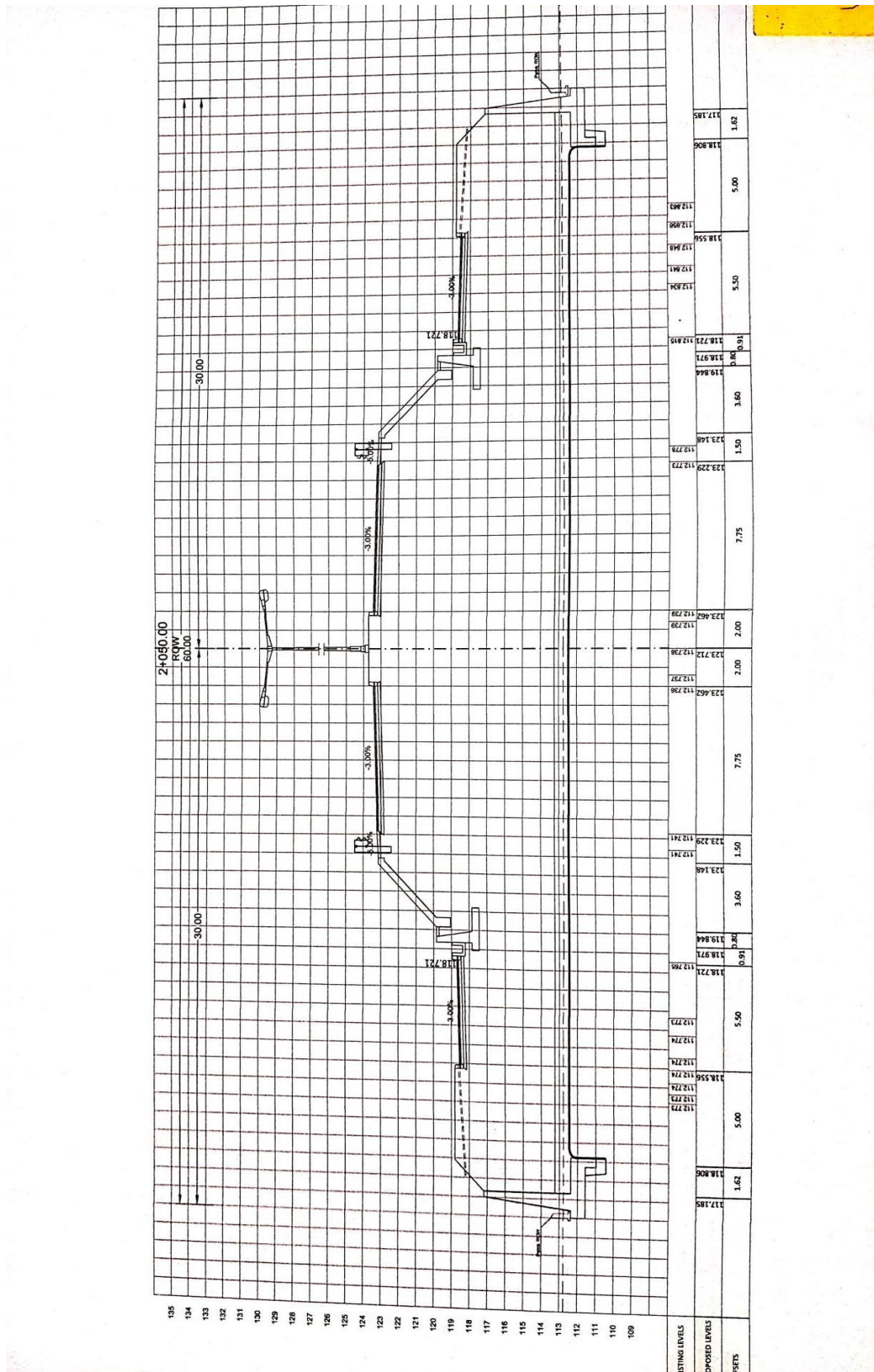
JADWAL WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI
(TIME SCHEDULE)
Pembangunan Jalan By Pass Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika 1

Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	: PPK 1.1.
Satuan Kerja	: Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Provinsi NTB
Nama Paket Pekerjaan	: Pembangunan Jalan By Pass Bandara Internasional Lombok (BIL) - Mandalika 1
Provinsi/ Kabupaten	: Nusa Tenggara Barat/Lombok Tengah
Tahun Anggaran	: TA. 2020 sd. 2021

No.		Uraian	Seban	Perkiraan Kuantitas	Bobot %	Jangka Waktu Pelaksanaan (965 HK)																																																SISA PEMBAHASAN 300 HK	KETERANGAN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
						2020												2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
						Bulan ke - 3						Bulan ke - 4						Bulan ke - 5						Bulan ke - 6						Bulan ke - 7						Bulan ke - 8						Bulan ke - 9						Bulan ke - 10								Bulan ke - 11						Bulan ke - 12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20	M-21	M-22	M-23	M-24	M-25	M-26	M-27	M-28	M-29	M-30	M-31	M-32	M-33	M-34	M-35	M-36	M-37	M-38	M-39	M-40	M-41	M-42	M-43	M-44	M-45	M-46	M-47	M-48	M-49	M-50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
a	b	c	d	e	f	Har1-7	Har18-14	Har1-21	Har18-17	Har1-24	Har18-21	Har1-28	Har18-25	Har1-31	Har18-28	Har1-3	Har18-30	Har1-6	Har18-33	Har1-9	Har18-36	Har1-12	Har18-39	Har1-15	Har18-42	Har1-18	Har18-45	Har1-21	Har18-48	Har1-24	Har18-51	Har1-27	Har18-54	Har1-30	Har18-57	Har1-33	Har18-60	Har1-36	Har18-63	Har1-39	Har18-66	Har1-42	Har18-69	Har1-45	Har18-72	Har1-48	Har18-75	Har1-51	Har18-78	Har1-54	Har18-81	Har1-57	Har18-84	Har1-60	Har18-87	Har1-63	Har18-90	Har1-66	Har18-93	Har1-69	Har18-96	Har1-72	Har18-99	Har1-75	Har18-102	Har1-78	Har18-105	Har1-81	Har18-108	Har1-84	Har18-111	Har1-87	Har18-114	Har1-90	Har18-117	Har1-93	Har18-120	Har1-96	Har18-123	Har1-99	Har18-126	Har1-102	Har18-129	Har1-105	Har18-132	Har1-108	Har18-135	Har1-111	Har18-138	Har1-114	Har18-141	Har1-117	Har18-144	Har1-120	Har18-147	Har1-123	Har18-150	Har1-126	Har18-153	Har1-129	Har18-156	Har1-132	Har18-159	Har1-135	Har18-162	Har1-138	Har18-165	Har1-141	Har18-168	Har1-144	Har18-171	Har1-147	Har18-174	Har1-150	Har18-177	Har1-153	Har18-180	Har1-156	Har18-183	Har1-159	Har18-186	Har1-162	Har18-189	Har1-165	Har18-192	Har1-168	Har18-195	Har1-171	Har18-198	Har1-174	Har18-201	Har1-177	Har18-204	Har1-180	Har18-207	Har1-183	Har18-210	Har1-186	Har18-213	Har1-189	Har18-216	Har1-192	Har18-219	Har1-195	Har18-222	Har1-198	Har18-225	Har1-201	Har18-224	Har1-204	Har18-227	Har1-207	Har18-230	Har1-210	Har18-233	Har1-213	Har18-236	Har1-216	Har18-239	Har1-219	Har18-242	Har1-222	Har18-245	Har1-225	Har18-248	Har1-228	Har18-251	Har1-231	Har18-254	Har1-234	Har18-257	Har1-237	Har18-260	Har1-240	Har18-263	Har1-243	Har18-266	Har1-246	Har18-269	Har1-249	Har18-272	Har1-252	Har18-275	Har1-255	Har18-278	Har1-258	Har18-281	Har1-261	Har18-284	Har1-264	Har18-287	Har1-267	Har18-290	Har1-270	Har18-293	Har1-273	Har18-296	Har1-276	Har18-299	Har1-279	Har18-302	Har1-282	Har18-305	Har1-285	Har18-308	Har1-288	Har18-311	Har1-291	Har18-314	Har1-294	Har18-317	Har1-297	Har18-320	Har1-300	Har18-323	Har1-303	Har18-326	Har1-306	Har18-329	Har1-309	Har18-332	Har1-312	Har18-335	Har1-315	Har18-338	Har1-318	Har18-341	Har1-321	Har18-344	Har1-324	Har18-347	Har1-327	Har18-350	Har1-330	Har18-353	Har1-333	Har18-356	Har1-336	Har18-359	Har1-339	Har18-362	Har1-342	Har18-365	Har1-345	Har18-368	Har1-348	Har18-371	Har1-351	Har18-374	Har1-354	Har18-377	Har1-357	Har18-380	Har1-360	Har18-383	Har1-363	Har18-386	Har1-366	Har18-389	Har1-369	Har18-392	Har1-372	Har18-395	Har1-375	Har18-398	Har1-378	Har18-401	Har1-381	Har18-404	Har1-384	Har18-407	Har1-387	Har18-410	Har1-390	Har18-413	Har1-393	Har18-416	Har1-396	Har18-419	Har1-399	Har18-422	Har1-402	Har18-425	Har1-405	Har18-428	Har1-408	Har18-431	Har1-411	Har18-434	Har1-414	Har18-437	Har1-417	Har18-440	Har1-420	Har18-443	Har1-423	Har18-446	Har1-426	Har18-449	Har1-429	Har18-452	Har1-432	Har18-455	Har1-435	Har18-458	Har1-438	Har18-461	Har1-441	Har18-464	Har1-444	Har18-467	Har1-447	Har18-470	Har1-450	Har18-473	Har1-453	Har18-476	Har1-456	Har18-479	Har1-459	Har18-482	Har1-462	Har18-485	Har1-465	Har18-488	Har1-468	Har18-491	Har1-471	Har18-494	Har1-474	Har18-497	Har1-477	Har18-500	Har1-480	Har18-503	Har1-483	Har18-506	Har1-486	Har18-509	Har1-489	Har18-512	Har1-492	Har18-515	Har1-495	Har18-518	Har1-498	Har18-521	Har1-501	Har18-524	Har1-504	Har18-527	Har1-507	Har18-530	Har1-510	Har18-533	Har1-513	Har18-536	Har1-516	Har18-539	Har1-519	Har18-542	Har1-522	Har18-545	Har1-525	Har18-548	Har1-528	Har18-551	Har1-531	Har18-554	Har1-534	Har18-557	Har1-537	Har18-560	Har1-540	Har18-563	Har1-543	Har18-566	Har1-546	Har18-569	Har1-549	Har18-572	Har1-552	Har18-575	Har1-555	Har18-578	Har1-558	Har18-581	Har1-561	Har18-584	Har1-564	Har18-587	Har1-567	Har18-590	Har1-570	Har18-593	Har1-573	Har18-596	Har1-576	Har18-599	Har1-579	Har18-602	Har1-582	Har18-605	Har1-585	Har18-608	Har1-588	Har18-611	Har1-591	Har18-614	Har1-594	Har18-617	Har1-597	Har18-620	Har1-600	Har18-623	Har1-603	Har18-626	Har1-606	Har18-629	Har1-609	Har18-632	Har1-612	Har18-635	Har1-615	Har18-638	Har1-618	Har18-641	Har1-621	Har18-644	Har1-624	Har18-647	Har1-627	Har18-650	Har1-630	Har18-653	Har1-633	Har18-656	Har1-636	Har18-659	Har1-639	Har18-662	Har1-642	Har18-665	Har1-645	Har18-668	Har1-648	Har18-671	Har1-651	Har18-674	Har1-654	Har18-677	Har1-657	Har18-680	Har1-660	Har18-683	Har1-663	Har18-686	Har1-666	Har18-689	Har1-669	Har18-692	Har1-672	Har18-695	Har1-675	Har18-698	Har1-678	Har18-701	Har1-681	Har18-704	Har1-684	Har18-707	Har1-687	Har18-710	Har1-690	Har18-713	Har1-693	Har18-716	Har1-696	Har18-719	Har1-699	Har18-722	Har1-702	Har18-725	Har1-705	Har18-728	Har1-708	Har18-731	Har1-711	Har18-734	Har1-714	Har18-737	Har1-717	Har18-740	Har1-720	Har18-743	Har1-723	Har18-746	Har1-726	Har18-749	Har1-729	Har18-752	Har1-732	Har18-755	Har1-735	Har18-758	Har1-738	Har18-761	Har1-741	Har18-764	Har1-744	Har18-767	Har1-747	Har18-770	Har1-750	Har18-773	Har1-753	Har18-776	Har1-756	Har18-779	Har1-759	Har18-782	Har1-762	Har18-785	Har1-765	Har18-788	Har1-768	Har18-791	Har1-771	Har18-794	Har1-774	Har18-797	Har1-777	Har18-800	Har1-780	Har18-803	Har1-783	Har18-806	Har1-786	Har18-809	Har1-789	Har18-812	Har1-792	Har18-815	Har1-795	Har18-818	Har1-798	Har18-821	Har1-801	Har18-824	Har1-804	Har18-827	Har1-807	Har18-830	Har1-810	Har18-833	Har1-813	Har18-836	Har1-816	Har18-839	Har1-819	Har18-842	Har1-822	Har18-845	Har1-825	Har18-848	Har1-828	Har18-851	Har1-831	Har18-854	Har1-834	Har18-857	Har1-837	Har18-860	Har1-840	Har18-863	Har1-843	Har18-866	Har1-846	Har18-869	Har1-849	Har18-872	Har1-852	Har18-875	Har1-855	Har18-878	Har1-858	Har18-881	Har1-861	Har18-884	Har1-864	Har18-887	Har1-867	Har18-890	Har1-870	Har18-893	Har1-873	Har18-896	Har1-876	Har18-899	Har1-879	Har18-902	Har1-882	Har18-905	Har1-885	Har18-908	Har1-888	Har18-911	Har1-891	Har18-914	Har1-894	Har18-917	Har1-897	Har18-920	Har1-900	Har18-923	Har1-903	Har18-926	Har1-906	Har18-929	Har1-909	Har18-932	Har1-912	Har18-935	Har1-915	Har18-938	Har1-918	Har18-941	Har1-921	Har18-944	Har1-924	Har18-947	Har1-927	Har18-950	Har1-930	Har18-953	Har1-933	Har18-956	Har1-936	Har18-959	Har1-939	Har18-962	Har1-942	Har18-965	Har1-945	Har18-968	Har1-948	Har18-971	Har1-951	Har18-974	Har1-954	Har18-977	Har1-957	Har18-980	Har1-960	Har18-983	Har1-963	Har18-986	Har1-966	Har18-989	Har1-969	Har18-992	Har1-972	Har18-995	Har1-975	Har18-998	Har1-978	Har18-1001	Har1-981	Har18-1004	Har1-984	Har18-1007	Har1-987	Har18-1010	Har1-990	Har18-1013	Har1-993	Har18-1016	Har1-996	Har18-1019	Har1-999	Har18-1022	Har1-1002	Har18-1025	Har1-1005	Har18-1028	Har1-1008	Har18-1031	Har1-1011	Har18-1034	Har1-1014	Har18-1037	Har1-1017	Har18-1040	Har1-1020	Har18-1043	Har1-1023	Har18-1046	Har1-1026	Har18-1049	Har1-1029	Har18-1052	Har1-1032	Har18-1055	Har1-1035	Har18-1058	Har1-1038	Har18-1061	Har1-1041	Har18-1064	Har1-1044	Har18-1067	Har1-1047	Har18-1070	Har1-1050	Har18-1073	Har1-1053	Har18-1076	Har1-1056	Har18-1079	Har1-1059	Har18-1082	Har1-1062	Har18-1085	Har1-1065	Har18-1088	Har1-1068	Har18-1091	Har1-1071	Har18-1094	Har1-1074	Har18-1097	Har1-1077	Har18-1100	Har1-1080	Har18-1103	Har1-1083	Har18-1106	Har1-1086	Har18-1109	Har1-1089	Har18-1112	Har1-1092	Har18-1115	Har1-1095	Har18-1118	Har1-1098	Har18-1121	Har1-1101	Har18-1124	Har1-1104	Har18-1127	Har1-1107	Har18-1130	Har1-1110	Har18-1133	Har1-1113	Har18-1136	Har1-1116	Har18-1139	Har1-1119	Har18-1142	Har1-1122	Har18-1145	Har1-1125	Har18-1148	Har1-1128	Har18-1151	Har1-1131	Har18-1154	Har1-1134	Har18-1157	Har1-1137	Har18-1160	Har1-1140	Har18-1163	Har1-1143	Har18-1166	Har1-1146	Har18-1169	Har1-1149	Har18-1172	Har1-1152	Har18-1175	Har1-1155	Har18-1178	Har1-1158	Har18-1181	Har1-1161	Har18-1184	Har1-1164	Har18-1187	Har1-1167	Har18-1190	Har1-1170	Har18-1193	Har1-1173	Har18-1196	Har1-1176	Har18-1199	Har1-1179	Har18-1202	Har1-1182	Har18-1205	Har1-1185	Har18-1208	Har1-1188	Har18-1211	Har1-1191	Har18-1214	Har1-1194	Har18-1217	Har1-1197	Har18-1220	Har1-1200	Har18-1223	Har1-1203	Har18-1226	Har1-1206	Har18-1229	Har1-1209	Har18-1232	Har1-1212	Har18-1235	Har1-1215	Har18-1238	Har1-1218	Har18-1241	Har1-1221	Har18-1244	Har1-1224	Har18-1247	Har1-1227	Har18-1250	Har1-1230	Har18-1253	Har1-1233	Har18-1256	Har1-1236	Har18-1259	Har1-1239	Har18-1262	Har1-1242	Har18-1265	Har1-1245	Har18-1268	Har1-1248	Har18-1271	Har1-1251	Har18-1274	Har1-1254	Har18-1277	Har1-1257	Har18-1280	Har1-1260	Har18-1283	Har1-1263	Har18-1286	Har1-1266	Har18-1289	Har1-1269	Har18-1292	Har1-1272	Har18-1295	Har1-1275	Har18-1298	Har1-1278	Har18-1301	Har1-1281	Har18-1304	Har1-1284	Har18-1307	Har1-1287	Har18-1310	Har1-1290	Har18-1313	Har1-1293	Har18-1316	Har1-1296	Har18-1319	Har1-1299	Har18-1322	Har1-1302	Har18-1325	Har1-1305	Har18-1328	Har1-1308	Har18-1331	Har1-1311	Har18-1334	Har1-1314	Har18-1337	Har1-1317	Har18-1340	Har1-1320	Har18-1343	Har1-1323	Har18-1346	Har1-1326	Har18-1349	Har1-1329	Har18-1352	Har1-1332	Har18-1355	Har1-1335	Har18-1358	Har1-1338	Har18-1361	Har1-1341	Har18-1364	Har1-1344	Har18-1367	Har1-1347	Har18-1370	Har1-1350	Har18-1373	Har1-1353	Har18-1376	Har1-1356	Har18-1379	Har1-1359	Har18-1382	Har1-1362	Har18-1385	Har1-1365	Har18-1388	Har1-1368	Har18-1391	Har1-1371	Har18-1394	Har1-1374	Har18-1397	Har1-1377	Har18-1400	Har1-1380	Har18-1403	Har1-1383	Har18-1406	Har1-1386	Har18-1409	Har1-1389	Har18-1412	Har1-1392	Har18-1415	Har1-1395	Har18-1418	Har1-1398	Har18-1421	Har1-1401	Har18-1424	Har1-1404	Har18-1427	Har1-1407	Har18-1430	Har1-1410	Har18-1433	Har1-1413	Har18-1436	Har1-1416	Har18-1439	Har1-1419	Har18-1442	Har1-1422	Har18-1445	Har1-1425	Har18-1448	Har1-1428	Har18-1451	Har1-1431	Har18-1454	Har1-1434	Har18-1457	Har1-1437	Har18-1460	Har1-1440	Har18-1463	Har1-1443	Har18-1466	Har1-1446	Har18-1469	Har1-1449	Har18-1472	Har1-1452	Har18-1475	Har1-1455	Har18-1478	Har1-1458	Har18-1481	Har1-1461	Har18-1484	Har1-1464	Har18-1487	Har1-1467	Har18-1490	Har1-1470	Har18-1493	Har1-1473	Har18-1496	Har1-14



Lampiran 3 Potongan Melintang Jalan Sta. 2+000



Lampiran 4 Lembar Hasil Uji Balai Pengujian Material Konstruksi



PEMERINTAH PROPINSI NUSA TENGGARA BARAT
DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG
BALAI PENGUJIAN MATERIAL KONSTRUKSI
Jl. Majapahit Nomor 8 - 836627 email: balai_pmk@nusa-barat.go.id
MATARAM 83126

LEMBAR HASIL UJI

Pekerjaan : Pembangunan Jalan Bypass Bli. - Mandalika 1

Jumlah Lembar : 2 (Dua) Lembar

Pengirim Contoh : NINDYA - BUMIAGUNG, KSO

Surat Permintaan : 0037/MANDALIKA-I/KM/10/2020, tertanggal 24 Oktober 2020

A. Contoh yang diterima

Contoh yang diterima Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat pada tanggal 24 Oktober 2020 adalah:

1. Timbunan Pilihan 1 karung (ex. Pengembur)
2. Timbunan Pilihan 1 karung (ex. Toas)
3. Timbunan Pilihan 1 karung (ex. Sengkol)

B. Hasil Pengujian

Parameter		Ex. PENGEMBUR	Ex. TOAS	Ex. SENGKOL	SATUAN
Pemadatan Modified (SNI 1743 : 2008)	γ _d Max	1,650	1,650	1,710	Kg/cm ³
	W Optimum	14,00	20,40	15,60	%
CBR Lab (SNI 1744 : 2012)		11,40	11,00	8,20	%
Berat Jenis (SNI 1964:2008)		2,553	2,613	2,592	
Batas Cair (SNI 1967 : 2008)		28,00	36,00	28,00	%
Batas Plastis (SNI 1966 2008)	PL	13,38	20,01	15,58	%
	PI	14,63	15,99	12,43	%

Parameter		Ex. PENGEMBUR	Ex. TOAS	Ex. SENGKOL	SATUAN
Sudut Geser (SNI 03-2813- 1993)	Ø	30,96	30,35	29,74	°
	C	0,08	0,07	0,07	Kg/cm ²

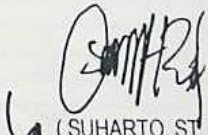
C. Keberlakuan Data

Hasil Pengujian hanya berlaku untuk Contoh yang diterima oleh Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Mengetahui :
Manajer Laboratorium
Balai Pengujian Material Konstruksi
Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang
Provinsi NTB


(YUSUF SIGAR LITUALY, ST)
NIP.197002141998031013

Mataram, 06 November 2020
Kepala Seksi Bahan Bangunan
Dan Pengujian Tanah


(SUHARTO, ST, MT)
NIP. 196612312007011028

Lampiran 5 Rekap Hasil Pengujian Sampel Bor Mesin

Lampiran 1 : REKAP HASIL PENGUJIAN SAMPEL BOR MESIN

[illegible]

Lampiran 6 CPC Sheet Piles Specification



PC SHEET PILES

DESCRIPTION

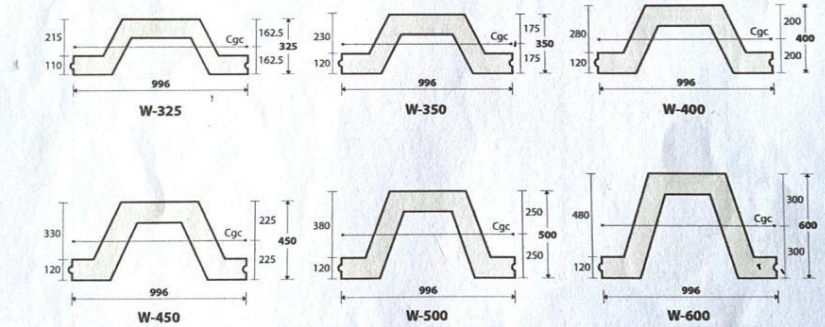
Type of Sheet Piles : CPC Sheet Piles : Corrugated Prestressed Concrete Sheet Piles
 FPC Sheet Piles : Flat Prestressed Concrete Sheet Piles
 FRC Sheet Piles : Flat Reinforced Concrete Sheet Piles

Method of Installation : Dynamic Pile Driving :
 1. Vibro Hammer (corrugated type) + Water Jet (special requirement)
 2. Diesel Hammer (flat type)

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 SNI 2847 - 2013	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	JIS A 5326 - 1988 JIS A 5325 - 1981 WB - PCP - PS - 08	Prestressed Concrete Sheet Piles Reinforced Concrete Sheet Piles Production Manufacturing Procedure

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | CORRUGATED PRESTRESSED CONCRETE SHEET PILES



CPC SHEET PILES SPECIFICATION

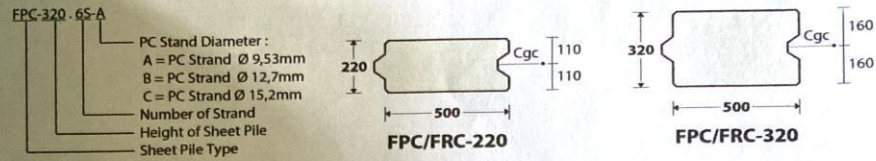
Concrete Compressive Strength $f'_c = 62 \text{ MPa (Cube } 700 \text{ kg/cm}^2)$

Type	Width (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment (ton.m) Crack	Moment (ton.m) Break	Allow. Service Temporary	Moment (ton.m) Permanent	Length* (m)
W-325	996	1,315	134,264	329	A	11.40	22.80	10.07	6.74	8 - 15
					B	13.30	26.60	11.97	8.64	8 - 16
W-350	996	1,468	169,432	368	A	15.60	31.20	14.04	10.14	9 - 17
					B	17.00	34.00	15.44	11.54	10 - 18
W-400	996	1,598	248,691	400	A	20.10	40.20	18.10	13.08	10 - 18
					B	23.40	46.80	21.40	16.38	11 - 20
W-450	996	1,835	353,363	459	A	26.90	53.80	24.37	18.04	11 - 20
					B	30.70	61.40	28.17	21.84	12 - 21
W-500	996	1,818	462,373	455	A	35.20	70.40	32.22	24.76	12 - 22
					B	40.40	80.80	37.42	29.96	13 - 24
W-600	996	2,078	765,907	520	A	50.60	101.20	46.48	36.19	14 - 25
					B	59.60	119.20	55.48	45.19	15 - 27

Note : * Length of Concrete Corrugated Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position

October - 2017

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | FLAT CONCRETE SHEET PILES



FRC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength (Class A) $f_c' = 28 \text{ MPa}$ (Cube 350 kg/cm^2)
 Concrete Compressive Strength (Class B) $f_c' = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm^2)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m/0.5m)	Moment Capacity (ton.m/0.5m)	Moment Breaking (ton.m/0.5m)	Length * (m)
FRC-220	500	1,085	43,802	271	A	1.50	3.20	4.00	4 - 7
					B	1.84	4.70	5.88	4 - 7
FRC-320	500	1,585	135,455	396	A	3.20	5.01	6.26	4 - 8
					B	3.92	7.41	9.26	4 - 9

FPC SHEET PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm^2)

Type	Width (mm)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Moment Crack (ton.m/0.5m)	Service Moment (ton.m/0.5m)	Length * (m)
FPC-220	500	1,085	43,802	271	6S-A	3.38	2.85	4 - 9
					8S-A	3.85	3.32	4 - 10
					10S-A	4.30	3.77	4 - 10
					6S-B	4.48	3.95	4 - 11
					8S-B	5.22	4.69	4 - 11
					6S-C	5.39	4.86	4 - 12
					10S-B	5.89	5.36	4 - 12
					8S-C	6.31	5.78	4 - 13
FPC-320	500	1,585	135,455	396	6S-A	6.24	5.12	4 - 10
					8S-A	6.98	5.86	4 - 11
					10S-A	7.70	6.58	4 - 12
					6S-B	7.98	6.86	4 - 12
					12S-A	8.39	7.27	4 - 12
					14S-A	9.07	7.95	4 - 12
					8S-B	9.21	8.09	4 - 13
					6S-C	9.51	8.39	4 - 13
					16S-A	9.73	8.61	4 - 13
					10S-B	10.37	9.25	4 - 13
					8S-C	11.12	10.00	4 - 14
					12S-B	11.48	10.36	4 - 14
					14S-B	12.53	11.41	4 - 15
					10S-C	12.62	11.50	4 - 15
					16S-B	13.52	12.40	4 - 15

Note: * Length of Flat Prestressed Concrete Sheet Piles may exceed usual standard whenever lifted in certain position

PRODUCT APPLICATION



Retaining Wall



River Normalization



Underpass Wall



Breakwater Structure