

TESIS

**ANALISIS *SAFETY FACTOR*, BIAYA DAN WAKTU
ANTARA *CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE*
(*CCSP*) DAN PARAPET TANGGUL BETON PADA
PEKERJAAN PENGAMAN TANGGUL SUNGAI
BOGOWONTO HILIR**

STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN SARANA PENGENDALI
BANJIR SUNGAI BOGOWONTO DAN ANAK SUNGAI NYA (KSN YIA)
(MYC)



Disusun Oleh:

RAKHMAD CAHYANA

NIM: 21914020

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN
TESIS

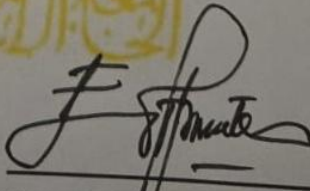
**ANALISIS *SAFETY FACTOR*, BIAYA DAN WAKTU
ANTARA *CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE*
(*CCSP*) DAN PARAPET TANGGUL BETON PADA
PEKERJAAN PENGAMAN TANGGUL SUNGAI
BOGOWONTO HILIR**

STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN SARANA PENGENDALI
BANJIR SUNGAI BOGOWONTO DAN ANAK SUNGAI NYA (KSN YIA)
(MYC)



Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA.
Dosen Pembimbing

Tanggal:


03-09-2025

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

ANALISIS *SAFETY FACTOR*, BIAYA DAN WAKTU
ANTARA *CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE*
(*CCSP*) DAN PARAPET TANGGUL BETON PADA
PEKERJAAN PENGAMAN TANGGUL SUNGAI
BOGOWONTO HILIR

STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN SARANA PENGENDALI
BANJIR SUNGAI BOGOWONTO DAN ANAK SUNGAI NYA (KSN YIA)
(MYC)

Disusun Oleh:

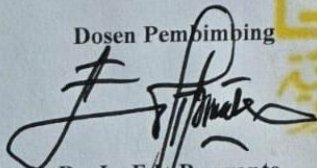
RAKHMAD CAHYANA

NIM: 21914020

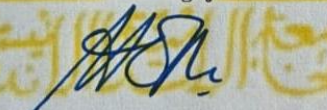
Telah diuji di depan Dewan Penguji
pada tanggal 2025
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Dewan Penguji

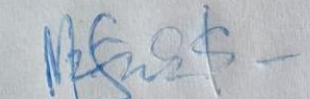
Dosen Pembimbing


Dr. Ir. Edy Purwanto,
CBS., DEA.

Dosen Penguji I


Albani Musyafa, ST., MT., Ph.D.

Dosen Penguji II


Dr. Ir. Rossy Armyn M.
ST., MT., IPM., ASEAN Eng.

Yogyakarta, 18 SEP 2025

Universitas Islam Indonesia

Program Studi Teknik Sipil – Program Magister

Ketua Program,




(Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Laporan tesis ini merupakan karya asli dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar akademik (*magister*), baik di Universitas Islam Indoensia ataupun di Perguruan tinggi lainnya.
2. Laporan tesis ini didasari oleh pemikiran dan gagasan saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Laporan tesis ini tidak memuat karya atau ide orang lain, kecuali seacara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Universitas Islam Indoensia tidak bertanggungjawab atas program "software" yang digunakan pada penelitian ini dan sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma berlaku diperguruan tinggi.

Yogyakarta, 18-09-2025

Yang Membuat Pernyataan



Rakhmad Cahyana

NIM : 21914020

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TESIS	I
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	III
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	IV
DAFTAR ISI	V
DAFTAR TABEL	IX
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR NOTASI	XII
KATA PENGANTAR	XIV
ABSTRAK	XVI
<i>ABSTRACT</i>	XVII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3

BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.	Penelitian Sebelumnya	5
2.2.	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Saat Ini	7
2.3.	Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Saat Ini	11
BAB 3	LANDASAN TEORI	12
3.1.	Tanggul	12
3.1.1	Tanggul Parapet Beton	12
3.1.2	<i>Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)</i>	14
3.2.	Syarat Stabilitas Struktur Tanggul	17
3.3.	Standar Perencanaan Tanggul	18
3.4.	Stabilitas Tanggul	19
3.4.1	<i>Stability against overturning</i> (Stabilitas terhadap gaya guling)	19
3.4.2	<i>Stability against sliding</i> (Stabilitas terhadap gaya geser)	20
3.5.	Faktor keamanan	22
3.6.	Software Plaxis	22
BAB 4	METODE PENELITIAN	29
4.1	Metode Penelitian	29
4.2	Subjek Penelitian	29
4.3.	Lokasi Penelitian	30
4.4.	Penentuan Proyek Studi Kasus	30
4.5.	Pengumpulan Data	31
4.6.	Kondisi Geologi	31

4.7.	Metode Analisis Data	33
4.8.	Analisis Biaya	34
4.5.1	Analisis volume Pekerjaan	34
4.5.2	Rekapitulasi RAB	34
4.9.	Analisis waktu	35
4.10.	Rencana Bagan Alir Penelitian	35
BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN		38
5.1.	Deskripsi Proyek	38
5.2	Analisis Pekerjaan Tanggul Sungai dengan Parapet Tanggul Beton	40
5.2.1	Metode Pekerjaan	40
5.2.2	Analisis Stabilitas	42
5.2.3	Analisis Biaya	49
5.2.4	Analisis Waktu	51
5.3	Analisis Pekerjaan Tanggul Sungai dengan <i>Corrugated Concrete Sheet Pile</i> (CCSP)	52
5.3.1	Metode Pekerjaan	52
5.3.2	Analisis Stabilitas	55
5.3.3	Analisis Biaya	60
5.3.4	Analisis Waktu	61
5.4	PEMBAHASAN	62
5.4.1	Perbandingan Stabilitas	62
5.4.2	Perbandingan Biaya	63
5.4.3	Perbandingan Waktu	64
5.4.4	Perbandingan Kualitatif	65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		68
1.1.	Kesimpulan	68

1.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu	8
Tabel 2. 2 Perbedaan Antara Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Saat Ini	11
Tabel 3. 1 Tabel perbandingan material berdasarkan kebutuhan pekerjaan	17
Tabel 3. 2 Skala Perbandingan Berpasangan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Soil Properties	32
Tabel 5. 1 Input Parameter Tanah	43
Tabel 5. 2 Parameter Tiang Pancang	43
Tabel 5. 3 Parameter Tiang Pancang	44
Tabel 5. 4 Hasil Analisis Permodelan Plaxis	49
Tabel 5. 5 Rekap RAB Pekerjaan Parapaet Tanggul Beton	51
Tabel 5. 6 Rincian Durasi Waktu Pekerjaan Parapet Tanggul Beton	51
Tabel 5. 7 <i>Soil Engineering Properties</i> BH-01	56
Tabel 5. 8 <i>Engineering Properties Precast CCSP</i>	57
Tabel 5. 9 Hasil analisis Permodelan CCSP 8m	59
Tabel 5. 10 Estimasi Biaya CCSP 8m	61
Tabel 5. 11 Rincian Durasi Pekerjaan CCSP	61
Tabel 5. 12 Hasil Analisis SF	62
Tabel 5. 13 Rincian Perbandingan Biaya Pekerjaan	63
Tabel 5. 14 Rincian Perbandingan Waktu Pekerjaan	64
Tabel 5. 15 Rincian Perbandingan Kualitatif	65
Tabel 5. 16 Matrik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pelaksanaan Proyek Pengendali Banjir DAS Bogowonto	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Tanggul Parapet Beton	12
Gambar 3. 2 <i>CCSP</i>	14
Gambar 3. 3 Simulasi komponen gaya pada Lereng	19
Gambar 4.1 Lokasi Studi Kasus	30
Gambar 4.2 Lokasi Penyelidikan Tanah	31
Gambar 4.3 Hasil Penyelidikan <i>Bore log</i>	33
Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 1 <i>Layout</i> Lokasi Pekerjaan	39
Gambar 5. 2 <i>Flowchart</i> Pekerjaan Tanggul Parapet Beton	40
Gambar 5. 3 Ilustrasi Tahapan Pekerjaan Tanggul Parapet Beton	41
Gambar 5. 4 Ilustrasi Pekerjaan Galian Struktur dan <i>Borepile</i>	41
Gambar 5. 5 Ilustrasi Pekerjaan Pengecoran <i>Borepile dan Lantai Kerja</i>	42
Gambar 5. 6 Ilustrasi Pekerjaan Pembesian dan Pek. Bekisting	42
Gambar 5. 7 Ilustrasi Pekerjaan Pengecoran	42
Gambar 5. 8 Potongan Typical Parapet Tanggul Beton	44
Gambar 5. 9 Model Geometri Struktur dan Lapisan Tanah di BG-6+50	47
Gambar 5. 10 Gambar <i>Typical</i> Parapet Tanggul Beton	50
Gambar 5. 11 Gambar <i>Flow Chart</i> Pekerjaan <i>CCSP</i>	53
Gambar 5. 12 Gambar Pek. Galian Struktur	53
Gambar 5. 13 Gambar Pek. Pemancangan	54

Gambar 5. 14 Gambar Pek. Capping Beam	54
Gambar 5. 15 <i>Cross Section</i> BGW. 6+50	55
Gambar 5. 16 Tabel <i>Type</i> CCSP	56
Gambar 5. 17 Gambar Geometris Permodelan Plaxis 2 dimensi CCSP 8 m	57
Gambar 5. 18 Gambar Out put Perpindahan Total Ekstrim CCSP 8 m	58
Gambar 5. 19 Output Analisis Plaxis Terhadap Perpindahan Horizontal CCSP 8 m	58
Gambar 5. 20 Output Grafis History Safety Factor CCSP 8 m	59
Gambar 5. 21 <i>Typical Cross Section</i> CCSP 8m dengan <i>Capping Beam</i>	60

DAFTAR NOTASI

AHSP	Analisa Harga Satuan Pekerjaan
B	<i>Angle Of Soil Surface</i>
BBWS	Balai Besar Wilayah Sungai
c	Kohesi Tanah Dasar
DAS	Daerah Aliran Sungai
DED	<i>Detail Engineering Design</i>
E	<i>Active Earth Pressure (T)</i>
EH	<i>Active Earth Pressure Horizontal (T)</i>
F	Koefisien Gesekan
f	Koefisien Gesek
Fgs	Faktor Aman Terhadap Penggeseran Dasar Fondasi
G	<i>Weight Of Wall (T)</i>
γ_m	<i>Unit Weight Of Wall Material (T/M3)</i>
γ_s	<i>Unit Weigth Of Soil (T/M3)</i>
H	<i>Horizontal Force (T)</i>
h	<i>Height Of Wall (M)</i>
HSP	Harga Satuan Pekerjaan
K	<i>Coefficient Of Line Load Pressure On Soil (= 0,30 On Sand Gravel)</i>
Ka	<i>Coefficient Of Active Earth Pressure</i>
MO	<i>Overturning Moment</i>
MR	<i>Resisting Moment</i>
N_c, N_q, N_γ	Faktor Daya Dukung Terzaghi
\emptyset	<i>Internal Friction Angle Of Soil</i>
OJ	Upah Orang Perjam
q	<i>Surface Load (T/M)</i>
QL	<i>Line Load (T)</i>
qu	Kapasitas Dukung Ultimate (t/m ²)

RAB	Rencana Anggaran Biaya
RAP	Rencana Anggaran Pelaksanaan
SF	<i>Safety Factor</i>
Sta	Stasiun
V	<i>Vertical Force (T)</i>
X	Jarak Horizontal Tumpuan
Y	Jarak Vertikal Tumpuan
α	<i>Angle Of Back Slope Of Wall</i>
γ_{soil}	Berat Volume Tanah (t/m ³)
δ	<i>Friction Angle Between Wall Surface And Soil</i>
$\Sigma (H)$	Keseluruhan Gaya Horizontal Yang Bekerja Pada Bangunan (Kn)
$\Sigma (V)$	Keseluruhan Gaya Vertikal (Kn)
ΣM	Momen Berat Sendiri
Σm_u	Momen Angkat
ΣM_a	Momen Aktif
ΣP_p	Momen Pasif
ΣP_p	Tekanan Pasif
ΣP_a	Tekanan Aktif
ΣU	Tekanan Keatas
ΣW	Berat Sendiri

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmatNya sehingga pada kesempatan ini penulis dapat menyusun Proposal Tugas Akhir dengan judul “**Analisis *Safety Factor*, Biaya Dan Waktu Antara *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* Dan Parapet Tanggul Beton Pada Pekerjaan Pengaman Tanggul Sungai Bogowonto Hilir**” (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Saranan Pengendali Banjir Sungai Bogowonto dan Anak Sungainya (KSN YIA) (MYC).

Tesis dilaksanakan untuk memenuhi persyaratan dalam rangka memperoleh gelar Master jenjang Strata Dua (S2) pada Magister Manajemen Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Ucapan terima kasih juga kami persembahkan kepada:

1. Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA. selaku Dosen Pembimbing I pada Penelitian ini.
2. Albani Musyafa, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tesis ini;
3. Dr. Ir. Rossy Armyn M., ST., MT., IPM. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tesis ini;
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia;
5. Teman – teman kelas Program Studi Teknik Sipil Program Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu selama perkuliahan dan penyelesaian tugas penelitian ini.
6. Serta semua pihak yang telah memberi bantuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangannya, karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan Tesis ini sangat diharapkan.

Akhir kata semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa UII Jurusan Teknik Sipil khususnya dan para pembaca pada umumnya. Tidak lupa permohonan maaf yang sebesar-besarnya atas kurang sempurnaan tesis ini.

Yogyakarta, 2025

Rakhmad Cahyana

ABSTRAK

Bandara Yogyakarta International Airport (YIA) secara geografis, terletak diantara 2 (dua) Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Serang dan DAS Bogowonto. Bandara YIA juga berada di Jalur Pantai Selatan Jawa (Pansela) yang merupakan daerah dengan kontur tanah jenis datar, sehingga Bandara YIA rentan terhadap bahaya banjir. Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (BBWS SO) sebagai *stakeholder* pengelolaan DAS kepanjangan tangan Pemerintah Republik Indonesia berprakarsa untuk melakukan pengurangan wilayah banjir yang terkena dampak dan pengamanan infrastruktur di wilayah terdampak banjir.

Perencanaan desain tanggul dalam pembangunan infrastruktur pengendali banjir sangat berperan dalam menentukan bentuk konstruksi dan fungsinya, untuk itu, perlu adanya beberapa pilihan desain struktur. Beberapa jenis tipe struktur tanggul antara lain : tanggul dengan dinding parapet dan perkuatan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP), tanggul dengan dinding parapet dan perkuatan mini pile, dan tanggul dengan perkuatan sistem panel serbaguna (SPS). Maka berdasarkan masalah tersebut, dibutuhkan suatu pendekatan ilmiah yang dapat digunakan sebagai metode untuk mengetahui dalam menentukan desain tanggul yang tepat. Salah satu metode ilmiah dimaksud adalah perbandingan antara metode CCSP dengan parapet tanggul beton.

Hasil dari penelitian ini untuk stabilitas (*safety factor*) pada metode *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) lebih aman yaitu 2,47 dibandingkan Parapet Tanggul Beton 1,03 (Tidak Aman). Biaya konstruksi Tanggul Sungai dengan metode Parapet Tanggul Beton sebesar Rp 210,139,918,94,- dan metode *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) sebesar Rp 193,894,642,62,- untuk satu segmen atau sepanjang 12m. Waktu pekerjaan konstruksi metode Parapet Beton memerlukan waktu 31 hari sedangkan metode *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) 16 hari.

Kata Kunci: Banjir, Tanggul, AHP, CCSP

ABSTRACT

Yogyakarta International Airport (YIA) is strategically located between two major watersheds: the Serang and Bogowonto River Basins. The airport is also situated along the Southern Coastal Route of Java (Pansela), a region characterized by flat terrain. Due to these geographical conditions, YIA is highly vulnerable to flood hazards. To address this issue, Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (BBWS SO), acting as a representative of the Government of the Republic of Indonesia in watershed management, has initiated efforts to reduce flood-affected areas and ensure the protection of critical infrastructure within the airport vicinity.

The primary objective of this proposal is to identify and recommend the most effective levee design to support flood control efforts around YIA. The design must ensure optimal safety, cost-efficiency, and construction feasibility. Three structural alternatives for the levee system have been considered: Levee with parapet wall reinforced using Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP), Levee with parapet wall reinforced using mini piles, Levee with a multipurpose panel system (SPS). To determine the most suitable option, a scientific evaluation was conducted using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which considers multiple criteria such as safety, cost, and construction duration.

Based on the study results, the CCSP method offers better safety with a stability factor of 2.47, compared to the concrete parapet levee method which has a factor of 1.03 (considered unsafe). The construction cost for the concrete parapet levee is around IDR 210,139,918.94 per 12-meter segment, while the CCSP method is slightly cheaper at IDR 193,894,642.62. In terms of construction time, the concrete parapet takes about 31 days to build, whereas the CCSP method only takes 16 days.

Keywords: Flood, Levee, AHP, CCSP

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan infrastruktur pada era globalisasi dan revolusi industri 4.0 memegang peranan sangat penting sebagai unsur pendukung berkembangnya suatu daerah. DIY Yogyakarta merupakan salah satu provinsi yang menjadi kawasan strategis nasional, oleh karena itu perlu penyediaan sarana dan prasarana yang dapat mendukung kegiatan perekonomian pada segala sektor.

Kategori konstruksi mempunyai peranan penting dalam pembangunan infrastruktur yang terdapat di DIY Yogyakarta. Hal tersebut dapat dilihat dari tingkat kontribusi konstruksi terhadap produk domestik regional bruto (PDRB) sebesar 10,14 persen pada tahun 2021 dan 9,92 persen pada tahun 2022, berdasarkan data tersebut menerangkan bahwa sektor konstruksi sangat berkembang pesat pada Provinsi DIY Yogyakarta

Bandara Yogyakarta International Airport (YIA) secara geografis, terletak diantara 2 (dua) Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Serang dan DAS Bogowonto. Bandara YIA juga berada di Jalur Pantai Selatan Jawa (Pansela) yang merupakan daerah dengan kontur tanah jenis datar, sehingga Bandara YIA rentan terhadap bahaya banjir. Sebagaimana tercatat adanya genangan banjir pada tahun 2013, 2014 (sebelum dibangunnya YIA) dan genangan dengan perubahan pola pada tahun 2019 (setelah dibangunnya YIA), banjir tersebut mengganggu pengoperasian Bandara YIA maupun kawasan sekitarnya.

Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (BBWS SO) sebagai *stakeholder* pengelolaan DAS kepanjangan tangan Pemerintah Republik Indonesia berprakarsa untuk melakukan (1) pengurangan wilayah banjir dan terkena dampak, serta (2) pengamanan infrastruktur di wilayah terdampak banjir. Prakarsa ini diwujudkan dengan memberikan wewenang kepada SNVT Pelaksana Jaringan Sumber Air Serayu Opak melakukan pembangunan infrastruktur pengendali banjir pada DAS Bogowonto yang mampu mengendalikan dampak banjir terhadap Kawasan tersebut. Di mana sasaran pada tahap ini difokuskan untuk bagian DAS Bogowonto yang juga terdefinisi sebagai Kawasan Strategis Nasional (KSN) Bandara YIA dan sekitarnya.

Pelaksanaan Pembangunan infrastruktur pengendali banjir pada DAS Bogowonto dihadapkan dengan adanya permasalahan *redesign* terhadap metode yang akan digunakan. Terdapat dua opsi metode kerja yang menjadi pilihan, antara lain *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet Tanggul Beton. *Redesign* tersebut dilakukan guna memilih metode mana yang tepat, cepat, efektif dan efisien.

Maka berdasarkan masalah tersebut, dibutuhkan suatu pendekatan ilmiah yang dapat digunakan sebagai metode untuk mengetahui opsi mana yang akan dipilih dan dilaksanakan di lapangan. Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian untuk mengetahui perbandingan *Safety Factor* perkuatan tanggul Sungai menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet Tanggul Beton apabila ditinjau dari Faktor Keamanan guna mengetahui metode mana yang lebih baik dan tepat untuk diterapkan di lapangan. Pemilihan metode yang tepat dan sesuai diharapkan dapat mempercepat proses pekerjaan sehingga hasil dari proyek pengendalian banjir pada DAS Bogowonto dapat segera terealisasi dan dapat dirasakan manfaat dari proyek tersebut serta dapat mereduksi banjir.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang dipaparkan di atas, perlu diketahui permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil analisis *safety factor* dalam menahan tekanan lateral dengan jenis struktur *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet Tanggul Beton?
2. Berapa biaya pekerjaan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet Tanggul Beton?
3. Berapa besar selisih waktu pelaksanaan pekerjaan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet Tanggul Beton?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis *safety factor* metode *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet tanggul beton dan membandingkan hasil *safety factor* yang didapat.

2. Menganalisis besaran biaya pekerjaan antara *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dan Parapet tanggul beton dan membandingkan hasil biaya yang didapat.
3. Menganalisis selisih waktu pekerjaan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dan Parapet tanggul beton dan membandingkan hasil waktu yang didapat.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan maka diperlukan batasa-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian, sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Lokasi Sungai Bogowonto Hilir sisi kiri menyesuaikan salah satu titik penyelidikan tanah.
2. Menganalisis *Safety Factor Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dengan metode program *software plaxis*.
3. Menganalisis *Safety Factor* Parapet Tanggul Beton menggunakan metode program *software plaxis*.
4. Menganalisis hasil perbandingan perkuatan struktur setelah menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dan Parapet Tanggul Beton ditinjau dari faktor keamanan saja.
5. Data penyelidikan tanah di lokasi penelitian diambil pada tahun 2024.
6. Penelitian dilakukan pada tahun 2025.
7. Harga satuan yang digunakan berdasarkan Permen PU-PR No.1/PRT/M/2016 karena pekerjaan konstruksi dimulai pada tahun 2022 agar lebih relevan.
8. Koefisien pekerjaan yang digunakan berdasarkan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) kontrak (terlampir)
9. Biaya yang diperhitungkan hanya biaya langsung saja.
10. Beban yang bekerja pada struktur adalah beban berat sendiri dan beban hidup.
11. Faktor gempa tidak diperhitungkan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Pada bidang pendidikan dapat dijadikan sebagai penambahan ilmu pengetahuan tentang *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan parapet beton.
2. Memberikan penjelasan mengenai analisis perbandingan struktur disain tanggul dengan *software plaxis*.
3. Mengetahui besaran biaya pekerjaan tanggul Sungai bilamana menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet Tanggul Beton.
4. Mengetahui selisih waktu pekerjaan tanggul Sungai bilamana menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan Parapet Tanggul Beton.
5. Mengetahui metode pelaksanaan pekerjaan mana yang lebih efektif dan efisien dari segi keamanan struktur, biaya dan waktu pada kedua metode tersebut.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka merupakan suatu kegiatan yang sangat berpengaruh dalam suatu penelitian. Dalam suatu penelitian membutuhkan teori-teori yang mendasari masalah dan bidang yang akan diteliti. Dalam studi pustaka ini peneliti dapat memperoleh informasi tentang penelitian sejenis dan berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga informasi yang bermanfaat dan dapat membantu dalam penelitian yang akan dilakukan.

2.1. Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya yang dianggap mempunyai keterkaitan sehingga dapat dijadikan sebagai studi pustaka.

1. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Bronjong, Sheet Pile, Pasangan Batu Dan Kantilever Menggunakan Software Plaxis Studi Kasus SMPN 1 Asera

Indra dan Pagala (2024) melakukan penelitian tentang Analisis Stabilitas Lereng Dengan Bronjong, Sheet Pile, Pasangan Batu Dan Kantilever Menggunakan *Software Plaxis* Studi Kasus SMPN 1 Asera. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara analisis stabilitas lereng asli dan stabilitas lereng yang diperkuat dengan dinding penahan tanah. Hasil perhitungan lereng asli tanpa perkuatan menggunakan program plaxis 8.2, didapatkan angka aman sebesar 0,6138. Pada perhitungan manual yang dilakukan menggunakan metode bishop didapatkan angka aman pada lereng sebesar 0,6820. Dengan angka aman dibawah 1,25, maka lereng labil terhadap keruntuhan atau tidak aman.

Hasil perhitungan lereng dengan perkuatan DPT Bronjong menggunakan program plaxis 8.2 tanpa beban gempa yaitu 2,0324 dan dengan beban gempa sebesar 1,9878. Hasil perhitungan lereng dengan perkuatan DPT *Sheet Pile* tanpa beban gempa yaitu 1,6023 dan dengan beban gempa sebesar 1,5965. Hasil perhitungan lereng dengan perkuatan DPT Pasangan Batu tanpa beban gempa yaitu 2,6369 dan dengan beban gempa sebesar 2,6340. Hasil perhitungan lereng dengan perkuatan DPT Kantilever tanpa beban gempa yaitu

2,6228 dan dengan beban gempa sebesar 2,6220. Dengan nilai *safety factor* yang diperoleh melebihi 1,25 dari yang disyaratkan maka dianggap aman terhadap keruntuhan.

2. Perencanaan Konstruksi Turap *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* Pada Proyek Pembangunan Jalan Bypass Bil – Mandalika STA. 2+000

Ramadhan (2024) melakukan penelitian tentang Perencanaan Konstruksi Turap *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* Pada Proyek Pembangunan Jalan Bypass Bil – Mandalika STA. 2+000. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan panjang dan kedalaman serta dimensi pemancangan turap *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* pada pembangunan jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I STA. 2+000. Metode yang digunakan adalah metode ujung bebas tanpa beban gempa dan metode ujung bebas dengan beban gempa. Hasil penelitian menggunakan 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. 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. 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.

3. Pengelolaan Resiko Pekerjaan *Steel Sheet Pile (SSP)* Pada Proyek Jalan Kereta Api Antara Solo Balapan-Kadipiro KM 104+700 S/D KM 107+000

Bella dan Priyanto (2023) melakukan penelitian tentang Pengelolaan Resiko Pekerjaan *Steel Sheet Pile (SSP)* pada Proyek Jalan Kereta Api Antara Solo Balapan-Kadipiro KM 104+700 S/D KM 107+000. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kendala – kendala yang terjadi pada pekerjaan pemancangan *Steel Sheet Pile (SSP)*. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat kendala di lapangan yang terjadi ketika pekerjaan pemancangan sehingga dapat mempengaruhi produktivitas pekerjaan pemancangan *Steel Sheet Pile* dalam kurun waktu 6 hari. Pada hari pertama nilai produktivitas 27,06 m/jam, di hari

kedua nilai produktivitas 28,75 m/jam, di hari ke tiga nilai produktivitas 18,69 m/jam, di hari ke empat nilai produktivitas 37,375 m/jam, di hari ke lima nilai produktivitas 28,75 m/jam, dan di hari ke enam nilai produktivitasnya 31,625 m/jam.

4. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Jenis *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* pada Pekerjaan Galian Apartemen Bengawan Malang Atibrata (2020) melakukan penelitian tentang Perencanaan Dinding Penahan Tanah Jenis *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* pada Pekerjaan Galian Apartemen Bengawan Malang. Penelitian tersebut bertujuan mengetahui analisa dari perencanaan turap *sheet pile* yang direncanakan agar mampu untuk menahan galian tanah dan tahan terhadap kelongsoran. Hasil analisis kelongsoran galian dengan perhitungan manual $0,628 < 1,5$. Tanah galian tidak aman terhadap kelongsoran jika tanpa perkuatan.

2.2. Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Saat Ini

Berikut ini adalah tabel perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan saat ini.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Indra dan Pagala (2024)	Ramadhan (2024)	Bella & Priyanto (2023)	Atibrata (2020)
1	JUDUL	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Bronjong, Sheet Pile, Pasangan Batu Dan Kantilever Menggunakan Software Plaxis Studi Kasus SMPN 1 Asera	Perencanaan Konstruksi Turap Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) Pada Proyek Pembangunan Jalan Bypass Bil – Mandalika STA. 2+000	Pengelolaan Resiko Pekerjaan Steel Sheet Pile (SSP) Pada Proyek Jalan Kereta Api Antara Solo Balapan-Kadipiro KM 104+700 S/D KM 107+000	Perencanaan Dinding Penahan Tanah Jenis Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) pada Pekerjaan Galian Apartemen Bengawan Malang
2	TUJUAN	Mengetahui perbandingan antara analisis stabilitas lereng asli dan stabilitas lereng yang diperkuat dengan dinding penahan tanah	Menentukan panjang dan kedalaman serta dimensi pemancangan turap Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) pada pembangunan jalan Bypass Bandara Internasional Lombok (BIL) – Mandalika I STA. 2+000.	Mengetahui kendala – kendala yang terjadi pada pekerjaan pemancangan <i>Steel Sheet Pile</i> (SSP)	Mengetahui analisa dari perencanaan turap sheet pile yang direncanakan agar mampu untuk menahan galian tanah dan tahan terhadap kelongsoran

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Indra dan Pagala (2024)	Ramadhan (2024)	Bella & Priyanto (2023)	Atibrata (2020)
3	METODE	Metode Bishop digunakan untuk analisis stabilitas lereng secara manual dan Program Plaxis digunakan untuk analisis elemen hingga stabilitas lereng tanpa perkuatan tahap kedua.	Metode ujung bebas tanpa beban gempa dan metode ujung bebas dengan beban gempa	Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif.	Pembandingan perhitungan manual yang dihitung dengan metode Rankine dengan hasil analisis yang didapatkan dari program bantu Geo5
4	HASIL	perhitungan lereng asli tanpa perkuatan menggunakan program plaxis 8.2, didapatkan angka aman sebesar 0,6138. Pada perhitungan manual yang dilakukan menggunakan metode bishop didapatkan angka aman pada lereng sebesar 0,6820. Dengan angka aman dibawah 1,25, maka lereng labil terhadap keruntuhan atau tidak aman.	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. 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.	Pada hari pertama nilai produktivitas 27,06 m/jam, di hari kedua nilai produktivitas 28,75 m/jam, di hari ke tiga nilai produktivitas 18,69 m/jam, di hari ke empat nilai produktivitas 37,375 m/jam, di hari ke lima nilai produktivitas 28,75 m/jam, dan di hari ke enam nilai produktivitasnya 31,625 m/jam	analisis kelongsoran galian dengan perhitungan manual 0,628 < 1,5. Tanah galian tidak aman terhadap kelongsoran jika tanpa perkuatan.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Sekarang dan Terdahulu

No	Aspek	Cahyana (2025)
1	JUDUL	Analisis <i>Safety Factor</i> , Biaya dan Waktu Antara <i>Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)</i> Dan Parapet Tanggul Beton Pada Pekerjaan Pengaman Tanggul Sungai Bogowonto Hilir (Studi Kasus Proyek Pembangunan Sarana Pengendali Banjir Sungai Bogowonto Dan Anak Sungai Nya (KSN YIA) (MYC))
2	TUJUAN	<ul style="list-style-type: none"> - Mendapatkan hasil perbandingan analisis <i>safety factor</i> dalam menahan tekanan lateral dengan <i>Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)</i> dan Parapet Tanggul Beton - Mendapatkan hasil besaran biaya pekerjaan antara <i>Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)</i> dan Parapet Tanggul Beton - Mendapatkan hasil selisih waktu pekerjaan antara <i>Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)</i> dan Parapet Tanggul Beton.
3	METODE	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis struktur dengan <i>software Plaxis</i> - Analisis biaya dengan analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang mengacu pada Permen PU-PR No 1/PRT/M/2016 - Analisis waktu dengan analisa perhitungan jam/hari kerja
4	HASIL	<ul style="list-style-type: none"> - Mengetahui stabilitas bangunan terhadap tekanan tanah lateral - Mengetahui perbandingan besaran biaya pekerjaan - Mengetahui perbandingan selisih waktu pekerjaan

2.3. Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Saat Ini

Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Perbedaan Antara Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Saat Ini

No	Penelitian Terdahulu	Kesamaan Dengan Penelitian Saat Ini	Perbedaan Dengan Penelitian Saat Ini
1	Indra dan Pagala (2024)	Kesamaan metode dengan <i>software</i> Plaxis	Lokasi penelitian dan objek penelitian
2	Ramadhan (2024)	Kesamaan objek pekerjaan CCSP	Lokasi penelitian dan metode yang digunakan
3	Bella & Priyanto (2023)	Kesamaan pekerjaan dengan sheet pile	Metode yang digunakan dan Lokasi penelitian
4	Atibrata (2020)	Kesamaan objek pekerjaan CCSP	Lokasi penelitian

Keaslian penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan dan sesuai dengan asas-asas keilmuan yang harus dijunjung tinggi yaitu kejujuran, rasional, objektif serta terbuka.

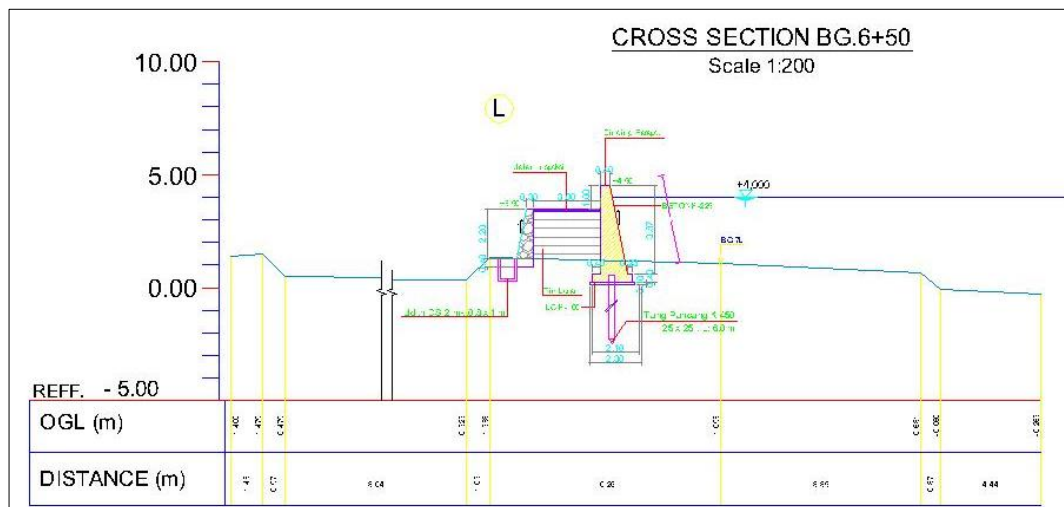
BAB 3 LANDASAN TEORI

3.1. Tanggul

Tanggul adalah suatu konstruksi yang dibuat untuk mencegah banjir di dataran yang dilindungi. Pembuatan tanggul merupakan salah satu rancangan rekayasa guna memenuhi kebutuhan manusia. Rancangan rekayasa merupakan suatu proses terencana untuk mendapatkan solusi yang sifatnya terbatas (terkekang) pada beberapa kondisi yang telah dipahami dan diterima sebelumnya (Oktaviani, 2014).

3.1.1 Tanggul Parapet Beton

Berikut Gambar 3.1 *Typical* Tanggul Beton Parapet.



Gambar 3. 1 *Typical* Tanggul Parapet Beton

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Parapet Tanggul Beton dengan komponen utamanya adalah beton K-225 dengan pembedaan, terdapat perkuatan pondasi dalam menggunakan *minipile* maupun *borepile* dengan diameter kecil. terlampir gambar pekerjaan parapet tanggul beton;

Berikut Gambar 3.2 Parapet Tanggul Beton.

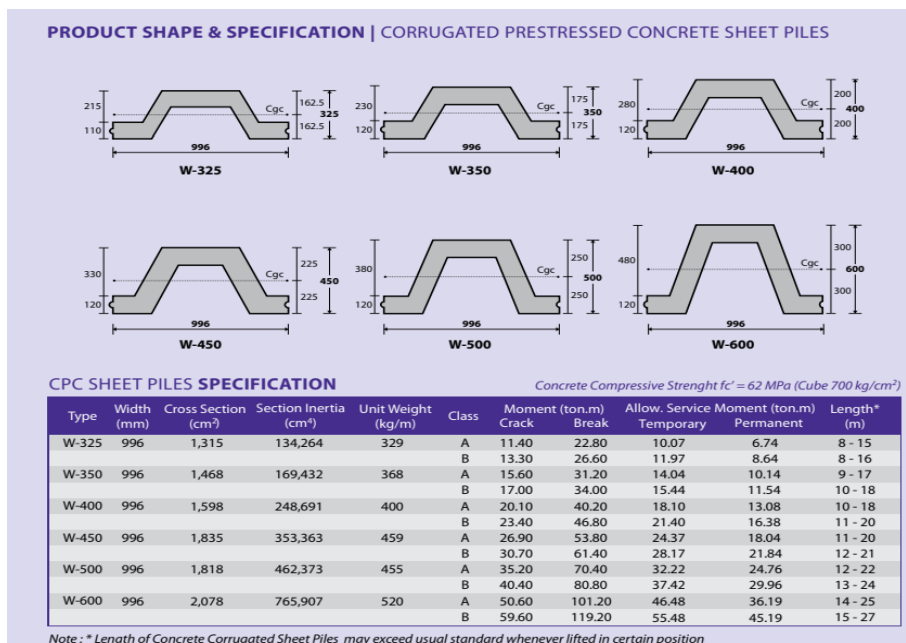


Gambar 3. 2 Parapet Tanggul Parapet Beton

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

3.1.2 Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)

Berikut Gambar 3.3 *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)*.



Gambar 3. 3 CCSP

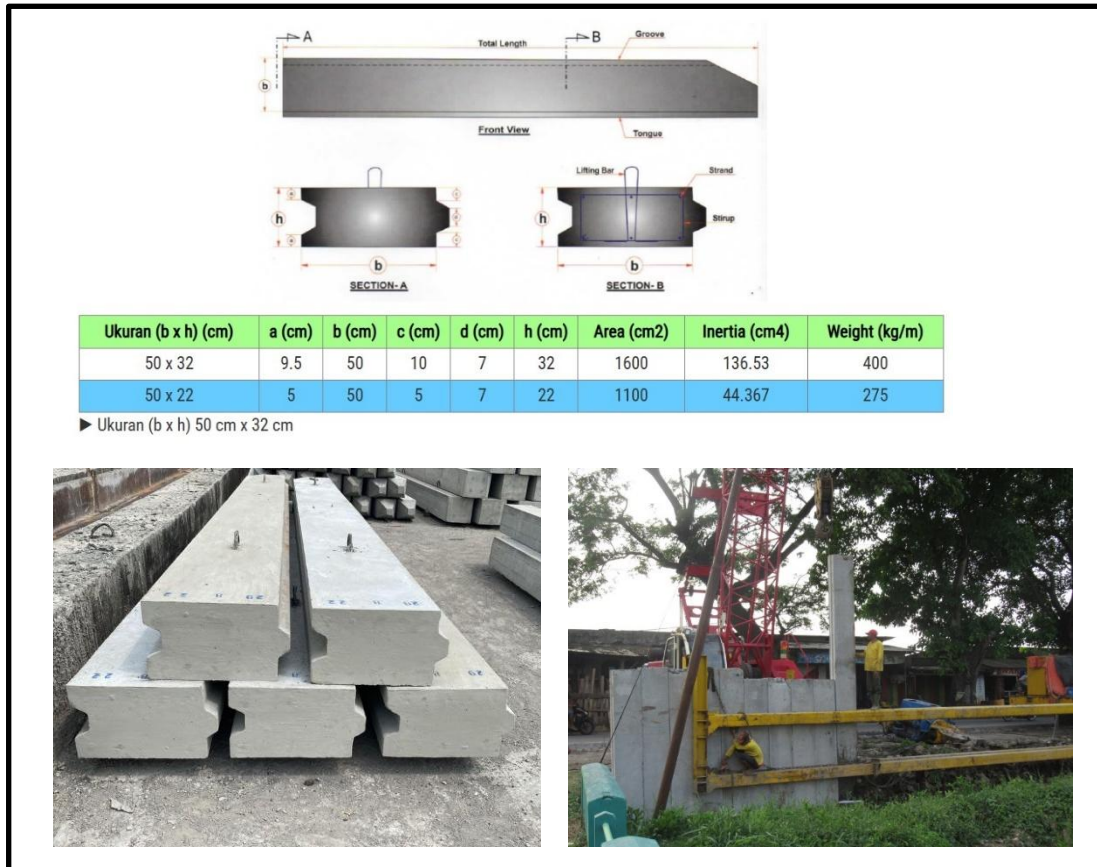
Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) adalah salah satu jenis *sheet pile* dengan komponen konstruksi beton pracetak berbentuk bergelombang yang digunakan sebagai dinding penahan tanah. *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* memiliki profil bergelombang yang dirancang untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap tekanan tanah, serta memudahkan pemasangan dan pengaitannya dengan elemen CCSP lainnya, struktur ini terdapat berbagai spesifikasi menyesuaikan dengan kebutuhan yang menyesuaikan kondisi geologi.

Struktur *precast sheet pile* terdapat beberapa jenis dan bentuk tergantung fungsi penggunaan mengikuti kondisi geologi setempat, berikut beberapa contoh *precast sheet pile* dalam dunia konstruksi;

1. *Flat Concrete Sheet Pile (FCSP)*

Berikut Gambar 3.4 *Flat Concrete Sheet Pile (FCSP)*.



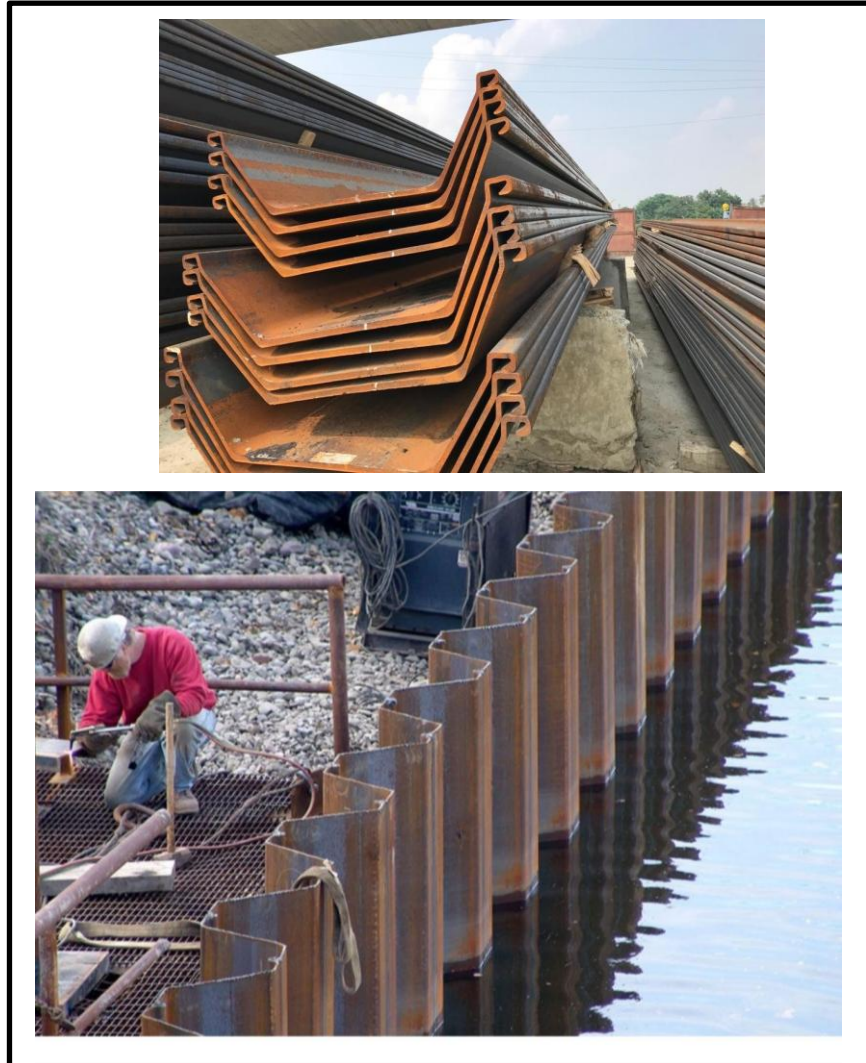
Gambar 3. 4 FCSP

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Flat Concrete Sheet Pile (FCSP) beton pracetak, dengan permukaan yang rata dan tidak ada lekukan atau lipatan seperti pada jenis sheet pile lainnya, umumnya dipasang dibantaran sungai sebagai dinding penahan tanah atau untuk basemen.

2. *Steel Sheet Pile (SSP)*

Berikut Gambar 3.5 *Steel Sheet Pile (SSP)*.



Gambar 3. 5 Steel Sheet Pile (SSP)

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Steel Sheet Pile (SSP) material konstruksi berbentuk lembaran baja yang digunakan sebagai dinding penahan tanah atau material lainnya. Dinding ini berfungsi untuk mencegah tanah atau material tersebut longsor atau bergerak akibat tekanan horizontal. Dalam perkembangan dunia konstruksi *Steel Sheet Pile (SSP)* lebih digunakan untuk metode pengalihan aliran air atau sering disebut dengan kistdam di proyek Sumber Daya Air

Dari beberapa jenis *Sheet Pile* pracetak penulis lebih memilih *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* untuk dibahas dibandingkan dengan jenis *Sheet Pile* yang lain dengan alasan sebagai berikut:

1. Menyesuaikan kondisi geologi dengan dasar hasil uji tanah
2. Pabrikasi material *precast* dekat dengan lokasi pekerjaan
3. Harga material lebih murah dibandingkan jenis *Sheet Pile* yang lain
4. Material lebih tahan korosi

Berikut tabel perbandingan sebagai dasar pemilihan material untuk dijadikan pembahasan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.;

Tabel 3. 1 Tabel perbandingan material berdasarkan kebutuhan pekerjaan

No.	Uraian Jenis Material	Kriteria Kebutuhan Pekerjaan		
		Tahan Korosi	Produksi Material Cepat	Dimensi Custom
1	<i>Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)</i>	✓	✓	✓
2	<i>Flat Concrete Sheet Pile (FCSP)</i>	✓	✓	X
3	<i>Steel Sheet Pile (SSP)</i>	X	✓	✓
4	<i>Spun Pile</i>	✓	X	✓

NB : Perbandingan mempertimbangkan pabrik masih di dalam satu daerah/kota dengan lokasi pekerjaan

Tanggul mempunyai sebutan lain *dike*, yaitu suatu dinding penahan yang digunakan untuk mengatur permukaan air. Biasanya dibuat dari beton atau pasangan batu dan kebanyakan dibangun sejajar badan sungai atau sungai. Kata *dike* berasal dari sungai Belanda *dijk*, Sungai-sungai dengan susunan tanggul telah dilakukan sejak abad ke 12. Salah satu bangunan di Belanda, yaitu *Westfriese Dijk* bahkan sudah berdiri sejak tahun 1250 dimana bangunan ini dibuat dengan menyatukan tanggul-tanggul yang sudah ada jauh sebelumnya.

Sementara dari sungai Inggris kuno, kata *dic* diterjemahkan sebagai menggali parit dan membentuk tanah timbunan di atasnya. Tujuan utama dibuatnya tanggul adalah agar mengantisipasi terjadinya genangan air pada dataran di tepi sungai. Tanggul ini sangat penting karena di beberapa tempat sering kali permukaan air sungai pada saat banjir/rob lebih tinggi dari daerah sekitarnya.

Tanggul juga bisa ditemukan di sepanjang sungai, sungai tumpukan pasir pantainya tidak cukup kokoh menahan deburan ombak. Tanggul juga dapat di bangun di sepanjang tepi danau atau sungai dengan maksud membentuk batas perlindungan terhadap suatu sungai yang tergenang. Tanggul bisa berupa hanya konstruksi sementara atau permanen, tergantung dari keadaan muka air disekitar area yang tergenang. Dalam keadaan darurat, tanggul juga bisa difungsikan sebagai tempat berlindung saat terjadi perang.

3.2. Syarat Stabilitas Struktur Tanggul

Syarat stabilitas konstruksi (Sosrodarsono, 1994) tanggul harus diperhitungkan atau dianalisa terhadap hal-hal sebagai berikut:

1. Badan tanggul harus aman terhadap kemungkinan meluapnya aliran melalui mercu (*over topping*) pada debit banjir rencana.
2. Berdasarkan butir (1) maka mercu tanggul harus mempunyai jagaan (*freeboard*) yang cukup aman terhadap muka air sungai pada debit banjir rencana.

3. Tinggi jagaan pada butir (2) harus memenuhi standar kriteria yang berlaku misalnya Standar Nasional Indonesia (SNI).
4. Ketinggian puncak tanggul pada profil memanjang harus disesuaikan dengan muka air banjir rencana sepanjang sungai yang diperlukan.
5. Lereng dan kaki tanggul harus stabil terhadap aliran banjir dan erosi serta gerusan (*scouring*). Oleh karena itu, harus diberi pelindung. Lapisan pelindung harus disesuaikan dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku tapi juga diperhitungkan terhadap nilai ekonomisnya.
6. Trase tanggul harus ditetapkan secara secermat mungkin dengan memperhatikan situasi dan kondisi morfologi sungai, memperhatikan faktor sungai dan non sungai serta kondisi sosial ekonomi.
7. Jarak antara trase tanggul dengan tebing sungai harus diusahakan cukup memadai supaya apabila terjadi erosi atau longsor pada tebing sungai tidak mempengaruhi stabilitas tanggul.
8. Tidak boleh terjadi adanya rembesan dan kebocoran (*seepage and piping*) pada badan tanggul.
9. Tidak boleh terjadi adanya rembesan dan kebocoran pada pondasi tanggul.

3.3. Standar Perencanaan Tanggul

Berikut disajikan standar jagaan tanggul tanah (Sosrodarsono, 1994) yang lazim dipakai di Indonesia, sepanjang mercu tanggul tidak digunakan untuk lalu lintas jalan:

3.3.1 Tinggi Standar Jagaan (*Freeboard*)

Apabila data-data mengenai koefisien *run off* (pengaliran) dan faktor reduksi tidak diketahui, maka untuk menentukan debit sungai normal dapat menggunakan rumus 1 Chezy sebagai berikut :

$$Q = C \times B \times H^{2/3} \times I^{1/2} \quad (1)$$

Dimana :

Q = debit sungai normal

C = koefisien Chezy

B = lebar sungai normal

H = kedalaman air rata-rata

I = kemiringan permukaan air sungai

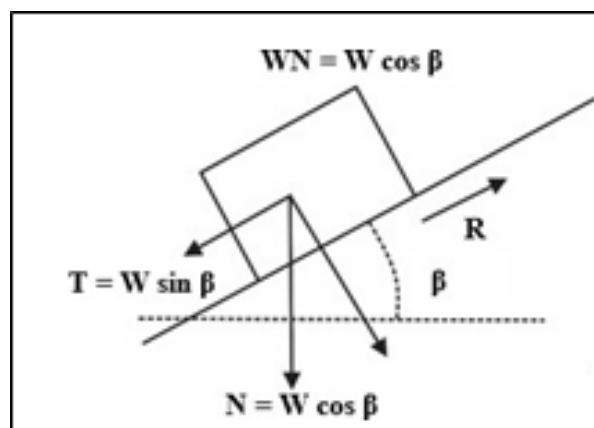
Dengan catatan bahwa kecepatan air pada debit normal sekitar 1,5 – 2 m/detik

3.3.2 Kemiringan Lereng Tanggul (*Slope of levee*)

Dalam penentuan kemiringan tanggul guna keperluan desain sangat erat kaitannya dengan karakteristik mekanika tanah dari jenis tanah serta infiltrasi air melalui badan tanggul tersebut. Oleh karena itu, apabila proyek itu besar syarat mutlak jenis tanah untuk timbunan maupun jenis tanah untuk calon pondasi tanggul harus diadakan penyelidikan laboratorium mekanika tanah. Dari hasil laboratorium tersebut dapat diketahui kekuatan geser dan kohesi yang bekerja diantara partikel-partikel tanah karena adanya gravitasi.

3.4. Stabilitas Tanggul

Analisis kestabilan tubuh tanggul penting dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kegagalan tanggul. Secara umum tujuan dari stabilitas tanggul adalah untuk memperkirakan bentuk keruntuhan dan menentukan tingkat kerawanan tanggul terhadap longsoran serta merancang suatu tanggul timbunan agar memenuhi kriteria keamanannya (Sukandi, 2011). Gaya yang tegak lurus atau normal terhadap bidang miring cenderung mempertahankan kondisi kesetimbangan blok massa. komponen gaya yang bekerja pada stabilitas dapat dilihat digambar 3.6.



Gambar 3. 6 Simulasi komponen gaya pada Lereng (Sukandi, 2011)

3.4.1 *Stability against overturning* (Stabilitas terhadap gaya guling)

Analisis stabilitas penggulingan bertujuan untuk mengetahui bagaimana tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug atau tanah asli di belakang dinding penahan. Tanah pada bagian belakang konstruksi cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah diatas pelat fondasi. Perhitungan stabilitas penggulingan dinding penahan dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Fgl = \frac{\sum Mw}{\sum Mgl} > SF \quad (2)$$

Keterangan :

Fgl = Faktor aman terhadap penggulingan

$\sum Mtahan$ = jumlah momen yang melawan penggulingan (Tm)

$\sum Mguling$ = jumlah momen yang menggulingkan dinding penahan (Tm)

SF = *Safety Factor*

Faktor aman terhadap penggulingan (Fgl) bergantung pada jenis tanah yaitu sebagai berikut :

$Fgl \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$Fgl \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

3.4.2 *Stability against sliding* (Stabilitas terhadap gaya geser)

Analisis stabilitas pergeseran bertujuan untuk mengetahui respon bangunan terhadap momen geser yang diakibatkan oleh tekanan horizontal pada tanah di belakang dinding penahan. Tanah pada bagian belakang dinding akan memberikan tekanan horizontal yang menekan tubuh dinding. (Hardiyatmo, 2018) menyatakan bahwa gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh gesekan antara tanah dasar fondasi dan tekanan tanah pasif bila didepan dinding penahanan terdapat tanah timbunan. Perhitungan stabilitas geser dinding penahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Fgs = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} > SF \quad (3)$$

Untuk tanah yang memiliki nilai c dan ϕ ($c > 0$ dan $\phi > 0$) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\sum Rh = ca \cdot B + W \operatorname{tg} \delta b \quad (4)$$

Untuk tanah granuler ($c = 0$)

$$\begin{aligned} \sum Rh &= W \cdot f \\ &= W \operatorname{tg} \delta b ; \text{ dengan } \delta b \leq \phi \end{aligned} \quad (5)$$

Untuk tanah kohesif ($\phi = 0$)

$$\sum Rh = ca \cdot B \quad (6)$$

keterangan :

$\sum Rh$: tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

- W : berat total dinding penahan dan tanah diatas pelat fondasi (kN)
 δb : sudut gesek antara tanah dan dasar fondasi, biasanya diambil $1/3 - (2/3) \varphi$
 c_a : $a d \times c$: adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m²)
 c : kohesi tanah dasar (kN/m²)
 $a d$: faktor adhesi
 B : lebar pondasi (m)
 ΣPh : jumlah gaya-gaya horizontal (kN)
 f : $\tan \delta b$: koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi.

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum diambil 1,5. Bowles (1997) menyarankan :

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$F_{gs} \geq 2,0$ untuk tanah dasar kohesif

3.4.3 *Stability against bearing capacity* (Stabilitas terhadap daya dukung tanah)

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah, salah satunya persamaan kapasitas dukung Terzaghi (1943). Persamaan Terzaghi (1943) sebagai berikut.

Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk fondasi memanjang dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma \quad (7)$$

keterangan :

c : kohesi tanah (kN/m²)

D_f : kedalaman fondasi (m)

γ : berat volume tanah (kN/m³)

B : lebar fondasi dinding penahan tanah (m)

N_c N_q dan N_γ : faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

Tahanan tanah pasif, oleh tanah yang berada di depan kaki dinding depan sering diabaikan dalam hitungan stabilitas. Jika tahanan tanah pasif yang ditimbulkan oleh pengunci pada dasar fondasi diperhitungkan, maka nilainya harus direduksi untuk mengantisipasi pengaruh-pengaruh erosi, iklim, dan retakan akibat tegangan tarik tanah dasar yang kohesif (Hardiyatmo, 2018).

3.5. Faktor keamanan

Parameter yang dihasilkan dalam analisis stabilitas lereng adalah bentuk bidang keruntuhan dan faktor keamanan (FK), sedangkan untuk menaikkan kekuatan tanah maka lereng diperkuat dengan tiang sehingga lereng akan menjadi lebih stabil. Faktor keamanan digunakan untuk mengidentifikasi stabilitas lereng yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kuat geser tanah (*shear strength*) dan tegangan geser (*shear stress*) yang bekerja pada masa tanah. Faktor keamanan dihitung dengan rumus (3) berikut.

$$FK = \frac{\text{Shear Strength}}{\text{Shear stress}} \quad (8)$$

Dengan:

FK > 1,2 menunjukkan lereng stabil;

FK < 1,2 menunjukkan lereng tidak stabil; dan

FK = 1,2 menunjukkan lereng dalam kondisi keseimbangan batas kritis.

3.6. Software Plaxis

Plaxis adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara *axisymetris*.

Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

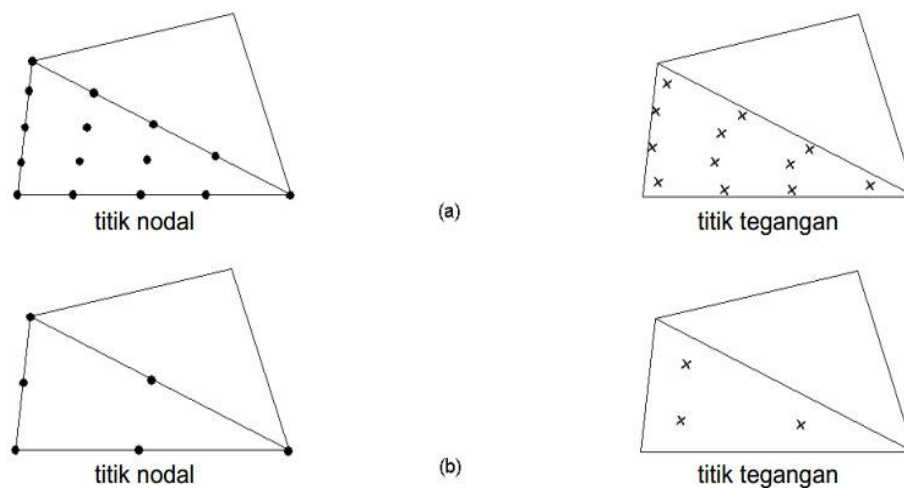
Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program *Plaxis* ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi lapangan.

Program *Plaxis* adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat (Brinkgrave R.B.J, 2007), adapun model-model

material dalam melakukan tahapan simulasi terhadap perilaku dari tanah, diantaranya sebagai berikut.

1. Model Linier Elastic.
2. Model Mohr Coulomb.
3. Model Jointed Rock.
4. Model Hardening soil.
5. Model Soft Soil.
6. Model Soft Soil Creep

Di dalam program Plaxis, digunakan elemen segitiga dengan enam nodal dan elemen segitiga dengan lima belas nodal sebagai elemen hingga (Gambar 3.7). Elemen segitiga dengan lima belas nodal merupakan suatu elemen yang sangat akurat untuk menghasilkan kualitas tegangan tingkat tinggi dalam masalah-masalah yang sulit. Penggunaan elemen ini membutuhkan memori yang besar dan dalam perhitungan relatif lambat. Oleh karena itu, penggunaan elemen yang lebih sederhana dapat menjadi pilihan. Elemen segitiga dengan enam nodal merupakan suatu elemen yang cukup akurat yang memberikan hasil yang baik dalam deformasi standar.



Gambar 3. 7 Titik Nodal dan Titik Tegangan

(Sumber: Brinkgreve, 2007)

3.5.1 Prosedur Pengoprasian Plaxis

Pemodelan *finite element* dengan aplikasi *software PLAXIS* dipergunakan untuk melakukan perhitungan deformasi selama konstruksi pada timbunan di atas tanah lunak. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut.

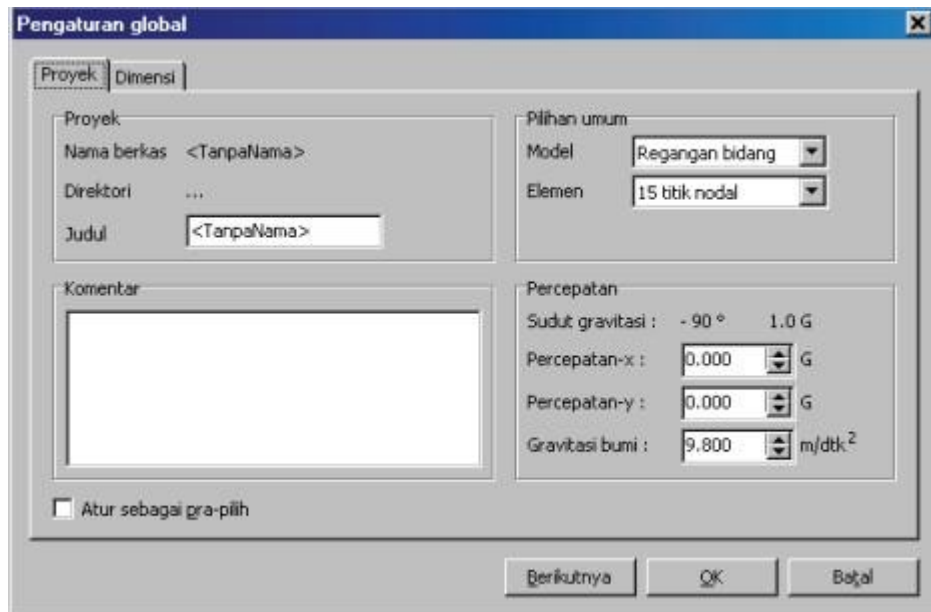
1. Memulai Program

Diasumsikan bahwa program telah terinstalasi dengan menggunakan prosedur yang dijelaskan dalam informasi Umum. Disarankan untuk membuat direktori yang terpisah untuk penyimpanan berkas data. Plaxis dalam kelompok program Plaxis. Pengguna akan diminta untuk mendefinisikan permasalahan baru atau membuka proyek yang telah ada. Jika pengguna memilih untuk membuka proyek yang telah ada, program akan memberikan daftar empat buah proyek paling akhir yang pernah dibuka yang dapat dibuka secara langsung. Memilih <<<berkas lainnya>>> yang berada posisi baris paling atas dari daftar ini akan memunculkan permintaan berkas dimana pengguna dapat memilih dan membuka proyek manapun yang telah ada.

2. Jika sebuah proyek baru dimulai, jendela pengaturan global seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.8 akan muncul. Jendela ini terdiri dari dua lembar-tab pertama berbagai pengaturan atau proyek harus diberikan. Nama berkas belum dispesifikasikan disini, tetapi harus diberikan data menyimpan proyek.

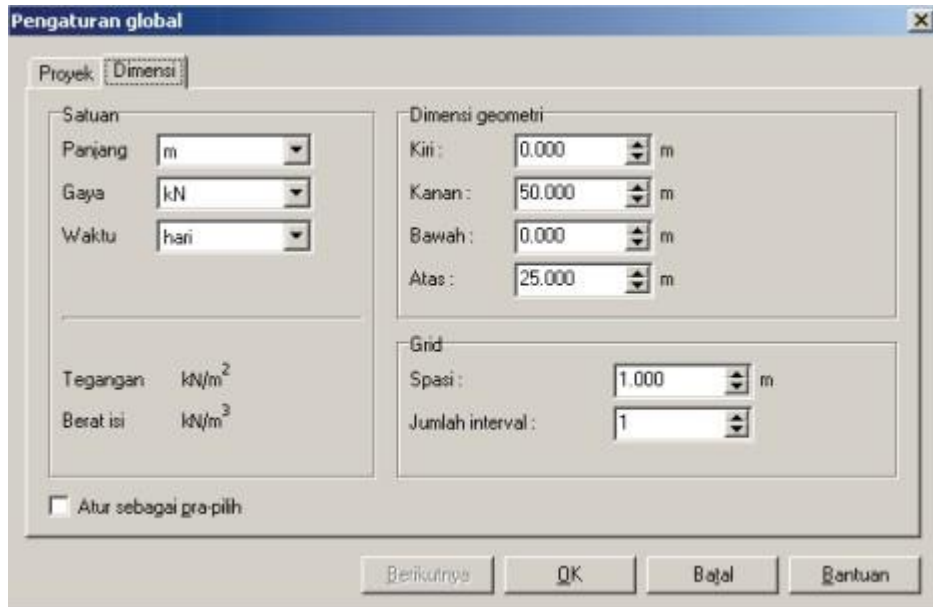
Penggunaan dapat memasukkan keterangan singkat mengenai permasalahan sebagai judul dari proyek atau deskripsi yang lebih mendetil dalam kotak komentar. Judul ini digunakan sebagai nama berkas dan akan muncul dalam setiap penggambaran keluaran. Kotak komentar merupakan tempat yang baik untuk menyimpan informasi tentang analisis. Selain itu, jenis analisis dan jenis elemen harus ditentukan disini. Suatu nilai percepatan atau percepatan, disamping persepatan gravitasi, dapat dimasukkan untuk simulasi pseudo-statik dari beban-beban dinamis.

Lembar-tab kedua ditunjukkan pada Gambar 3.9. Sealain satuan dasar Panjang, Gaya dan Waktu, dimensi atau ukuran minimum dari bidang gambar harus ditetapkan disini, sehingga model geometri dapat termuat dengan baik dalam bidang gambar. Sistem sumbu global positif adalah sumbu x mengarah ke kanan, sumbu y mengarah ke atas dan sumbu z mengarah ke pengguna.



Gambar 3. 8 Pengaturan Global-Lembar-Tab Proyek

(Sumber : Modul Plaxis, 2017)



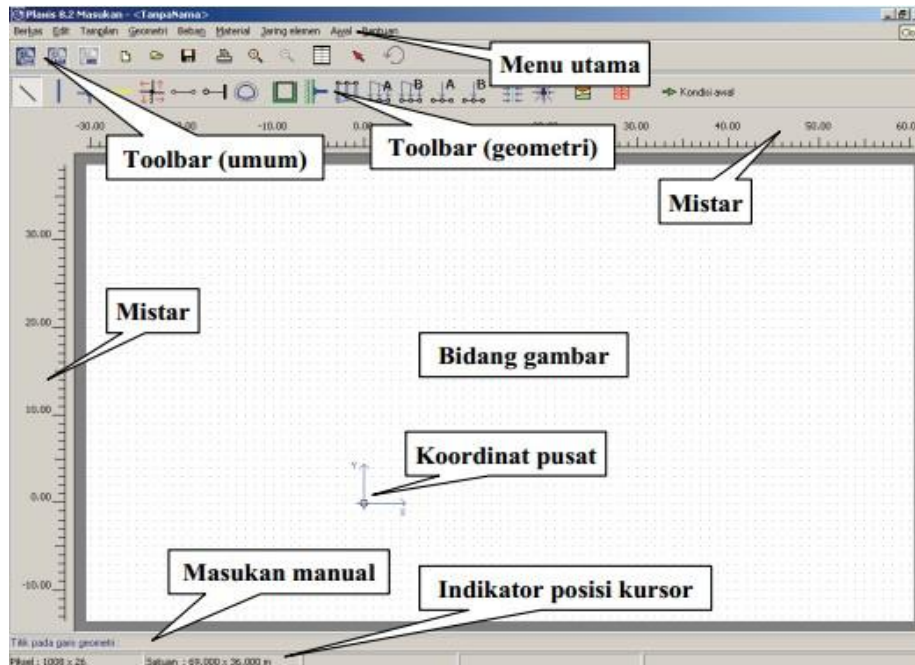
Gambar 3. 9 Pengaturan Global-Lembar-Tab Dimensi

(Sumber: Modul Plaxis, 2017)

Model geometri 2 dimensi dalam PLAXIS dibuat dalam bidang x-y sumbu z hanya digunakan untuk keluaran tegangan saja. Kiri adalah koordinat x terkecil dari model, Kanan adalah koordinat x terbesar dari model, Bawah adalah koordinat y terkecil dari model dan Atas adalah koordinat y terbesar dari model. Dalam praktek, bidang gambar yang terbentuk berdasarkan nilai-nilai yang diberikan akan mempunyai dimensi yang lebih besar dari pada nilai-nilai yang dimaksudkan dalam keempat spin edit tersebut. Hal ini terjadi akibat PLAXIS secara otomatis menambahkan sedikit margin pada ukuran bidang gambar dan akibat perbedaan rasio lebar terhadap tinggi antara nilai-nilai yang dimasukkan dan ukuran layar.

3. Membuat Model Geometri

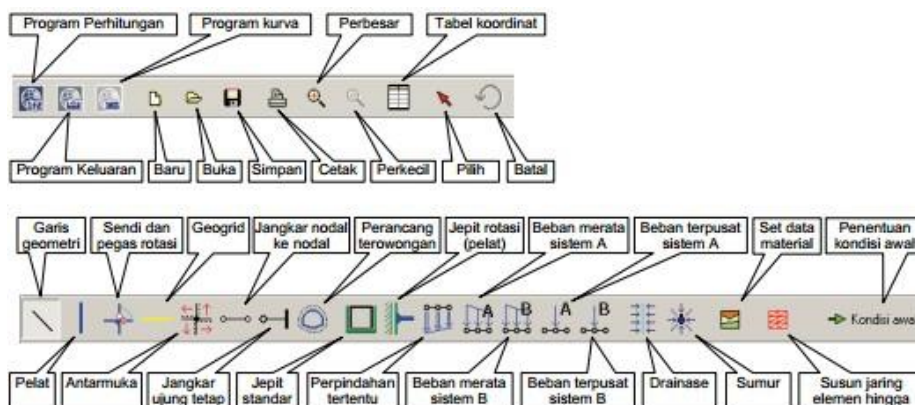
Saat pengaturan global telah diisi dan tombol <OK> di-klik, maka jendela Masukan utama akan muncul. Jendela utama ini ditunjukkan pada Gambar 3.24. Bagian-bagian terpenting dari jendela utama ditunjukkan dan dibahas secara singkat dibawah ini.



Gambar 3. 10 Jendela Utama Dari Program Masukan

(Sumber : Modul Plaxis, 2017)

Beberapa obyek diatas dapat dihilangkan dengan menonaktifkan pilihan yang bersangkutan dalam menu Tampilan.



Gambar 3. 11 Toolbar

(Sumber : Modul Plaxis, 2017)

Untuk kedua *toolbar*, nama dan fungsi dari tiap tombol akan di tampilkan setelah meletakkan posisi kursor pada tombol tertentu selama kurang-lebih satu detik;

sebuah petunjuk akan muncul dalam sebuah kotak berwarna kuning dibawah tombol yang bersangkutan. Petunjuk-petunjuk yang tersedia untuk kedua toolbar ditunjukkan dalam Gambar 3.11.

Bantuan dapat ditampilkan oleh pengguna dengan menekan tombol <F1> pada papan ketik. Bantuan ini akan menyediakan latar belakang informasi tentang bagian tertentu yang dipilih dari program.

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian dapat diartikan sebagai semua metode atau teknik yang digunakan untuk melakukan penelitian. Metode dari penelitian ialah cara utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan & menentukan jawaban atas masalah yang diajukan (Nazir, 2014). Metode penelitian juga dapat memberikan alternatif penjelasan sebagai kemungkinan dalam proses pemecahan masalah. Di dalam metode penelitian berisi tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah dalam sebuah penelitian, sehingga penelitian menjadi terarah dalam penyelesaian dan proses pemecahan masalah. Di dalam metode penelitian berisi tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah dalam sebuah penelitian, sehingga penelitian menjadi terarah dalam penyelesaian dan proses pemecahan masalah.

Metode pada penelitian ini mengacu pada hasil penyelidikan tanah berupa *Bore Log* untuk menghitung analisis struktur bangunan yang akan digunakan.

4.2 Subjek Penelitian

Penentuan subjek pada penelitian ini dimaksudkan agar didapatkan variabel atau hal yang dapat dijadikan suatu sasaran penelitian.

Subjek penelitian merupakan tempat variabel melekat. Menurut Arikunto (2010) dalam Kuntoro (2023) subjek penelitian adalah tempat di mana data untuk variabel penelitian diperoleh. Penelitian yang akan dibahas adalah tentang Analisis *Safety Factor* antara *CCSP* dengan Parapet Tanggul Beton.

4.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Proyek Pembangunan Sarana Pengendali Banjir Sungai Bogowonto dan Anak Sungainya (KSN YIA) (MYC) yang lokasinya berada di Sungai Bogowonto Hilir Sisi Kiri Ds. Jangkaran, Kapanewon Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Studi Kasus

(Sumber: PT. Brantas Abipraya, 2024)

4.4. Penentuan Proyek Studi Kasus

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada proyek Proyek Pembangunan Sarana Pengendali Banjir Sungai Bogowonto dan Anak Sungainya (KSN YIA) (MYC) yang terletak di kabupaten Kulon Progo Provinsi D.I. Yogyakarta dimana penelitian berfokus pada bangunan Tanggul pada *section* BG.6+50 yang berlokasi di Sungai Bogowonto Hilir. Penentuan lokasi proyek ini dilakukan berdasarkan hasil penyelidikan tanah, tujuan penelitian yang digunakan yaitu, mendapatkan hasil perbandingan analisis *Safety Factor* bilamana menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dan Parapet Tanggul Beton ditinjau dari faktor keamanan saja.

4.5. Pengumpulan Data

Merupakan data yang diperlukan dalam kegiatan penelitian yang dikumpulkan secara langsung di lapangan (*observasi*) dan wawancara. Pengumpulan data ini dilakukan untuk membandingkan data sekunder yang di peroleh di instansi yang terkait dengan kondisi dilapangan serta untuk memudahkan dalam penjelasan gambaran umum dari objek penelitian.

4.5.1. Data Primer

Data primer yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah data yang diperoleh langsung dari sumbernya, yaitu, foto kondisi lapangan dan kuisisioner pada pihak ahli dalam bidangnya untuk menentukan kriteria- kriteria pemilihan *design* tanggul.

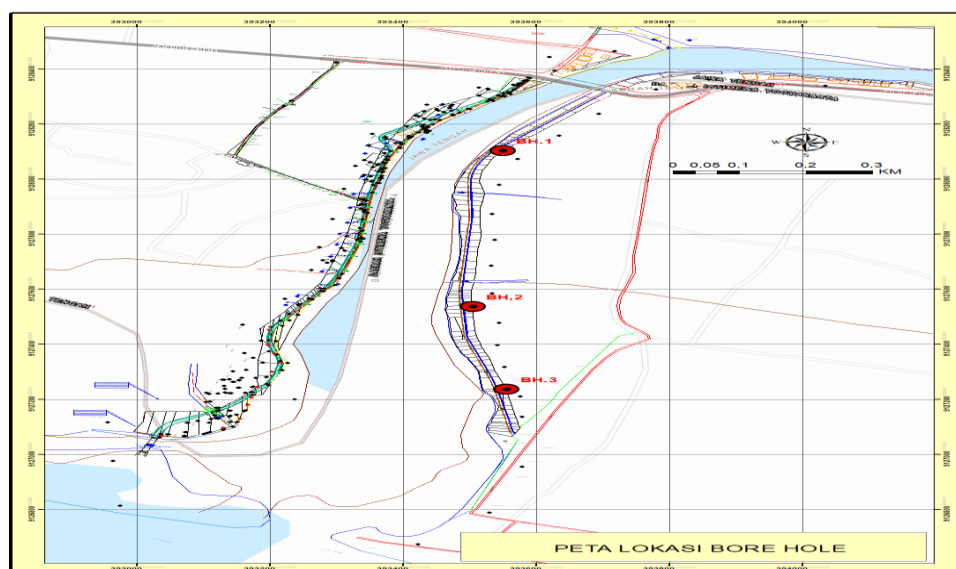
4.5.2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah data yang diperoleh dari studi literatur baik yang diperoleh dari data dan dokumen instansi terkait, berupa:

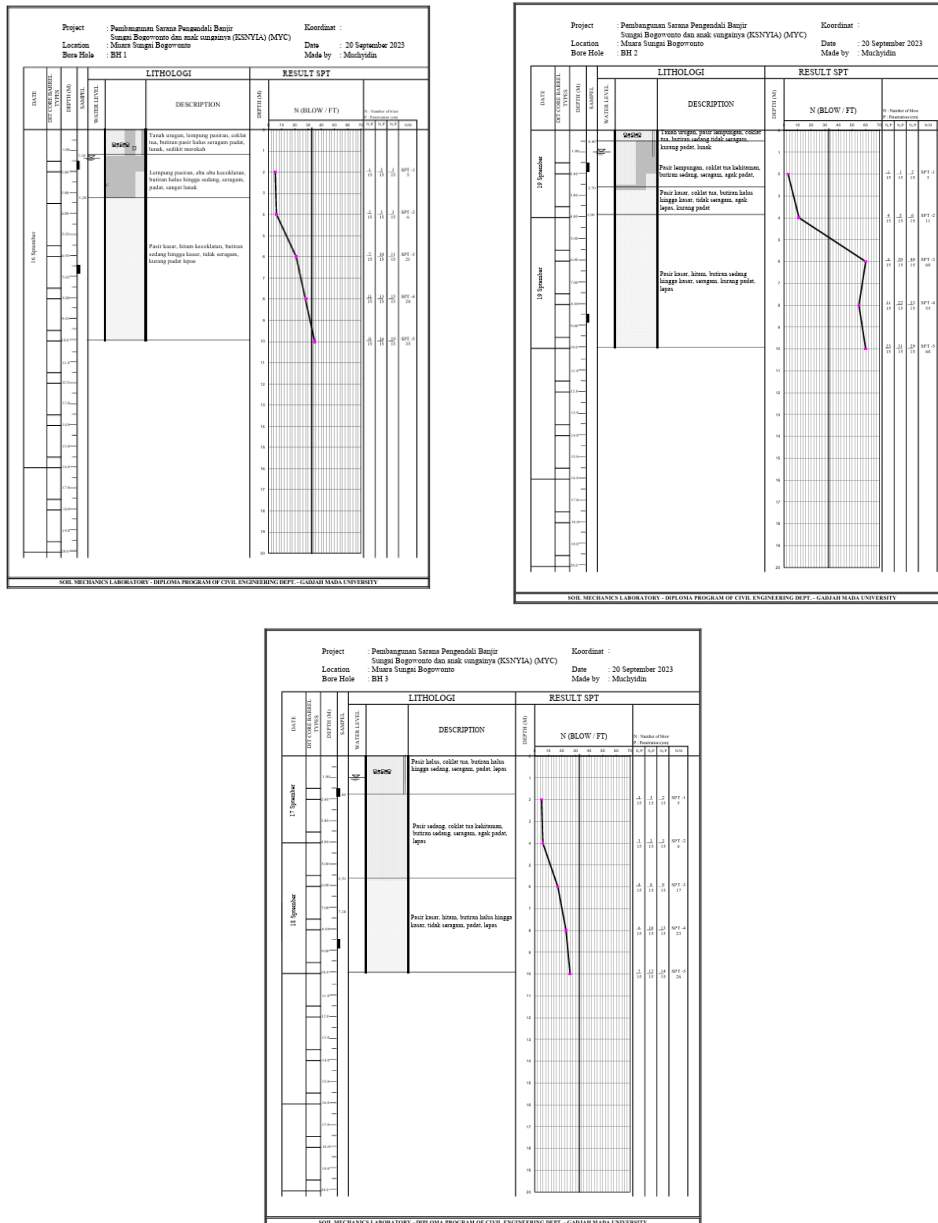
1. Gambar Desain Awal Parapet Beton.
2. Data Penyelidikan Tanah.

4.6. Kondisi Geologi

Untuk keperluan penelitian ini diperlukan penyelidikan tanah dan sudah ditandai titik merah (BH.1 s.d BH.3), lokasi penyelidikan seperti gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Lokasi Penyelidikan Tanah



Gambar 4.3 Hasil Penyelidikan Bore log
(Sumber: PT. Brantas Abipraya, 2023)

4.7. Metode Analisis Data

Metode analisis yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan Tanggul dengan *Software Plaxis*.

Berikut adalah data-data yang perlu ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan pengolahan analisa stabilitas tanggul *tanggul* dengan *software plaxis*.

- a. Data Tanah
 - b. Data Banjir
 - c. Muka air banjir rencana *Desain Water Level (DWL)*
 - d. Elevasi *Tanggul*
 - e. Perhitungan Struktur
2. Menentukan data stabilitas dengan *software plaxis*

Proses pengolahan data penelitian setelah data di atas di temukan maka akan dimasukkan untuk diolah dengan *software plaxis* guna mendapatkan hasil stabilitas tanggul dan faktor keamanan.

3. Faktor keamanan tanggul rob dengan *software plaxis*.

Faktor keamanan digunakan untuk mengidentifikasi stabilitas tanggul sebagai perbandingan hasil perhitungan stabilitas *Horisontal displacement* (Geser) dan *Vertikal Displacement* (Penurunan) antara metode CCSP dengan parapet.

4.8. Analisis Biaya

Untuk mengetahui perbandingan biaya pekerjaan pengaman tanggul sungai menggunakan metode *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* atau menggunakan metode parapet tanggul beton, ada beberapa tahapan yang dilakukan. Analisis biaya dilakukan dengan beberapata tahapan, antara lain sebagai berikut:

4.5.1 Analisis volume Pekerjaan

Perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan autocad pada gambar *typical* detail tanggul sungai. Hasil perhitungan volume pekerjaan selanjutnya di rekapitulasi dalam bentuk tabel BOQ (*Bill Of Quantity*).

4.5.2 Rekapitulasi RAB

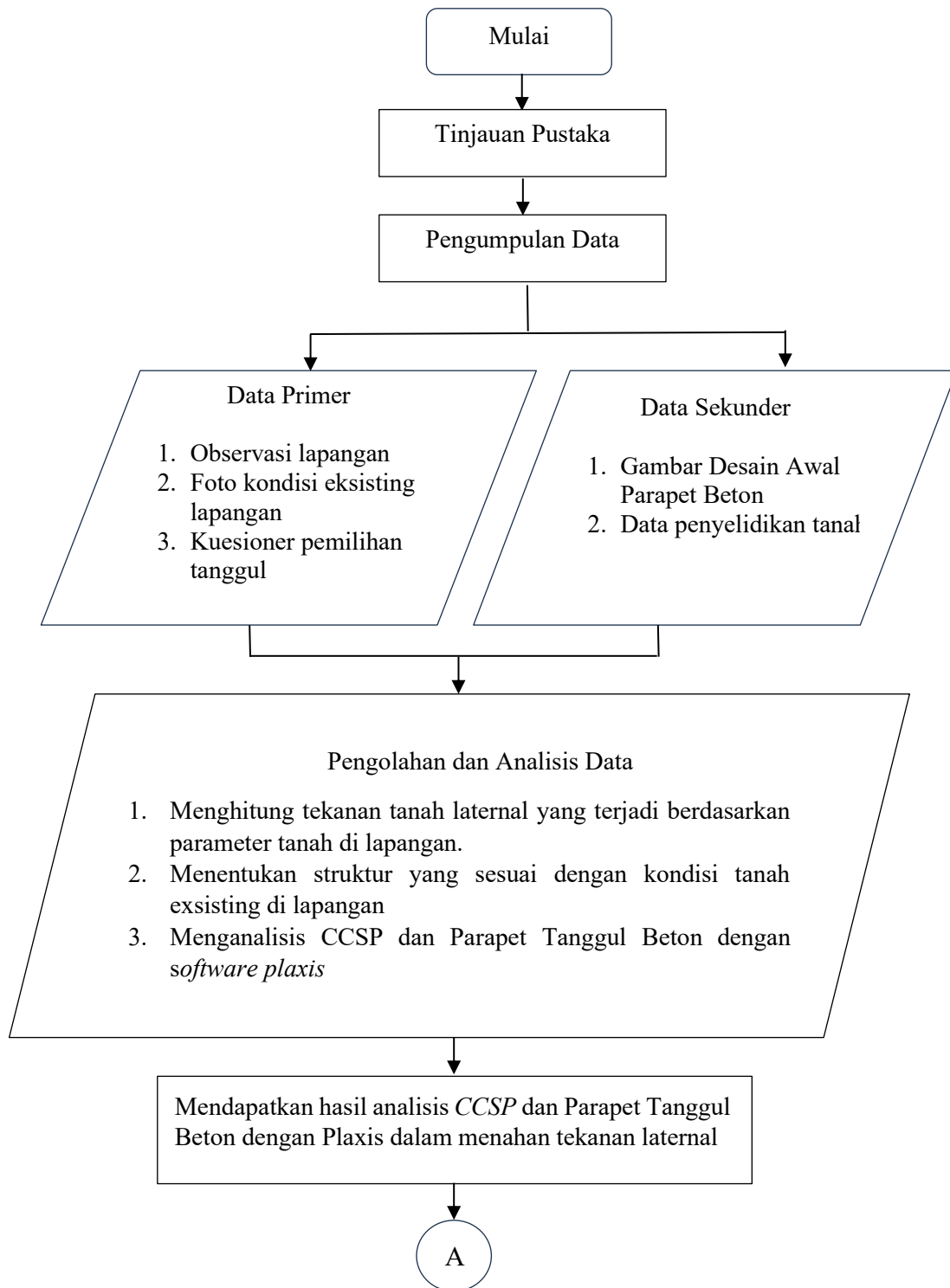
Berdasarkan hasil analisis volume pekerjaan dan analisis harga satuan maka langkah selanjutnya adalah dilakukan analisis biaya konstruksi pada setiap pekerjaan dengan mengalikan volume dengan analisis harga satuan. dalam satu segmen (12 m).

4.9. Analisis waktu

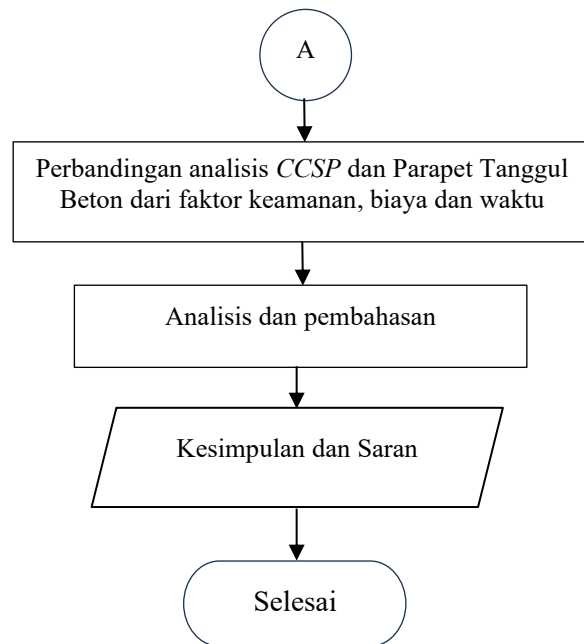
Data yang digunakan untuk pekerjaan parapet tanggul beton adalah siklus waktu pengamatan dari pekerjaan yang sudah pernah dilaksanakan dalam satu proyek yang sama namun beda lokasi sedangkan untuk pekerjaan CCSP menggunakan metode yang sama yaitu menggunakan data pengamatan dari pekerjaan yang sudah pernah dilaksanakan dan masih satu lingkup proyek

4.10. Rencana Bagan Alir Penelitian

Bagan alir pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut



Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.4 Bagan Alir Penelitian

BAB V

DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1. Deskripsi Proyek

Dalam Rangka meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat, pemerintah senantiasa berupaya melaksanakan pengelolaan dibidang Sumber Daya Air diantaranya yang menyangkut aspek Pengendalian Daya Rusak Air dan ketahanan pangan. DAS Bogowonto yang secara administratif berada di Kabupaten Kulon Progo dan Purworejo dan dibagian hilir berdampingan dengan Bandara YIA dan budidaya tambak udang. Adanya Pekerjaan Pengaman Tanggul Sungai guna menanggulangi daya rusak air yang semakin meluas. Berikut deskripsi proyek tempat penelitian dilaksanakan:

Nama Proyek	: Pembangunan Sarana Pengendali Banjir Sungai Bogowonto dan Anak Sungainya (KSN YIA) (MYC)
Tipe Kontrak	: Kontrak Harga Satuan
Konsultan	: PT. Indra Karya (Persero) – PT. Raya Konsult – PT. Ciriajasa E.C – KSO.
Penyedia Jasa	: PT. Brantas Abipraya (Persero)
Nilai Kontrak	: Rp.327.483.300.000,00
Waktu Pekerjaan	: 1544 Hari Kalender
Waktu Pemeliharaan	: 360 Hari Kalender
Lokasi Proyek	: Kabupaten Kulonprogo, Provinsi D.I Yogyakarta

Obyek pekerjaan sebagai obyek vital Nasional karena disebelah timur Sungai Bogowonto ini adalah lokasi Bandara Internasional yaitu YIA (Yogyakarta Internasional Airport). Banjir yang seringkali melanda lokasi obyek pekerjaan adalah salah satu alasan perlunya penyusunan pola pengendalian banjir yang sistematis dan komprehensif. Lokasi Pekerjaan Pembangunan Sarana Pengendali Banjir Sungai Bogowonto dan Anak Sungainya (KSN YIA) (MYC) dapat dilihat pada *layout* Gambar 5.1 berikut:



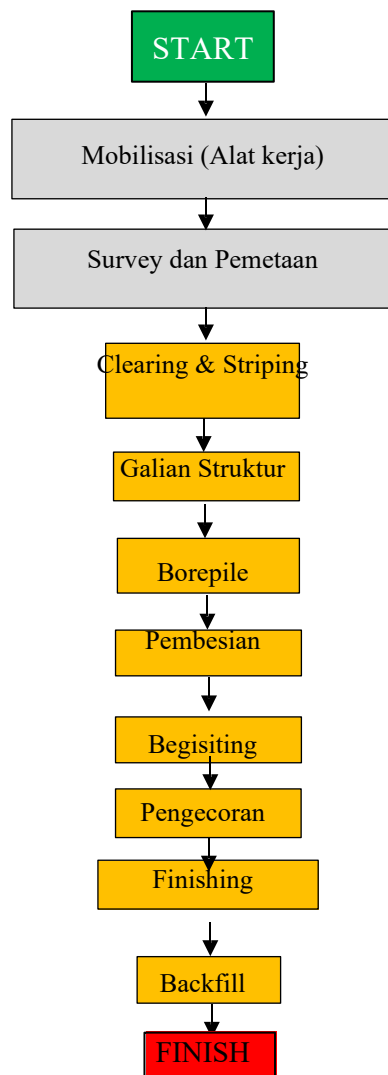
Gambar 5. 1 *Layout* Lokasi Pekerjaan

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

5.2 Analisis Pekerjaan Tanggul Sungai dengan Parapet Tanggul Beton

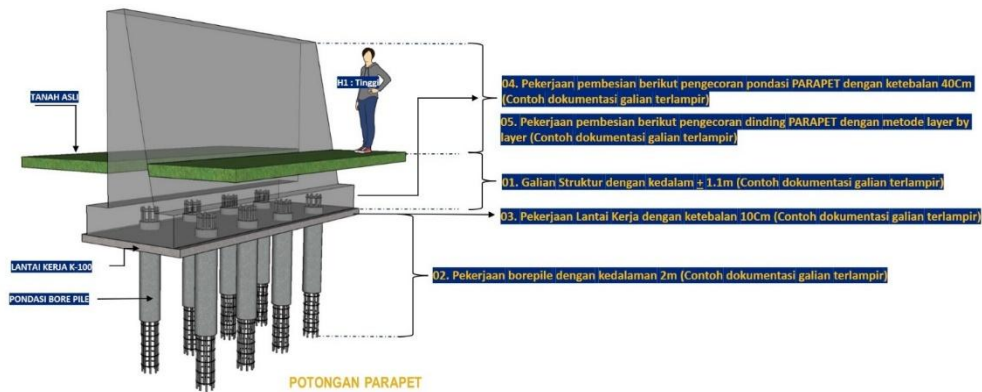
5.2.1 Metode Pekerjaan

Pekerjaan Tanggul Sungai konvensional secara urutan metode pelaksanaan dimulai dari pekerjaan persiapan dan survey penentuan trase/as struktur sampai dengan finishing dapat dilihat pada diagram alir (*flowchart*) pekerjaan pada Gambar 5.2 berikut:



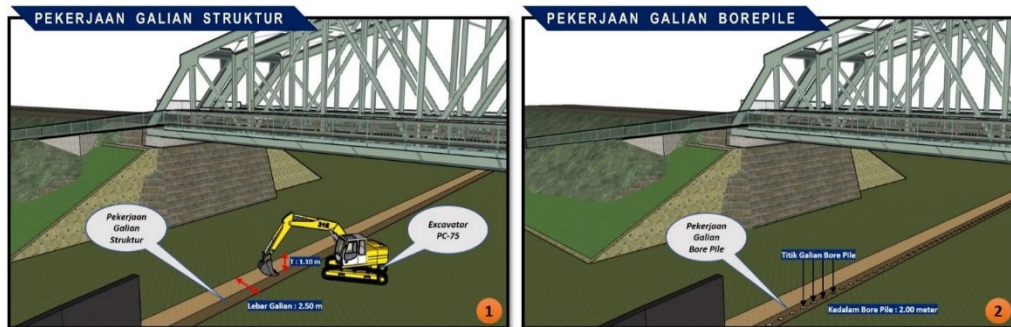
Gambar 5.2 *Flowchart* Pekerjaan Tanggul Parapet Beton

Berikut Gambaran tahapan Pekerjaan Parapet Tanggul Beton dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut:



Gambar 5.3 Ilustrasi Tahapan Pekerjaan Tanggul Parapet Beton

1. Pekerjaan Galian Struktur diikuti dengan Pek.*Borpile* setelah menyelesaikan Pekerjaan *striping & clearing*.



Catatan: Penggunaan pondasi dalam berupa mini pile 25x25 maupun borepile diasumsikan secara metode tahapannya sama dengan melakukan pek. galian struktur terlebih dahulu.

Gambar 5.4 Ilustrasi Pekerjaan Galian Struktur dan Borepile

2. Pekerjaan pengecoran K-225 dengan pembesian *Borpile* diikuti dengan Pek.lantai kerja dengan ready mix K-100.



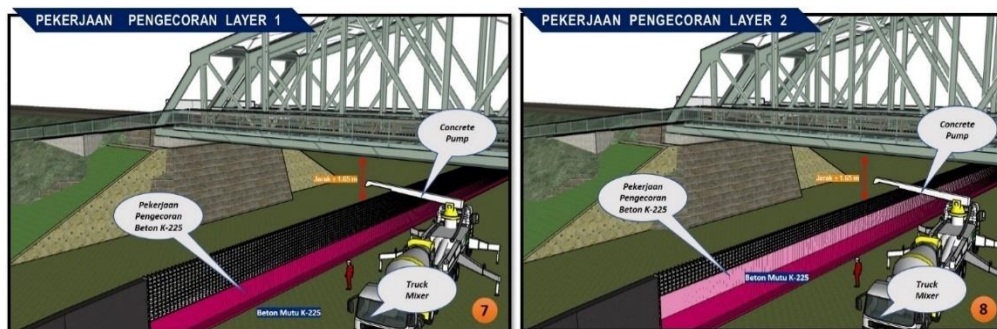
Gambar 5. 5 Ilustrasi Pekerjaan Pengecoran *Borepile* dan *Lantai Kerja*

3. Pekerjaan pembesian dinding parapet tanggul beton diikuti dengan Pek.Bekisting.



Gambar 5. 6 Ilustrasi Pekerjaan Pembesian dan Pek. Bekisting

4. Pekerjaan pengecoran K-225 dengan *concrete pump* dilakukan *layer by layer*.



Gambar 5. 7 Ilustrasi Pekerjaan Pengecoran

5.2.2 Analisis Stabilitas

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data penyelidikan tanah, data gambar kerja, data dokumentasi, dan data pendukung lainnya diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. Berikut data input yang akan digunakan pada program Plaxis.

a. Parameter Tanah

Input data soil properties yang dimasukkan ke dalam program *Plaxis* pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Input Parameter Tanah

<i>Mohr-Coulomb</i>		Lapisan 1 (pasir Kedalaman 0.00 -4.00 m)	Lapisan 2 (pasir Kedalaman > 4.00 m)
Jenis		Terdrainase	Terdrainase
g_{unsat}	[kN/m ³]	12,06	15,79
g_{sat}	[kN/m ³]	15,69	18,44
k_x	[m/hari]	0,864	0,009
k_y	[m/hari]	0,864	0,009
e_{awal}	[-]	0,500	0,500
c_k	[-]	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	50000,000	80000,000
n	[-]	0,300	0,300
G_{ref}	[kN/m ²]	19230,769	30769,231
E_{oed}	[kN/m ²]	67307,692	107692,308
C_{ref}	[kN/m ²]	0,00	0,00
j	[°]	32,01	31,59
y	[°]	0,00	0,00
E_{incr}	[kN/m ² /m]	0,00	0,00
y_{ref}	[m]	0,000	0,000
C_{peningkatan}	[kN/m ² /m]	0,00	0,00
T_{str.}	[kN/m ²]	0,00	0,00
R_{inter}	[-]	1,00	1,00
Permeabilitas antarmuka		Netral	Netral

b. Parameter Tiang Pancang 25x25 cm

Parameter tiang pancang yang digunakan adalah seperti pada Tabel 5.2 berikut:

Tabel 5. 2 Parameter Tiang Pancang

Jenis Material	Material Model	A (m ²)	I (m ⁴)	E (kN/m)	EA (kN/m)	EI (kN/m ²)	w	v
Pancang 25 x25 f _c : 40 Mpa	Elastic	0,0625	0,00032	0,000000297	0,00000186	0,00968	1,50	0,15

c. Parameter Struktur Tubuh Parapet Beton

Parameter Tubuh Parapet Tanggul Beton adalah seperti pada Tabel 5.3 berikut:

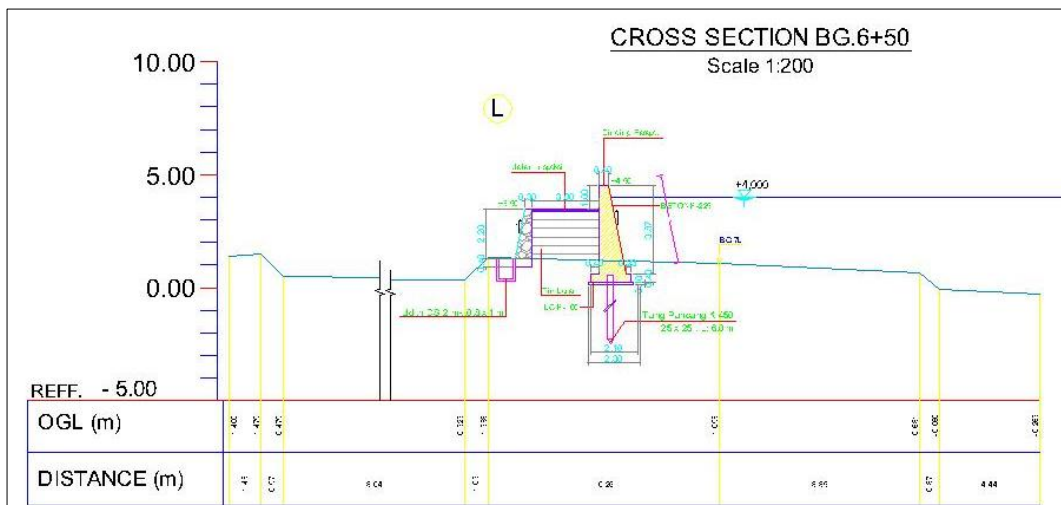
Tabel 5. 3 Parameter Tiang Pancang

Karakteristik Mutu Beton (t/m ² / Mpa)	Kekakuan (Elastisitas) (kN/m ²)	Angka Poison (nu)	γ sat (kN/m ³)
K-225 / fc-18	201.000.000	0,15	24

2. Analisis Data

Evaluasi Terhadap Rencana *design* Tanggul Menggunakan Parapet Beton Sesuai Gambar Kontrak.

Rencana gambar kerja struktur tanggul beton ini adalah seperti gambar 5.8 berikut:



Gambar 5. 8 Potongan Typical Parapet Tanggul Beton

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Data teknis Struktur :

- Karakteristik beton : K-225
- Lebar tapak pondasi : 2,0 m
- Tebal tapak pondasi : 0,5 m
- Lebar top parapet : 0,4 m

- Kemiringan depan : 1 : 0 (tegak)
- Kemiringan Belakang : 1 : 0,2
- Pancang Pondasi : Square Pile 25x25 cm Panjang 6 m

Berdasarkan data *soil properties* dan *soil engineering* dari hasil penyelidikan tanah maka dilakukan review stabilitas struktur dengan menggunakan alat bantu aplikasi *plaxis versi 8.6*.

Analisis Menggunakan Program *Plaxis*, *Plaxis* adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan **metode elemen hingga** (*finite element method/FEM*) yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas dalam bidang *geoteknik*. Dalam *Plaxis*, kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara *axisymmetric*.

Program ini mengedepankan kemudahan grafis antarmuka, sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model *geometri* dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. *Plaxis* sendiri terdiri dari 4 sub program di dalamnya antara lain masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

Beragam kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam *Plaxis* ini secara khusus bertujuan untuk dapat menerapkan dan mengimplementasikan tahap-tahap pelaksanaan di lapangan lewat tahapan pengerjaan pada program. Harapannya, pelaksanaan di lapangan nanti dapat mendekati sedekat mungkin terhadap apa yang tertulis di program yang dianggap/diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya akan terjadi di keadaan sebenarnya.

Geometry model, yaitu input program berupa lapisan tanah, struktur, langkah konstruksi, pembebanan, dan kondisi batas yang dimasukkan dalam bentuk grafis (CAD) sehingga diharapkan pemodelan yang akurat dan mendetail dari kondisi sebenarnya di lapangan dapat tercapai. Output dari bantuan program *Plaxis* ini adalah:

- a. Perpindahan ekstrim total
- b. *Safety factor*, dan
- c. Perpindahan horizontal

Perpindahan ekstrim dalam *Plaxis* merujuk pada perubahan posisi atau pergerakan yang sangat signifikan pada elemen-elemen dalam model geoteknik. Berikut beberapa hal yang terkait dengan perpindahan ekstrim dalam konteks *Plaxis*:

a. Perpindahan Tanah:

Plaxis memungkinkan simulasi perpindahan tanah yang terjadi selama konstruksi atau pembebanan. Perpindahan ini dapat terjadi pada lapisan tanah, dinding penahan tanah, atau struktur lainnya. Hasil analisis perpindahan tanah membantu insinyur memahami bagaimana deformasi terjadi dan mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian lebih. Berikut beberapa hal yang terkait dengan perpindahan ekstrim dalam konteks *Plaxis*. *Plaxis* memungkinkan simulasi perpindahan tanah yang terjadi selama konstruksi atau pembebanan.

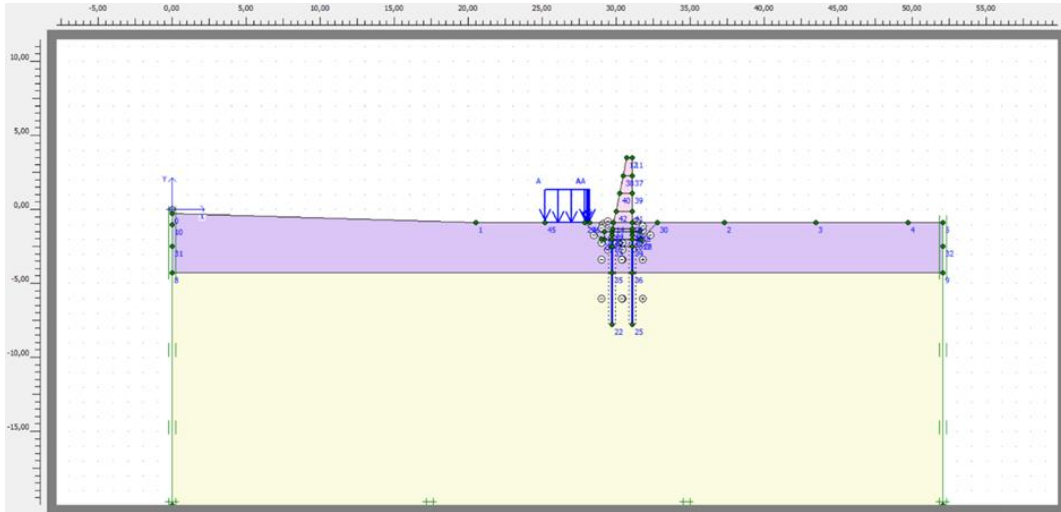
Perpindahan ini dapat terjadi pada lapisan tanah, dinding penahan tanah, atau struktur lainnya. Hasil analisis perpindahan tanah membantu insinyur memahami bagaimana deformasi terjadi dan mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian lebih.

b. Perpindahan Horizontal

Perpindahan horizontal dalam hasil perhitungan *Plaxis* mengacu pada perubahan posisi atau pergerakan secara lateral pada elemen-elemen dalam model geoteknik. Indikator safety factor mengacu pada pedoman teknis konvensional yaitu minimum $SF = 1,5$.

Pada simulasi perhitungan *Plaxis* ini pemodelan geometri yang digunakan adalah gambar struktur parapet pada patok BG-6+50. Setelah dibuat skenario simulasi permodelan pada *software Plaxis* kemudian dianalisis dan dihitung stabilitasnya. Stabilitas struktur ini didapat dengan melihat perilaku kejadian deformasi tanah disekitar struktur. *Plaxis* juga telah memasang rumus sebagai ukuran kestabilan bangunan sesuai dengan permodelan yang telah dibuat sebelumnya.

Hasil penggambaran pemodelan geometri pada lokasi ini adalah seperti pada Gambar 5.9 berikut:

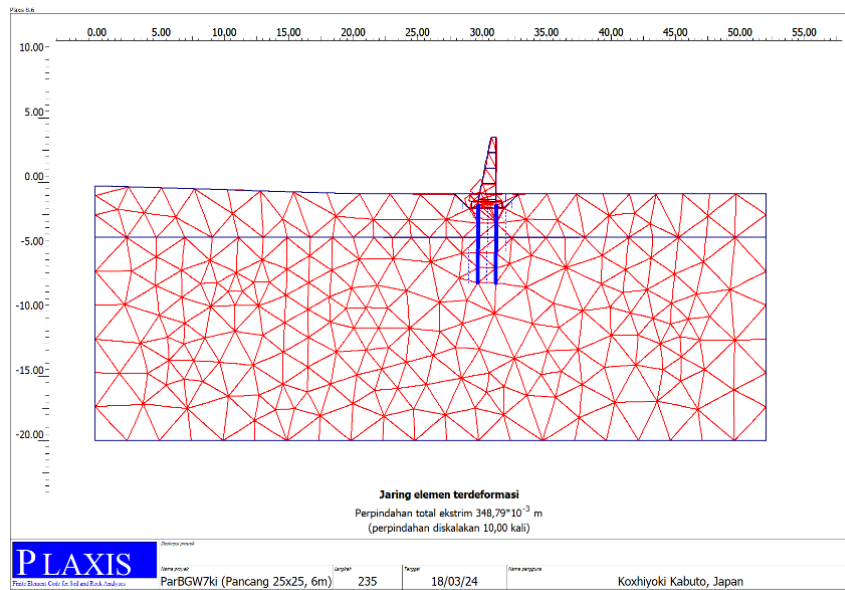


Gambar 5. 9 Model Geometri Struktur dan Lapisan Tanah di BG-6+50

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

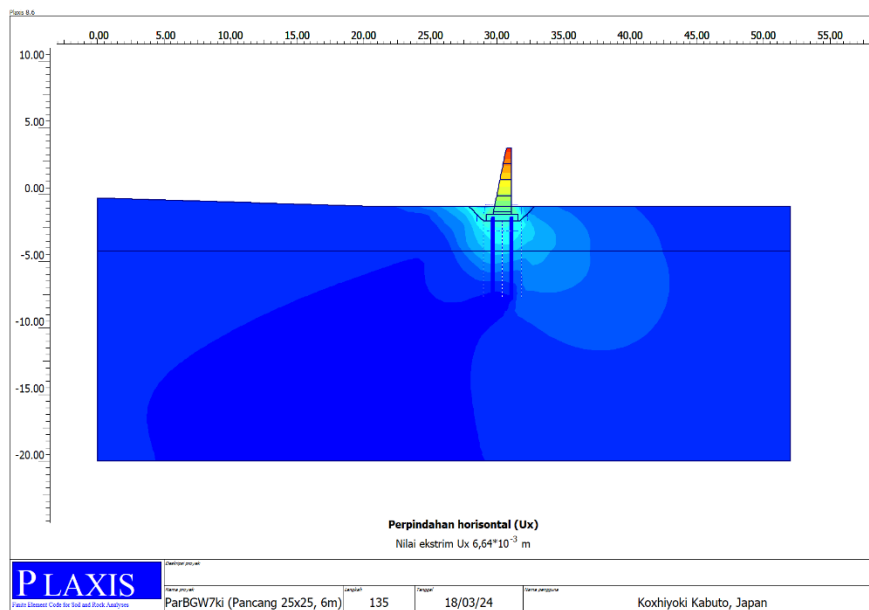
3. Output Hasil Pemodelan Plaxis
 - Data-data diatas selanjutnya diinputkan kedalam program Plaxis 2D dan dilakukan pemrosesan ke dalam system. Output hasil pemrosesan ini akan menghasilkan 3 indikator utama yaitu:
 - a. perpindahan total ekstrim
 - b. perpindahan horizontal dan
 - c. angka keamanan

Diaktualisasikan secara grafis seperti ditunjukkan pada Gambar 5.10, 5.11, 5.12 berikut:



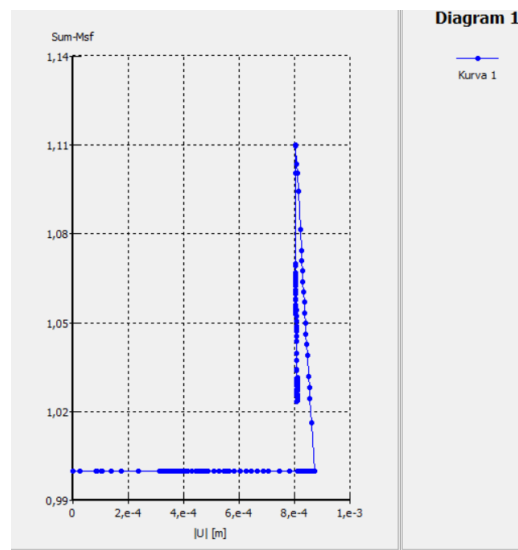
Gambar 5. 10 Perpindahan Total Ekstrim

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)



Gambar 5. 11 Grafis Perpindahan Horizontal

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)



Gambar 5. 12 Kurva Kronologis *Safety Factor* Sesuai Input Metode Pelaksanaan

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Berdasarkan grafis tersebut nilai perpindahan total ekstrim tanah sebesar 34,8 mm dan perpindahan horizontal adalah bangunan adalah 6,6 mm sedangkan angka keamanan sebesar 1,03. Dengan demikian dari sisi kaidah teknis konstruksi parapet ini tidak aman. Dengan demikian dari sisi kaidah teknis konstruksi parapet ini **Tidak Aman**. Di rekap seperti tabel 5.4 berikut:

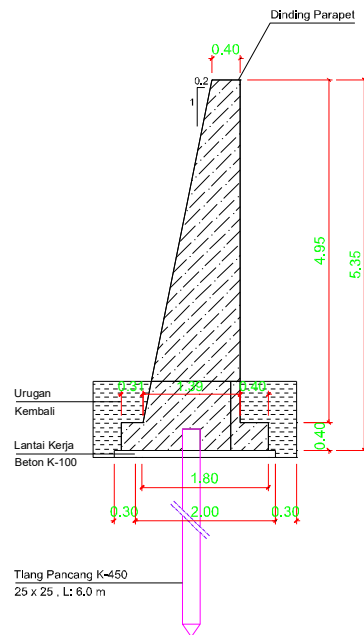
Tabel 5. 4 Hasil Analisis Permodelan Plaxis

Kriteria	Hasil Analisis
Perpindahan elemen ekstrim	34,8 mm
Perpindahan Horizontal	6,6 mm
Angka keamanan	1,03

5.2.3 Analisis Biaya

1. Volume Pekerjaan

Perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan *autocad* pada gambar detail *typical* seperti gambar 5.13 berikut:



Gambar 5. 13 Gambar *Typical* Parapet Tanggul Beton

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

2. Harga Satuan Pekerjaan

Harga Satuan Pekerjaan didapatkan dari kontrak harga satuan yang sudah ada.

3. Rekapitulasi Anggaran Biaya

Berdasarkan analisis volume pekerjaan dan harga satuan maka langkah selanjutnya adalah dilakukan analisis biaya konstruksi pada setiap pekerjaan dengan mengalikan volume dengan harga satuan. Perhitungan dan penyusunan RAB dilakukan dalam satu segment, dimana panjang satu *segment* adalah 12 meter. Berikut merupakan Tabel 5.5 RAB Parapet Tanggul Beton dalam satu segmen (12 m).

Tabel 5. 5 Rekap RAB Pekerjaan Parapaet Tanggul Beton

Jenis Pekerjaan	vol	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Beton K-225	68.40	m3	Rp 1,252,619	Rp 85,679,139.60
Beton K-100	3.00	m3	Rp 925,798	Rp 2,777,394.00
Besi	1,827.	kg	Rp 16,081	Rp 29,391,570.82
Bekisting	135.59	m2	Rp 79,100	Rp 10,725,029.32
Minipile 6m	24.00	buah	Rp 2,217,925	Rp 53,230,200.00
Pemancangan	283.20	m	Rp 96,151	Rp 27,229,963.20
Galian tanah	45.54	m3	Rp 24,300	Rp 1,106,622.00
Rp 210,139,918.94				/ 12 m

5.2.4 Analisis Waktu

Data yang didapatkan adalah data pengamatan langsung dimana pekerjaan Parapet Tanggul Beton menjadi *major* pekerjaan yang terdapat di beberapa titik Lokasi lain, Material yang digunakan seperti bekisting, besi, *minipile* tidak diperhitungkan waktunya dari *pre-order* tetapi material tersebut sudah *onsite*. Untuk mempermudah melihat total durasi pekerjaan maka dibuat rincian seperti tabel 5.6 dibawah ini dengan tenaga kerja 1 tim 12 orang (untuk 1 segmen parapet) + 1 tim alat pancang, tukang besi (5 orang), Tukang begesting + cor (8 orang), Perhitungan untuk 1 segmen (12m) dan Tinggi parapet ± 4 m.

Tabel 5. 6 Rincian Durasi Waktu Pekerjaan Parapet Tanggul Beton

Langkah Kerja	Jenis pekerjaan	Volume	Satuan	Kemampuan /hari	Jumlah alat / Tim	Waktu Pelaksanaan (Hari)
1	Galian	182.2	m ³	200	1	1
2	Minipile 25x25	192.0	buah	20	1	10
3	Pengecoran K-100	12.0	m ³	75	1	1
4	Pembesian	7,310.9	kg	1500	1	5
5	Begesting Pondasi	28.8	m ²	60	1	1
6	Pengecoran K-225 pondasi	57.6	m ³	75	1	1
7	Bekisting layer 1	135.6	m ²	60	1	3
8	Pengecoran K-225 Parapet layer 1	43.2	m ³	75	1	1
9	Begesting layer 2	135.6	m ²	60	1	3

**Lanjutan Tabel 5.6 Rincian Durasi Waktu Pekerjaan Parapet
Tanggul Beton**

Langkah Kerja	Jenis pekerjaan	Volume	Satuan	Kemampuan /hari	Jumlah alat / Tim	Waktu Pelaksanaan (Hari)
10	Pengecoran K-225 Parapet layer 2	43.2	m ³	75	1	1
11	Begeving layer 3	135.6	m ²	60	1	3
12	Pengecoran K-225 Parapet layer 3	43.2	m ³	75	1	1
Total						31

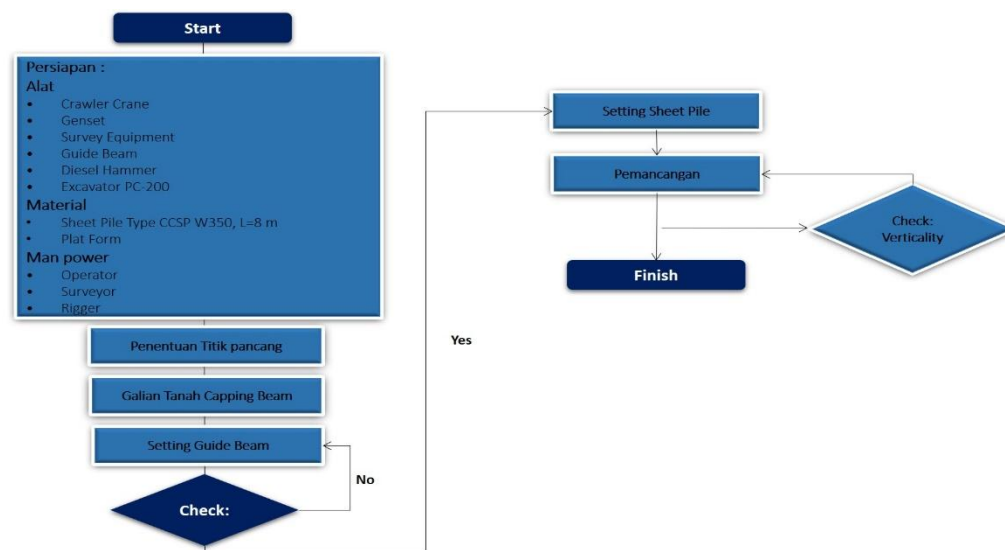
Dari tabel 5.6 dapat dilihat bahwa total waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan parapet tanggul beton sepanjang 1 segmen (12m) membutuhkan waktu 31 hari. Perhitungan waktu tersebut berdasarkan *real time* pengamatan langsung dengan catatan sebagai berikut:

1. Kondisi cuaca yang mendukung
2. Jalan akses yang tersedia dan tidak ada kendala non teknis
3. Material dan tenaga kerja sudah tersedia.

5.3 Analisis Pekerjaan Tanggul Sungai dengan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP)

5.3.1 Metode Pekerjaan

Pekerjaan Tanggul Sungai menggunakan beton pracetak/*precast* mulai banyak digunakan di beberapa proyek pemerintahan maupun swasta dengan berbagai jenis ukuran dan type *precast* menyesuaikan kebutuhan dan kondisi geologi/tanah proyek tersebut. Pemilihan beton precast dianggap lebih praktis dan lebih bisa dikendalikan secara visual dan mutu. Sebelum mengarah ke pelaksanaan langkah awal yang harus ditempuh adalah melaksanakan pengujian tanah terlebih dahulu untuk menentukan type dan ukuran beton pracetak yang akan digunakan. Berikut gambaran metode pelaksanaan tanggul Sungai menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dimulai dari pekerjaan persiapan dan survey penentuan trase/as struktur sampai struktur atas, dapat dilihat pada *flow chart* Gambar 5.14 berikut:



Gambar 5. 14 Gambar Flow Chart Pekerjaan CCSP

1. Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian struktur dilakukan untuk memastikan trase pemancangan dan memudahkan pemasangan bracing atau alat bantu pelurus pemancangan. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.

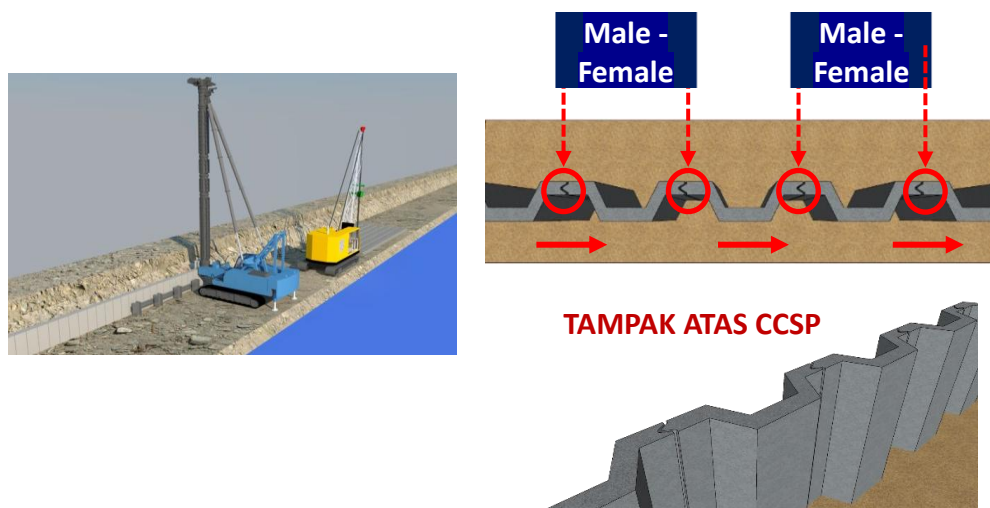


Gambar 5. 15 Gambar Pek. Galian Struktur

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

2. Pekerjaan Pemancangan

Untuk mendapatkan hasil pemancangan yang lurus, dibantu dengan pemasangan guide beam yang terdiri dari H-BEAM & UNP, Sheet Pile dipasang di tengah guide beam yang terdiri dari h-beam & unp. Pemancangan sheet pile sesuai urutan yang telah ditentukan dengan menggunakan alat *Diesel Hammer*. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5. 16 Gambar Pek. Pemancangan

3. Pekerjaan *Capping Beam*

Sebelum melaksanakan pekerjaan pembesian pada top *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) untuk perkuatan beton pada *capping beam*, terlebih dahulu ujung/top CCSP dibobok untuk mengaitkan besi perkuatan *capping beam*. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



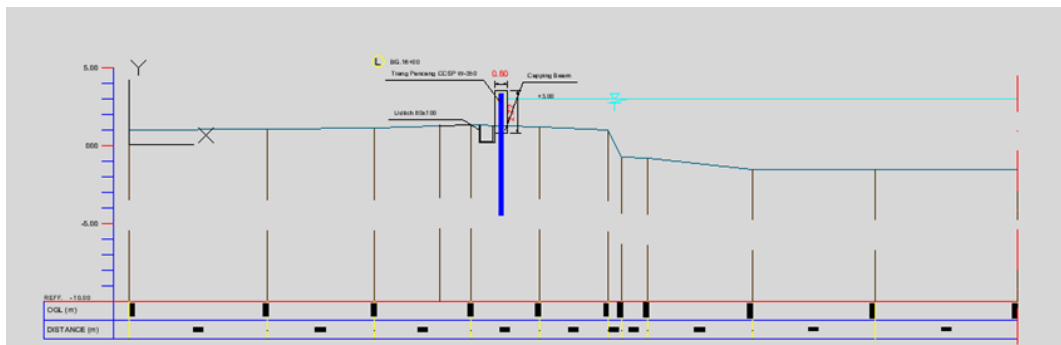
Gambar 5. 17 Gambar Pek. Capping Beam

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

5.3.2 Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas dilakukan guna mengetahui apakah suatu bangunan aman atau tidak. Untuk dikatakan aman, maka nilai *safety factor* (SF) harus lebih dari atau sama dengan 1,5 ($SF \geq 1,5$).

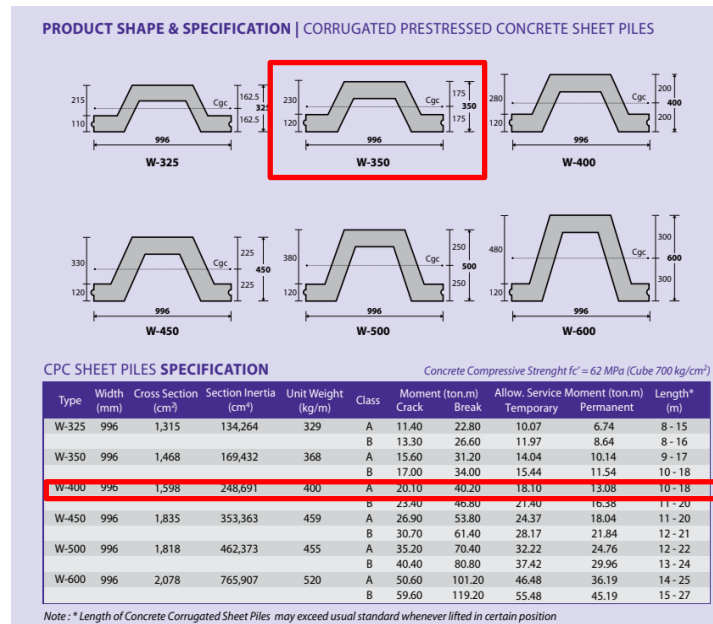
Penggunaan tiang pancang CCSP W-350 dengan Panjang 8m, sebagai opsi pengganti dinding parapet, untuk perlindungan terhadap muka air banjir Sungai Bogowonto. Struktur CCSP ini akan ditambahkan *capping beam* beton di bagian atas untuk mencegah kebocoran pada saat terjadi banjir. titik perhitungan stabilitas di Patok BGW. 6+50, sesuai dengan Titik sample pengambilan uji tanah dengan Bore hole I. Berikut Gambar 5.18:



Gambar 5. 18 Cross Section BGW. 6+50

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Berikut data teknis beberapa *type Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)*, terlampir pada Gambar 5.16 serta data input yang akan digunakan pada program Plaxis.



Gambar 5. 19 Tabel Type CCSP

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Data properties tanah hasil test Bore Hole I (BG.16 Kiri, X: 393549.222 Y: 9128103.067). Data ini bisa dilihat pada Gambar 4.3 Hasil Penyelidikan *Bore Log*. Berdasarkan data tanah tersebut maka dapat disusun *engineering properties* sebagai input didalam pemodelan stabilitas menggunakan program *plaxis*. *Soil engineering properties* pada BH-1 adalah seperti pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 *Soil Engineering Properties* BH-01

Kedalaman (m)	N-SPT	Jenis tanah	γ _{unsat} (kN/m ³)	γ _{sat} (kN/m ³)	K _x (m/hari)	K _y (m/hari)
0.0 - 3.2	2	pasir lempungan,	9.9	15.98	8.64E-01	8.64E-01
3.20-10.00	17	Pasir kasar	13.92	17.94	8.64E-03	8.64E-03

Lanjutan Tabel 5.7 *Soil Engineering Properties* BH-01

E (kN/m ²)	V	C (kN/m ²)	Ø (°)	Material Type	Material Model
30000	0.3	3.92268	25.76	Drained	Mohr Coulumb
50000	0.3	0	32.21	Drained	Mohr Coulumb

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

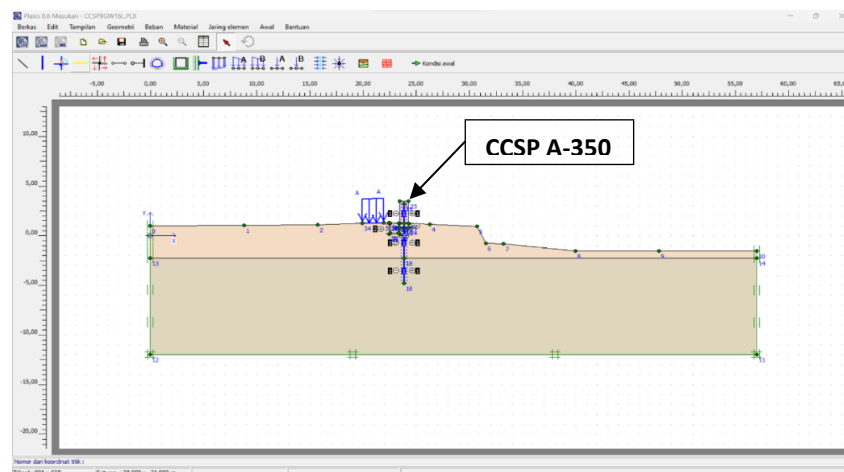
Sementara itu parameter material *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) yang digunakan sebagai input data didalam program *plaxis* adalah seperti pada Tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8 *Engineering Properties Precast CCSP*

Jenis Material	Material Model	EA (kN/m)	EI (kN/m ²)	d (m)	w	v
CCSP Tipe 350	Elastic	4.870.000	49.700	0,35	3,225	0,15

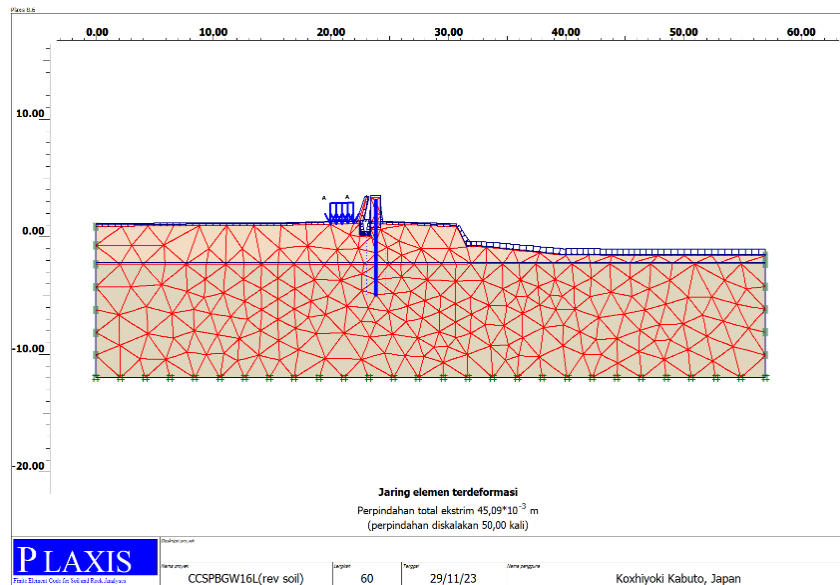
Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Selanjutnya berdasarkan data-data soil properties lapisan tanah hasil penyelidikan di BH-01 dan *engineering properties* struktur *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) 8m tersebut diatas, dibuat gambar model grafis baik lapisan tanah, struktur *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dan Metode yang diterapkan didalam pelaksanaan sebagaimana terlihat pada Gambar 5.20 berikut:



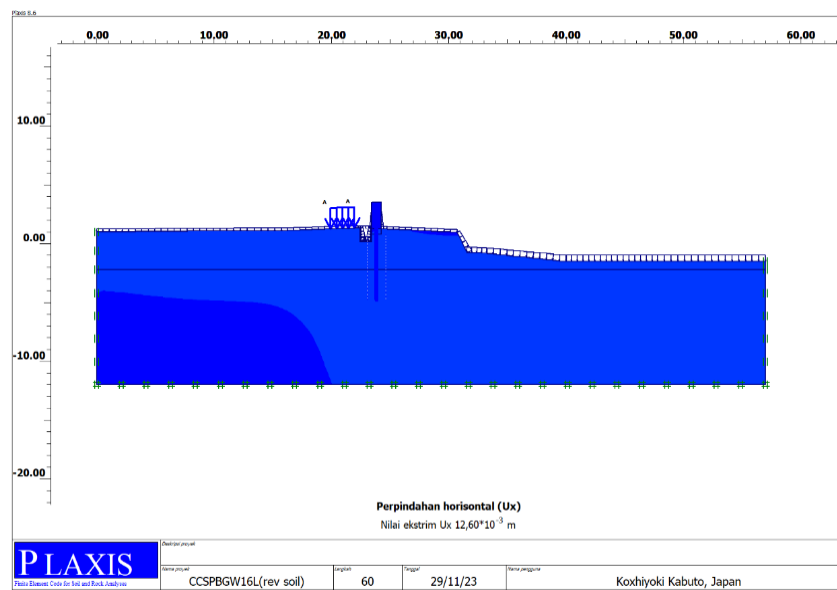
Gambar 5. 20 Gambar Geometris Permodelan Plaxis 2 dimensi CCSP 8 m

Berikut terlampir *print out* secara *grafis* hasil analisis pemodelan *plaxis* untuk angka keamanan dan perpindahan elemen, terlampir pada gambar 5.21, 5.22 dan 5.23:



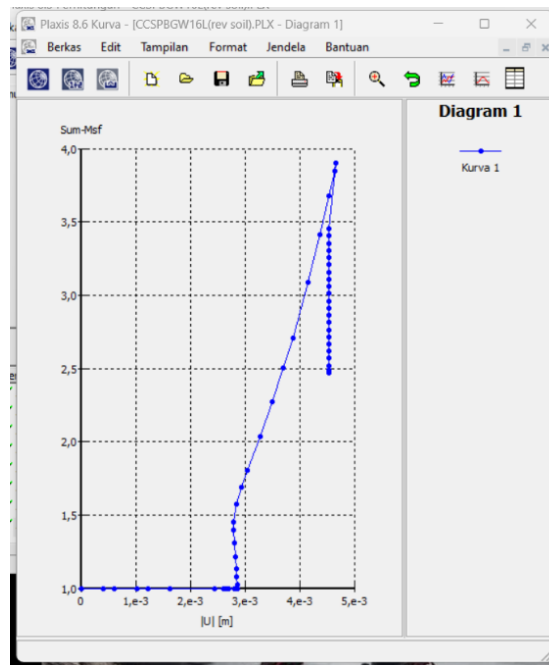
Gambar 5. 21 Gambar Out put Perpindahan Total Ekstrim CCSP 8 m

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)



Gambar 5. 22 Output Analisis Plaxis Terhadap Perpindahan Horizontal CCSP 8 m

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)



Gambar 5. 23 Output Grafis History Safety Factor CCSP 8 m

Sumber: BBWS Serayu Opak (2024)

Berdasarkan grafis tersebut nilai perpindahan total ekstrim tanah sebesar 45mm dan perpindahan horizontal adalah bangunan adalah 1.26 cm sedangkan angka keamanan sebesar 2,47. Dengan demikian dari sisi kaidah teknis konstruksi *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* ini dinyatakan **Aman**. Direkap seperti tabel 5.9 berikut:

Tabel 5. 9 Hasil analisis Permodelan CCSP 8m

Kriteria	Hasil Analisis
Perpindahan elemen ekstrim	45 mm
Perpindahan Horizontal	1,26 cm
Angka keamanan	2,47

Tabel 5. 10 Estimasi Biaya CCSP 8m

Jenis Pekerjaan	vol	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Beton K-225	39,54	m ³	Rp 1.252.619,00	Rp 49.528.555,26
Beton K-100	0,54	m ³	Rp 925.798,00	Rp 499.930,92
Besi	1.059,24	kg	Rp 16.081,00	Rp 17.033.638,44
Begesting	120,00	m ²	Rp 79.100,00	Rp 9.492.000,00
CCSP	12,00	buah	Rp 7.524.451,00	Rp 90.293.412,00
Pemancangan	84,00	m	Rp 319.299,00	Rp 26.821.116,00
Galian tanah	9,30	m ³	Rp 24.300,00	Rp 225.990,00
				Rp 193.894.642,62

5.3.4 Analisis Waktu

Data yang didapatkan adalah data pengamatan langsung dimana pekerjaan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) terdapat di beberapa titik Lokasi lain, Material yang digunakan seperti material utama yaitu *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) bekisting, besi tidak diperhitungkan waktunya dari *pre-order* tetapi material tersebut sudah *onsite*. Untuk mempermudah melihat total durasi pekerjaan maka dibuat rincian seperti tabel 5.11 dibawah ini dengan tenaga kerja 1 tim 12 orang (untuk 1 segmen), Tukang Besi (5 orang), Tukang begesting + cor (8 orang), Perhitungan untuk 4 segmen dan Tinggi *capping beam* ± 3 m.

Tabel 5. 11 Rincian Durasi Pekerjaan CCSP

Langkah Kerja	Jenis pekerjaan	Volume	Satuan	Kemampuan /hari	Jumlah alat / Tim	Waktu Pelaksanaan (Hari)
1	Galian	37	m ³	200	1	1
2	CCSP	48	buah	25	1	2
3	Pengecoran K-100	12	m ³	75	1	1
4	Pembesian	4,237	kg	1500	1	3
5	Bekisting layer 1	120	m ²	60	1	2
6	Pengecoran K-225 Parapet layer 1	30	m ³	75	1	1
7	Bekisting layer 2	120	m ²	60	1	2

Lanjutan Tabel 5. 11 Rincian Durasi Pekerjaan CCSP

Langkah Kerja	Jenis pekerjaan	Volume	Satuan	Kemampuan /hari	Jumlah alat / Tim	Waktu Pelaksanaan (Hari)
8	Pengecoran K-225 Parapet layer 2	30	m ³	75	1	1
9	Bekisting layer 3	120	m ²	60	1	2
10	Pengecoran K-225 Parapet layer 3	30.0	m ³	75	1	1
					Total	16 hari

Dari tabel 5.11 dapat dilihat bahwa total waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan pekerjaan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) sepanjang 1 segmen (12m) membutuhkan waktu 16 hari. Perhitungan waktu tersebut berdasarkan *real time* pengamatan langsung.

5.4 Pembahasan

5.4.1 Perbandingan Stabilitas

Bangunan Tanggul dikatakan aman apabila angka keamanan lebih dari 1,5 dan dikatakan bergeser apabila angka keamanan kurang dari 1,5 (faktor aman yang disyaratkan). Berikut hasil dari analisis *safety factor* kedua metode:

Tabel 5. 12 Hasil Analisis SF

No	Analisis	Hasil	Keterangan
1	<i>Safety Factor</i> Parapet Tanggul Beton	1,03	Tidak Aman
2	<i>Safety Factor</i> CCSP	2,47	Aman

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan hasil yang berbeda antara metode parapet tanggul beton dengan metode CCSP. *Safety factor* dengan metode parapet tanggul beton sebesar 1,03. Hasil dengan angka tersebut lebih kecil dari faktor aman yang disyaratkan yaitu 1,5 ($1,03 < 1,5$). Faktor aman dari hasil analisis dengan metode parapet tanggul beton termasuk pada kategori tidak aman.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Winarso (2024) dengan judul penelitian “Analisis *Safety Factor*, Waktu, Dan Biaya Pada Pekerjaan Revetment Antara Metode Pasangan Batu Dengan Metode L-Gutter” mendapatkan hasil faktor

keamanan (*safety factor*) metode precast L-Gutter lebih besar dibandingkan dengan metode pasangan batu. Hasil ini memiliki kesamaan berupa nilai SF dengan metode *precast* lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Adiasa dkk., 2014) yang berjudul “Evaluasi Penggunaan Beton Precast Di Proyek Konstruksi” menyatakan bahwa salah satu faktor yang mendasari nilai *safety factor* metode *precast* lebih besar dibanding metode konvensional adalah kualitas yang baik dan terjaga, karena pembuatan produk pracetak di dalam pabrik dengan menggunakan teknologi komputerisasi, pengendalian kualitas yang ketat, serta lingkungan kerja yang lebih mendukung di dalam pabrik.

5.4.2 Perbandingan Biaya

Setelah didapatkan hasil perhitungan dan penyusunan rencana anggaran biaya (RAB) melalui perhitungan volume (BOQ) tercantum pada Tabel 5.13 dimana didapatkan hasil bahwa metode *konvensional* Parapet Tanggul Beton lebih mahal.

Tabel 5. 13 Rincian Perbandingan Biaya Pekerjaan

NO	Metode	Rupiah
1	Parapet Tanggul Beton	Rp 210,139,918,94
2	<i>CCSP</i>	Rp 193,894,642,62

Dari tabel diatas dapat diketahui terdapat efisiensi biaya pekerjaan sebesar Rp 16.245.276,32 (Enam Belas Juta Dua Ratus Empat Puluh Lima Ribu Dua Ratus Tujuh Puluh Enam Koma Tiga Puluh Dua Rupiah). Penelitian yang dilakukan oleh Winarso (2024) memiliki hasil biaya yang dibutuhkan dengan metode konvensional lebih tinggi dibandingkan dengan metode *precast*. Sementara itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Rahmadia dkk., (2024) yang berjudul “Optimasi Penggunaan Beton Precast: Meningkatkan Keberlanjutan dan Kecepatan Konstruksi” memiliki hasil bahwa adanya selisih biaya antara metode konvensional dengan metode *precast*. Biaya yang dibutuhkan pada metode konvensional lebih tinggi dibanding metode *precast*.

Manurut Ervianto (2006) di dalam Adiasa dkk (2014) diketahui juga keunggulan-keunggulan yang signifikan yang dimiliki dari teknologi beton pracetak dibandingkan dengan metode konvensional antara lain hemat dalam hal tenaga manusia, karena komponen pracetak dibuat di pabrik dengan mesin, produksi massal pracetak menyebabkan menggunakan mesin yang optimal sehingga dampaknya tenaga kerja menjadi sedikit dan jumlah material yang diperlukan seperti bekisting, scaffolding, dapat berkurang cukup optimal. Berdasarkan keunggulan – keunggulan tersebut, biaya dengan metode *precast* lebih hemat dibandingkan dengan metode konvensional.

5.4.3 Perbandingan Waktu

Analisis waktu dengan metode pengamatan langsung dan siklus yang tercatat didapatkan perbandingan yang tercantum pada Tabel 5.14 sebagai berikut:

Tabel 5. 14 Rincian Perbandingan Waktu Pekerjaan

NO	Metode	Hari
1	Parapet Tanggul Beton	31 Hari
2	CCSP	16 Hari

Rincian pada tabel 5.14 diatas membuktikan bawasanya secara waktu pelaksanaan pekerjaan pengaman tanggul sungai menggunakan metode *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* lebih cepat dibandingkan parapet tanggul beton. Pada penelitian yang dilakukan Anugerahanto & Adistana (2020) dengan judul penelitian “Perbandingan Pelaksanaan Pekerjaan Dinding Precast Dan Dinding Konvensional Pada Konstruksi High Rise Building Ditinjau Dari Segi Waktu Dan Biaya” mendapatkan hasil dari segi waktu metode pelaksanaan pekerjaan dinding menggunakan dinding precast didapatkan rata-rata perbandingan waktu 53,88% lebih singkat dibandingkan dengan menggunakan dinding konvensional.

Hasil penelitian sesuai dengan pendapat ahli Ervianto (2006) di dalam Adiasa dkk (2014) menyatakan bahwa durasi pekerjaan yang lebih singkat. Pekerjaan

pembuatan komponen pracetak dapat dilaksanakan dan disesuaikan bersamaan dengan pekerjaan struktur bawah.

5.4.4 Perbandingan Kualitatif

Perbandingan ini dilakukan sebagai *hipotesis* untuk melakukan kajian secara lebih mendalam terhadap alternatif jenis struktur selain parapet tanggul beton, berikut adalah matrik perbandingan untung dan rugi terhadap 2 jenis struktur tanggul tercantum pada Tabel 5.15:

Tabel 5. 15 Rincian Perbandingan Kualitatif

No.	Jenis Struktur	Keuntungan	Kerugian	Keterangan
1	Parapet Beton	<ul style="list-style-type: none"> a. Struktur beton bersifat kedap sehingga resiko kebocoran kecil b. Minim biaya loses alat berat 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kedalaman pondasi berada pada tanah dengan daya dukung rendah, perlu di cek ulang kestabilan struktur. b. Posisi elevasi dasar pondasi berada dibawah muka pasang surut air laut. c. Dewatering pada struktur pondasi sulit dilakukan karena permeabilitas tinggi. d. Membutuhkan waktu relatif lebih lama e. Membutuhkan space tapak yang lebih luas. f. Fungsi struktur hanya untuk menahan limpasan banjir, bukan sebagai pelindung tebing Sungai. g. Waktu Pelaksanaan lebih lama 	Sesuai Gambar Kontrak
2	CCSP	<ul style="list-style-type: none"> a. 	Risikan loses penggunaan alat berat Ketika pemancangan dalam hal ini keadaan cuaca hujan	Struktur turap dengan pondasi dalam, sangat baik diaplikasikan pada tanah lembek tapi tetap mempunyai keamanan yang baik.

Lanjutan Tabel 5.15 Rincian Perbandingan Kualitatif

No.	Jenis Struktur	Keuntungan	Kerugian	Keterangan
		<p>b. Struktur bersifat kedap sehingga resiko kebocoran kecil</p> <p>c. Menggunakan tipe pondasi dalam sehingga mempunyai kestabilan lebih baik dibanding parapet beton dan bronjong</p> <p>d. Waktu pengerjaan paling cepat dibanding parapet beton.</p> <p>e. Membutuhkan space tapak lebih sedikit dibanding parapet beton</p> <p>f. Sekaligus difungsikan sebagai pengaman tebing Sungai</p> <p>Waktu Pelaksanaan lebih cepat</p>		

Dengan lebih efisienya biaya konstruksi dan dengan kualitas yang lebih mudah dikendalikan maka penghematan penggunaan anggaran disini menjadi nilai plus. Pekerjaan proyek pengendali banjir pada DAS Bogowonto telah selesai dilaksanakan. Strategi diperlukan guna melaksanakan proyek pengendalian banjir dengan pemilihan metode kerja CCSP. Strategi yang baik sangat menunjang keberhasilan sebuah proyek. Strategi yang digunakan adalah dengan pengendalian biaya, mutu dan waktu. Manajemen yang baik, teratur, disiplin dan terarah harus dilaksanakan pada sebuah proyek. Pelaksanaan proyek yang sesuai dengan rencana baik secara biaya, mutu dan waktu sangatlah penting karena menjadi sebuah kunci keberhasilan. Hasil analisa dengan menggunakan software Plaxis, sangat berdampak positif bagi kontraktor selaku pelaksana pekerjaan. CCSP sebagai metode kerja yang dipilih menjadi nilai plus bagi kontraktor, pekerjaan yang dapat diselesaikan sesuai dengan target dan hasil mutu sesuai dengan rencana karena penggunaan *precast* lebih terjamin kualitasnya.

Hasil analisa pada penelitian ini sesuai dengan hasil validasi dilapangan, dimana pemilihan metode kerja dengan menggunakan CCSP dapat membantu pelaksanaan proyek dengan pekerjaan yang lebih aman, cepat dan efisien. Proyek pengendali banjir pada DAS Bogowonto telah terbukti dapat mengatasi banjir yang

dibuktikan dengan wilayah – wilayah banjir DAS Bogowonto yang telah tereduksi. Strategi sosial dengan adanya proyek pengendali banjir pada DAS Bogowonto yang dikarenakan proyek tersebut sampai ke pesisir pantai dan berdekatan dengan Bandara NYIA sehingga proyek pengendali banjir ini menjadi pengaman area vital Bandara NYIA. Matrik implikasi dari adanya pelaksanaan proyek pengendali banjir DAS Bogowonto dapat dilihat pada tabel 5.16 berikut.

Tabel 5. 16 Matrik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pelaksanaan Proyek Pengendali Banjir DAS Bogowonto

No.	Sebelum Pelaksaaan Proyek	Sesudah Pelaksaaan Proyek
1	Terjadinya banjir pada daerah aliran sungai Bogowonto	Tereduksinya banjir pada daerah aliran sungai bogowonto
2	Tidak ada pengaman vital Bandara NYIA pada pesisir pantai	Adanya pengaman area vital bandara pada pesisir pantai
3	Tidak ada area rekreasi dan olahraga	Jalur inspeksi sepanjang sungai dapat dijadikan sebagai <i>jogging track</i>

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari analisis diatas, dapat diambil kesimpulan:

1. Stabilitas (*safety factor*) pada metode *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) lebih aman yaitu 2,47 dibandingkan Parapet Tanggul Beton 1,03 (Tidak Aman).
2. Biaya konstruksi Tanggul Sungai dengan metode Parapet Tanggul Beton sebesar Rp 210,139,918,94,- dan metode *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) sebesar Rp 193,894,642,62,- untuk satu segmen atau sepanjang 12m.
3. Waktu pekerjaan kontruksi metode Parapet Beton memerlukan waktu 31 hari sedangkan metode *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) 16 hari.
4. Strategi pelaksanaan proyek dengan pengendalian biaya, mutu dan waktu menjadi kunci utama pada pelaksanaan sebuah proyek.
5. Strategi sosial dengan terlaksananya proyek pengendali banjir antara lain tereduksinya banjir wilayah DAS Bogowonto, terciptanya pengaman area vital bandara pada pesisir Pantai dan terciptanya *jogging track* sebagai sarana masyarakat untuk berolahraga.
6. Adanya analisa dengan bantuan *software* Plaxis membantu kontraktor dalam pelaksanaan proyek kontruksi sehingga pemilihan metode yang tepat dapat dilakukan dengan waktu yang lebih singkat.
7. Angka *safety factor* yang semakin besar, berdampak pada dimensi CCSP yang akan digunakan dan biaya produksi dapat semakin tinggi serta waktu pelaksanaan yang lebih panjang.

1.2.Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang ingin disampaikan oleh peneliti sebagai berikut.

1. Dalam suatu perencanaan sebisa mungkin untuk mendetailkan item-item kerja berdasarkan urgensi, contoh seperti halnya pada perhitungan Rencana Anggaran Biaya. Jika perhitungan volume dilakukan secara teliti dan detail

nantinya akan memudahkan dalam banyak hal seperti contoh akan mengetahui total biaya akhir nantinya.

2. Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis dengan penelitian ini, agar tingkat akurasi perhitungan biaya yang dilakukan relevan maka sebaiknya lakukan penelitian di daerah yang sama agar perbedaan harga tidak terlalu signifikan.
3. Untuk proyek konstruksi dengan jumlah volume yang besar atau banyak penulis sarankan untuk memakai metode pracetak karena akan membuat pelaksanaan lebih cepat. Dan untuk rekan-rekan kontraktor yang sedang dikejar *deadline* proyek juga lebih baik menggunakan metode pracetak sehingga tidak terjadi keterlambatan agar tingkat akurasi semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiasa, dkk. (2014). Evaluasi Penggunaan Beton Precast di Proyek Konstruksi. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(4), 126–134. <http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Bella, A.F & Priyanto, B. (2023). PENGELOLAAN RESIKO PEKERJAAN STEEL SHEET PILE (SSP) PADA PROYEK JALAN KERETA API ANTARA SOLO BALAPAN-KADIPIRO KM 104+700 S/D KM 107+000. *Journal of Comprehensive Science*, 2.
- Anagnostopoulos, dkk. (2007). *Using the fuzzy Analytic Hierarchy Process for selecting wastewater facilities at prefecture level*.
- Anugerahanto, dkk. (2020). *Perbandingan Pelaksanaan Pekerjaan Dinding Precast Dan Dinding Konvensional Pada Konstruksi High Rise Building Ditinjau Dari Segi*. 1–15.
- Atibrata, A. (2020). *PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH JENIS CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE (CCSP) PADA PEKERJAAN GALIAN APARTEMEN BENGAWAN MALANG*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Winarso, B. (2024). *ANALISIS SAFETY FACTOR, WAKTU, DAN BIAYA PADA PEKERJAAN REVETMENT ANTARA METODE PASANGAN BATU DENGAN METODE L-GUTTER*. Universitas Islam Indonesia.
- Brinkgrave R.B.J. (2007). *PLAXIS 2D-Versi 8*. Delft University of Technology and PLAXIS.
- Hardiyatmo. (2018). *Mekanika Tanah 2* (6th ed.). Gadjah Mada University Press.
- Indra & Pagala,M. (2024). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Bronjong, Sheet Pile, Pasangan Batu Dan Kantilever Menggunakan Software Plaxis Studi Kasus SMPN 1 Asera. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2.
- KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT.

(2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01/prt/m/2016 Tahun 2016 Tentang Tata Cara Perizinan Pengusahaan Sumber Daya Air dan Penggunaan Sumber Daya Air.*

Kuntoro, W. (2023). *PEMANFAATAN FOTO UNTUK PENILAIAN KESELAMATAN PADA PEKERJAAN BLASTING.* Universitas Islam Indonesia.

Ramadhan L,G. (2024). *Perencanaan Konstruksi Turap Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) Pada Proyek Pembangunan Jalan Bypass Bil – Mandalika STA. 2+000.* Universitas Islam Indonesia.

Nazir. (2014). *Metode Penelitian.* Ghalia Indonesia.

Oktaviani, D. . (2014). *Pembuatan Tanggul.* Institut Teknologi Bandung.

Ragil. (2017). *Jurnal Kajian Pengaruh Tanggul Laut Terhadap Banjir Sistem Drainase Sungai Tenggang.*

Rahmadia, N., Muhyi, A. Al, & Prima, U. (2024). *Optimasi Penggunaan Beton Precast : Meningkatkan Keberlanjutan dan Kecepatan Konstruksi.* 14(01), 153–158.

Sukandi. (2011). *Analisis Kestabilan Tanggul Penahan Luapan Lumpur Berdasarkan Deformasi Tanah Bawah Permukaan Tanggul Menggunakan Metode Elemen Hingga dan Aplikasi Plaxis.*

Sosrodarsono,S. (1994). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai.* PT Pradya Paramita.

LAMPIRAN

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN					
Jenis Pekerjaan		: Pemancangan CCSP W350 A-1000 H:8m			
Satuan Mata Pembayaran		: m			
No. Item		:			
NO.	URAIAN	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
I	Upah/Tenaga Kerja				
-	Mandor	hari	0.0297	85,000.00	2,524.00
-	Tukang	hari	0.0594	80,000.00	4,752.00
-	Pekerja	hari	0.1188	70,000.00	8,316.00
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Sub Jumlah I					15,592.00
II	Bahan/Material				
-	Solar Industri	liter	0.3500	9,600.00	3,360.00
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Sub Jumlah II					3,360.00
III	Peralatan				
-	Penurunan di Site	-	-	-	-
-	Crawler Crane, 50 Ton	Jam	0.0502	550,000.00	27,610.00
-	Pemancangan	-	-	-	-
-	Crawler Crane, 50 Ton	Jam	0.2376	550,000.00	130,689.00
-	Pile Driver Hammer, 5 Ton	Jam	0.2008	500,000.00	100,401.00
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Sub Jumlah III					258,700.00
Sub Jumlah (I+II+III)					277,652.00
IV	Lain-Lain				
-	Biaya Umum	5.00%			13,882.00
-	Keuntungan	10.00%			27,765.00
Sub Jumlah IV					41,647.00
Jumlah Harga (I+II+III+IV)					319,299.00
Harga Satuan Pekerjaan (dibulatkan)					319,299.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN					
Jenis Pekerjaan		: Pengadaan CCSP W350 A-1000 H:8m (Precast)			
Satuan Mata Pembayaran		: Btg			
No. Item		:			
NO.	URAIAN	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
I	Upah/Tenaga Kerja				
-	Mandor	hari	0.0016	85,000.00	133.00
-	Pekerja	hari	0.0063	70,000.00	439.00
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Sub Jumlah I					572.00
II	Bahan/Material				
-	CCSP W350 A-1000 H:8m (Precast)	m	8.0000	816,000.00	6,528,000.00
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Sub Jumlah II					6,528,000.00
III	Peralatan				
-	Penurunan di Stockyard	-	-	-	-
-	Rough Terrain Crane, 25 Ton	Jam	0.0251	275,000.00	6,902.00
-	Mobilisasi ke Site	-	-	-	-
-	Rough Terrain Crane, 25 Ton	Jam	0.0251	275,000.00	6,902.00
-	Flat Bed Truck, 25 Ton	Jam	1.0000	625.00	625.00
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Sub Jumlah III					14,429.00
Sub Jumlah (I+II+III)					6,543,001.00
IV	Lain-Lain				
-	Biaya Umum	5.00%			327,150.00
-	Keuntungan	10.00%			654,300.00
Sub Jumlah IV					981,450.00
Jumlah Harga (I+II+III+IV)					7,524,451.00
Harga Satuan Pekerjaan (dibulatkan)					7,524,451.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN						
Jenis Pekerjaan		: Beton Ready Mix K-225				
Satuan Mata Pembayaran		: m3				
No. Item		: II.5				
NO.	URAIAN	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)	
I	Upah/Tenaga Kerja					
-	Mandor	hari	0.0666	264.000.00	17,582.00	
-	Tukang Beton	hari	0.2666	198.000.00	52,786.00	
-	Pekerja	hari	0.8000	118.800.00	95,040.00	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
Sub Jumlah I					165,408.00	
II	Bahan/Material					
-	Ready Mix K225	m3	1.0500	797,500.00	837,375.00	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
Sub Jumlah II					837,375.00	
III	Peralatan					
-	Concrete pump 30 M3/JAM	jam	0.1000	834,750.00	83,475.00	
-	Concrete Vibrator, d2"	jam	0.1000	23,525.00	2,352.00	
-	Alat Bantu	ls	1.0000	625.00	625.00	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
Sub Jumlah III					86,452.00	
Sub Jumlah (I+II+III)					1,089,235.00	
IV	Lain-Lain					
-	Biaya Umum	5.00%			54,461.00	
-	Keuntungan	10.00%			108,923.00	
Sub Jumlah IV					163,384.00	
Jumlah Harga (I+II+III+IV)					1,252,619.00	
Harga Satuan Pekerjaan (dibulatkan)					1,252,619.00	

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN						
Jenis Pekerjaan		: Beton mutu K- 100 untuk Lantai Kerja				
Satuan Mata Pembayaran		: m3				
No. Item		: II.4				
NO.	URAIAN	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)	
I	Upah/Tenaga Kerja					
-	Mandor	hari	0.0500	264.000.00		13,200.00
-	Tukang Beton	hari	0.1000	198.000.00		19,800.00
-	Pekerja	hari	0.3000	118.800.00		35,640.00
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
Sub Jumlah I						68,640.00
II	Bahan/Material					
-	Beton K100	bh	1.0500	698.500.00		733,425.00
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
Sub Jumlah II						733,425.00
III	Peralatan					
-	Concrete Vibrator, d2"	jam	0.1000	23,525.00		2,352.00
-	Alat Bantu	ls	1.0000	625.00		625.00
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
Sub Jumlah III						2,977.00
Sub Jumlah (I+II+III)						805,042.00
IV	Lain-Lain					
-	Biaya Umum	5.00%				40,252.00
-	Keuntungan	10.00%				80,504.00
Sub Jumlah IV						120,756.00
Jumlah Harga (I+II+III+IV)						925,798.00
Harga Satuan Pekerjaan (dibulatkan)						925,798.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN						
Jenis Pekerjaan		:	Pembesian			
Satuan Mata Pembayaran		:	kg			
No. Item		:	II.7			
NO.	URAIAN	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)	
I	Upah/Tenaga Kerja					
-	Mandor	hari	0.0017	264,000.00		448.00
-	Tukang Besi	hari	0.0035	198,000.00		693.00
-	Pekerja	hari	0.0071	118,800.00		843.00
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
				Sub Jumlah I		1,984.00
II	Bahan/Material					
-	Besi Tulangan	kg	1.0300	10,450.00		10,763.00
-	Kawat Bendrat	kg	0.0206	22,000.00		453.00
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
				Sub Jumlah II		11,216.00
III	Peralatan					
-	Bar Bender	jam	0.0142	27,625.00		392.00
-	Bar Cutter	jam	0.0142	27,625.00		392.00
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
				Sub Jumlah III		784.00
				Sub Jumlah (I+II+III)		13,984.00
IV	Lain-Lain					
-	Biaya Umum	5.00%				699.00
-	Keuntungan	10.00%				1,398.00
				Sub Jumlah IV		2,097.00
				Jumlah Harga (I+II+III+IV)		16,081.00
				Harga Satuan Pekerjaan (dibulatkan)		16,081.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN

Jenis pekerjaan	:	Bekisting dinding beton biasa dengan multiflex 12 mm (4 x pemakaian)				
Kode Analisa	:	B.8c				
Satuan/Unit	:	m2				
Referensi	:	PermenPUPR28-2016 , HAL 263				
NO	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	U.001	OH	0.2400	70,000	16,800.00
2	Tukang	U.005	OH	0.1200	80,000	9,600.00
3	Kepala Tukang	U.011	OH	0.0120	90,000	1,080.00
4	Mandor	U.017	OH	0.0240	85,000	2,040.00
					Jumlah Harga Tenaga Kerja	29,520.00
B	Bahan					
1	Multiplek 12 mm	M.064	lembar	0.091	270,000	24,570.00
2	Kaso 5/7 cm	M.040	m3	0.003	3,000,000	9,000.00
2	Paku biasa 5 cm - 7 cm	M.073	kg	0.240	24,000	5,760.00
					Jumlah Harga Bahan	39,330.00
C	Peralatan					
					Jumlah Harga Peralatan	-
					Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan	
D	(A+B+C)					68,850.00
E	Over head+ Profit			15.00% x D		10,327.50
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					79,177.50
	Dibulatkan					79,100.00

Jenis pekerjaan	:	Galian struktur dengan kedalaman 0 – 2 meter				
Kode Analisa	:	T.6				
Satuan/Unit	:	m3				
NO	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	Tenaga Kerja					
1	Pekerja	U.001	OH	0.0301	70,000	2,107.53
2	Mandor	U.012	OH	0.0075	85,000	639.78
					Jumlah Harga Tenaga Kerja	2,747.31
B	Bahan					
1						
					Jumlah Harga Bahan	-
C	Peralatan					
1	Excavator 80-140 HP	A.004	jam	0.0075	659,423	4,963.40
2	Bulldozer 100-1 50 HP	A.012	jam	0.0201	673,187	13,505.30
3						-
					Jumlah Harga Peralatan	18,468.70
					Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan	
D	(A+B+C)					21,216.01
E	Over head+ Profit			15.00% x D		3,182.40
F	Harga Satuan Pekerjaan per m2 (D+E)					24,398.41
	Dibulatkan					24,300.00

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN						
Jenis Pekerjaan		: Pengadaan tiang pancang beton kotak 25 cm x 25 cm panjang 6 m				
Satuan Mata Pembayaran		: bh				
No. Item		: II.10				
NO.	URAIAN	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)	
I	Upah/Tenaga Kerja					
-	Mandor	hari	0.0014	264,000.00	369.00	
-	Pekerja	hari	0.0043	118,800.00	510.00	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
Sub Jumlah I					879.00	
II	Bahan/Material					
-	tiang pancang beton kotak 25 cm x 25	m	6.0000	313,500.00	1,881,000.00	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
Sub Jumlah II					1,881,000.00	
III	Peralatan					
-	Excavator, 0.9 m3	jam	0.0117	621,250.00	7,268.00	
-	Alat Bantu	ls	1.0000	625.00	625.00	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	
Sub Jumlah III					7,893.00	
Sub Jumlah (I+II+III)					1,889,772.00	
IV	Lain-Lain					
-	Biaya Umum	5.00%			94,488.00	
-	Keuntungan	10.00%			188,977.00	
Sub Jumlah IV					328,153.00	
Jumlah Harga (I+II+III+IV)					2,217,925.00	
Harga Satuan Pekerjaan (dibulatkan)					2,217,925.00	

ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN						
Jenis Pekerjaan		: Pemancangan tiang pancang beton kotak 25 cm x 25 cm panjang 6 m				
Satuan Mata Pembayaran		: m'				
No. Item		: II.11				
NO.	URAIAN	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)	
I	Upah/Tenaga Kerja					
-	Mandor	hari	0.0306	264.000.00		8,078.00
-	Tukang	hari	0.0612	198.000.00		12,117.00
-	Pekerja	hari	0.1838	118.800.00		21,835.00
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
Sub Jumlah I						42,030.00
II	Bahan/Material					
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
Sub Jumlah II						-
III	Peralatan					
-	Tripod	jam	0.2450	93,750.00		22,968.00
-	Drop Hammer (manual)	jam	0.2450	75,968.75		18,612.00
-	Alat Bantu	ls	1.0000	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-		-
Sub Jumlah III						41,580.00
Sub Jumlah (I+II+III)						83,610.00
IV	Lain-Lain					
-	Biaya Umum	5.00%				4,180.00
-	Keuntungan	10.00%				8,361.00
Sub Jumlah IV						12,541.00
Jumlah Harga (I+II+III+IV)						96,151.00
Harga Satuan Pekerjaan (dibulatkan)						96,151.00