

TUGAS AKHIR

ANALISIS REMBESAN PADA KOLAM RETENSI TERBOYO

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Maulana Erlangga

NIM : 30201900109

Muhammad Irsyad Husain

NIM : 30201900113

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS REMBESAN PADA KOLAM RETENSI TERBOYO



Maulana Erlangga
NIM : 30201900109



Muhammad Irsyad Husain
NIM : 30201900113

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 25 Juli 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Abdul Rochim, ST., MT.**
NIDN: 0608067601
2. **Ir. Gata Dian Asfari, MT.**
NIDN: 0628055801
3. **Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.**
NIDN: 0627115501

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 16 / A.3 / SA – T / VII / 2023

Pada hari ini tanggal 25 Juli 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Ir. Gata Dian Asfari, MT
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Maulana Erlangga
NIM : 30201900109

Muhammad Irsyad Husain
NIM : 30201900113

Judul : Analisis Rembesan Pada Kolam Retensi Terboyo

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	08/04/2023	ACC
2	Seminar Proposal	11/05/2023	
3	Pengumpulan data	15/05/2023	
4	Analisis data	25/05/2023	
5	Penyusunan laporan	21/07/2023	ACC
6	Selesai laporan	25/07/2023	

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama


Dr. Abdul Rochim, ST., MT.

Dosen Pembimbing Pendamping


Ir. Gata Dian Asfari, MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Maulana Erlangga

NIM : 30201900109

NAMA : Muhammad Irsyad Husain

NIM : 30201900113

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

ANALISIS REMBESAN PADA KOLAM RETENSI TERBOYO

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 25 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

Maulana Erlangga
NIM : 30201900109

Muhammad Irsyad Husain
NIM : 30201900113



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Maulana Erlangga
NIM : 30201900109

NAMA : Muhammad Irsyad Husain
NIM : 30201900113

JUDUL TUGAS AKHIR : Analisis Rembesan Pada Kolam Retensi Terboyo

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

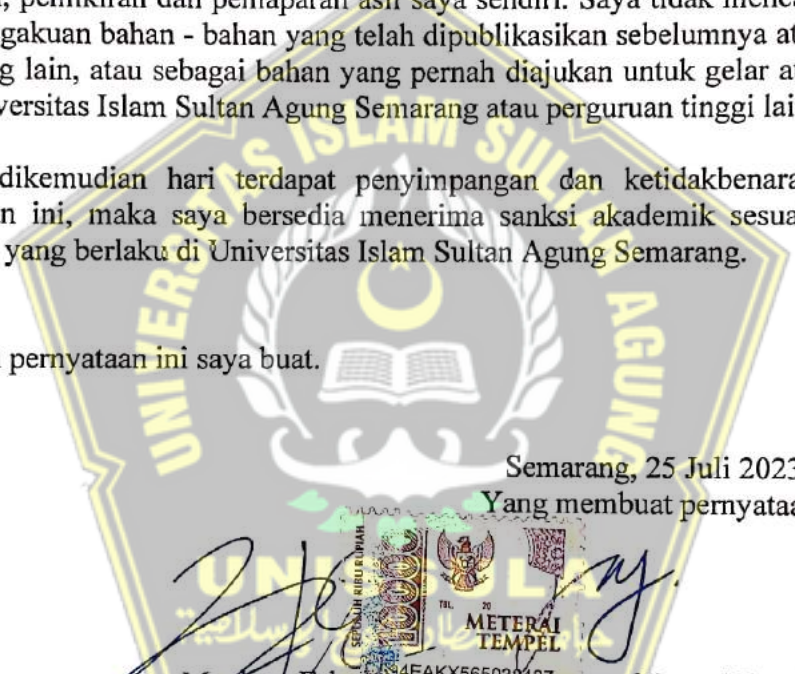
Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 25 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,


Maulana Erlangga
NIM : 30201900109


Muhammad Irsyad Husain
NIM : 30201900113



METERAI TEMPEL
4EAKX565038487

MOTTO

فَتَعَلَى اللَّهِ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

“Maka Mahatinggi Allah, Raja yang sebenar-benarnya. Dan janganlah engkau (Muhammad) tergesa-gesa (membaca) Al-Qur'an sebelum selesai diwahyukan kepadamu, dan katakanlah, “Ya Tuhanku, tambahkanlah ilmu kepadaku.”
(Q.S. At Thaha Ayat 114)

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ وَوَاضِعُ الْعِلْمِ عِنْدَ غَيْرِ أَهْلِهِ كَمُقَدِّدِ الْخَنَازِيرِ الْجَوْهَرَ وَاللُّؤْلُؤَ وَالذَّهَبَ

"Mencari ilmu adalah kewajiban setiap muslim, dan siapa yang menanamkan ilmu kepada yang tidak layak seperti yang meletakkan kalung permata, mutiara, dan emas di sekitar leher hewan."

(HR Ibnu Majah)

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

"Barangsiapa yang hendak menginginkan dunia, maka hendaklah ia menguasai ilmu. Barangsiapa menginginkan akhirat hendaklah ia menguasai ilmu, dan barangsiapa yang menginginkan keduanya (dunia dan akhirat) hendaklah ia menguasai ilmu,"
(HR Ahmad).

"Hanya pendidikan yang bisa menyelamatkan masa depan, tanpa pendidikan Indonesia tak mungkin bertahan."
(Najwa Shihab)

"Science without religion is paralyzed, religion without blind science."
(Albert Einstein)

" The roots of education are bitter, but the fruit is sweet."
(Aristoteles)

"The education of a man is never completed until he dies."
(Robert E. Lee)

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT Tuhan semesta alam berkat izin dan kehendaknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sholichin dan Ibu Sugiarti berkat dukungan moral, material, serta do'a untuk mendapatkan ridhonya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim ST., MT. dan Ibu Ir. Gata Dian Asfari, MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk membimbing kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh karyawan dan tenaga pendidik Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil terimakasih atas bantuan dan ilmu yang bermanfaat.
4. Keluarga saya adik saya Naura Adhwa Maulida yang telah mendukung dan menyemangati saya.
5. Sahabat sekaligus partner Tugas Akhir saya Muhammad Irsyad Husain, terimakasih atas dedikasi perjuangan bersama menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh rekan-rekan Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2019, dan teman seperjuangan GHORI MENUJU CUMLAUDE terimakasih atas semua bantuan, dukungan, perhatian, dan semangatnya.

Maulana Erlangga
NIM : 30201900109

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT Tuhan semesta alam berkat izin dan kehendaknya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Drs. H. Mukhamad Ansori, MM. dan Ibu Hj. Sri Mulyati, SE. berkat dukungan moral, material, serta do'a untuk mendapatkan ridhonya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim ST., MT. dan Ibu Ir. Gata Dian Asfari, MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk membimbing kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Seluruh karyawan dan tenaga pendidik Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil terimakasih atas bantuan dan ilmu yang bermanfaat.
4. Keluarga saya mbak-mbak saya dr. Nuria Khilda dan dr. Nuria Fitria yang telah mendukung dan menyemangati saya.
5. Sahabat sekaligus partner Tugas Akhir saya Maulana Erlangga, terimakasih atas dedikasi perjuangan bersama menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh rekan-rekan Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2019 serta teman seperjuangan GHORI MENUJU CUMLAUDE, terimakasih atas semua bantuan, dukungan, perhatian, dan semangatnya.

Muhammad Irsyad Husain

NIM : 30201900113

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala Puji dan syukur kehadirat Allah SWT berkat segala Rahmat-Nya sehingga penulis dapat merealisasikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Rembesan Pada Kolam Retensi Terboyo” guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung.

Pada kesempatan ini, penulis akan menyampaikan ucapan terimakasih yang secara tulus kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dalam membimbing tugas akhir kami dengan baik.
3. Ibu Ir. Gata Dian Asfari, MT. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya dalam membimbing tugas akhir kami dengan baik.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA atas ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya sehingga mengharapkan kritik dan saran agar Tugas Akhir ini dapat lebih baik kedepannya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun para pembacanya.

Semarang, Juli 2023

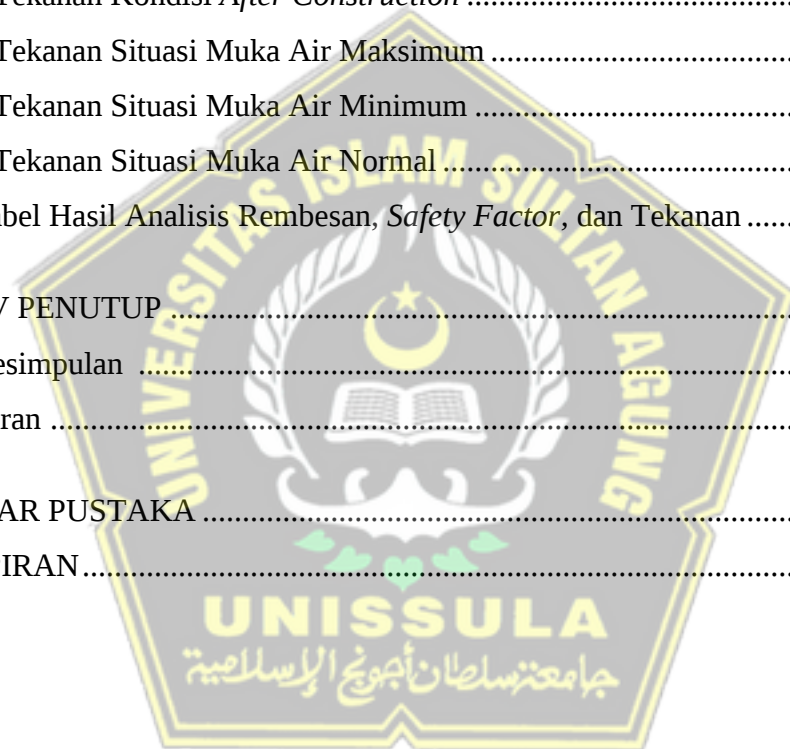
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK.....	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Maksud Penulisan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 4
2.1. Tinjauan Umum	4
2.2. Penyelidikan Tanah	4
2.3. Parameter Tanah	5
2.3.1. Uji Tanah Berdasarkan N-SPT	5
2.3.2. Modulus Young dan Poission Ratio	6
2.3.3. Sudut Geser Dalam	7
2.3.4. Permeabilitas (<i>Permeability</i>)	8
2.3.5. Kohesi	9
2.4. Kolam Retensi	10
2.4.1. Manfaat Kolam Retensi	10

2.4.2. Jenis-jenis Kolam Retensi	10
2.4.2.1. Kolam Alami	10
2.4.2.2. Kolam Non Alami	11
2.4.3. Tipe Kolam Retensi	12
2.4.3.1. Tipe Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai	12
2.4.3.2. Tipe Kolam Retensi di Samping Badan Sungai	13
2.4.3.3. Tipe Kolam Retensi Memanjang	14
2.5. Rembesan	14
2.5.1. Pengaruh Rembesan Terhadap Tekanan Efektif Tanah	15
2.5.2. Permeabilitas dan Rembesan	15
2.6. Tanggul	17
2.7. Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	18
2.8. Konsolidasi Tanah	18
2.9.1. Jenis-jenis Konsolidasi	19
2.9. Analisis Menggunakan Program permodelan Plaxis	20
2.9.1. Plaxis 2D	20
2.10. Tinjauan Penelitian Terdahulu	21
BAB III METODOLOGI.....	26
3.1. Pendahuluan	26
3.2. Identifikasi Masalah	26
3.2.1. Lokasi Proyek	26
3.2.2. Data Proyek	27
3.2.3. Studi Dokumenter	27
3.3. Studi Pustaka	32
3.5. Pengolahan dan Analisis Data	32
3.6. Pehitungan Dengan Metode Konvensional	32
3.7. Permodelan Dengan Plaxis	32
3.8. Bagan Alir	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Pendahuluan	34
4.2. Perhitungan Manual	37

4.2.1. Perhitungan Muka Air Minimum.....	37
4.2.2. Perhitungan Muka Air Normal	39
4.2.3. Perhitungan Muka Air Maksimum	41
4.3. Tahap Perhitungan <i>Safety Factor</i>	43
4.3.1 <i>Safety Factor After Construction</i>	43
4.3.2. <i>Safety Factor</i> Muka Air Maksimum	54
4.3.3. <i>Safety Factor</i> Muka Air Minimum	56
4.3.4. <i>Safet Factor</i> Muka Air Normal	59
4.4. Perhitungan Tekanan Pada Kolam Retensi Terboyo	61
4.4.1. Tekanan Kondisi <i>After Construction</i>	61
4.4.2. Tekanan Situasi Muka Air Maksimum	61
4.4.3. Tekanan Situasi Muka Air Minimum	62
4.4.4. Tekanan Situasi Muka Air Normal	62
4.5. Tabel Hasil Analisis Rembesan, <i>Safety Factor</i> , dan Tekanan	63
BAB V PENUTUP	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN.....	xix



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Hubungan Berat Jenis, Kepadatan, SPT, qc, dan Sudut Geser	5
Tabel 2.2.	Hubungan Nilai N-SPT Dengan Berat Jenis Tanah jenuh	6
Tabel 2.3.	Hubungan Antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering	6
Tabel 2.4.	Hubungan Modulus Elastisitas dan Nilai <i>Poisson Ratio</i>	7
Tabel 2.5.	Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah	8
Tabel 2.6.	Hubungan Antara Sudut Geser Dalam, Tingkat Plastisitas, dan Jenis Tanah	8
Tabel 2.7.	Nilai Permeabilitas (k) Dalam Satuan (m/s)	9
Tabel 2.8.	Hubungan Antara N-SPT, Kohesi, Sudut Geser Tanah	9
Tabel 2.9.	Penelitian Jurnal Terdahulu	21
Tabel 4.1.	Rekapitulasi Hasil Bore Log	35
Tabel 4.2.	Sampel Test Konsolidasi	36
Tabel 4.3.	Fase Perhitungan <i>Safety factor After Construction</i>	43
Tabel 4.4.	Rembesan Air	63
Tabel 4.5.	Nilai <i>Safety Factor</i>	63
Tabel 4.6.	Tekanan Air	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kolam Retensi Jenis Alami	11
Gambar 2.2. Kolam Retensi jenis Non Alami	11
Gambar 2.3. Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai	12
Gambar 2.4. Kolam Retensi di Samping Badan Sungai	13
Gambar 2.5. Tipe Kolam Retensi Memanjang	14
Gambar 2.6. Tanggul Kolam Retensi	17
Gambar 2.7. Kondisi Kenaikan Tegangan Vertikal Memnyebabkan Perubahan Volume Tanah	19
Gambar 2.8. Kondisi Saat Perubahan Tegangan Menyebabkan Penurunan ...	19
Gambar 2.9. Contoh Pekerjaan Plaxis 2D.....	20
Gambar 3.1. Lokasi Proyek Kolam Retensi Terboyo	26
Gambar 3.2. Layout Kolam Retensi Terboyo	28
Gambar 3.3. <i>Cross Section I</i>	29
Gambar 3.4. <i>Cross Section II</i>	30
Gambar 3.5. <i>Cross Section III</i>	31
Gambar 3.6. Aplikasi Program Plaxis V.8.6.....	32
Gambar 3.7. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir	33
Gambar 4.1. Potongan Melintang Kolam Retensi Terboyo.....	34
Gambar 4.2. Lapisan Tanah Kolam Retensi Terboyo	35
Gambar 4.3. Input Tanah Awal <i>After Construction</i>	44
Gambar 4.4. Penentuan Tanah Dasar	44
Gambar 4.5. <i>Input phase SF 1</i>	45
Gambar 4.6. <i>Input Pondasi Factor After Construction</i>	46
Gambar 4.7. Penentuan Pondasi	46
Gambar 4.8. <i>Input phase SF 2</i>	47
Gambar 4.9. <i>Input phase Konsolidasi I</i>	48
Gambar 4.10. <i>Input phase SF 3</i>	48
Gambar 4.11. <i>Input Kolam Retensi After Construction</i>	49
Gambar 4.12. Penentuan Kolam Retensi	50
Gambar 4.13. <i>Input phase SF 4</i>	50

Gambar 4.14. <i>Input phase</i> Konsolidasi 2	51
Gambar 4.15. <i>Input phase</i> SF 5.....	52
Gambar 4.16. <i>Input</i> Konsolidasi 3	53
Gambar 4.17. Penentuan Titik Stress.....	53
Gambar 4.18. <i>output</i> Penurunan	54
Gambar 4.19. Jaringan Elemen Muka Air Maksimum	55
Gambar 4.20. Muka Air Maksimum Kolam Retensi	55
Gambar 4.21. <i>Output</i> Muka Air Maksimum.....	56
Gambar 4.22. Permodelan Muka Air Minimum	56
Gambar 4.23. Jaringan elemen Muka Air Minimum	57
Gambar 4.24. Muka Air Minimum Kolam Retensi	57
Gambar 4.25. <i>Output</i> Muka Air Minimum	58
Gambar 4.26. Permodelan Muka Air Normal.....	59
Gambar 4.27. Jaringan Elemen Muka Air Normal	59
Gambar 4.28. Muka Air Normal	60
Gambar 4.29. <i>Output</i> Muka Air Normal.....	60
Gambar 4.30. <i>Output Pressure After Construction</i>	61
Gambar 4.31. <i>Output</i> Tekanan Kondisi Muka Air Maksimum	61
Gambar 4.32. <i>Output</i> Tekanan Kondisi Muka Air Minimum.....	62
Gambar 4.33. <i>output</i> Tekanan Kondisi Muka Air Normal	62

ANALISIS REMBESAN PADA KOLAM RETENSI TERBOYO

Abstrak

Dengan seiring bertambahnya jumlah penduduk dan kegiatan manusia di daerah perkotaan mewujudkan suatu permasalahan lingkungan berupa banjir rob salah satunya di daerah Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Di daerah tersebut memiliki daerah resapan air yang rendah yang juga diiringi pembangunan infrastruktur yang tidak sesuai dengan dampak analisis lingkungan sehingga pemerintah membangun suatu Kolam Retensi di daerah terboyo untuk mengendalikan debit air untuk mencegah banjir rob. Dalam membangun Kolam Retensi Terboyo di butuhkan tanggul yang dapat menahan tekanan air dari rembesan sehingga keamanan tanggul dapat sesuai dengan kegunaannya. Dengan demikian, diadakan suatu penelitian analisis dengan tujuan mengetahui nilai rembesan air, nilai *Safety Factor* (SF), dan Tekanan Air pada Kolam Retensi Terboyo.

Metode untuk menganalisis rembesan pada tanggul Kolam Retensi Terboyo dengan perhitungan manual hukum Darcy menggunakan beberapa rumus dengan memperhatikan luas genangan, kapasitas tampungan, dan daerah tangkapan. Selain itu, untuk menentukan nilai *Safety factor* dan tekanan muka air kolam retensi diperlukan adanya perhitungan program permodelan Plaxis v.8.6. Kedua metode tersebut dianalisis pada muka air maksimum, normal, dan minimum. Dengan beberapa materi dan sumber penelitian terdahulu dapat menjadi acuan sekaligus referensi dalam menganalisis rembesanair , tekanan air, dan nilai *Safety factor* pada Proyek Kolam Retensi Terboyo.

Data analisis rembesan air dengan perhitungan manual metode Hukum Darcy pada muka air maksimum setinggi +117,28 m, muka air surut cepat setinggi +115 m, dan muka air minimum setinggi +93 m dengan luas genangan seluas 451 ha dan daerah tangkapan sepanjang 35 km². Hasil analisis debit rembesan air pada muka air maksimum sebesar 11,5459 m³/hari, muka air surut cepat sebesar 11,5454 m³/hari, dan muka air minimum sebesar 11,5445 m³/hari. Hasil analisis nilai *Safety factor* menggunakan permodelan Plaxis pada muka air maksimum sebesar 1,755, muka air surut cepat sebesar 2,185, dan muka air minimum sebesar 2,259. Hasil *output* tekanan menggunakan permodelan Plaxis pada muka air maksimum setinggi -222,49 kN/m², muka air surut cepat setinggi -212,99 kN/m², dan muka air minimum setinggi -210,36 kN/m². Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis tersebut adalah nilai tekanan pada muka air maksimum paling tinggi sehingga berpotensi mengalami debit rembesan air paling besar. Selain itu, tekanan pada muka air minimum paling rendah sehingga akan mengurangi beban yang didapat pada kolam retensi. Dengan demikian, seiring berkurangnya beban yang didapat akan meningkatkan nilai *Safety factor*.

Kata Kunci: Analisis; Tanggul; Metode; Rembesan; Tekanan; *Safety Factor*; Plaxis v.8.6.

SEEPAGE ANALYSIS IN TERBOYO RETENTION POND

Abstract

Besides the increase in population and human activities in urban areas there are environmental problems in the form of tidal floods in the Semarang city area in Central Java province. Since this region lacks water due to infrastructural development that is not commensurate with the impact of environmental review the government has built a dam in Turbuyo district to control the flow of water and create a reservoir to prevent tidal flooding. A bridge that can withstand the vacuum pressure is required when constructing the Turboview tank to ensure the bridge is protected from its intended use. Therefore an analytical study was carried out to determine the displacement value safety factor (SF) value and water pressure of the Turboview tank. The method for analyzing seepage on the Terboyo Retention Pond embankment with manual calculations uses several formulas by taking into account the inundation area, reservoir capacity, and catchment area. In addition, to determine the value of the safety factor and water level pressure of the retention pond, it is necessary to calculate the Plaxis v.8.6 modeling program. Both methods were analyzed at maximum water table, fast low tide table, and minimum water table. With some material and sources of previous research can be a reference as well as a reference in analyzing water seepage, water pressure, and safety factor values in the Terboyo Retention Pool Project. The Turboyo Reservoir Dam Drainage Analysis Method with Darcys Law Manual Calculation uses several formulas and takes into account the reservoir capacity of the floodplain and the catchment area. Additionally the safety factor value and water level pressure in the storage tank should be calculated using the Plexis v.8.6 modeling program. Both methods were analyzed at the highest normal water level and the lowest water level. It combined with some previous research data and sources can be used as a reference and reference to analyze the drain pressure and safety factor value of turbo stop basin engineering.

Water drainage analysis data using manual calculation of Darcys law method with a basin area of 451 ha and a water catchment area of 11728 m with a maximum water level rapidly decreasing to 115 m and a minimum water level of 93 m. 35.km-2.. Results of water drainage discharge analysis at a maximum water level elevation of 11.5459 .m-3./day rapid discharge water level elevation of 11.5454 .m-3./day and a minimum water level of 11.5445 .m-3./day . The results of the safety factor analysis using the Plaxis model at a maximum water level of 1755 a fast falling water level of 2185 and a minimum water level of 2259. The results of pressure generation using Plaxis simulation at a maximum water level of -22249 kN/m-2. the rapidly rising water level to -21299 kN/m-2. and minimum water level -21036 kN/m-2. The conclusion drawn from the analysis results is that the pressure value at the maximum water level is the highest for the largest water leakage capacity. . Furthermore the lowest pressure is at the minimum water level to reduce the load on the reservoir. So that the value of the factor of safety will increase along with the decrease in the resulting load

Keywords: Analysis; Embankment; Method; Seepage; Pressure; Safety Factor; Plaxis v.8.6.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan seiring bertambahnya jumlah penduduk dan pembangunan infrastruktur terutama di daerah perkotaan dapat memberikan dampak positif bagi masyarakat. Akan tetapi, hal tersebut juga menyebabkan suatu permasalahan lingkungan jika saat pembangunan tidak memperhitungkan daya dukung lingkungannya sehingga dapat terjadi suatu bencana salah satunya adalah bencana banjir.

Banjir adalah salah satu fenomena alam yang terjadi tanpa pernah bisa dihindari tetapi bisa dikendalikan. Banjir dapat terjadi dalam skala yang ringan yaitu terjadi hanya pada saat hujan turun dan surut di saat hujan reda bahkan sampai skala besar dimana air yang melimpah tetap tergenang sehingga menimbulkan gangguan pada lingkungan, kerusakan-kerusakan fisik yang pada akhirnya dapat menghambat kegiatan sosial dan ekonomi. Banjir dapat diartikan sebagai datangnya air secara berlebihan di suatu tempat.

Salah satu wilayah yang sering terkena banjir pada saat musim penghujan adalah daerah Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah tepatnya di wilayah Kaligawe. Pengendalian banjir diperlukan untuk mengalirkan kelebihan air ke tempat lain agar tidak mengganggu kenyamanan yang ada khususnya di daerah masyarakat sekitar. Dengan demikian, pemerintah mengadakan suatu proyek pembangunan Kolam Retensi Terboyo guna mengendalikan debit banjir rob di wilayah tersebut. Konsep dalam pengendalian banjir ini adalah suatu upaya mengendalikan air permukaan dengan sasaran memperlama kehadirannya pada suatu tempat, tanpa mengganggu lingkungan yang ada. Konsep yang baru ini lebih didasarkan pada upaya pelestarian air agar tidak terjadi kekeringan.

Dalam Proses Pembangunan Kolam Retensi ini salah satunya adalah dibangunnya sebuah tanggul. Tanggul tersebut berfungsi sebagai dinding penahan untuk menampung air banjir yang diarahkan dari sungai ke kolam guna mengendalikan debit air yang berada di sekitar lingkungan masyarakat sebelum air tersebut di lepas ke laut. Tanggul ini dibangun dengan mengelilingi Kolam Retensi

yang direncanakan sebagai dinding penahan tanah dan air. Untuk menjaga kestabilan tanggul tersebut diperlukan adanya analisis rembesan air sehingga dapat mengetahui tingkat keamanan tanggul dalam menahan tekanan air.

Dalam menentukan kestabilan tanggul dengan analisis rembesan membutuhkan beberapa metode yaitu perhitungan manual dan perhitungan menggunakan program berupa aplikasi Plaxis. Metode program aplikasi Plaxis dipergunakan untuk menjadikan patokan dalam menentukan nilai keamanan suatu tanggul pada Kolam Retensi Terboyo berupa nilai *safety factor*.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini yang menjadi perhatian pada permasalahan yaitu pengaruh kondisi lokasi dengan tanah lunak yang berpotensi ambles di suatu daerah tersebut. Perumusan masalah yang dapat dianalisis pada penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Bagaimana analisis perhitungan rembesan dengan perhitungan manual menggunakan metode hukum Darcy ?
- b. Bagaimana analisis perhitungan tekanan air dengan permodelan program Plaxis ?
- c. Bagaimana hasil metode permodelan program Plaxis tersebut dengan menyesuaikan *safety factor* ?

1.3. Tujuan dan Maksud Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini memiliki maksud dan tujuan diantaranya :

- a. Mengetahui nilai debit rembesan dengan perhitungan manual hukum Darcy
- b. Mengetahui nilai hasil analisis tekanan air di setiap muka air menggunakan program Plaxis.
- c. Mengetahui nilai *safety factor* yang diperoleh dari hasil analisis di setiap muka air menggunakan program Plaxis.

1.4. Batasan masalah

Lingkup permasalahannya yaitu analisis hanya sebatas pada besarnya nilai rembesan, faktor keamanan, dan tekanan yang diketahui pada tanah Kolam Retensi Terboyo berpedoman pada metode yang dilakukan disertai penanganannya.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk menyusun tugas akhir ini, penyusun membagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pembahasan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan maksud penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan teori terkait karakteristik tanah secara umum, penjelasan kolam retensi secara umum, penjelasan rumus perhitungan manual, dan penjelasan aplikasi Plaxis secara umum.

BAB III : METODOLOGI

Menjelaskan terkait tentang penjelasan jenis penelitian yang dilakukan serta jenis data, sumber data, serta teknik pengumpulan data.

BAB IV : ANALISIS DAN HASIL PEMBAHASAN

Menjelaskan terkait langkah-langkah perhitungan manual rembesan dan permodelan pada *Plaxis v.8.6* mulai dari tahap input, process, dan output. Perhitungan besarnya nilai *Safety factor* dan tekanan pada Kolam Retensi Terboyo.

BAB V : PENUTUP

Menjelaskan terkait kesimpulan hasil analisis rembesan, nilai *safety factor*, dan tekanan. Perlu adanya saran untuk penelitian selanjutnya terkait tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Tanah adalah sejumlah butiran berupa agregat yang berasal dari mineral alami yang dapat dipisahkan jika agregat telah diaduk ke dalam air (K. Terzaghi, 1987).

Definisi umum pada tanah adalah gabungan dari beberapa bagian yang solid dan tidak mengikat satu dengan yang lainnya (semisal material organik) pori-pori diantara agregat tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994).

Menurut Hardiyatmo secara pengertian teknik, tanah adalah gabungan dari beberapa endapan, mineral, dan bahan organik yang relatif lepas (*loose*) dan berada di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2002).

Secara pengertian ilmu teknik pada umumnya, definisi tanah merupakan sebuah material yang tersusun dari butiran (Agregat) mineral yang solid yang tidak mengalami difermentasi (mengikat secara kimia) diantara satu dengan yang lain dan berasal dari beberapa bahan organik yang mengalami pelapukan (pada partikel solid) diiringi dengan zat cair dan gas yang mengisi rongga kosong diantara beberapa partikel solid tersebut. Tanah berfungsi sebagai material bangunan dengan segala jenis pekerjaan konstruksi. Selain itu, tanah dapat digunakan sebagai daya dukung pondasi bangunan. (B. M. Das, 1995).

2.2. Penyelidikan Tanah

Proses tahapan awal pekerjaan konstruksi yaitu adanya penyelidikan tanah berada lapangan dan laboratorium untuk menganalisis kondisi geologi, daya dukung, dan karakteristik tanah, misalnya tingkatan sifat tanah atau lapisan tanah. Tanah yang dilakukan penyelidikan lapangan yaitu tes sondir (*DCP*), pengujian *Standard Penetration Test* (*SPT*), *Bore Log* (Pengeboran) dan lain-lain. Tanah yang telah diambil sampelnya diperoleh dari lapangan akan dilanjut pengujian laboratorium guna mengetahui karakteristik dan sifat-sifat tanah. Dari hasil uji kedua metode tersebut akan digunakan untuk pertimbangan proses pengerjaan konstruksi selanjutnya,

2.3. Parameter Tanah

2.3.1. Uji Tanah Berdasarkan *Standard Penetration Test* (N-SPT)

Uji *Standard Penetration Test* (SPT) merupakan pengujian tanah yang dilakukan untuk mengetahui sifat rekayasa geoteknik tanah di bawah permukaan, khususnya untuk tanah tanpa kohesi. Uji *Standard Penetration Test* (SPT) dapat dilakukan dengan diiringi pengeboran, Selain untuk mengetahui sifat perlawanan dinamik tanah juga dapat dilakukan pengambilan sampel tanah UDS (*Undisturbed Sample*) dengan teknik penumbukan.

Standard tentang “Metode pengujian penetrasi lapangan dengan SPT” di Indonesia adalah SNI 4153-2008, yang telah direvisi dari SNI 03-4153-1996) berpedoman pada ASTM D 1586-84 (*Standard penetration test and split barrel sampling of soils*).

Daya dukung tanah yang telah melalui proses uji penetrasi. Tahanan penetrasi (N-SPT) merupakan jumlah pukulan (30 cm terakhir) yang diperlukan menggunakan alat *Hammer* yang dijatuhkan dari ketinggian 75 cm dengan berat 63.5 kg untuk memasukkan *Split tube sampler*.

Hubungan berat jenis tanah kering, berat jenis tanah jenuh, kepadatan tanah, N-SPT, ϕ , dan q_c sama dengan sebanding. Untuk hubungan tersebut telah dibuat pada Tabel 2.1., Tabel 2.2., dan Tabel 2.3. sebagai berikut :

Tabel 2.1. Hubungan Berat Jenis, Kepadatan, SPT, q_c , dan Sudut Geser

Kepadatan	Berat Jenis Tanah Kering (γ_d)	Nilai N-SPT	Tekanan Conus q_c (kg/cm^2)	Sudut Geser ($^\circ$)
Sangat Lepas (<i>Very Loose</i>)	< 0,2	< 4	< 20	< 30
Lepas (<i>Loose</i>)	0,2 – 0,4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
Agak Padat (<i>Medium Dense</i>)	0,4 – 0,6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
Padat (<i>Dense</i>)	0,6 – 0,8	ense	120 – 200	40 – 45
Sangat Padat (<i>Very Dense</i>)	0,8 – 1,0	> 50	> 200	> 45

(Meyerhof, 1956)

Tabel 2.2. Hubungan Nilai N-SPT Dengan Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat})

N-SPT (blows/ft)	Konsentrasi	q_u (Unconfined Compressive Strength) ton/ft ²	γ_{sat} (kN/m ³)
< 2	<i>Very soft</i>	< 0,25	16 – 19
2 – 4	<i>Soft</i>	0,25 – 0,5	16 – 19
4 – 8	<i>Medium</i>	0,5 – 1,0	17 – 20
8 – 15	<i>Stiff</i>	1,0 – 2,0	19 – 22
15 – 30	<i>Very stiff</i>	2,0 – 4,0	19 – 22
> 30	<i>Hard</i>	>4,0	19 – 22

(Karl terzaghi, 1948)

Tabel 2.3. Hubungan Antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering

Jenis Tanah	γ_{sat} (kN / m ³)	γ_{dry} (kN / m ³)
<i>Gravel</i>	20 – 22	15 – 17
<i>Sand</i>	18 – 20	13 – 16
<i>Silt</i>	18 – 20	14 – 18
<i>Clay</i>	16 – 22	14 – 21

(John Wiley, 2000)

2.3.2. Modulus Young dan Poisson Ratio (ν)

Nilai *Modulus Young* merupakan rekasi perbandingan antara tegangan terhadap regangan yang menghasilkan besarnya nilai elastisitas tanah. Nilai *poisson* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai Modulus Elastisitas (E_s) dan Nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah pada Tabel 2.4. sebagai berikut.

Tabel 2.4. Hubungan Modulus Elastisitas (E_s) dan Nilai *Poisson Ratio*

<i>Soil Type</i>	<i>Young's modulus, E_s</i>		<i>Poisson's ratio</i>
	MN/m²	lb/in²	
<i>Loose sand</i>	10,35 – 24,15	1500 – 3500	0,20 – 0,40
<i>Medium dense sand</i>	17,25 – 27,60	2500 – 4000	0,25 – 0,40
<i>Dense sand</i>	34,50 – 55,20	5000 – 8000	0,30 – 0,45
<i>Silty sand</i>	10,35 – 17,25	1500 – 2500	0,2 – 0,40
<i>Sand and Gravel</i>	69,00 – 172,50	10000 – 25000	0,15 – 0,35
<i>Soft clay</i>	2,07 – 5,18	300 – 750	0,20 – 0,50
<i>Medium clay</i>	5,18 – 10,35	750 – 1500	
<i>Stiff clay</i>	10,35 – 24,15	1500 – 3500	

(Meyerhof, 1956)

2.3.3. Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam adalah sudut yang dibentuk oleh perbandingan tegangan normal terhadap tegangan geser pada material tanah atau batuan. Sudut geser internal adalah sudut keruntuhan yang terjadi ketika suatu bahan mengalami tegangan atau gaya yang melebihi tegangan geser. Semakin tinggi sudut geser suatu material, semakin tahan terhadap beban eksternal.

Kekuatan geser internal menunjukkan berbagai sudut geser internal dan gaya kohesif. Ketahanan tanah akibat tegangan yang diberikan berupa tekanan tanah lateral dapat diukur dengan sudut geser internal dan pengukuran gaya kohesi.

Nilai ini juga diperoleh dengan mengukur sifat teknis tanah berupa uji geser langsung dan uji triaksial. Hubungan sudut geser dalam, tingkat plastisitas dan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.5. dan Tabel 2.6. sebagai berikut:

Tabel 2.5. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

<i>Soil Type</i>	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran (<i>Sandy Gravel</i>)	35-40
Kerikil kerakal (<i>Pebbles</i>)	35-40
Pasir padat (<i>Solid Sand</i>)	35-40
Pasir lepas (<i>Loose Sand</i>)	30
Lempung kelanauan (<i>Silty Clay</i>)	20-30

(Das, 1998)

Tabel 2.6. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam, Tingkat Plastisitas, dan Jenis Tanah.

Jenis tanah	Tingkat plastisitas	(ϕ)
Lanau (<i>Silty</i>)	Rendah	35-37
Lanau berlempung (<i>Loamy Silt</i>)	Sedang	31-35
Lempung (<i>Clay</i>)	Tinggi	<31

(Bjerrum, 1960)

2.3.4. Permeabilitas (*Permeability*)

Permeabilitas adalah tingkat di mana air pori jenuh menembus ke dalam tanah. Menentukan baik permeabilitas vertikal dan horizontal tanah memainkan peran yang sangat penting dalam pengelolaan tanah dan air.

Koefisien tanah dipilih berdasarkan studi tahun 1977 oleh Wesley tentang koefisien infiltrasi berbagai jenis tanah. Untuk nilai permeabilitas dibaca pada Tabel 2.7. sebagai berikut.

Tabel 2.7. Nilai Permeabilitas (k) Dalam Satuan (m/s)

Ukuran Partikel	Koefisien Permeabilitas, k (m/s)
Pasir berlempung, pasir berlanau	$5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-4}$
Pasir halus	$1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$
Pasir kelanauan	$1 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-5}$
Lanau	$1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$
Lempung	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$

(Wesley, 1977)

2.3.5. Kohesi

Gaya kohesif (Kohesi) adalah gaya tarik menarik antar partikel dalam batuan dan dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Semakin besar kekuatan geser, semakin besar pula nilai kohesi batuan tersebut. Nilai kuat kohesif (c) ditentukan dari uji laboratorium yaitu uji kuat geser langsung dan uji triaksial. Secara empiris nilai kohesi dapat diketahui dengan mengetahui nilai cone stress (Q_c) pada data Sondir.

Tabel 2.8. Hubungan Antara N-SPT, Kohesi, Sudut Geser Tanah

N – SPT	Kohesi (c)	ϕ
0 – 2	12,5	0
2 – 4	12,5 – 25	0
4 – 8	25 – 50	0
8 – 15	50 – 100	0
15 – 30	100 – 200	0
> 30	> 200	0

(Ronni Ibnu Sabil, 2002)

2.4. Kolam Retensi

Kolam retensi adalah sebuah bangunan yang dibuat untuk mengendalikan aliran berlebih pada permukaan sehingga dapat menghindari bencana banjir. Kolam retensi dibuat tidak hanya sebagai pengendali banjir tetapi juga sebagai tempat pelestarian atau konservasi air (Harmani & Soemantoro, 2013). Bentuk dari kolam retensi adalah sebuah bak atau kolam resapan untuk penampungan air sementara diwaktu hujan agar meresap kedalam tanah atau dialirkan ke sungai atau laut.

Kolam retensi saat ini menjadi solusi terbaik untuk mengurangi resiko banjir di wilayah perkotaan atau permukiman masyarakat. Dengan dibangunnya kolam retensi ini, volume air banjir dapat dipangkas terutama saat berada di titik tertinggi sehingga air sungai yang meluap dapat dikendalikan.

2.4.1. Manfaat Kolam Retensi

Bangunan konstruksi berupa kolam retensi memiliki manfaat utama yaitu sebagai tempat menampung air hujan serta pengendali air banjir. Selain itu, kolam retensi juga mempunyai fungsi lain yang penting. fungsi lain kolam retensi tersebut diantaranya :

- a. Sebagai tempat pengembangan pariwisata guna juga mengembangkan perekonomian masyarakat setempat.
- b. Sebagai tempat lokasi konservasi air guna meningkatkan cadangan sumber air setempat.

2.4.2. Jenis-jenis Kolam Retensi

Bangunan kolam retensi merupakan suatu kolam atau wadah yang dapat menampung, mengalirkan, dan meresapkan air didalamnya, berdasarkan oleh jenis konstruksi dasar dan bahan pelapis dinding kolam. Kolam retensi telah dibagi menjadi 2 jenis, diantaranya kolam alami serta kolam non alami.

2.4.2.1. Kolam Alami

Kolam alami adalah jenis kolam retensi berupa lahan resapan atau wadah penampungan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dipergunakan pada kondisi aslinya maupun bisa dilakukan penyesuaian. Perencanaan kolam jenis ini pada umumnya menggabungkan fungsi sebagai kolam penampung air, sebagai penggunaan untuk aktivitas masyarakat, dan pelestarian lingkungan sekitarnya.



Gambar 2.1. Jenis Kolam Retensi Alami

2.4.2.2. Kolam Non Alami

Kolam non alami adalah jenis kolam retensi yang didesain dengan sengaja sesuai dengan bentuk dan volume tertentu pada tempat yang sudah ditentukan sebelumnya dengan bahan pelapis material bersifat kaku, misalnya beton. Cara kerja jenis kolam ini *inlet* yang telah dialiri air harus dapat menampung air sesuai dengan daya tampung yang telah ditentukan sehingga dapat mengurangi debit banjir tertinggi (*peak flow*) saat terjadi *over flow*.



Gambar 2.2. Jenis Kolam Retensi Non Alami

2.4.3. Tipe Kolam Retensi

Berdasarkan peletakannya terdapat 3 tipe kolam retensi, diantaranya tipe kolam retensi dalam badan sungai, tipe kolam retensi di samping sungai serta tipe kolam retensi memanjang.

2.4.3.1. Jenis Kolam Retensi Berada di Dalam Badan Sungai



Gambar 2.3. Jenis Kolam Retensi Berada di Dalam Badan Sungai

Kolam retensi yang dibangun di badan sungai bagian dalam dapat dilakukan apabila pada saat pembangunan proyek terjadi hambatan berupa terbatasnya kesediaan lahan. Pelebaran sebagian dari badan sungai dilakukan hingga membentuk sebuah tampungan. Karakteristik konstruksi dari kolam ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagian pintu *outlet* dan pilarnya harus sangat kuat.
- b. Untuk menjaga keamanan konstruksi dibutuhkan konstruksi tipe pelimpah yang mutlak. Hal tersebut dikarenakan kolam retensi yang berada di dalam badan sungai seluruh bagian konstruksinya akan menerima gaya yang besar saat jumlah debit air besar datang.
- c. kolam sedimen dapat menambahkan pada bagian pintu air masuk untuk menampung tanah yang ikut aliran sungai
- d. Disarankan menggunakan jenis pelimpah overflow untuk penghematan konstruksi sehingga tidak dibutuhkan pelimpah samping apabila menggunakan pelimpah samping.
- e. Tahap operasi pintu *inlet* dan *outlet* saat banjir dari hulu dan rob sampai hilir datang memiliki persamaan dengan kolam retensi di samping badan sungai.

2.4.3.2. Jenis Kolam Retensi Berada di Samping Badan Sungai



Gambar 2.4. Jenis Kolam Retensi Berada di Samping Badan Sungai

Kolam retensi yang dibuat di samping badan sungai dapat dilakukan apabila cukup memiliki kesediaan lahan karena kolam secara sebagian berada di luar aliran sungai. Jenis kolam ini memiliki kelebihan yaitu pemeliharaan yang mudah. Proses pembuatan yang mudah dan lokasinya tidak mengganggu sistem aliran yang telah ada. Jenis kolam ini terdiri dari kolam retensi, pintu *inlet* dan pintu *outlet*, konstruksi pelimpah samping, ambang rendah yang ditempatkan di depan pintu outlet, kolam untuk penampung sedimen, dan penyaring sampah. Karakteristik konstruksi dari kolam ini adalah sebagai berikut :

- Bagian pinggiran kolam (tanggul) bangunan konstruksi harus kuat ketika memperoleh tekanan yang tinggi. Hal ini akan berguna ketika aliran air yang berada di dalam sungai dalam kondisi volume tinggi dan sangat deras.
- Terdapat dua konstruksi pintu, yaitu pintu masuk dan keluarnya air. Letaknya berada di masing-masing bagian hulu dan hilir.
- Diperlukan pemasangan saringan sampah di beberapa titik kolam retensi. Hal tersebut dilakukan untuk sebagai *filter* sehingga sampah tidak mencampuri air dan dapat diolah kedepannya.
- Diperlukan penempatan ambang secara melintang pada sungai aliran utama. Hal tersebut dilaksanakan agar dapat mengarahkan aliran air. Apabila debit air di sungai memiliki volume yang sangat tinggi, sebagian air akan dipindahkan oleh ambang agar mengarah ke bagian utama kolam melalui pintu air.

2.4.3.3. Jensi Kolam Retensi Memanjang

Bentuk jenis kolam memanjang ini tentunya dibangun dengan alasan terbatasnya kesediaan lahan dan harus mampu menyesuaikan dengan saluran pengairan yang sudah ada. Meskipun bentuknya tidak sempurna, namun kolam ini memiliki keunggulan yaitu perkembangan kehidupan biologis di dalam kolam dapat lebih aktif dikarenakan aliran air bergerak secara terus-menerus dan proses pengendapan sedimen menjadi lebih cepat. Akan tetapi, pembuatan kolam jensi ini cukup terbilang sulit dan terbatasnya kapasitas.



Gambar 2.5. Jenis Kolam Retensi Memanjang

2.5. Rembesan

Tanah terdiri dari partikel-partikel dengan ruang-ruang di antaranya disebut pori-pori (rongga). Pori-pori ini saling berhubungan untuk memungkinkan air mengalir melalui ruang pori. Proses ini disebut perkolasi, dan kemampuan tanah untuk menyerap air disebut permeabilitas. Tidak hanya permukaannya yang memiliki kekuatan, tetapi banyak struktur lain, seperti beton dan batu, memiliki pori-pori yang memungkinkan air masuk. Studi tentang aliran air melalui pori-pori tanah sangat penting dalam mekanika tanah karena diperlukan :

- a. Memperkirakan jumlah rembesan air dalam tanah.
- b. Menganalisis kestabilan suatu bendungan tanah dan konstruksi dinding penahan tanah yang terkena rembesan.

2.5.1. Pengaruh Rembesan Terhadap Tekanan Efektif Tanah

Tekanan efektif tanah adalah tekanan yang diberikan pada partikel tanah. Pada saat yang sama, tekanan yang diberikan pada air di pori-pori tanah disebut tekanan pori. Ketika tanah menerima tekanan dari luar, butiran tanah dan air di dalam pori-pori tanah menyerap tekanan tersebut. Oleh karena itu, tekanan total tanah merupakan penjumlahan dari tekanan efektif dan tekanan pori (Holtz dan Kovacs, 1981). Tekanan total ini selalu tetap sama dengan tekanan eksternal yang bekerja di tanah. Jika tekanan tambahan diterapkan dari luar, air di dalam tanah kemungkinan besar akan keluar sehingga tekanan pori berkurang. Penurunan tekanan pori ini menyebabkan peningkatan tekanan permukaan efektif sama dengan penurunan tekanan pori.

Di tanggul tambak, tekanan yang ditimbulkan oleh tekanan air di dasar semakin naik. Hal ini karena sifat tekanan air selalu tegak lurus dengan bidang tekanan. Lonjakan yang disebabkan oleh air tersebut diakibatkan oleh tekanan hidrostatik dan tekanan aliran. Besarnya tekanan hidrostatik tergantung pada kedalaman air (z), dimana tekanan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$p_s = z \cdot g_w \dots\dots\dots(2.1)$$

Namun, tekanan aliran keluar bergantung pada ketinggian tekanan aliran keluar (h), yang dapat dilihat pada garis ekipotensial pada gambar jaringan. Tekanan aliran keluar dihasilkan dari perbedaan antara ketinggian air di hulu dan di hilir. Selain itu, tekanan pelepasan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$p_h = h \cdot g_w \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan demikian, tekanan total ke atas (P_u) yang dialami di dasar bendungan adalah penjumlahan dari tekanan hidrostatik dan tekanan rembesan.

2.5.2. Permeabilitas dan Rembesan

Tanah memiliki pori-pori yang dapat dikosongkan oleh air atau cairan. Air mengalir dari titik bertekanan tinggi ke titik bertekanan rendah. Permeabilitas adalah kemampuan tanah untuk memindahkan fluida. Semakin mudah mengalir, semakin tinggi permeabilitas dan sebaliknya. Kemampuan memindahkan air dinyatakan sebagai koefisien permeabilitas atau koefisien kebocoran atau konduktivitas fluida

(hidrokonduktivitas), yang diberi simbol “k”. Rumus yang berhubungan dengan aliran rembesan air, yaitu :

Hukum Darcy

Anggapan teori :

- Tanah dianggap homogen dan bersifat isotropik
- Media tanah dianggap kontinu (menerus)
- Rembesan air lambat (dianggap aliran laminar)

Oleh karena aliran air dalam pori tanah dianggap laminar maka :

$$V = I \dots\dots\dots(2.1)$$

$$V_0 = \frac{A \cdot t_0}{a \cdot 2,303 \cdot \log h} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

V_0 = Laju aliran rembesan a = Percepatan t_0 = Consolidation pressure

A = Daerah Tangkapan h = Tinggi Muka Air

$$V = \frac{V_5}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

V = Laju aliran rembesan rata-rata

$V_1 - V_5$ = Nilai setiap laju aliran rembesan pada V_0

Darcy (1856) memperkenalkan hubungan :

$$V = k_i \dots\dots\dots(2.4)$$

$$q = V \cdot A = k_i \cdot A \cdot q \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

V = kecepatan pengaliran air = volume air mengalir per satuan waktu
per satuan luas penampang total tanah ($m^3/s/m^2 = m/s$)

k = koefisien rembesan (m/s)

q = debit atau kuantitas air yang mengalir per satuan waktu (m^3/s)

Jumlah/kuantitas air

A = luas tanah yang dapat dikumpulkan dalam waktu “t”,

$$Q = q \cdot t = k \cdot i \cdot A \cdot t \dots\dots\dots(2.6)$$

Sehingga didapat rumus rembesan :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

Q = Nilai debit rembesan

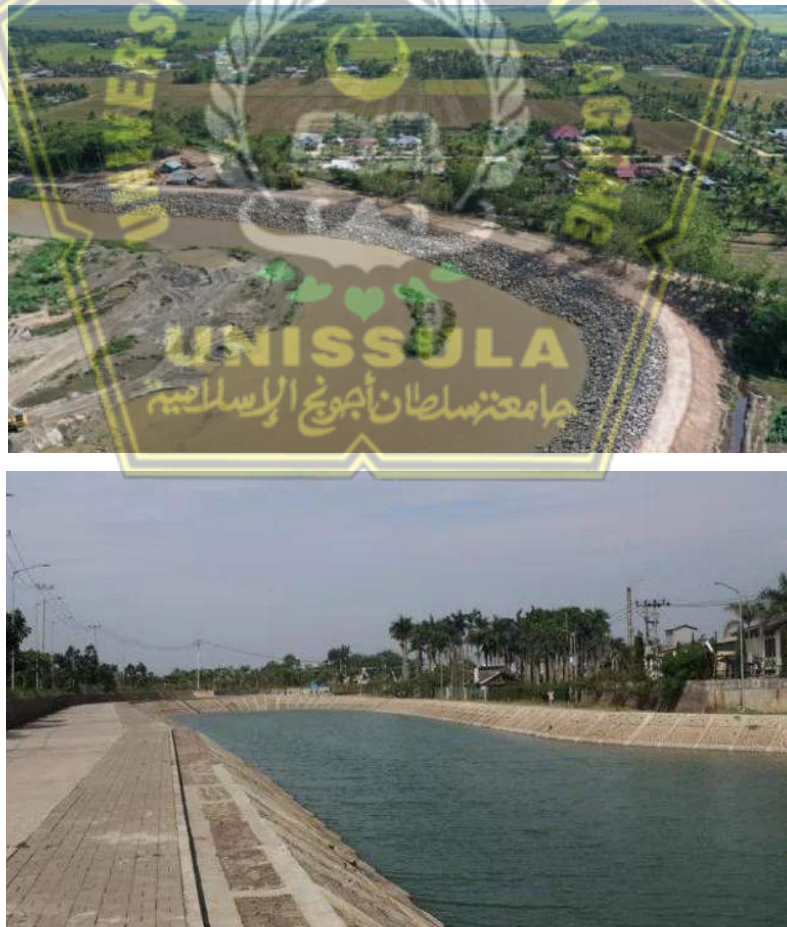
A = Luas Genangan pada kolam retensi

V = Laju aliran rembesan rata-rata

2.6. Tanggul

Tanggul adalah bangunan tembok yang miring baik dalam bentuk buatan ataupun sudah terbentuk secara alami yang berfungsi sebagai pengatur muka air. secara umum dibangun dari material tanah dan dibangun sejajar dengan badan sungai atau pantai (Wikipedia, 2022).

Tujuan pembangunan tanggul adalah untuk mencegah banjir dataran riparian atau kolam kunci dan berguna dalam mengarahkan aliran sungai agar tanggul tidak rusak oleh tekanan air banjir.



Gambar 2.6. Tanggul Kolam Retensi

2.7. Faktor keamanan (*Safety Factor*)

Analisis kestabilan tanggul bertujuan untuk mendapatkan faktor keamanan tanggul tertentu. Mengetahui faktor keamanan dapat mempermudah pekerjaan pembentukan timbunan atau perkuatan untuk mengetahui apakah timbunan yang terbentuk rawan keruntuhan atau cukup stabil. Oleh karena itu, diperlukan faktor keamanan minimum dengan nilai tertentu, yang digunakan sebagai batas faktor keamanan aman atau tidak. Berdasarkan standar SNI 8460:2017 tentang persyaratan desain geoteknik (2017), nilai faktor keamanan berdasarkan tingkat ketidakpastian kondisi analisis ditentukan sebagai berikut :

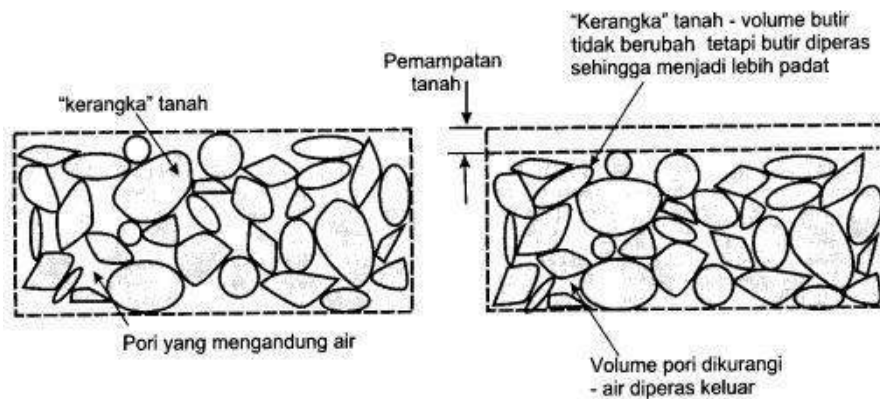
- a. Faktor kemananan (SF) $> 1,5$: Tanggul dinyatakan aman (pasti)
- b. Faktor Keamanan (SF) $> 1,3$: Tanggul relatif aman (belum pasti)
- c. Faktor Keamanan (SF) $> 1,2$: Tanggul beresiko runtuh

Dalam analisis model pseudo-statis, faktor keamanan minimum yang disyaratkan lebih besar dari 1,1 ($FK > 1,1$) dengan menggunakan koefisien seismik percepatan puncak permukaan (PGA) yang diperoleh dengan menentukan kelas tapak dan faktor perkuatan.

2.8. Konsolidasi Tanah

Konsolidasi adalah proses dimana limpasan air pori secara bertahap mengurangi volume tanah jenuh dengan *pre-measurability* rendah. Terjadinya pemadatan pada tanah dapat diamati dengan piezometer berdasarkan perubahan tekanan air pori dan waktu. Anda dapat mengukur tingkat penyelesaian dari titik referensi elevasi tertentu. Hal Ini menentukan ukuran perubahan volume dan waktu yang diperlukan untuk memproses perubahan volume.

Derajat penurunan tanah dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang ditimbulkan, tebal lapisan tanah, dan kompresibilitas tanah. Kebalikan dari proses konsolidasi adalah proses memuai, dimana tekanan air pori negatif (menurun) yang berlebihan secara bertahap meningkatkan volume tanah. Pada dasarnya volume partikel tanah adalah konstan dan perubahan volume disebabkan oleh perubahan volume pori tanah. Deformasi hanya terjadi bila air pori tanah terdorong keluar (terkuras). Pergerakan air pori tergantung pada permeabilitas tanah. Estimasi pengurangan terkait beban dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.6. Kondisi Kenaikan Tegangan Vertikal Menyebabkan Perubahan Volume Tanah



Gambar 2.7. Kondisi saat Perubahan Tegangan Menyebabkan Penurunan

2.8.1 Jenis-jenis Konsolidasi

Pada tanah yang memikul beban di atasnya, jenis konsolidasi terdiri dari tiga jenis, antara lain :

- Konsolidasi Elastis yaitu perubahan volume akibat kompresi vertikal dan ekspansi lateral adalah konstan.
- Konsolidasi Primer yaitu Perubahan volume akibat masuknya air pori dari rongga pori tanah hingga proses disipasi selesai merupakan fungsi dari permeabilitas dan kompresibilitas tanah.
- Konsolidasi Sekunder yaitu proses pemadatan tanah setelah selesainya konsolidasi primer. Hal tersebut dipengaruhi oleh perilaku tanah seperti *creep* dan patahan partikel.

Dari ketiga jenis konsolidasi tersebut, konsolidasi primer merupakan elemen utama dan dapat diperkirakan secara wajar. Untuk benar-benar menyelesaikan masalah, cukup dengan mengasumsikan bahwa penetrasi, deformasi, dan peregangan hanya terjadi dalam satu arah, yaitu dalam konsolidasi vertikal satu dimensi (konsolidasi satu dimensi).

Untuk perhitungan penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan yang tergantung dari nilai p_1' .

$$\text{Bila } p_1' < p_c' \longrightarrow S = C_r \frac{H_0}{1+e_0} \log \frac{p_1'}{p_0'}$$

$$\text{Bila } p_1' > p_c' \longrightarrow S = C_r \frac{H_0}{1+e_0} \log \frac{p_c'}{p_0'} + C_c \frac{H_0}{1+e_0} \log \frac{p_1'}{p_c'}$$

Dimana :

C_r : Indeks pemadatan Kembali

p_c' : tekanan prakonsolidasi (kN/m²)

C_c : Indeks pemadatan

H : ketebalan lapisan tanah (m)

e_0 : Nilai awal angka pori

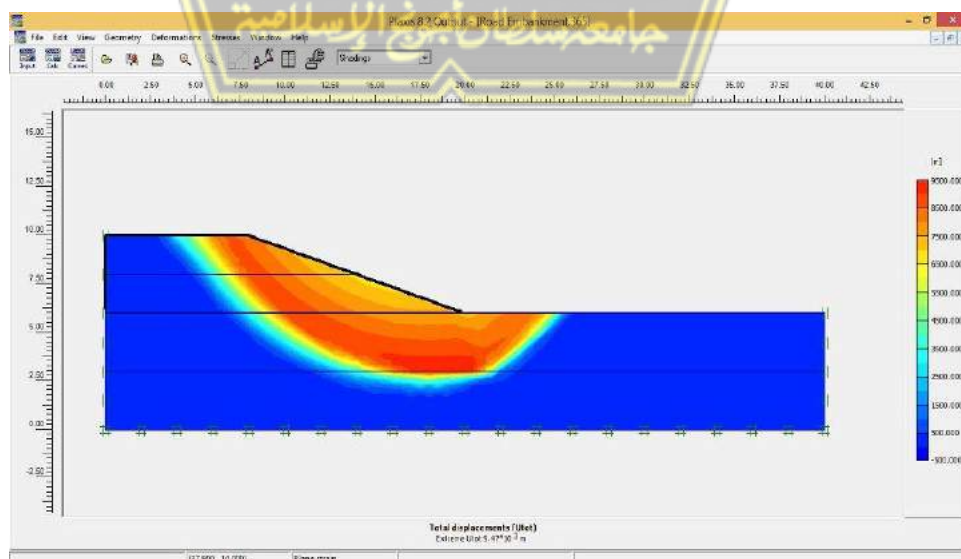
p_1' : Beban pondasi yang mengakibatkan bertambahnya tegangan

p_0' : Tekanan overlay efektif awal sebelum pembebanan

2.9. Analisis Menggunakan Program Permodelan Plaxis

2.9.1 Plaxis 2D

Plaxis 2D adalah program aplikasi elemen hingga 2D yang dirancang guna menganalisis data, stabilitas dan aliran air tanah dalam ilmu rekayasa geoteknik.



Gambar 2.8. Contoh Pekerjaan Plaxis 2D

2.10. Tinjauan Penelitian Jurnal Terdahulu

Menurut Randi (2018), penelitian terdahulu dapat menjadi acuan bagi peneliti saat melakukan penelitian dan dapat memperkaya teori yang digunakan peneliti saat mengkaji pekerjaan yang dilakukan.

Dengan adanya penelitian sebelumnya, penyusun tidak menemukan makalah penelitian dengan judul yang sama dengan judul penelitian peneliti. Namun peneliti menggunakan beberapa penelitian sebagai referensi untuk memperkaya bahan penelitian penelitian ini. Juga, makalah penelitian sebelumnya berguna untuk mengetahui bagaimana metode penelitian dan hasil penelitian dilakukan. Berikut beberapa penelitian jurnal terdahulu pada Tabel 2.9. sebagai berikut.

Tabel 2.9. Penelitian Jurnal Terdahulu

Nama Penulis	Judul Publikasi	Nama Jurnal	Summary Artikel
• Windhari • Gusti Ayu Esty	<i>“Monitoring Rembesan Air Pada Tanggul Penahan Lumpur Sidoarjo Memakai Scanning Ground Penetrating Radar (GPR)”</i>	Jurnal Sangkareang Mataram 6.4 (2020):42-46 (Gusti Ayu Esty, 2020)	Pengukuran radar penembus tanah dilakukan di jalur Tangul Sirin, bendungan penting yang membendung semburan lumpur Sidoarjo, yang langsung berjejer dengan Jalan Raya Polong. Hal ini disebabkan oleh genangan air di sekitar area scan dam (P21-P20D). Pemindaian dilakukan menggunakan antena 20 MHz dan 80 MHz pada dua tingkat yang

			berbeda, bagian atas tanggul (Tingkat 1) dan tingkat tengah (Tingkat 2). Hasilnya menunjukkan visualisasi yang cukup baik, menunjukkan adanya anomali visual pada titik-titik kebocoran tanggul, dan penurunan tanggul pada titik rel kereta api yang terjadi anomali dapat segera diprediksi dengan memperkuat rel kereta api, saya mengerti. Menambahkan material timbunan meningkatkan daya tahan timbunan.
• Husein • Salahuddin • Jasmine Jyalita • Moch Aziz Qosim Nursecha	<i>“Kendali Stratigrafi dan Struktur Gravitasi Pada Rembesan Hidrokarbon Sijenggung, Cekungan Serayu Utara”</i>	Prosiding Seminar Nasional Kebumian Ke-6 (Husein, 2013)	Cekungan Serayu Utara merupakan salah satu dari dua cekungan yang membentuk Jawa Tengah. Ini adalah salah satu dari sekian banyak hidrokarbon (minyak dan gas)

			yang merembes di permukaan cekungan ini. Tanda bahwa sistem minyak sedang berkembang. Namun, kompleksitas geologi cekungan ini Ia kemudian dikenal sebagai 'The Unknown World' dalam dunia eksplorasi minyak dan gas di Jawa. sebagai salah Sebagai gejala yang dangkal, pencucian hidrokarbon dapat menjadi pintu gerbang atau jalan keluar menuju pendekatan yang lebih dalam. Pelajari kondisi geologi bawah permukaan untuk elemen kunci dalam sistem minyak. Rembesan hidrokarbon di desa Sijengung Formasi Lambatan memiliki potensi Batuan reservoir dan blokade
--	--	--	--

			batuan (seal) terjadi secara bersamaan, sesuai dengan mekanisme rekahannya kegagalan segel. Hal ini disebabkan rendahnya kualitas litologi isolasi. Hidrokarbon naik ke permukaan karena deformasi geser karena gravitasi.
• Fitri Herawaty • Mustafri • Dewi Sri Jayanti	<i>“Analisis Pola Penyebaran Aliran Air Tanah Pada Model Tanggul”</i>	Jurnal Rona Teknik Pertanian 7.2 (2014): 136 - 149 (Herawaty, 2014)	kebocoran/rembes adalah masalah umum di tanggul. Besarnya infiltrasi sangat dipengaruhi oleh permeabilitas air tanah. Air rembesan mengalir sejajar dengan permukaan air, dan garis rembesan juga merupakan aliran arus. Agar garis ekuipotensial memotong garis penetrasi ini, jarak vertikal antara titik potong harus sama. Hasil yang diperoleh

			menunjukkan bahwa nilai lindi berbasis rumus empiris jauh lebih rendah dibandingkan dengan metode pengukuran langsung dan program SEEP/W. Secara empiris, hal ini dipengaruhi tidak hanya oleh konduktivitas hidrolik dan dimensi lereng, tetapi juga oleh panjang zona basah. Sebaliknya, dengan metode pengukuran dan analisis langsung menggunakan program SEEP/W, limpasan rembesan hanya dipengaruhi oleh nilai permeabilitas, tinggi muka air, dan dimensi bendungan, bukan panjang zona basah.
--	--	--	--

BAB III

METODOLOGI

3.1. Pendahuluan

Tugas akhir ini disusun dengan tujuan untuk menganalisis dan menyelidiki besarnya tingkat rembesan air yang terjadi pada Kolam Retensi Terboyo Semarang yang memiliki jenis tanah lunak. Dikarenakan Kolam Retensi yang memiliki jenis tanah lunak rentan akan terjadinya ambles yang disebabkan oleh nilai air pori yang berlebih untuk dilaksanakannya analisis secara perhitungan manual dan program Plaxis. Diharapkan analisis ini mendapatkan hasil guna menentukan nilai faktor keamanan dan tekanan dari kolam retensi tersebut.

3.2. Identifikasi Masalah

3.2.1 Lokasi Proyek

Proyek Pembangunan Kolam Retensi Terboyo terletak di kota Semarang Provinsi Jawa Tengah, lebih tepatnya di daerah Terboyo. Kolam Retensi Terboyo sendiri selesai dibangun dengan kurun waktu 880 hari kalender dengan kontrak dimulai tanggal 27 Januari 2022 dengan target penyelesaian tanggal 25 Juni 2024. Lokasi analisis kolam retensi ini bisa disaksikan seperti pada Gambar 3.6. sebagai berikut.



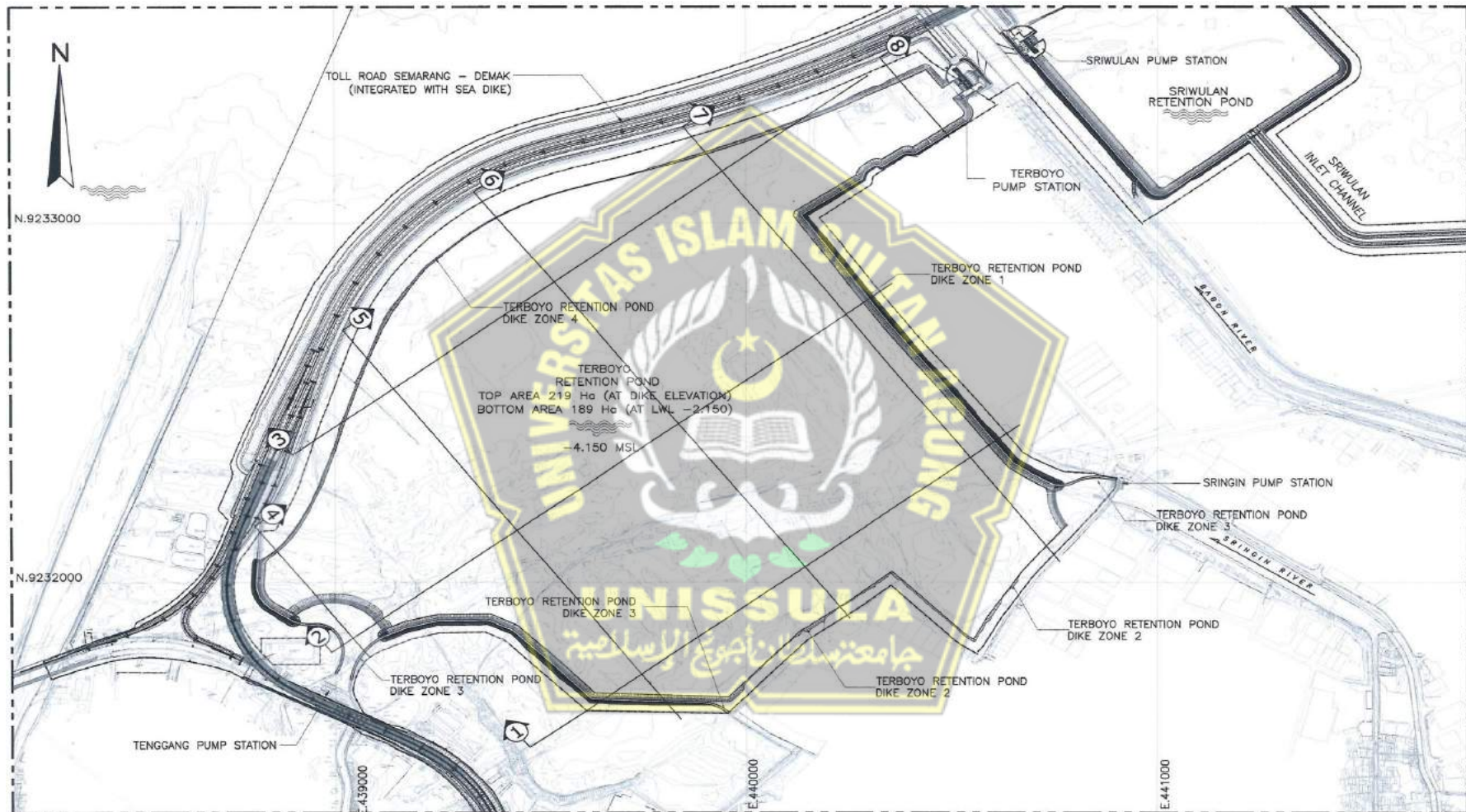
Gambar 3.1. Lokasi Proyek Kolam Retensi Terboyo

3.2.2 Data Proyek

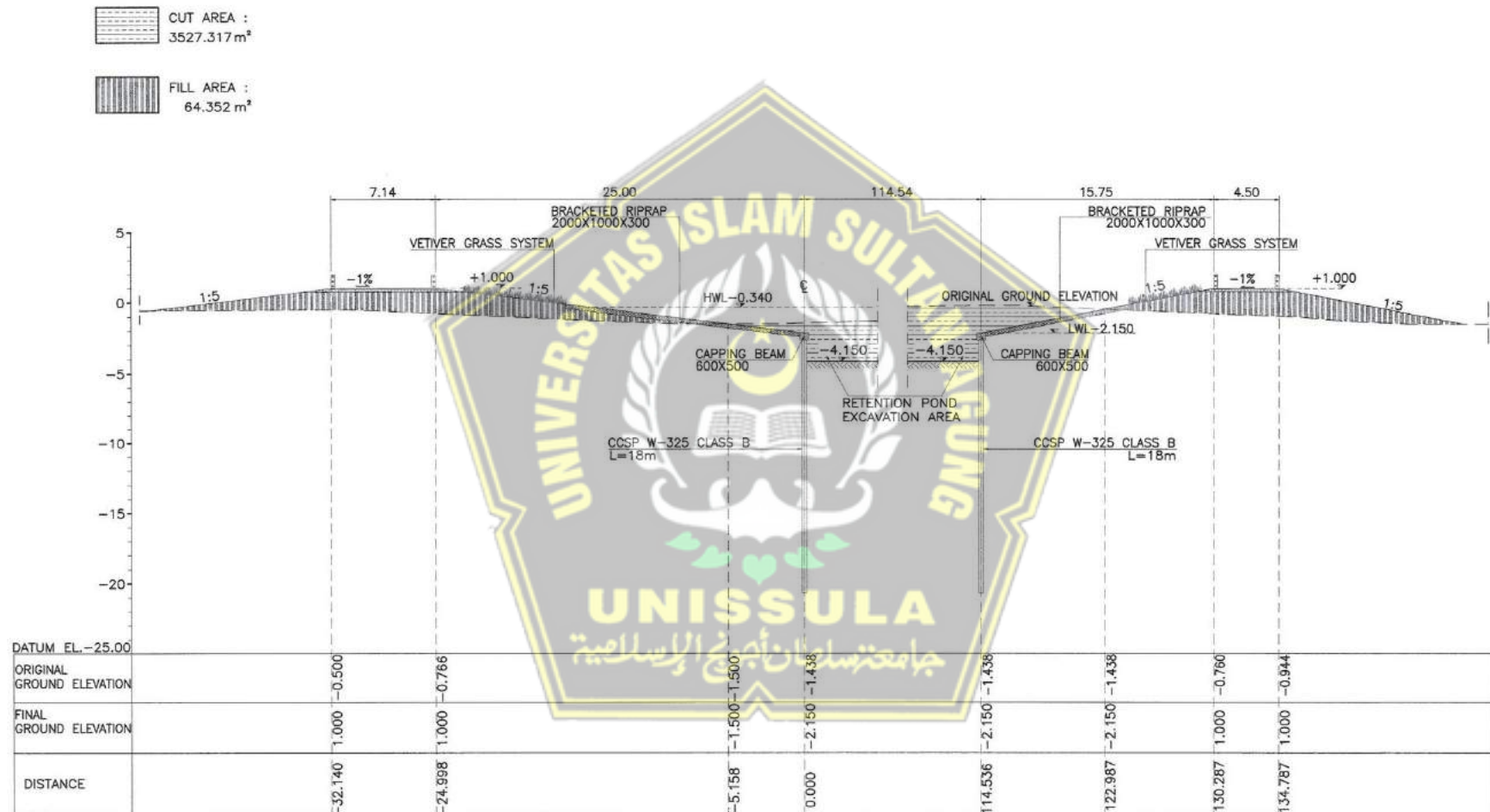
Nama	: Kolam Retensi Terboyo
Nilai Kontrak	: Rp. 2.112.567.788.000,00
Pemilik Proyek	: Kementerian PUPR
Kontraktor Pelaksana	: PT. Adhi Karya (Persero), PT. SYNOHYDRO
Kontraktor Pengawas	: PT. Yodya Karya KSO PT. Hilmy Anugerah
Periode Pelaksanaan	: 880 Hari (Kalender)
Muka Air Minimum Kolam	: +2,05 m
Muka Air Normal Kolam	: +2,15 m
Muka Air Maksimum Kolam	: +3,5 m
Kapasitas Tampung Total	: 9,37 juta m ³
Kapasitas Tampung Mati	: 3,30 juta m ³
Luas Genangan	: 219 ha
Daerah Tangkapan	: 35 km ²
Kedalaman Rencana Kolam	: 5 m
Elevasi Dasar	: -3,50 m
Elevasi atas tanggul	: +1,50 m
Tipe Tanggul	: Pondasi CCSP

3.2.3 Studi Dokumenter

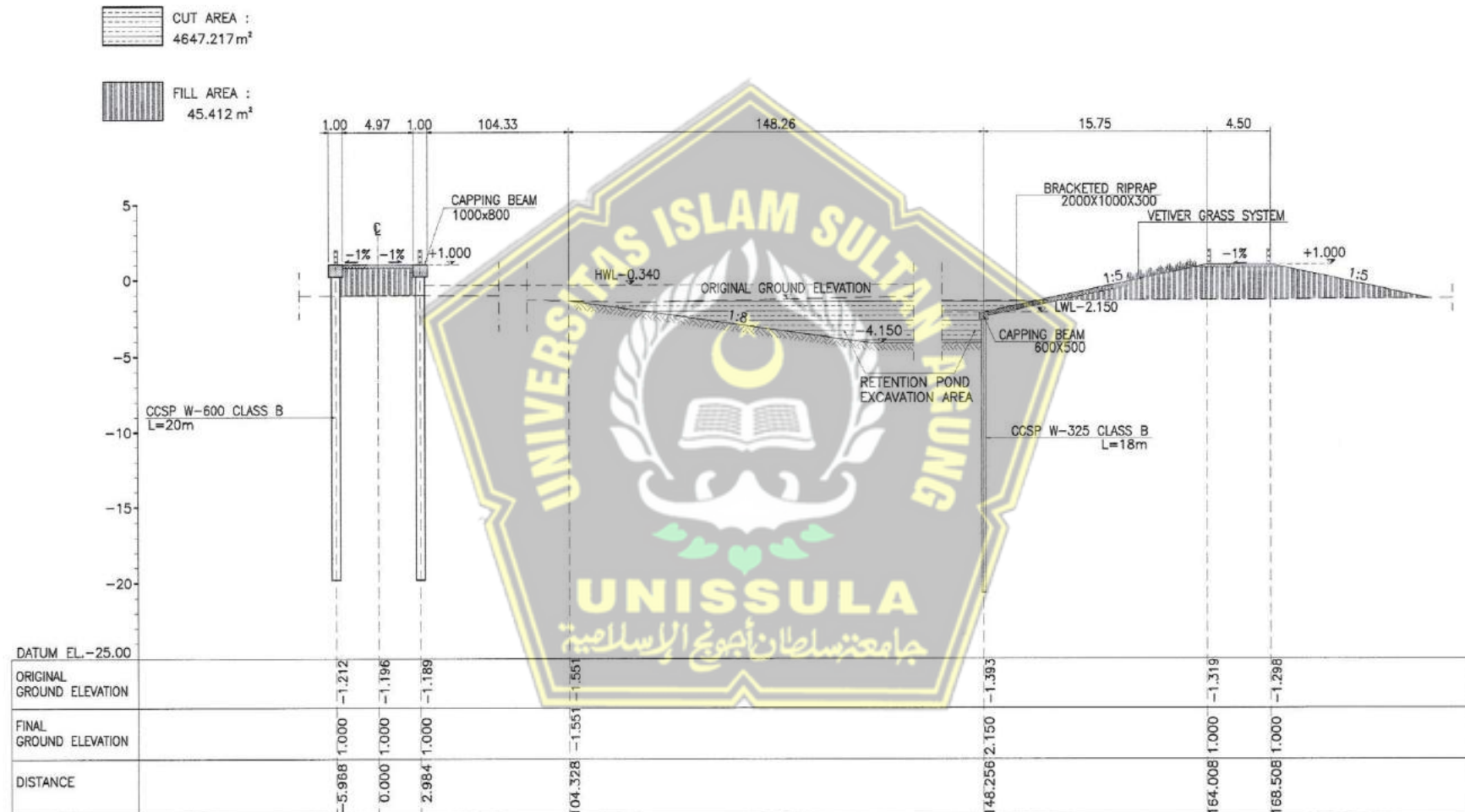
Data yang diperoleh pada laporan ini didapat dari pihak berwenang di Proyek Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1C dengan melampirkan surat izin. Data yang didapat adalah data sekunder yang akan digunakan untuk mengetahui struktur lapisan tanah pada kolam retensi berupa gambar layout dan beberapa melintang cross section.



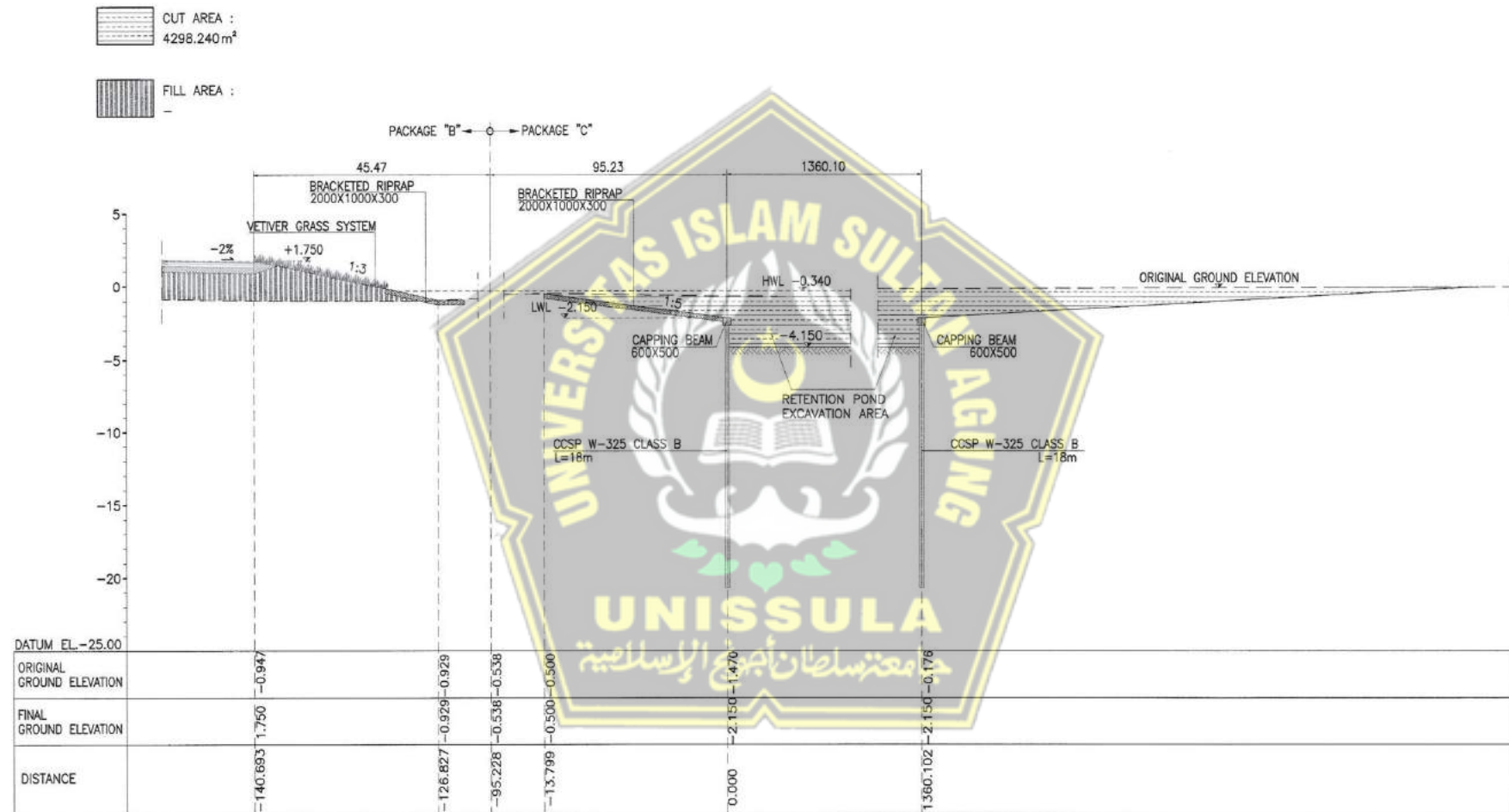
Gambar 3.2. Layout Kolam Retensi Terboyo



Gambar 3.3. Cross Section I



Gambar 3.4. Cross Section II



Gambar 3.5. Cross Section III

3.3. Studi Pustaka

Tinjauan pustaka dapat diperoleh dari berbagai macam literasi seperti internet, jurnal, buku, dasar peraturan, dasar teori yang sesuai untuk memperoleh referensi teori dalam penyusunan tugas akhir ini. Dasar – dasar teori ini dibutuhkan untuk memahami mekanika tanah, tata cara pemodelan menggunakan program Plaxis ini berguna untuk membantu dalam pengaplikasian program Plaxis agar dapat digunakan dan berfungsi seperti yang diharapkan.

3.4. Pengolahan dan Analisis Data

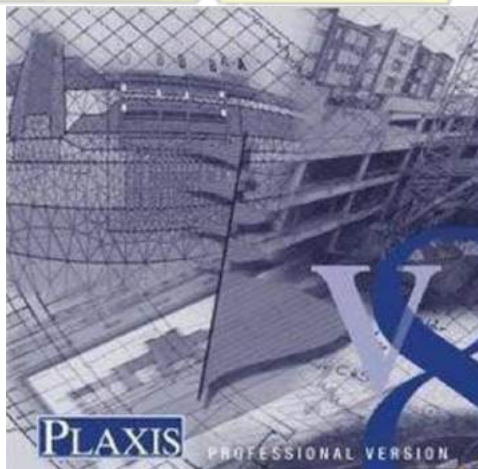
Data proyek yang telah didapat berupa data sekunder. Masing–masing data dianalisis untuk mencari hasil perhitungan nilai rembesan, nilai tekanan, dan nilai *Safety factor*. Dengan analisis metode yang berbeda maka akan diperoleh hasil besaran nilai yang dapat digunakan dalam proses perencanaan konstruksi.

3.5. Perhitungan Dengan Metode Konvensional

Dari data yang diperoleh selanjutnya diolah menjadi data baku untuk mendapatkan nilai rembesan air pada Pembangunan Kolam Retensi Terboyo. Data tersebut dianalisis dengan cara manual (tanpa program).

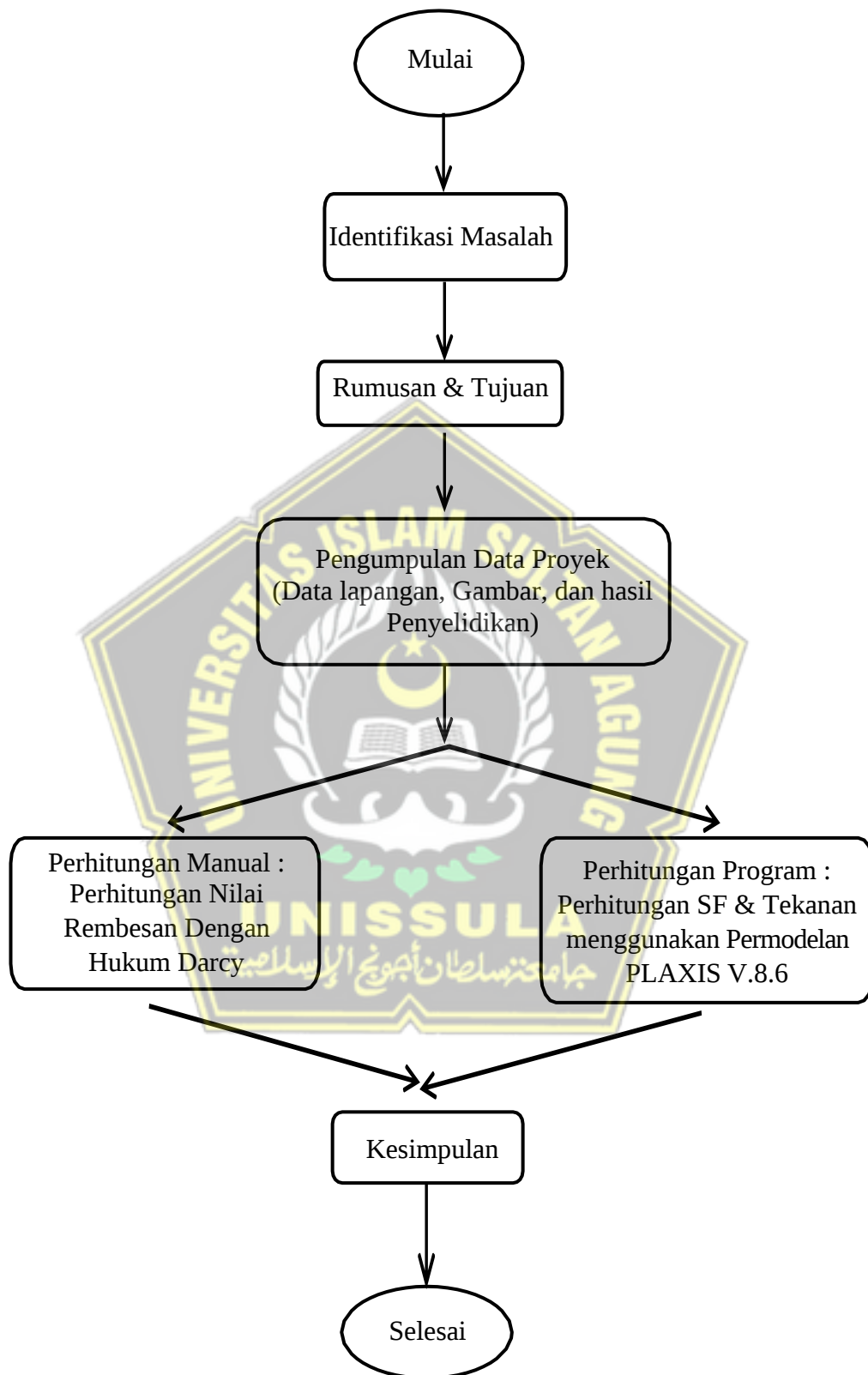
3.6. Permodelan Dengan Plaxis

Setelah mendapat hasil analisis dari perhitungan secara manual (dengan menggunakan parameter yang hampir sama), maka dilakukan analisis perhitungan dengan menggunakan Plaxis guna ditarik kesimpulan dari hasil perhitungan.



Gambar 3.6. Aplikasi Program Plaxis V.8.6

3.7. Bagan Alir



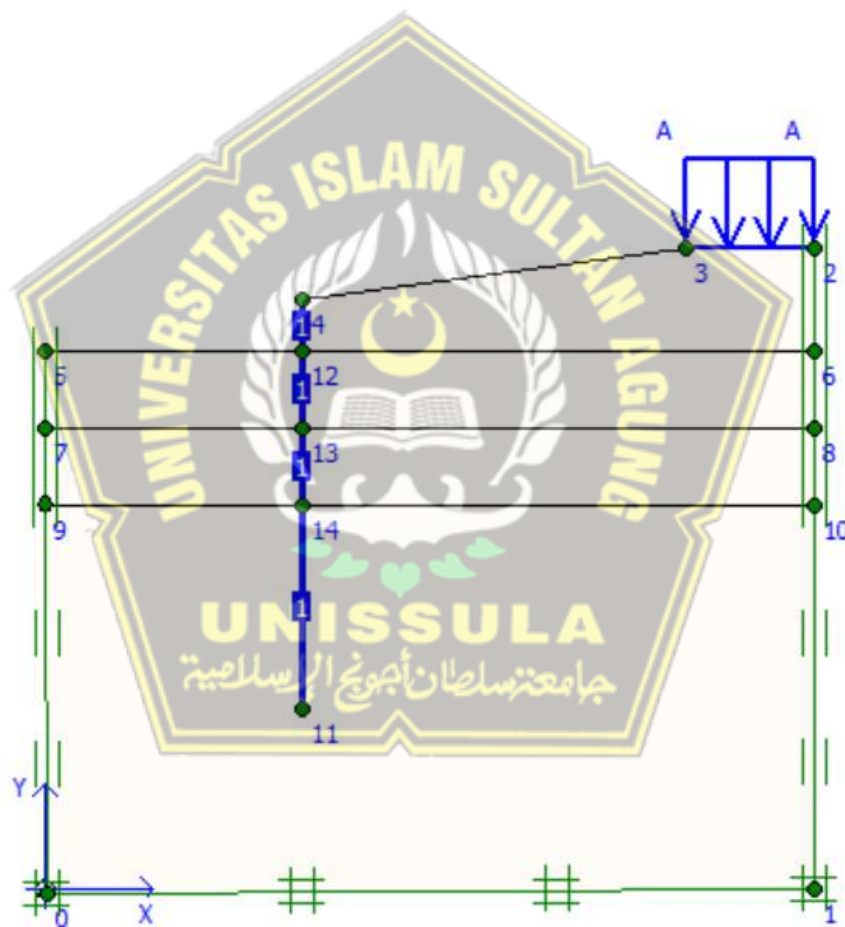
Gambar 3.7. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Perhitungan analisis stabilitas dan rembesan pada Kolam Retensi Terboyo Kota Semarang menggunakan program Plaxis. Metode analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat stabilitas tanggul pada Kolam Retensi Terboyo yang berkaitan dengan rembesan yang terjadi dengan menggunakan bentuk permodelan Plaxis berupa potongan melintang yang bisa dilihat pada Gambar 4.1. sebagai berikut.



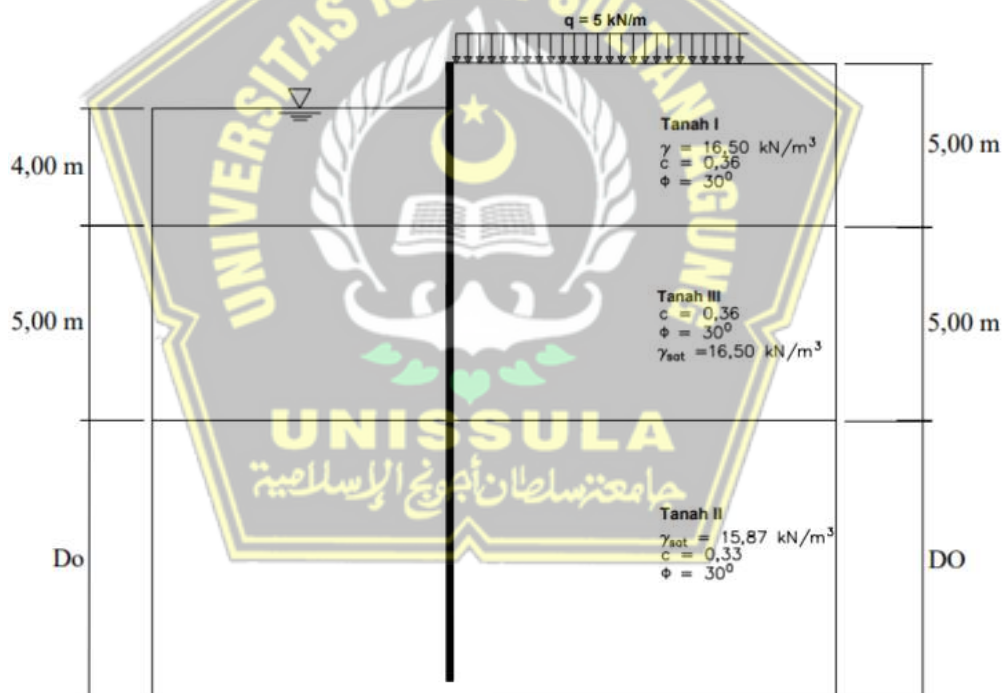
Gambar 4.1. Potongan Melintang Kolam Retensi Terboyo

Hasil penyelidikan lapisan tanah dengan cara pengeboran di uji hingga kedalaman 50 meter berdasarkan uji N-SPT bisa dilihat konsistensi tanah seperti Tabel 4.1. sebagai berikut.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Bore Log

Depth (m)	Konsistensi	Klasifikasi N _{SPT}	N _{SPT}	Deskripsi	E (kN/m ²)	C (kN/m ²)	Φ (phi)	K _x (m/s)	K _y (m/s)	V	γ _{unsat} (kN/m ³)	γ _{sat} (kN/m ³)
0.00-4.00	Sedang	4-8	5	Clay	5000	0,334	7,36	4,50E-03	4,50E-03	0,334	10,41	16,50
4.00-14.00	Lunak	2-4	2	Clay	2000	0,345	7,86	4,50E-03	4,50E-03	0,334	10,11	16,19
14.00-24.00	Sedang	4-8	6	Clay	6000	0,338	8,39	4,50E-03	4,50E-03	0,334	9,86	15,97
24.00-50.00	Kaku	8-15	15	Clay	1500	0,311	9,03	3,90E-04	3,90E-04	0,334	10,86	16,06

Direncanakan analisis kolam retensi mempunyai asumsi 5 kN/m² yang diakibatkan adanya jalan lintasan sebagai kebutuhan perawatan/maintance.



Gambar 4.2. Lapisan Tanah Kolam Retensi Terboyo

Dari salah satu hasil penyelidikan tes konsolidasi proyek kolam retensi Terboyo pada pekerjaan no. 1, titik bore log no. 6, sampel no. 1 pada bulan November 2022 di kedalaman 9,5-10 m diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 4.2. Sampel Test Konsolidasi

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG Jl. Kaligawe Km. 4 Po. Box. 1054 Semarang 50012 Telp. (024) 6383584 Ext. 501. Fax (024) 6582455 http://www.unissula.ac.id	CONSOLIDATION TEST
--	---------------------------

Project : TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SEMARANG - DEMAK 1 Job No. : 1
Client : Bore No. : BM.06
Location : TERBOYO KULON KEC. GENUK KOTA SEMARANG - JZ Sample : 1
Descript : Date : NOVEMBER 2022
Test by : LAB UNISSULA Depth (m) : 9,5 - 10,0 m

WATER CONTENT DETERMINATION

Note	Initial	Final	
Wet Soil + Container Wws+Wc	93,300	87,000	Gs : 2,443
Dry Soil + Container Wds+Wc	58,866	58,866	Height : 20,000 mm
Weight of Water Ww	34,434	28,134	Diam : 60,000 mm
Weight of Container Wc	0,000	0,000	Area : 28,270 cm ²
Weight of Dry Soil Ws	58,866	58,866	Cover : 0,000 cm
Water Content, %	58,495	47,793	eo : 1,346
			2 x Ho : 0,852 cm

CONSOLIDATION TEST

Press kg/cm ²	Final Dial (mm)	Dial Change H (mm)	Dial 2 x H (mm)	Void Height δH	Change of e δe	Void Ratio e	Fit t 90 secs	Cv t 90 cm ² /s
0,00	9,31000		20,000	11,477	1,346	1,346		
		-1,050					31,2	0,02577
0,25	8,26000		18,950	10,427	1,285	1,223		
		-0,440					2709	0,00027
0,50	7,82000		18,510	9,987	1,259	1,172		
		-1,010					76,38	0,00900
1,00	6,81000		17,500	8,977	1,200	1,053		
		-1,290					55,2	0,01091
2,00	5,52000		16,210	7,687	1,124	0,902		
		-2,680					58,2	0,00805
4,00	2,84000		13,530	5,007	0,967	0,587		
		1,010						
2,00	3,85000		14,540	6,017	1,026	0,706		
		0,750						
0,25	4,60000		15,290	6,767	1,070	0,794		
		0,000						

Elapsed time (minute)	SETTLEMENT (mm)						
	Pressure (kg/cm ²)						
	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	2,00	0,25
0	0,690	1,740	2,180	3,190	4,480	7,160	6,150
0,16	1,070	1,750	2,260	3,260	4,560		
0,357	1,280	1,780	2,540	3,940	5,400		
0,64	1,300	1,820	2,560	3,970	5,450		
1	1,320	1,850	2,650	4,020	5,520		
2,25	1,350	1,890	2,740	4,090	5,640		
4	1,420	1,940	2,790	4,120	5,730		
9	1,480	1,990	2,920	4,200	5,950		
16	1,520	2,010	3,020	4,260	6,150		
25	1,560	2,050	3,040	4,300	6,330		
36	1,580	2,070	3,050	4,320	6,420		
49	1,600	2,100	3,080	4,330	6,540		
240	1,740	2,180	3,190	4,480	7,160	6,150	5,400

(Unissula, 2022)

4.2. Perhitungan Manual

Perhitungan manual menggunakan hukum Darcy menggunakan data proyek pada bab III dan hasil tes konsolidasi guna menghitung nilai debit rembesan di setiap muka air terendah (minimum), normal dan tertinggi (maksimum) sebagai berikut :

4.2.1 Perhitungan Muka Air Minimum

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{A \cdot t_1}{a \cdot 2,303 \cdot \log h} \\ &= \frac{35 \cdot 0,25}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,31} \\ &= 12,256 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_1) pada muka air minimum dibutuhkan data nilai $t_1 = 0,25$; daerah tangkapan (A) = 35 km^2 ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air minimum = +2,05 m dan jika dalam rumus $\log (h) = \log (2,05) = 0,31$ sehingga dibisakan hasil sebesar 12,256.

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{35 \cdot 0,5}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,31} \\ &= 24,512 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_2) pada muka air minimum dibutuhkan data nilai $t_2 = 0,5$; daerah tangkapan (A) = 35 km^2 ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air minimum = +2,05 m dan jika dalam rumus $\log (h) = \log (2,05) = 0,31$ sehingga dibisakan hasil sebesar 24,512.

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{35 \cdot 1}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,31} \\ &= 49,024 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_3) pada muka air minimum dibutuhkan data nilai $t_3 = 1$; daerah tangkapan (A) = 35 km^2 ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air minimum = +2,05 m dan jika dalam rumus $\log (h) = \log (2,05) = 0,31$ sehingga dibisakan hasil sebesar 24,512.

$$\begin{aligned} V_4 &= \frac{35 \cdot 2}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,31} \\ &= 98,049 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_4) pada muka air minimum dibutuhkan data nilai $t_4 = 2$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air minimum = +2,05 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(2,05) = 0,31$ sehingga dibisakan hasil sebesar 98,049.

$$V_5 = \frac{35.4}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,31}$$

$$= 196,098$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_5) pada muka air minimum dibutuhkan data nilai $t_5 = 4$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air minimum = +2,05 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(2,05) = 0,31$ sehingga dibisakan hasil sebesar 196,098.

$$V = \frac{V_5}{(V_1+2+V_3+V_4)}$$

$$= \frac{196,098}{(12,256+24,512+49,024+98,049)}$$

$$= 1,066672 \text{ cm/jam}$$

Dalam menentukan nilai laju aliran rembesan rata-rata (V) guna menentukan rumus data perhitungan nilai debit rembesan muka air minimum dibutuhkan rumus perhitungan dari nilai $V_5 = 196,098$ dibagi dengan hasil penjumlahan dari V_1 sampai V_4 sebesar 183,841 sehingga diperoleh hasil sebesar 1,066672 cm/jam.

$$Q = V \cdot A$$

$$= 1,066672 \cdot 219$$

$$= 233,601 \text{ m}$$

$$= 0,233601 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 5,6064 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Setelah diperoleh hasil nilai laju aliran rembesan rata-rata (V) = 1,066672 cm/jam lalu dikalikan dengan luas genangan kolam retensi = 219 ha sehingga diperoleh nilai debit rembesan air di muka air minimum sebesar 5,6064 m³/hari.

4.2.2 Perhitungan Muka Air Normal

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{A \cdot t_1}{a \cdot 2,303 \cdot \log h} \\ &= \frac{35 \cdot 0,25}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,33} \\ &= 11,513 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_1) pada muka air normal dibutuhkan data nilai $t_1 = 0,25$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air normal = +2,15 m dan jika dalam rumus $\log (h) = \log (2,15) = 0,33$ sehingga dibisakan hasil sebesar 11,513.

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{35 \cdot 0,5}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,33} \\ &= 23,027 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_2) pada muka air normal dibutuhkan data nilai $t_2 = 0,5$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air normal = +2,15 m dan jika dalam rumus $\log (h) = \log (2,15) = 0,33$ sehingga dibisakan hasil sebesar 23,027.

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{35 \cdot 1}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,33} \\ &= 46,053 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_3) pada muka air normal dibutuhkan data nilai $t_3 = 1$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air normal = +2,15 m dan jika dalam rumus $\log (h) = \log (2,15) = 0,33$ sehingga dibisakan hasil sebesar 46,053.

$$\begin{aligned} V_4 &= \frac{35 \cdot 2}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,33} \\ &= 92,106 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_4) pada muka air normal dibutuhkan data nilai $t_4 = 2$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air normal = +2,15 m dan jika dalam rumus $\log (h) = \log (2,15) = 0,33$ sehingga dibisakan hasil sebesar 92,106.

$$V_5 = \frac{35.4}{1.2303 \cdot 0.33}$$

$$= 184,213$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_5) pada muka air normal dibutuhkan data nilai $t_5 = 4$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air normal = +2,15 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(2,15) = 0,33$ sehingga dibisakan hasil sebesar 184,213.

$$V = \frac{V_5}{(V_1 + 2V_3 + V_4)}$$

$$= \frac{184,213}{(11,513 + 23,027 + 46,053 + 92,106)}$$

$$= 1,066689 \text{ cm/jam}$$

Dalam menentukan nilai laju aliran rembesan rata-rata (V) guna menentukan rumus data perhitungan nilai debit rembesan muka air normal dibutuhkan rumus perhitungan dari nilai $V_5 = 184,213$ dibagi dengan hasil penjumlahan dari V_1 sampai V_4 sebesar 172,699 sehingga diperoleh hasil sebesar 1,066689 cm/jam.

$$Q = V \cdot A$$

$$= 1,066689 \cdot 219$$

$$= 233,605 \text{ m}$$

$$= 0,233605 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 5,6065 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Setelah diperoleh hasil nilai laju aliran rembesan rata-rata (V) = 1,066689 cm/jam lalu dikalikan dengan luas genangan kolam retensi = 219 ha sehingga diperoleh nilai debit rembesan air di muka air normal sebesar 5,6065 m³/hari.

4.2.3 Perhitungan Muka Maksimum

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{A \cdot t_1}{a \cdot 2,303 \cdot \log h} \\ &= \frac{35 \cdot 0,25}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,54} \\ &= 7,036 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_1) pada muka air maksimum dibutuhkan data nilai $t_1 = 0,25$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air maksimum = +3,5 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(3,5) = 0,54$ sehingga dibisakan hasil sebesar 7,036.

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{35 \cdot 0,5}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,54} \\ &= 14,07 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_2) pada muka air maksimum dibutuhkan data nilai $t_2 = 0,5$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air maksimum = +3,5 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(3,5) = 0,54$ sehingga dibisakan hasil sebesar 14,07.

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{35 \cdot 1}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,54} \\ &= 28,14 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_3) pada muka air maksimum dibutuhkan data nilai $t_3 = 1$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air maksimum = +3,5 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(3,5) = 0,54$ sehingga dibisakan hasil sebesar 28,14.

$$\begin{aligned} V_4 &= \frac{35 \cdot 2}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,54} \\ &= 56,287 \end{aligned}$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_4) pada muka air maksimum dibutuhkan data nilai $t_4 = 2$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air maksimum = +3,5 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(3,5) = 0,54$ sehingga dibisakan hasil sebesar 56,287.

$$V_5 = \frac{35.4}{1 \cdot 2,303 \cdot 0,54}$$

$$= 112,575$$

Dalam menghitung nilai laju rembesan (V_5) pada muka air maksimum dibutuhkan data nilai $t_5 = 4$; daerah tangkapan (A) = 35 km² ; nilai $a = 1$; dan tinggi muka air maksimum = +3,5 m dan jika dalam rumus $\log(h) = \log(3,5) = 0,54$ sehingga dibisakan hasil sebesar 112,575.

$$V = \frac{V_5}{(V_1+2+V_3+V_4)}$$

$$= \frac{112,575}{(7,036+14,07+28,14+56,287)}$$

$$= 1,066728 \text{ cm/jam}$$

Dalam menentukan nilai laju aliran rembesan rata-rata (V) guna menentukan rumus data perhitungan nilai debit rembesan muka air maksimum dibutuhkan rumus perhitungan dari nilai $V_5 = 112,575$ dibagi dengan hasil penjumlahan dari V_1 sampai V_4 sebesar 105,333 sehingga diperoleh hasil sebesar 1,066728 cm/jam.

$$Q = V \cdot A$$

$$= 1,066728 \cdot 219$$

$$= 233,613 \text{ m}$$

$$= 0,233613 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 5,6067 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Setelah diperoleh hasil nilai laju aliran rembesan rata-rata (V) = 1,066728 cm/jam lalu dikalikan dengan luas genangan kolam retensi = 219 ha sehingga diperoleh nilai debit rembesan air di muka air normal sebesar 5,6067 m³/hari.

Dari hasil perhitungna manual guna mencari nilai debit rembesan air yang dimulai dari mencari tiap laju aliran rembesan lalu menghitung laju aliran rembesan rata-rata dan diakhiri dengan perhitungan nilai debit rembesan di setiap muka air maksimum, muka air normal, dan muka air minimum secara beururtan diperoleh nilai debit rembesan air sebesar 5,6067 m³/hari, 5,6065 m³/hari, dan 5,6064 m³/hari.

4.3. Tahap Perhitungan *Safety Factor*

4.3.1. *Safety Factor After Construction*

Pada tahap perhitungan *safety factor* (SF) pada tahap *after construction* (setelah konstruksi) guna menganalisis faktor keamanan stabilitas tanggul melalui 11 tahap (Fase). Yang meliputi indentifikasi, nomor tiap fasenya, permulaan dari fase 1 ke fase yang lain, perhitungan, jenis pembebanan, dan waktu fasenya. Bisa dilihat pada Tabel 4.2. sebagai berikut.

Tabel 4.3. Fase Perhitungan *Safety Factor After Construction*

Identifikasi	No. Fase	Mulai Dari	Perhtiunga n	Pembebanan	Waktu
Tahap Awal	0	0	N/A	N/A	0
Tanah Asli	1	0	Plastis	Tahapan Kontruksi	7 Hari
SF 1	8	1	Phi-C	Faktor Pengali	0
Pondasi	2	1	Plastis	Tahapan Kontruksi	7 Hari
SF 2	9	3	Phi-C	Faktor Pengali	0
Konsolidasi 1	5	1	Konsolidas i	Tahapan Kontruksi	20 hari
SF 3	10	5	Phi-C	Faktor Pengali	0
Kolam Retensi	3	2	Plastis	Tahapan Kontruksi	7 Hari
SF 4	11	6	Phi-C	Faktor Pengali	0
Konsolidasi 2	6	2	Konsolidas i	Tahapan Kontruksi	60 Hari
SF 5	12	7	Phi-C	Faktor Pengali	0
Konsolidasi 3	7	3	Konsolidas i	Tahapan Kontruksi	365 Hari

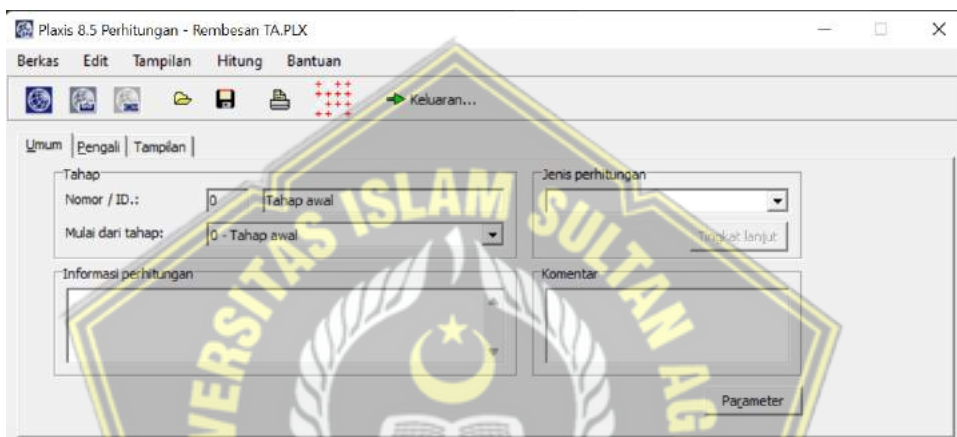
Berikut adalah langkah – langkah yang dilakukan saat proses kalkulasi pada program Plaxis :

- 1). Tahap Awal (fase 0) : Default yang ada pada program.

2). Tanah Asli :

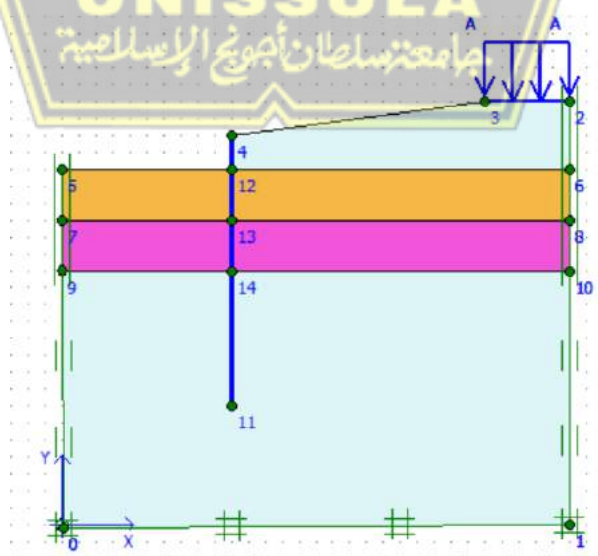
Tanah Asli adalah tanah dasar yang dianggap diberi beban saat proses konstruksi dalam interval waktu 7 hari. Langkah – langkah yang dilakukan saat proses pemasukan data

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pada kolom mulai dari tahap pilih Tahap Awal
3. Pilih jenis perhitungan analisa plastis pada kolom jenis perhitungan
4. Lalu pilih kolom parameter lalu masukan jangka waktu 7 hari, selanjutnya atur penentuan. seperti yang ditunjukkan Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Input Tanah Awal *Factor After Contruction*

5. Klik tentukan dan nyalakan area yang akan di lakukan perhitungan seperti Gambar 4.4.

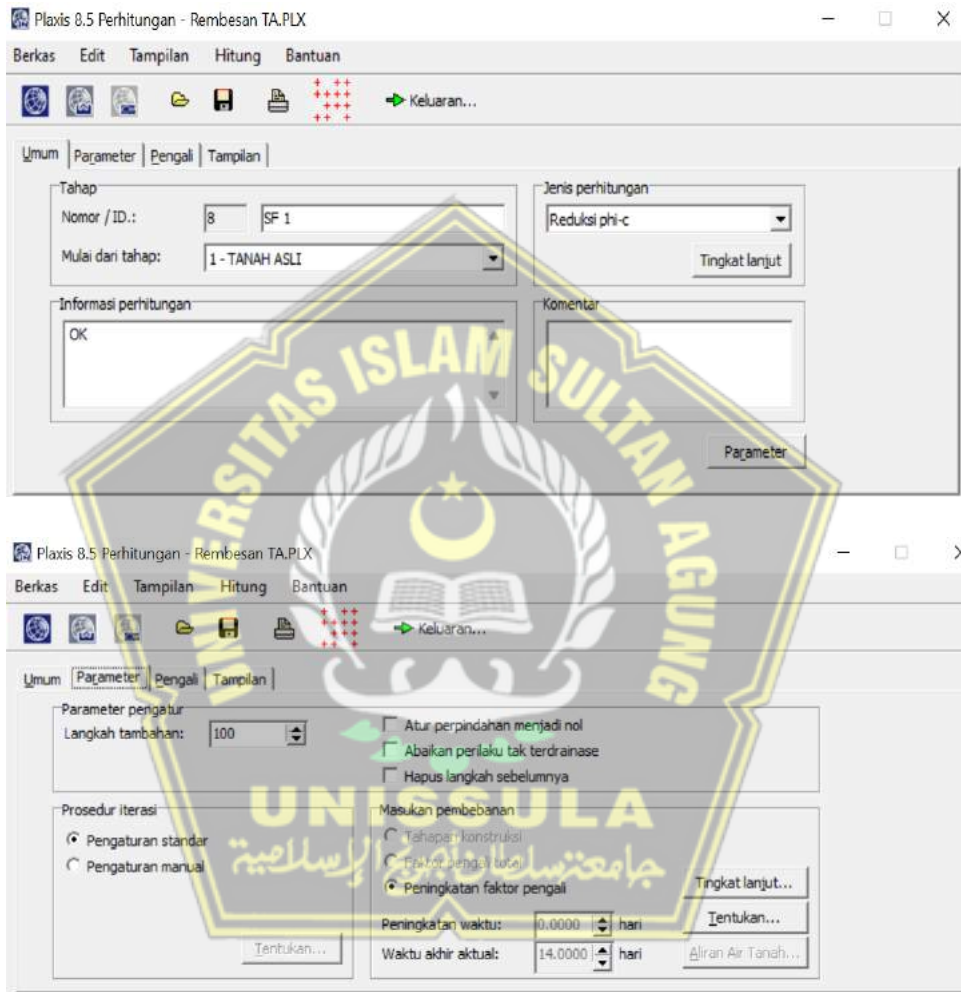


Gambar 4.4. Penentuan Tanah Dasar

3). *Safety Factor 1* (SF 1) :

Perhitungan nilai factor keamanan 1 pada tahap *after construction*. Tahap yang dilakukan dalam input datanya :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pada kolom mulai dari tahap pilih Tanah Asli
3. Pilih reduksi phi – c pada kolom perhitungan seperti Gambar 4.5.

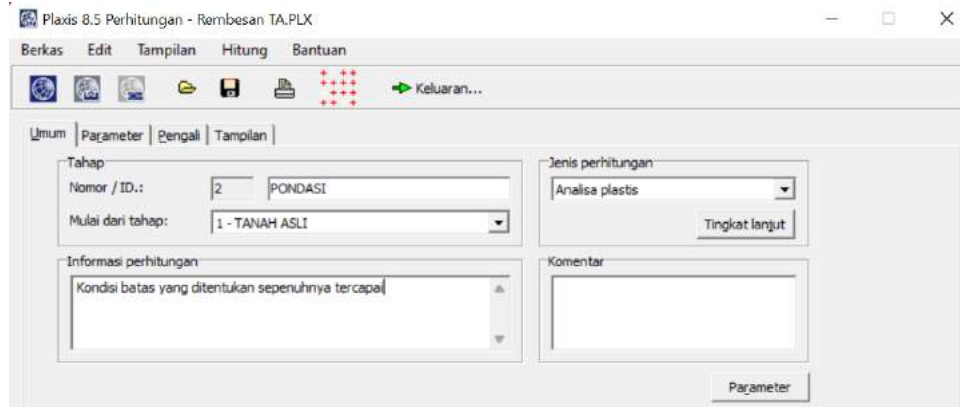


Gambar 4.5. *Input Fase FS 1*

4). Pondasi

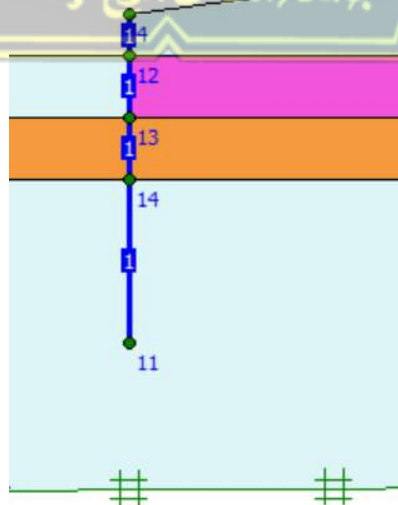
Pada tahap ini bertujuan untuk melakukan perhitungan pada pondasi yang ada pada kolam retensi. tahap yang dilakukan pada proses penginputan :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pilih analisa plastis pada kolom jenis perhitungan
3. Lalu pilih kolom parameter lalu buat jangka waktu 7 hari, selanjutnya tentukan seperti Gambar 4.6. sebagai berikut.



Gambar 4.6. *Input Pondasi Factor After Contruction*

4. Klik tentukan dan nyalakan area yang akan dilakukan perhitungan seperti Gambar 4.7. sebagai berikut.

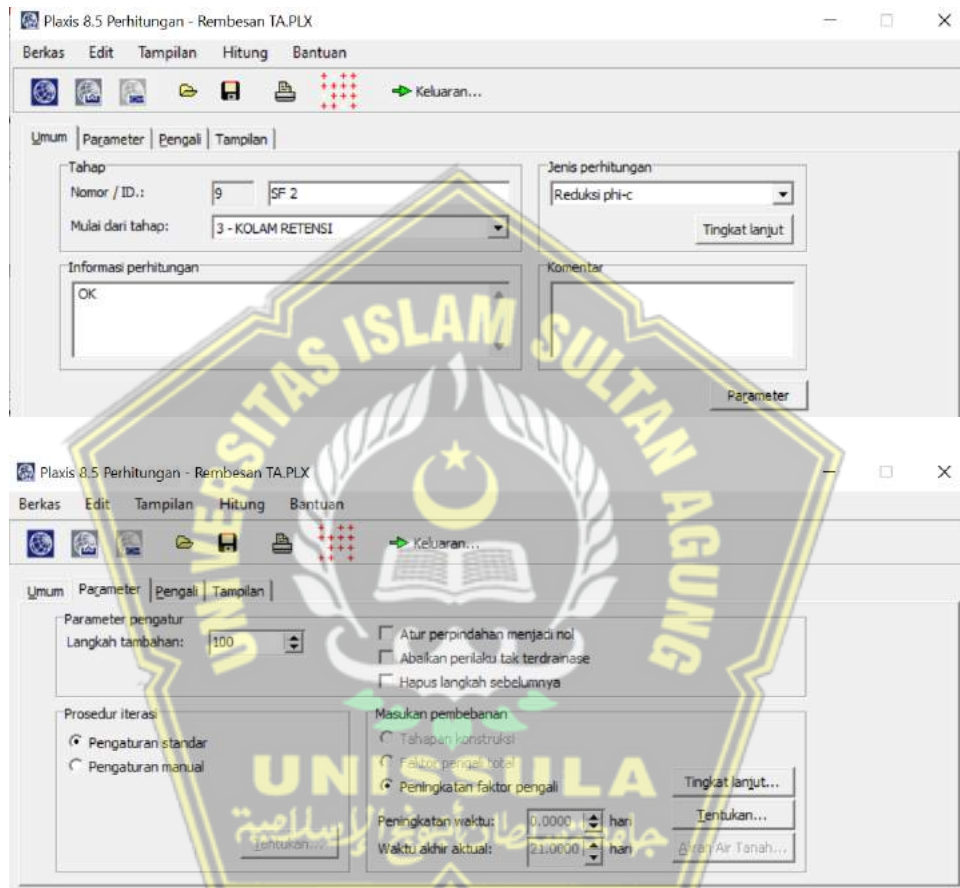


Gambar 4.7. Penentuan Pondasi

5. *Safety Factor 2* (SF 2) :

Perhitungan nilai factor keamanan pada tahap *after construction*. Tahap yang dilakukan dalam input datanya :

1. Beri nama kolom Nomor atau ID
2. Dari kolom memulai tahapan pilih kolom retensi
3. Pilih reduksi phi – c pada kolom perhitungan seperti Gambar 4.8.

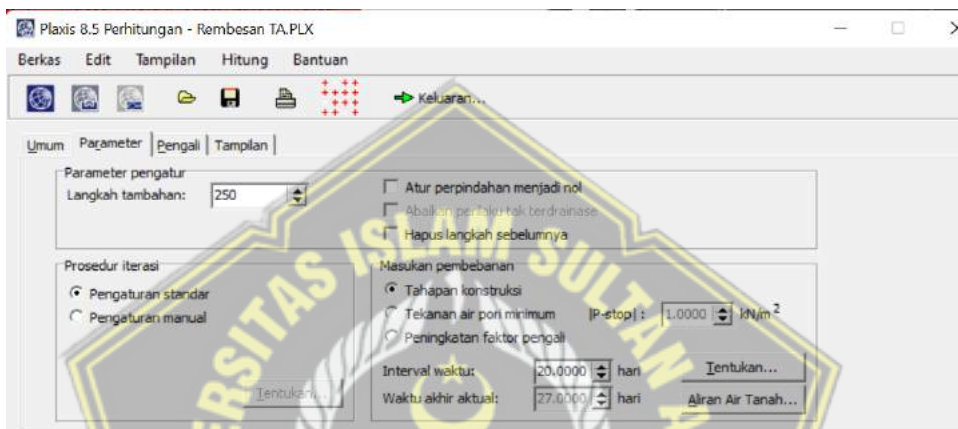
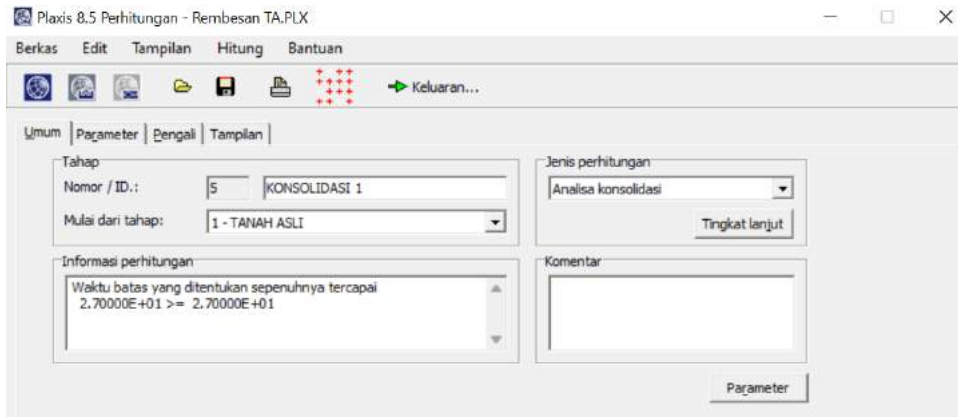


Gambar 4.8. *Input Fase SF 2*

6. Konsolidasi 1

Dari tahap ini bertujuan untuk melakukan perhitungan konsolidasi yang ada pada kolom retensi. tahap yang dilakukan pada proses penginputan :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pilih analisa konsolidasi pada kolom jenis perhitungan
3. Lalu pilih kolom parameter buat jangka waktu selama 20 hari, selanjutnya pilih tentukan pada Gambar 4.9. sebagai berikut.

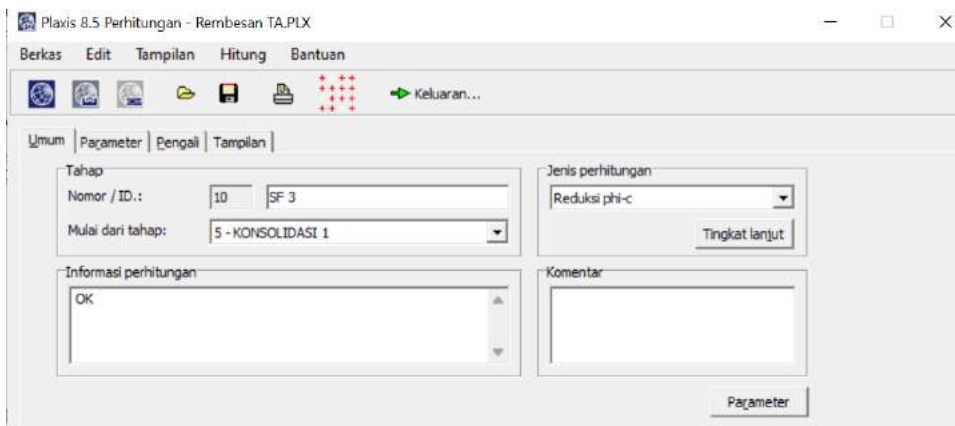


Gambar 4.9. Input Fase Konsolidasi 1

7. *Safety Factor 3 (SF 3)*

Perhitungan nilai factor keamanan pada tahap *after construction*. Tahap yang dilakukan dalam input datanya :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pada kolom mulai dari tahap pilih Konsolidasi 1
3. Pilih reduksi $\phi - c$ pada kolom perhitungan seperti Gambar 4.10. dibawah ini.



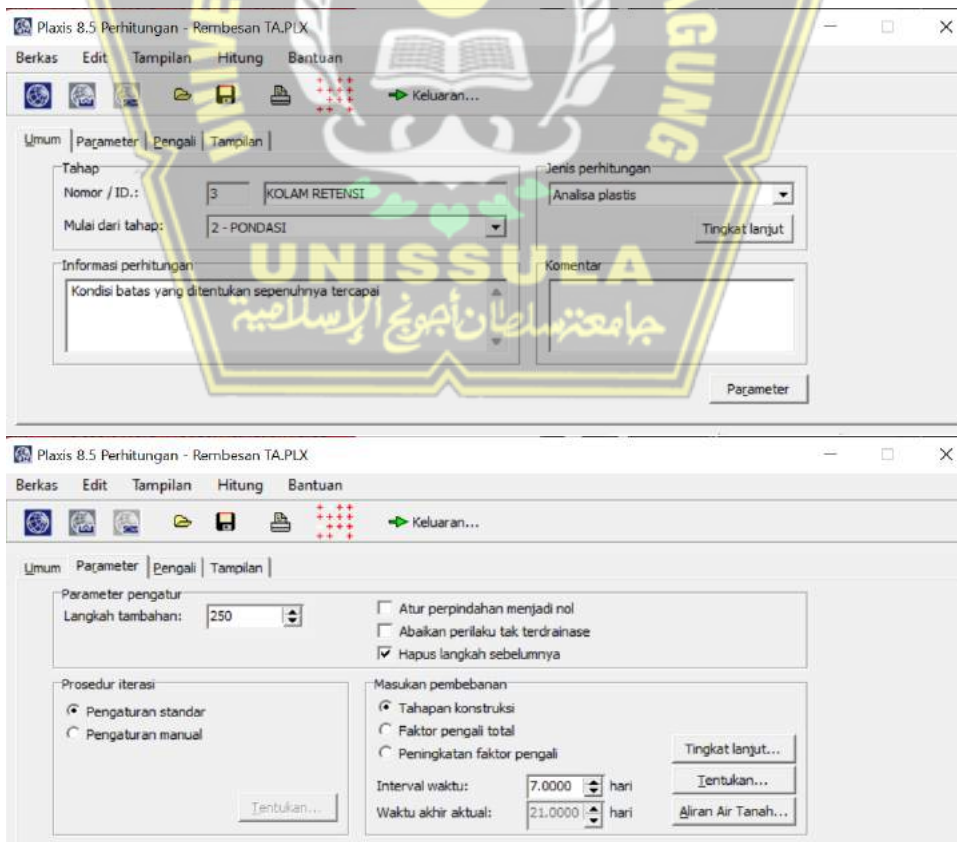


Gambar 4.10. *Input Fase SF 3*

5. Kolam Retensi

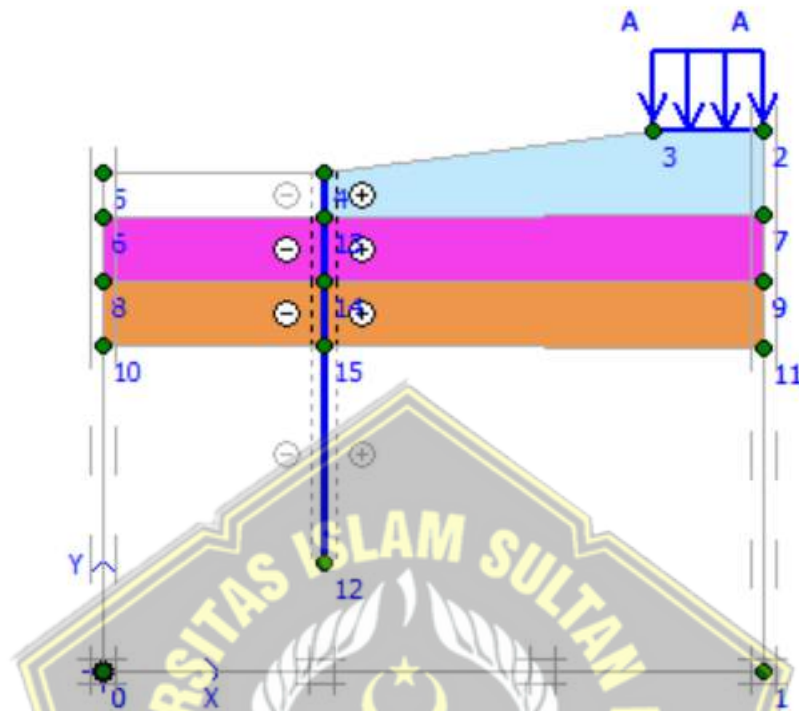
Dari tahap ini bertujuan untuk melakukan perhitungan yang ada pada kolam retensi. tahap yang dilakukan pada proses penginputan :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pilih analisa plastis pada kolom jenis perhitungan
3. Lalu pilih kolom parameter buat jangka waktu 7 hari, selanjutnya pilih tentukan. Seperti Gambar 4.11. sebagai berikut.



Gambar 4.11. *Input Kolam Retensi After Contruction*

4. Klik tentukan dan nyalakan daerah yang akan dilakukan Gambar 4.12. sebagai berikut.

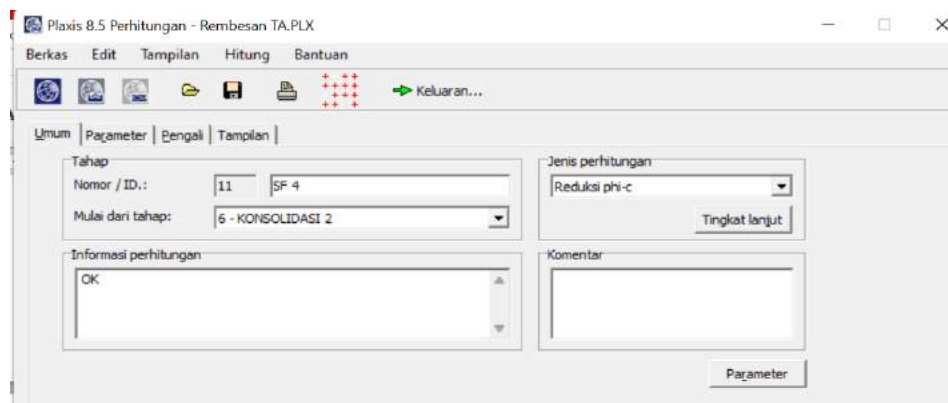


Gambar 4.12. Penentuan Kolam Retensi

8. *Safety Factor 4* (SF 4)

Perhitungan nilai factor keamanan pada tahap *after construction*. Tahap yang dilakukan dalam *input* datanya :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pada kolom mulai dari tahap pilih konsolidasi 2
3. Pilih reduksi $\phi - c$ pada kolom perhitungan seperti Gambar 4.13. sebagai berikut.



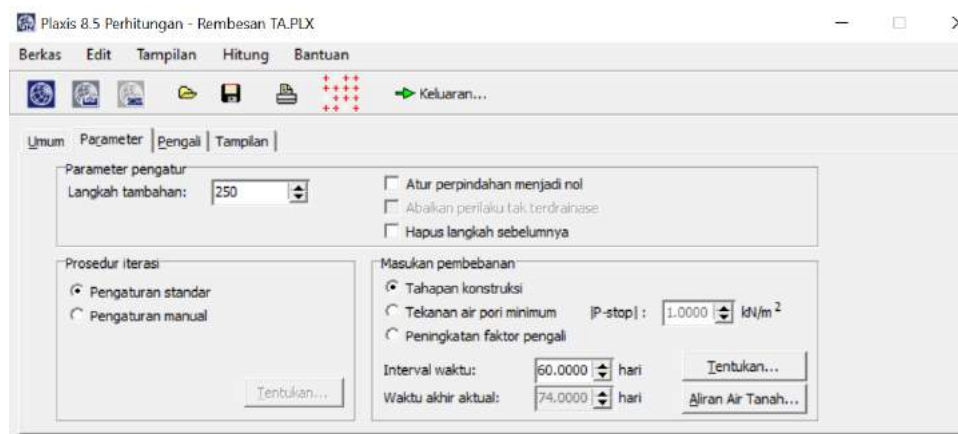


Gambar 4.13. *Input Fase SF 4*

9. Konsolidasi 2

Pada tahap ini bertujuan untuk melakukan perhitungan konsolidasi yang ada pada kolam retensi. tahap yang dilakukan pada proses penginputan :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pilih analisa konsolidasi pada kolom jenis perhitungan
3. Lalu pilih kolom parameter buat jangka waktu selama 60 hari, selanjutnya pilih tentukan seperti Gambar 4.14. berikut.

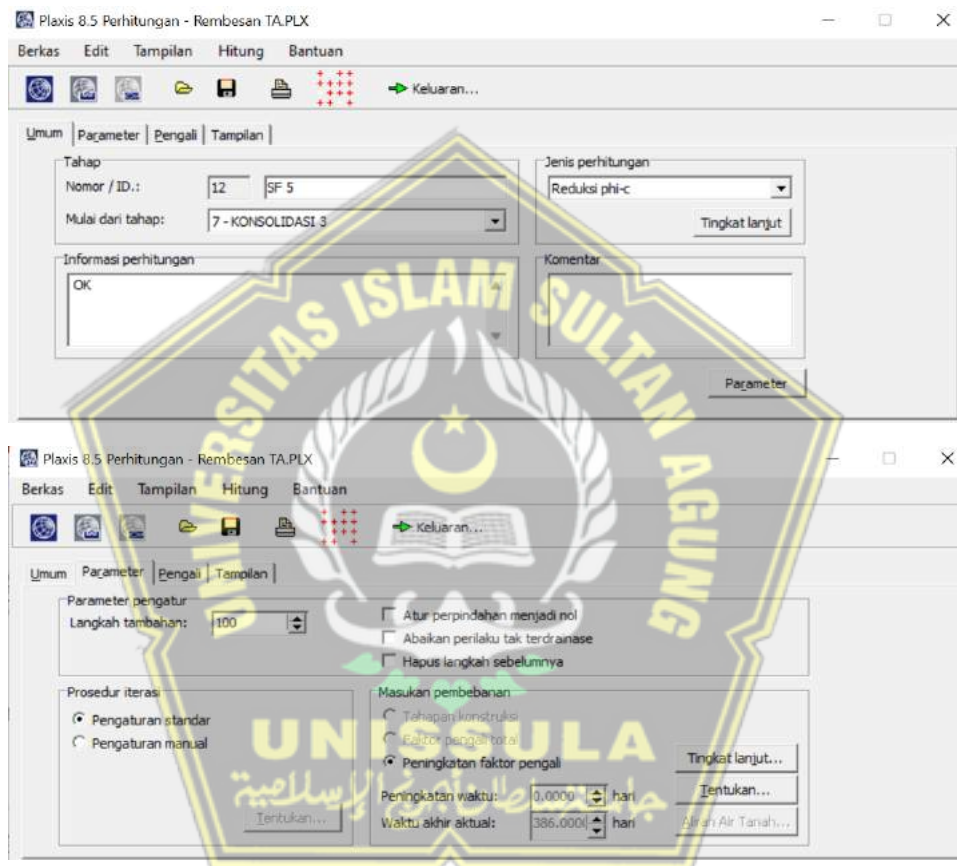


Gambar 4.14. *Input Fase Konsolidasi 2*

10. *Safety Factor 5* (SF 5)

Perhitungan nilai faktor keamanan pada tahap *after construction*. Tahap yang dilakukan dalam input datanya :

1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pada kolom mulai dari tahap pilih Konsolidasi 3
3. Pilih reduksi phi – c pada kolom perhitungan seperti Gambar 4.15. sebagai berikut.

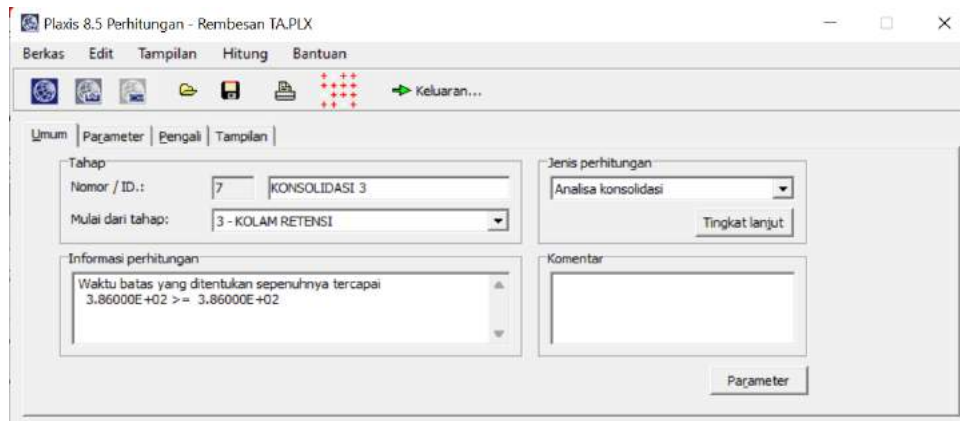


Gambar 4.15. *Input Fase SF 5*

11. Konsolidasi 3

Pada tahap ini bertujuan untuk melakukan perhitungan konsolidasi yang ada pada kolom retensi. tahap yang dilakukan pada proses penginputan :

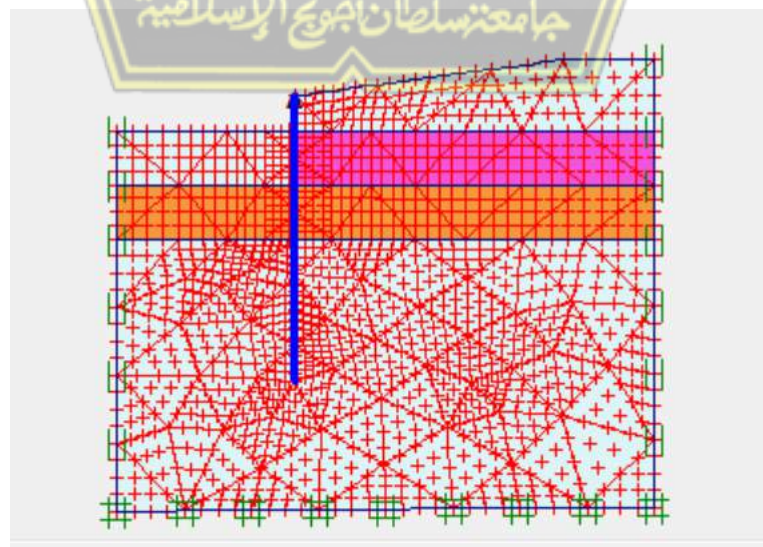
1. Beri nama pada kolom Nomor/ID
2. Pilih analisa konsolidasi pada kolom jenis perhitungan
3. Lalu pilih kolom parameter buat jangka waktu selama 365 hari, selanjutnya pilih tentukan seperti Gambar 4.16. sebagai berikut.



Gambar 4.16. *Input Fase Konsolidasi 3*

3. Menentukan Kurva Hubungan dan Titik Stress :

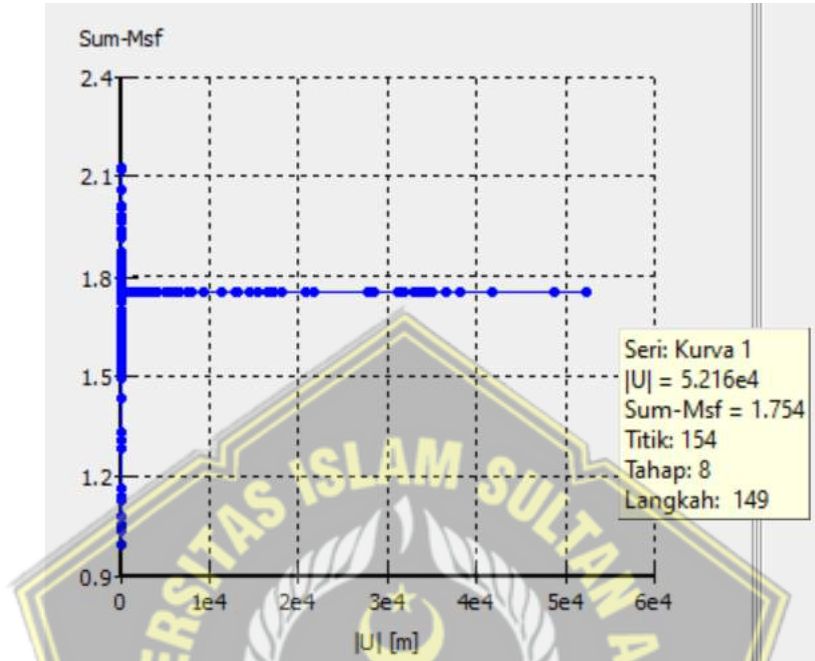
Dengan menentukan pilihan lalu pilih lanjut mulai menentukan titik A pada Gambar permodelan lalu pilih update dan pilih hitung/*calculate*. Seperti Gambar 4.17. sebagai berikut.



Gambar 4.17. *Penentuan Titik Tinjauan*

4. Hasil Perhitungan

Hasil Perhitungan dengan menggunakan aplikasi Plaxis dengan menentukan pilihan keluaran. Bisa dilihat Gambar 4.18. sebagai berikut.

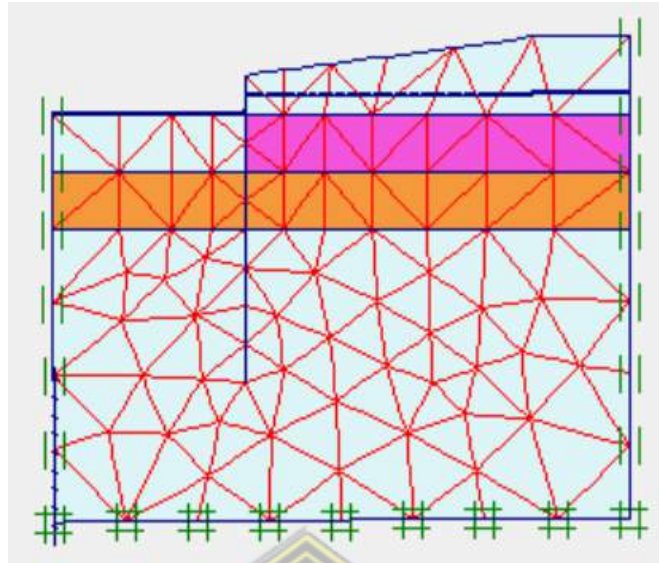


Gambar 4.18. Output Penurunan

Hasil diatas adalah penurunan yang terjadi pada Kolam Retensi pada tahap *after construction* yang telah dihitung menggunakan Plaxis. *Safety factor* yang dibisa pada tahap *after construction* yakni sebesar 1.754.

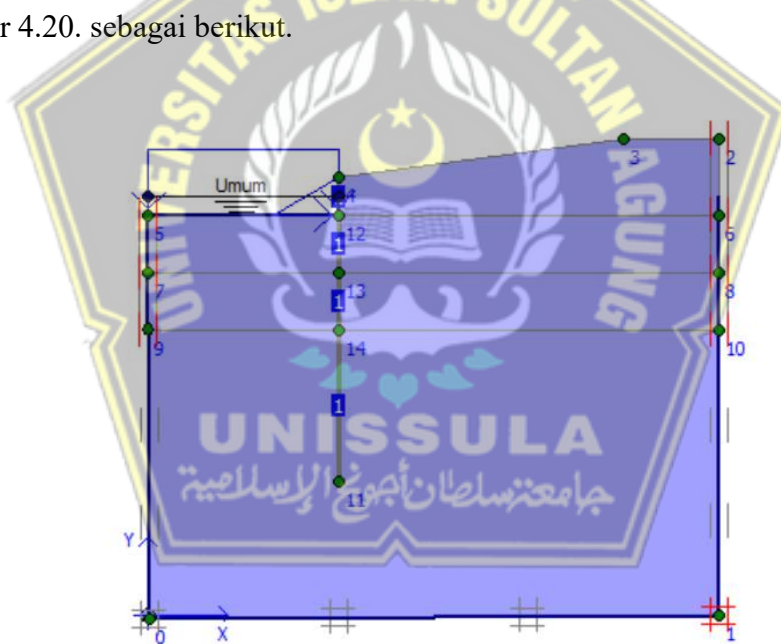
4.2.2. *Safety Factor* Muka Air Maksimum

Safety factor muka air maksimum dihitung bersama muka air tertinggi yang ada pada Kolam Retensi. Penentuan muka air tertinggi berdasarkan data yang telah dibisakan (dari proyek) yakni 3,5 m. Sehingga permodelan yang dibuat menjadi berbeda dari permodelan pada saat *after construction* (setelah konstruksi). Permodelan berbeda dikarenakan adanya beban air yang berada di kolam retensi. Karena saat tahap *after construction* tidak ada beban air dikarenakan muka air setara dengan lapisan tanah awal. Bisa dilihat Gambar 4.19. sebagai berikut.



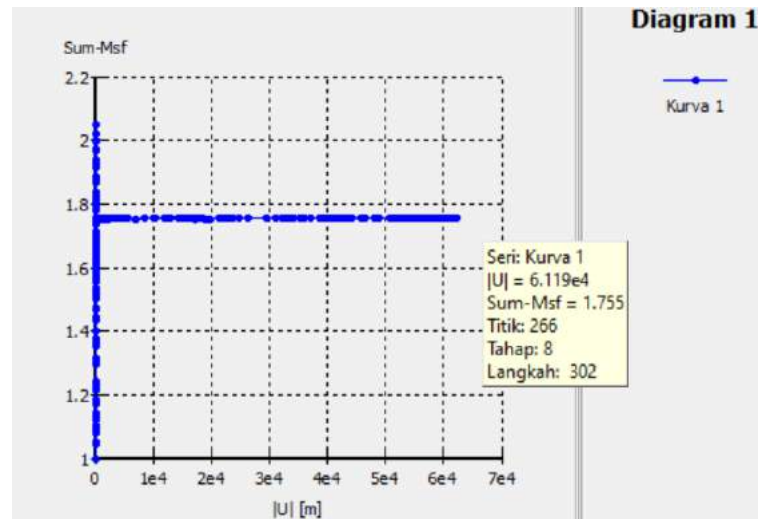
Gambar 4.19. Jaringan Elemen Muka Air Maksimum

Berikut adalah Gambar muka air maksimum yang telah ditentukan. Bisa dilihat Gambar 4.20. sebagai berikut.



Gambar 4.20. Muka Air Maksimum Kolam Retensi

Setelah semua selesai ditentukan dimulailah tahap perhitungan pada aplikasi Plaxis. Untuk mencari output penurunan dan juga nilai *safety factor* pada saat muka air maksimum pada kolam retensi. Tahap perhitungan dilakukan sama seperti saat tahap perhitungan *after construction*. Setelah semua tahap perhitungan telah selesai dimasukan lalu dimulailah perhitungan dan akan dibagikan nilai *output* nya. Nilai *output* bisa dilihat Gambar 4.21.

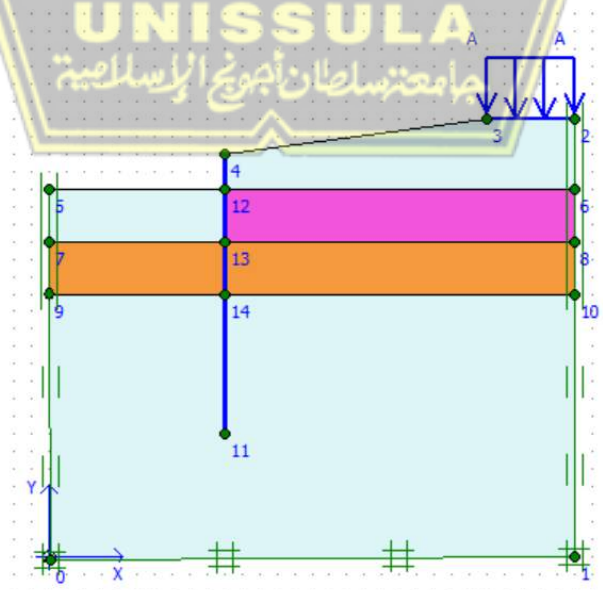


Gambar 4.21. *Output* Muka Air Maksimum

Dari data tersebut adalah hasil *output* yang keluar dari perhitungan program Plaxis yang berupa penurunan. Pada saat muka air maksimum nilai *safety factor* dengan grafik yang keluar adalah 1.755.

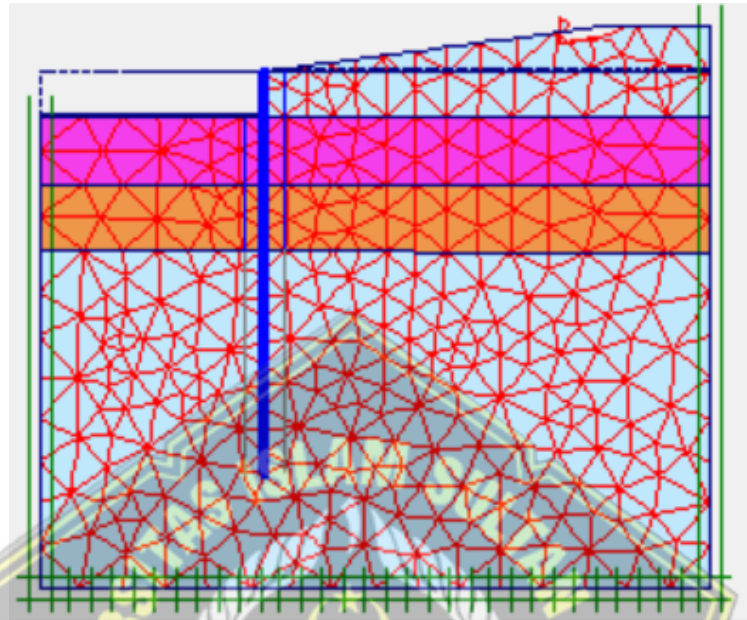
4.2.3. *Safety Factor* Muka Air Minimum

Nilai *safety factor* pada saat muka air minimum yang ada pada kolam retensi. Penentuan tinggi muka air minimum telah ditentukan sebesar 2.05. Dikarenakan muka air berbeda sehingga permodelan yang dibuat juga sedikit berbeda dari tahap *after construction*, dan muka air maksimum. Permodelan muka air minimum bisa dilihat Gambar 4.22. sebagai berikut.



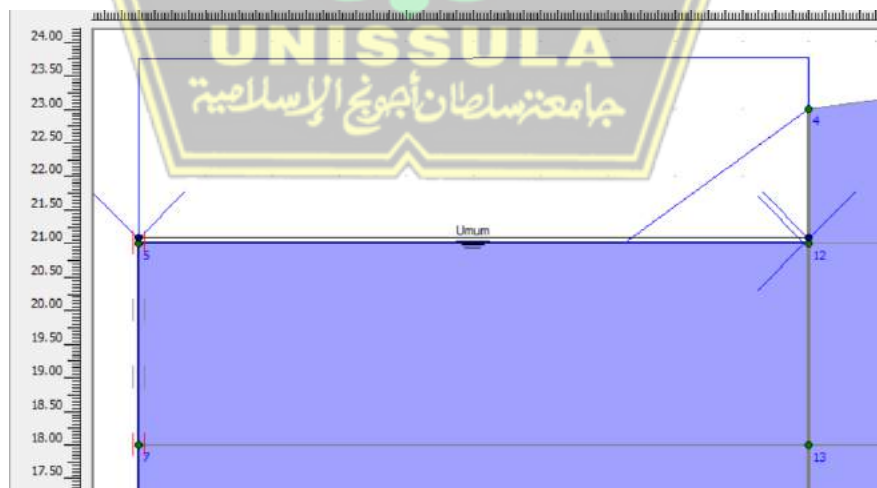
Gambar 4.22. Permodelan Muka Air Minimum

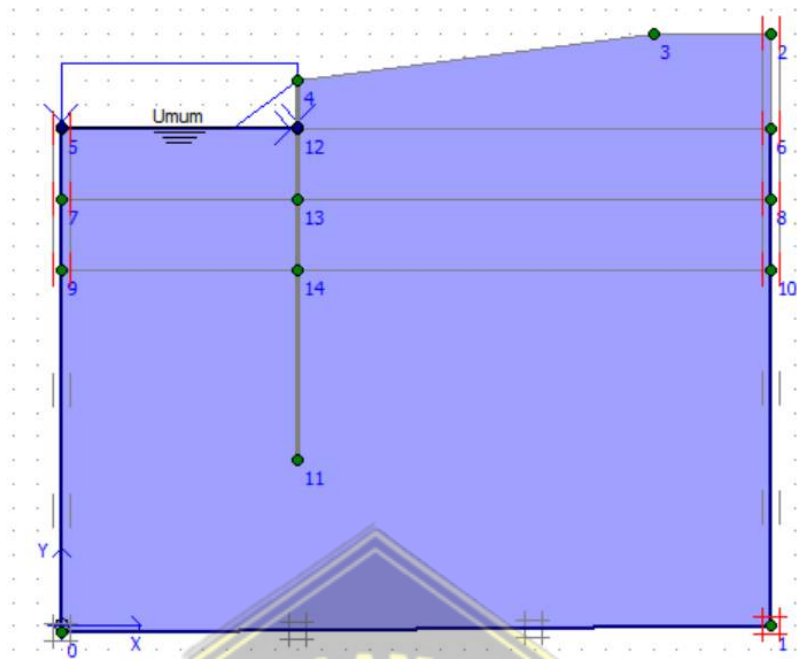
Dikarenakan permodelan yang berbeda maka dilakukanlah penentuan jaringan elemen sebelum penentuan muka airnya. Bisa dilihat Gambar 4.23. sebagai berikut.



Gambar 4.23. Penentuan Jaringan Elemen

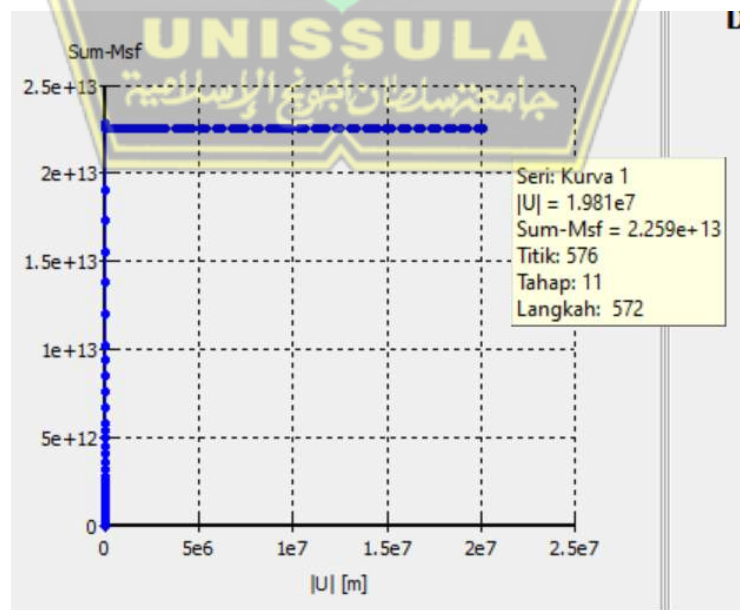
Setelah jaringan elemen ditentukan dimulailah penentuan tinggi muka airnya. Bisa dilihat Gambar 4.24. sebagai berikut.





Gambar 4.24. Muka Air Minimum Kolam Retensi

Setelah semua tahap selesai dilanjutkan dengan tahap berikutnya yaitu tahap perhitungan. Pada tahap perhitungan dimasukan fase - fase perhitungannya seperti pada fase perhitungan *after construction* dan jugamuka air maksimum. Setelah semua *input* dimasukan dimulailah tahap perhitungan. Setelah semua tahap perhitungan selesai maka akan keluar *output* nya. *Output* yang keluar bisa dilihat Gambar 4.25. dibawah ini.

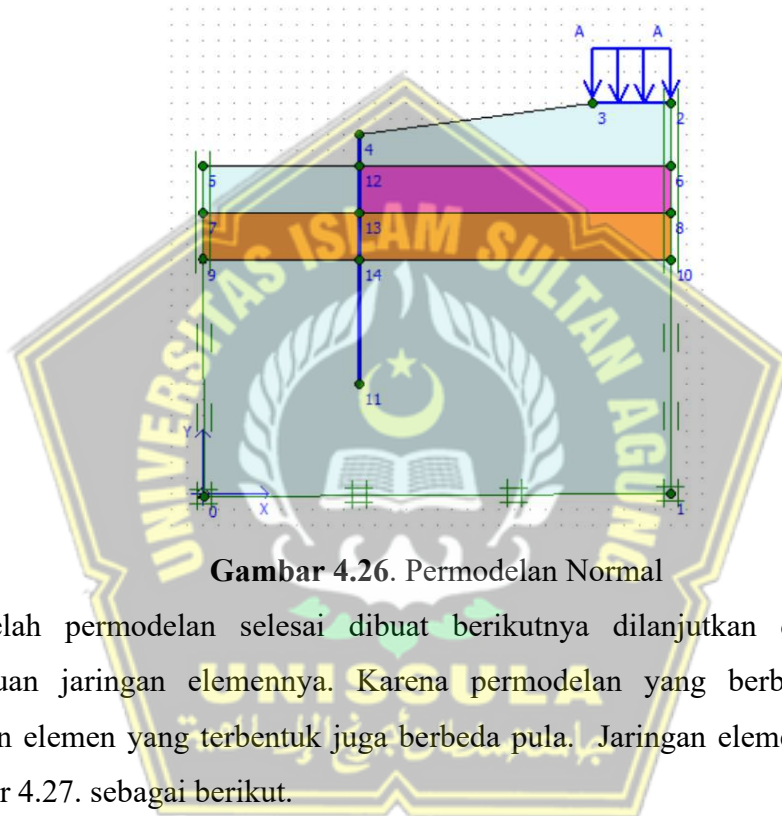


Gambar 4.25. *Output* Muka Air Minimum

Gambar tersebut adalah hasil dari *output* muka air minimum yang telah keluar berupa penurunan yang terjadi. Selain penurunan juga terdapat nilai *safety factor* yang ditunjukkan dengan grafik sebesar 2.259.

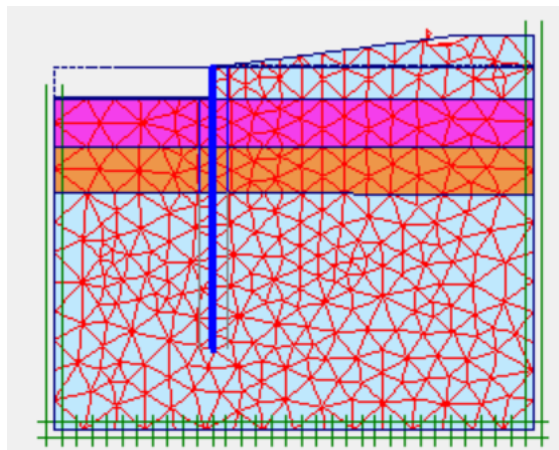
4.2.4. *Safety Factor* Muka Air Normal

Seperti halnya pada muka air maksimum dan minimum pada tahap pasang Normal juga dilakukan perubahan permodelan. Perubahan permodelan ini dikarenakan tinggi muka air yang berbeda setinggi 2.15 m dari permodelan yang sebelumnya. Permodelan yang dibuat bisa dilihat Gambar 4.26.



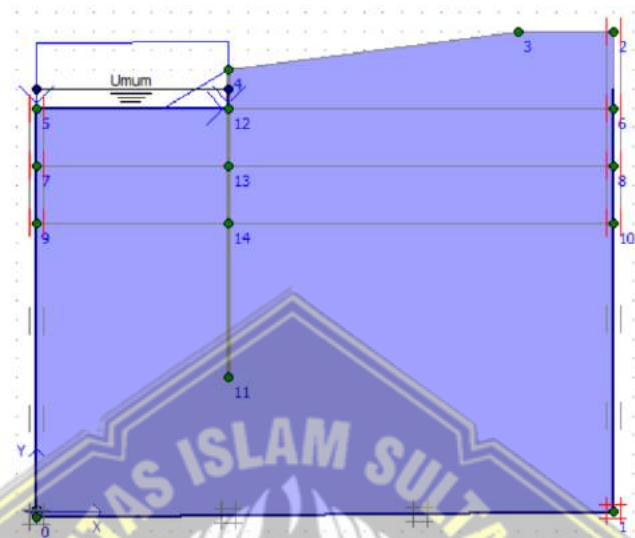
Gambar 4.26. Permodelan Normal

Setelah permodelan selesai dibuat berikutnya dilanjutkan dengan tahap penentuan jaringan elemennya. Karena permodelan yang berbeda sehingga jaringan elemen yang terbentuk juga berbeda pula. Jaringan elemen bisa dilihat Gambar 4.27. sebagai berikut.



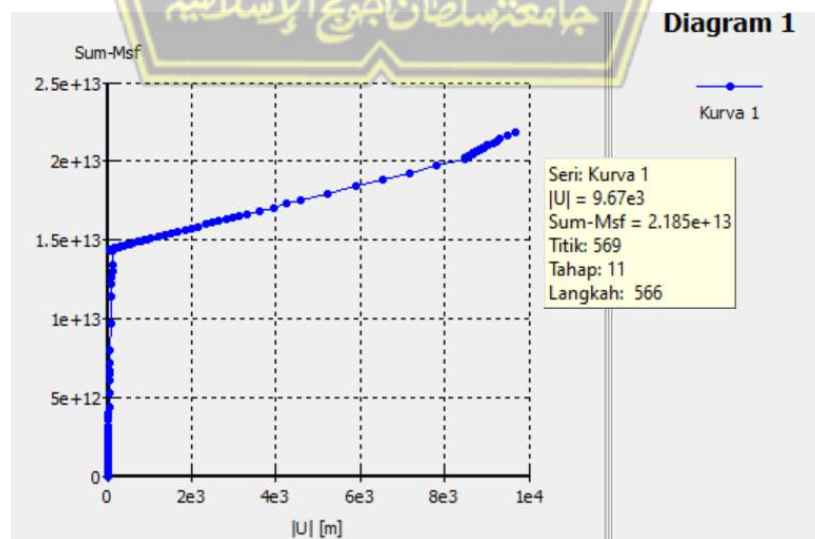
Gambar 4.27. Jaringan Elemen Muka Air Normal

Setelah permodelan selesai dibuat berikutnya dilanjutkan dengan tahap penentuan jaringan elemen nya. Karena permodelan yang berbeda sehingga jaringan elemen yang terbentuk juga berbeda pula. Jaringan elemen bisa dilihat Gambar 4.28.



Gambar 4.28. Muka Air Normal

Setelah muka air ditentukan selanjutnya dimulailah tahap perhitungan untuk menbisakan *output* yang dicari. Pada saat tahap perhitungan dilakukan pengisian fase - fase perhitungan agar bisa keluar output yang diinginkan. Setelah semua fase dimasukan berikutnya dimulainya tahapan perhitungan. Setelah tahap perhitungan selesai akan dibisa output yang kita inginkan. *Output* pada saat pasang Normal bisa dilihat Gambar 4.29. dibawah ini.



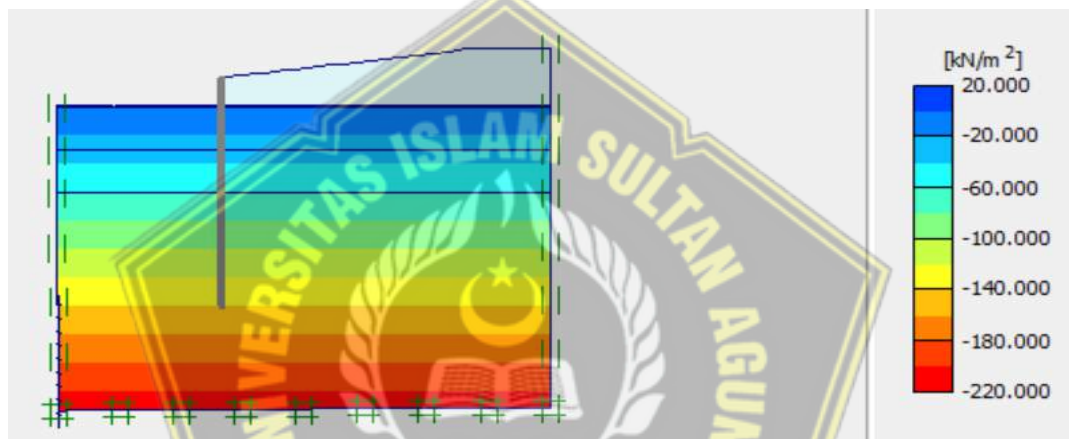
Gambar 4.29. *Output* Muka Air Normal

Gambar diatas adalah hasil dari *output* muka air minimum berupa penurunan yang terjadi. Selain penurunan juga terbisa nilai *safety factor* yang di tunjukan dengan grafik sebesar 2,185

Dari perhitungan yang telah dilakukan pada kondisi setelah konstruksi (*after contruction*) pada muka air maksimum, normal, dan minimum di Kolam Retensi Terboyo dengan menggunakan program Plaxis diperoleh nilai *safety factor* secara berurutan, sebesar 1.755, 2,185, 2,259.

4.4. Perhitungan Tekanan Pada Kolam Retensi Terboyo

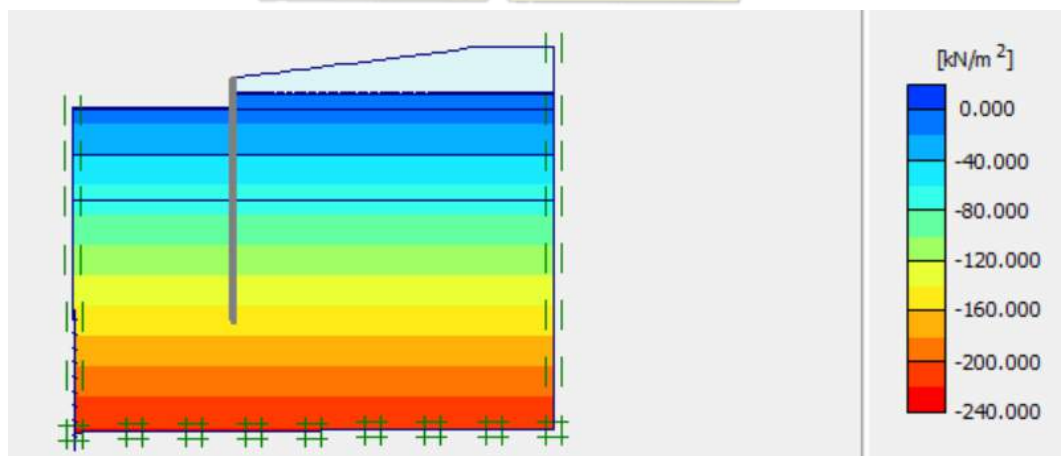
4.4.1. Tekanan kondisi *After Construction*



Gambar 4.30. *Output Pressure After Construction*

Gambar tersebut adalah hasil *output* tekanan pada Kolam Retensi Terboyo saat kondisi *after construction* (setelah kontruksi) dengan muka air yang sama dengan tanah awal atau tanah dasarnya.

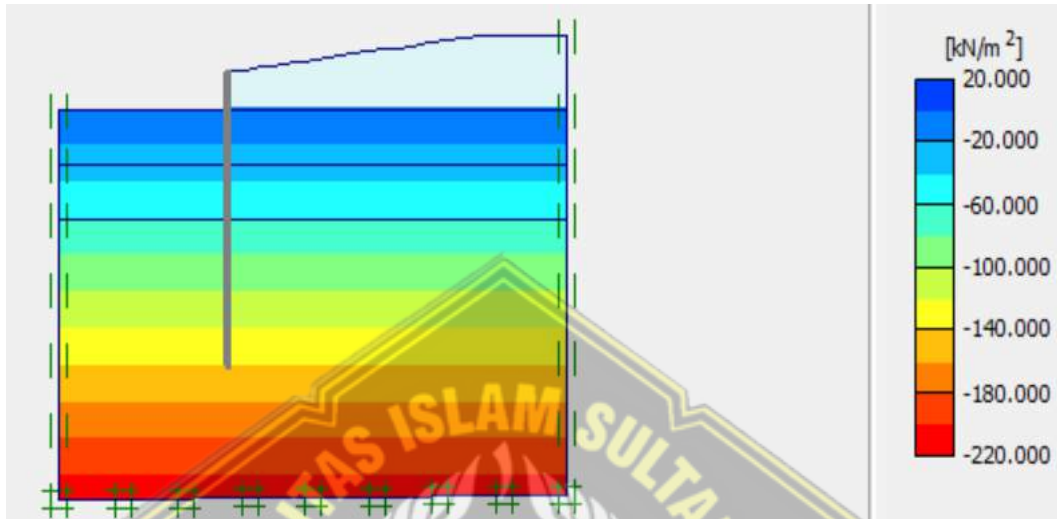
4.4.2. Tekanan Situasi Muka Air Maksimum



Gambar 4.31. *Output Tekanan Situasi Muka Air Maksimum*

Gambar tersebut adalah *output* tekanan dari kolam retensi dengan kondisi muka air maksimum yang dibisa dari perhitungan menggunakan program Plaxis dengan nilai $-222,49 \text{ kN/m}^2$.

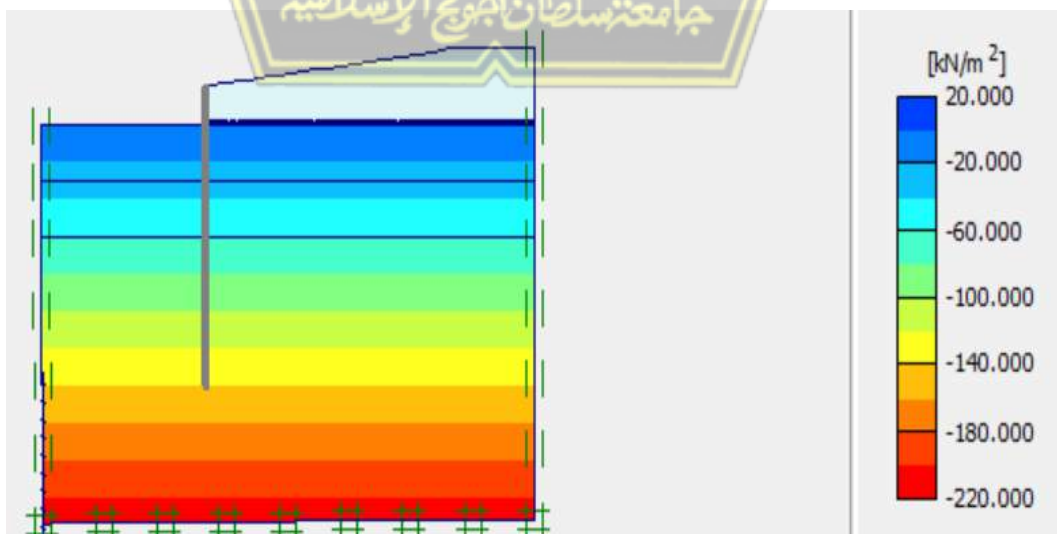
4.4.3. Tekanan Situasi Muka Air Minimum



Gambar 4.32. *Output* Tekanan Situasi Muka Air Minimum

Gambar tersebut adalah *output* tekanan dari kolam retensi dengan kondisi muka air minimum yang dibisa dari perhitungan menggunakan program Plaxis dengan nilai $-210,36 \text{ kN/m}^2$.

4.4.4. Tekanan Situasi Normal



Gambar 4.33. *Output* Tekanan Situasi Normal

Gambar tersebut adalah *output* tekanan dari kolam retensi dengan kondisi muka air surut cepat yang dibisa dari perhitungan menggunakan program Plaxis dengan nilai $-212,99 \text{ kN/m}^2$.

4.5. Tabel Hasil Hitung Rembesan, Nilai *Safety Factor*, dan Tekanan

Tabel 4.4. Rembesan Air

NO	KONDISI	DEBIT/JAM	DEBIT/HARI
1.	Muka Air Maksimum	$0,233613 \text{ m}^3$	$5,6067 \text{ m}^3$
2.	Muka Air Normal	$0,233605 \text{ m}^3$	$5,6065 \text{ m}^3$
3.	Muka Air Minimum	$0,233601 \text{ m}^3$	$5,6064 \text{ m}^3$

Tabel 4.5. Nilai *Safety Factor*

NO	KONDISI	SF
1.	Muka Air Maksimum	SF : 1,755
2.	Muka Air Normal	SF : 2,185
3.	Muka Air Minimum	SF : 2,259

Tabel 4.6. Tekanan Air

NO	KONDISI	TEKANAN
1.	Muka Air Maksimum	$-222,49 \text{ kN/m}^2$
2.	Muka Air Normal	$-212,99 \text{ kN.m}^2$
3.	Muka Air Minimum	$-210,36 \text{ kN/m}^2$

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil analisis berdasarkan bab IV pada proyek Kolam Retensi Terboyo dengan penggunaan hitungan manual hukum Darcy dan aplikasi program Plaxis V.8.6 diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis nilai debit rembesan yang didapat dari perhitungan manual pada muka air maksimum diperoleh nilai debit rembesan sebesar $5,6067 \text{ m}^3/\text{jam}$. Hasil ini diperoleh dengan kondisi muka air maksimum setinggi 3,5 m. Untuk muka air normal diperoleh nilai debit rembesan sebesar $5,6065 \text{ m}^3/\text{jam}$. Hasil ini diperoleh dengan kondisi muka air normal setinggi 2,15 m. Untuk muka air minimum diperoleh hasil nilai debit rembesan sebesar $5,6064 \text{ m}^3/\text{jam}$. Hasil ini diperoleh dengan kondisi air minimum setinggi 2,05 m. Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa nilai debit rembesan lebih kecil saat air berada pada tingkat muka air minimum dikarenakan air yang mengalir dari daerah bertekanan lebih tinggi ke daerah bertekanan lebih rendah sehingga muka air maksimum yang memiliki tekanan paling tinggi berpotensi memiliki rembesan yang paling besar.
2. Pada kondisi muka air maksimum didapatkan hasil perhitungan SF (*Safety Factor*) 1,755. Hasil ini didapat dengan kondisi muka air setinggi 3,5 m. Tinggi muka air berpengaruh dengan besarnya tekanan hidrostatik yang dapat menyebabkan terjadinya rembesan yang berada dibawah kolam retensi. Tekanan rembesan yang didapatkan dari permodelan Plaxis menghasilkan tekanan sebesar $-222,49 \text{ kN/m}^2$. Karena nilai standar minimal SF yang harusnya ada sebesar 1,5 maka pada kondisi muka air maksimum dapat disimpulkan bahwa relatif aman karena telah melebihi nilai standar SF minimal.

3. Pada kondisi muka air minimum didapatkan hasil perhitungan SF (*Safety Factor*) 2,259. Hasil ini didapat dengan kondisi muka air setinggi 2,05 m. Tinggi muka air berpengaruh dengan besarnya tekanan hidrostatik yang dapat menyebabkan terjadinya rembesan yang berada dibawah kolam retensi. Tekanan rembesan yang didapatkan dari permodelan *Plaxis* menghasilkan tekanan sebesar -210,36 kN/m². Karena nilai standar minimal SF yang harusnya ada sebesar 1,5 maka pada kondisi muka air maksimum dapat disimpulkan bahwa relatif aman karena telah melebihi nilai standar SF minimal.

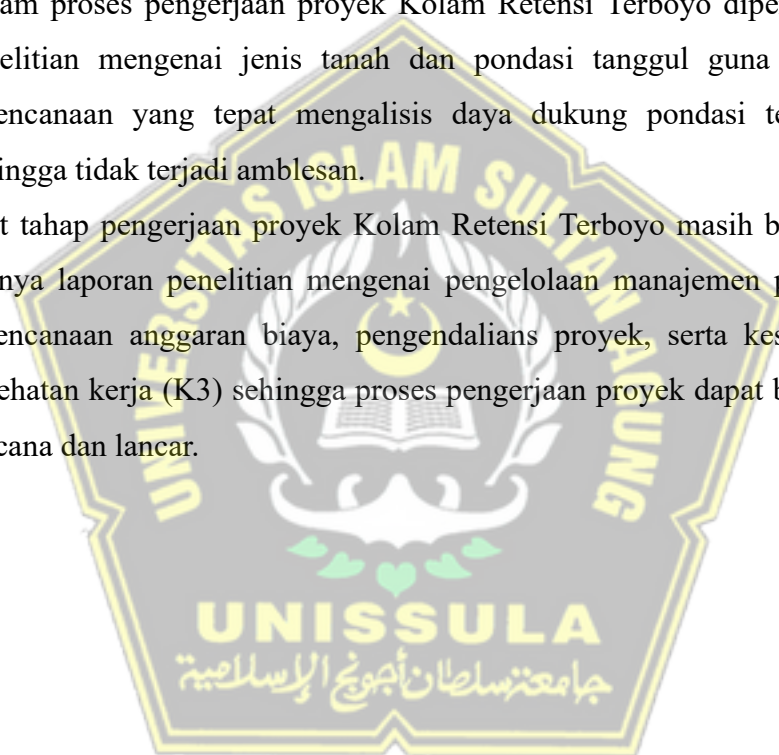
4. Ketika dalam kondisi muka air normal, diperoleh hasil perhitungan SF (*Safety Factor*) 2,185. Hasil ini didapat dengan kondisi muka air setinggi 2,15 m. Tinggi muka air berpengaruh dengan besarnya tekanan hidrostatik yang dapat menyebabkan terjadinya rembesan yang berada dibawah kolam retensi. Tekanan rembesan yang didapatkan dari permodelan *Plaxis* menghasilkan tekanan sebesar -212,99 kN/m². Karena nilai standar minimal SF yang harusnya ada sebesar 1,5 maka pada kondisi muka air maksimum dapat disimpulkan bahwa relatif aman karena telah melebihi nilai standar SF minimal.

Berdasarkan penjelasan diatas diperoleh kesimpulan bahwa muka air maksimum memiliki ketinggian muka air yang paling tinggi karena itu tekanan air juga semakin tinggi sehingga dapat berpengaruh pada besarnya rembesan air. Berbeda dengan hasil *safety factor* untuk menentukan faktor keamanan stabilitas tanggul pada muka air elevasi terendah atau minimum memiliki faktor keamanan paling tinggi. Hal tersebut dikarenakan semakin sedikit muka air yang ada akan mengurangi beban yang timbul pada kolam retensi sehingga nilai SF dapat meningkat. Maka dari itu tekanan air dari elevasi tertinggi berpotensi menyebabkan rembesan pada kolam retensi karena faktor keamanan lebih kecil daripada faktor keamanan pada elevasi terendah yang memiliki faktor keamanan yang lebih besar dan tekanan air yang lebih kecil.

5.2. Saran

Setelah mengerjakan tugas akhir yang kami lakukan. Dengan demikian, kami dapat membuat saran sebagai berikut :

1. Setelah dibangunnya Kolam Retensi Terboyo perlu adanya penelitian untuk mengetahui debit air banjir yang mampu dikendalikan saat terjadi banjir dan dibandingkan dengan hasil analisis perencanaan.
2. Setelah memperoleh data hasil lapangan dan hasil analisis perencanaan perlu adanya penelitian lebih lanjut berupa analisis curah hujan tahunan guna mengetahui jumlah debit air yang akan ditampung kolam retensi.
3. Dalam proses pengerjaan proyek Kolam Retensi Terboyo diperlukan adanya penelitian mengenai jenis tanah dan pondasi tanggul guna mencari cara perencanaan yang tepat menganalisis daya dukung pondasi terhadap tanah sehingga tidak terjadi amblesan.
4. Saat tahap pengerjaan proyek Kolam Retensi Terboyo masih berlanjut, perlu adanya laporan penelitian mengenai pengelolaan manajemen proyek berupa perencanaan anggaran biaya, pengendalian proyek, serta keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sehingga proses pengerjaan proyek dapat berjalan sesuai rencana dan lancar.



DAFTAR PUSTAKA

- Alhadi Pratama B. S., I. A. (2012). Studi Pengaruh Penambahan Bahan Additive TX-300 Terhadap Kuat Tekan Batu Bata Pasca Pembakaran. *JRSDD*, 382.
- B. S. Kusuma, G. A. (2019). *Analisa Stabilitas dan Rembesan Bendungan Jati Barang Menggunakan Program Plaxis 8.6*. Semarang: Fakultas Teknik Unissula.
- Budianto, A. (2020, 12 30). *Atasi Banjir, Pemkot Bandung Aktifkan Kolam Retensi Gedebage*. Retrieved from inewsJabar.id: Atasi Banjir, Pemkot Bandung Aktifkan Kolam Retensi Gedebage
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo. (2002). *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Jaya, S. A. (2022, 07 17). *ILMU TEKNIK*. Retrieved from Pengertian Konsolidasi Tanah dan Jenisnya: <https://ilmuteknik.id/pengertian-dan-jenis-konsolidasi-tanah/>
- K. Terzaghi, R. B. (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.
- Bjerrum. (1960). *Comparison of Shear Strength Characteristic of Normally Consolidated*. Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soils.
- Das, B. M. (1998). *Mekanika Tanah Jilid 2*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Gusti Ayu Esty, W. (2020). Monitoring Rembesan Air Pada Tanggul Penahan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Scanning Ground Penetrating Radar (GPR). *Jurnal Sangkareang Mataram* 6.4, 42-46.
- Herawaty, F. M. (2014). Analisa Pola Penyebaran Aliran Air Tanah Pada Model Tanggul . *Rona Teknik Pertanian* 7.2, 136-149.
- Husein, S. J. (2013). Kendali Stratigrafi dan Struktur Gravitasi Pada Rembesan Hidrokarbon Sijenggung. *Prosiding Seminar Nasional Kebumian Ke-6 Teknik Geologi*.
- John Wiley, S. (2000). *Soil Mechanics And Foundations*. Arizona: Department of Civil Engineering & Engineering Mechanics University of Arizona.

- Karl terzaghi, R. B. (1948). *Soil Mechanics In Engineering Practice*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Meyerhof, G. G. (1956). Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soil”Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. *ASCE*.
- Ronni Ibnu Sabil, D. W. (2002). Korelasi Antara Nilai N-SPT Dengan Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam Pada Tanah Lempung. *Jurnal Teknik*.
- Verhoef, P. N. (1994). Geologi Untuk Teknik Sipil. *Terjemahan oleh E. Diraatmadja*. Jakarta: Erlangga.
- Wesley, L. D. (1977). *mekanika Tanah, Cetakan IV*. Jakarta: Badan penerbit Pekerjaan Umum.
- Wikipedia. (2022, August 31). *Tanggul*. Retrieved from Wikipedia Bahasa Indonesia, Ensiklopedia Bebas: <https://id.wikipedia.org/wiki/Tanggul>
- Land, A. K. (2021, 05 14). *Apa Itu Kolam Retensi ? Bagaimana Mengatasi Banjir Dengan Kolam Retensi ?* Retrieved from Kreasi Prima Land: <https://kreasiprimaland.com/2021/05/14/apa-itu-kolam-retensi-bagaimana-mengatasi-banjir-dengan-kolam-retensi/>
- Research, A. S. (2019, 10 19). *Retarding Basin*. Retrieved from Binus University Faculty Of Engineering: <https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/retarding-basin/>
- Unissula, F. (2022). *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah proyek Toll Semarang-Demak paket 1C (Tes Konsolidasi)*. Semarang: Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.

