

MODEL BENDUNG BARRIER PLASTIK UNTUK PENANGANAN DARURAT BANJIR DAN PENGATUR ALIRAN

DISERTASI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Mencapai Gelar Doktor



**Asnun Parwanti
10201700001**

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, SEMARANG
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

**MODEL BENDUNG BARRIER PLASTIK
UNTUK PENANGANAN DARURAT BANJIR DAN PENGATUR ALIRAN**



Oleh :

**Asnun Parwanti
10201700001**

**Disetujui Untuk Diajukan Sidang dalam:
Sidang Ujian Terbuka / Senin, 29 Agustus 2022**

Promotor:

Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA.

Ko-Promotor:

Ir. Moh Faiqun Ni'am, MT, Ph.D.

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG, SEMARANG
2022**

LEMBAR PENGUJI
SIDANG UJIAN TERBUKA DISERTASI
HARI : Senin, 29 Agustus 2022

Penguji Internal :

Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D.

Promotor :

Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA

Ko-Promotor:

Ir. Moh. Faiqun Ni'am, M.T., Ph.D.

Penguji Eksternal :

Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T.

Penguji Internal :

Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.

Penguji Internal :

Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T.

Penguji Internal :

Dr. Henny Pratiwi Adi, S.T., M.T.

MOTTO

نُتُّ خُ خُ رَجَّتْ لِلَّهِ أُمُّ رُ عُرُّ نُهُ عَيْنُ
مُكِّي أُنَاسٍ وَنَ بَا وَفَم وَن وَ
مَّة

اَلَمْ وَنُ قَوْمٌ نُونُ اَلِكُ تَنْبُ لَكَ اَنْ
نُكِرِ بِاللَّهِ وَ لَوَا اهل
اَلَمْ وَنُ اَكَّ عِي هُم اَلُ فُسُقُ وَن
مِ نُونُ وَ
ن

“Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.” (Qs. Al – Imran : 110)

PERSEMBAHAN



Alhamdulillah, syukur kehadiran Allah SWT atas petunjuk dan penjagaan yang terus hamba rasakan hingga saat ini. Disertasi ini kupersembahkan untuk : Ayah A. Soeparnadi (alm) & Ibu Hj. Sri Kanidjah (almh.) dan mertua Bpk. H. Ghozali (alm) & Ibu Musriyatin (almh.).

Serta suami Drs. Machmud, Msi dan anakku tercinta :

1. drg. Alvina Mudyandari, Sp. Ort. dan menantu Ardi Martayuda SE.
2. Rizka Mudyanti, SE. MKP dan menantu Aditya Iswara ST. MSi
3. dr. Adma Febri Mudyandono dan menantu dr. Aulia Ashar
4. Serta cucuku tersayang :
 - a. M. Zafran Aidin
 - b. M. Zaidan Naufal
 - c. Ahlan Berwyn R.
 - d. Aisyah Inara Ristiara
 - e. Haidar Pasha Zuhair
5. Kepada saudara-saudaraku terima kasih atas do'a dan dukungannya selama ini.

ABSTRAK

MODEL BENDUNG BARRIER PLASTIK UNTUK PENANGANAN DARURAT BANJIR DAN PENGATUR ALIRAN

Asnun Parwanti,⁽¹⁾ Slamet Imam Wahyudi,⁽²⁾ M. Faiqun Niam⁽³⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil UNISSULA Semarang

⁽²⁾ Promotor Program Doktor Teknik Sipil UNISSULA Semarang

⁽³⁾ Ko-Promotor Program Doktor Teknik Sipil UNISSULA Semarang

asnunparwanti@gmail.com

Jl. Raya Kaligawe KM 4 Semarang 50112

Penanggulangan banjir rob maupun banjir akibat luapan sungai diperlukan bendung darurat yang tepat guna mengatasi banjir tersebut. Bahan bendung darurat multi guna berfungsi sebagai bendung untuk menaikkan elevasi muka air untuk irigasi, cofferdam, kistdam, krib pengatur arus dan pengatur aliran serta memperlambat kecepatan sedimentasi. Dari identifikasi tersebut maka MODEL BENDUNG BARRIER PLASTIK UNTUK PENANGANAN DARURAT BANJIR DAN PENGATUR ALIRAN sangat sesuai sebagai bendung darurat yang kuat, tidak mudah robek, tahan terhadap cuaca, dapat dipasang, dibongkar disimpan kembali, juga dapat dirangkai vertikal, horisontal sesuai kebutuhan. Untuk itu perlu adanya uji stabilitas bendung barrier plastik terhadap stabilitas guling dan geser dengan membuat model bendung dengan desain skalatis (miniatur) dan melakukan uji eksperimen di laboratorium hidrolika UNISSULA Semarang. Model bendung miniatur berbahan resin plastik PLA berbentuk bak terdiri dari 9 unit dilengkapi stik joint dan perletakan, dibuat 4 skenario yaitu model bendung bentuk L (isi pasir+air), L (isi Air) dan I (isi pasir+air), I (isi air). Pada uji eksperimen dimaksudkan untuk mengetahui stabilitas bendungnya. Dari data eksperimen dapat dialisa stabilitas model bendung dimensi protipe serta dikembangkan pada dimensi optimal ($b \times l \times h = 1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0,5\text{ m}$) dengan menggunakan aplikasi plaxis. Hasil uji 4 skenario dapat disimpulkan bahwa bentuk L (isi pasir+air) stabilitas bendung barrier plastik untuk dimensi optimal dinyatakan aman dengan SF guling 20,90 ; SF geser pada tumpuan pasangan batu 4,48 ; SF geser pada tumpuan kerikil 2,99 ; SF geser tumpuan pasir 2,39 ; SF geser tumpuan lempung 1,71 dan SF keruntuhan (plaxis) 3.8064.

Kata kunci : Bendung Plastik, Stabilitas, Eksperimen, Darurat

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Penelitian Disertasi pada tahapan UJIAN TERTUTUP dengan judul “MODEL BENDUNG BARRIER PLASTIK UNTUK PENANGANAN DARURAT BANJIR DAN PENGATUR ALIRAN “ dengan lancar.

Penelitian Disertasi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan dari kurikulum Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini kami ingin mempersembahkan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Gunarto, S.H., M.H. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. S. Imam Wahyudi, DEA selaku Promotor dan Kaprodi Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberi kami bimbingan, hingga terselesaikannya Penelitian ini.
4. Bapak Ir. Moh Faiqun Ni'am. MT.Ph.D. selaku Ko-Promotor yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberi kami bimbingan, hingga terselesaikannya Penelitian ini.
5. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso, MST, PhD. selaku Penguji Internal Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T. selaku Penguji Internal Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D. selaku Penguji Internal Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
8. Ibu Dr. Henny Pratiwi Adi, S.T., M.T. selaku Penguji Internal Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

9. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, MT., selaku Penguji Eksternal Program Doktor Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
 10. Bapak & Ibu dosen program doktor teknik sipil UNISSULA atas bimbingan selama kuliah.
 11. Seluruh teknisi yang telah membantu pada pelaksanaan eksperimen di laboratorium hidolika UNISSULA.
 12. Seluruh karyawan dan karyawan program doktor teknik sipil UNISSULA yang sigap dan sabar.
 13. Seluruh senior dan rekan – rekan program doktor teknik sipil UNISSULA yang saling mensupport.
 14. Bapak dan ibu pimpinan serta dosen dilingkup Universitas Darul ‘Ulum Jombang dalam do’a dan dukungannya.
 15. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik dalam bentuk tenaga maupun dukungan moril yang sangat kami perlukan dalam menyusun penelitian ini.
- Kami menyadari bahwa penyusunan Penelitian Disertasi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mohon saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak agar Penelitian Disertasi ini menjadi sempurna.

Wassalamua’laikum Wr. Wb.

Semarang, 13 Agustus 2022

ASNUN PARWANTI
NIM. 10201700001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGUJI.....	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Batasan Masalah	6
1.7 Originalitas dan Pembaharuan.....	6
1.8 Sistematika Penulisan	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
2.1 Tinjauan Umum.....	10
2.2 Bendung	12
2.2.1 Klasifikasi Bendung	13
2.2.2 Struktur Bendung	14
2.2.3 Bendung Berdasarkan Sifatnya	14
2.3 Macam Bahan Bendung Darurat yang Lazim	14
2.3.1 Kayu	14
2.3.2 Bambu.....	16
2.3.3 Sandbags.....	19

2.4 Bahan Bendung Darurat Barrier Plastik.....	21
2.5 Bangunan Bendung Darurat	27
2.5.1 Krib.....	27
2.5.2 Kistdam.....	31
2.5.3 Tanggul.....	32
2.6 Drainase	37
2.6.1 Analisa Debit Rencana Drainase.....	38
2.6.2 Kriteria Perencanaan Saluran Drainase	39
2.6.3 Kecepatan Saluran.....	39
2.7 Analisis Stabilitas Bendung	41
2.7.1 Gaya-gaya yang Bekerja pada Bendung	42
2.7.2 Analisis Gaya-gaya Vertikal.....	42
2.7.3 Analisis Gaya-gaya Horizontal.....	42
2.8 Stabilitas Bendung.....	44
2.9 Alat Pengukur Debit	47
2.10 Software Plaxis	48
2.11 Penelitian Terdahulu	50
BAB III METODE PENELITIAN	71
3.1 Uraian Singkat Cara Penelitian	71
3.2 Persiapan Penelitian.....	71
3.3 Variabel Penelitian.....	77
3.4 Metode Analisis Data.....	77
3.5 Bahan dan Peralatan Penelitian	77
3.6 Data Sekunder	80
3.7 Instrumen Penelitian	81
3.8 Analisa Keamanan Bendung	81
3.9 Tahap Persiapan dan Skala Model.....	81
3.10 Tahapan Penelitian.....	82
BAB IV PENYAJIAN DATA EKSPERIMEN.....	84
4.1 Umum	84
4.2 Data Pengamatan	91
4.3 Hasil Uji Elevasi Air Hulu dan Hilir	93

4.4 Skema Gaya dan Stabilitas Miniatur	96
4.5 Analisa Stabilitas (Miniatur)	97
4.5.1 Skema Gaya Prototipe Bentuk L	97
4.5.2 Skema Gaya Prototipe Bentuk I.....	103
4.5.3 Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Dimensi Miniatur	109
BAB V HASIL ANALISIS LANJUTAN DAN PEMBAHARUAN	111
5.1 Analisa Stabilitas Dimensi Prototipe	111
5.1.1 Skema Gaya Dimensi Prototipe Bentuk L	112
5.1.2 Skema Gaya Dimensi Prototipe Bentuk I.....	118
5.1.3 Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Dimensi Prototipe	124
5.2 Analisa Stabilitas Dimensi Optimal.....	125
5.2.1 Skema Gaya Dimensi Optimal Bentuk L	128
5.2.2 Skema Gaya Dimensi Optimal Bentuk I	134
5.3 Perhitungan Stabilitas Bendung Barrier Plastik Menggunakan Software Plaxis 2D V.6.....	140
5.3.1 Skenario 1 (L isi pasir+air)	140
5.3.2 Skenario 2 (L isi air)	144
5.3.3 Skenario 3 (I isi pasir+air)	149
5.3.4 Skenario 4 (I isi air)	153
BAB VI KESIMPULAN, IMPLEMENTASI DAN REKOMENDASI	158
6.1 Kesimpulan	158
6.2 Implementasi dan Rekomendasi	159
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	xviii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Karung Pasir	3
Gambar 1.2 Trucuk Bambu	3
Gambar 1.3 Bendung Kayu	3
Gambar 2.1 Struktur Kayu	15
Gambar 2.2 Bambu	17

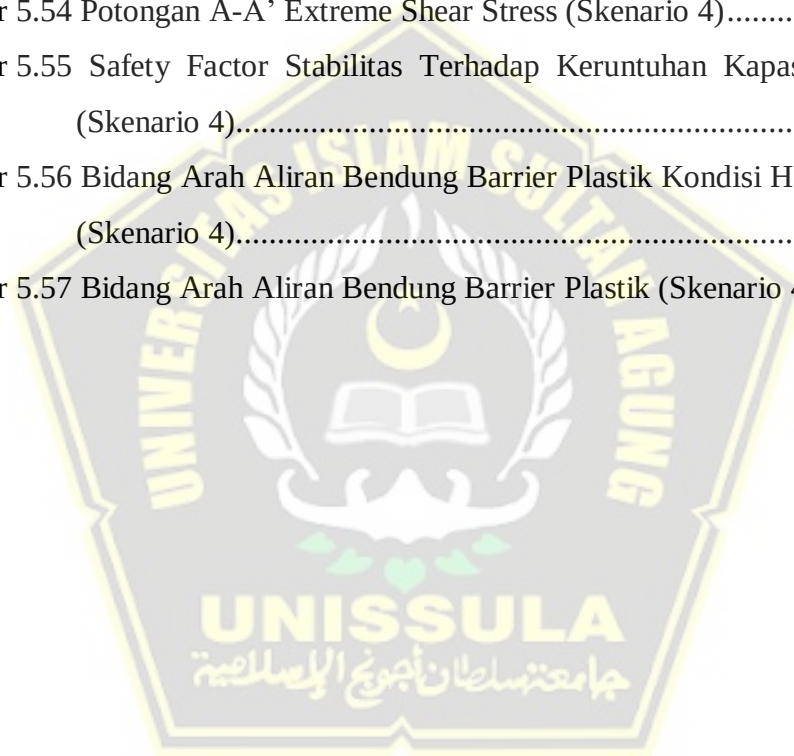
Gambar 2.3 Sandbags	20
Gambar 2.4 Sketsa Krib Sebagai Pengarah Arus	29
Gambar 2.5 Sketsa Krib Sebagai Perbaikan Alinyemen Sungai	30
Gambar 2.6 Sketsa Krib untuk Memperdalam Alur	30
Gambar 2.7 Krib	30
Gambar 2.8 KistDam	31
Gambar 2.9 Saluran Drainase.....	39
Gambar 2.10 Sketsa Gaya Hidrostatik pada Bendung	43
Gambar 3.1 Skema Sirkuit Kanal Tertutup.....	71
Gambar 3.2 Model Bendung	72
Gambar 3.3 Detail Bendung Tampak Depan dan Tampak Samping.....	72
Gambar 3.4 Detail Bendung Tampak Atas (Dengan Tutup) dan (Tanpa Tutup) ..	73
Gambar 3.5 Detail Bendung Potongan A dan Potongan B	73
Gambar 3.6 Detail Sambungan Bendung.....	73
Gambar 3.7 Model Pemasangan.....	74
Gambar 3.8 Sensor Water Level.....	74
Gambar 3.9 Milimeter.....	75
Gambar 3.10 Desain Gambar Miniature 3D.....	75
Gambar 3.11 Model Miniatur Bendung Barrier Plastik.....	76
Gambar 3.12 Perletakkan Model Miniatur Bendung Barrier Plastik.....	76
Gambar 3.13 Pemasangan Stick	76
Gambar 3.14 Pemasangan Miniatur Bendung Barrier Plastik.....	77
Gambar 3.15 Tandon	78
Gambar 3.16 Pompa Pengisian Air.....	78
Gambar 3.17 Kanal Sirkuit Tertutup	79
Gambar 3.18 Pintu Pengatur.....	80
Gambar 3.19 Alur Penelitian.....	83
Gambar 4.1 Sirkuit Kanal Tertutup Dilengkapi Kerangka Bak Kaca.....	85
Gambar 4.2 Rangkaian Model Bendung Barrier Bentuk L (9 Unit).....	86
Gambar 4.3 Percobaan Penataan Bendung Pada Sirkuit Kanal Tertutup	86
Gambar 4.4 Pengarahan Promotor dan Co Promotor	86
Gambar 4.5 Pengisian Tubuh Bendung Skenario 1.....	87

Gambar 4.6 Skenario 1 Siap Diuji.....	87
Gambar 4.7 Air Setinggi Bendung Pada Skenario 1.....	87
Gambar 4.8 Pengisian Tubuh Bendung Skenario 2.....	88
Gambar 4.9 Skenario 2 Siap Diuji.....	88
Gambar 4.10 Ketinggian Air Pada Skenario 2.....	88
Gambar 4.11 Tubuh Bendung Skenario 2 Terbawa Arus	88
Gambar 4.12 Pengisian Tubuh Bendung Skenario 3.....	89
Gambar 4.13 Skenario 3 Siap Diuji.....	89
Gambar 4.14 Tubuh Bendung Skenario 3 Mengalami Kemiringan	89
Gambar 4.15 Tubuh Bendung Skenario 3 Roboh.....	89
Gambar 4.16 Pengisian Tubuh Bendung Skenario 4.....	90
Gambar 4.17 Skenario 4 Siap Diuji	90
Gambar 4.18 Ketinggian Air Pada Skenario 4.....	90
Gambar 4.19 Tubuh Bendung Skenario 4 Roboh	90
Gambar 4.20 Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 1)	93
Gambar 4.21 Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 2)	94
Gambar 4.22 Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 3)	94
Gambar 4.23 Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 4)	95
Gambar 4.24 Skema Gaya pada Tubuh Bendung (Bentuk L).....	96
Gambar 4.25 Skema Gaya pada Tubuh Bendung (Bentuk I).....	96
Gambar 4.26 Skema Gaya Skenario 1 Bentuk L Dimensi Miniatur	98
Gambar 4.27 Grafik Stabilitas Guling & Geser Skenario 1 Dimensi Miniatur....	99
Gambar 4.28 Grafik Stabilitas Guling & Geser Skenario 2 Dimensi Miniatur...	101
Gambar 4.29 Grafik Stabilitas Guling Dimensi Miniatur Bentuk L.....	102
Gambar 4.30 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk L Tumpuan Pasir	102
Gambar 4.31 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk L Tumpuan Lempung	103
Gambar 4.32 Skema Gaya Skenario Bentuk I Dimensi Miniatur	103
Gambar 4.33 Grafik Stabilitas Guling & Geser Skenario 3 Dimensi Miniatur..	105
Gambar 4.34 Grafik Stabilitas Guling & Geser Skenario 4 Dimensi Miniatur...	107
Gambar 4.35 Grafik Stabilitas Guling Dimensi Miniatur Bentuk I.....	107

Gambar 4.36 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk I Tumpuan Pasir	118
Gambar 4.37 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk I Tumpuan Lempung	109
Gambar 5.1 Skema Gaya pada Tubuh Bendung (Bentuk L).....	111
Gambar 5.2 Skema Gaya pada Tubuh Bendung (Bentuk I).....	111
Gambar 5.3 Skema Gaya Skenario Bentuk L Dimensi Prototipe.....	112
Gambar 5.4 Grafik Stabilitas Guling &Geser Skenario 1 Dimensi Prototipe	114
Gambar 5.5 Grafik Stabilitas Guling & Geser Skenario 2 Dimensi Prototipe	116
Gambar 5.6 Grafik Stabilitas Guling Dimensi Prototipe Bentuk L	116
Gambar 5.7 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Prototipe Bentuk L Tumpuan Pasir	117
Gambar 5.8 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Prototipe Bentuk L Tumpuan Lempung	118
Gambar 5.9 Skema Gaya Skenario Bentuk I Dimensi Prototipe.....	118
Gambar 5.10 Grafik Stabilitas Guling & Geser Skenario 3 Dimensi Prototipe ..	120
Gambar 5.11 Grafik Stabilitas Guling &Geser Skenario 4 Dimensi Prototipe ...	122
Gambar 5.12 Grafik Stabilitas Guling Dimensi Prototipe Bentuk I	122
Gambar 5.13 Grafik Stabilitas Geser Dimensi protiotipe Bentuk I Tumpuan Pasir	123
Gambar 5.14Grafik Stabilitas Geser Dimensi Prototipe Bentuk I Tumpuan Lempung	124
Gambar 5.15 Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk L).....	125
Gambar 5.16 Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk I).....	126
Gambar 5.17 Detail Bendung Barrier Plastik Dimensi Optimal	126
Gambar 5.18 Detail Sambungan Dimensi Optimal	127
Gambar 5.19 Model 3D Bendung Barrier Plastik Dimensi Optimal	127
Gambar 5.20 Visual Pemasangan Bendung Barrier Plastik Dimensi Optimal....	127
Gambar 5.21 Bendung Barrier Plastik Untuk Bendung Sungai	128
Gambar 5.22 Skema Gaya Dimensi Optimal Bentuk L.....	128
Gambar 5.23 Grafik Stabilitas Guling & Stabilitas Geser Skenario 1 Dimensi Optimal	130

Gambar 5.24 Grafik Stabilitas Guling & Stabilitas Geser Skenario 2 Dimensi Optimal	132
Gambar 5.25 Grafik Stabilitas Guling Dimensi Optimal Bentuk L.....	132
Gambra 5.26Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk L Tumpuan Pasir	133
Gambar 5.27Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk L Tumpuan Lempung	134
Gambar 5.28 Skema Gaya Bentuk I Dimensi Optimal	134
Gambar 5.29 Grafik Stabilitas Guling & Stabilitas Geser Skenario 2 Dimensi Optimal	136
Gambar 5.30 Grafik Stabilitas Guling & Stabilitas Geser Skenario 4 Dimensi Optimal	138
Gambar 5.31 Grafik Stabilitas Guling Dimensi Optimal Bentuk I.....	138
Gambar 5.32 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk I Tumpuan Pasir	139
Gambar 5.33 Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk I Tumpuan Lempung	140
Gambar 5.34 Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 1).....	141
Gambar 5.35 Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 1).....	141
Gambar 5.36 Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 1).....	142
Gambar 5.37 Safety Factor Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas (Skenario 1).....	143
Gambar 5.38 Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL (Skenario 1).....	144
Gambar 5.39 Bidang Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 1)	144
Gambar 5.40 Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 2).....	145
Gambar 5.41 Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 2).....	145
Gambar 5.42 Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 2).....	146
Gambar 5.43 Safety Factor Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas (Skenario 2).....	147
Gambar 5.44 Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL (Skenario 2).....	148

Gambar 5.45 Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 2).....	148
Gambar 5.46 Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 3).....	149
Gambar 5.47 Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 3).....	149
Gambar 5.48 Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 3).....	150
Gambar 5.49 Safety Factor Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas (Skenario 3).....	151
Gambar 5.50 Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL (Skenario 3).....	152
Gambar 5.51 Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 3).....	152
Gambar 5.52 Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 4).....	153
Gambar 5.53 Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 4).....	153
Gambar 5.54 Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 4).....	154
Gambar 5.55 Safety Factor Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas (Skenario 4).....	155
Gambar 5.56 Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL (Skenario 4).....	156
Gambar 5.57 Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 4).....	156



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Sungai Berdasarkan pada Lebar Sungai.....	11
Tabel 2.2 Perbandingan Specific Gravity dari Berbagai Material Plastik	23
Tabel 2.3 Temperature Leleh Proses Termoplastik	23
Tabel 2.4 Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI	26
Tabel 2.5 Daftar Nilai Tinggi Jagaan Untuk Beberapa Debit Banjir Rencana.....	33
Tabel 2.6 Koefisien Pengaliran	38
Tabel 2.7 Koefisien Retensi	38
Tabel 2.8 Koefisien Kekasaran Bazin.....	40
Tabel 2.9 Koefisien Kekasaran Manning	40
Tabel 2.10 Nilai n , e , w , α_d , dan α_b Untuk Tanah Asli Lapangan	45
Tabel 2.11 Harga-harga Perkiraan Untuk Koefisien Gesekan	45
Tabel 2.12 Faktor Keamanan SF yang Lazim Digunakan	45
Tabel 2.13 Penelitian Terdahulu	51
Tabel 3.1 Tahap Penelitian.....	82
Tabel 4.1 Pengamatan Uji Laboratorium	91
Tabel 4.2 Nilai Kekasaran Dinding	97
Tabel 4.3 Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Geser Dimensi Miniatur	109
Tabel 5.1 Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Geser Dimensi Prototipe	124
Tabel 5.2 Hasil Total Normal Stress (Skenario 1)	142
Tabel 5.3 Hasil Shear Stresses (Skenario 1).....	143
Tabel 5.4 Hasil Total Normal Stress (Skenario 2)	146
Tabel 5.5 Hasil Shear Stresses (Skenario 2).....	149
Tabel 5.6 Hasil Total Normal Stress (Skenario 3)	150
Tabel 5.7 Hasil Shear Stresses (Skenario 3).....	151
Tabel 5.8 Hasil Total Normal Stress (Skenario 4)	153
Tabel 5.9 Hasil Shear Stresses (Skenario 4).....	155
Tabel 5.10 Rangkuman (SF) Dimensi Optimal	157

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Tabel Stabilitas Guling dan Geser Dimensi Miniatur	xxii
Lampiran 2 : Tabel Stabilitas Guling dan Geser Dimensi Prototipe	xxv
Lampiran 3 : Tabel Stabilitas Guling dan Geser Dimensi Optimal.....	xxvii
Lampiran 4 : Macam Model dan Bentuk Bendung Barrier Plastik	xxix
Lampiran 5 : Grafik dan Tabel Water Level Menggunakan Current Meter	xxx



DAFTAR SIMBOL

G	= Gaya akibat berat sendiri bendung (m^2)
V	= Volume (m^3)
γ_b	= Berat jenis bahan (t/m^3)
P_s	= Gaya akibat tekanan lumpur
θ	= Sudut geser dalam ($^\circ$)
T_s	= Berat jenis lumpur
h	= Kedalaman (m)
H	= Gaya tekanan Hidrostatik (ton)
w	= Berat jenis air $1000 \text{ kg } m^{-3}$ atau $1 t/m^3$
h_1	= Kedalaman air di hulu (m)
h_2	= Kedalaman air di hilir (m)
P_a	= Tekanan tanah aktif (t/m^2)
P_p	= Tekanan tanah pasif (t/m^2)
g	= Gaya gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/dt}$)
γ_{sub}	= Berat jenis submerged (t/m^3)
γ_{sat}	= Berat jenis salurated (t/m^3)
G_s	= Spesifik gravity
e	= Void ratio
S_{fs}	= Faktor keamanan terhadap geser
S_{fr}	= Faktor kewanan terhadap guling
M_T	= Momen gaya penahan terhadap ujung hilir pondasi
M_R	= Momen gaya penggulingan terhadap ujung hilir pondasi
F_s	= Gaya-gaya penggeser
F_T	= Gaya-gaya penahan

Rv	= Gaya vertikal (ton)
Rh	= Gaya horizontal (ton)
F	= Frication/gaya gesek
C	= Kohesi (t/m^3)
Df	= Kedalaman pondasi (m)
B	= Panjang tubuh bendung (m)
	= Tegangan yang timbul (t/m^2)
	= Tegangan yang diijinkan (t/m^2)
n	= Koefisien manning
R	= Jari-jari hidrolis (m)
A	= Profil basah saluran (m^2)
P	= Keliling basah (m)
I	= Kemiringan dasar saluran
V	= Kecepatan aliran (m/dt)
C	= Koefisien pengaliran
R	= Jari-jari hidrolis (m)
Gb	= Koefisien kekasaran dinding
n	= Koefisien manning
Q	= Debit aliran
i	= Intensitas hujan
Cs	= Koefisien retensi
PE	= Plastik Polythylene
PVC	= Plastik Polyvinyl Chlorida
PS	= Plastik Polystyrene
PP	= Plastik Polypropylene
PMMA	= Polymethyl Methaerylate
PR	= Resin Poliester

PF = Resin Fenolik

SI = Resin Silikon Organik

PET = Polyethylene Terephalate

HDPE = High Density Polythylene

LDPE = Low Density Polythylene



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air secara umum memiliki manfaat bagi makhluk hidup tetapi apabila berlebihan dapat menimbulkan bencana. Indonesia banyak terdapat sumber daya air yaitu air tanah, sungai dan laut. Air laut yang mengalami pasang surut di akibatkan oleh gravitasi bulan dan matahari, yaitu suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut sedangkan gelombang pasang adalah peristiwa yang menyebabkan banjir rob apabila terjadi bersamaan dengan hujan dalam jangka waktu yang lama serta peningkatan volume air dari hulu sehingga tanah menjadi jenuh air. Banjir rob sangat mungkin terjadi akibat kondisi alam yang mendukung intensitas level air mengalami peningkatan, penyempitan bantaran sungai, drainase tidak terawat dan penurunan muka tanah. Peningkatan muka air laut terhadap daratan pantai terjadi di kawasan pantai utara Jawa Tengah. Pada waktu permukaan air laut mengalami pasang akan menyebabkan terjadinya bencana banjir di wilayah daratan, banjir genangan ini biasa disebut dengan rob. Kerugian yang diakibatkan dari adanya banjir / genangan rob semakin serius dan meningkat dari waktu ke waktu, sehingga mengakibatkan kemacetan, kerusakan infrastruktur, lingkungan, banyak lahan yang tidak bisa lagi digunakan dan gangguan aktivitas ekonomi berskala nasional (Wahyudi S.I, 2007). Banjir rob bisa berdampak terganggunya transportasi di sekitar pelabuhan dan pesisir, kerusakan infrastruktur, terganggunya aktivitas petani garam serta terendam pemukiman warga. Untuk itu diperlukan pengendalian dan penanganan air yang signifikan dan pemerintah maupun masyarakat haruslah bekerja sama untuk mengatasinya (Handoyo, 2016).

Air sungai merupakan sumber air yang menampung dan mengalirkan air serta material bahan yang dibawanya dari bagian hulu. Aliran sungai mengalir dari daerah tinggi ke daerah yang lebih rendah dan pada akhirnya akan bermuara ke laut. Daerah aliran sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk

secara alamiah dimana, semua air hujan yang jatuh kedaerah ini akan mengalir melalui sungai dan anak sungai, sehingga merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air hujan dan sumber-sumber air lainnya (Hartini, 2017).

Berdasarkan bentuknya pengikisan lapisan bumi itu tergantung dari besarnya hujan, frekuensi hujan, terbentuknya morfologi pengalirannya (Ganda R, 1981). Frekuensi hujan sangat dipengaruhi oleh iklim. Di Indonesia perbedaan iklim dalam setahun mempunyai 2 musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau maka keadaan air di sungai tidaklah tetap. Hujan yang besar dan cukup lama mengakibatkan banjir.

Secara umum untuk mendapatkan air irigasi masih sangat mengandalkan air sungai. Pada sungai maupun saluran irigasi yang kurang terawat akan terjadi pendangkalan maka jika musim penghujan tiba sungai maupun saluran irigasi sering kali terjadi luapan air yang bisa berakibat jebolnya beberapa bagian tanggul. Untuk mengatasinya maka sungai diperlukan tanggul darurat yang tepat dan cepat agar bisa mengurangi dan mengatasi gerusan tanah akibat luapan air. Sebaliknya pada musim kemarau rata-rata tinggi muka air sungai maupun saluran irigasi mengalami penurunan hingga sulit untuk memberikan kontribusi irigasi yang dibutuhkan oleh petani guna mengairi lahan sawah. Untuk itu sangat diperlukan sebuah bendung guna menaikkan elevasi tinggi muka air. Bendung yang tepat adalah bendung darurat yang sewaktu-waktu bisa dilepas dan bisa dipasang kembali. Bendung darurat biasanya dibangun pada daerah hilir sungai atau muara.

Saat ini Bendung darurat, tanggul darurat, kist dam, krib dapat dibuat dari material/ bahan seadanya yang ada disekeliling lingkungan, antara lain : karung pasir (sandbag) pada gambar 1.1 , kayu pada gambar 1.2 , dan bambu pada gambar 1.3 . Adapun bahan kayu & bambu ditahun mendatang sulit didapatkan karena berkurangnya lahan akibat kepadatan penduduk, sedangkan sandbag biasanya mudah robek karena tekanan air dan pengaruh cuaca.

- a. Karung Pasir (sand bag) yaitu pasir dimasukkan ke dalam karung.



Gambar 1.1: Karung Pasir

- b. Trujuk bambu bahan yang lebih sederhana yang hanya di tancapkan atau bisa dianyam dulu baru dipakai.



Gambar 1.2: Trujuk Bambu

- c. Kayu yang di tancapkan ketanah dan di pasang rapat secara vertical dapat berfungsi sebagai bendung.



Gambar 1.3: Bendung Kayu

Berdasarkan kasus seperti gambar diatas maka penanggulangan luapan banjir perlu dilakukan dengan cepat dan tepat yaitu dengan bendung yang kuat tahan air dan tahan cuaca untuk menangani banjir dalam keadaan darurat.

Perencanaan penanggulangan bencana dilakukan melalui penyusunan data tentang resiko bencana pada suatu wilayah dalam waktu tertentu berdasarkan dokumen resmi yang berisi program kegiatan penanggulangan bencana (Latihan Pengendalian Banjir, 2017). Kegiatan pengurangan resiko meliputi:

- a. Pengenalan dan pemantauan resiko bencana.
- b. Perencanaan partisipatif penanggulangan bencana.
- c. Pengembangan budaya dasar bencana.
- d. Peningkatan komitmen terhadap pelaku penanggulangan bencana.
- e. Penerapan upaya fisik non fisik dan pengaturan penanggulangan bencana.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas ada beberapa masalah yang bisa diidentifikasi antara lain:

- a. Dengan banyaknya kasus banjir rob, banjir akibat meluapnya air sungai yang memerlukan penanganan secara tepat, cepat dan ekonomis maka diperlukan sebuah tanggul atau bendung yang efisien.
- b. Untuk menghambat laju air rob dan menghambat luapan banjir sungai dibutuhkan bahan bendung yang siap untuk dipasang, dibongkar dan disimpan kembali.
- c. Untuk keperluan suatu proyek-proyek perbaikan tanggul, tentunya membutuhkan suatu bahan bendung kistdam yang tepat guna.
- d. Umumnya bahan material untuk konstruksi bendung pengatur aliran sungai masih banyak digunakan adalah dengan material: bambu, kayu, karung pasir (*Sand Bag*), *geobag*, *goetube*, yang makin lama sudah mulai sulit didapatkan dan setelah digunakan tidak dapat di pakai kembali.
- e. Bendung darurat dapat difungsikan sebagai krib pengatur aliran.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan latar belakang di atas maka perumusan masalah yang akan di teliti adalah:

- a. Bagaimana model skalatis miniatur bendung barrier plastik dan variasi yang tepat sesuai dengan fungsi bendung darurat?
- b. Bagaimana efektifitas kerja bendung barrier plastik yang sesuai dengan aspek hidrolis dan modifikasi tubuh bendung barrier plastik (prototipe) pada lokasi terpasang dengan mensimulasikan 4 model bendung pada sirkuit kanal tertutup di laboratorium hidrolis UNISSULA?
- c. Bagaimanakah stabilitas model bendung barrier plastik pada pengembangan dimensi optimal dengan cara analitis ?
- d. Bagaimana stabilitas model bendung barrier plastik pada dimensi optimal dengan menggunakan software plaxis?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

- a. Untuk membuat model skalatis miniatur bendung barrier plastik yang sesuai dengan inovasi ukuran (dimensi), kekuatan pada sambungan.
- b. Untuk mengetahui dan merealisasikan bendung barrier plastik dengan uji eksperimen di laboratorium yang sesuai dan menganalisa stabilitas bendung dengan kontrol guling dan kontrol geser dengan 4 skenario.
- c. Untuk mengetahui analisis perletakan stabilitas dan modifikasi tubuh bendung barrier plastik dengan menganalisa dimensi yang optimal.
- d. Untuk mengevaluasi stabilitas terhadap model bendung barrier plastik pada dimensi yang optimal menggunakan software plaxis.

1.5 Manfaat Penelitian

Model bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran diharapkan:

- a. Mampu menghambat laju air rob dan luapan air sungai yang siap dipasang, dibongkar dan disimpan kembali.
- b. Dapat berfungsi sebagai tanggul darurat yang tahan terhadap air dan cuaca.
- c. Dapat berfungsi sebagai kistdam dalam perbaikan tanggul pada pelaksanaan proyek.

- d. Dapat berfungsi sebagai bendung pengatur arus guna menaikkan elevasi tinggi muka air pada musim kemarau untuk irigasi.
- e. Dapat difungsikan sebagai krib.

1.6 Batasan Masalah

Beberapa hal yang diperlukan untuk pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Penelitian bendung barrier plastik dilakukan uji laboratorium dengan mensimulasikan 4 model di sirkuit kanal tertutup Laboratorium UNISSULA.
- b. Penelitian bendung barrier plastik hanya di rancang pada bangunan pengatur arus pada sungai kecil/kali bukan untuk kasus banjir bandang.
- c. Penelitian bendung barrier plastik di desain untuk membendung aliran air serta menghambat air rob, diharapkan dapat difungsikan untuk krib, kist dam dan untuk tanggul darurat.
- d. Pada penelitian model bendung barrier plastik difokuskan pada beban sendiri isi bendung dan tidak menghitung berat plastik.

1.7 Originalitas dan Pembaharuan

Bendung barrier plastik multiguna direncanakan sebagai alternatif konstruksi bendung berisi pasir + air dan dapat difungsikan, kist dam, tanggul darurat, dan krib pada bangunan pengatur air serta pengendali banjir darurat yang efisien dan efektif bisa dirangkai horizontal serta vertikal yang tinggi lebarnya mengikuti kebutuhan. Pada penelitian yang sudah dilakukan terdahulu oleh beberapa peneliti terdahulu:

- a. Ahmed M. A. Sattar, Hossein Bonakdari, Barham Gharabaghi dan Artur Radecki-Pawlik (2019) dalam jurnal *Hydraulic Modeling And Evaluation Equations For The Incipient Motion Of Sandbags For Levee Breach Closure Operation* Tujuan dari studi ini adalah untuk melakukan pemodelan laboratorium untuk evaluasi persamaan empiris kecepatan kritis dari gerakan karung pasir yang baru jadi untuk penutupan tanggul. Ini terutama penting di daerah perkotaan: Di tempat-tempat seperti itu, proses fluida

yang tidak terduga, yang dengannya kita menggunakan metode rekayasa sungai, menghancurkan sistem perkotaan yang sulit dibangun kembali.

- b. Dominic Reeve dan Atef Badr (2003) dalam jurnal ***Performance Of Sandbags For Domestic Flood Defence*** tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menilai kinerja karung pasir sebagai penahan banjir domestic, yang menarik adalah ketergantungan tingkat pembuangan pada permukaan air dan ketebalan penghalang karung pasir, karena ini mengontrol waktu yang dibutuhkan untuk air banjir naik ke dalam gedung dan karenanya waktu yang tersedia bagi pemilik rumah untuk meminimalkan bahaya terhadap harta benda dan akhirnya diri mereka sendiri.
- c. Christopher Massolle, Lena Lankenau, Bärbel Koppe, (2018) dalam jurnal ***Pengendalian Banjir Darurat: Seri Tes Berorientasi Praktek untuk Penggunaan Sistem Penggantian Karung Pasir*** dengan hasil bertujuan untuk mempertahankan banjir operasional, itu adalah praktik umum untuk menggunakan sistem karung pasir. Namun, pemasangannya memakan waktu serta bahan dan tenaga. Sistem penggantian karung pasir (SBRS) dapat dipasang dalam waktu yang jauh lebih singkat dan lebih mudah. Namun, karena kurangnya kepercayaan pada fungsi mereka, mereka hanya digunakan sampai batas tertentu.

Pembaharuan bendung darurat dengan bahan menggunakan Barrier Plastik didesain agar :

- a. Mudah dibongkar pasang dan dipasang kembali.
- b. Bisa disimpan dan bisa digunakan lagi ketika dibutuhkan.
- c. Relative lebih tahan panas dan tahan air.
- d. Lebih efisien dan praktis.
- e. Bak barrier plastik dapat disusun horizontal dan vertikal (di Belanda hanya dapat disusun horizontal).

Kesimpulan:

Pada penelitian ini ditawarkan bedung Barrier Plastik direncanakan material yang kedap air dan bertahan cukup lama dari suhu dan cuaca hal ini perlu diperhitungkan dalam upaya menciptakan bendung sementara yang lebih efisien dan bertahan lama dari kerusakan karena faktor suhu dan cuaca serta dapat

dimanfaatkan secara berulang-ulang sehingga biaya akan lebih ekonomis. Bendung barrier plastik selain dipersiapkan untuk bendung sementara dan diharapkan dapat berfungsi untuk krib, ground sill, kist dam dan tanggul sementara pada sungai.

1.8 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini yang dibahas pada setiap bab disertai adalah sebagai berikut:

BAB I: Merupakan bagian Pendahuluan dari Penelitian tentang Model bendung barrier plastik Sebagai Bendung Sementara, yang berisikan tentang Latar Belakang Masalah, Identifikasi Masalah, Perumusan Masalah, Maksud dan Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Pembatasan Masalah dan Originalitas dan Pembaruan.

BAB II: Merupakan bagian Kajian Pustaka, yang berisikan Uraian tentang Bendung, Teori Tentang Tanggul, Gaya Hidrostatik dan menguraikan tentang bendung, bendung dibagi menjadi 2, Bendung Tetap dan Bendung Sementara dan untuk Bendung Sementara contohnya Karung Pasir (Sand Bag), Terucuk Bambu, Bendung dan kayu. Uraian tentang variable penelitian tentang Model Bendung Barrier Plastik Sebagai Bendung Sementara, Bendung Barrier Plastik bisa dapat difungsikan sebagai untuk krib dan kist dam pada sungai kecil. Stabilitas guling dan stabilitas geser.

BAB III: Merupakan bagian pembahasan Metode Penelitian, yang berisikan Uraian singkat cara penelitian, Pra-Design Model Bangunan Pengatur Air, Identitas Bahan, Prototipe, Analisa Stabilitas, Pengujian Kestabilan Bendung Darurat Barrier Plastik, Data Penelitian, Instrumen penelitian, Metode analitis, dan Bagan Alir Penelitian.

BAB IV: Merupakan bagian Analisa Data dan Hasil Analisis berdasarkan uji laboratorium yang berisikan uraian tentang Analisa Data (Perhitungan Analitis, perhitungan numeric, dan model fisik data analog). Hasil analisis akan mencakup kegiatan pengujian hipotesis dan penyajian data dalam bentuk angka, table dan grafik.

BAB V: Merupakan bagian Pembahasan Hasil Penelitian, yang berisikan tentang Interpretasi hasil penelitian dan pengembangan optimalisasi dimensi Bendung Barrier Plastik serta analisis software.

BAB VI: Merupakan bagian Kesimpulan, Implementasi dan Rekomendasi, yang berisikan tentang Kesimpulan, Implikasi hasil penelitian, dan saran-saran atau rekomendasi.

Bagian akhir disertasi akan disertakan daftar pustaka, lampiran data dan lampiran hasil analisis.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pengendalian banjir pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun yang terpenting adalah mempertimbangkan secara keseluruhan dan dicari system yang paling optimal. Secara teknis penanganan pengendalian banjir dapat dibedakan menjadi 2 yaitu: Pengendali banjir dengan metode struktur dan pengendali banjir dengan metode non struktur (Modul Metode Pengendalian Banjir, 2017). Pengendalian banjir :

a. Metode struktur:

1. Bangunan pengendali banjir, misal:

- Bendungan (dam)/waduk.
- Kolam retensi/penampungan.
- Pembuatan check dam (penangkap sedimen)
- Bangunan pengurang kemiringan sungai:
 - Groundsill.
 - Drop Structure.
- Retarding basin.
- Pembuatan polder.

2. Sistem perbaikan dan pengaturan sungai:

- River improvement (perbaikan/peningkatan sungai).
- Tanggul.
- Sudetan (by pass/short-cut).
- Floodway.
- System drainase khusus.

b. Metode non struktur

- Pengelolaan DAS.
- Pengaturan tata guna lahan.

- Pengendalian erosi.
- Pengembangan dan pengaturan daerah banjir.
- Penanganan kondisi darurat.
- Peramalan dan system peringatan banjir.
- Low enforcement.
- Penyuluhan pada masyarakat.
- Asuransi.

Pengembangan sumber daya air (water resources) memerlukan adanya konsepsi, perencanaan, perancangan konstruksi dan operasi fasilitas-fasilitas untuk pengendalian dan untuk pemanfaatan air (Linsley, 1991). Air bagi kehidupan manusia dan sekelilingnya untuk kebutuhan dan pengaturan diperlukan manajemen sumber daya air di wilayah pesisir serta kawasan sungai. Wilayah pesisir merupakan salah satu kawasan yang terkena dampak perubahan iklim secara langsung. Dampak-dampak tersebut ialah kenaikan muka air laut, abrasi, penurunan tanah, dan banjir rob. Lebih dari 65% penduduk Indonesia bermukim di wilayah pesisir. Oleh sebab itu Tingkat Kerentanannya terhadap Perubahan Iklim Wilayah pesisir merupakan suatu daerah yang terletak di tepi laut sebatas antara sudut terendah dan pasang tertinggi, yang terdiri dari daratan dan perairan, dimana daerahnya masih dipengaruhi oleh aktivitas maritim yang artinya kedua daerah tersebut saling terkait (Kodoatie, 2012).

Pengembangan Sungai juga mempunyai peranan yang penting bagi kehidupan manusia. Salah satunya adalah sebagai sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, penyediaan air minum, kebutuhan industri dan lain lain. Sungai umumnya dikelompokkan menurut ukurannya. Klasifikasi yang digunakan dalam pengelompokkan sungai besar, sungai menengah dan sungai kecil berdasarkan pada lebar sungai, kedalaman sungai, kecepatan aliran air, debit aliran dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS).

Tabel 2.1: Klasifikasi Sungai Berdasarkan Pada Lebar Sungai

Klasifikasi Sungai	Nama	Lebar Sungai
Sungai Kecil	Kali kecil dari mata air	< 1 m
	Kali kecil	1-10m

Klasifikasi Sungai	Nama	Lebar Sungai
Sungai Menengah	Sungai kecil	10 – 20 m
	Sungai menengah	30 – 40 m
	Sungai	40 – 80 m
Sungai Besar	Sungai besar	80 – 220 m
	Bengawan	>220 m

Sumber : Kern, 1994, dalam Maryono 2005

Kebutuhan air bagi kepentingan manusia semakin meningkat sehingga perlu dilakukan penelitian atau penyelidikan masalah ketersediaan air sungai dan kebutuhan air untuk irigasi di sekelilingnya, agar pemanfaatan dapat digunakan secara efektif dan efisien, maka diperlukan.

Bendung (Bangunan Sadap) atau Weir (Diversion Structure) merupakan bangunan (komplek bangunan) melintasi sungai yang berfungsi mempertinggi elevasi air sungai dan membelokkan air agar dapat mengalir ke saluran dan masuk ke sawah untuk keperluan irigasi dan tanggul disepanjang sungai adalah salah satu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir dan badai (gelombang pasang). Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar.

2.2 Bendung

Bendung (weir) adalah bendung berfungsi antara lain untuk meninggikan taraf muka air, agar air sungai dapat disadap sesuai kebutuhan dan untuk mengendalikan aliran, angkutan sedimen dan geometri sungai sehingga air dapat dimanfaatkan secara aman, efektif, efisien, dan optimal (Mawardi, 2015). Istilah dan definisi terkait bendung:

- Bendung adalah bangunan melintang alur sungai yang berfungsi untuk meninggikan muka air sungai.

- b. Bendung tetap adalah bendung yang tidak bisa dioperasikan untuk meniadakan pembendungan air.
- c. Bendung gerak adalah bendung yang bisa melayani operasi untuk meniadakan pembendungan air.
- d. Bendung pelimpah adalah suatu bangunan air dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan alirkan secara grafitasi ketempat yang membutuhkannya.
- e. Bentang bendung adalah panjang total bagian pelimpah tubuh bendung.
- f. Tubuh bendung merupakan ambang tetap yang berfungsi meninggikan taraf muka air sungai.
- g. Mercu bendung adalah berfungsi untuk mengatur tinggi air minimum melewati debit banjir dan untuk mengatasi tinggi genakan yang akan terjadi di udik bendung.

2.2.1 Klasifikasi Bendung

Bendung berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Bendung Pembagi Banjir.
Bendung pembagi banjir dibangun di percabangan sungai untuk mengatur mukai air sungai, sehingaa terjadi pemisahan antara debit banjir sungai dengan kapasitasnya.
- b. Bendung Penahan Pasang.
Bendung penahan pasang dibangun di bagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut antara lain untuk mencegah masuknya air asin.
- c. Bendung Sadap
Bedung penyadap digunakan sebagai penyadap aliran sungai untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi, air baku dan sebagainya.

2.2.2 Struktur Bendung

Bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapannya yang dibangun melintasi sungai yang sengaja dibuat untuk meningkatkan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjunan. Adapapun struktur bendung sebagai berikut:

a. **Bendung Tetap**

Bendung tetap adalah jenis bendung yang tinggi pembendungannya tidak dapat diubah, sehingga muka air di hulu bendung tidak dapat diatur sesuai yang dikehendaki.

b. **Bendung Gerak**

Bendung gerak adalah jenis bendung yang tinggi pembendungannya dapat diubah sesuai dengan yang dikehendaki.

c. **Bendung Kombinasi**

Bendung tipe ini merupakan kombinasi antara bendung tetap dan bendung bergerak dimana memiliki fungsi ganda sebagai bendung gerak.

2.2.3 Bendung Berdasarkan Sifatnya

Berdasarkan sifatnya maka bendung dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a. Bendung Permanen, seperti bendung pasang batu, beton, dan kombinasi beton & pasang batu.
- b. Bendung semi permanen, seperti bendung bronjong.
- c. Bendung darurat, yang dibuat oleh masyarakat pedesaan, seperti bendung tumpukan batu dan sebagainya.

2.3 Macam Bahan Bendung Darurat yang Lazim

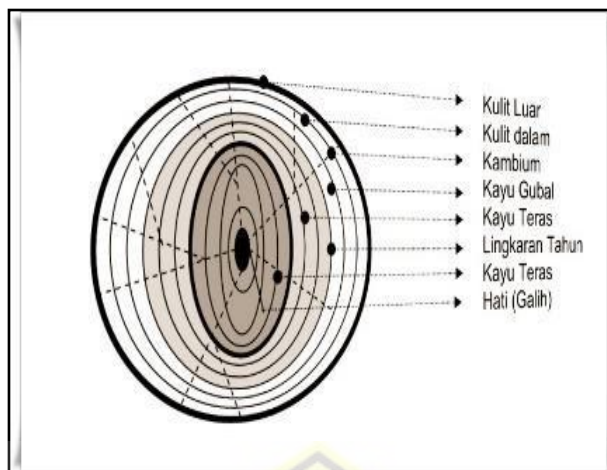
Bahan-bahan bendung darurat yang saat ini masih umum digunakan sebagai bangunan penanggulangan darurat banjir dan pengaturan aliran diantaranya berbahan kayu, bambu dan sandbags.

2.3.1 Kayu

Struktur kayu merupakan suatu struktur yang elemen susunannya adalah kayu. Dalam perkembangannya, struktur kayu banyak digunakan sebagai alternatif dalam perencanaan pekerjaan-pekerjaan sipil, diantaranya adalah: rangka kuda-kuda, rangka dan gelagar jembatan, struktur perancah, kolom, balok

dan ground sill sungai. Untuk kayu yang dibuat ground sill atau bendung harus kayu kelas 1.

Bagian Penampang pohon:



Gambar 2.1: Struktur Kayu

Kayu merupakan material higroskopis, artinya kayu memiliki kaitan yang sangat erat dengan air baik berupa cairan maupun berupa uap. Kemampuan menyerap dan melepaskan air sangat tergantung dari kondisi lingkungan seperti temperature dan kelembapan udara (Mulyati, 2015). Air yang terdapat pada batang kayu tersimpan dalam 2 bentuk yaitu air bebas (*free water*) yang terletak diantara sel-sel kayu dan air ikat (*Bound Water*) yang terletak pada dinding sel. Selama air bebas masih ada maka dinding sel kayu akan tetap jenuh. Air bebas merupakan air pertama yang akan berkurang seiring dengan proses pengeringan, pengeringan selanjutnya akan mengurangi air ikat pada dinding sel. Bila kelembapan udara meningkat, maka kandungan air pada kayu akan meningkat pula dan begitu pula sebaliknya. Pada lingkungan yang memiliki kelembapan udara yang stabil maka kandungan air pada kayu juga akan cenderung tetap. Kondisi kandungan air pada kayu yang tetap disebut kadar air seimbang (*equilibrium moisture content*) berkisar antara 12% sampai 17%. Pada dasarnya kayu merupakan bahan alam yang banyak memiliki kelemahan struktural, sehingga penggunaan kayu sebagai bahan struktur perlu memperhatikan sifat-sifat tersebut (Muchlisyanbecti, 2012). Oleh sebab itu, maka struktur kayu kurang populer dibandingkan dengan beton dan baja. Akibatnya saat ini terdapat kecenderungan beralihnya peran kayu dari bahan struktur menjadi bahan pemerindah (dekoratif).

Namun demikian pada kondisi tertentu (misalnya: pada daerah tertentu, dimana secara ekonomis kayu lebih menguntungkan dari pada penggunaan bahan yang lain) peranan kayu sebagai bahan struktur masih digunakan.

a. Kelebihan Material Kayu:

1. Mudah menyerap air.
2. Berkekuatan tinggi dengan berat jenis rendah.
3. Tahan terhadap pengaruh kimia dan listrik.
4. Relatif mudah dikerjakan dan diganti.
5. Perubahan bentuk akibat suhu dapat diabaikan.
6. Memiliki sisi keindahan yang khas
7. Mudah mengalami kembang-susut
8. Bahan Alami yang dapat diperbaharui
9. Kuat tarik yang tinggi
10. Dapat dibuat dengan berbagai macam desain.

b. Kekurangan material kayu :

1. Kurang tahan terhadap pengaruh cuaca.
2. Rentan terhadap rayap.
3. Sifat kayu yang kurang homogen, cacat kayu, dll.
4. Beberapa jenis kayu kurang awet.
5. Kekuatannya sangat dipengaruhi oleh jenis kayu, mutu, kelembaban dan pengaruh waktu pembebanan.
6. Keterbatasan ukuran, berskala besar dan tinggi.
7. Harganya relatif mahal dan terbatas (langka).

2.3.2 Bambu

Tanaman bambu yang sering kita kenal umumnya berbentuk rumpun. Padahal dapat pula bambu tumbuh sebagai batang soliter atau perdu. Tanaman bambu yang tumbuh subur di Indonesia merupakan tanaman bambu yang simpodial, yaitu batang-batangnya cenderung mengumpul didalam rumpun karena percabangan rhizomnya di dalam tanah cenderung mengumpul (Agus dkk. 2006). Batang bambu yang lebih tua berada di tengah rumpun, sehingga kurang menguntungkan dalam proses penebangannya. Arah pertumbuhan biasanya tegak, kadang-kadang memanjat dan batangnya mengayu. Jika sudah tinggi, batang

bambu ujungnya agak menjuntai dan daun-daunya seakan melambai. Tanaman ini dapat mencapai umur panjang dan biasanya mati tanpa berbunga.

Batang-batang bambu muncul dari akar-akar rimpang yang menjalar dibawah lantai. Batang-batang yang sudah tua keras dan umumnya berongga, berbetuk silinder memanjang dan terbagi dalam ruas-ruas. Tinggi tanaman bambu sekitar 0,3 m sampai 30 m. Diameter batangnya 0,25-25 cm dan ketebalan dindingnya sampai 25 mm. Pada bagian tanaman terdapat organ-organ daun yang menyelimuti batang yang disebut dengan pelepah batang. Biasanya pada batang yang sudah tua pelepah batangnya mudah gugur. Pada ujung pelepah batang terdapat perpanjangan tambahan yang berbetuk segi tiga dan disebut subang yang biasanya gugur lebih dulu. Kekuatan bambu menunjukkan kemampuan bambu untuk menahan muatan dari luar. Sedangkan yang dimaksud dengan muatan dari luar yaitu gaya-gaya dari luar yang mempunyai kecendrungan merubah sifat-sifat dan bentuk dari bambu tersebut. Kadang biasanya batang-batang bambu bisa dijadikan bendung darurat dengan cara batang-batang bambu ditata rapat melintang ke arah sungai, untuk mengurangi debit air yang mengalir. Namun lahan tanaman bambu sekarang sudah mulai berkurang, dikarenakan lahan bambu yang dulu sekarang dijadikan perumahan ataupun pabrik.



Gambar 2.2: Bambu

Kekuatan bambu sebagai bahan bangunan terletak pada susunan ruas-ruas yang ada diantara buku-buku (intermedium). Kualitas bambu terutama ditentukan oleh struktur jaringan dalam ruas-ruas bambu tersebut (Wijayanti, 2008). Sifat-sifat umum bambu:

1. Batang bambu terdiri dari bagian buku (node) dan bagian ruas (internode bambu) pada bagian ruas orientasi sel adalah aksial, tidak ada yang radial sedangkan ada bagian buku dilengkapi sel arah radial. Bagian terluar batang bambu terbentuk dari lapisan tunggal sel epidermis dan bagian dalam tertutup lapisan skleremkaim. Batang bambu terdiri dari 50% parenkim, 40% serat skleremkim dan 10% pori sel pemburu (Liese,1988).
 2. Bambu terdiri dari 50-70% hemiselulosa, 30% pentosan, dan 20-25% lignin, 90% dari hemiselulosa adalah xylan.
 3. Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian luar.
- a. Kelebihan Bambu:
1. Bambu memiliki nilai seni yang tinggi. Adalah sumber daya pariwisata yang sangat penting.
 2. Sebagai pelopor pembuatan rumah tahan gempa.
 3. Bentuknya yang lentur saat dibelah, dapat digunakan menjadi bahan laminasi bisa berbentuk kolom, maupun papan sebagai pengganti kayu.
 4. Bahan Alami yang dapat diperbaharui.
 5. Sangat cepat pertumbuhannya (hanya perlu 3 s/d 5 tahun sudah siap tebang).
 6. Pada berat jenis yang sama, kuat tarik bambu lebih tinggi dibandingkan kuat tarik baja mutu sedang.
 7. Ringan.
 8. Bahan konstruksi yang murah.
- b. Kekurangan Bambu
1. Bambu biasanya kurang tahan lama karena mengandung banyak kanji yang disukai oleh rayap dan menjadi tempat tumbuh yang baik bagi cendawan akibat suhu dan kelembaban tinggi di daerah tropis. Bambu memiliki 50% – 55% lebih banyak selulosa daripada kayu. Tanpa perhatian pada pengawetan maka konstruksi bambu tahan 2 – 3 tahun saja.
 2. Memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan bangunan, terutama untuk bahan konstruksi (perlu proses laminasi).

3. Proses pengerjaan yang rumit untuk menggabungkan bilah-bilah bambu menjadi satu kesatuan (berbeda dengan proses pengolahan kayu).
4. Rentan lapuk, reyot, tidak tahan air hujan dan api.
5. Rawan terkena hama jamur, lumut, rayap, bubuk, dan sejenisnya.
6. Umurnya relatif pendek.
7. Jarak ruas dan diameter yang tidak sama dari ujung sampai pangkalnya.

2.3.3 Sandbags

Karung pasir adalah karung atau karung yang terbuat dari goni (goni), polypropylene atau bahan kokoh lainnya yang diisi dengan pasir atau tanah dan digunakan untuk tujuan seperti pengendalian banjir. Keuntungannya adalah tas dan pasir tidak mahal. Ketika kosong, tas-tas itu kompak dan ringan untuk penyimpanan dan transportasi yang mudah. Mereka dapat dibawa ke lokasi yang kosong dan diisi dengan pasir atau tanah setempat. Kerugiannya adalah mengisi tas padat karya. Tanpa pelatihan yang tepat, dinding karung pasir dapat dibangun secara tidak layak sehingga menyebabkannya gagal pada ketinggian yang lebih rendah dari yang diperkirakan, ketika digunakan untuk tujuan pengendalian banjir. Mereka dapat terdegradasi sebelum waktunya di bawah sinar matahari dan elemen-elemen yang pernah dikerahkan. Mereka juga dapat terkontaminasi oleh limbah di perairan banjir yang membuat mereka sulit untuk ditangani setelah air banjir surut. Untuk kantong sandbag mudah robek, akhirnya dapat terdegradasi sebelum waktunya.

Karung pasir yang ditumpuk dengan benar adalah pencegah yang efektif terhadap kerusakan air banjir. Karung pasir dapat digunakan untuk membangun tanggul, barikade, tanggul, dan tanggul untuk membatasi erosi akibat banjir. Karung pasir juga dapat digunakan untuk memperkuat struktur pengendalian banjir yang ada dan membatasi efek bisul pasir. Struktur kantong pasir tidak mencegah rembesan air dan karenanya harus dibangun dengan tujuan sentral mengalihkan air banjir di sekitar atau jauh dari bangunan.

Karung pasir yang diisi dengan benar untuk pengendalian banjir diisi 1/2 hingga 2/3 penuh dengan pasir yang dicuci bersih. Dalam keadaan darurat, jika pasokan pasir bersih terbatas, kerikil atau kotoran juga dapat digunakan dengan hasil akhir yang kurang efektif. Ketika karung pasir yang diisi ditumpuk atau

diletakkan di tempat, isinya harus rata dengan tanah. Karung pasir yang diisi lebih dari $\frac{2}{3}$ penuh tidak akan membentuk segel yang memadai untuk tanah atau struktur. Demikian juga karung pasir yang diisi di bawah $\frac{1}{2}$ umumnya juga akan membentuk segel yang tidak memadai ke tanah saat diletakkan.

Praktik terbaik untuk mengisi karung pasir memerlukan tim tiga orang. Salah satu anggota tim akan berjongkok dan memegang terbuka tas untuk membentuk pembukaan kerah. Anggota tim kedua menempatkan ujung sekop runcing dengan pasir ke dalam karung pasir yang terbuka. Sekop persegi tidak disarankan karena pisau sekop tidak akan masuk ke dalam karung pasir saat mengisi. Anggota tim ketiga akan mengangkat dan menimbun karung pasir yang diisi.

Karung pasir yang ditempatkan dengan benar akan diatur memanjang dan sejajar dengan aliran air dengan ujung karung pasir yang dilipat atau terbuka menghadap ke hulu. Semua puing lepas harus dihilangkan dari permukaan penempatan dan daerah terendah adalah tempat pertama yang diisi dengan karung pasir. Setiap kantong harus diatur secara berurutan dengan bagian bawah yang tertutup rapat sedikit tumpang tindih dengan karung pasir yang sebelumnya ditempatkan. Lapisan kantong selanjutnya harus diimbangi dengan $\frac{1}{2}$ panjang kantong pasir untuk menghilangkan rongga dan memperbaiki segel dinding. Setiap kantong yang ditempatkan harus dirusak dan diratakan untuk memperbaiki segel.

Dua metode utama untuk menumpuk karung pasir untuk membangun struktur pengendalian banjir adalah dengan Penempatan Single Stack dan Metode Penempatan Piramida.



Gambar 2.3: Sandbags

2.4 Bahan Bendung Darurat Barrier Plastik

Rancang bangunan bendung Barrier Plastik bisa digunakan sebagai bendung sementara antara lain untuk Bendung darurat, Krib, Kistdam dan Tanggul darurat. Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa, polimer merupakan suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monemernya sejenis disebut homopolimer dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer (Mujiarto, 2005).

Plastik adalah senyawa polimer alkena dengan bentuk molekul sangat besar. Istilah plastik, menurut pengertian kimia, mencakup produk polimerisasi sintetik ata semi-sintetik. Molekul plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer danbisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau nilai ekonominya. Secara alamiah, terdapat beberapa polimer (pengulangan tidak terhingga dari monomer-monomer) yang digolongkan ke dalam kategori plastik. Secara fisik, plastik bisa dibentuk atau dicetak menjadi lembar film atau serat sintetik, yang disebabkan karena plastik juga bersifat "*malleable*" alias memiliki sifat bisa dibentuk atau ditempa.

Dalam proses industri dan pabrikasi, plastik dibuat dalam jenis yang sangat banyak. Sifat-sifat bisa menerima tekanan, panas, keras juga lentur, dan bisa digabung dengan partikel lain semisal karet, metal, dan keramik. Sehingga wajar jika plastik bisa dipergunakan secara massal untuk banyak sekali keperluan.

a. Jenis-Jenis Plastik

1. Plastik Polyethylene (PE)

Plastik polietilen terbuat dari bahan monomer vinil terpolimerisasi. Monomer adalah sejenis senyawa sederhana, yang dapat dipolimerisasi menjadi senyawa makromolekul. Tiga cara digunakan untuk mempolidimerisasi monomer: proses tekanan tinggi, proses tekanan menengah, dan proses tekanan rendah. Berbagai cara menghasilkan tingkat kristalinitas dan kepadatan yang berbeda. Polietilen tekanan tinggi memiliki kristalinitas dan kerapatan yang rendah, sedangkan polietilen bertekanan rendah memiliki kristalinitas dan kerapatan tinggi. Ketika kristalinitas dan densitas meningkat, di satu sisi, kekerasan, titik

pelunakan, dan kekuatan meningkat. Di sisi lain, dampak ketangguhan dan perpanjangan umur plastik berkurang. Jenis plastik polietilen memiliki stabilitas kimia dan ketahanan air yang lebih baik. Meskipun kekuatannya tidak tinggi, namun cukup fleksibel dalam suhu rendah. Penambahan sejumlah karbon hitam dapat memperkuat ketahanan usia polietilen.

2. Plastik Polyvinyl Chloride (PVC)

Plastik polivinil klorida adalah sejenis plastik umum yang dibuat dari monomer vinil klorida terpolimerisasi. Plastik polivinil klorida memiliki stabilitas kimia dan ketahanan usia yang lebih baik, tetapi daya tahan panasnya buruk. Jenis plastik ini dapat terurai dan bermetamorfosis jika suhu melebihi 100 ° C. Biasanya, bahan ini harus digunakan pada suhu di bawah 60-80° C. Dengan menambahkan jumlah plasticizer yang berbeda, plastik polivinil klorida dapat dibuat plastik yang keras dan lunak.

3. Plastik Polystyrene (PS)

Plastik polystyrene terbuat dari monomer styrene terpolimerisasi. Jenis plastik ini memiliki kelebihan transmisi cahaya yang baik, pigmentasi/pewarnaan yang mudah, stabilitas kimia yang lebih baik, tahan air, tahan cahaya, pemrosesan mudah, dan harga murah. Namun, plastik polystyrene memiliki kelemahan berupa kekakuan yang lemah, ketangguhan impak yang buruk, ketahanan panas yang lemah, dan sifat mudah terbakar yang mudah.

4. Plastik Polypropylene (PP)

Plastik polypropylene terbuat dari monomer akrilik terpolimerisasi. Jenis plastik ini memiliki sifat ringan (kepadatan 0,90g / cm³), tahan panas yang kuat (100-1200C), keuletan teratur dan tahan air. Titik lemahnya adalah bahwa ia memiliki kekakuan yang buruk dalam suhu rendah; dan resistansi udara yang buruk. Karena itu, plastik polypropylene cocok digunakan di dalam ruangan. Beberapa tahun terakhir telah terlihat perkembangan pesat produksi polypropylene. Polypropylene, bersama dengan polietilen dan polivinil klorida, telah menjadi varietas utama plastik bangunan.

Tabel 2.2: Perbandingan Specific Gravity dari Berbagai Material Plastik

Resin	Specific Gravity
PP	0,85 – 0,90
LDPE	0,91 – 0,93
HDPE	0,93 – 0,96
Polistirena	1,05 – 1,08
ABS	0,99 – 1,10
PVC	1,15 – 1,65
Asetil Selulosa	1,23 – 1,34
Nylon	1,09 – 1,14
Poli Karbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

Sumber : Mujiarto, 2005

Tabel 2.3: Temperature Leleh Proses Termoplastik

Processing Temperature Rate		
Material	C°	F°
ABS	180 – 240	356 – 464
Acetal	185 – 225	365 – 437
Acrylic	180 – 250	356 – 482
Nylon	260 – 290	500 – 554
Poly Carbonat	280 – 310	536 – 590
LDPE	160 – 240	320 – 464
HDPE	200 – 280	392 – 536
PP	200 – 300	392 – 572
PS	180 – 260	356 – 500
PVC	160 – 180	320 – 365

Sumber : Mujiarto, 2005

5. Polymethyl Methacrylate (PMMA)

Resin termoplastik, juga disebut gelas organik, dapat dibuat dari Polymethyl methacrylate yang dipolimerisasi. Jenis plastik ini memiliki kelebihan transmisi cahaya yang baik, kekuatan tinggi pada suhu rendah, penyerapan air yang rendah, ketahanan panas yang lebih baik, ketahanan penuaan yang lebih baik, dan mudah diproses. Namun, itu memiliki kelemahan dari resistensi abrasive yang buruk dan harga tinggi.

6. Resin Poliester (PR)

Resin poliester dibuat dengan mengkondensasi alkohol diatomik atau

polibasa dan asam diatomik atau polibasa. Resin poliester memiliki sifat kapasitas ikatan yang baik, elastisitas, daya warna yang lebih baik, fleksibilitas, tahan panas dan tahan air.

7. Resin Fenolik (PF)

Resin fenolik dibuat dengan mempolimerisasi fenol dan aldehida di bawah pengaruh katalis asam atau katalis alkali. Resin fenolik memiliki kekuatan kohesi yang lebih baik, tahan cahaya, tahan air, tahan panas, tahan korosi, dan isolasi listrik. Namun, kekakuannya buruk. Resin fenolik, ditambahkan dengan bahan pengisi dan bahan pengawet, dapat dibuat menjadi plastik fenolik. Plastik fenolik halus, kuat, tahan lama, dan murah. Bahan ini telah menjadi jenis plastik yang biasa digunakan.

8. Resin Silikon Organik (SI)

Resin silikon organik dibuat dengan menghidrolisis satu atau lebih jenis monomer silikon organik. Resin silikon organik memiliki sifat tahan panas, tahan dingin, tahan air, dan tahan korosi. Namun, jenis plastik ini buruk dalam kinerja mekanik dan kekuatan kohesif. Dua titik lemah ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan resin sintesis (fenolik aldehida, epoksi, dan poliester), serat gelas, dan asbes, dll.

b. Kode Plastik Secara Umum

1. PET atau PETE (polyethylene terephthalate)

Plastik dengan label ini tidak berwarna atau bening, biasa digunakan untuk botol air mineral atau jus. Plastik ini lebih baik hanya digunakan satu kali dan jangan memasukkan air panas ke dalamnya. Jika permukaan plastik sudah tidak mulus, atau terdapat baret-baret, lebih baik jangan minum air di dalamnya. Biasa digunakan untuk botol air mineral, jus, *soft drink*, atau kecap. Tingkat bahaya dan kesulitan terurai sedang.

2. HDPE (high density polyethylene)

HDPE plastik berwarna putih susu. Sama seperti PET atau PETE, plastik dengan kode ini juga dianjurkan untuk tidak digunakan berulang-ulang. Biasa digunakan untuk botol susu, kosmetik, shampo, dan tas kresek. Tingkat bahaya dan kesulitan terurai sedang.

3. V atau PVC (polyvinyl chloride)

Kandungan dari PVC yaitu DEHA yang terdapat pada plastik pembungkus dapat bocor dan masuk ke makanan berminyak bila dipanaskan (jadi jangan sekali-kali memanaskan makanan yang tertutup plastik wrap). PVC berpotensi berbahaya untuk ginjal, hati, dan berat badan. Biasa digunakan untuk plastik wrap, kotak makan plastik, mainan, atau *shower curtain*. Tingkat bahaya dan kesulitan terurai tinggi.

4. LDPE (low density polyethylene)

Plastik jenis ini biasa dipakai untuk dijadikan barang yang memerlukan fleksibilitas tapi kuat. Jenis ini tidak dapat dihancurkan tapi aman untuk menyimpan makana (*food grade*). Biasa digunakan untuk bungkus makanan, bungkus roti, dan *dry cleaning bag*. Tingkat bahaya: Rendah. Kesulitan terurai sedang.

5. PP (polypropylene)

Jenis plastik ini adalah yang terbaik jika digunakan untuk menyimpan makanan, terutama untuk botol minuman atau botol susu bayi (bening/transparan). Disarankan untuk mencari simbol ini bila membeli barang-barang plastik untuk makanan. Biasa digunakan untuk botol bayi, botol obat, sedotan, dan tempat margarin. Tingkat bahaya dan kesulitan terurai: Rendah.

6. PS (polystyrene)

Jenis plastik ini biasanya sebagai bahan dasar dari *styrofoam*, tempat minum sekali pakai dll. Bahan Polystyrene bisa membocorkan bahan styrene ke dalam makanan kita. Tempat makan styrofoam menghasilkan polusi saat diproduksi, menjadi sumber sampah karena penggunaannya hanya sekali pakai, tidak dapat mengurai dengan tanah, dan mengeluarkan gas beracun bila dibakar. Biasa digunakan untuk cup minuman, pembungkus makanan *take away*, dan *cooler*. Tingkat bahaya dan kesulitan terurai: tinggi.

7. Other (biasanya polycarbonate)

Jenis plastik ini biasanya ada di tempat makanan dan minuman seperti botol minum olahraga. Polycarbonate bisa mengeluarkan bahan

utamanya yaitu Bisphenol-A ke dalam makanan dan minuman yang berpotensi merusak sistem hormon. Jadi sebisa mungkin hindari bahan plastik Polycarbonate. Biasa digunakan untuk tumblr botol minuman, tas oven, atau *packaging*. Tingkat bahaya dan kesulita terurai: Tinggi.

Plastik mempunyai peranan besar dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman karena sifatnya yang kuat, ringan dan praktis. Menurut definisi dari (Apriyanto, 2007 dan Aryanti, 2013 dalam Agustina, 2014) plastic sebagai material polimer atau bahan pengemas yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan. Polimer adalah molekul yang besar yang telah mengambil peran yang penting dalam teknologi karena mudah dibentuk dari satu bentuk ke bentuk lain dan mempunyai sifat, struktur yang rumit. Hal ini disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya lebih rendah. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen (Steven, 2007 dalam Sari, 2014).

Uji ketahanan air dari plastik berbahan polipropilen (PP) adalah sebesar 0,01 atau sebesar 1%, sehingga plastik tersebut efektif digunakan sebagai wadah makanan yang banyak mengandung air. Uji ketahanan air ini diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik yang dibuat sudah mendekati sifat plastik sintetis atau belum, karena konsumen plastik memilih plastik dengan sifat yang sesuai keinginan, salah satunya adalah tahan terhadap air (Darni dkk., 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Sarka, dkk (2011) dengan membandingkan antara pati asli dengan pati terasetilasi dalam hal sifat ketahanan airnya, maka pati terasetilasi mampu meningkatkan tingkat ketahanan air plastik daripada pati asli.

Sifat – sifat plastik sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4: Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI

No.	Karakteristik	Nilai
1	Kuat Tarik (MPa)	24,7 – 302

No.	Karakteristik	Nilai
2	Persen Elongasi (%)	21 – 220
3	Hidrofobisitas	99

Sumber : Darni dan Utami, 2010

2.5 Bangunan Bendung Darurat

Bendung darurat dapat dimanfaatkan sebagai pengatur aliran yaitu krib, dapat dibuat kistdam untuk proyek dan juga untuk tanggul sungai.

2.5.1 Krib

Fungsi Krib sebagai pelindung tebing atau sebagai pengarah untuk membelokkan air dan sebagai pengarah untuk memperbaiki alinyemen (SNI 24000.1, 2016).

Krib adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing kearah tengah guna mengatur arah arus sungai mempercepat sedimentasi, dan menjamin keamanan tanggul atau tebing sungai terhadap gerusan (Sosrodarsono, 2008).

a. Dasar Penggunaan Krib

Penggunaan krib dengan mempertimbangkan data dan informasi dari peta geologi permukaan yang sudah tersedia dan dilanjutkan dengan survei investigasi untuk perencanaan sungai secara terpadu yang menunjukkan hal hal sebagai berikut:

1. Keadaan morfologi dan karakteristik sungai (denah serta bentuk melintang dan memanjang, debit dan kecepatan) yang menunjukkan adanya arah pergeseran sungai, adanya gejala meander dan adanya bahaya gerusan lokal dan kondisi geologi permukaan yang menunjukkan tebing sungai memerlukan perlindungan secara tidak langsung agar kecepatan arus tidak merusak tebing.
2. Keadaan aliran menunjukkan adanya aliran yang tidak menentu sehingga pada lokasi tersebut perlu dilakukan perbaikan pola aliran.
3. Diperlukan pemindahan/pengarahan arus sungai sesuai tujuan tertentu.
4. Diperlukan upaya memperdalam alur dengan mempersempit penampang basah sungai.
5. Ketersediaan bahan bangunan sesuai jenis krib yang dipilih.

b. Persyaratan Penggunaan Krib

Penggunaan bangunan krib harus memenuhi beberapa jenis persyaratan yaitu :

1. Persyaratan fungsional dengan krib sebagai pelindung tebing sungai tidak langsung, atau sebagai pengarah arus, atau untuk memperdalam alur sungai, atau untuk memperbaiki alinyemen sungai; dan khusus sebagai pelindung tebing serta sebagai pengendali pengendapan sedimen minimal harus dibuat 3 (tiga) krib tiang pancang atau ditentukan dengan uji model hidraulik dan tidak dianjurkan membuat hanya satu baris karena tidak akan efektif sebagai pelindung tebing.
2. Pengelompokkan Jenis Krib
3. Persyaratan kesesuaian dengan perencanaan pengelolaan sungai terpadu dengan mempertimbangkan pengaruh negatifnya terhadap bangunan lain, terhadap sungai, dan terhadap lingkungan di sekitarnya.
4. Persyaratan pemilihan jenis yang harus sesuai dengan tujuan pemasangan krib, kondisi geoteknik, ketersediaan material di sekitar lokasi serta kondisi alur sungai.
5. Persyaratan keamanan dan kestabilan terhadap beban oleh tekanan air dan muatan sedimen serta benda padat yang terangkut aliran serta kemungkinan adanya gerusan lokal dan degradasi dasar sungai.
6. Persyaratan pelaksanaan untuk kelestarian bangunan perlu dilakukan pemantauan berkala tentang gejala yang dialami bangunan krib, begitu juga gejala yang ditimbulkan oleh bangunan terhadap AMDAL morfologi sungai.

c. Pengelompokkan Jenis Krib Berdasarkan Berbagai Jenisnya, meliputi:

1. Bahan Pembuatannya:

- Krib tiang pancang dari kayu
- Krib tiang pancang dari beton bertulang
- Krib bronjong batu
- Krib blok beton

2. Sifat Hidraulik:

- Krib lulus air (permeabel); krib tiang pancang

- Krib kedap air (impermeabel); krib pasangan batu, krib beton
- Krib semi lulus air (semi permeabel); Krib bronjong batu, susunan geo tekstil, susunan blok beton dan batu bongkah

3. Formasi (Arah Pemasangan):

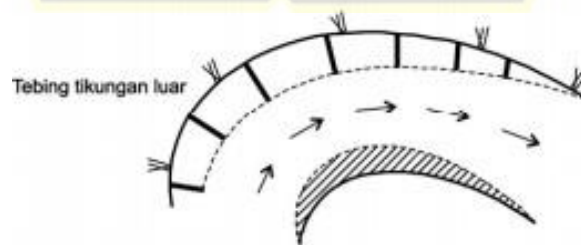
- Krib melintang dipasang dengan arah melintang aliran dan dibedakan menjadi: krib tajam atau condong ke hulu sering disebut “*repelling groyne*”, krib tegak serta krib tumpul atau condong ke hilir dan sering disebut “*attracting groyne*”
- Krib memanjang dipasang dengan arah sejajar aliran, sangat efektif untuk melindungi tebing. namun kurang efektif dalam meningkatkan intensitas pengendapan, untuk itu digabung dengan krib melintang
- Gabungan krib melintang dengan krib memanjang dengan membentuk huruf T atau L dan disebut krib T atau krib L, peningkatan intensitas pengendapan terjadi karena sedimen yang terbawa dalam aliran sungai dapat terperangkap di antara krib melintang

4. Letak Pemasangan terhadap muka:

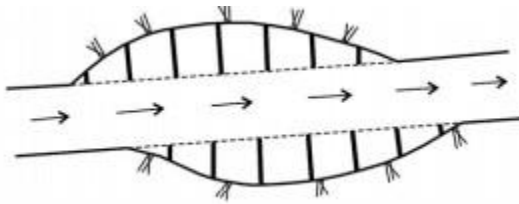
- Krib yang mencunya setinggi batas bantaran (krib tidak tenggelam)
- Krib yang diletakkan di dasar sungai sebagai pengarah arus yang disebut panil dasar (krib tenggelam) pada debit kecil dan pengendali gerusan

5. Kelanggengan Pemasangan:

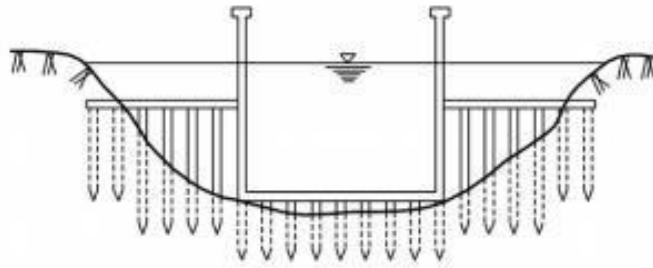
- Krib permanen
- Krib semi permanen
- Krib darurat



Gambar 2.4: Sketsa Krib Sebagai Pengarah Arus



Gambar 2.5: Sketsa Krib Sebagai Perbaikan Alinyemen Sungai



Gambar 2.6: Sketsa Krib Untuk Memperdalam Alur



Gambar 2.7: Krib

Dari segi pemasangan terhadap arah arus sungai krib dibedakan menjadi dua yaitu krib silang dan krib memanjang. Krib silang (*transversal dyke*) dipasang melintang merintang arus sungai sedangkan krib memanjang (*longitudinal dyke*), formasi hampir sejajar arah arus sungai (Sosrodarsono, 2008)

6. Panjang dan Interval Krib

Panjang krib tergantung seberapa jauh aliran sungai akan dialihkan agar tidak mengenai tebing sungai. Pada bagian sungai yang mengalami pukulan air, jarak antara krib yang berdekatan dibuat lebih rapat karena daya gerus arus akan melebar sampai ke tebing sungai. Salah satu rumus untuk menentukan panjang krib, menurut Gupta et al (1969).

$$\frac{L}{B} = 0,11 (n F 0,5)^{1,5} \quad (2.1)$$

Dimana:

L = panjang krip

B = lebar muka air sungai debit rencana atau debit penuh (bankfull discharge)

F = bilangan Froude

n = koefisien empiris ($n = d/L = 2 \text{ s/d } 5$)

2.5.2 Kistdam

Kistdam (*Temporary Cofferdam*) adalah bangunan air sementara yang dibangun membentuk tanggul mengelilingi separuh bagian lebar saluran/sungai sehingga diperoleh lahan kering yang memungkinkan pelaksanaan konstruksi bangunan drainase. Pada umumnya pekerjaan pengeringan untuk bangunan di bawah muka air permukaan menggunakan sistem open pumping, dengan dibantu oleh kistdam sebagai penahan air. Tetapi untuk bangunan di sepanjang saluran yang sudah berfungsi, biasanya dilakukan pada saat masa pengeringan. Yaitu masa tanaman tidak memerlukan air, sehingga air saluran dapat dikeringkan dengan menutup pintu air yang ada. Dengan demikian pekerjaan bangunan dapat dilaksanakan seperti pada bangunan biasa yang tidak terganggu oleh air pada gambar 2.8 Kistdam.



Gambar 2.8: KistDam

Pada umumnya pekerjaan dewatering untuk bangunan di bawah muka air permukaan menggunakan sistem open pumping, dengan dibantu oleh kistdam sebagai penahan air. Tetapi untuk bangunan di sepanjang saluran yang sudah berfungsi, biasanya dilakukan pada saat masa pengeringan. Yaitu masa tanaman

tidak memerlukan air, sehingga air saluran dapat dikeringkan dengan menutup pintu air yang ada. Dengan demikian pengerjaan bangunan dapat dilaksanakan seperti pada bangunan biasa yang tidak terganggu oleh air.

Pada dasarnya pekerjaan dewatering air permukaan dilakukan dengan mengurung daerah yang akan dibangun dengan kistdam, supaya terbebas dari air yang ada, sedangkan air yang ada pada daerah yang dikurung tersebut dikeringkan dengan menggunakan pompa (*open pumping*).

Beberapa bangunan yang memerlukan pekerjaan dewatering air permukaan adalah Bangunan pada saluran, Bangunan pada sungai, bangunan di tengah sungai dan bangunan menutup sungai.

2.5.3 Tanggul

Tanggul adalah penghalang yang didesain untuk menahan air banjir di palung sungai untuk melindungi daerah sekitarnya. Tanggul juga berfungsi untuk melokalisir banjir disungai, sehingga tidak melintas ke kanan dan ke kiri sungai yang merupakan daerah peruntukan (Modul Metode Pengendalian Banjir, 2017). Tanggul merupakan bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir dan badai (gelombang pasang). Tanggul dibangun terutama dengan kontruksi urugan tanah karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya yang sangat besar. Kecuali tanah, kiranya amatlah sukar untuk memperoleh bahan urugan untuk pembangunan tanggul dan bahan tanah dapat diperoleh dari hasil galian kanan-kiri trase rencana tanggul atau bahkan dapat diperoleh dari hasil pekerjaan normalisasi sungai, berupa galian pelebaran alur sungai, yang biasanya dilaksanakan bersamaan dengan pembangunan tanggul.

Dalam tahap perencanaan kiranya perlu diperhatikan, agar hasil dari pekerjaan normalisasi sungai dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanggul. Tentulah terbatas pada hasil galian yang memenuhi syarat untuk bahan urugan tanggul. Selain itu tanah merupakan bahan yang sangat mudah penggarapannya dan setelah menjadi tanggul sangat mudah pula menyesuaikan diri dengan lapisan tanah pondasi yang mendukungnya serta mudah pula menyesuaikan dengan kemungkinan penurunan yang tidak rata, sehingga perbaikan yang disebabkan

oleh penurunan tersebut mudah dikerjakan. Selanjutnya tanah merupakan bahan bangunan yang sangat stabil dan tidak akan rusak selama puluhan, bahkan yang sangat stabil dan tidak akan rusak selama puluhan, bahkan ratusan tahun. Apabila di beberapa tempat terjadi kerusakan tanggul, perbaikannya sangat mudah dan cepat menggunakan tanah yang tersedia disekitar lokasi kerusakan.

Tabel 2.5: Daftar Nilai Tinggi Jagaan Untuk Beberapa Debit Banjir Rencana

Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)	Tinggi jagaan (m)
Kurang dari 200	0,60
200 – 500	0,80
500 - 2000	1,00
2000 – 5000	1,20
5000 - 10000	1,50

Sumber : Modul dasar perencanaan alur dan bangunan sungai, 2017

Adapun fungsi dan manfaat dari tanggul adalah sebagai:

- Penurunan tingkat resiko ancaman terhadap jiwa manusia dan harta benda akibat banjir sampai ke tingkat toleransi.
- Meminimkan dampak bencana banjir (mitigasi bencana banjir).
- Mencegah aliran keluar dari alur dan bantaran sungai.

a. Jenis-jenis Tanggul

Berdasarkan fungsi dan dimensi tempat serta bahan yang dipakai dan kondisi topografi setempat tanggul dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Tanggul Utama

Bangunan tanggul disepanjang kanan-kiri sungai guna menampung debit banjir rencana.

2. Tanggul Sekunder

Tanggul yang dibangun sejajar tanggul utama, baik diatas bantaran di depan tanggul utama yang disebut tanggul musim panas maupun tanggul disebelah belakang tanggul utama yang berfungsi untuk pertahanan kedua andaikan terjadi bobolan tanggul utama. Tergantung pada pentingnya suatu areal yang dilindungi kadang-kadang dibangun pula tanggul tersier.

3. Tanggul Terbuka

Tanggul yang dibangun secara tidak menerus (terputus-putus).

4. Tanggul Pemisah

Tanggul semacam ini dibangun di antara dua sungai yang berdekatan agar arus sungai pada muara kedua sungai tersebut tidak saling mengganggu, terutama pada sungai-sungai yang kemiringannya dan kondisi hidrologinya berbeda.

5. Tanggul Melingkar

Tanggul yang dibangun untuk melindungi areal yang tidak terlalu luas secara melingkar.

6. Tanggul Sirip

Tanggul yang dibangun untuk melindungi areal pertanian pada daerah bantaran, bisa sebagai penghambat kecepatan arus.

7. Tanggul Pengarah

Tanggul semacam ini berfungsi sebagai pengarah arus di muara-muara sungai untuk menjaga agar muara sungai tidak mudah berpindah-pindah dan sebagai pemandu arus sungai.

8. Tanggul Keliling dan Tanggul Sekat.

Andaikan pada suatu sungai dibangun penampang banjir sementara (*retarding basin*) dengan sistem tanggul, maka tanggulo sebelah luar disebut tanggul keliling (*surrounding levee*) dan bagian tanggul yang terletak ditepi alur sungai disebut tanggul sekat (*encircling levee*).

9. Penyadap Banjir

Banguna ini berfungsi sebagai penyadap sebagian aliran banjir, pada saat muka air banjir di dalam sungai telah melampaui tinggi yang diperkirakan. Biasanya merupakan salah satu komponen utama dari *retarding basin* atau berfungsi sebagai bangunan atau pintu pembagi banjir.

10. Tanggul Tepi Danau dan Tanggul Pasang

Tanggul tepi danau dibangun disekeliling danau atau rawa-rawa dan tanggul pasang dibangun di muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Kedua jenis tanggul tersebut diperhitungkan juga daya

tahannya terhadap gaya-gaya hempasan ombak air dari danau atau laut.

11. Tanggul Khusus

Pada pemukiman yang padat penduduk, biasanya biaya pembebasan tanah untuk pembangunan tanggul sangat tinggi. Dalam keadaan demikian untuk mengurangi areal tanah yang harus dibebaskan, biasanya tanggul dibuat berupa dinding pasangan atau dinding beton.

12. Tanggul Belakang

Biasanya dibangun pada muara anak-anak sungai untuk mencegah limpasan, akibat aliran air pada anak-anak sungai tertahan dan permukaannya naik, karena naiknya permukaan air pada sungai utama di waktu banjir.

b. Trase Tanggul Kedudukan Tanggul

Garis bahu depan suatu tanggul disebut pula sebagai trase tempat kedudukan tanggul atau disingkat dengan istilah trase tanggul. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penetapan trase tanggul adalah:

1. Pemilihan Lokasi Tanggul

Lokasi trase ntanggul agar dipilih tempat kedudukan tanggul melintasi tanah pondasi yang kedap air dan diusahakan agar dihindari pondasi tanah yang lemah, seperti rawa-rawa, lumpur lounak dan gambut.

2. Arah Trase Tanggul

Dalam menentukan arah trase tanggul agar diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Dipilih suatu penampang basah sungai yang paling efektif dengan kapasitas pengaliran maksimum.
- Agar trase searah dengan arah arus sungai dan dihindarkan terjadinya belokan yang tajam.
- Diusahakan agar arah trase tanggul kiri dan tanggul kanan paralel mungkin dengan alur sungai.
- Pada sungai-sungai yang arusnya tidak besar, diusahakan agar kurva alirannya stabil.

3. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan merupakan tambahan tinggi npada tranggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang sedang mengalir, yang diakibatkan oleh adanya ombak gelombang dan loncatam hidrolis pada saat banjir. Tinggi jagaan berkisar antara 0.6-2.0 m.

4. Lebar Mercu Tanggul

Pada daerah yang padat, diman perolehan areal tanah untuk tempat kedudukan tanggul sangat sukar dan mahal, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan dengan lerengnya yang agak curam cukup memadai. Akan tetapi mercu yang cukup lebar (3 – 7 m).

5. Kemiringan Lereng Tanggul

Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul tersebut. Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan lereng tanggul direncanakan dengan kemiringan 1:2 atau lebih kecil. Bahan yang sangat cocok untuk pembangunan tanggul adalah tanah dengan karateristik sebagai berikut:

- Dalam keadaan jenuh air mampu bertahan terhadap gejala gelincir dan longsor.
 - Pada waktu banjir yang lama tidak rtembes atau bocor.
 - Penggalian, transportasi dan pemadatannya mudah.
 - Tidak terjadi retak-retak yang membahayakan kestabilan tubuh tanggul.
- Bebas dari bahan-bahan organis seperti akar-akaran, pohon-pohonan, dan rumput-rumputan.

c. Stabilitas Tanggul

Syarat-syarat stabilitas struktur tanggul harus diperhitungkan/dianalisa terhadap hal-hal sebagai berikut:

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

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

2.6 Drainase

Drainase atau pengatusan adalah pembuangan massa air secara alami atau buatan dari permukaan atau bawah permukaan dari suatu tempat. Pembuangan ini dapat dilakukan dengan mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Drainasi merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai system guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khusus). Drainase juga dapat diartikan usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas, dimana drainase merupakan salah satu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan oleh suatu daerah, serta cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut.

2.6.1 Analisa Debit Rencana Drainase

Mengacu pada buku sistem drainase perkotaan dari Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya, Direktorat pengembangan penyehatan lingkungan permukiman tahun 2012, dalam lampiran contoh perhitungan disebut bahwa debit rencana drainase perkotaan di hitung dengan metode rational atau rasional yang telah dimodifikasi. Perhitungan debit rencana drainase dengan metode rational adalah sebagai berikut:

$$Q = C \cdot C_s \cdot I \cdot A \quad (2.2)$$

Dimana:

Q = debit banjir puncak pada perioda ulang T tahun (lt/dt), yang terjadi pada muara DAS

I = intensitas hujan (I/detik.ha)

A = luas DAS (ha)

C = koefisien pengaliran

C_s = koefisien retensi

Tabel 2.6: Koefisien Pengaliran (C)

Karakter Permukaan	C
Perkotaan	0,70-0,95
Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan rumah tinggal	0,30-0,50
Perumahan multiunit, terpisah	0,04-0,60
Perumahan multiunit, tergabung	0,60-0,75
Perkampungan	0,25-0,40
Apartemen	0,50-0,80
Industri ringan	0,60-0,90
Industry berat	0,60-0,90

Tabel 2.7: Koefisiensi Retensi (C_s)

t _e /t _c	C _s
>2	<1
2,25	0,89
2,50	0,80
3,00	0,67
3,50	0,57
4,00	0,50

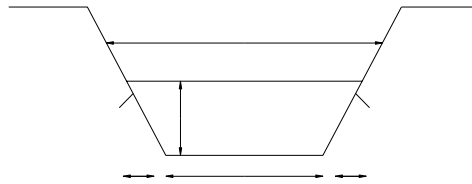
t_e/t_c	C_s
4,50	0,44

2.6.2 Kriteria Perencanaan Saluran Drainase

Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan sebagai berikut:

Bentuk saluran drainase

- Luas profil basah berbentuk trapezium



Gambar 2.9: Saluran Drainase

Luas profil basah berbentuk trapezium dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{B + T}{2} \times h \quad (2.3)$$

Dimana:

A = Luas profil basah (m^2)

B = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi air di dalam saluran (m)

T = (B+m h+t h) = Lebar atas muka air

m = Kemiringan talud kanan

t = Kemiringan talud kiri

2.6.3 Kecepatan Saluran

Kecepatan saluran dihitung dengan:

- Persamaan Chezy

$$V = C \cdot \sqrt{RI} \quad (2.4)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam, m/dt

C = Koefisien Chezy

R = Jari-jari Hidrolis dalam m

A = Profil Basah Saluran dalam m

P = Keliling basah dalam m

I = Kemiringan dasar saluran

b. Persamaan Bazin

$$V = \frac{87}{1 + \frac{gB}{\sqrt{R}}} \quad (2.5)$$

Dengan gB adalah koefisien yang tergantung pada kekasaran dinding. Nilai gB untuk beberapa jenis dinding saluran dapat dilihat dalam table dibawah ini.

Tabel 2.8: Koefisien Kekasaran Bazin

Jenis dinding	Gb
Dinding sangat halus (semen)	0,006
Dinding halus (papan, batu, bata)	0,16
Dinding batu pecah	0,46
Dinding sangat teratur	0,85
Saluran tanah dengan kondisi biasa	1,30
Saluran tanah dengan dasar batu pecah dan tebin rumput	1,75

Sumber : standar SK SNI M-18-1989-f, Metode Perhitungan Debit Banjir

c. Persamaan Manning

$$C = \frac{i^{\frac{2}{3}}}{n} R^{\frac{2}{3}} \quad (2.6)$$

Dengan koefisien tersebut maka rumus kecepatan aliran menjadi:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (2.7)$$

Dimana:

n = Koefisien Manning

R = Jari-jari hidrolis dalam m

A = Profil basah saluran dalam m^2

P = Keliling basah dalam m

I = Kemiringan dasar saluran

Tabel 2.9: Koefisien Kekasaran Manning

Bahan	Koefisien Manning, n
Besi tuang lapis	0,01
Kaca	0,010
Saluran Beton	0,013
Bata dilapis Mortar	0,015
Pasangan Batu disemen	0,025

Bahan	Koefisien Manning, n
Saluran Tanah Bersih	0,022
Saluran Tanah	0,030
Saluran dengan dasar Batu dan Tebing Rumput	0,040
Saluran pada Galian Batu Padas	0,040

Sumber : standar SK SNI M-18-1989-f, Metode Perhitungan Debit Banjir

d. Persamaan Strickler

Strickler mencari hubungan antara nilai koefisien n dari rumus Manning sebagai fungsi dari dimensi material yang membentuk dinding saluran. Untuk dinding saluran dari material yang tidak koheren, koefisien *Strickler*, k_s diberikan oleh rumus:

$$k_s = \frac{1}{n}$$

Sehingga rumus kecepatan aliran menjadi:

$$V = k_s \cdot R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (2.8)$$

2.7 Analisis Stabilitas Bendung

Perhitungan stabilitas bendung dilakukan guna mengetahui apakah bendung cukup stabil saat mendapat gaya pengaruh dari luar. Analisa struktur bendung meliputi 3 macam kondisi, yaitu:

1. Perhitungan gaya tetap
2. Perhitungan gaya pada kondisi normal
3. Perhitungan gaya pada kondisi banjir

Gaya – gaya yang bekerja pada bendung, yaitu:

1. Gaya Vertikal, antara lain:

- Gaya akibat berat sendiri bendung
- Gaya angkat/uplift pressure

2.

Gaya Horizontal, antara lain:

- Gaya hidrostatis di bendung
- Gaya akibat tekanan lumpur
- Gaya akibat tekanan tanah aktif dan pasif

Analisa stabilitas yang diperhitungkan meliputi:

1. Tinjauan terhadap guling
2. Tinjauan terhadap geser
3. Tinjauan terhadap daya dukung tanah

2.7.1 Gaya-gaya yang Bekerja pada Bendung

Stabilitas bendung dianalisis pada tiga macam kondisi yaitu pada saat sungai kosong, normal dan pada saat sungai banjir. Tinjauan stabilitas yang diperhitungkan dalam perencanaan suatu bendung meliputi:

a. Analisis Gaya-gaya Tetap

Gaya tetap adalah gaya yang tidak berubah meski terjadi perubahan kondisi, gaya-gaya tetap adalah:

1. Gaya akibat berat sendiri bendung.
2. Gaya akibat tekanan tanah aktif dan pasif.

2.7.2 Analisis Gaya-gaya Vertikal

Gaya Akibat Berat Sendiri Bendung

Rumus:

$$G = V \times \gamma \quad (2.9)$$

(KP-02 Bangunan Utama, 2012)

Dimana:

V : Volume (m³)

γ : Berat jenis bahan yaitu pasir + air ($\gamma_{sat} = 1,99 \text{ t/m}^3$)

2.7.3 Analisis Gaya-gaya Horizontal

a. Gaya Akibat Tekanan Lumpur

Rumus:

$$P_s = \frac{r_s x h^2}{2} \left[\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right] \quad (2.10)$$

(KP-02 Bangunan Utama, 2012)

Dimana:

P_s : Gaya yang terletak pada 2/3 kedalaman dari atas lumpur yang bekerja secara horizontal (kg)

θ : Sudut geser dalam (°)

τ_s : Berat jenis lumpur (kg/m^3) = $1600 \text{ kg/m}^3 = 1,6 \text{ t/m}^3$

h : Kedalaman lumpur (m)

b. Gaya Hidrostatik

Rumus:

$$H = \left[\frac{1}{2} x \gamma_w x h^2 \right] \quad (2.11)$$

(Joetata dkk, 1997)

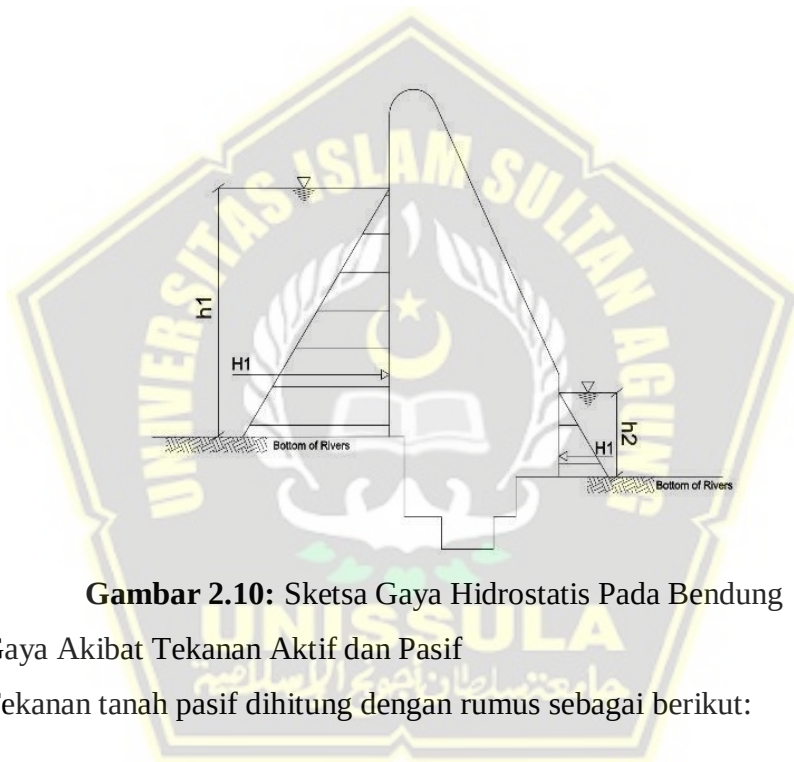
Dimana:

γ_w : Berat jenis air (kg/m^3) = $1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ t/m}^3$

h_1 : Kedalaman air hulu (m)

h_2 : Kedalaman air hilir (m)

H : Gaya tekan hidrostatik (ton)



Gambar 2.10: Sketsa Gaya Hidrostatik Pada Bendung

c. Gaya Akibat Tekanan Aktif dan Pasif

Tekanan tanah pasif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$= \left[\gamma_w \frac{G_s + e}{1 + e} \right] - \gamma_w$$

$$= \left[\gamma_w \frac{G_s + 1}{1 + e} \right]$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{sub} K_p x h^2 \quad (2.12)$$

Tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$= \left[\gamma_w \frac{G_s + e}{1 + e} \right] - \gamma_w$$

$$= \left[\gamma_w \frac{G_s + 1}{1 + e} \right]$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_{sub} K_a h^2$$

(2.13)

Dimana:

P_a : Tekanan tanah aktif (t/m^2)

P_p : Tekanan tanah pasif (t/m^2)

θ : Sudut geser dalam ($^\circ$)

g : Gravitasi bumi = $9,81 \text{ m/det}^2$

h : Kedalaman tanah aktif dan pasif (m)

γ_{sub} : Berat jenis *submerged* / tanah dalam keadaan terendam (t/m^3)

γ_{sat} : Berat jenis *saturated* / tanah dalam keadaan terendam (t/m^3)

γ_w : Berat jenis air = $1,0 \text{ t/m}^3$

G_s : Spesifik Gravity

e : Void Ratio

2.8 Stabilitas Bendung

a. Analisis Terhadap Guling

Rumus:

$$SF = \frac{\sum M_t}{\sum M_g} > 1,5 \quad (2.14)$$

(Soedibyo, 1996)

Dimana:

SF : Faktor keamanan

ΣM_t : Jumlah momen tahan (ton meter)

ΣM_g : Jumlah momen guling (ton meter)

b. Analisis Terhadap Geser

Rumus:

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} > 1,5 \quad (2.15)$$

(Melania, 2017)

Dimana:

F_{gs} : Angka keamanan terhadap geser $> 1,5$

ΣR_h : Kumulatif gaya vertikal (ton)

ΣP_h : Kumulatif gaya horisontal (ton)

Tabel 2.10: Nilai n , e , w , γ_d , dan γ_b Untuk Tanah Asli Lapangan

Macam Tanah	n (%)	e	w (%)	γ_d (g/cm ³)	γ_b (g/cm ³)
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	1,43	1,89
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	1,75	2,09
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	1,59	1,99
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	1,86	2,16
Lempung lunak sedikit organis	66	1,90	70	-	1,58
Lempung lunak sangat organis	75	3,0	110	-	1,43

Tabel 2.11: Harga – Harga Perkiraan Untuk Koefisien Gesekan

Bahan	F
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,30

Sumber : KP-02 perencanaan bendung,1986

Tabel 2.12: Faktor Keamanan SF yang Lazim Digunakan

Jenis Kegagalan	Jenis Pondasi	SF
Geser	Pekerjaan tanah, bendungan, urugan, dll	1,2 -1,6
Geser	Konstruksi penahan dinding	1,5 – 2,0

Jenis Kegagalan	Jenis Pondasi	SF
Geser	Dinding turap	1,2 – 1,6
	Bendungan elak, galian yang ditopang sementara	1,2 -1,5
Geser	Fondasi telapak, setempat	2 – 3
	Fondasi rakit	1,7 – 2,5
	Fondasi tarikan ke atas	1,7 – 2,5
Rembesan	Tarikan ke atas, naiknya dasar galian, serta erosi bawah tanah	3 – 5

Sumber : E. Sutarman, 2013

c. Analisis Terhadap Daya Dukung Tanah

Dari data tanah lokasi bendung, diperoleh:

γ : Berat jenis tanah (t/m^3)

c : Kohesi (t/m^2)

ϕ : Sudut geser dalam ($^\circ$)

D_f : Kedalaman pondasi (m)

N_c , N_q , N_γ di dapat dari grafik Terzaghi:

Rumus daya dukung tanah Terzaghi:

$$q_{ult} = c \times N_c + \gamma \times N_q \times D_f + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \quad (2.16)$$

$$\frac{q_{ult}}{\sigma} = SF \quad (2.17)$$

(Braja M. Das, 1998)

Kontrol:

$$\bar{\sigma}_{maks} = \frac{R_v}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right) < \bar{\sigma} \quad (2.18)$$

$$\sigma_{min} = \frac{R_v}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right) > 0 \quad (2.19)$$

(Soedibyo, 1996)

Dimana:

SF : Faktor keamanan

R_v : Gaya vertikal (ton)

B : Panjang tubuh bendung (m)

σ : Tegangan yang timbul (t/m^2)

$\bar{\sigma}$: Tegangan ijin (t/m^2)

2.9 Alat Pengukur Debit

Parameter dalam menentukan pemilihan alat pengukur debit adalah sebagai berikut:

1. Kecocokan bangunan untuk keperluan pengukuran debit.
2. Ketelitian pengukuran di lapangan.
3. Bangunan yang kokoh, sederhana dan ekonomis.
4. Rumus debit sederhana dan teliti
5. Eksploitasidan pembacaan mudah.
6. Pemeliharaan mudah dan murah.
7. Cocok dengan kondisi setempat dan dapat diterima oleh petani.

a. Alat Ukur Ambang Lebar

Alat ukur ini dianjurkan karena bangunan ini kokoh, mudah dibuat dan mudah disesuaikan dengan tipe saluran. Pembacaan debit dengan alat ukur ini dapat dilakukan secara langsung, karena hanya menyatakan hubungan antara muka air hulu dengan debit.

Kelebihan alat ukur ambang lebar sebagai berikut:

1. Bentuk hidrolis luwes dan sederhana.
2. Konstruksi kuat, sederhana dan tidak mahal.
3. Benda-benda hanyut dapat dilewatkan dengan mudah.
4. Eksploitasi mudah.

Kelemahan alat ukur ambang lebar adalah sebagai berikut:

1. Bangunan ini hanya bias digunakan untuk mengukur saja.
2. Agar pengukuran teliti, aliran tidak boleh tenggelam.

b. Alat Ukur Crump-de Gruyter

Alat ukur *Crump-de gruyter* dipakai pada muka air di saluran selalu mengalami flaktuasi dan muka air rendah di saluran. Alat ukur ini mempunyai kehilangan tinggi energy yang lebih besar daripada alat ukur romojin. Penggunaannya dengan cara menggerakkan pintu ke arah vertical.

Kelebihan alat *Crump-de Gruyter* adalah sebagai berikut:

1. Bangunan ini dapat mengukur dan mengatur debit sekaligus.
2. Bangunan ini kuat dan tidak ada masalah dengan sedimen.

3. Eksploitasi mudah dan pengukuran teliti.

Kelemahan alat *Crum-de Gruyter* adalah sebagai berikut:

1. Pembuatannya rumit dan mahal.
2. Biaya Pemeliharaan mahal.
3. Kehilangan tinggi energy besar.

Dilihat dari segi kelebihan dan kekurangan, maka alat ukur debit Romijin sangat cocok digunakan.

2.10 Software Plaxis

PLAXIS adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat, sedangkan berbagai fasilitas yang tersedia dapat digunakan untuk menampilkan hasil komputasi secara mendetil. Proses perhitungannya sendiri sepenuhnya berjalan secara otomatis dan didasarkan pada prosedur numerik yang handal. Konsep ini memungkinkan para pemula untuk dapat menggunakan paket program ini hanya dengan mengikuti beberapa jam pelatihan saja.

PLAXIS 2D adalah program elemen hingga dua-dimensi, yang dikembangkan untuk analisis deformasi, stabilitas dan aliran air tanah dalam rekayasa geoteknik. PLAXIS 2D adalah bagian dari rangkaian produk-produk PLAXIS, paket program elemen hingga yang digunakan di seluruh dunia untuk desain dan rekayasa geoteknik.

Perkembangan PLAXIS dimulai pada tahun 1987 di Delft University of Technology sebagai inisiatif dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Pengelolaan Air (Rijkswaterstaat) Belanda. Tujuan semula adalah untuk mengembangkan kode elemen hingga 2D yang mudah digunakan untuk analisis tanggul sungai di tanah lunak dari dataran rendah Belanda. Dalam beberapa tahun berikutnya, PLAXIS telah diperluas untuk mencakup sebagian besar wilayah lain untuk rekayasa geoteknik. Karena aktifitas terus berkembang, perusahaan PLAXIS (Plaxis bv) dibentuk pada tahun 1993.

Pada tahun 1998, pertama kali PLAXIS 2D untuk Windows dirilis. Sementara itu kernel penghitungan untuk perhitungan 3D elemen hingga dikembangkan yang menghasilkan rilis program 3D Tunnel pada tahun 2001. 3D Foundation adalah program kedua dari PLAXIS tiga-dimensi, dan dikembangkan bekerjasama dengan TNO. Program 3D Foundation telah dirilis pada tahun 2004. Namun, baik dalam 3D Tunnel ataupun 3D Foundation tidak dimungkinkan untuk menentukan sembarang geometri 3D, karena keterbatasan geometris mereka. PLAXIS 3D adalah program PLAXIS tiga dimensi penuh yang menggabungkan antarmuka yang mudah digunakan dengan fasilitas pemodelan 3D penuh. Program PLAXIS 3D dirilis pada tahun 2010.

PLAXIS 2D adalah paket elemen hingga ditujukan untuk analisis dua dimensi deformasi dan stabilitas dalam rekayasa geoteknik. Hal ini dilengkapi dengan fitur untuk menangani berbagai aspek struktur geoteknik dan proses konstruksi menggunakan prosedur komputasi yang kuat dan secara teoritis suara.

Dengan PLAXIS 2D geometri model dapat dengan mudah didefinisikan dalam mode tanah dan struktur, setelah model padat independen secara otomatis dapat dipotong dan menyatu. Modus konstruksi dipentaskan memungkinkan untuk simulasi proses konstruksi dan penggalian dengan mengaktifkan dan menonaktifkan cluster tanah dan obyek struktural. Perhitungan kernel memungkinkan simulasi realistis dari linear, waktu perilaku non tergantung dan anisotropik tanah dan / atau rock. Karena tanah merupakan bahan multi-fase, prosedur khusus memungkinkan untuk perhitungan yang berhubungan dengan tekanan hidrostatik pori hidrostatik dan non dalam tanah. Output terdiri dari rangkaian lengkap dari alat visualisasi untuk memeriksa rincian model tanah-struktur 2D bawah tanah.

Aplikasi PLAXIS umum termasuk:

1. Menilai pemindahan permukaan jalan selama pembangunan terowongan
2. Analisis konsolidasi tanggul
3. Pemindahan tanah di sekitar pit penggalian
4. Bendungan stabilitas selama tingkat air yang berbeda.

PLAXIS 2D merupakan program geoteknik user friendly menawarkan fleksibel dan interoperable geometri, simulasi realistis dari tahap konstruksi, perhitungan kernel kuat dan dapat diandalkan, dan pasca-pengolahan komprehensif dan rinci.

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah kajian penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dapat diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti skripsi, tesis, disertasi atau jurnal penelitian. Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam kajian pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian:



Tabel 2.13: Peneliti Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
1	Yusuf Amran	Utilization Of Plastic Waste For Additional Materials Making Paving Block As A Paving Alternative On Parking In The Muhammadiyah Metro University (Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Bahan Tambahan Pembuatan Paving Block Sebagai Alternatif Perkerasan Pada Lahan Parkir Di Universitas Muhammadiyah Metro) 2015	Bagaimana hasil pemanfaatan limbah plastik untuk bahan tambahan pembuatan paving block sebagai alternatif perkerasan pada lahan parkir di universitas muhammadiyah metro?	Dalam penelitian ini perbandingan semen dan pasir adalah 1 : 6 dengan penambahan serat plastik 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dari volume dengan faktor air semen 0,50. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan serat plastik sebanyak (0,2-0,8)% pada adukan paving block dapat meningkatkan kuat tekan, dengan peningkatan kuat tekan maksimum pada penambahan serat plastik 0,4% yaitu sebesar 41,83% dari paving biasa.	Parkir Di Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung.
2	Endang Setyawati Hisyam & Donny Fransiskus Manalu	Utilization Of Plastic Waste For Slope Stability (Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Stabilitas Lereng) 2014	Bagaiman hasil pemanfaatan limbah plastik untuk stabilitas lereng?	Dari hasil analisis menggunakan program PLAXIS, didapat angka keamanan	Di Universitas Bangka Belitung

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				untuk tanah asli sebesar 2,67, sedangkan nilai angka keamanan paling besar yang didapat dari pencampuran tanah asli ditambah dengan plastik berukuran (2x2) cm pada kadar 0,5% yaitu 3,35 sehingga ada kenaikan sebesar 25,47% dari nilai angka keamanan tanah asli.	
3	Muhammad Arief Rizqy & Nursyamsi	Pembuatan Beton Ringan Beragregat Limbah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) Dengan Penambahan Silica Fume.	Bagaimana hasil kuat tekan dari beton ringan beragregat limbah plastik high density polyethylene (hdpe) dengan penambahan silica fume?	Dari hasil penelitian ini diperoleh kuat tekan maksimum terjadi pada beton yang menggunakan agregat kasar zona II yaitu sebesar 9,17 mpa. Kuat tarik belah maksimum juga terjadi beton yang menggunakan agregat kasar zona II yaitu sebesar 0,88 mpa. Berat isi	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				beton ringan rata-rata pada penelitian ini adalah 1575 kg/m³. Dengan berat isi demikian, dapat dikategorikan ke dalam beton ringan struktural karena syarat berat isinya berada pada rentang 1400-1850 kg/m³. Namun, untuk kekuatannya tidak dapat dikategorikan ke dalam beton ringan struktural karena tidak memenuhi persyaratan kuat tekan minimum 17,24 mpa.	
4	Devi Nova Sukmawati Rr. Rintis Hadiani NikenSilm i Surjandari	Rehabilitasi Bendung Krpyak. 2016	Bagaimana meninggikan muka air kalau bendung krpyak rusak dan bagaiman solusinya ?	Usaha masyarakat setempat membuat bangunan bendung tradisional yang bersifat darurat berupa tumpukan - tumpukan batu kali dan di lapiasi terpal plastik yang berfungsi	Bendung Krpyak Berada di Dusun Krpyak, Desa Seloboro, Kecamatan Salam, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah.

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				untuk membendung, menaikkan elevasi muka air normal, dan membelokkan aliran sebagian debit Kali Putih ke saluran irigasi krapyak Desa Seloboro sehingga dapat mengairi daerah pertaniannya. Namun untuk bendung sementara bila ditinjau dari segi teknis dan konstruksi, bangunan ini tidak memenuhi syarat dan tidak memadai sehingga hasilnya kurang maksimal. Oleh karena itu, perlu adanya bangunan utama berupa bendung tetap (weir) dengan konstruksi modifikasi bangunan penahan sedimen (Sabo dam). Diharapkan	

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				dengan tinjauan teknis dan konstruksi yang lebih tepat, hasilnya dapat lebih optimal dan berguna bagi masyarakat.	
5	Budhi Indrawijaya, Ahmad Wibisana, Agustina Dyah Setyowati, Didik Iswadi, Deno Prianto Naufal Desi Pratiwi	Pemanfaatan Limbah Plastik Ldpe Sebagai Pengganti Agregat Untuk Pembuatan Paving Blok Beton. 2019	Bagaimana hasil kuat tekan paving blok beton dari limbah plastik ldpe sebagai pengganti agregat?	Paving blok beton dibuat dari campuran bahan dengan komposisi semen:pasir: agregat kasar = 1:1,5:3. Kandungan limbah plastik sebagai agregat beton digunakan untuk menggantikan pasir dan jumlahnya divariasikan mulai dari 0, 10, 20, 30, 40 dan 50% dari kandungan pasir. Sebagai parameter uji adalah uji densitas dan uji kuat tekan akan ditentukan setelah masa curing 7, 14 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan uji kuat tekan	Dari Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang,

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				yang terbaik pada penambahan 10% limbah plastik yaitu 23,81 mpa sesuai dengan standar mutu B SNI 03-0691-1996.	
6	Meylis Safriani & Dewi Purnama Sari	Studi Perencanaan Bangunan Bronjong Pada Tikungan Sungai Di Desa Meunasah Buloh	Bagaimana menentukan desain bronjong yang sesuai dalam mengurangi erosi tebing sungai di bagian tikungan atau belokan sungai di desa tersebut?	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan desain bronjong yang sesuai dalam mengurangi erosi tebing sungai di bagian tikungan atau belokan sungai di desa tersebut. Berdasarkan survei awal, perkebunan masyarakat yang berada di dekat tepi sungai terkikis akibat erosi, bahkan ada perumahan penduduk yang jaraknya sudah mendekati sungai.	Di Desa Meunasah Buloh
7.	Elshinta A, Benyamin I Made Udiana,	Perkuatan Tebing Menggunakan Bronjong Di Sungai Manikin	Bagaimana untuk mengetahui debit puncak banjir dengan	Penelitian ini bertujuan: untuk mengetahui debit puncak	Di Sungai Manikin

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
	Sudiyo Utomo		kala ulang 50 tahun?	banjir dengan kala ulang 50 tahun, dan besarnya momen yang mampu menahan stabilitas krib bronjong pada Sungai Manikin.	
8.	Ayu Marlina Humairah	Analisis Hidrolika Bangunan Krib Permeabel Pada Saluran Tanah (Uji Model Laboratorium)	Bagiman menganalisis perubahan dasar saluran, elevasi dasar saluran (morpologi) dan gerusan di hulu krib akibat pemasangan krib permeabel pada belokan saluran tanah?	Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perubahan dasar saluran, elevasi dasar saluran (morpologi) dan gerusan di hulu krib akibat pemasangan krib permeabel pada belokan saluran tanah.	Penelitian Dilakukan Di Laboratorium Mekanika Fluida Dan Hidrolika Universitas Sriwijaya,
9.	Darwizal Daoed, Sunaryo, Bambang Istijono, Wahyu Putra Utama	Kinerja Perkuatan Tebing Saluran Dengan Bronjong Di Belokan 120 ° Akibat Banjir Bandang (Uji Eksperimental Di Laboratorium)	Kawasan perbukitan yang mana kemiringan lerengnya sangat tajam dan tajam, yakni lebih dari 30o sangat sering terjadi keruntuhan tebing. Akibat keruntuhan tebing ini akan menyebabkan	Untuk itu perlu dilakukan perkuatan pada sisi luar belokan dan dilakukan pengujian terhadap kinerja bronjong pada ujung hilir tikungan dan awal tikungan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa,	Pembanguna n Bronjong Batu Kali Pada Belokan Di Batang Limau Manih, Kecamatan Pauh, Padang

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
			lembah tertimbun oleh material tanah, batuan dan pohon.	keruntuhan bronjong terjadi pada awal dan akhir tikungan, dan setelah diperkuat dengan perkuatan gabungan arah horizontal dan vertikal (menjadikan elemen struktur lebih kompak), dan kemiringan dasar saluran ekstrim yakni hingga 7%, terlihat hanya bagian hilir tikungan saja yang mengalami keruntuhan.	
10.	Yuliman Ziliwu	Peranan Konstruksi Pelindung Tebing Dan Dasar Sungai Pada Perbaikan Alur Sungai	Bagaimana peranan konstruksi pelindung tebing dan dasar sungai?	Peranan konstruksi pelindung tebing dan dasar sungai adalah pembangunan sistim pengamanan banjir dan memperlancar lalu lintas sungai. Konstruksi pelindung tebing dan dasar sungai yang dapat digunakan adalah:	Semua Lokasi Sungai Yang Ada Tebing.

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				Tanggul, konstruksi krip dan ambang (ground sill).	
11	Mey Malasari Murri, Niken SilmiSurjandari, Sholihin As'ad,	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pemasangan Bronjong (Studi Kasus Di Sungai Gajah Putih, Surakarta). 2014	Bagaimana Analisis Stabilitas Lereng Pada Sungai Gajah Putih Sebelum dan Setelah Pemasangan Bronjong?	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas lereng sebelum dan setelah pemasangan bronjong, serta mengetahui pengaruh perubahan fluktuasi muka air tanah, konfigurasi pemasangan bronjong dan adanya kombinasi beban (mati+hidup) terhadap angka keamanan lereng	Di Sungai Gajah Putih, Surakarta
12	Olga P., Kanjalia T., Asriwiyanti D., Hanny J.D., Angga R.Pratama	Analisis Stabilitas Struktur Pelindung Pantai Batu Bronjong. 2013	Bagaimana analisis stabilitas struktur pelindung pantai batu bronjong?	Tujuan penelitian ini memberikan penyelesaian kestabilan struktur pelindung akibat erosi pantai serta kenaikan permukaan laut dengan menggunakan material yang mudah didapat dan ekonomis dan Hasil	Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha Jalan Prof. DRG. Suria Sumantri, Mph., No. 65, Bandung

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				analisis stabilitas struktur pelindung pantai batu bronjong memberikan faktor keamanan berada dalam kondisi stabil dan aman. Berdasarkan analisis kestabilan struktur pelindung pantai ini, diharapkan dapat mengurangi tingkat kerusakan struktur-struktur tepi pantai dan bangunan lain di sekitarnya.	
13	Elok Fajar Sagita1), Niken Silmi Surjandari 2), Yusep Muslih Purwana	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Bronjong Menggunakan Software Geoslope Di Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri. 2017	Bagaimana analisis stabilitas lereng dengan perkuatan bronjong geoslope?	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai stabilitas lereng sebelum dan sesudah diberi perkuatan bronjong di Desa Tambakmerang, Kecamatan Girimarto, Kabupaten Wonogiri, dengan	DI Desa Tambakmerang, Kecamatan Girimarto, Kabupaten Wonogiri

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				ketinggian 14 m dan kemiringan sebesar 60°.	
14	Ahlan Maulana Zakaria, Agus Supriyono, Abdul Rochim, Pratikso	Analisis Dan Penanggulangan Tanah Longsor Dengan Bronjong Menggunakan Aplikasi Plaxis V.8.2. 2019	Bagaimana Analisis dan Penanggulang an Tanah Longsor dengan Menggunakan Bronjong?	Dalam mengaplikasik an bronjong ke lokasi longsoran, penulis mendesain beberapa bentuk dan ukuran bronjong dengan menggunakan aplikasi plaxis v.8.2. Yaitu dengan cara memodelkan susunan tanah dan bentuk bronjong, kemudian memasukan data tanah yang didapatkan dari sampel tanah longsoran yang telah diuji di laboratorium fakultas teknik universitas islam sultan agung.	Di Universitas Islam Sultan Agung.
15	Edith Dwi Kurnia	Analisis Stabilitas Struktur Breakwater Menggunakan Batu Bronjong Di Serang Banten.	Bagaimana analisis stabilitas struktur breakwater menggunakan	Hasil faktor keamanan yang telah dianalisis memberikan kestabilan	Di Serang Banten

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
		2013	batu bronjong?	struktur breakwater dengan menggunakan batu bronjong. Struktur breakwater dengan kemiringan sisi 1:2 stabil dengan faktor keamanan 2,191 (lebih besar dari 1,25), dan struktur breakwater dengan kemiringan sisi 1:3 juga stabil dengan faktor keamanan diperoleh sebesar 1,704 (lebih besar dari 1,25).	
16	Cahyo Dwi Saputro, Noegroho Djarwanti, Yusep Muslih Purwana	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Terasering Dan Perkuatan Bronjong Di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri. 2017	Bagaimana Analisis Stabilitas Lereng dengan Terasering dan Perkuatan Bronjong di Desa Sendangmulyo?	Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan guna untuk keperluan perbaikan lereng, dalam penelitian ini lereng didesain agar mencapai safety factor yang aman. Perbaikan lereng yang digunakan adalah perbaikan	Di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri.

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				lereng dengan terasering dan perkuatan bronjong.	
17	M. Ariansyah Jaya	Gabion Construction As An Alternative To Handle Landslide In Plta Way Semangka Sidomulyo Village Semaka Sub-District Tanggamus District. 2017 (Konstruksi Bronjong Sebagai Alternatif Penanganan Longsor Di Daerah Plta Way Semangka Desa Sidomulyo Kecamatan Semaka Kabupaten Tanggamus) 2017	Bagaimana Penanganan Longsor di Daerah PLTA Way Semangka Desa Sidomulyo?	Dari hasil penelitian menunjukan bahwa parameter tanah berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Kondisi lereng dengan kondisi jenuh penuh memiliki stabilitas paling kecil dibandingkan dengan kondisi lainnya.	Desa Sidomulyo Kecamatan Semaka Kabupaten Tanggamus
18	Reyhana Almira Rahma, Mardewi Jamal, Heri Sutanto	Analisis Stabilitas Lereng Pada Ruas Jalan Samarindabalikpapan Km.24 Dengan Alternatif Perkuatan Dinding Bronjong Dan Geotekstil. 2020	Bagaimana Stabilitas Lereng Pada Ruas Jalan Samarinda Balikpapan dengan Alternatif Perkuatan Dinding Bronjong dan Geotekstil?	Pada penelitian ini dilakukan analisis pada 3 kondisi permodelan yaitu kondisi eksisting, kondisi dengan perkuatan geotekstil dan kondisi dengan perkuatan bronjong. Analisis stabilitas lereng	Lokasi Yang Dijadikan Tempat Analisa Terletak Di Ruas Jalan Poros Samarinda-Balikpapan Km.24.

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				dilakukan dengan dua metode yaitu analisis dengan perhitungan manual untuk kondisi dengan perkuatan dan dengan Plaxis.	
19	Muhammad Shalahuddin Putra Hariyanto	Pelaksanaan Risk Assessment Di Pt Indra Karya (Persero) Pada Proses Pekerjaan Parapet Dan Bronjong Proyek Pengendalian Banjir Kali Gunting Kabupaten Jombang. 2017	Bagaiman pelaksanaan risk assessment di pt indra karya (persero) pada proses pekerjaan parapet dan bronjong proyek pengendalian banjir kali gunting?	Pelaksanaan risk assessment di pt indra karya (persero) pada proses pekerjaan parapet dan bronjong proyek pengendalian banjir kali gunting kabupaten jombang	Proyek Pengendalian Banjir Kali Gunting Kabupaten Jombang.
20	Kamelia	Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Banjir Di Desa Majakerta Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung. 2019	Bagaimana Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Banjir di Desa Majakerta Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung?	Adaptasi masyarakat terhadap bencana banjir adalah membangun rumah bertingkat namun tidak semua masyarakat membangun rumah bertingkat karena kondisi ekonomi yang relatif rendah, membuat tanggul di teras rumah	Di Desa Majakerta Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				dengan tinggi tanggul kisaran 60 – 100 cm, jenis tanggul yang digunakan adalah kayu, karung pasir dan permanen, meninggikan tempat penyimpanan peralatan sekitar 60 - 100 cm dan alat transportasi berupa 1 perahu karet dan 1 perahu kayu	
21	Christoph er Massolle, Lena Lankenau, Bärbel Koppe	Emergency Flood Control: Practice-Oriented Test Series For The Use Of Sandbag Replacement Systems. 2018 (Pengendalian Banjir Darurat: Seri Tes Berorientasi Praktek Untuk Penggunaan Sistem Penggantian Karung Pasir) 2018	Bagaimana Pengendalian Banjir Darurat Untuk Seri Tes Berorientasi Praktek untuk Penggunaan Sistem Penggantian Karung Pasir (Sandbags)?	Dalam pertahanan banjir operasional, itu adalah praktik umum untuk menggunakan sistem karung pasir. Namun, pemasangannya memakan waktu serta bahan dan tenaga. Sistem penggantian karung pasir (SBRS) dapat dipasang dalam waktu yang jauh lebih singkat dan lebih mudah.	Institute For Hydraulic And Coastal Engineering, City University Of Applied Sciences, 28199 Bremen, Germany

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				Namun, karena kurangnya kepercayaan pada fungsi mereka, mereka hanya digunakan sampai batas tertentu. Pengujian dan sertifikasi sistem inovatif tersebut sesuai dengan kriteria yang ditentukan mendukung dalam mempromosikan penggunaannya dalam pertahanan banjir.	
22	Ahmed M. A. Sattar, Hossein Bonakdar, Bahram Gharabaghi, Artur Radecki-Pawlik	Hydraulic Modeling And Evaluation Equations For The Incipient Motion Of Sandbags For Levee Breach Closure Operations. 2019 (Persamaan Pemodelan Hidraulik Dan Evaluasi Untuk Gerakan Awal Karung Pasir Untuk Operasi Penutupan Tanggul Tanggul). 2019	Bagaimana Persamaan Pemodelan Hidraulik dan Evaluasi untuk Gerakan Awal Karung Pasir untuk Operasi Penutupan Tanggul Tanggul?	Karung pasir dari berbagai bentuk dan ukuran diuji untuk gerakan yang baru jadi oleh aliran pelanggaran. Kami menemukan bahwa karung pasir prisma memiliki karakteristik hidrodinamik yang lebih baik dan stabilitas lebih dari kantong bola dengan	Civil Department, German University In Cairo, New Cairo City

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				berat yang sama. Hasil eksperimen kemudian digunakan untuk mengevaluasi persamaan empiris yang ada dan untuk mengembangkan persamaan yang lebih akurat untuk memprediksi kecepatan aliran kritis pada tahap awal gerakan karung pasir.	
23	L. Lankenau, C. Massolle, B. Koppe, V. Krull	Sandbag Replacement Systems – A Nonsensical And Costly Alternative To Sandbagging?. 2020 (Sistem Penggantian Karung Pasir - Alternatif Yang Tidak Masuk Akal Dan Mahal Untuk Karung Pasir?) 2020	Bagaimana Hasil dari harga dan kegunaan SBRS dan sandbag (karung pasir) ?	Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas SBRS yang diuji mampu memberikan perlindungan yang sebanding dengan sistem karung pasir tetapi dengan pengurangan penggunaan material yang signifikan, logistik yang disederhanakan, dan lebih sedikit pembantu. Namun demikian,	Institute For Hydraulic And Coastal Engineering, City University Of Applied Sciences, 28199 Bremen, Germany

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				disarankan untuk mengembangkan dan melakukan tes sertifikasi yang ditetapkan dengan baik untuk SBRS, untuk menentukan instruksi yang jelas untuk dan untuk mengidentifikasi batas penggunaan SBRS tertentu.	
24	Aida Sartimbul a Defri Yonaa Syarifah Hikmah K. Saria Muhammad Arif Rahmana Muhammad Arif Zainul Fuada Cindi Kartikasar ia,	Application Of Geosintetic Sacks For Abrasion Control In The Banyuurip Mangrove Conservation Area, Gresik. 2020 Aplikasi Karung Geosintetik Untuk Pengendalian Abrasi Di Wilayah Konservasi Mangrove Banyuurip, Gresik. 2020	Bagaimana aplikasi karung geosintetik untuk pengendalian abrasi di wilayah konservasi mangrove banyuurip, gresik?	Tujuan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) ini adalah untuk membantu Kelompok Pelestari Mangrove dan Lingkungan Desa Banyuurip mengatasi masalah abrasi pantai yang menghalangi proses penanaman mangrove di zona depan pantai. Karung geosintetik dirancang dengan ukuran panjang 20 m	Wilayah Hutan Mangrove Di Desa Banyuurip, Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik.

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				dan ketinggian isian pasir kurang lebih 1.5 m. Kegiatan PKM ini dilaksanakan selama 8 bulan pada bulan Maret hingga Oktober 2019 di BMC.	
25	Edwin Maulana, Theresia Retno Wulan, Dwi Sri Wahyuningsih, I Wayan Wisnu Yoga Mahendra, Dan Etik Siswanti	Abrasion Risk Reduction Strategy In Coastal Rembang District, Central Java. 2016 (Strategi Pengurangan Risiko Abrasi Di Pesisir Kabupaten Rembang, Jawa Tengah).2016	Bagaimana strategi pengurangan risiko abrasi di pesisir kabupaten rembang, jawa tengah?	Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji beberapa strategi mitigasi abrasi yang diterapkan di Kabupaten Rembang. Struktural untuk mengurangi risiko abrasi di Kabupaten Rembang, yaitu strategi mekanik dan strategi vegetatif. Strategi mekanik yang digunakan berupa buis, penahan pantai bentuk kubus, batu kali, batu kapur, pasir dalam karung dan talud. Strategi vegetatif yang	Abrasi Kawasan Pesisir Provinsi Jawa Tengah Bagian Utara, Khususnya Kabupaten Rembang

No.	Nama Peneliti	Judul	Masalah	Tujuan	Lokasi
				dilakukan dengan melakukan penanaman Mangrove dan Cemara Udang.	

Berdasarkan jurnal peneliti terdahulu maka bisa dijadikan referensi dan rujukan sebagai dasar memunculkan ide maupun novelty pada suatu penelitian, dan dari peneliti terdahulu maka model bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran merupakan penelitian baru yang mempunyai novelty yang berbeda dengan peneliti terdahulu atau bukan milik orang lain. Novelty model bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran dirancang dan di desain tahan terhadap cuaca, air, mempunyai bentuk bak yang dapat dirangkai seperti rangkaian knock down yaitu dapat disusun vertikal , horizontal dengan lebar, tinggi disesuaikan kebutuhan serta keadaan lapangan juga dapat dibongkar, disimpan, & dipakai kembali.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Uraian Singkat Cara Penelitian

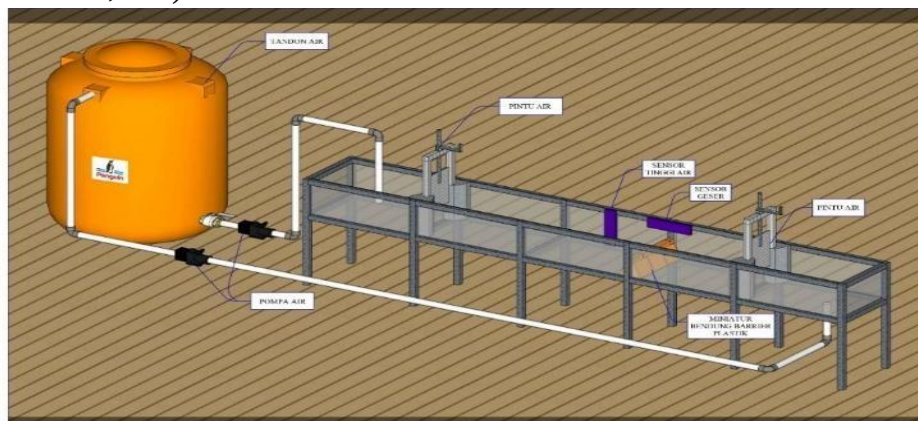
Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental model prototype di laboratorium. Pada penelitian ini dimaksudkan untuk dapat mengungkap data secara maksimum dengan mensimulasikan bendung barrier plastik pada sirkuit kanal tertutup yang dipersiapkan. Penelitian ini menggunakan metode eksperiment yaitu untuk pengujian atau verifikasi teori untuk mengembangkan konseptualisasi teoritik berdasarkan data-data yang akan didapatkan dari aspek hidrolis, dan untuk mengungkapkan data sebanyak mungkin pada uji labolatorium hidrolika di UNISSULA dengan 4 skenario model bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran. Penelitian ini menggunakan metode diskriptif kuantitatif.

3.2 Persiapan Penelitian

Untuk mendapatkan data yang akurat pada uji labolatorium maka diperlukan perangkat sebagai berikut:

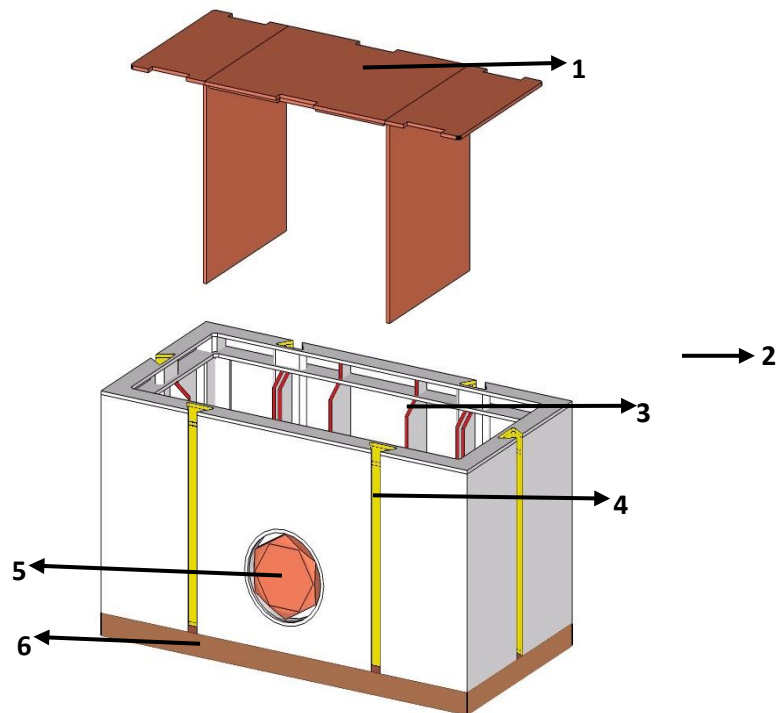
- a. Skema sirkuit kanal tertutup.

Dengan lebar 60cm, tinggi 40cm dan panjang 6m (Desain Dr. Fatchur Roehman ST, MT) milik laboratorium UNISSULA.



Gambar 3.1: Skema Sirkuit Kanal Tertutup

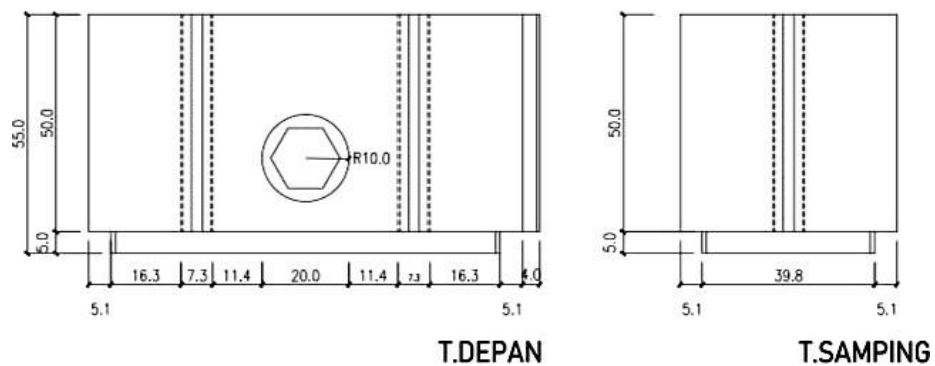
- b. Gambar rencana dimensi dan konstruksi model bendung barrier plastik.



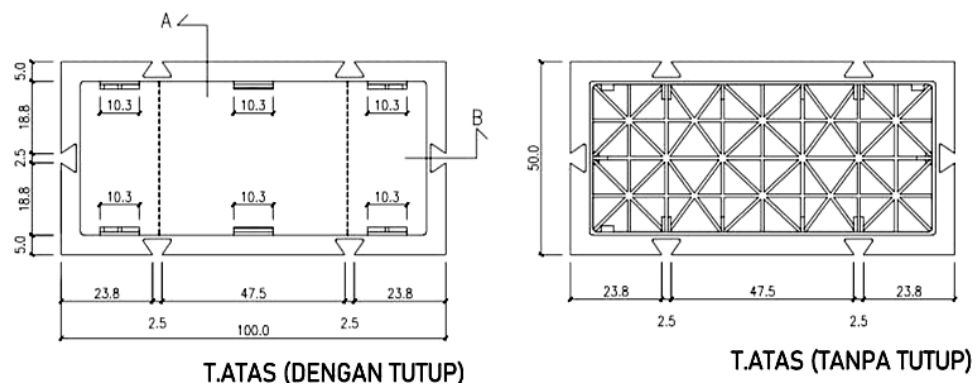
Gambar 3.2: Model Bendung

Keterangan :

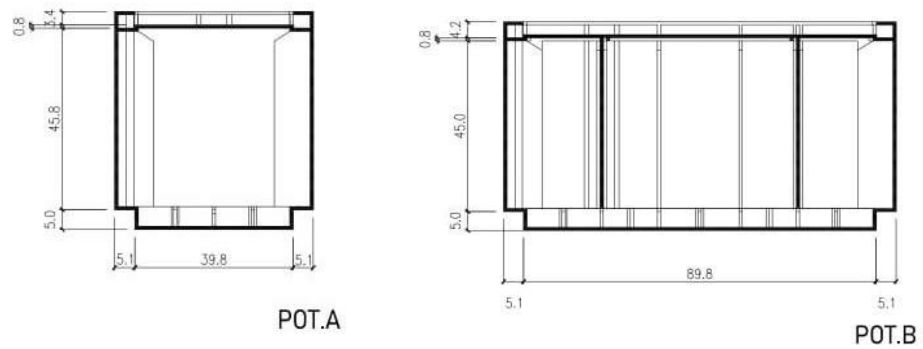
1. Tutup model bendung
2. Penguat tutup bendung
3. Kerangka model bendung
4. Slot stick model bendung
5. Tutup ulir model bendung (guna mengeluarkan isi pasir + air)
6. Perletakan sambungan bawah model bendung



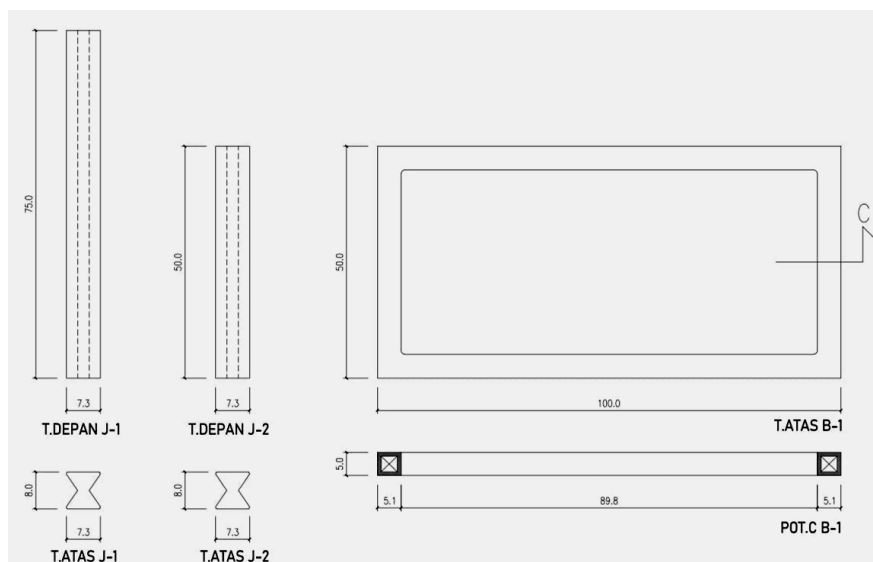
Gambar 3.3: Detail Bendung Tampak Depan dan Tampak Samping



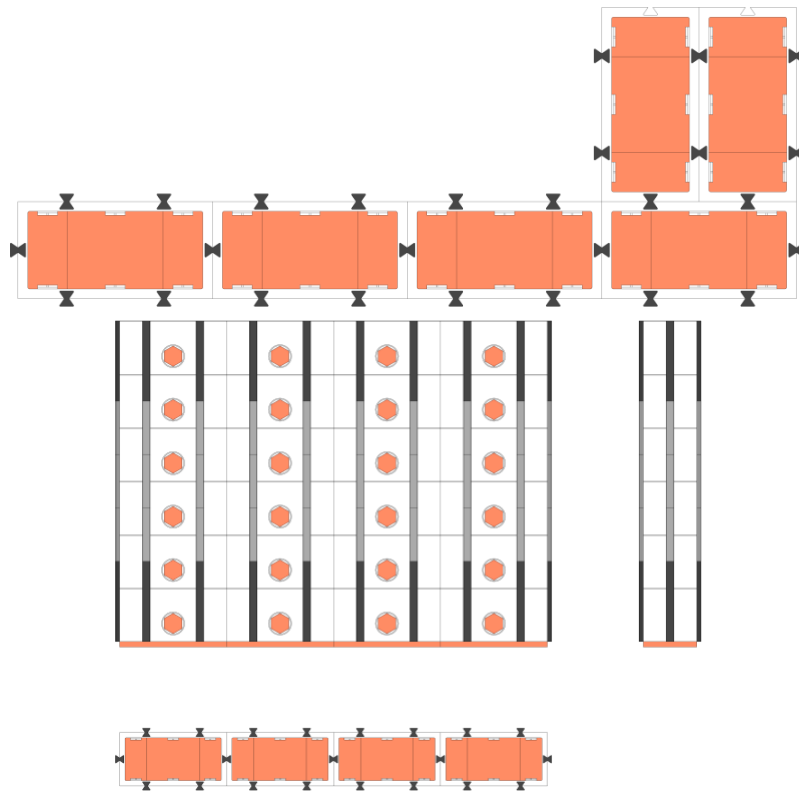
Gambar 3.4: Detail Bendung Tampak Atas (Dengan Tutup) dan (Tanpa Tutup)



Gambar 3.5: Detail Bendung Potongan A dan Pototongan B



Gambar 3.6: Detail Sambungan Bendung



Gambar 3.7: Model Pemasangan

- c. Pemasangan sensor (diver) yang dipasang didepan miniatur bendung yang menempel di kaca sirkuit kanal tertutup.

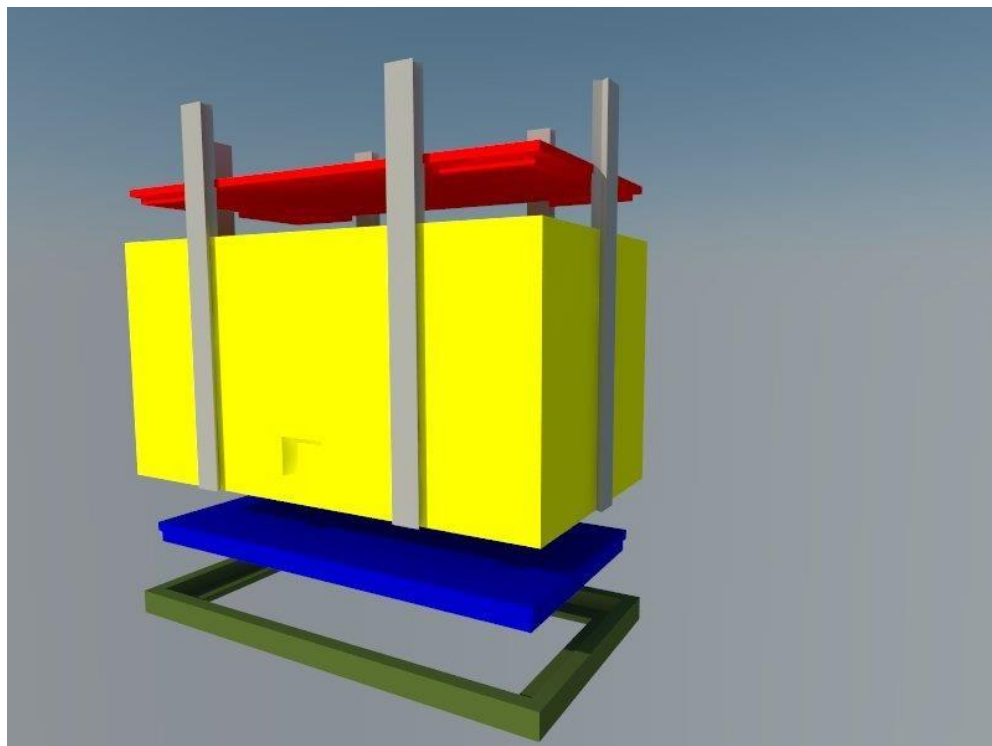


Gambar 3.8: Sensor Water Level



Gambar 3.9: Milimeter

- d. Mempersiapkan model di lengkapi material pasir dan air

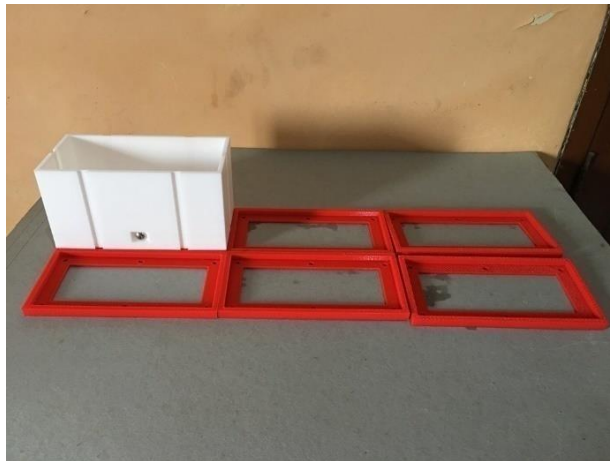


Gambar 3.10: Desain Gambar Miniature 3D

- e. Miniatur bendung barrier plastik berbahan resin PLA



Gambar 3.11: Model Miniatur Bendung Barrier Plastik



Gambar 3.12: Perletakan Model Miniatur Bendung Barrier Plastik



Gambar 3.13: Pemasangan Stick



Gambar 3.14: Pemasangan Miniature Bendung Barrier Plastik

3.3 Variabel Penelitian

Nilai numerik variabel yang biasanya didasarkan pengamatan, pengukuran atau varian dengan teknik pengumpulan data:

- a. Tinggi air di hulu dan di hilir
- b. Beban
- c. Stabilitas geser dan guling

3.4 Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan pada uji eksperimen laboratorium miniatur akan ditabulasikan dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, untuk mengetahui pengaruh dan tingkat keberhasilan bendung barrier plastik. Metode penelitian menggunakan deskriptif kuantitatif dengan skenario bentuk L dan I di isi menggunakan pasir + air & air

3.5 Bahan dan Peralatan Penelitian

1. Material Bendung Barrier Plastik Sesuai Pesanan yang Dikehendaki
2. Tandon

Tandon berfungsi mengisi kanal saluran dan menampung buangan air setelah bendung melimpas ke hilir dan disedotkann lagi ke sirkuit kanal saluran.



Gambar 3.15: Tandon

3. Pompa Pengisian ke Bendung dan Pengambilan dari Tandon

Fungsi pompa adalah menyedot air dari tandon yang dialirkan ke kanal saluran dan pengisian untuk mengembangkan tabung karet. Pemompaan air ke dalam tabung karet harus dilengkapi dengan instrumen pengontrol tekanan air. Kapasitas pompa untuk mengembangkan bendung yang telah ditentukan.



Gambar 3.16: Pompa Pengisian Air

4. Curent meter dan water level

Curent meter dan water level untuk mengukur tinggi muka air

5. Kanal Saluran

Bahan kaca yang digunakan untuk model penelitian sebagai media penampung aliran sesuai dengan mutu bahan yang digunakan sebagai bahan yang kedap air dan mempunyai perkerasan permukaan yang halus. Kondisi alur sungai diasumsikan memakai media kaca dengan pendekatan skalatis, untuk alur sungai.

- Memiliki aliran subkritik.
- Tidak terjadi sedimentasi yang sedemikian berat.
- Tidak mengangkut sedimen kasar.
- Aliran sungai tidak mengangkut sampah yang besar dan keras.
- Air sungai tidak mengandung limbah kimia.



Gambar 3.17: Kanal Sirkuit Tertutup

6. Plat Siku dan Baut Beserta Pemasangannya

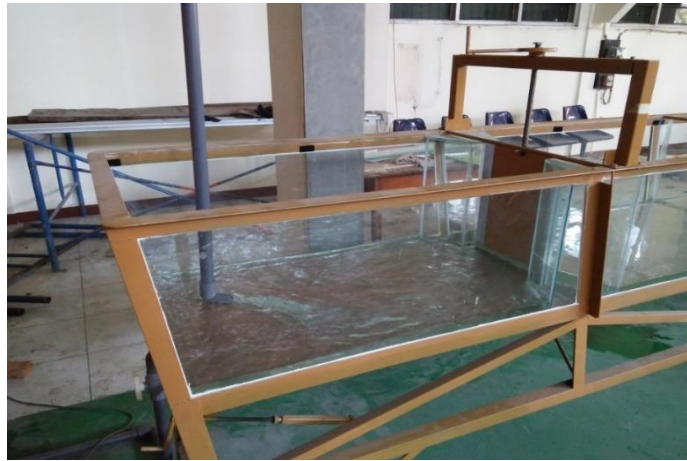
Plat siku digunakan untuk kerangka penopang sirkuit aliran yang terbuat dari kaca.

7. Pipa dan Instalasi Lainnya

Pipa saluran digunakan untuk menyalurkan air dari tandon ke dalam kanal saluran dan mengalirkan buangan air dihilir yang masuk ke tandon lagi.

8. Pintu Pengatur Elevasi

Pintu pengatur berfungsi untuk mengatur elevasi aliran dihilir adanya pintu satu dan mengatur air dihilir asumsi sebagai air pasang surut di pintu 2.



Gambar 3.18: Pintu Pengatur

9. Alat Ukur Debit

Alat ukur untuk menghitung kecepatan debit menggunakan current meter.

10. Komputer dan Printer

Sebagai alat untuk mengolah data dan penyajian data pada hasil pengujian atau simulasi yang disampaikan untuk pelaporan.

3.6 Data Sekunder

Data yang didapatkan secara tidak langsung yaitu dengan menggunakan data yang sebelumnya telah didapat oleh pihak lain. Untuk mendapatkan datasekunder, penulis melakukan pencarian kepada pihak-pihak terkait, berikut di antaranya:

- a. Journal peneliti terdahulu
- b. Prosiding peneliti terdahulu
- c. Kajian pustaka.

3.7 Instrumen Penelitian

Instrument yang digunakan adalah prototype bendung Barrier Plastik yaitu di isi pasir + air dengan bahan material bendung dari plastik dan uji coba simulasi aliran. Jenis-jenis pengujian dalam laboratorium yang dilakukan antara lain :

- a. Pengujian debit aliran
- b. Stabilitas bendung
- c. Efektivitas ikatan antar bendung (joint) dengan 4 skenario
- d. Bentuk bendung yang bervariasi.

3.8 Analisa Keamanan Bendung

Analisa keamanan bendung dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor diantaranya stabilitas bendung terhadap beban normal, analisa stabilitas bendung ditinjau pada dua macam keadaan yakni:

- a. Stabilitas bendung terhadap gaya guling.
- b. Stabilitas bendung terhadap gaya geser.

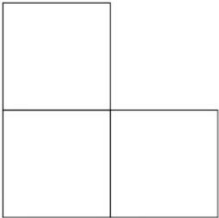
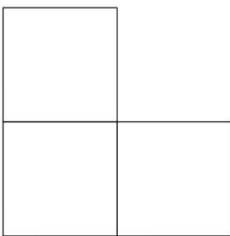
Dalam menganalisa kesetabilan pada kondisi di atas, maka penulis menggunakan pengolahan data sebagai alat bantu permodelan. Output dari pemodelan adalah berupa angka aman yang nantinya akan dikomparasikan dengan standar angka aman yang berlaku.

3.9 Tahap Persiapan dan Skala Model

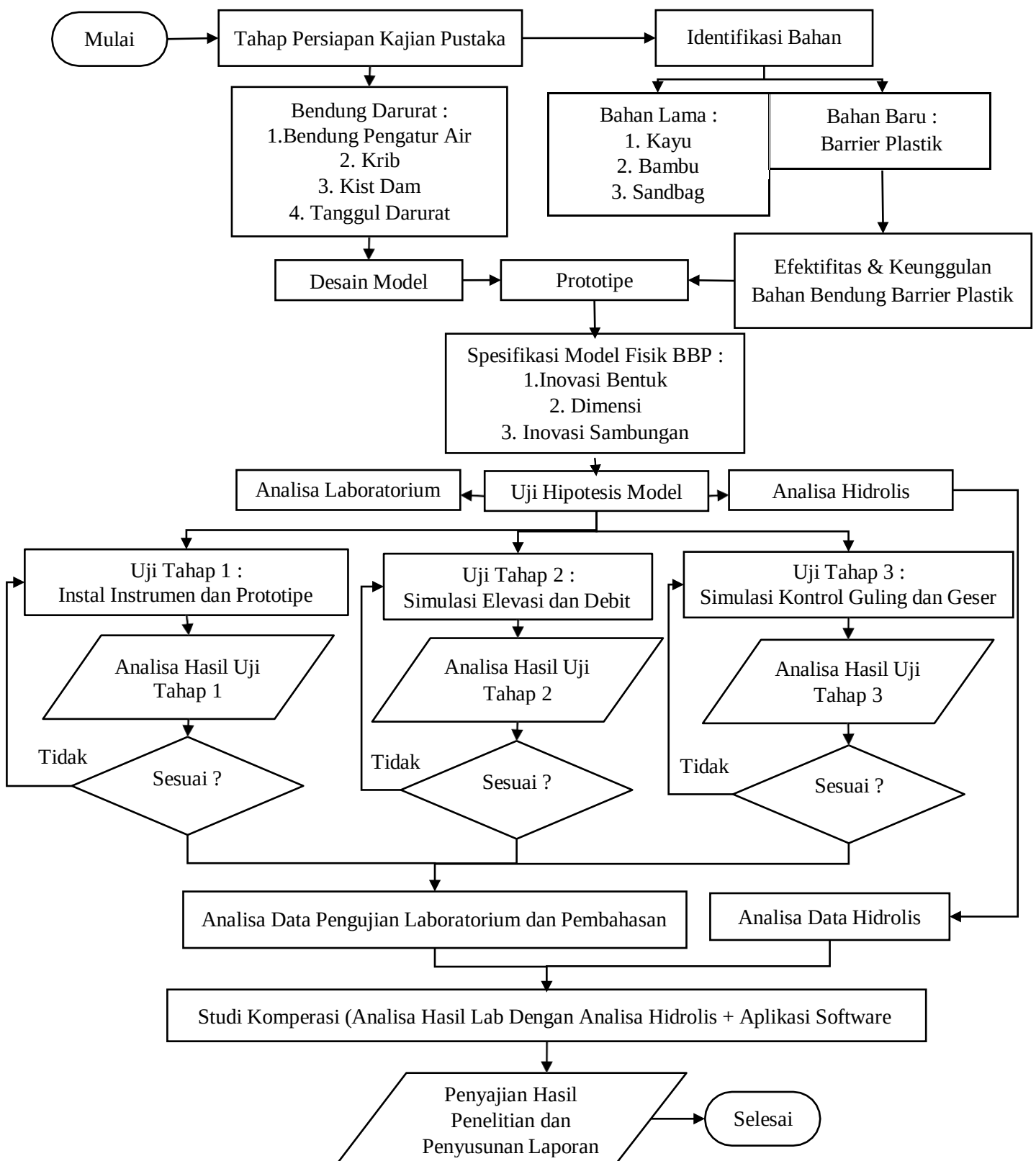
Pada tahapan ini akan dilakukan persiapan material dan alat uji yang akan digunakan. Pada persiapan material bendung Barrier Plastik yang akan digunakan untuk menentukan bahwa bahan yang digunakan sesuai dengan sifat-sifat sebagaimana persyaratan didalam penelitian. Untuk peralatan dalam pengecekan sifat-sifat bendung Barrier Plastik mengikuti skala model hidrolik dan model alat yang akan digunakan sesuai dengan batasan dalam penelitian yang akan digunakan. Model yang akan di uji dirangkai dan disusun berbentuk L dan I yang mudah diterapkan namun tetap harus memenuhi standart stabilitas keamanan guling maupun geser.

3.10 Tahapan Penelitian

Tabel 3.1: Tahap Penelitian

No	Pengujian	Keterangan
1.	Skenario bentuk L 	Tubuh bendung dirakit bentuk L di isi material (pasir + air). 9 Unit dengan ketinggian 20 cm.
2.	Skenario bentuk L 	Tubuh bendung dirakit bentuk L di isi material (air). 9 unit dengan ketinggian 20 cm.
3.	Skenario bentuk I 	Tubuh bendung dirakit bentuk I di isi material (pasir + air). 9 unit dengan ketinggian 30 cm.
4.	Skenario bentuk I 	Tubuh bendung dirakit bentuk I di isi material (air). 9 unit dengan ketinggian 30 cm.

MODEL BENDUNG BARRIER PLASTIK UNTUK PENANGANAN DARURAT BANJIR DAN PENGATUR ALIRAN



Gambar 3.19: Alur Penelitian

BAB IV

PENYAJIAN DATA EKSPERIMEN

4.1 Umum

Pemodelan bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran dengan menggunakan pengolahan data untuk perhitungan hidrostatis, maka didasarkan pada parameter-parameter statis maupun mekanis dari hasil didapatkan pengujian data primer yaitu data yang diperoleh dari uji laboratorium hidrolika UNISSULA dan hasil kajian literatur yang merupakan data sekunder.

Untuk pelaksanaan pemodelan bendung darurat barrier plastik arus ditinjau segi keamanan terhadap stabilitas bendung yaitu aman terhadap guling, aman terhadap geser. Pada pelaksanaan uji pemodelan di laboratorium hidrolika adalah sebagai berikut: after contruction (muka air kosong). Data pengujian lab dikomparasikan dengan analisa hidrolis.

Adapun tahap uji pemodelan bendung barrier plastik untuk darurat banjir dan pengatur aliran pada kanal sirkuit tertutup, sebagai berikut:

1. Penyusunan DED bak air dari kaca dengan ukuran panjang 6m, ketinggian 40 cm dilakukan di laboratorium hidrolika UNISSULA.
2. Sirkuit kanal tertutup di lengkapi bak kaca.
3. Percobaan penataan bendung pada sirkuit kanal tertutup.
4. Perakitan model bendung barrier plastik miniatur disusun dengan 4 skenario yaitu bentuk **L** (9 unit) dan bentuk **I** (9 unit) dengan ukuran per unit panjang 10 cm, tinggi 5 cm, lebar 5 cm dilengkapi alat pengikat (stik).
5. Uji bendung barrier plastik pertama berbentuk **L** (9 unit) di isi material (pasir + air).
6. Uji bendung barrier plastik ke dua berbentuk **L** (9 unit) di isi material (air).

7. Uji bendung barrier plastik ke ketiga berbentuk *I* (9 unit) di isi material (pasir + air).
 8. Uji bendung barrier plastik ke empat berbentuk *I* (9 unit) di isi material (air).
 9. Tubuh bendung diletakkan diatas pondasi cor kemudian pintu dibuka perlahan dengan pengamatan ketinggian elevasi yang diharapkan.
 10. Pengaturan elevasi air di hulu dengan setiap kenaikan 1 cm dilakukan pengamatan dan pencatatan current meter dan water level serta dilengkapi sensor geser arduino.
 11. Pengaliran secara continue dari hulu sampai ke arah hilir dengan pengaturan elevasi serta dilakukan pengamatan dan pencatatan.
 12. Dokumentasi uji laboratorium berupa secara foto dan video.
 13. Melakukan rekap data uji laboratorium dan analisis data.
- Uji labolatorium
- Sirkuit kanal tertutup yang digunakan uji labolatorium miniatur bendung barrier plastik dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1: Sirkuit Kanal Tertutup Dilengkapi Kerangka Bak Kaca

Persiapan uji eksperimen model bendung barrier plastik (dari bahan resin) dengan skalat miniature $b \times l \times h = 0,1 \times 0,2 \times 0,1$. Miniatur bendung plastik dicoba disusun dirangkai vertikal, horizontal menggunakan perletakan bawah dan stik joint sebagai pengikat antara tubuh bendung terlebih dahulu baik bentuk L maupun bentuk I seperti pada gambar 4.2 dan gambar 4.3. Serta persiapan uji eksperimen di labolatorium dihadiri oleh promotor dan co promotor sekaligus memberikan bimbingan pengarahan seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.2: Rangkaian Model Bendung Barrier Bentuk L (9 Unit)



Gambar 4.3: Percobaan Penataan Bendung Pada Sirkuit Kanal Tertutup



Gambar 4.4: Pengarahan Promotor dan Co Promotor

Berikut ini proses uji laboratorium miniatur bendung barrier plastik dengan mensimulasikan 4 skenario :

a. Uji laboratorium skenario 1

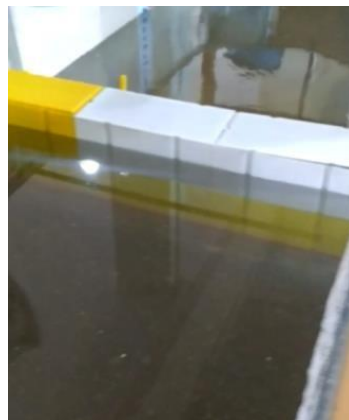
Uji model skenario 1 bendung miniatur disusun pada sirkuit kanal tertutup menyerupai huruf L terdiri dari 9 unit dengan ketinggian total 20 cm, setiap tubuh bendung miniatur diisi material pasir dengan air yang dapat dilihat pada gambar 4.5 untuk pengikat antar bendung menggunakan stik joint serta dipasang perletakan pada bagian bawah bendung miniatur. Setelah bendung miniatur tersusun bentuk L dan telah diisi material maka tubuh bendung di tutup yang dapat dilihat pada gambar 4.6 sehingga bendung miniatur bentuk L siap diuji. Tubuh bendung skenario 1 di uji dengan mengalirkan air dari hulu menuju hilir sampai air setinggi bendung skenario 1 aman terhadap gaya geser dan gaya guling yang dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.5: Pengisian Tubuh Bendung Skenario 1



Gambar 4.6: Skenario 1 Siap Diuji



Gambar 4.7: Air Setinggi Bendung Pada Skenario 1

b. Uji labolatorium skenario 2

Uji model skenario 2 bendung miniatur disusun pada sirkuit kanal tertutup menyerupai huruf L terdiri dari 9 unit dengan ketinggian total 20 cm, setiap tubuh bendung miniatur diisi material air yang dapat dilihat pada gambar 4.8 untuk pengikat antar bendung menggunakan stik joint serta dipasang perletakan pada bagian bawah bendung miniatur. Setelah bendung miniatur tersusun bentuk L dan telah diisi material maka tubuh bendung di tutup yang dapat dilihat pada gambar 4.9 sehingga bendung miniatur bentuk L siap diuji. Tubuh bendung skenario 2 di uji dengan mengalirkan air dari hulu menuju hilir, setelah ketinggian air mencapai setengah tinggi bendung seluruh tubuh bendung bentuk L isi air terbawa arus air yang dapat dilihat pada gambar 4.11



Gambar 4.8: Pengisian Tubuh
Bendung Skenario 2



Gambar 4.9: Skenario 2 Siap Diuji



Gambar 4.10: Ketinggian Air Pada
Skenario 2



Gambar 4.11: Tubuh Bendung
Skenario 2 Terbawa Arus

c. Uji labolatorium skenario 3

Uji model skenario 3 bendung miniatur disusun pada sirkuit kanal tertutup menyerupai huruf I terdiri dari 9 unit dengan ketinggian total 30 cm, setiap tubuh bendung miniatur diisi material pasir dengan air yang dapat dilihat pada gambar 4.12 untuk pengikat antar bendung menggunakan stik joint serta dipasang perletakan pada bagian bawah bendung miniatur. Setelah bendung miniatur tersusun bentuk I dan telah diisi material maka tubuh bendung di tutup yang dapat dilihat pada gambar 4.13 sehingga bendung miniatur bentuk I siap diuji. Tubuh bendung skenario 3 di uji dengan mengalirkan air dari hulu menuju hilir, setelah ketinggian air setinggi bendung tubuh bendung mulai miring seperti pada gambar 4.14 selang waktu ± 5 menit tubuh bendung skenario 3 roboh yang dapat dilihat pada gambar 4.15



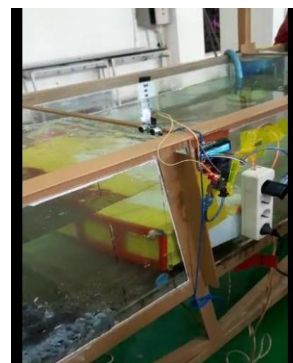
Gambar 4.12: Pengisian Tubuh Bendung Skenario 3



Gambar 4.13: Skenario 3 Siap Diuji



Gambar 4.14: Tubuh Bendung Skenario 3 Mengalami Kemiringan



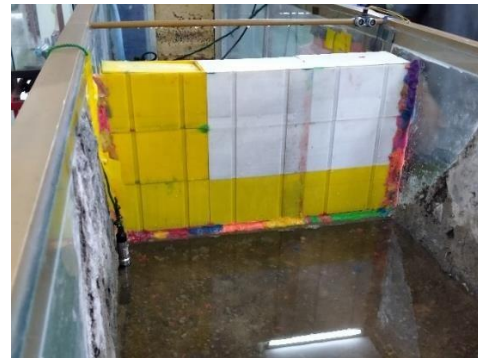
Gambar 4.15: Tubuh Bendung Skenario 3 Roboh

d. Uji labolatorium skenario 4

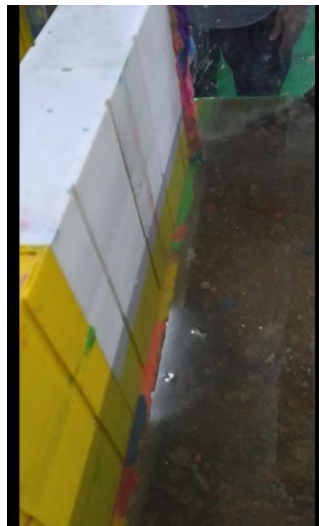
Uji model skenario 4 bendung miniatur disusun pada sirkuit kanal tertutup menyerupai huruf I terdiri dari 9 unit dengan ketinggian total 30 cm, setiap tubuh bendung miniatur diisi material air yang dapat dilihat pada gambar 4.16 untuk pengikat antar bendung menggunakan stik joint serta dipasang perletakan pada bagian bawah bendung miniatur. Setelah bendung miniatur tersusun bentuk I dan telah diisi material maka tubuh bendung di tutup yang dapat dilihat pada gambar 4.17 sehingga bendung miniatur bentuk I siap diuji. Tubuh bendung skenario 4 di uji dengan mengalirkan air dari hulu menuju hilir, setelah ketinggian air mencapai ketinggian yang dapat dilihat pada gambar 4.18 tubuh bendung bentuk I isi air roboh seperti gambar 4.19.



Gambar 4.16: Pengisian Tubuh Bendung Skenario 4



Gambar 4.17: Skenario 4 Siap Diuji



Gambar 4.18: Ketinggian Air Pada Skenario 4

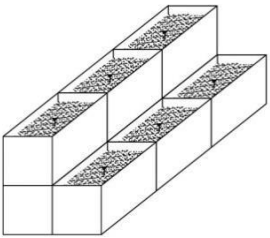


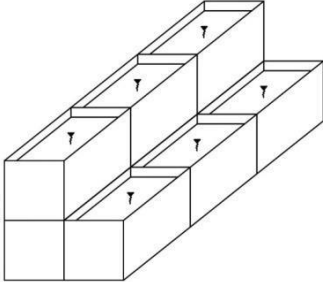
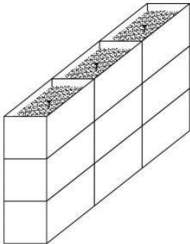
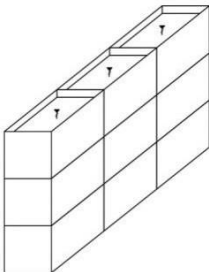
Gambar 4.19: Tubuh Bendung Skenario 4 Roboh

4.2 Data Pengamatan

Analisis stabilitas bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran haruslah dapat stabil terhadap gaya guling, gaya geser. Bendung barrier plastik yang di uji bukan merupakan bangunan struktur maka hanya di tinjau terhadap gaya geser dan gaya guling. Pada uji model bendung disimulasikan 4 skenario dengan total 9 unit barrier plastik di setiap skenario sebagai berikut:

Tabel 4.1: Pengamatan Uji Laboratorium

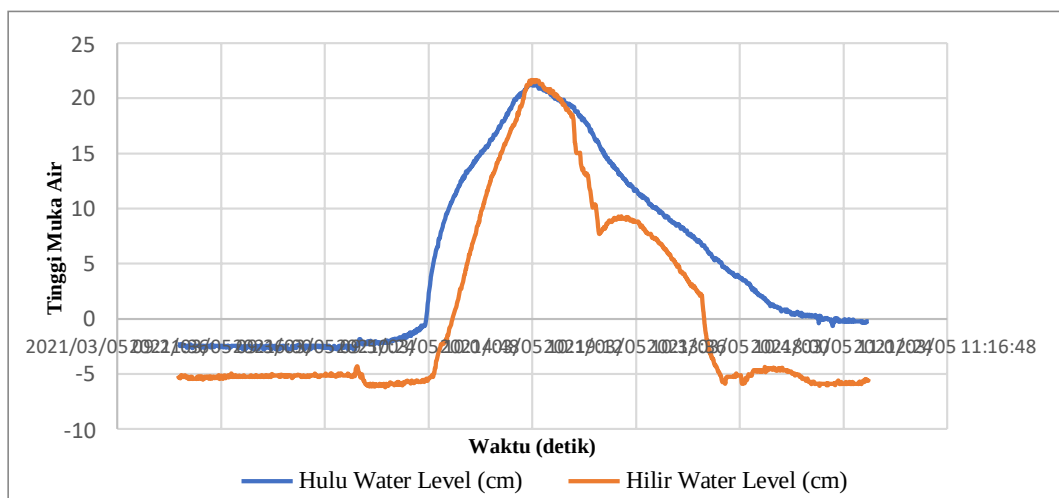
No	Pengujian	Pengamatan	Keterangan
1.	Pengisian bak 1 pada sirkuit kanal tertutup.	Dilakukan pengisian selama 15 menit bak terisi dengan ketinggian 30 cm x 1 m dengan beda tinggi di hulu 2 cm di hilir 5 cm, panjang sirkuit kanal tertutup 6 m (600 cm).	Kaca pada bak 1 tidak ambrol dan tidak terjadi kebocoran.
2.	Tubuh bendung dirakit bentuk <i>L</i> di isi material (pasir + air). 	Waktu pengamatan 34 menit sampai air melimpas bendung dengan beda tinggi hulu 21,65 cm, hilir 21,292 cm (terdapat kebocoran dikarenakan permukaan pondasi pada sirkuit tidak rata).	Stabil dan tidak guling, tidak geser.

No	Pengujian	Pengamatan	Keterangan
3.	Tubuh bendung dirakit bentuk L di isi material(air). 	Waktu pengamatan 16 menit 40 detik dengan beda tinggi hulu 15,383 cm, hilir 0,342 cm.	Pada ketinggian air 13 cm tubuh bendung mengalami pergeseran 0,7cm , setelah ketinggian air 16cm tubuh bendung hanyut mengikuti arus air.
4.	Tubuh bendung dirakit bentuk I di isi material (pasir + air). 	Waktu pengamatan 31 menit sampai air melimpas bendung dengan beda tinggi 30, 275 cm, hilir 29,817 cm (terdapat kebocoran dikarenakan permukaan pondasi pada sirkuit tidak rata).	Pada waktu 31 menit tubuh bendung aman, menit ke 32 - 35 menunjukkan (pergeseran 1,3 cm) dan menit ke 36 roboh.
5.	Tubuh bendung dirakit bentuk I di isi material (air). 	Waktu pengamatan 16 menit 35 detik dengan beda tinggi hulu 15,967 cm, hilir 1,742 cm.	Pada ketinggian sekitar 15,5 cm tubuh bendung roboh.

4.3 Hasil Uji Elevasi Air Hulu dan Hilir

Pada pengujian model bendung barrier plastik (miniatur) di laboratorium Unissula maka diperoleh data ketinggian air di hulu, ketinggian air di hilir berdasarkan waktu serta ditinjau pada kondisi air normal. Dari hasil data tersebut dapat dibuat grafik yang menunjukkan *low water level* sampai dengan *high meter level* serta menunjukkan kondisi bendung (miniatur) terhadap tekanan air sesuai dengan skenario 1 sampai dengan skenario 4.

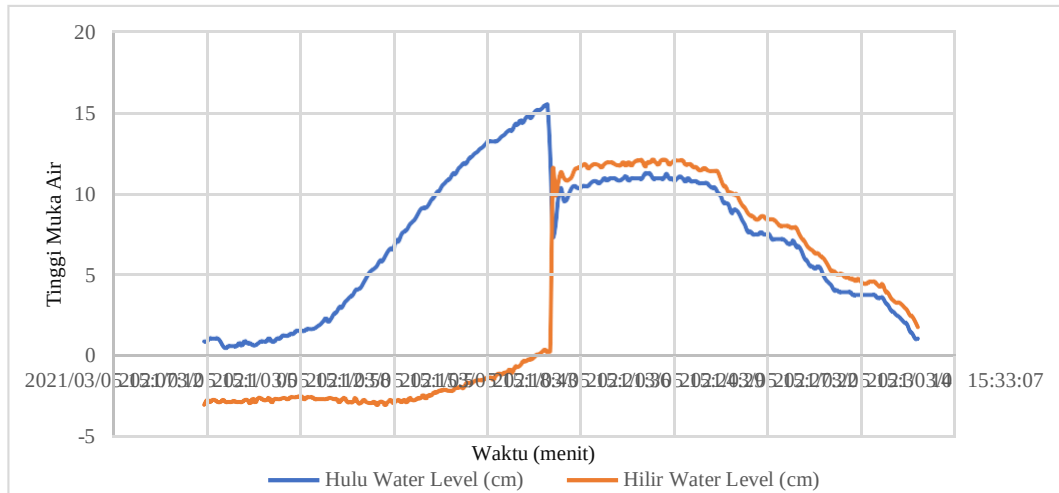
A. Data Hasil Uji Skenario 1 (L isi pasir + air) ada pada lampiran 5 dibuat grafik seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.20: Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 1)

Dari grafik gambar 4.20 dapat disimpulkan sebagai berikut:

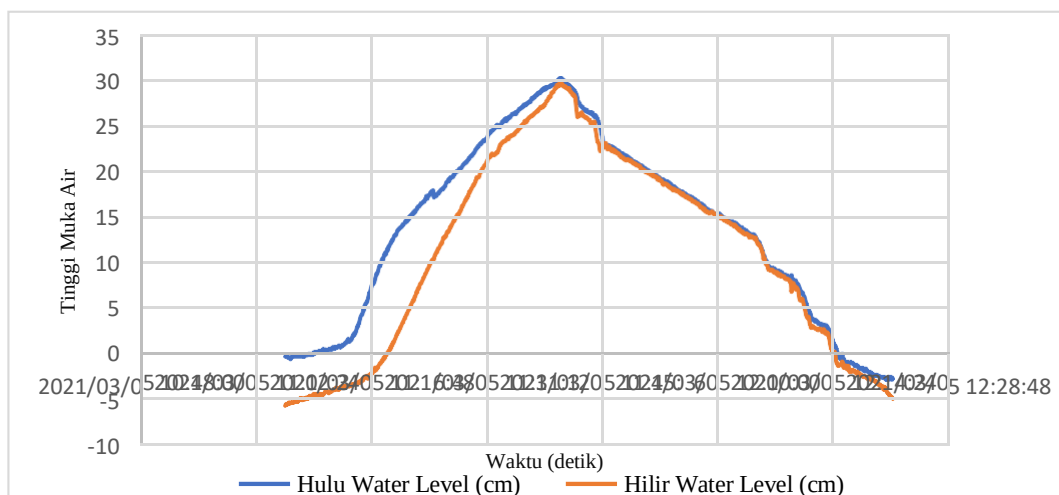
1. Skenario1 menunjukkan nilai elevasi bendung yang stabil pada air dari titik terendah hingga terjadi limpasan pada elevasi air di titik tertinggi bendung.
 2. Skenario 1 tetap stabil dan tidak mengalami pergeseran pada saat elevasi air melimpas.
 3. Kenaikan elevasi air di hulu dan hilir bendung secara bersamaan diakibatkan karena setelah dievaluasi ada penataan dasar sirkuit kanal tertutup yang belum rata.
- B. Data hasil uji Skenario 2 (L isi air) ada pada lampiran 5 dibuat grafik seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.21: Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 2)

Dari grafik gambar 4.21 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bendung skenario 2 mengalami ketidakstabilan dan pergeseran pada seluruh bagian bendung sekaligus.
 2. Skenario 2 menunjukkan ketidakmampuan bendung menahan air ketika elevasi air belum mencapai titik tertinggi bendung dimana elevasi air di hulu bendung 15,09 cm dan di hilir bendung 0,05 cm.
 3. Kemampuan bendung menahan air dari hulu terjadi selama jangka waktu 16 menit 40 detik.
- C. Data hasil uji skenario 3 (I isi pasir + air) ada pada lampiran 5 dibuat grafik seperti gambar di bawah ini :

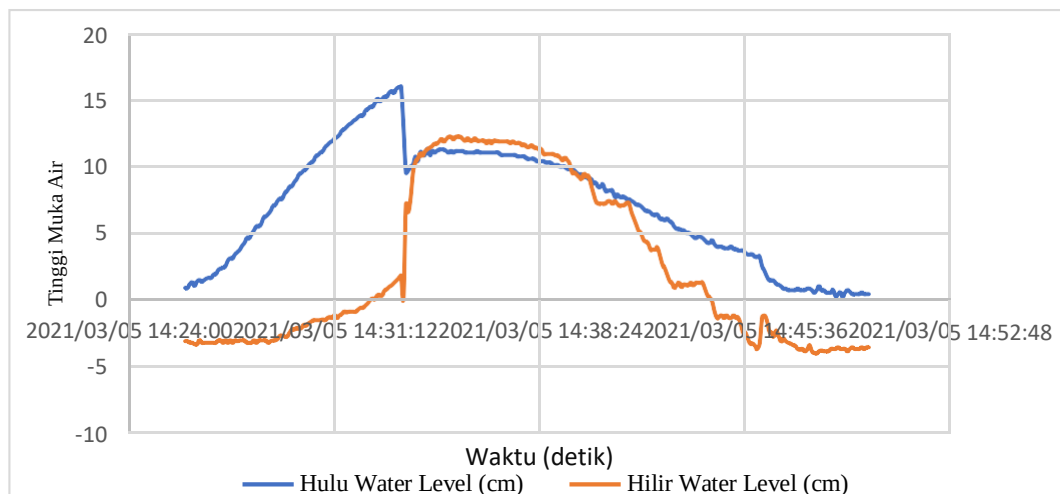


Gambar 4.22: Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 3)

Dari grafik gambar 4.22 dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Bendung skenario 3 mengalami ketidakstabilan pada saat elevasi air di hulu bendung mencapai titik tertinggi.
2. Skenario 3 menunjukkan ketidakmampuan bendung menahan air pada saat mencapai titik tertinggi bendung dengan elevasi 30,27 cm di hulu bendung dan 29,64cm di hilir bendung.
3. Kemampuan bendung menahan air dari hulu terjadi selama jangka waktu 31 menit.
4. Kenaikan elevasi air di hulu dan hilir bendung secara bersamaan diakibatkan karena adanya bocoran air yang masuk melalui bagian dasar bendung.

D. Data Hasil Uji Skenario 4 (I isi air) ada pada tabel 4.5 sebagai berikut:



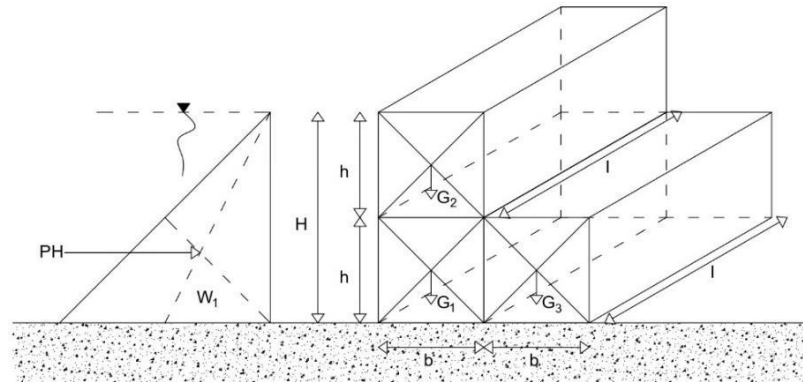
Gambar 4.23: Grafik Hasil Analisa Elevasi Air Bendung (Skenario 4)

Dari grafik gambar 4.23 dapat disimpulkan:

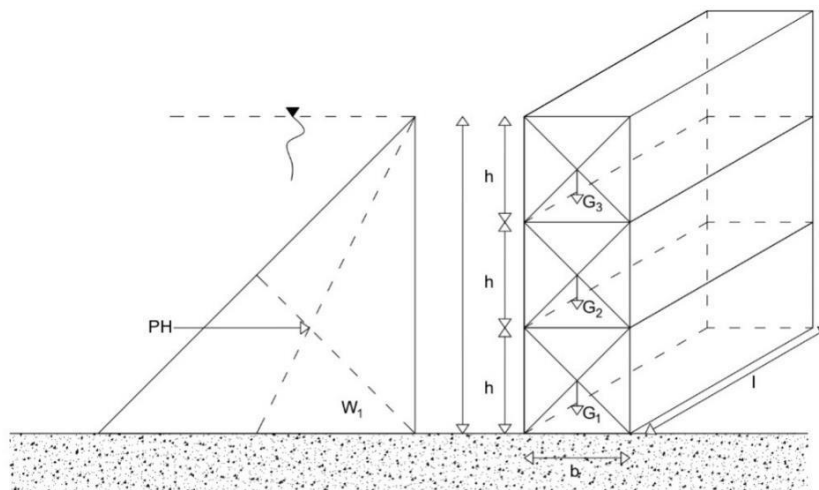
1. Bendung skenario 4 mengalami ketidakstabilan dan pergeseran pada seluruh bagian bendung sekaligus.
2. Skenario4 menunjukkan ketidakmampuan bendung menahan air ketika elevasi air belum mencapai titik tertinggi bendung dimana elevasi air di hulu bendung 14,51 cm dan di hilir bendung 0,11 cm
3. Kemampuan bendung menahan air dari hulu terjadi selama jangka waktu 16 menit 35 detik.

4.4 Skema Gaya dan Stabilitas Miniatur

Bendung Barrier Plastik ini harus stabil terhadap gaya guling, gaya geser dan daya dukung tanah. Tubuh Bendung Barrier Plastik memiliki beban vertikal berasal dari berat pasir + air.



Gambar 4.24: Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk L)



Gambar 4.25: Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk I)

ket:

- $h = 0,1$ m (tinggi)
- $b = 0,1$ m (lebar)
- $l = 0,2$ m (panjang)

Agar

bendung barrier plastik tetap

stabil maka harus memenuhi:

1. Stabilitas guling / kontrol guling:

$$s_f = \frac{(MT)}{(MG)} > 1,5 \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana:

S_f = Safety Faktor (>1,5)

MT = Jumlah Momen Tahan

MG = Jumlah Momen Guling

2. Stabilitas geser / kontrol terhadap geser :

$$S_f = \frac{(f \cdot \sum RV)}{(\sum RH)} > 1,5 \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana:

S_f = Safety Faktor (>1,2)

f = Gaya Geser

$\sum RV$ = Jumlah Gaya Vertikal

$\sum RH$ = Jumlah Gaya Horizontal

Tabel 4.2: Nilai Kekasaran Dinding

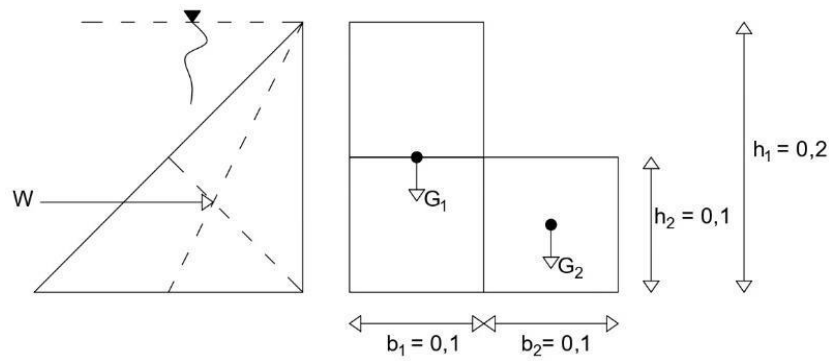
F	Bahan
0,75	Pasangan batu
0,50	Kerikil
0,40	Pasir
0,30	Lempung

4.5 Analisa Stabilitas (Miniatur)

Pada perhitungan stabilitas (miniatur) bendung barrier plastik dengan metode analitis maka akan diperoleh suatu nilai angka keamanan guling dan angka keamanan geser terhadap tumpuan berdasarkan kekasaran dinding tanah.

4.5.1 Skema Gaya Dimensi Miniatur Bentuk L

Skema gaya bentuk L isi pasir+air dan bentuk L isi air untuk skenario 1 dan 2 sesuai gambar 4.26.



Gambar 4.26: Skema Gaya Skenario 1 Bentuk L Dimensi Miniatur

A. Analisa Stabilitas Skenario 1 (L isi pasir+air) Dimensi Miniatur

1. Stabilitas guling

a. Momen Tahan

$$\text{Gaya Vertikal} = \text{Luas} \times \gamma_b$$

$$= (b \times h) \times 1,99$$

$$\text{Jarak } G_1 = \frac{b_1}{2} + b_2, \quad \text{Jarak } G_2 = \frac{b_2}{2}$$

$$\text{Momen Tahan } G_1 = \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G_1$$

$$= 0,04 \times 0,15 = 0,006 \text{ t.m}$$

$$\text{Momen Tahan } G_2 = \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G_2$$

$$= 0,02 \times 0,05 = 0,001 \text{ t.m}$$

$$\Sigma MT = MT_{G_1} + MT_{G_2}$$

$$= 0,006 + 0,001 = 0,007 \text{ t.m}$$

b. Momen Guling

$$\text{Gaya Horizontal} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0,2^2$$

$$= 0,02 \text{ t}$$

$$\text{Jarak} = \frac{h}{3} = \frac{0,2}{3} = 0,067$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$MG = \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak}$$

$$= 0,02 \times 0,067 = 0,0013 \text{ t.m}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$Sf_{guling} = \frac{\sum MT}{MG} = \frac{0,007}{0,0013} = 5,25$$

2. Stabilitas geser skenario 1 (L isi pasir + air) dimendi miniatur terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model nomerik.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\sum V = b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b$$

c. Stabilitas geser :

$$Sf_{geser} = \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f(b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b)}{\frac{1}{2} \gamma_w h^2}$$

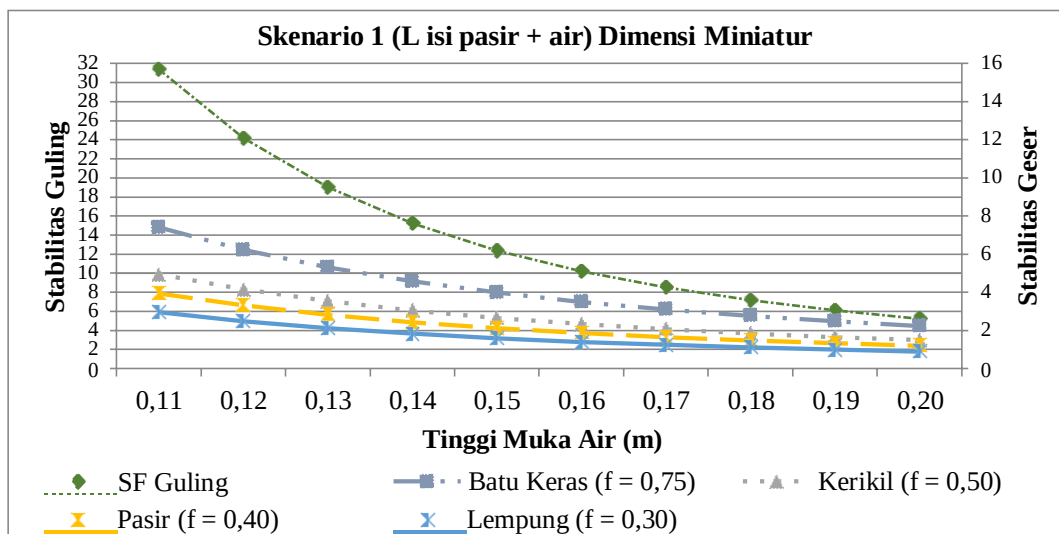
$$= \frac{2f}{h^2} b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,75$:

$$Sf_{geser} = \frac{2 \cdot 0,75}{0,20^2} 0,10 \cdot 0,20 \cdot 1,99 + 0,10 \cdot 0,1 \cdot 1,99$$

$$= 2,24$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 1 dimensi miniatur dapat dilihat pada tabel 1.1 di lampiran 1 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.27: Grafik Stabilitas Guling dan Geser Skenario 1 Dimensi Miniatur

B. Analisa Stabilitas Skenario 2 (L isi air) Dimensi Miniatur

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$Gaya\ Vertical = Luas \times \gamma_w$$

$$= (b \times h) \times 1$$

$$Jarak\ G_1 = \frac{b_1}{2} + b_2', \quad Jarak\ G_2 = \frac{b_2}{2}$$

$$Momen\ Tahan\ G_1 = Gaya\ Vertikal \times Jarak\ G_1$$

$$= 0,02 \times 0,15 = 0,003\ t.m$$

$$Momen\ Tahan\ G_2 = Gaya\ Vertikal \times Jarak\ G_2$$

$$= 0,01 \times 0,05 = 0,0005\ t.m$$

$$\Sigma MT = MT\ G_1 + MT\ G_2$$

$$= 0,003 + 0,0005 = 0,0035\ t.m$$

b. Momen Guling

$$Gaya\ Horizontal = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0,2^2$$

$$= 0,02\ t$$

$$Jarak = \frac{h}{3} = \frac{0,20}{3} = 0,067$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$MG = Gaya\ Horizontal \times Jarak$$

$$= 0,02 \times 0,067 = 0,0013\ t.m$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$Sfguling = \frac{\Sigma MT}{MG} = \frac{0,0035}{0,0013} = 2,63$$

2. Stabilitas Geser skenario 2 (L isi air) dimensi miniatur terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\Sigma H = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2$$

- b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum V = b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w$$

- c. Stabilitas geser :

$$Sf_{geser} = \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f(b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w)}{\frac{1}{2} \gamma h^2}$$

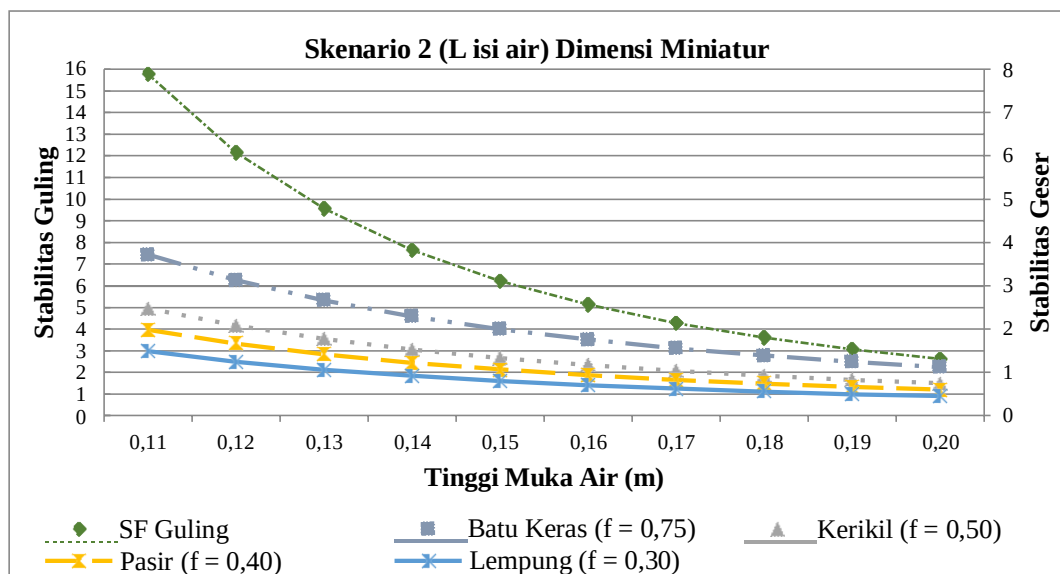
$$= \frac{2f}{h^2} b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,75$:

$$Sf_{geser} = \frac{2 \cdot 0,75}{0,20^2} 0,10 \cdot 0,20 \cdot 1 + 0,10 \cdot 0,1 \cdot 1$$

$$= 1,13$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 2 dimensi miniatur dapat dilihat pada tabel 1.2 di lampiran 1 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.28: Grafik Stabilitas Guling dan Geser Skenario 2 Dimensi Miniatur

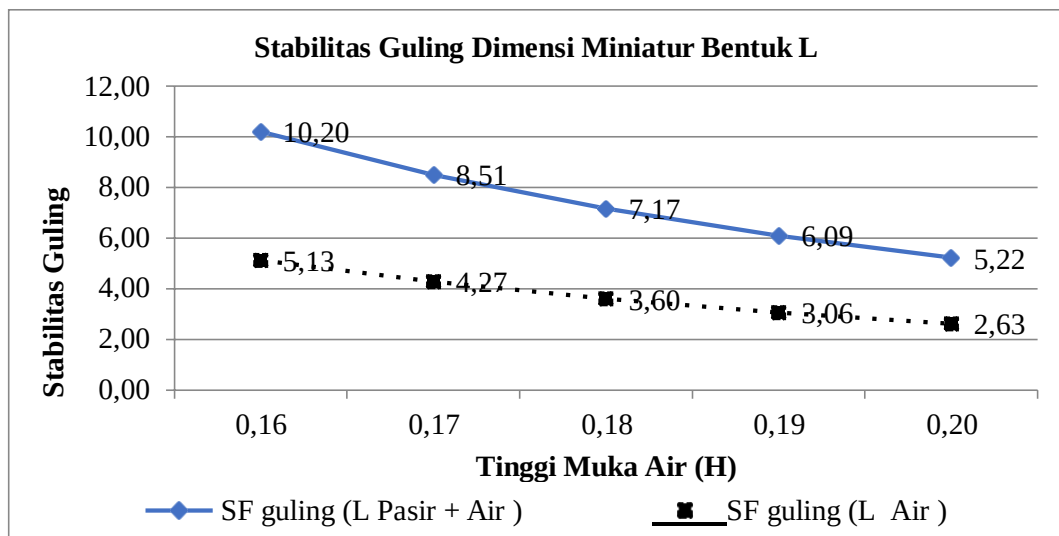
- C. Perbandingan stabilitas guling dan geser dalam model grafik dimensi miniatur (bentuk L)

1. Grafik stabilitas guling dimensi minatur bentuk L

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas guling dimensi miniatur bentuk L isi pasir + air dan L isi air dapat dibuat grafik pada gambar 4.29 berdasarkan tabel 1.1 dan tabel 1.2 pada lampiran 1.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 1 (L isi pasir + air) $S_{fguling} = 5,22$ [aman terhadap guling]
- Skenario 2 (L isi air) $S_{fguling} = 2,63$ [aman terhadap guling]



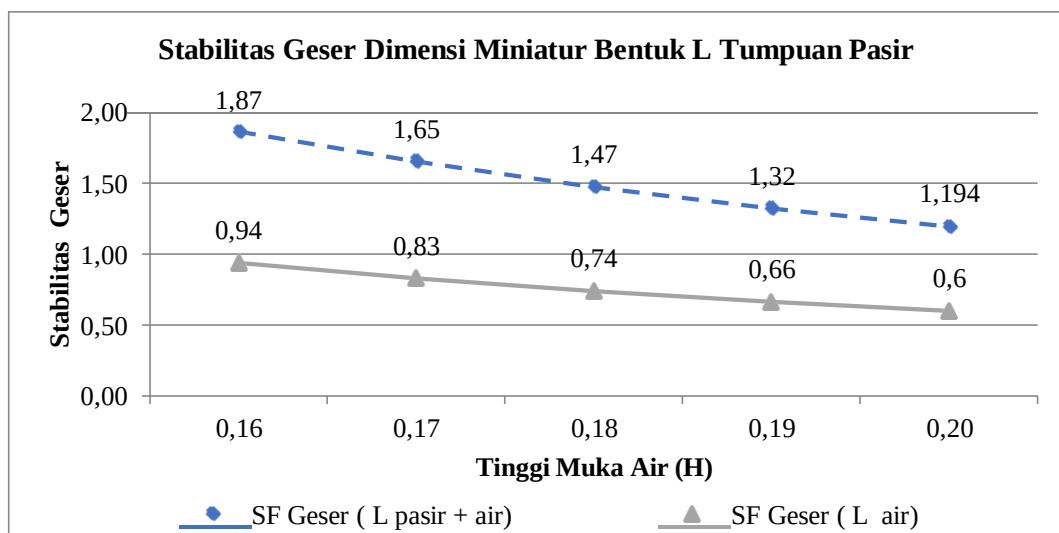
Gambar 4.29: Grafik Stabilitas Guling Dimensi Miniatur Bentuk L

2. Grafik stabilitas geser dimensi miniatur bentuk L tumpuan pasir

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi miniatur L isi pasir + air dan L isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 4.30 berdasarkan tabel 1.1 dan tabel 1.2 pada lampiran 1

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 1 (L isi pasir + air) $S_{fgeser} = 1,19$ [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 2 (L isi air) $S_{fgeser} = 0,60$ [tidak aman terhadap geser]



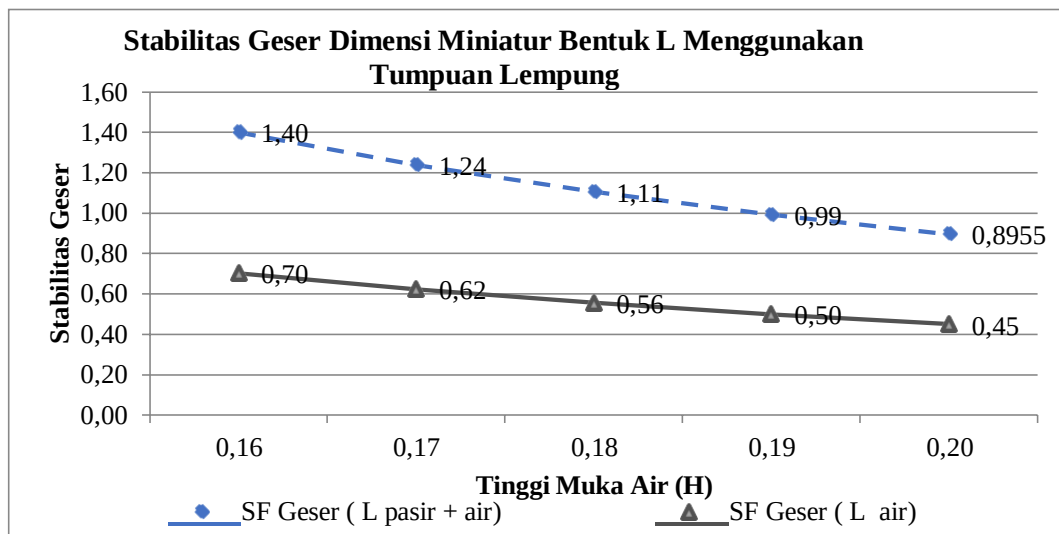
Gambar 4.30: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk L Tumpuan Pasir

3. Grafik stabilitas geser dimensi miniatur bentuk L tumpuan lempung

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi miniatur L isi pasir + air dan L isi air tumpuan lempung dapat dibuat grafik pada gambar 4.31 berdasarkan tabel 1.1 dan tabel 1.2 pada lampiran 1

Pada kondisi air setinggi bendung :

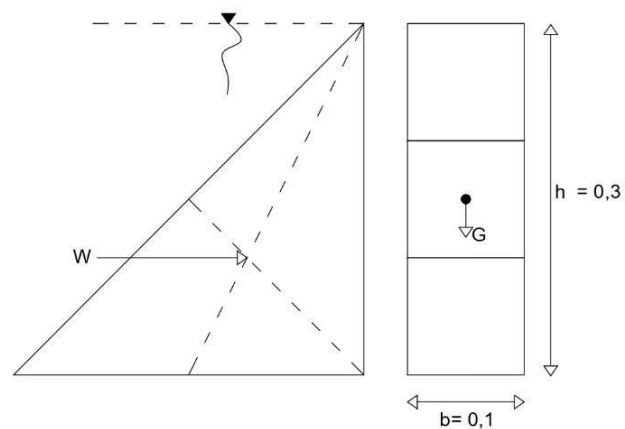
- Skenario 1 (L isi pasir + air) $Sf_{geser} = 0,89$ [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 2 (L isi air) $Sf_{geser} = 0,45$ [tidak aman terhadap geser]



Gambar 4.31: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk L Tumpuan Lempung

4.5.2 Skema Gaya Dimensi Miniatur Bentuk I

Skema gaya bentuk I isi pasir+air dan bentuk I isi Air untuk skenario 3 dan 4 sesuai gambar 4.32



Gambar 4.32: Skema Gaya Skenario Bentuk I Dimensi Miniatur

A. Analisa Stabilitas Skenario 3 (I Isi Pasir + Air) Dimensi Miniatur

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$\begin{aligned} \text{Gaya Vertikal} &= \text{Luas} \times \gamma_b \\ &= (b \times h) \times 1,99 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } G = \frac{b}{2}$$

$$\begin{aligned} MT &= \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G \\ &= 0,06 \times 0,05 = 0,003 \text{ t.m} \end{aligned}$$

b. Momen Guling

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horizontal} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1.0,30^2 \\ &= 0,045 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak} = \frac{h}{3} = \frac{0,30}{3} = 0,100$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 0,045 \times 0,100 = 0,0045 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$Sfguling = \frac{MT}{MG} = \frac{0,003}{0,0045} = 0,66$$

2. Stabilitas Geser skenario 3 (I isi pasir + air) dimensi miniatur terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\sum V = b \cdot h \cdot \gamma_b$$

c. Stabilitas geser :

$$Sf_{geser} = \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f \cdot b \cdot \gamma_{b.h}}{\frac{1}{2} \gamma_b \cdot h^2}$$

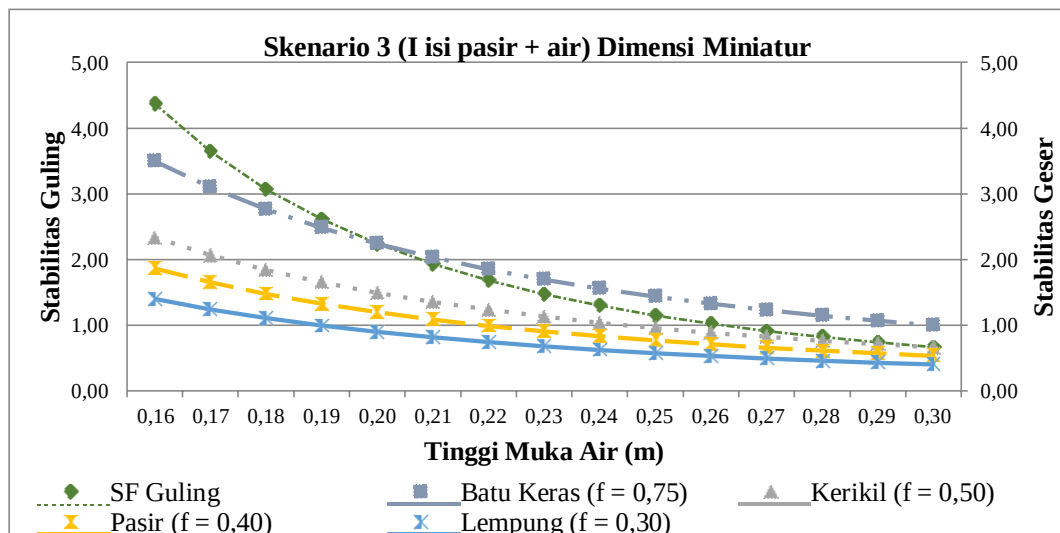
$$= \frac{2 \cdot f}{h^2} (b \cdot \gamma_b \cdot h)$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,75$:

$$Sf_{geser} = \frac{2 \cdot 0,75}{0,30^2} (0,1 \cdot 1,99 \cdot 0,3)$$

$$= 1,00$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 3 dimensi miniatur dapat dilihat pada tabel 1.3 di lampiran 1 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.33: Grafik Stabilitas Guling dan Geser Skenario 3 Dimensi Miniatur

B. Analisa Stabilitas Skenario 4 (I Isi Air) Dimensi Miniatur

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$Gaya\ Vertikal = Luas \times \gamma_w$$

$$= (b \times h) \times 1$$

$$Jarak\ G = \frac{b}{2}$$

$$MT = Gaya\ Vertikal \times Jarak\ G$$

$$= 0,03 \times 0,05 = 0,002\ t.m$$

b. Momen Guling

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horizontal} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1.0,30^2 \\ &= 0,045 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak} = \frac{h}{3} = \frac{0,30}{3} = 0,100$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 0,045 \times 0,100 = 0,0045 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$Sf_{guling} = \frac{MT}{MG} = \frac{0,002}{0,0045} = 0,33$$

2. Stabilitas geser skenario 4 (I isi air) dimensi miniatur terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\sum V = b \cdot h \cdot \gamma_w$$

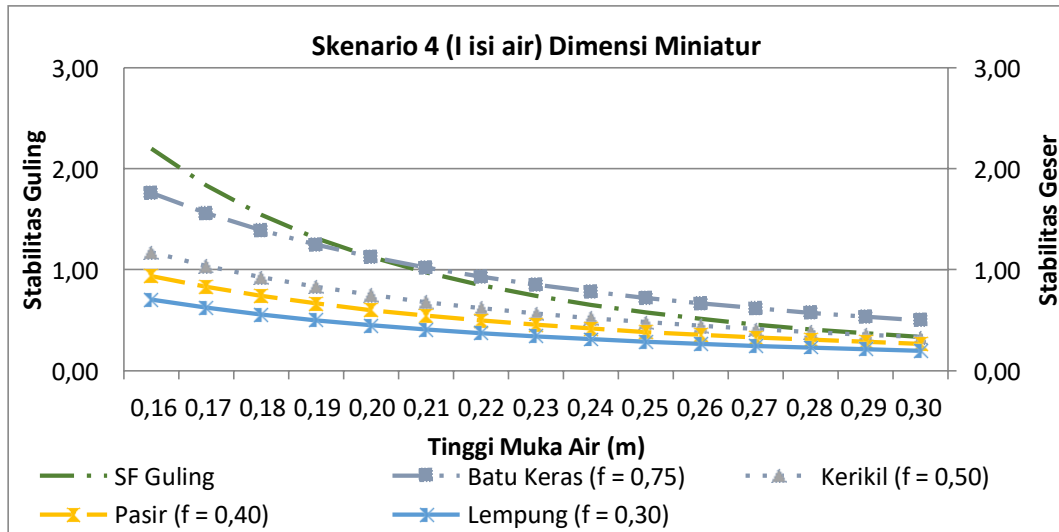
c. Stabilitas geser :

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f \cdot b \cdot \gamma_{b.h}}{\frac{1}{2} \gamma_b \cdot h^2} \\ &= \frac{2 \cdot f}{h^2} (b \cdot \gamma_w \cdot h) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan f = 0,75:

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{2 \cdot 0,75}{0,30^2} (0,1 \cdot 1 \cdot 0,3) \\ &= 0,54 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 4 dimensi miniatur dapat dilihat pada tabel 1.4 di lampiran 1 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.34: Grafik Stabilitas Guling dan Geser Skenario 4 Dimensi Miniatur

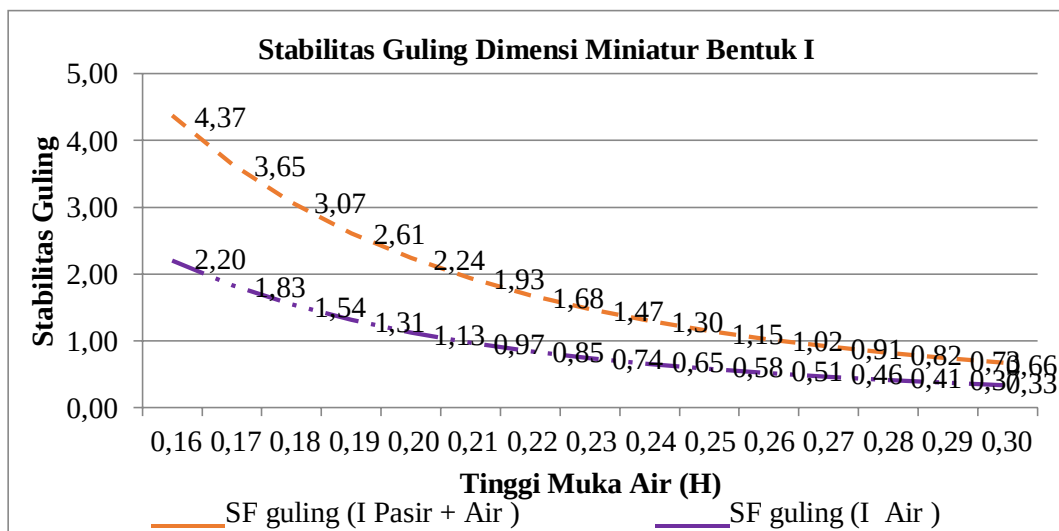
C. Perbandingan stabilitas guling dan geser dalam model grafik dimensi miniatur (bentuk I)

1. Grafik stabilitas guling dimensi miniatur bentuk I

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas guling dimensi miniature bentuk I isi pasir + air dan I isi air dapat dibuat grafik pada gambar 4.35 berdasarkan tabel 1.3 dan tabel 1.4 pada lampiran 1

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) Sfguling = 0,66 [tidak aman terhadap guling]
- Skenario 4 (I isi air) Sfguling = 0,33 [tidak aman terhadap guling]



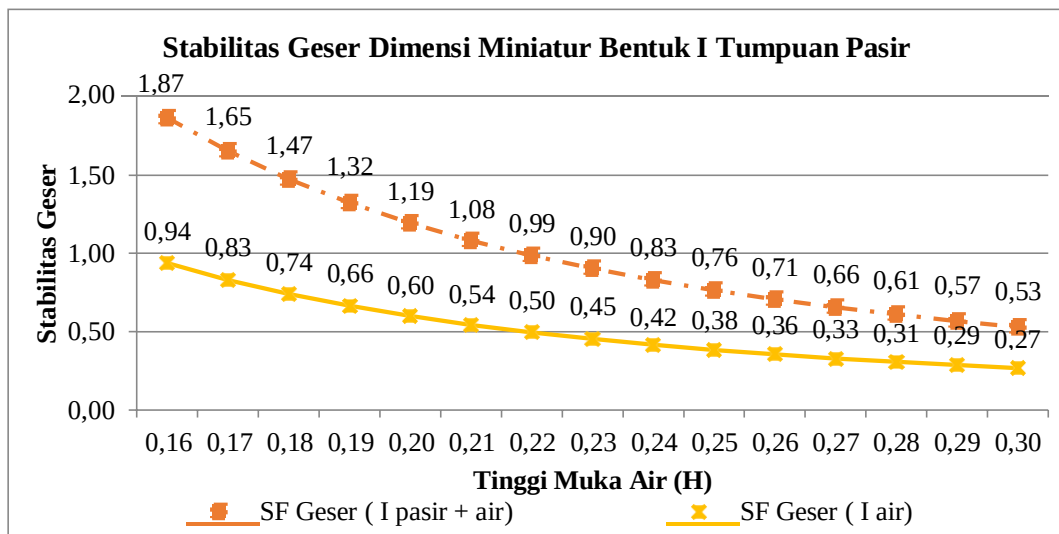
Gambar 4.35: Grafik Stabilitas Guling Dimensi Miniatur Bentuk I

2. Grafik stabilitas geser dimensi miniatur bentuk I tumpuan pasir

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi miniatur bentuk I isi pasir + air dan I isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 4.36 berdasarkan tabel 1.3 dan tabel 1.4 pada lampiran 1

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) $Sf_{geser} = 0,53$ [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 4 (I isi air) $Sf_{guling} = 0,27$ [tidak aman terhadap guling]



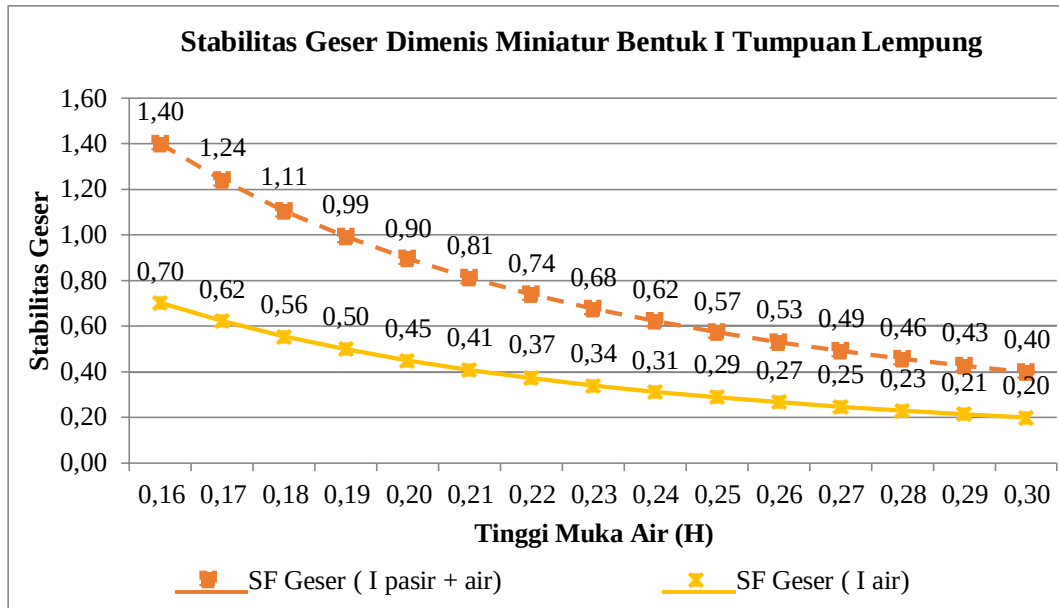
Gambar 4.36: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk I Tumpuan Pasir

3. Grafik stabilitas geser dimensi miniature bentuk I tumpuan lempung

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi miniatur bentuk I isi pasir + air dan I isi air tumpuan lempung dapat dibuat grafik pada gambar 4.37 berdasarkan tabel 1.3 dan tabel 1.4 pada lampiran 1

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) $Sf_{geser} = 0,40$ [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 4 (I isi air) $Sf_{geser} = 0,20$ [tidak aman terhadap geser]



Gambar 4.37: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Miniatur Bentuk I Tumpuan Lempung

4.5.3 Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Dimensi Miniatur

Berdasarkan rekapitulasi tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa:

1. Analisa stabilitas guling bentuk L isi (pasir+air) maupun L isi (air) dinyatakan aman, dan analisa stabilitas geser bentuk L isi (pasir+air) pada tumpuan berdasarkan kekasaran dinding (pasangan batu) dan tumpuan kerikil dinyatakan aman, sedangkan pada tumpuan pasir dan lempung dinyatakan tidak aman, adapun bentuk L isi (air) untuk stabilitas geser tidak aman.
2. Analisa stabilitas guling dan geser bentuk I (pasir+air) dan I (air) dinyatakan tidak aman.

Tabel 4.3: Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Geser Dimensi Miniatur

Bentuk	HWL (m)	Sfguling ≥1,5	Sfgeser ≥1,5			
			Batu Keras	Kerikil	Pasir	Lempung
L (pasir+air)	0,20	5,25 (A)	2,24 (A)	1,49 (A)	1,19 (TA)	0,90 (TA)
L (air)	0,20	2,63 (A)	1,13 (TA)	0,75 (TA)	0,60 (TA)	0,45 (TA)

Bentuk	HWL (m)	Sfguling $\geq 1,5$	Sfgeser $\geq 1,5$			
			Batu Keras	Kerikil	Pasir	Lempung
I (pasir+air)	0,30	0,66 (TA)	1,00 (TA)	0,66 (TA)	0,53 (TA)	0,40 (TA)
I (air)	0,30	0,33 (TA)	0,50 (TA)	0,33 (TA)	0,27 (TA)	0,20 (TA)

Keterangan:

A= Aman

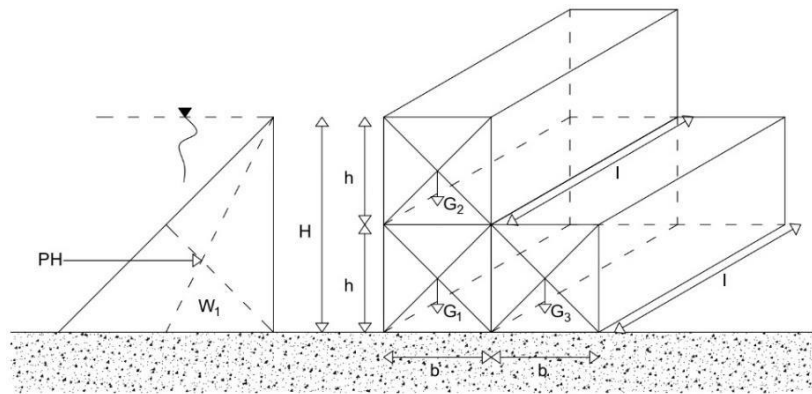
TA= Tidak Aman

BAB V

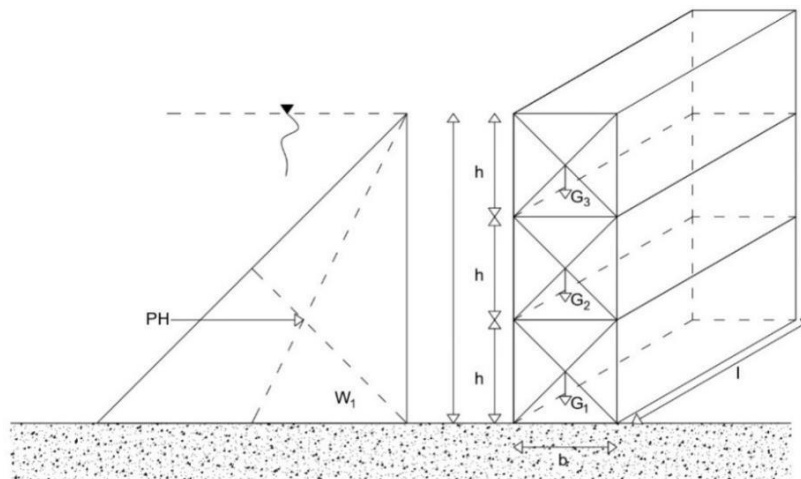
HASIL PEMBAHASAN PENELITIAN

5.1 Analisa Stabilitas Dimensi Prototipe

Dari uji laboratorium dan analisa stabilitas dimensi miniatur maka dikembangkan dan disesuaikan dengan dimensi prototipe. Skema gaya dimensi prototipe sebagai berikut:



Gambar 5.1: Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk L)



Gambar 5.2: Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk I)

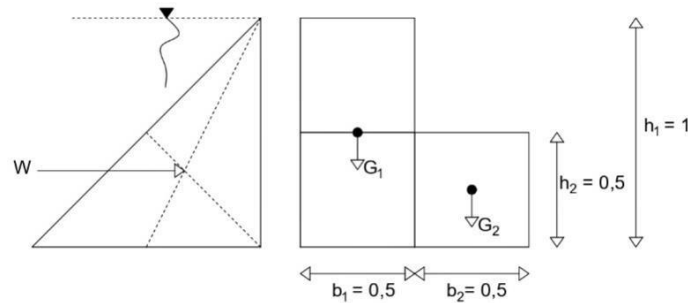
Ket :

- $h = 0,5$ m (tinggi)
- $b = 0,5$ m (lebar)
- $l = 1$ m (panjang)

Pada perhitungan stabilitas (Prototipe) bendung barrier plastik dengan metode analitis maka akan diperoleh suatu nilai angka keamanan guling dan angka keamanan geser terhadap tumpuan berdasarkan kekasaran dinding tanah.

5.1.1 Skema Gaya Dimensi Prototipe Bentuk L

Skema gaya bentuk L isi (pasir+air) dan bentuk L isi (air) untuk skenario 1 dan 2 sesuai gambar 5.3



Gambar 5.3: Skema Gaya Skenario Bentuk L Dimensi Prototipe

A. Analisa Stabilitas Skenario 1 (L Isi Pasir + Air) Dimensi Prototipe

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$\text{Gaya Vertikal} = \text{Luas} \times \gamma_b$$

$$= (b \times h) \times 1,99$$

$$\text{Jarak } G_1 = \frac{b_1}{2} + b_2, \quad \text{Jarak } G_2 = \frac{b_2}{2}$$

$$\text{Momen Tahan } G_1 = \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G_1$$

$$= 1 \times 0,75 = 0,75 \text{ t.m}$$

$$\text{Momen Tahan } G_2 = \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G_2$$

$$= 0,50 \times 0,25 = 0,12 \text{ t.m}$$

$$\Sigma MT = MT G_1 + MT G_2$$

$$= 0,75 + 0,12 = 0,87 \text{ t.m}$$

b. Momen Guling

$$\text{Gaya Horizontal} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,00^2$$

$$= 0,5 \text{ t}$$

$$Jarak = \frac{h}{3} = \frac{1,00}{3} = 0,33$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 0,5 \times 0,33 = 0,167 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$Sfguling = \frac{\sum MT}{MG} = \frac{0,87}{0,167} = 5,22$$

2. Stabilitas Geser skenario 1 (L isi pasir + air) dimensi prototipe terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum V = b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b$$

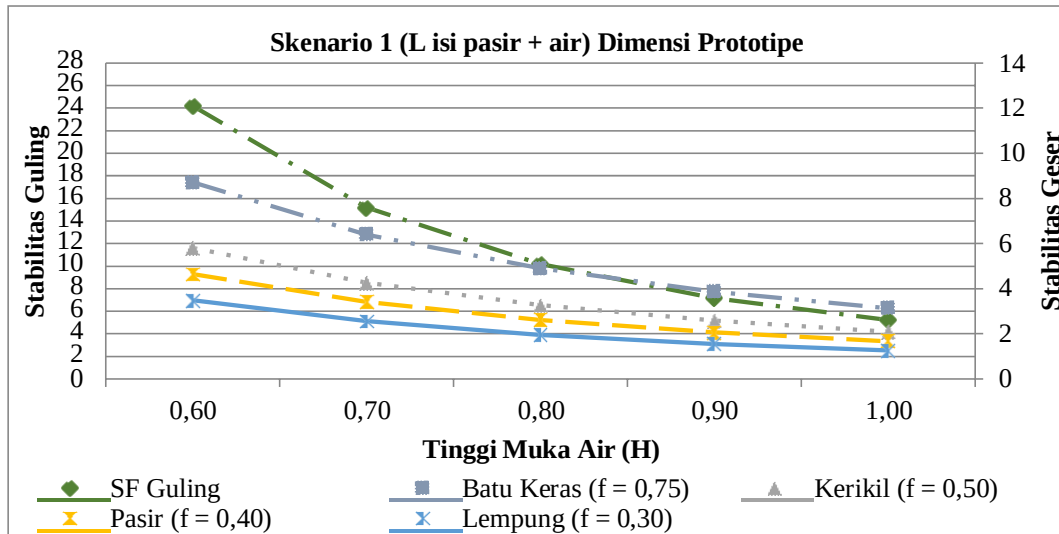
c. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Sfgeser &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f(b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b)}{\frac{1}{2} \gamma_w h^2} \\ &= \frac{2f}{h^2} (b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,75$:

$$\begin{aligned} Sfgeser &= \frac{2 \cdot 0,75}{1^2} (0,50 \cdot 1 \cdot 1,99 + 0,50 \cdot 0,5 \cdot 1,99) \\ &= 2,24 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 1 dimensi prototipe dapat dilihat pada tabel 2.1 di lampiran 2 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.4: Grafik Stabilitas Guling dan Geser Skenario 1 Dimensi Prototipe

B. Analisa Stabilitas Skenario 2 (L isi Air) Dimensi Prototipe

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$Gaya\ Vertikal = Luas \times \gamma_w$$

$$= (b \times h) \times 1$$

$$Jarak\ G_1 = \frac{b_1}{2} + b_2, \quad Jarak\ G_2 = \frac{b_2}{2}$$

$$Momen\ Tahan\ G_1 = Gaya\ Vertikal \times Jarak\ G_1 \\ = 0,50 \times 0,75 = 0,38\ t.m$$

$$Momen\ Tahan\ G_2 = Gaya\ Vertikal \times Jarak\ G_2 \\ = 0,25 \times 0,25 = 0,06\ t.m$$

$$\Sigma MT = MT\ G_1 + MT\ G_2 \\ = 0,38 + 0,06 = 0,44\ t/m$$

b. Momen Guling

$$Gaya\ Horizontal = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\ = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,00^2 \\ = 0,5\ t$$

$$Jarak = \frac{h}{3} = \frac{1,00}{3} = 0,33$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 0,5 \times 0,33 = 0,167 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$SF_{guling} = \frac{\sum MT}{MG} = \frac{0,44}{0,167} = 2,64$$

2. Stabilitas Geser skenario 2 (L isi air) dimensi prototipe terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

- a. Total Gaya Horizontal

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2$$

- b. Total Gaya Vertikal

$$\sum V = b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w$$

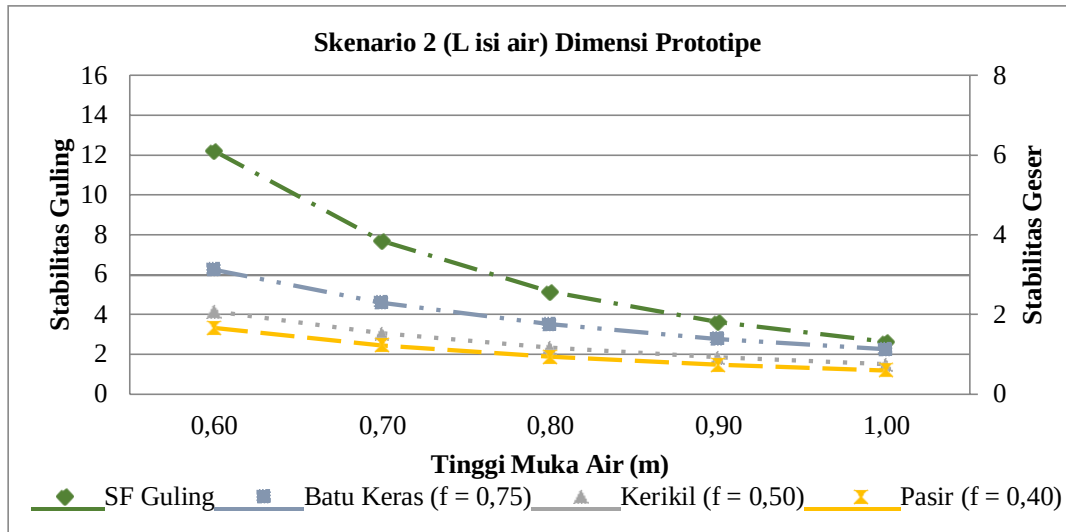
- c. Total Gaya Vertikal

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f(b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w)}{\frac{1}{2} \gamma h^2} \\ &= \frac{2f}{h^2} (b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,75$:

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{2 \cdot 0,75}{1^2} (0,50 \cdot 1 \cdot 1 + 0,50 \cdot 0,5 \cdot 1) \\ &= 1,13 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 2 dimensi prototipe dapat dilihat pada tabel 2.2 di lampiran 2 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.5: Grafik Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Skenario 2 Dimensi Prototipe

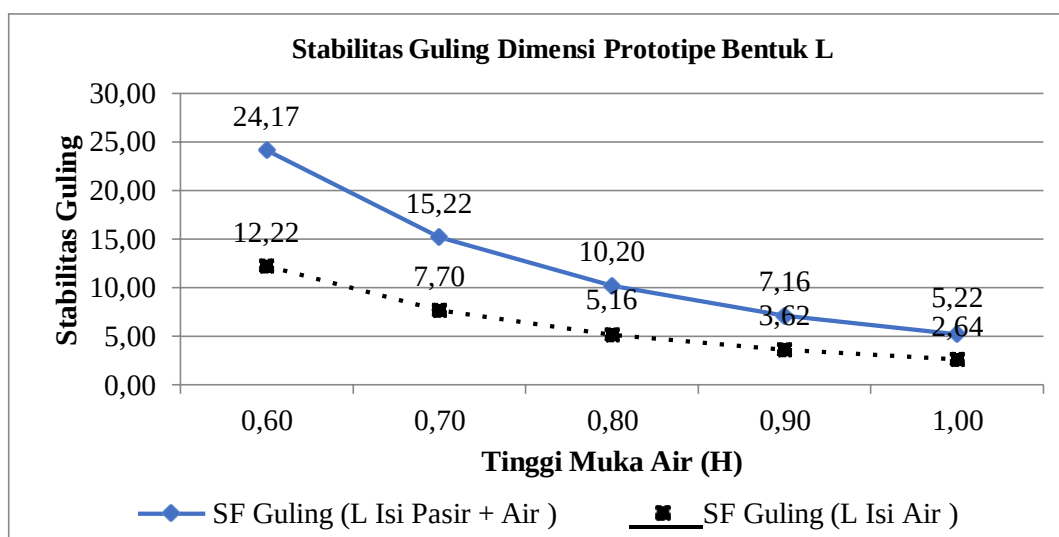
C. Perbandingan stabilitas guling dan geser dalam model grafik dimensi prototipe (bentuk L)

1. Grafik stabilitas guling dimensi prototipe bentuk L

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas guling dimensi prototipe bentuk L isi pasir + air dan L isi air dapat dibuat grafik pada gambar 5.6 berdasarkan tabel 2.1 dan tabel 2.2 pada lampiran 2.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 1 (L isi pasir + air) SF guling = 5,22 [aman terhadap guling]
- Skenario 2 (L isi air) SF guling = 2,64 [aman terhadap guling]



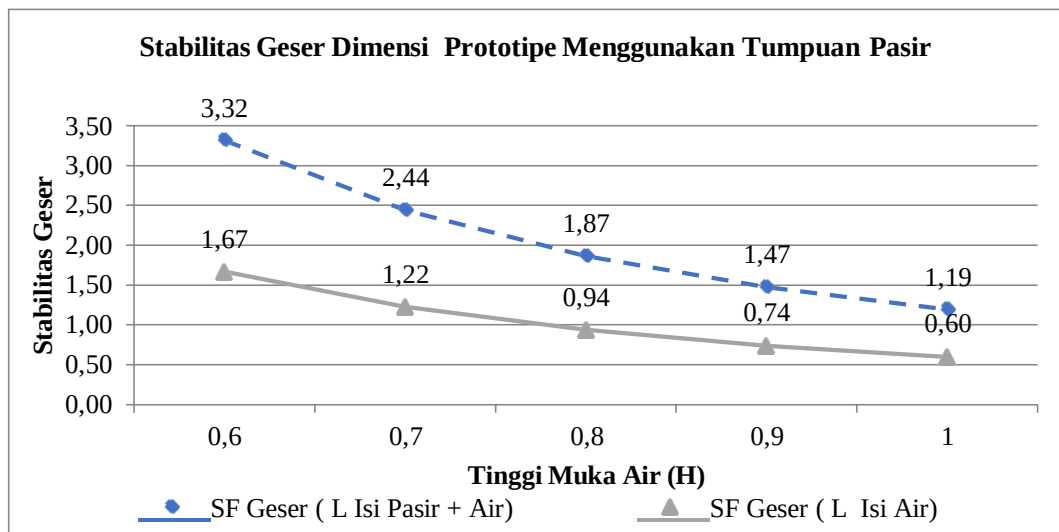
Gambar 5.6: Grafik Stabilitas Guling Dimensi Prototipe Bentuk L

2. Grafik stabilitas geser dimensi prototipe bentuk L tumpuan pasir

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi prototipe bentuk L isi pasir + air dan L isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 5.7 berdasarkan tabel 2.1 dan tabel 2.2 pada lampiran 2.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 1 (L isi pasir + air) SF geser = 1,19 [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 2 (L isi air) SF geser = 0,60 [tidak aman terhadap geser]



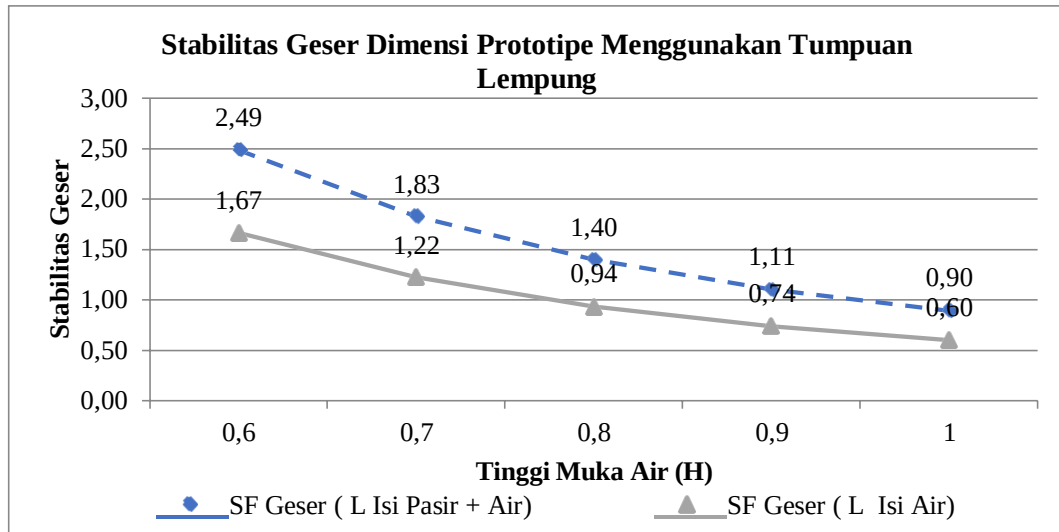
Gambar 5.7: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Prototipe Bentuk L Tumpuan Pasir

3. Grafik stabilitas geser dimensi prototipe bentuk L tumpuan lempung

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi prototipe bentuk L isi pasir + air dan L isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 5.8 berdasarkan tabel 2.1 dan tabel 2.2 pada lampiran 2.

Pada kondisi air setinggi bendung :

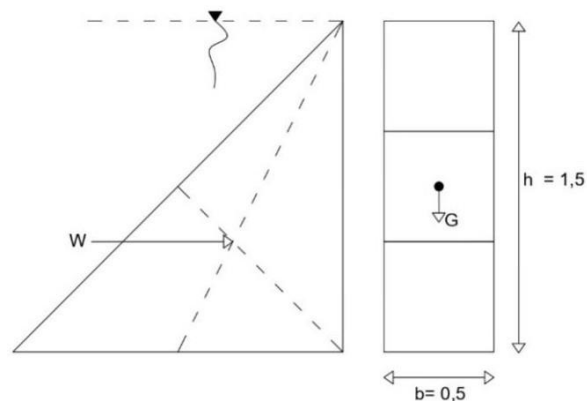
- Skenario 1 (L isi pasir + air) SF geser = 0,90 [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 2 (L isi air) SF geser = 0,60 [tidak aman terhadap geser]



Gambar 5.8: Grafik Stabilitas Gecer Dimensi Prototipe Bentuk L Tumpuan Lempung

5.1.2 Skema Gaya Dimensi Prototipe Bentuk I

Skema gaya bentuk I isi pasir+air dan bentuk I isi air untuk skenario 3 dan 4 sesuai gambar 5.9



Gambar 5.9: Skema Gaya Skenario Bentuk I Dimensi Prototipe

A. Analisa Stabilitas Skenario 3 (I isi pasir + air) dimensi prototipe

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Vertikal} &= \text{Luas} \times \gamma_b \\
 &= (b \times h) \times 1,99 \\
 \text{Jarak } G &= \frac{b}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MT &= \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G \\
 &= 1,49 \times 0,25 = 0,37 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

b. Momen Guling

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horizontal} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,50^2 \\ &= 1,13 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak} = \frac{h}{3} = \frac{1,50}{3} = 0,50$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 1,13 \times 0,50 = 0,56 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$SF_{\text{guling}} = \frac{MT}{MG} = \frac{0,37}{0,56} = 0,66$$

2. Stabilitas Geser skenario 3 (I isi pasir + air) dimensi prototipe terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut :

$$\sum V = b \cdot h \cdot \gamma_b$$

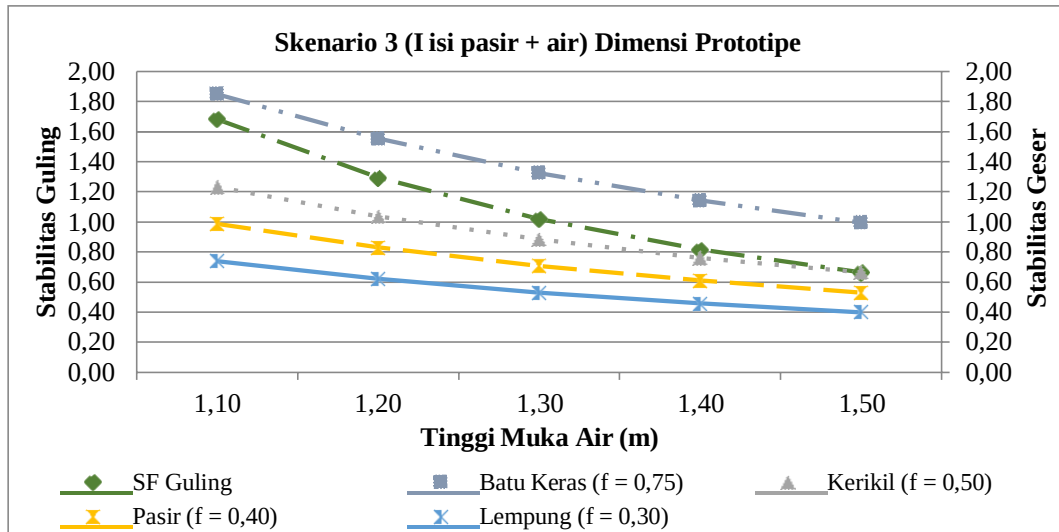
c. Stabilitas geser

$$\begin{aligned} Sf_{\text{geser}} &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f \cdot b \cdot \gamma_b \cdot h}{\frac{1}{2} \gamma_w \cdot h^2} \\ &= \frac{2 \cdot f}{h} (b \cdot \gamma_b) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,75$:

$$\begin{aligned} Sf_{\text{geser}} &= \frac{2 \cdot 0,75}{1,50} (0,5 \cdot 1,99 \cdot 1,5) \\ &= 1,00 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 3 dimensi miniatur dapat dilihat pada tabel 2.3 di lampiran 2 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.10: Grafik Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Skenario 3 Dimensi Prototipe

B. Analisa Stabilitas Skenario 4 (I isi air) dimensi prototipe

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$\begin{aligned} \text{Gaya Vertikal} &= \text{Luas} \times \gamma_w \\ &= (b \times h) \times 1 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } G = \frac{b}{2}$$

$$\begin{aligned} MT &= \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G \\ &= 0,75 \times 0,25 = 0,19 \text{ t.m} \end{aligned}$$

b. Momen Guling

$$\begin{aligned} \text{Gaya Horizontal} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,50^2 \\ &= 1,13 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak} = \frac{h}{3} = \frac{1,50}{3} = 0,50$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 1,13 \times 0,50 = 0,56 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$SF_{guling} = \frac{MT}{MG} = \frac{0,19}{0,56} = 0,33$$

2. Stabilitas Geser skenario 4 (I isi air) dimensi prototipe terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum V = b \cdot h \cdot \gamma_w$$

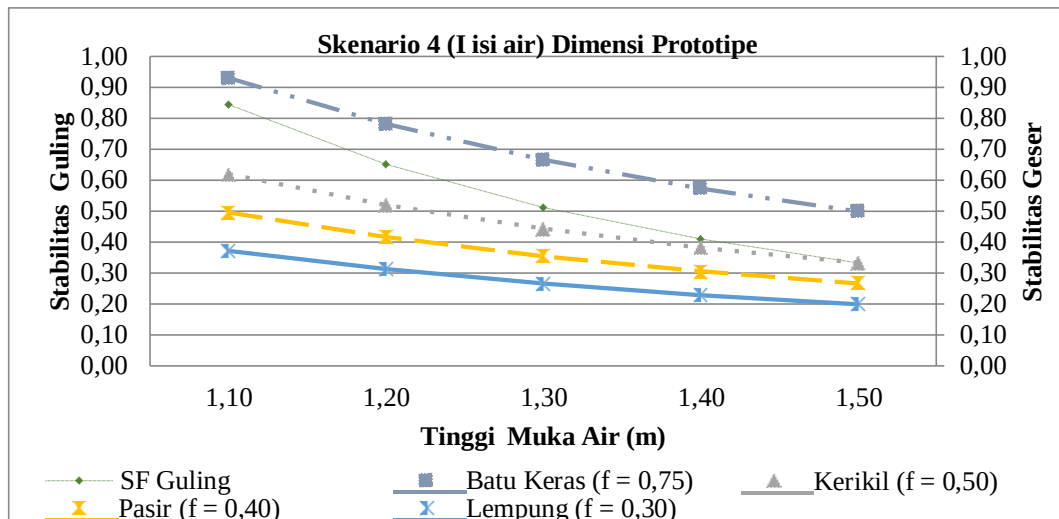
c. Stabilitas geser

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f \cdot b \cdot \gamma_w \cdot h}{\frac{1}{2} \gamma_w \cdot h^2} \\ &= \frac{2 \cdot f}{h^2} (b \cdot \gamma_w \cdot h) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,75$:

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{2 \cdot 0,75}{1,50^2} (0,5 \cdot 1 \cdot 1,5) \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 4 dimensi prototipe dapat dilihat pada tabel 2.4 di lampiran 2 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.11: Grafik Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Skenario 4 Dimensi Prototipe

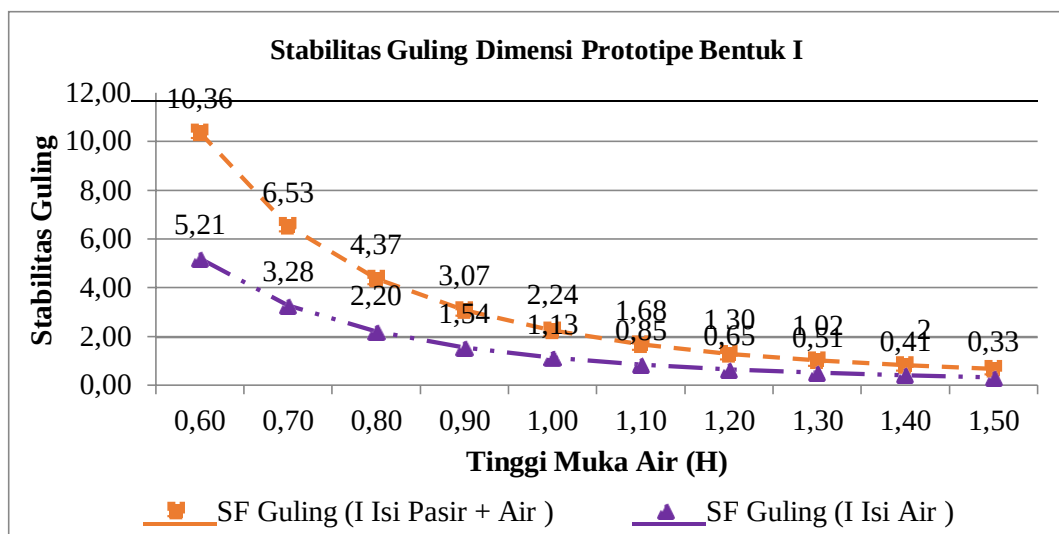
C. Perbandingan stabilitas guling dan geser dalam model grafik dimensi prototipe (bentuk I)

1. Grafik stabilitas guling dimensi prototipe bentuk I

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas guling dimensi prototipe bentuk I isi pasir + air dan I isi air dapat dibuat grafik pada gambar 5.12 berdasarkan tabel 2.3 dan tabel 2.4 pada lampiran 2.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) SF guling = 0,66 [tidak aman terhadap guling]
- Skenario 4 (I isi air) SF guling = 0,33 [tidak aman terhadap guling]



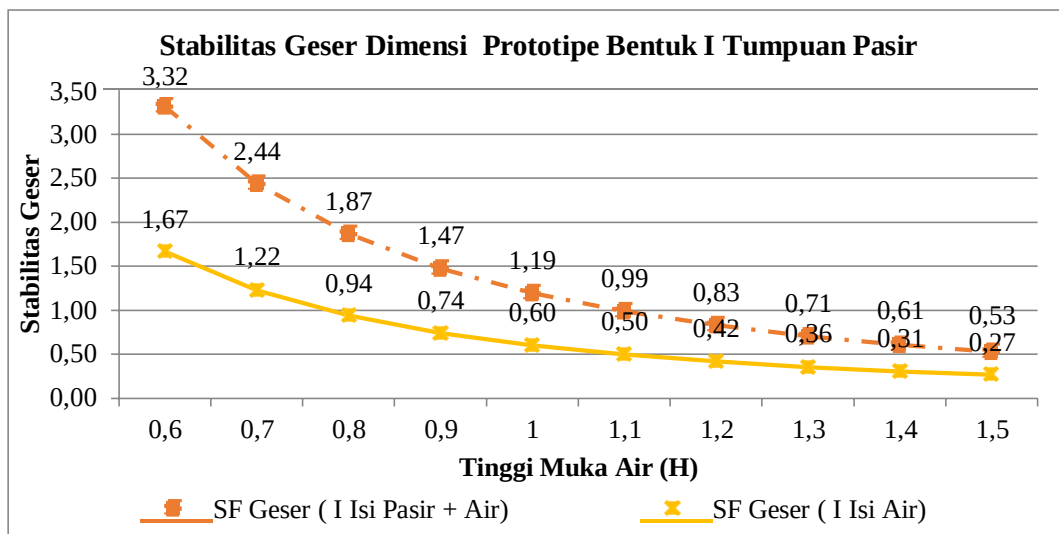
Gambar 5.12: Grafik Stabilitas Guling Dimensi Prototipe Bentuk I

2. Grafik stabilitas geser dimensi prototipe bentuk I tumpuan pasir

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi prototipe bentuk I isi pasir + air dan I isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 5.13 berdasarkan tabel 2.3 dan tabel 2.4 pada lampiran 2.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) SF geser = 0,53 [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 4 (I isi air) SF guling = 0,27 [tidak aman terhadap guling]



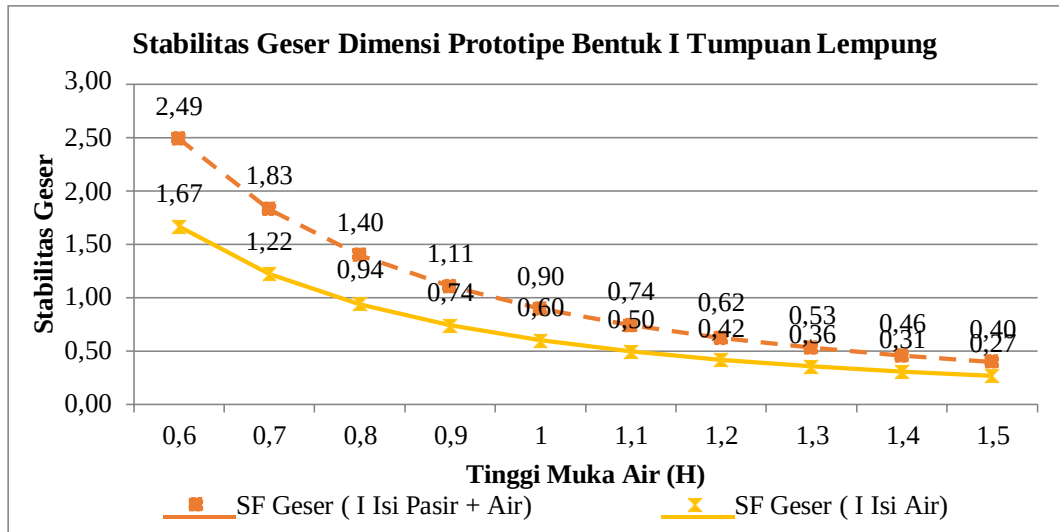
Gambar 5.13: Grafik Stabilitas Geser Dimensi protiotipe Bentuk I Tumpuan Pasir

3. Grafik stabilitas geser dimensi prototipe bentuk I tumpuan lempung

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi prototipe bentuk I isi pasir + air dan I isi air tumpuan lempung dapat dibuat grafik pada gambar 5.14 berdasarkan tabel 2.3 dan tabel 2.4 pada lampiran 2.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) SF geser = 0,40 [tidak aman terhadap geser]
- Skenario 4 (I isi air) SF geser = 0,27 [tidak aman terhadap geser]



Gambar 5.14: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Prototipe Bentuk I Tumpuan Lempung

5.1.3 Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Dimensi Prototipe

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.1 dapat disimpulkan bahwa:

1. Analisa stabilitas guling bentuk L isi (pasir+air) maupun L isi (air) dinyatakan aman, dan analisa stabilitas geser bentuk L isi (pasir+air) pada tumpuan berdasarkan kekasaran dinding (pasangan batu) dan tumpuan kerikil dinyatakan aman, sedangkan pada tumpuan pasir dan lempung dinyatakan tidak aman, adapun bentuk L isi (air) untuk stabilitas geser tidak aman.
2. Analisa stabilitas guling dan geser bentuk I (pasir+air) dan I (air) dinyatakan tidak aman.

Tabel 5.1: Rekapitulasi Stabilitas Guling dan Geser Dimensi Prototipe

Bentuk	HWL (m)	SF Guling $\geq 1,5$	SF Geser $\geq 1,5$			
			Pasangan Batu	Kerikil	Pasir	Lempung
L (pasir+air)	1,00	5,25 (A)	2,24 (A)	1,49 (A)	1,19 (TA)	0,90 (TA)
L (air)	1,00	2,63 (A)	1,13 (TA)	0,75 (TA)	0,60 (TA)	0,45 (TA)

Bentuk	HWL (m)	SF Guling $\geq 1,5$	SF Geser $\geq 1,5$			
			Pasangan Batu	Kerikil	Pasir	Lempung
I (pasir+air)	1,50	0,66 (TA)	1,00 (TA)	0,66 (TA)	0,53 (TA)	0,40 (TA)
I (air)	1,50	0,33 (TA)	0,50 (TA)	0,33 (TA)	0,27 (TA)	0,20 (TA)

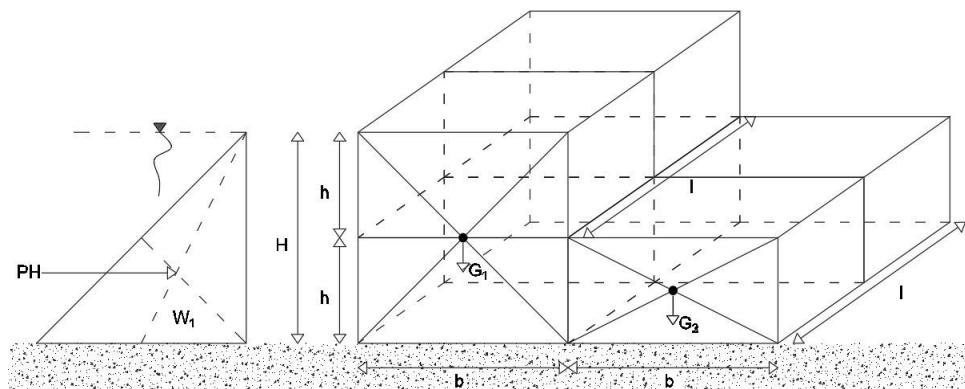
Keterangan:

A= Aman

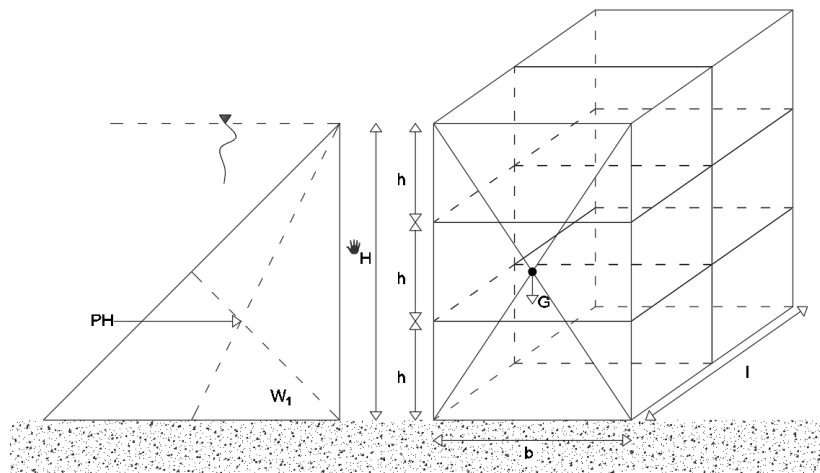
TA= Tidak Aman

5.2 Analisa Stabilitas Dimensi Optimal

Berdasarkan hasil analisa dimensi miniatur dan dimensi prototipe menunjukkan bahwa stabilitas geser pada tumpuan berdasarkan kekasaran dinding yaitu pasir dan lempung belum dinyatakan aman maka diperlukan skema gaya dimensi optimal sebagai berikut:



Gambar 5.15: Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk L)

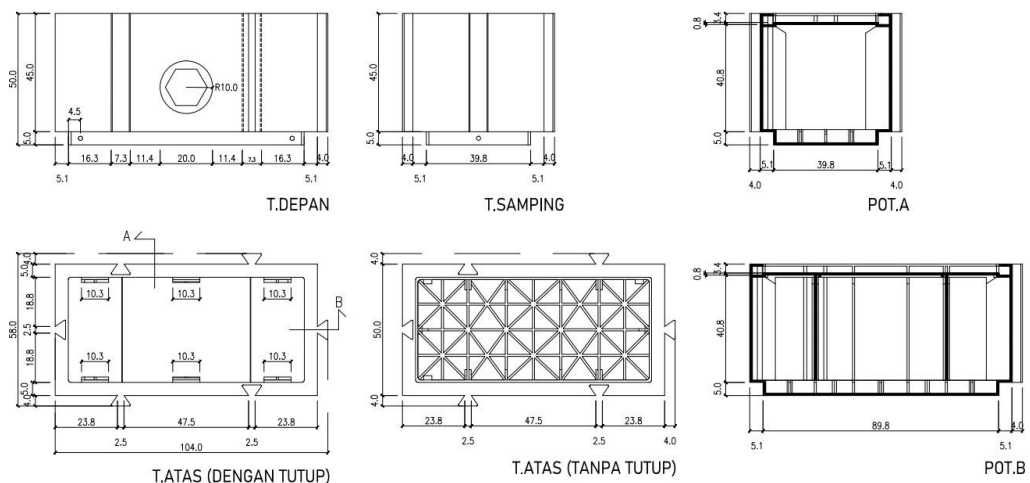


Gambar 5.16: Skema Gaya Pada Tubuh Bendung (Bentuk I)

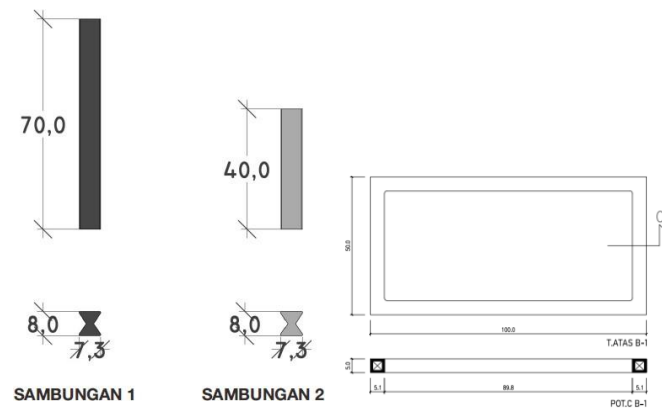
ket:

- $h = 0,5 \text{ m}$ (tinggi)
- $l = 1 \text{ m}$ (lebar)
- $b = 1 \text{ m}$ (Panjang)

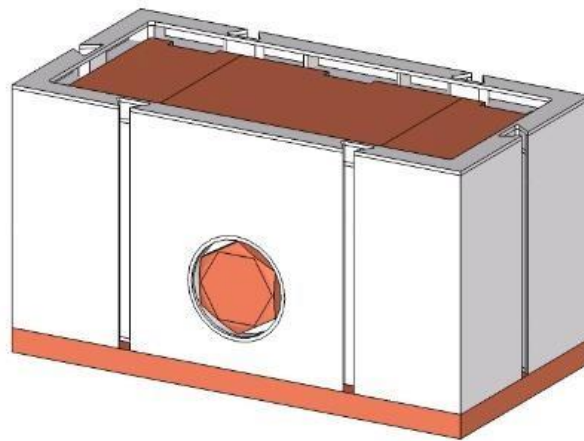
Detail model bendung barrier plastik dimensi optimal $b \times l \times h = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ baik tampak depan, tampak samping, tampak atas, kerangka dasar pada plastik, stik sebagai joint dan perletakan bawah sebagai alas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



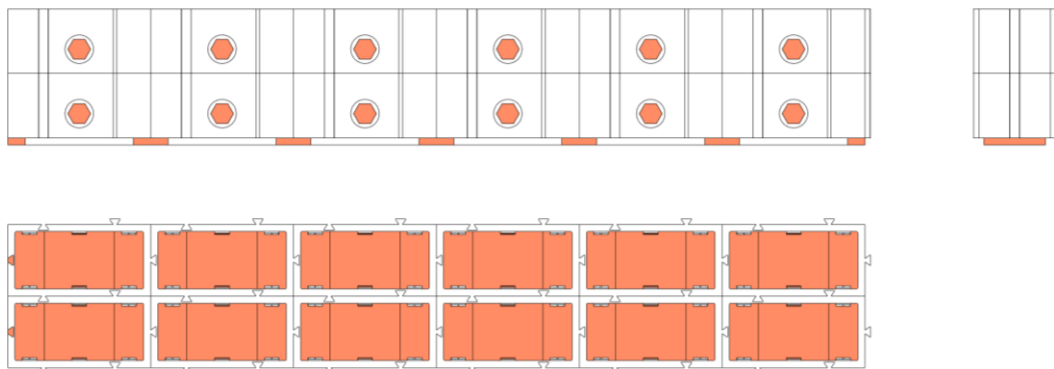
Gambar 5.17: Detail Bendung Barrier Plastik Dimensi Optimal



Gambar 5.18: Detail Sambungan Dimensi Optimal



Gambar 5.19: Model 3D Bendung Barrier Plastik Dimensi Optimal



Gambar 5.20: Visual Pemasangan Bendung Barrier Plastik Dimensi Optimal

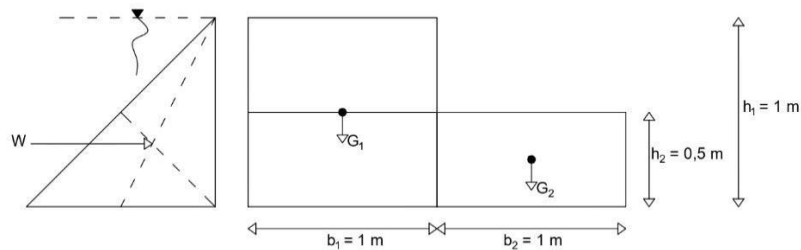
Gambar 5.21 merupakan rangkaian dan susunan model bendung barrier plastik yang dapat diterapkan untuk membendung sungai guna menaikkan elevasi muka air untuk irigasi.



Gambar 5.21: Bendung Barrier Plastik Untuk Bendung Sungai

5.2.1 Skema Gaya Dimensi Optimal Bentuk L

Skema gaya bentuk L isi pasir+air dan bentuk L isi air untuk skenario 1 dan 2 sesuai gambar 5.8.



Gambar 5.22: Skema Gaya Dimensi Optimal Bentuk L

A. Analisa Stabilitas Skenario 1 (L Isi Pasir + Air) Dimensi Optimal

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$\begin{aligned} \text{Gaya Vertikal} &= \text{Luas} \times \gamma_b \\ &= (b \times h) \times 1,99 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } G_1 = \frac{b_1}{2} + b_2, \quad \text{Jarak } G_2 = \frac{b_2}{2}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tahan } G_1 &= \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G_1 \\ &= 1,99 \times 1,5 = 2,985 \end{aligned}$$

$$\text{Momen Tahan } G_2 = \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G_2$$

$$= 0,995 \times 0,5 = 0,4975$$

$$\begin{aligned}\sum MT &= MT G_1 + MT G_2 \\ &= 2,985 + 0,4975 = 3,4825 \text{ t.m}\end{aligned}$$

b. Momen Guling

$$\begin{aligned}GayaHorizontal &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,00^2 \\ &= 0,5 \text{ t}\end{aligned}$$

$$Jarak = \frac{h}{3} = \frac{1,00}{3} = 0,33$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned}MG &= Gaya Horizontal \times Jarak \\ &= 0,5 \times 0,33 = 0,167 \text{ t.m}\end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$Sfguling = \frac{\sum MT}{MG} = \frac{3,48}{0,167} = 20,90$$

2. Stabilitas Geser1 (L isi pasir + air) dimensi optimal terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertical bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum V = b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b$$

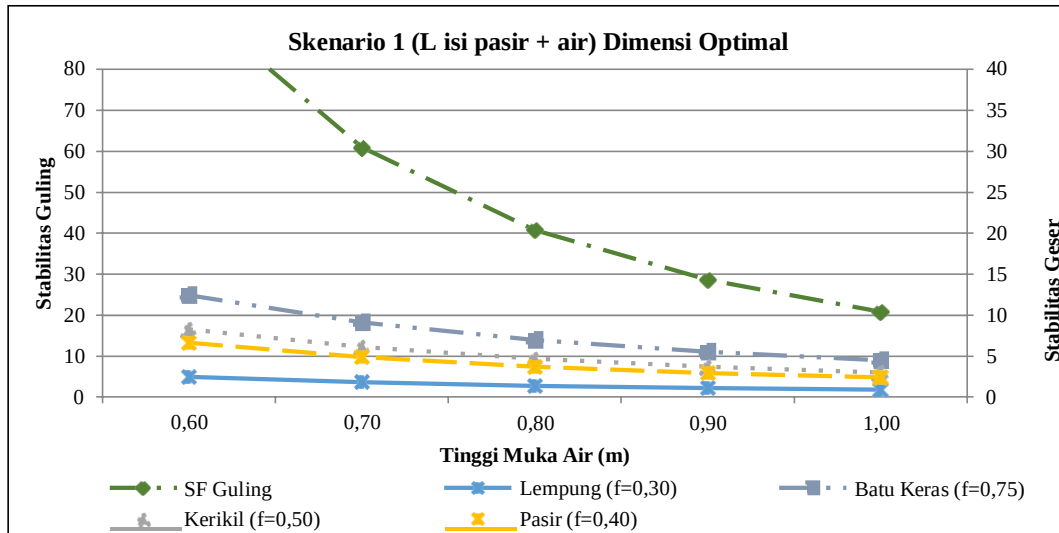
c. Stabilitas geser

$$\begin{aligned}Sfgeser &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f(b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b)}{\frac{1}{2} \gamma_w h^2} \\ &= \frac{2f}{h^2} (b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_b + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_b)\end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan f = 0,30:

$$\begin{aligned}Sfgeser &= \frac{2 \cdot 0,30}{1^2} (1 \cdot 1 \cdot 1,99 + 1 \cdot 0,50 \cdot 1,99) \\ &= 0,6 (1,99 + 0,995) \\ &= 1,791\end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 1 dimensi optimal dapat dilihat pada tabel 3.1 di lampiran 3 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.23: Grafik Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Skenario 1 Dimensi Optimal

B. Analisa Stabilitas Skenario 2 (L Isi Air) Dimensi Optimal

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$Gaya\ Vertikal = Luas \times \gamma_w$$

$$= (b \times h) \times 1$$

$$Jarak\ G_1 = \frac{b_1}{2} + b_2, \quad Jarak\ G_2 = \frac{b_2}{2}$$

$$Momen\ Tahan\ G_1 = Gaya\ Vertikal \times Jarak\ G_1$$

$$= 1 \times 1,5 = 1,5\ t.m$$

$$Momen\ Tahan\ G_2 = Gaya\ Vertikal \times Jarak\ G_2$$

$$= 0,5 \times 0,5 = 0,25\ t.m$$

$$\Sigma MT = MT\ G_1 + MT\ G_2$$

$$= 1,5 + 0,25 = 1,75\ t.m$$

b. Momen Guling

$$Gaya\ Horizontal = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,00^2$$

$$= 0,5 \text{ t}$$

$$Jarak = \frac{h}{3} = \frac{1,00}{3} = 0,33$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$MG = \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak}$$

$$= 0,5 \times 0,33 = 0,167 \text{ t.m}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$SF_{guling} = \frac{\sum MT}{MG} = \frac{1,75}{0,167} = 10,47$$

2. Stabilitas Geser skenario 2 (L isi air) dimensi optimal terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

- c. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

- d. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum V = b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w$$

- e. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$Sf_{geser} = \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f(b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w)}{\frac{1}{2} \gamma_w h^2}$$

$$= \frac{2f}{h^2} (b_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_w + b_2 \cdot h_2 \cdot \gamma_w)$$

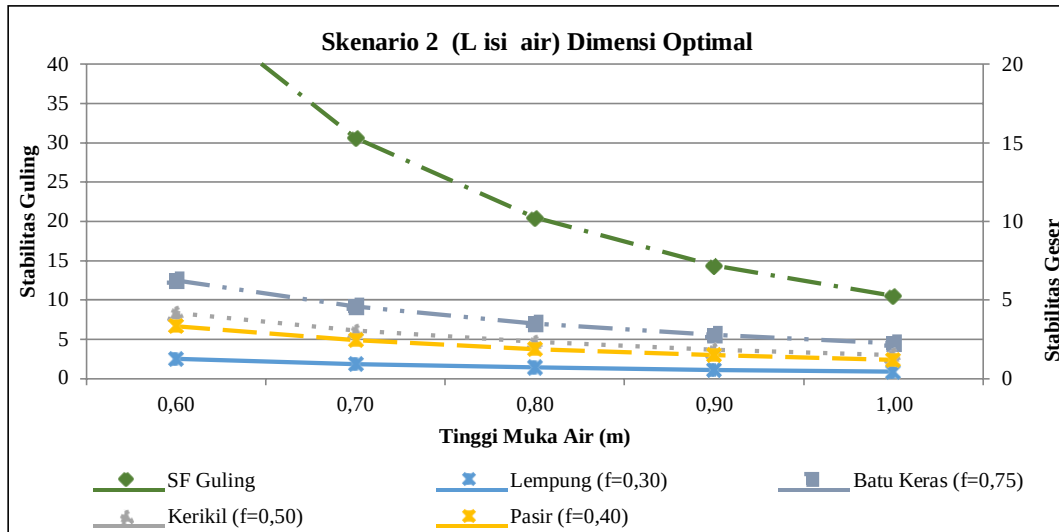
Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,30$:

$$Sf_{geser} = \frac{2 \cdot 0,30}{1^2} (1 \cdot 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$= 0,6 (1 + 0,5)$$

$$= 0,9$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 1 dimensi optimal dapat dilihat pada tabel 3.2 di lampiran 3 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.24: Grafik Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Skenario 2 Dimensi Optimal

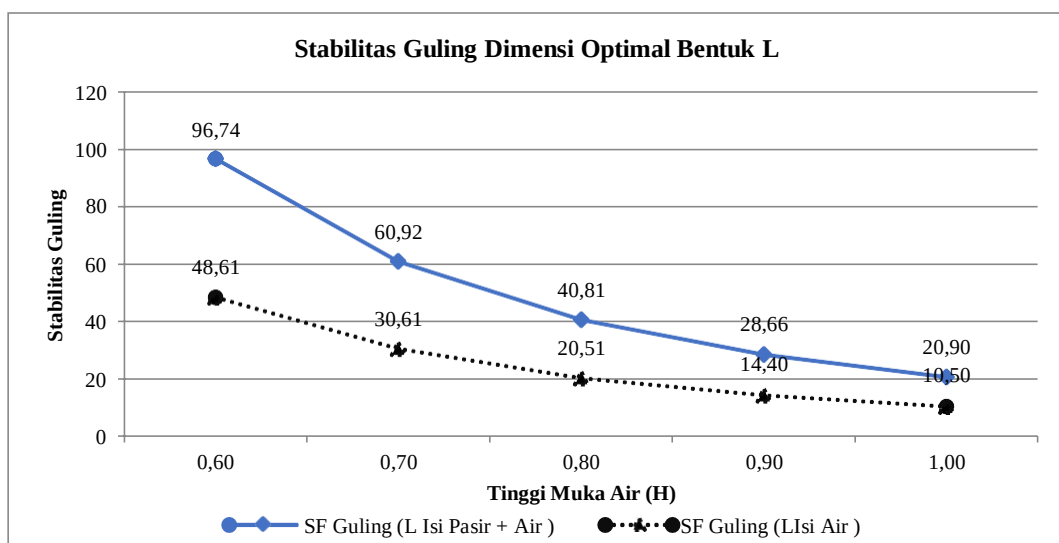
C. Perbandingan stabilitas guling dan geser dalam model grafik dimensi optimal (bentuk L)

1. Grafik stabilitas guling dimensi optimal bentuk L

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas guling dimensi optimal bentuk Lisi pasir + air dan I isi air dapat dibuat grafik pada gambar 5.25 berdasarkan tabel 3.1 dan tabel 3.2 pada lampiran 3.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 1 (L isi pasir+air) SF guling = 20,90 [aman terhadap guling]
- Skenario 2 (L isi air) SF guling = 10,50 [aman terhadap guling]



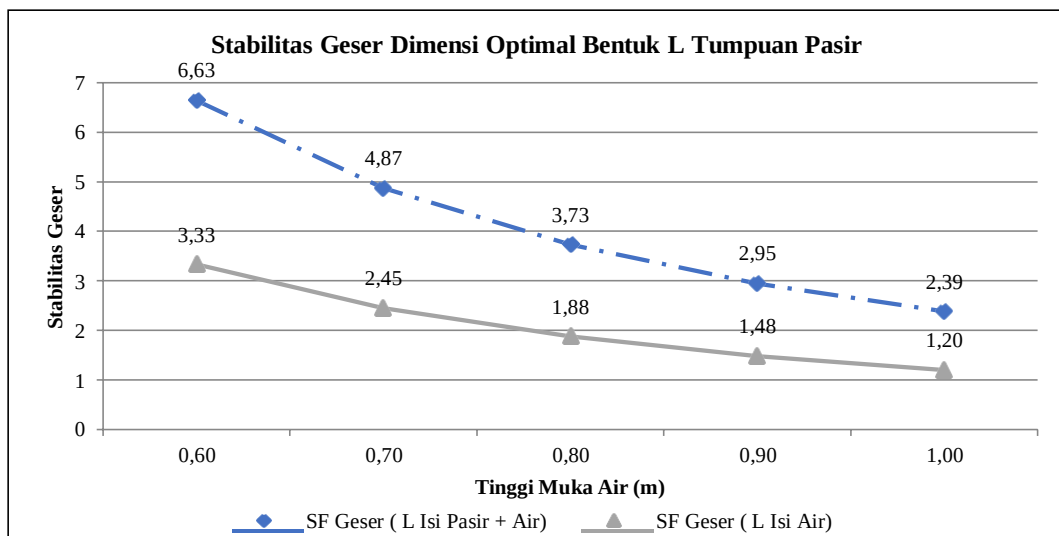
Gambar 5.25: Grafik Stabilitas Guling Dimensi Optimal Bentuk L

2. Grafik stabilitas geser dimensi optimal bentuk L tumpuan pasir

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi optimal bentuk Lisi pasir + air dan I isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 5.26 berdasarkan tabel 3.1 dan tabel 3.2 pada lampiran 3.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 1 (L isi pasir + air) SF geser = 2,39 [aman terhadap geser]
- Skenario 2 (L isi air) SF geser = 1,20 [tidak aman terhadap geser]



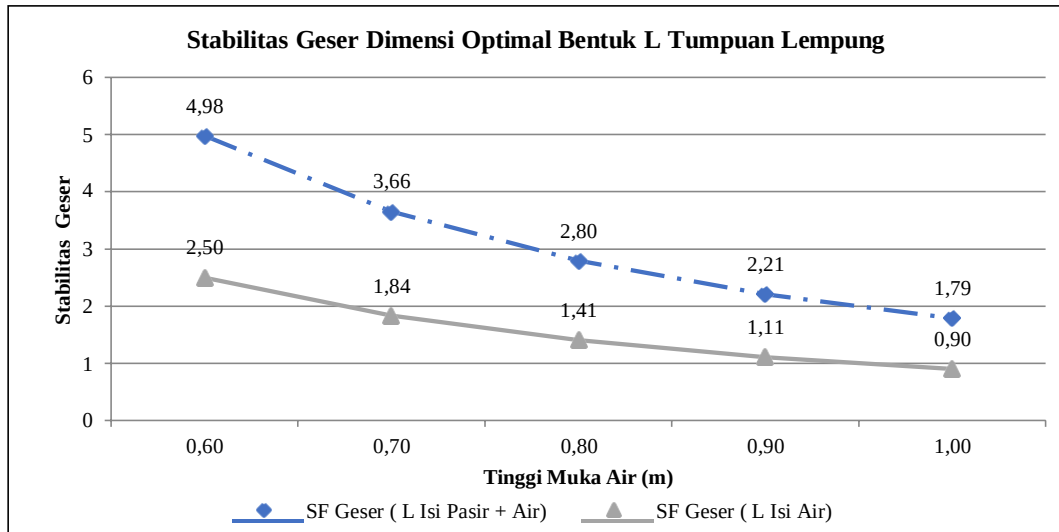
Gambar 5.26: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk L Tumpuan Pasir

3. Grafik stabilitas geser dimensi optimal bentuk L tumpuan lempung

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi optimal model Lisi pasir + air dan I isi air tumpuan lempung dapat dibuat grafik pada gambar 5.13 berdasarkan tabel 1.1 dan tabel 1.2 pada lampiran 3.

Pada kondisi air setinggi bendung :

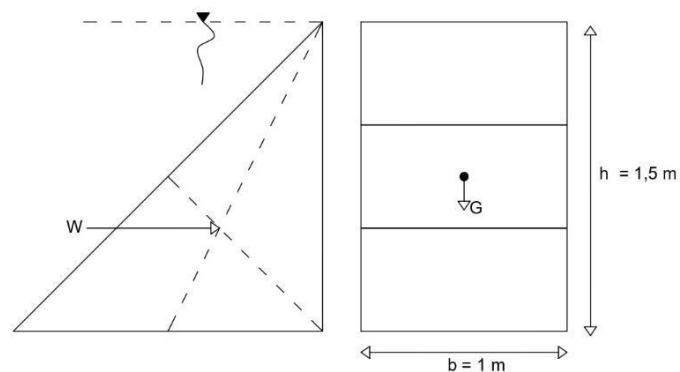
- Skenario 1 (L isi pasir + air) SF geser = 1,79 [aman terhadap geser]
- Skenario 2 (L isi air) SF geser = 0,90 [tidak aman terhadap geser]



Gambar 5.27: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk L Tumpuan Lempung

5.2.2 Skema Gaya Dimensi Optimal Bentuk I

Skema gaya bentuk I isi pasir+air dan bentuk I isi air untuk skenario 3 dan 4 sesuai gambar 5.28.



Gambar 5.28: Skema Gaya Bentuk I Dimensi Optimal

A. Analisa Stabilitas Skenario 3 (I isi pasir + air) Dimensi Optimal

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$\begin{aligned} \text{Gaya Vertikal} &= \text{Luas} \times \gamma_b \\ &= 2,985 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } G = \frac{b}{2}$$

$$MT = \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G$$

$$= 2,98 \times 0,5 = 1,49 \text{ t.m}$$

b. Momen Guling

$$\begin{aligned} \text{GayaHorizontal} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,50^2 \\ &= 1,13 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak} = \frac{h}{3} = \frac{1,50}{3} = 0,50$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 1,13 \times 0,50 = 0,56 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$Sfguling = \frac{MT}{MG} = \frac{1,49}{0,56} = 2,65$$

2. Stabilitas Geser skenario 3 (I isi pasir + air) dimensi optimal terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis

a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum H = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum V = b \cdot h \cdot \gamma_b$$

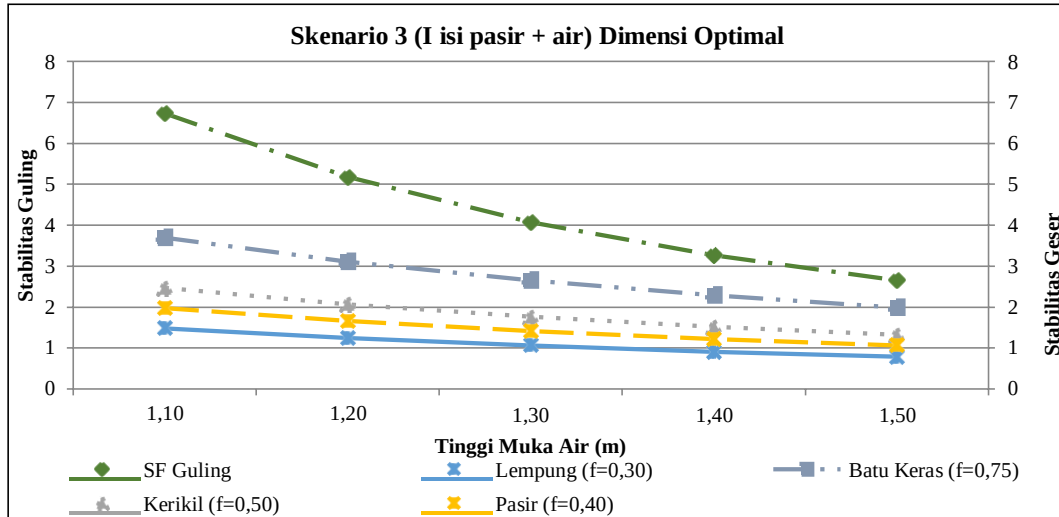
c. Stabilitas geser

$$\begin{aligned} Sfgeser &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f \cdot b \cdot \gamma_b \cdot h}{\frac{1}{2} \gamma_w \cdot h^2} \\ &= \frac{2 \cdot f}{h} (b \cdot \gamma_b) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,30$:

$$\begin{aligned} Sfgeser &= \frac{2 \cdot 0,30}{1,50^2} (1 \cdot 1,99 \cdot 1,5) \\ &= \frac{0,6}{2,25} (2,985) \\ &= 0,796 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 1 dimensi optimal dapat dilihat pada tabel 3.3 di lampiran 3 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.29: Grafik Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Skenario 2 Dimensi Optimal

B. Analisa Stabilitas Skenario 4 (I isi air) Dimensi Optimal

1. Stabilitas Guling

a. Momen Tahan

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Vertikal} &= \text{Luas} \times \gamma_w \\
 &= (b \times h) \times 1 \\
 &= 1 \times 1,5 \times 1 \\
 &= 1,5 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak } G = \frac{b}{2}$$

$$\begin{aligned}
 MT &= \text{Gaya Vertikal} \times \text{Jarak } G \\
 &= 1,5 \times 0,5 = 0,75 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

b. Momen Guling

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya Horizontal} &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,50^2 \\
 &= 1,13 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak} = \frac{h}{3} = \frac{1,50}{3} = 0,50$$

Contoh perhitungan momen guling:

$$\begin{aligned} MG &= \text{Gaya Horizontal} \times \text{Jarak} \\ &= 1,13 \times 0,50 = 0,56 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas guling:

$$SF_{guling} = \frac{MT}{MG} = \frac{0,75}{0,56} = 1,33$$

2. Stabilitas Geser skenario 4 (I isi air) dimensi optimal terhadap tumpuan dinding berdasarkan kekasaran jenis tanah dengan model analitis.

- a. Total gaya horizontal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum H = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot h^2$$

- b. Total gaya vertikal yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum V = b \cdot h \cdot \gamma_w$$

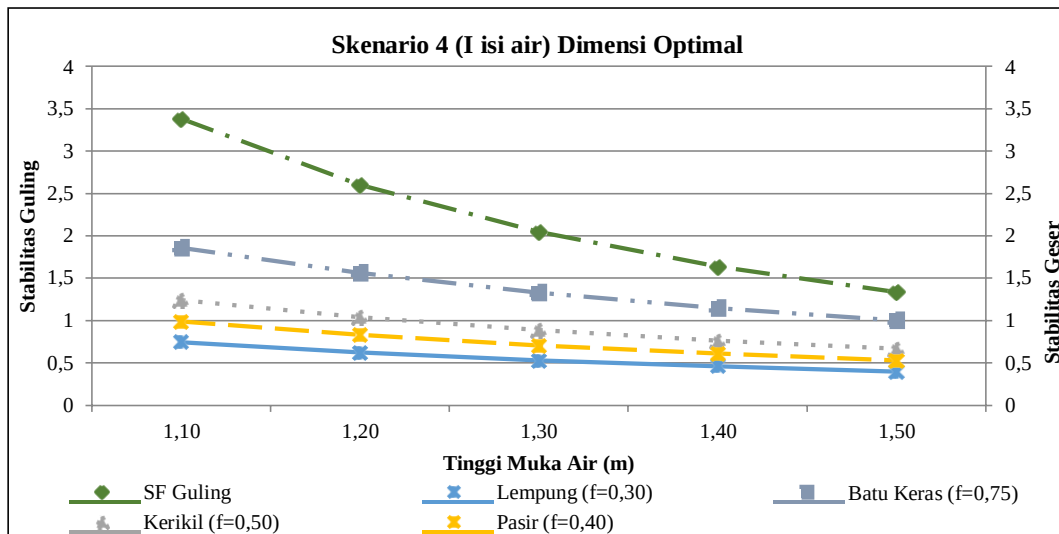
- c. Stabilitas geser

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{(f \cdot \sum V)}{\sum H} = \frac{f \cdot b \cdot \gamma_w \cdot h}{\frac{1}{2} \gamma_w \cdot h^2} \\ &= \frac{2 \cdot f}{h^2} (b \cdot \gamma_w \cdot h) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan stabilitas geser dengan $f = 0,30$:

$$\begin{aligned} Sf_{geser} &= \frac{2 \cdot 0,30}{1,50^2} (0,5 \cdot 1 \cdot 1,5) \\ &= \frac{0,6}{2,25} (1,5) \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas guling dan stabilitas geser skenario 1 dimensi optimal dapat dilihat pada tabel 3.4 di lampiran 3 sehingga dapat dibuat grafik seperti dibawah ini :



Gambar 5.30: Grafik Stabilitas Guling dan Stabilitas Geser Skenario 4 Dimensi Optimal

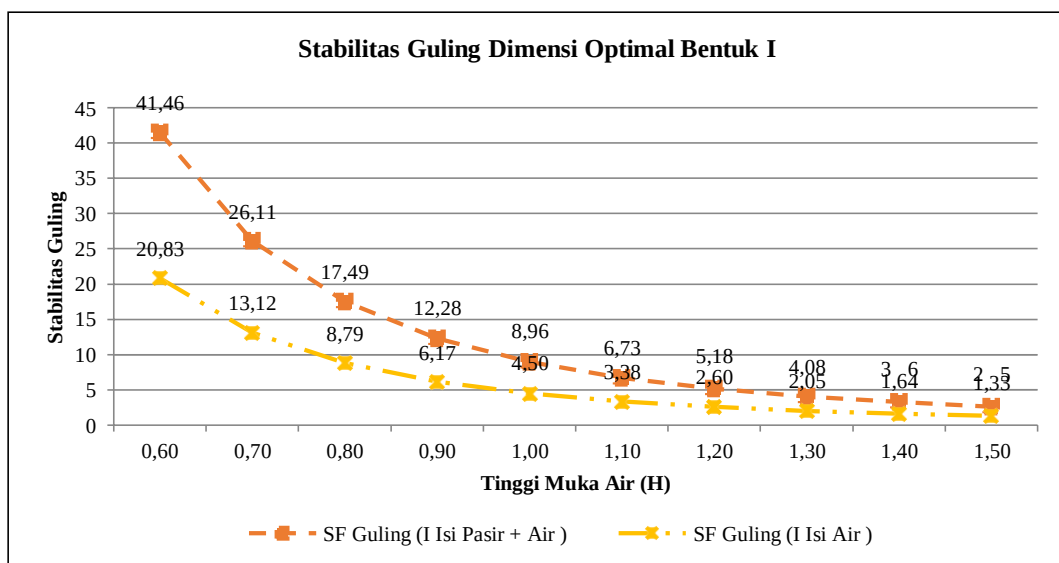
C. Perbandingan stabilitas guling dan geser dalam model grafik dimensi optimal (bentuk I)

1. Grafik stabilitas guling dimensi optimal bentuk I

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas guling dimensi optimal bentuk I isi pasir + air dan I isi air dapat dibuat grafik pada gambar 5.31 berdasarkan tabel 3.3 dan tabel 3.4 pada lampiran 3.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) SF guling = 2,65 [aman terhadap guling]
- Skenario 4 (I isi air) SF guling = 1,33 [tidak aman terhadap guling]



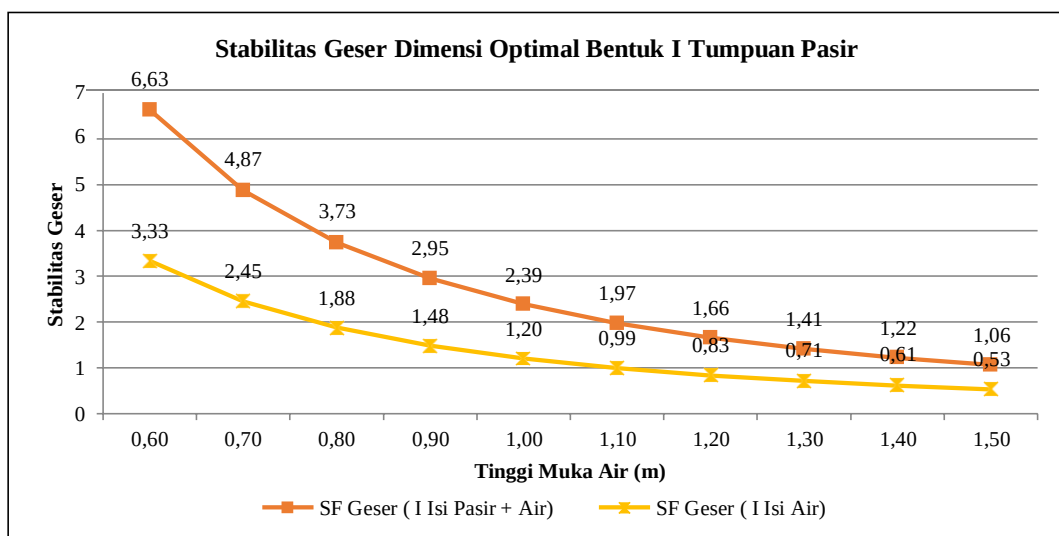
Gambar 5.31: Grafik Stabilitas Guling Dimensi Optimal Bentuk I

2. Grafik stabilitas geser dimensi optimal bentuk I tumpuan pasir

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi optimal bentuk I isi pasir + air dan I isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 5.32 berdasarkan tabel 3.3 dan tabel 3.4 pada lampiran 3.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) SF geser = 1,06 [dinyatakan tidak aman terhadap geser]
- Skenario 4 (I isi air) SF geser = 0,53 [dinyatakan tidak aman terhadap geser]



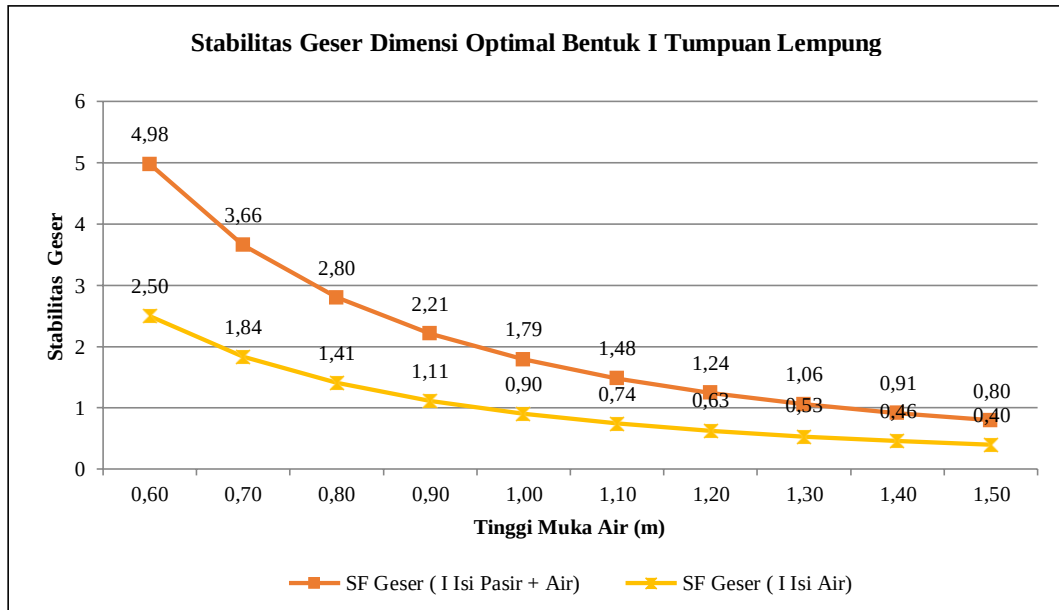
Gambar 5.32: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk I Tumpuan Pasir

3. Grafik stabilitas geser dimensi optimal bentuk I tumpuan lempung

Hasil dari analisa perhitungan stabilitas geser dimensi optimal bentuk I isi pasir + air dan I isi air tumpuan pasir dapat dibuat grafik pada gambar 5.19 berdasarkan tabel 1.3 dan tabel 1.4 pada lampiran 3.

Pada kondisi air setinggi bendung :

- Skenario 3 (I isi pasir + air) SF geser = 0,80 [dinyatakan tidak aman terhadap geser]
- Skenario 4 (I isi air) SF geser = 0,40 [dinyatakan tidak aman terhadap geser]



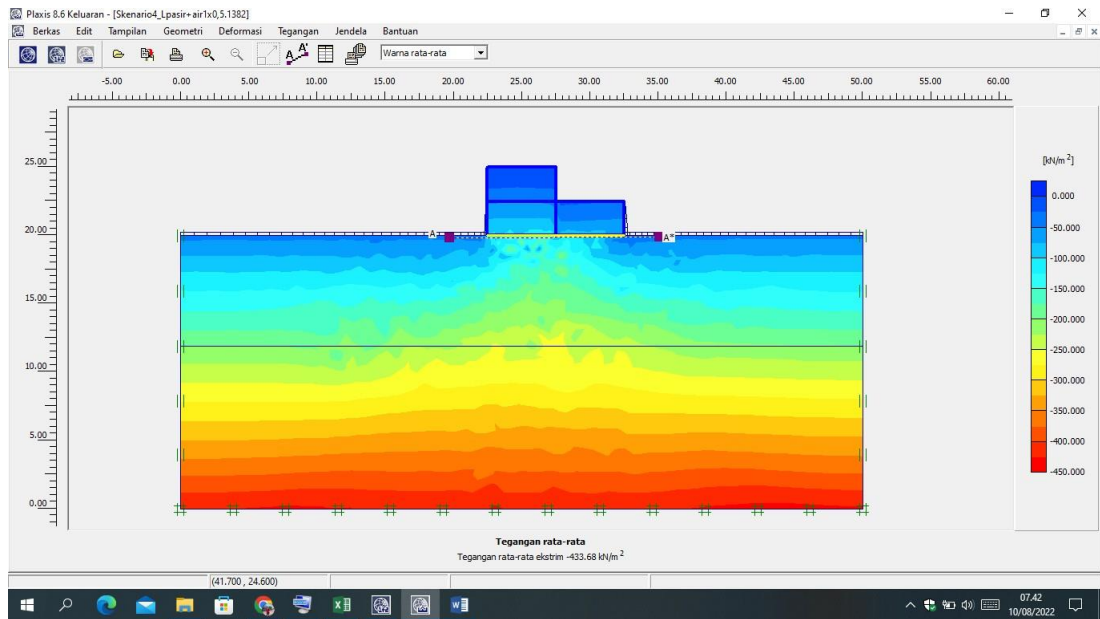
Gambar 5.33: Grafik Stabilitas Geser Dimensi Optimal Bentuk I Tumpuan Lempung

5.3 Perhitungan Stabilitas Bendung Barrier Plastik Menggunakan Software Plaxis 2D V 8.6

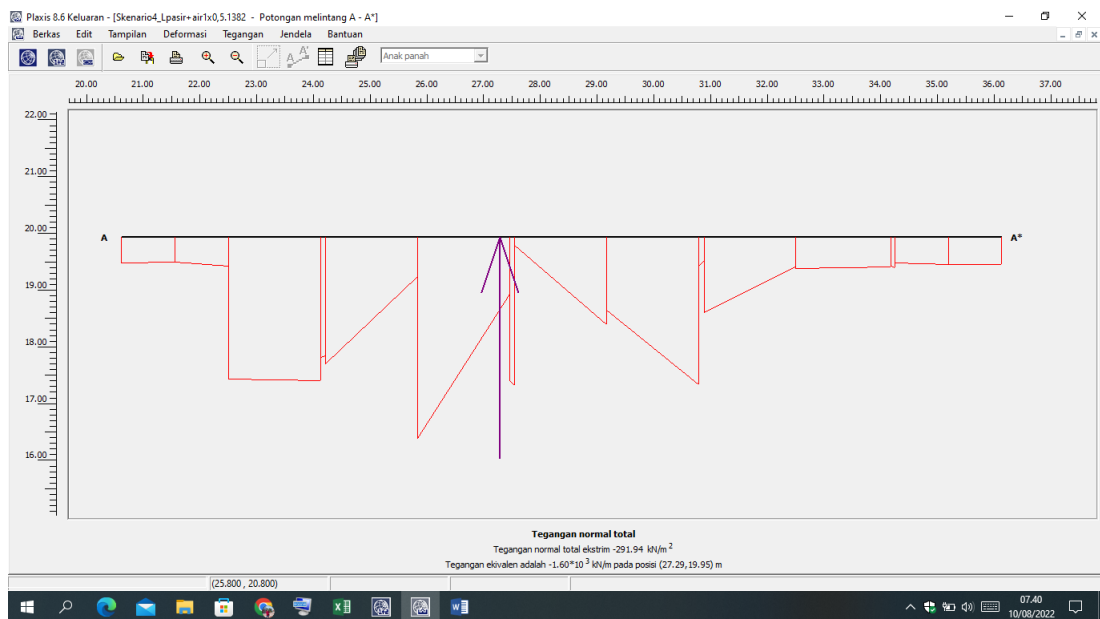
5.3.1 Skenario 1 (L isi pasir + air)

- Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Tarik atau Desak Kondisi HWL:

Tegangan bendung barrier dari hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil tegangan rata – rata ekstrim sebesar -433.68 kN/m^2 dapat dilihat pada Gambar 5.34 dan tegangan desak sebesar -291.937 kN/m^2 , hasil keluran desak bendung barrier dapat dilihat pada Gambar 5.35 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.2.



Gambar 5.34: Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 1)



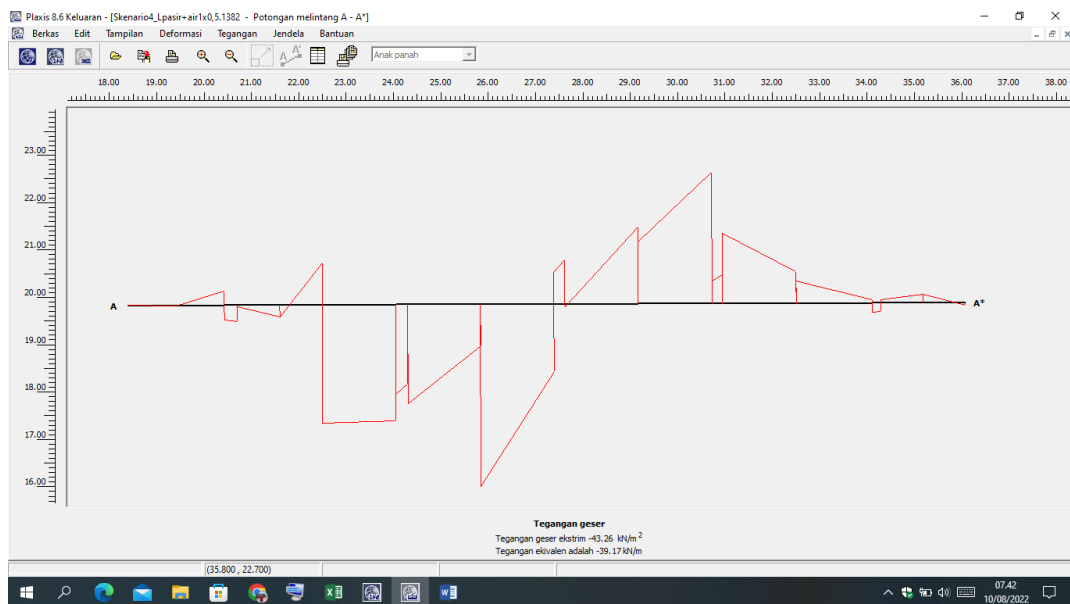
Gambar 5.35: Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 1)

Tabel 5.2: Hasil Total Normal Stress (Skenario 1)

X [m]	Y [m]	σ_N [kN/m ²]
20.603	19.953	-37.406
21.551	19.953	-36.731
22.499	19.953	-42.683
22.499	19.953	-205.995
24.129	19.953	-208.166
24.129	19.953	-174.496
24.209	19.953	-172.694
24.209	19.953	-183.618
25.835	19.953	-57.019
25.835	19.953	-291.937
27.460	19.953	-83.435
27.460	19.953	-208.727
27.542	19.953	-215.219
27.542	19.953	-12.494
29.167	19.953	-127.100
29.167	19.953	-106.128
30.793	19.953	-214.078
30.793	19.953	-42.433
30.879	19.953	-34.626
30.879	19.953	-109.501
32.501	19.953	-42.943
32.501	19.953	-46.296
34.177	19.953	-43.306

= -291.937 kN/m² < desak beton = 3614.5 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan desak **aman**.

b. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser Kondisi HWL:
Tegangan geser hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil shear stress sebesar -43.26 kN/m², hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.36 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.3.



Gambar 5.36: Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 1)

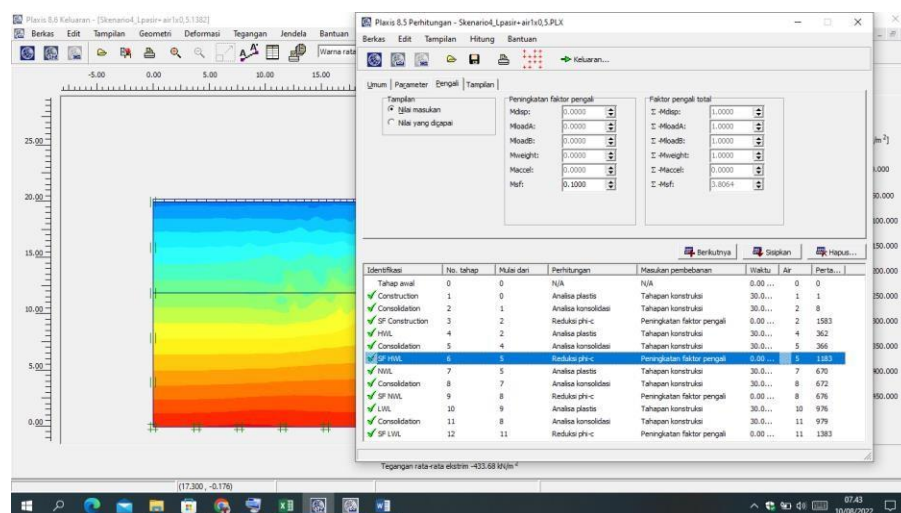
Tabel 5.3: Hasil Shear Stresses (Skenario 1)

X [m]	Y [m]	τ [kN/m ²]
24.048	19.852	-21.253
24.299	19.853	-18.950
24.299	19.853	-23.415
25.837	19.859	-9.792
25.837	19.859	-43.259
27.386	19.865	-16.034
27.386	19.865	7.577
27.620	19.866	10.539
27.620	19.866	-0.650
29.169	19.872	18.282
29.169	19.872	14.702
30.728	19.878	31.110
30.728	19.878	5.386
30.952	19.879	6.758
30.952	19.879	16.652
32.503	19.884	7.438
32.503	19.884	5.353
34.118	19.891	0.734
34.118	19.891	-2.219
34.288	19.891	-2.043
34.288	19.891	0.812
35.184	19.895	2.041
36.079	19.898	-0.566

= -43.26 kN/m² < geser beton = 180.7 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser **aman**.

c. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas Kondisi HWL

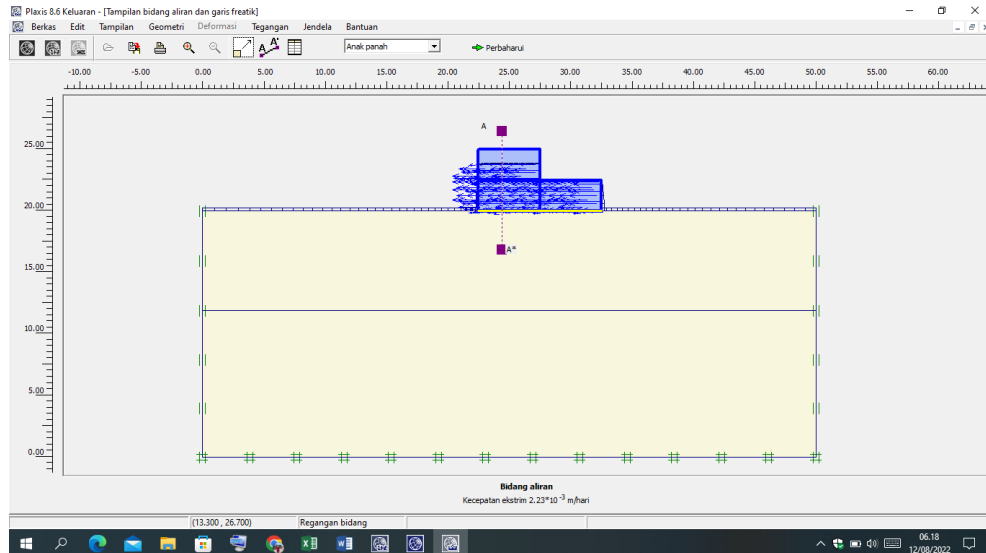
Stabilitas terhadap keruntuhan kapastis hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil safety factor sebesar SF= 3.8064, hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37: Safety Factor Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas (Skenario 1)

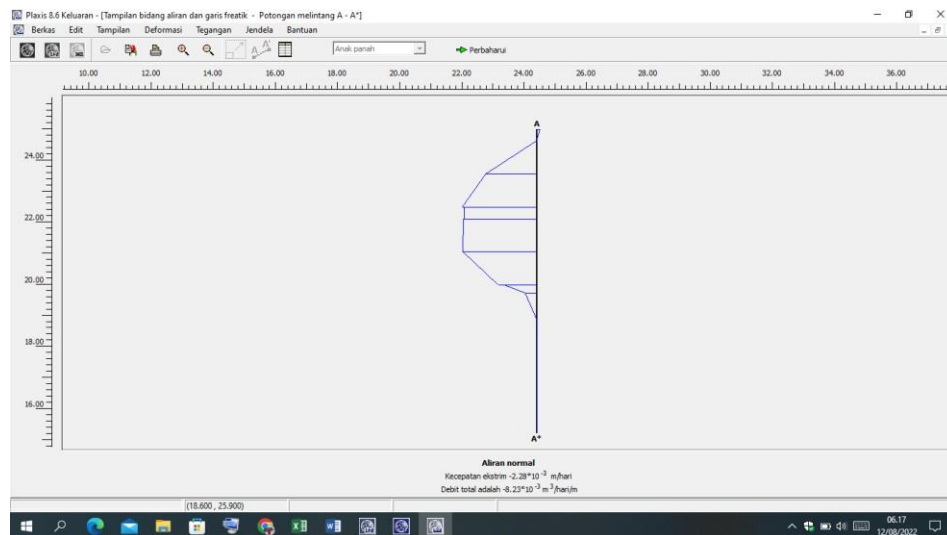
SF= 3.8064 > Syarat = 1.5 Sehingga tinjauan stabilitas terhadap keruntuhan **aman**.

- d. Bidang Aliran dan arah aliran bendung barrier plastik Kondisi HWL
- Bidang aliran bendung barrier plastik hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil bidang aliran sebesar 0.0223 liter/day, hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.38.



Gambar 5.38: Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL
(Skenario 1)

Arah aliran bendung barrier plastik mengarah ke hulu dengan aliran normal, kecepatan ekstrim $2,23 \times 10^{-3}$ m/hari, debit total $8,23 \times 10^{-3}$ m³/hari.

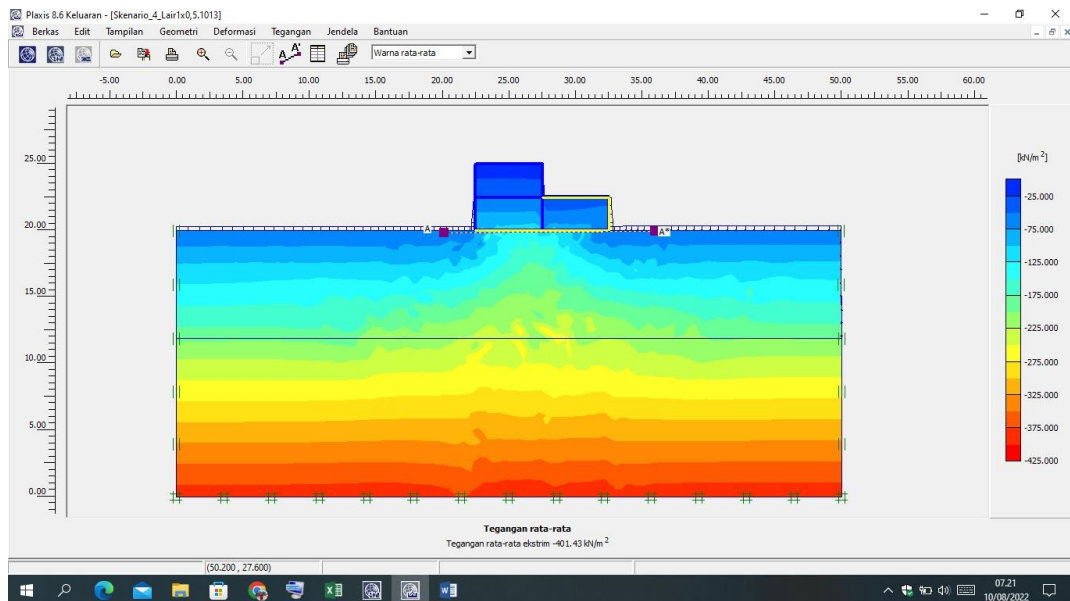


Gambar 5.39: Bidang Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 1)

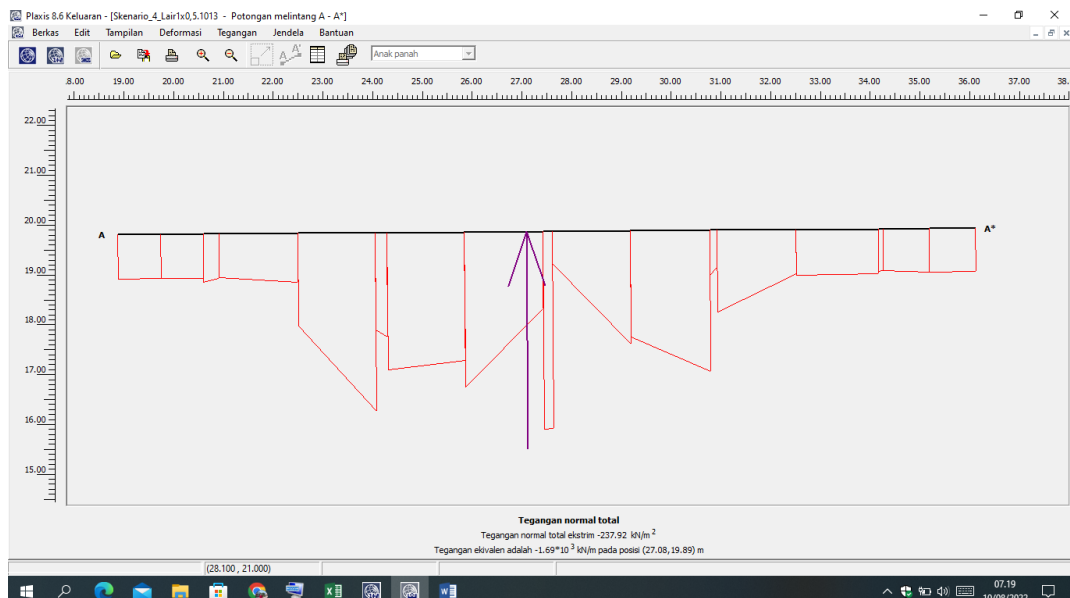
5.3.2 Skenario 2 (L isi air)

- e. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Tarik atau Desak Kondisi HWL:

Tegangan bendung barrier dari hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil teganganrata – rata ekstrim sebesar -401.43 kN/m^2 dapat dilihat pada Gambar 5.40 dan tegangan desak sebesar -237.92 kN/m^2 , hasil keluran desak bendung barrier dapat dilihat pada Gambar 5.41 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.4.



Gambar 5.40: Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 2)



Gambar 5.41: Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 2)

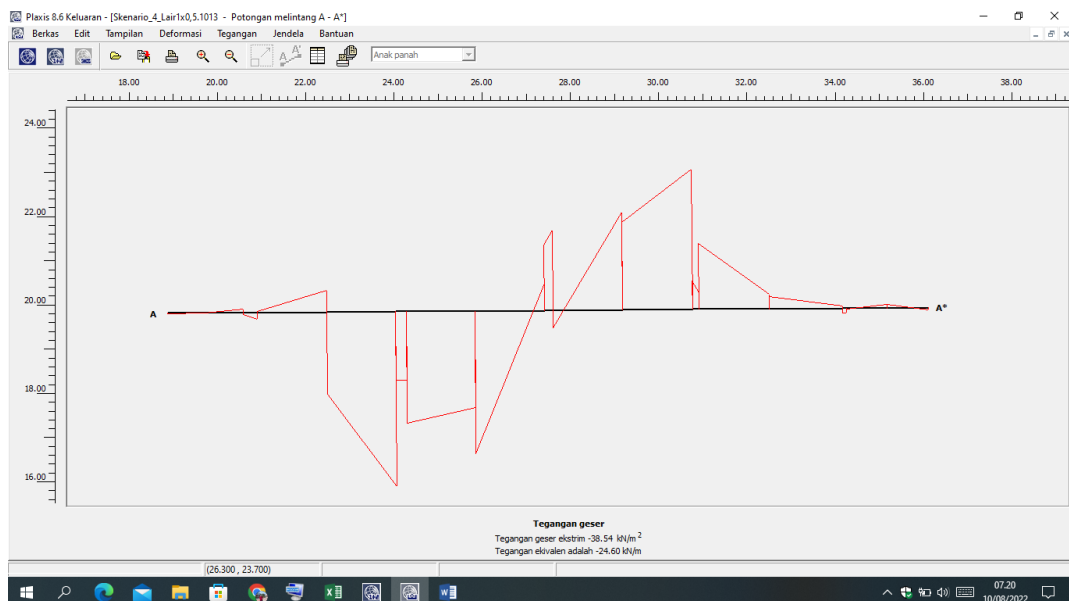
Tabel 5.4: Hasil Total Normal Stress (Skenario 2)

X [m]	Y [m]	σ_N [kN/m ²]
24.047	19.865	-117.257
24.290	19.867	-125.983
24.290	19.867	-164.884
25.843	19.878	-154.819
25.843	19.878	-186.952
27.415	19.890	-92.918
27.415	19.890	-237.925
27.608	19.891	-237.481
27.608	19.891	-38.479
29.179	19.903	-136.866
29.179	19.903	-127.981
30.770	19.915	-170.286
30.770	19.915	-54.390
30.920	19.916	-44.438
30.920	19.916	-98.549
32.508	19.927	-52.842
32.508	19.927	-54.637
34.164	19.940	-53.906
34.164	19.940	-50.772
34.253	19.940	-49.785
34.253	19.940	-50.383
35.183	19.947	-51.979
36.112	19.954	-52.070

= -237.92 kN/m² < desak beton = 3614.5 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan desak **aman**.

f. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser Kondisi HWL:

Tegangan geser hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil shear stress sebesar -38.54 kN/m², hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.42 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.5.



Gambar 5.42: Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 2)

Tabel 5.5: Hasil Shear Stresses (Skenario 2)

X [m]	Y [m]	τ [kN/m ²]
18.876	19.826	-0.043
19.735	19.833	-0.012
20.593	19.839	0.751
20.593	19.839	-0.471
20.907	19.841	-1.433
20.907	19.841	0.283
22.494	19.853	4.785
22.494	19.853	-18.042
24.047	19.865	-38.545
24.047	19.865	-15.054
24.290	19.867	-15.139
24.290	19.867	-24.643
25.843	19.878	-21.261
25.843	19.878	-31.464
27.415	19.890	6.054
27.415	19.890	14.416
27.608	19.891	17.694
27.608	19.891	-3.756
29.179	19.903	21.573
29.179	19.903	19.216
30.770	19.915	30.840
30.770	19.915	6.227
30.920	19.916	3.654

= -38.54 kN/m² < geser beton = 180.7 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser **aman**.

g. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas Kondisi HWL

Stabilitas terhadap keruntuhan kapastis hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil safety factor sebesar SF= 1.875, hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.43.

The screenshot shows the Plaxis 8.5 software interface. The top menu bar includes 'Berkas', 'Edit', 'Tampilan', 'Hitung', and 'Bantuan'. Below the menu is a toolbar with icons for file operations and calculation. The main window is divided into several sections. On the left, there's a 'Tampilan' (Display) section with radio buttons for 'Nilai masukan' (Input value) and 'Nilai yang dicapai' (Achieved value). The central part contains two columns of input fields for calculation parameters: 'Peningkatan faktor pengali' (Increase multiplier factor) and 'Faktor pengali total' (Total multiplier factor). The bottom section is a table with columns: 'Identifikasi', 'No. tahap', 'Mulai dari', 'Perhitungan', 'Masukan pembebanan', 'Waktu', 'Air', and 'Perta...'. The table lists various stages of calculation, including 'Tahap awal', 'Construction', 'Consolidation', 'SF Construction', 'HWL', 'Consolidation', 'SF HWL', 'NWL', 'Consolidation', 'SF NWL', 'LWL', 'Consolidation', and 'SF LWL'. The 'SF HWL' row is highlighted in blue, showing a safety factor of 1.875.

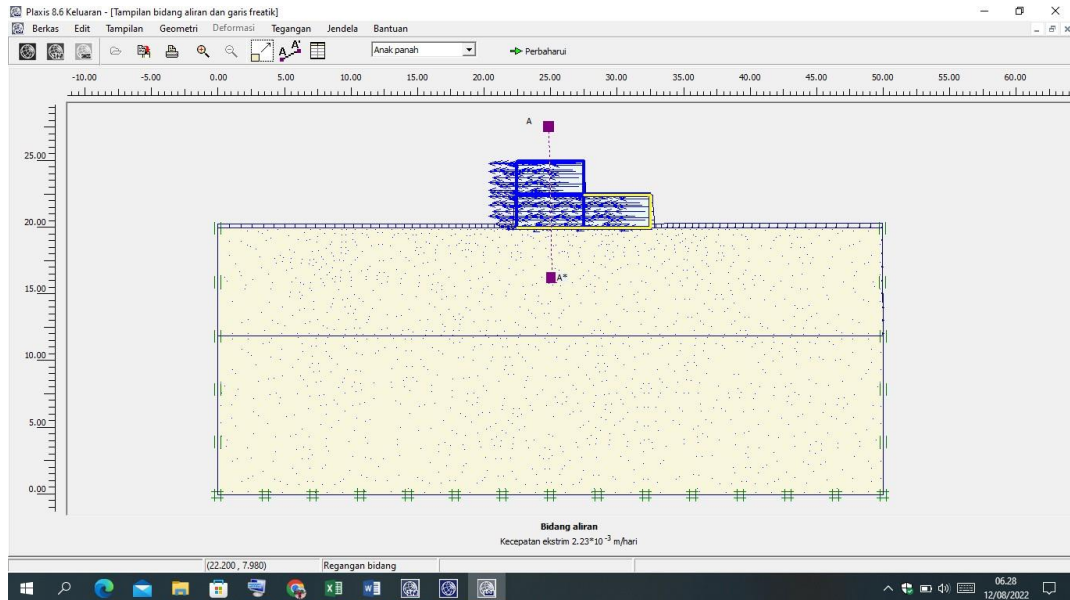
Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pembebanan	Waktu	Air	Perta...
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0.00 ...	0	0
✓ Construction	1	0	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0...	1	1
✓ Consolidation	2	1	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	2	9
✓ SF Construction	3	2	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	2	1714
✓ HWL	4	2	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0...	4	171
✓ Consolidation	5	4	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	5	174
✓ SF HWL	6	5	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	5	814
✓ NWL	7	5	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0...	7	286
✓ Consolidation	8	7	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	8	288
✓ SF NWL	9	8	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	8	1014
✓ LWL	10	9	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0...	10	550
✓ Consolidation	11	8	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	11	552
✓ SF LWL	12	11	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	11	1414

Gambar 5.43: Safety Factor Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas (Skenario 2)

$SF = 1.875 > \text{Syarat} = 1.5$ Sehingga tinjauan stabilitas terhadap keruntuhan **Aman**.

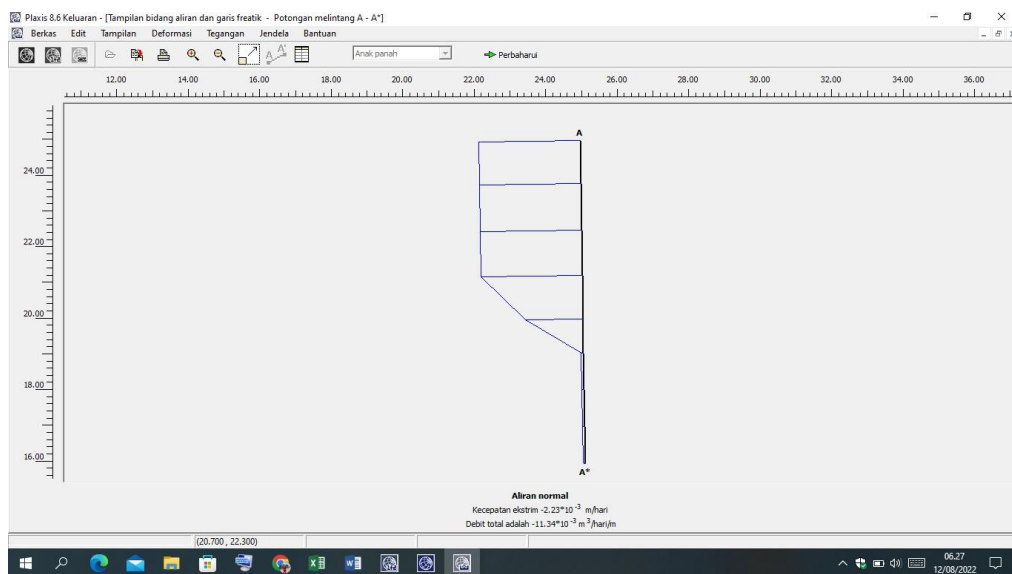
h. Bidang Aliran dan arah aliran bendung barrier plastik Kondisi HWL

Bidang aliran bendung barrier plastik hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil bidang aliran sebesar 0.0223 liter/day, hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.44.



Gambar 5.44: Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL
(Skenario 2)

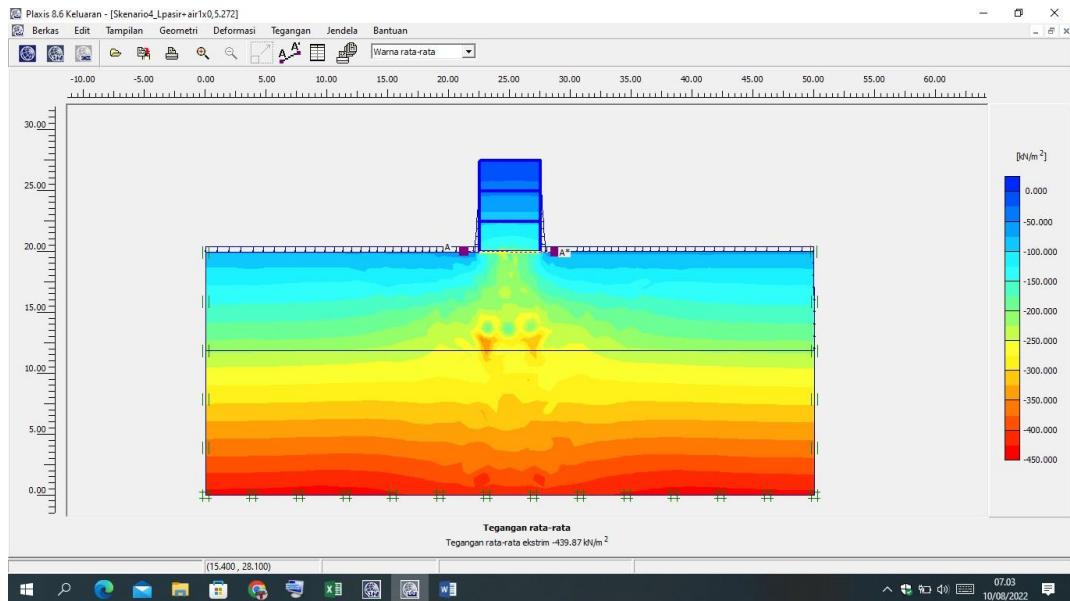
Arah aliran bendung barrier plastik mengarah ke hulu dengan aliran normal, kecepatan ekstrim $-2.23 \cdot 10^{-3} \text{ m/hari}$, debit total $11,34 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$.



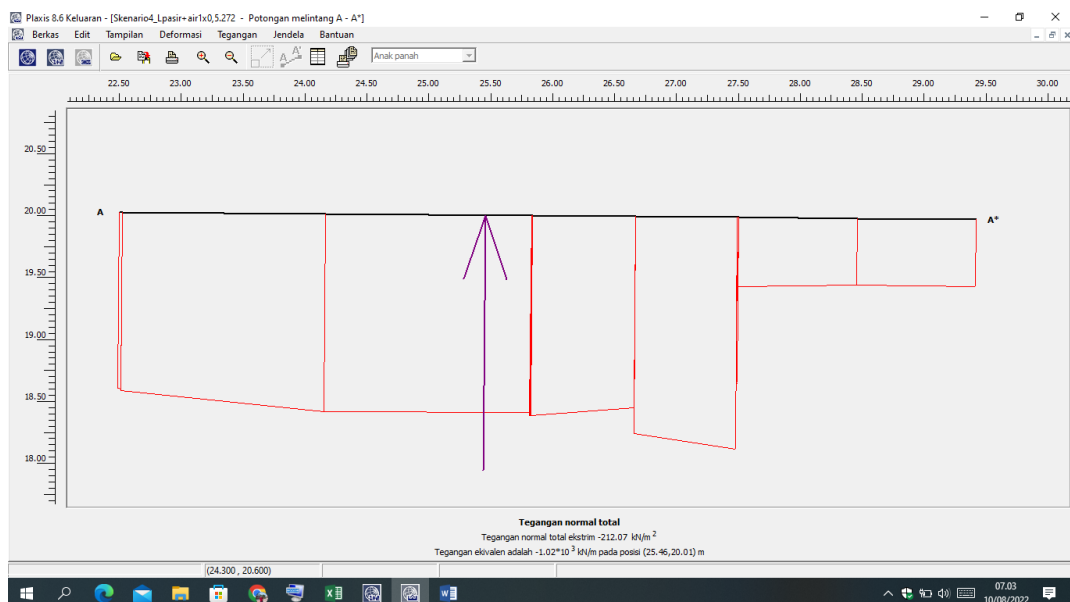
Gambar 5.45: Bidang Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 2)

5.3.3 Skenario 3 (I isi pasir + air)

i. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Tarik atau Desak Kondisi HWL:
Tegangan bendung barrier dari hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil tegangan rata – rata ekstrim sebesar $-439,87 \text{ kN/m}^2$ dapat dilihat pada Gambar 5.46 dan tegangan desak sebesar -212.07 kN/m^2 , hasil keluran desak bendung barrier dapat dilihat pada Gambar 5.47 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.6.



Gambar 5.46: Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 3)



Gambar 5.47: Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 3)

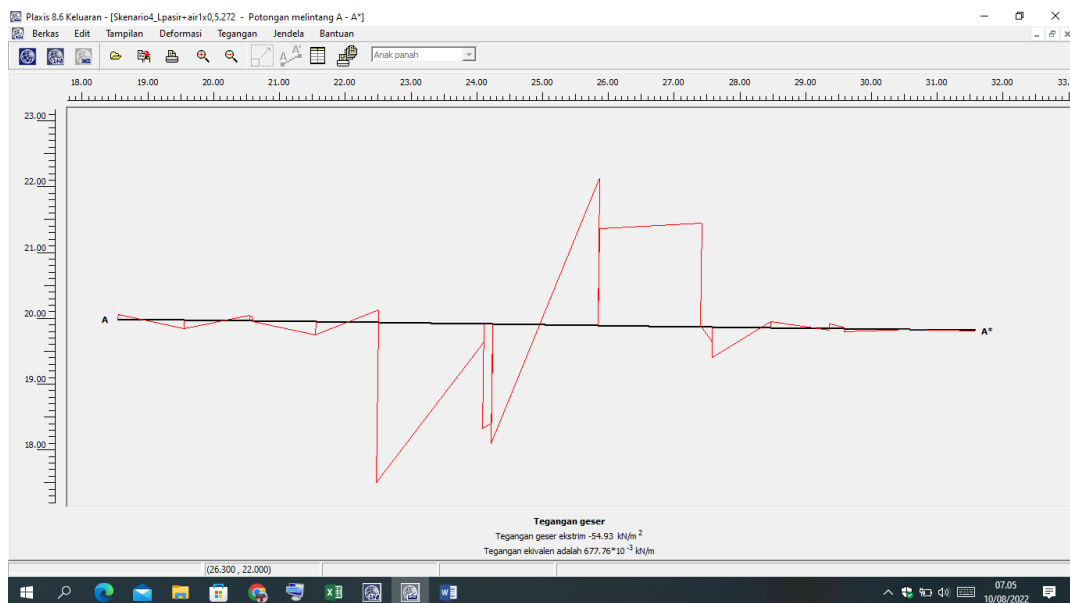
Tabel 5.6: Hasil Total Normal Stress (Skenario 3)

X [m]	Y [m]	σ_N [kN/m ²]
22.500	20.036	-160.971
22.524	20.036	-161.570
22.524	20.036	-163.346
24.167	20.021	-181.007
24.167	20.021	-180.522
25.829	20.007	-179.732
25.829	20.007	-182.444
25.833	20.007	-182.441
25.833	20.007	-182.300
25.838	20.007	-182.284
25.838	20.007	-182.350
26.672	20.000	-174.852
26.672	20.000	-198.598
27.494	19.993	-212.067
27.494	19.993	-153.979
27.505	19.993	-151.359
27.505	19.993	-62.926
28.462	19.985	-60.726
29.420	19.976	-61.085

= -212.07 kN/m² < desak beton = 3614.5 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan desak **aman**.

j. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser Kondisi HWL:

Tegangan geser hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil shear stress sebesar -54.93 kN/m², hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.48 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.7.



Gambar 5.48: Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 3)

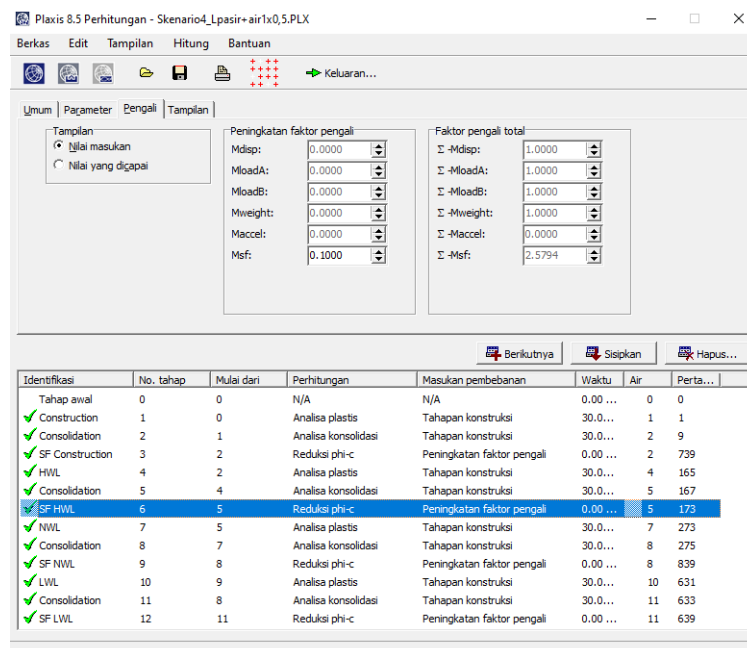
Tabel 5.7: Hasil Shear Stresses (Skenario 3)

X [m]	Y [m]	τ [kN/m ²]
20.543	19.974	1.604
20.592	19.973	1.389
20.592	19.973	-0.292
21.548	19.960	-4.418
22.505	19.948	4.393
22.505	19.948	-54.925
24.108	19.927	-6.118
24.108	19.927	-35.779
24.243	19.925	-33.997
24.243	19.925	-41.043
25.839	19.904	50.601
25.839	19.904	33.241
27.396	19.883	35.605
27.396	19.883	0.434
27.578	19.881	-5.037
27.578	19.881	-10.417
28.465	19.869	2.173
29.352	19.857	-0.526
29.352	19.857	1.580
29.584	19.854	0.603
29.584	19.854	-1.006
30.580	19.841	0.113
31.575	19.828	-0.086

= -54.93 kN/m² < geser beton = 180.7 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser **aman**.

k. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas Kondisi HWL

Stabilitas terhadap keruntuhan kapastis hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil safety factor sebesar SF= 2.579 , hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.49.



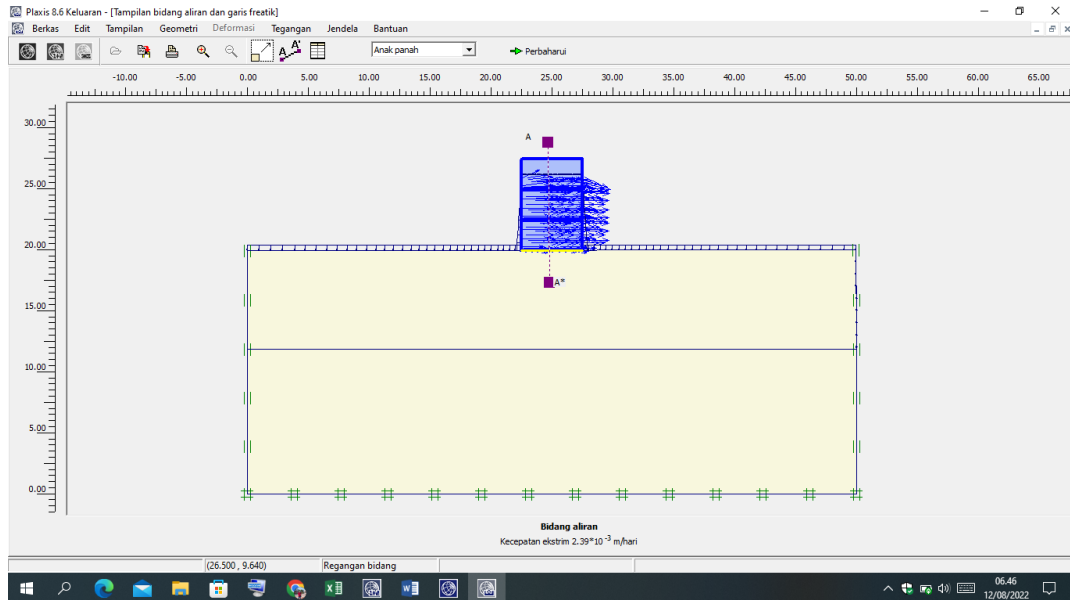
Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pembebanan	Waktu	Air	Perta...
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0.00 ...	0	0
✓ Construction	1	0	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0 ...	1	1
✓ Consolidation	2	1	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0 ...	2	9
✓ SF Construction	3	2	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	2	739
✓ HWL	4	2	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0 ...	4	165
✓ Consolidation	5	4	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0 ...	5	167
✓ SF HWL	6	5	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	5	173
✓ HWL	7	5	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0 ...	7	273
✓ Consolidation	8	7	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0 ...	8	275
✓ SF NWL	9	8	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	8	839
✓ LWL	10	9	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.0 ...	10	631
✓ Consolidation	11	8	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0 ...	11	633
✓ SF LWL	12	11	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	11	639

Gambar 5.49: Safety Factor Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas (Skenario 3)

SF= 2,579 > Syarat = 1.5 Sehingga tinjauan stabilitas terhadap keruntuhan **Aman**.

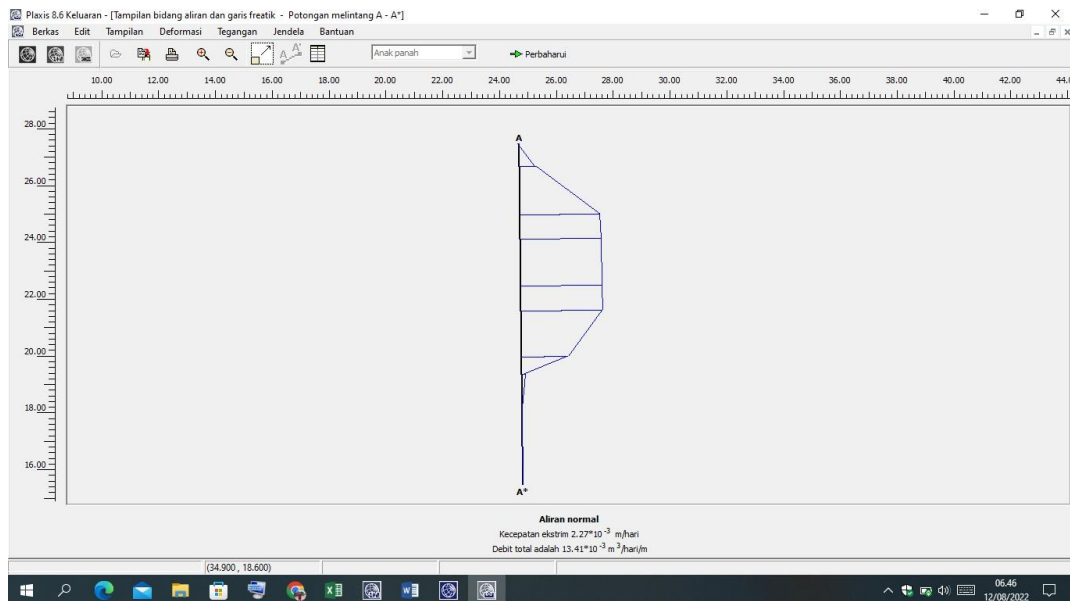
l. Bidang Aliran dan arah aliran bendung barrier plastik Kondisi HWL

Bidang aliran bendung barrier plastik hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil bidang aliran sebesar 0.0239 liter/day, hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.50.



Gambar 5.50: Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL
(Skenario 3)

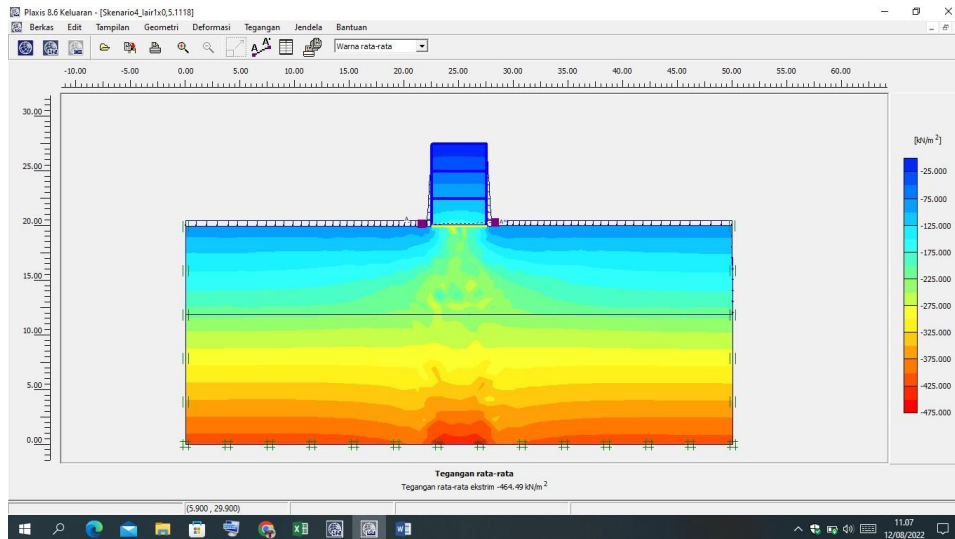
Arah aliran bendung barrier plastik mengarah ke hilir dengan aliran normal, kecepatan ekstrim $2,39 \times 10^{-3}$ m/hari, debit total $13,41 \times 10^{-3}$ m³/hari



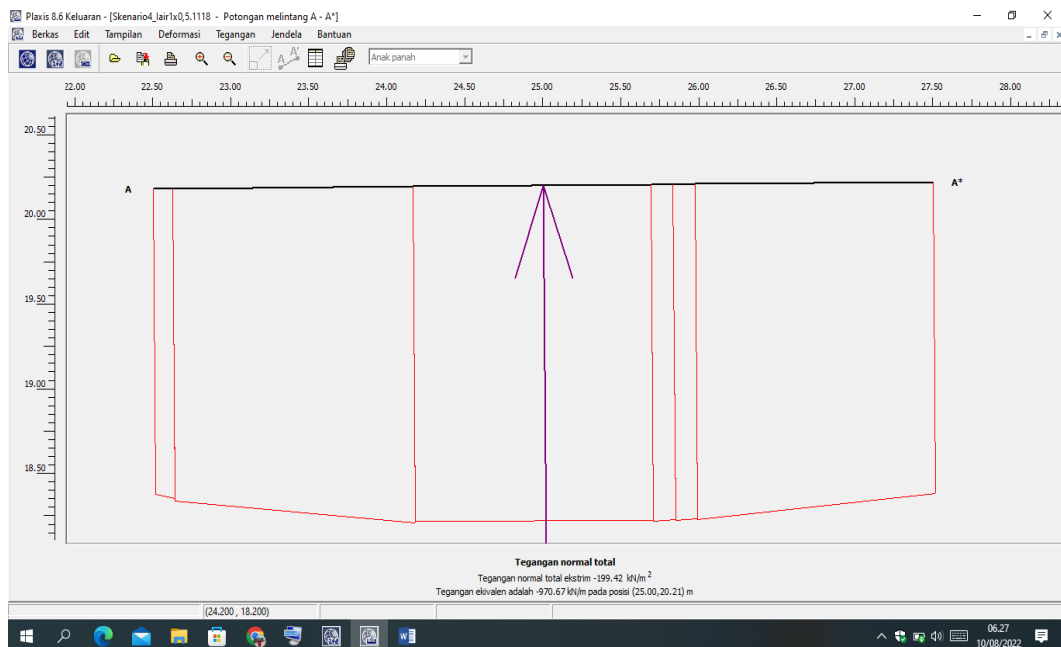
Gambar 5.51: Bidang Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 3)

5.3.4 Skenario 4 (I isi air)

m. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan Tarik atau Desak Kondisi HWL: Tegangan bendung barrier dari hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil tegangan rata – rata ekstrim sebesar -464.49 kN/m^2 dapat dilihat pada Gambar 5.52 dan tegangan desak sebesar -199.422 kN/m^2 , hasil keluran desak bendung barrier dapat dilihat pada Gambar 5.53 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.8.



Gambar 5.52: Tegangan Rata – Rata Ekstrim (Skenario 4)



Gambar 5.53: Potongan A-A' Total Normal Stresses (Skenario 4)

Tabel 5.8: Hasil Total Normal Stress (Skenario 4)

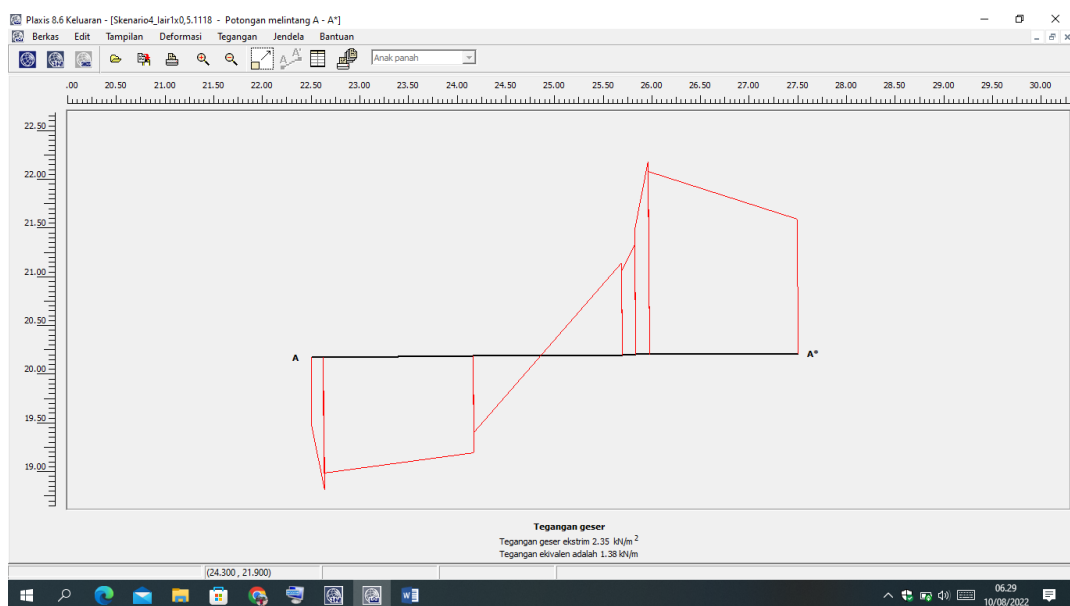
Plaxis 8.6 Keluaran - [Skenario4_lair1x0,5.1118 - Tabel po

X [m]	Y [m]	σ_N [kN/m ²]
22.500	20.186	-181.016
22.624	20.187	-183.716
22.624	20.187	-185.211
24.167	20.199	-199.089
24.167	20.199	-198.331
25.692	20.211	-199.117
25.692	20.211	-199.422
25.833	20.213	-198.909
25.833	20.213	-199.061
25.976	20.214	-198.504
25.976	20.214	-198.665
27.500	20.226	-184.516

= -199.422 kN/m² < desak beton = 3614.5 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan desak **aman**.

n. Tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser Kondisi HWL:

Tegangan geser hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil shear stress sebesar 2.35 kN/m², hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.54 dan Tabel keluaran plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.9.



Gambar 5.54: Potongan A-A' Extreme Shear Stress (Skenario 4)

Tabel 5.9: Hasil Shear Stresses (Skenario 4)

X [m]	Y [m]	τ [kN/m ²]
22.500	20.186	-0.821
22.624	20.187	-1.619
22.624	20.187	-1.414
24.167	20.199	-1.178
24.167	20.199	-0.932
25.692	20.211	1.119
25.692	20.211	1.022
25.833	20.213	1.332
25.833	20.213	1.524
25.976	20.214	2.355
25.976	20.214	2.226
27.500	20.226	1.634

= 2.35 kN/m² < geser beton = 180.7 kN/m² Sehingga tinjauan stabilitas terhadap tegangan geser **aman**.

o. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas Kondisi HWL

Stabilitas terhadap keruntuhan kapastis hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil safety factor sebesar SF= 1.30, hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.55.

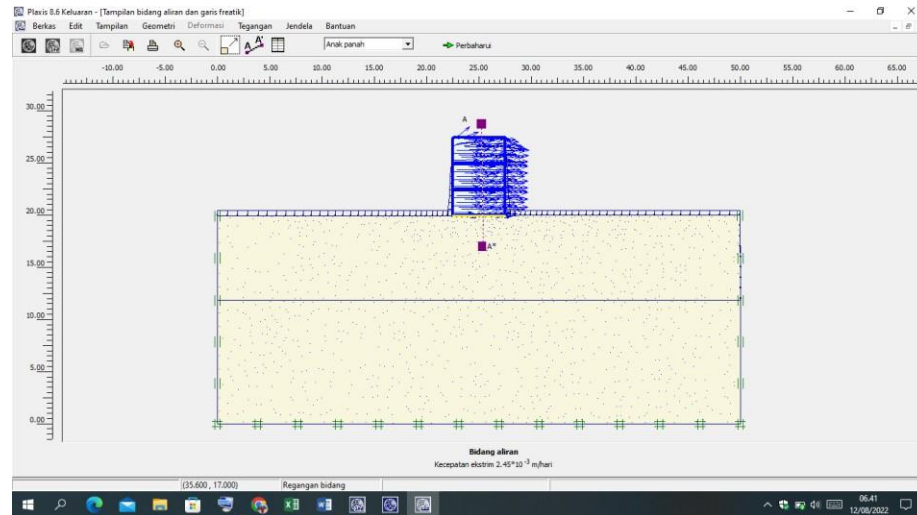
Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pembebanan	Waktu	Air	Perta...
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0.00 ...	0	0
✓ Construction	1	0	Analisa plasts	Tahapan konstruksi	30.0...	1	1
✓ Consolidation	2	1	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	2	15
✓ SF Construction	3	2	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	2	469
✓ HWL	4	2	Analisa plasts	Tahapan konstruksi	30.0...	4	227
✓ Consolidation	5	4	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	5	229
✓ SF HWL	6	5	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	5	1069
✓ NWL	7	5	Analisa plasts	Tahapan konstruksi	30.0...	7	341
✓ Consolidation	8	7	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	8	343
✓ SF NWL	9	8	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	8	769
✓ LWL	10	9	Analisa plasts	Tahapan konstruksi	30.0...	10	455
✓ Consolidation	11	8	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.0...	11	457
✓ SF LWL	12	11	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 ...	11	919

Gambar 5.55: Safety Factor Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas

(Skenario 4)

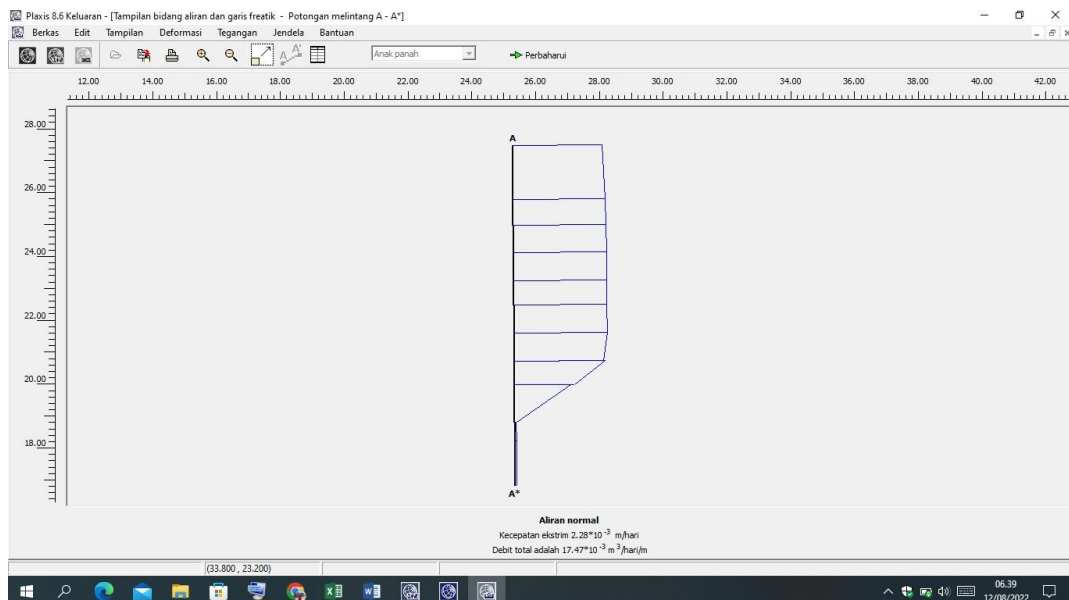
SF= 1.30 < Syarat = 1.5 Sehingga tinjauan stabilitas terhadap keruntuhan **Tidak Aman**.

p. Bidang Aliran dan arah aliran bendung barrier plastik Kondisi HWL
 Bidang aliran bendung barrier plastik hasil keluaran plaxis menunjukkan hasil bidang aliran sebesar 0.0245 liter/day, hasil keluran plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.56.



Gambar 5.56: Bidang Arah Aliran Bendung Barrier Plastik Kondisi HWL
 (Skenario 4)

Arah aliran bendung barrier plastik mengarah ke hulu dengan aliran normal,
 kecepatan ekstrim $-2,28 \times 10^{-3}$ m/hari, debit total 17.47×10^{-3} m³/hari



Gambar 5.57: Bidang Aliran Bendung Barrier Plastik (Skenario 4)

Tabel 5.10: Tabel Rekapitulasi (SF) Dimensi Optimal

Bentuk	HWL (m)	SF Guling ≥1,5	PLAXIS SF Keruntuhan ≥1,5	SF Geser≥1,5			
				Pasangan Batu	Kerikil	Pasir	Lempung
Dimensi Optimal							
L (pasir+air)	1,00	20,90 (A)	3.81 (A)	4,48 (A)	2,99 (A)	2,39 (A)	1,79 (A)
L (air)	1,00	10,50 (A)	1.875 (A)	2,25 (A)	1,50 (A)	1,20 (TA)	0,90 (TA)
I (pasir+air)	1,50	2,65 (A)	2.579 (A)	1,99 (A)	1,33 (TA)	1,06 (TA)	0,80 (TA)
I (air)	1,50	1,33 (TA)	1.30 (TA)	1,00 (TA)	0,67 (TA)	0,53 (TA)	0,40 (TA)

Keterangan:

A= Aman

TA= Tidak Aman

Dari hasil rekapitulasi pada tabel 5.10 dapat disimpulkan bahwa:

1. Bentuk L isi (pasir+air) dimensi optimal menunjuk/analisa stabilitas guling, geser dan keruntuhan dinyatakan aman dan bentuk L isi (air) untuk analisa guling, keruntuhan dan geser pada tumpuan pasangan batu dinyatakan aman, sedangkan stabilitas geser pada tumpuan kerikil, pasir dan lempung dinyatakan tidak aman.
2. Bentuk I isi (pasir+air) untuk analisa guling, keruntuhan dan geser pada tumpuan pasangan batu dinyatakan aman, sedangkan stabilitas geser pada tumpuan kerikil, pasir dan lempung dinyatakan tidak aman sedangkan bentuk I isi (air) untuk stabilitas guling dan geser keruntuhan dinyatakan tidak aman.

BAB VI

KESIMPULAN, IMPLEMENTASI DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari analisa penelitian model bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran, sebagai berikut:

1. Model skalatis miniatur bendung barrier plastik yang sesuai dengan fungsi Bendung dengan dimensi b.l.h = 0,1 m x 0,2 m x 0,1 m (1 unit) dilengkapi dengan stik sebagai joint, perletakan sebagai alas dan bukaan bentuk ulir berbahan resin plastik (3D) terdiri dari 9 unit yang dipersiapkan untuk eksperimen dengan variasi tubuh bendung dibuat bentuk L dan bentuk I.
2. Model Bendung Barrier Plastik yang sesuai dengan aspek hidrolik dilakukan pengujian eksperimen dilengkapi dengan diver & piezometer di laboratorium hidrolika UNISSULA dengan mensimulasikan 4 model yaitu skenario 1 bentuk L isi pasir+air; skenario 2 bentuk L isi air; skenario 3 bentuk I isi pasir+air; skenario 4 bentuk I isi air.

Hasil dari eksperimen skenario 1 bentuk L isi pasir+air menunjukkan bendung stabil, tidak guling dan tidak terjadi pergeseran pada elevasi sampai terjadi limpasan, dan sudah sesuai dengan perhitungan analisa stabilitas bendung dimensi miniatur.

Dari perhitungan stabilitas bendung dengan dimensi prototipe (b.l.h) 0,5m x 0,5m x 1m diperoleh hasil skenario 1 bentuk L isi pasir+air dengan SF guling=5,25 ;SF geser pada tumpuan pasangan batu = 2,24 ; SF pada tumpuan kerikil 1,49 dan skenario 2 bentuk L isi air dengan SF guling=2,64; SF geser pada tumpuan pasangan batu = 1,03.

3. Untuk model Bendung Barrier Plastik pada pengembangan dimensi optimal (b.l.h) 1m x 1m x 0,5m dengan stik untuk joint sepanjang 40cm dan 70cm didapatkan hasil skenario 1 bentuk L isi pasir+ air (aman) merupakan dimensi Bendung Barrier Plastik yang stabil yaitu SF Guling = 20,90 ; SF geser pada tumpuan berdasarkan kekasaran dinding sebagai landasan yaitu SF geser

pasangan batu = 4,48 ;SF geser kerikil = 2,99 ; SF pasir = 2,39 dan SF lempung = 1,79 dan skenario 2 bentuk L isi air (aman) dengan SF guling = 10,50 ; SF geser pada tumpuan pasangan batu = 2,25; SF geser kerikil = 1,50. Skenario 3 bentuk I isi pasir + air (aman) dengan SF guling = 2,65; SF geser pada tumpuan pasangan batu = 1,99.

4. Stabilitas model bendung barrier plastik dimensi optimal menggunakan aplikasi plaxis didapatkan **skenario 1 bentuk L isi pasir + air** mempunyai nilai SF keruntuhan 3.8064 dan nilai tegangan desak $-291.937 \text{ kN/m}^2 < \text{desak beton} = 3614,5 \text{ kN/m}^2$ maka tegangan desak aman ; **skenario 2 bentuk L isi air** mempunyai nilai SF keruntuhan 1.875 dan nilai tegangan desak $-237.92 \text{ kN/m}^2 < \text{desak beton} = 3614,5 \text{ kN/m}^2$ maka tegangan desak aman ; **skenario 3 bentuk I isi pasir + air** mempunyai nilai SF keruntuhan 2.579 dan nilai tegangan desak $-212.07 \text{ kN/m}^2 < \text{desak beton} = 3614,5 \text{ kN/m}^2$ maka tegangan desak aman.

6.2 Implementasi dan Rekomendasi

Dari hasil penelitian uji laboratorium dan dari analisa pengembangan demensi yang optimal maupun berdasarkan software plaxis maka bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran dapat dirangkai, disusun dan dibongkar pasang, disimpan serta di gunakan oleh masyarakat secara luas. Bendung barrier plastic berfungsi sebagai: Bendung darurat pengendali luapan banjir sungai maupun luapan banjir rob, menaikkan tinggi muka air pada musim kemarau guna irigasi lahan pertanian, kistdam (temporary cofferdam).

Ada beberapa rekomendasi yang dapat disampaikan yaitu sebagai berikut :

- a. Pada bendung dimensi optimal model bendung skenario 1 bentuk L isi pasir air dapat diterapkan pada semua varian tumpuan berdasarkan kekasaran dinding / landasan. Sedangkan skenario 2 bentuk L isi air dan skenario 3 bentuk I isi pasir + air dapat digunakan pada lokasi tumpuan (alas) pasangan batu dan pada dasar tanah yang setlemen / stabil karena nilai SF geser dan SF guling aman.
- b. Bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran sebaiknya berbahan plastik yang kedap air,kuat terhadap cuaca dan matahari

,tidak mudah robek maka disarankan menggunakan bahan plastik HDPE dengan specific gravity 0,93-0,96 dan processing temperature rate 200-280 c°atau 392-536 f°.

- c. Bendung barrier plastik untuk penanganan darurat banjir dan pengatur aliran dapatnya sebagai rujukan untuk bendung multi guna yang dapat diwujudkan secara swadaya masyarakat maupun sebagai pengadaan tanggap bencana oleh pemerintah oleh karena bendung tersebut terdiri dari beberapa unit yang dapat dibongkar pasang di rakit vertikal, horisontal serta dapat disimpan.
- d. Untuk pemasangan bendung barrier plastik di lapangan pada tumpuan pasir dan tumpuan lempung agar stabilitas guling maupun geser lebih aman dapat dibantu dengan menancapkan pasak dolken di setiap pojok bendung tersebut atau dengan cara menanam tubuh bendung minimal dengan kedalaman 10 cm.
- e. Untuk menentukan lebar & tinggi kistdam sesuai kebutuhan maka sebelum pemasangan di lokasi / proyek sebaiknya terlebih dahulu disimulasikan bentuk rangkaian / susunan vertikal dan horizontal untuk dianalisa stabilitas guling , geser guna memperoleh rangkaian kistdam yang paling efektif dan efisien.

Adapun untuk pengusulan hak paten adalah :

Judul invensi	: Tanggul Rangkaian Bak Untuk Darurat Penahan Banjir
Jenis permohonan paten	: Paten Sederhana
Nomor Permohonan Paten	500202110120
Tanggal Penerimaan Permohonan Paten	: 16 – NOV-21