



TUGAS AKHIR - RC14 1501

SIMULASI KESTABILAN KONSOLIDASI-DAM DI HILIR SYPHON LEMURUNG KALI KONTO TERHADAP FUNGSI BEBAN STATIS DAN DINAMIS

AHMAD NA'IM MUSYAFIQ
NRP. 3111 100 067

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc
Danayanti Azmi Dewi Nusantara, ST, MT

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - RC14 1501

STABILITY SIMULATION OF CONSOLIDATED-DAM AT LEMURUNG SYPHON KONTO DOWNSTREAM RIVER ON THE FUNCTIONS OF STATIC AND DYNAMIC LOAD

AHMAD NA'IM MUSYAFIQ
NRP. 3111 100 067

Promotor :
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc
Danayanti Azmi Dewi Nusantara, ST, MT

Civil Engineering Department
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**SIMULASI KESTABILAN KONSOLIDASI-DAM DI HILIR
SYPHON LEMURUNG KALI KONTO TERHADAP
FUNGSI BEBAN STATIS DAN DINAMIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Hidroteknik

Program Studi S1 Reguler Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AHMAD NA'IM MUSYAFIQ

NRP. 3111 100 067

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc

2. Danayanti Azmi Dewi N,



SURABAYA, JULI 2015

JUDUL : SIMULASI KESTABILAN KONSOLIDASI-DAM DI HILIR SYPHON LEMURUNG KALI KONTO TERHADAP FUNGSI BEBAN STATIS DAN DINAMIS

Nama : Ahmad Na'im Musyafiq
NRP : 3111100067
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc
Danayanti Azmi Dewi N, ST, MT

ABSTRAK

Gunung Kelud berada di wilayah Kabupaten Kediri Jawa Timur. Pasca erupsi pada awal tahun 2014, Gunung Kelud menyisakan sejumlah material vulkanik yang masih tertahan di lereng gunung berupa abu, pasir dan kerikil. Material tersebut apabila bercampur dengan air akan membentuk suatu aliran yang disebut lahar dingin. Tingginya curah hujan dan kondisi lereng yang curam dapat menimbulkan aliran lahar yang memiliki daya rusak tinggi. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, perlu dibuat suatu bangunan pengendali sedimen yang diletakkan pada sungai-sungai yang berpotensi dilalui aliran lahar dingin. Ada beberapa macam bangunan pengendali anatara lain *check dam*, konsolidasi dam, tanggul pengarah, dan kantong pasir. Bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung merupakan salah satu upaya mengurangi dampak bencana yang diakibatkan oleh bahaya aliran lahar Gunung Kelud yang melewati aliran Kali Konto. Bangunan konsolidasi dam memiliki fungsi utama untuk melindungi bangunan syphon lemurung dari gerusan sedimen.

Aliran sedimen mengisi kapasitas tampung secara cepat maupun lambat tergantung skala dan interval debit yang mengalir. Apabila pada kondisi tertentu, gaya lawan akibat material tampungan lebih besar daripada gaya tahan dari bangunan maka tidak memenuhi syarat kestabilan. Kondisi tersebut menyebabkan bangunan konsolidasi dam mengalami keruntuhan. Simulasi

kestabilan terhadap variasi beban statis dan dinamis dilakukan dengan menambah variasi parameter kondisi tumpungan yang berbeda. Parameter simulasi yang digunakan antara lain kondisi material, berat jenis material, dan ketinggian material. Sehingga didapat nilai kestabilan konsolidasi dam terhadap kontrol guling, geser dan ambles. Selain itu juga dilakukan simulasi terhadap variasi rasio kelangsingan dari konsolidasi dam Syphon Lemurung, sehingga diketahui dimensi bangunan yang paling efektif.

Dari hasil analisa didapatkan kapasitas volume tumpungan sedimen maksimum konsolidasi dam Syphon Lemurung adalah $30926,25 \text{ m}^3$. Laju sedimen pada Kali Konto adalah $67,1875 \text{ m}^3/\text{hari}$. Waktu untuk memenuhi tumpungan sedimen adalah 460 hari. Dari hasil simulasi kestabilan diketahui semakin tinggi massa jenis material (W) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Syarat kestabilan mempengaruhi ketinggian tumpungan sedimen pada kondisi kritis. Dari hasil simulasi rasio kelangsingan didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h_1) = 1m – 5m dan lebar dam (b) = 8m - 10m. Sehingga dimensi eksisting konsolidasi dam Syphon Lemurung merupakan dimensi yang sudah efektif.

Kata kunci : Kestabilan, Konsolidasi Dam, Simulasi

TITLE : STABILITY SIMULATION OF CONSOLIDATED-DAM AT LEMURUNG SYPHON KONTO DOWNSTREAM RIVER ON THE FUNCTIONS OF STATIC AND DYNAMIC LOAD

Student Name : Ahmad Na'im Musyafiq
NRP : 3111100067
Department : Civil Engineering FTSP-ITS
Promotor : Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc
Danayanti Azmi Dewi N, ST, MT

ABSTRACT

Mount Kelud is located in Kediri, East Java. After the eruption in early 2014, it leave a number of volcanic material which was still deposited on the mountain's slope in form of ash, sand and gravel. These materials transform to be cold lava flow when mixed with water. The high intensity and steep slope conditions could cause lava flow that has high destructive power. To reduce the negative impact, a sediment control structures should be built across rivers that potentially be passed by cold lava flow. There are several kinds of control structures among others check-dam, consolidated-dam, crib and sandbag. Consolidated-dam of Lemurung Syphon is one example to reduce the disaster caused by the danger of lava flow that passes through Konto River. Consolidatied-dam building has a primary function to protect the building Lemurung Syphon of scouring sediment.

Transport sediment will fill the capacities either quick or slow depend on the scale and interval of discharge. When in certain conditions, the opponent force as a result of the storage material is greater than the resistant force of the building so not qualify stability requirement. This condition causes the consolidated-dam building collapse. Stability simulation on static and dynamic load variations done by adding the parameter variations of different storage conditions. Parameters simulation that are used includes material conditions, material density, and height of the material. So the value of stability the consolidated-

dam can be obtained against rolling, sliding and subsidence. Simulation of the variation the slinness ratio of consolidated-dam of Lemurung Syphon is also been done, so the most effective dimensions of the building can be determined.

It can be concluded that sediment maximum capacity of the storage volume consolidated-dam Lemurung Syphon is 30926.25 m³. The discharge of sediment at River Konto is 67.1875 m³/day. The time to fulfill the storage sediment is about 460 days. From the simulation results, it is known that the higher the density of the material (W), the lower the stability of the building. Stability requirement affects the height of the sediment reservoirs in critical condition. From the simulation results determined dimensional the slinness ratio qualified plan is the high stability of the dam (h1) = 1m - 5m and width dam (b) = 8m - 10m. So the dimensions of the existing consolidated-dam Lemurung Syphon, it is found that the effective.

Keywords : *Consolidated-Dam, Simulation, Stability*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan karunia-NYA serta shalawat dan salam kepada Nabi junjungan, Muhammad SAW, atas keteladanannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Simulasi Kestabilan Konsolidasi-Dam di Hilir Syphon Lemurung Kali Konto Terhadap Fungsi Beban Statis dan Dinamis".

Adapun pembuatan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis dalam rangka penyelesaian studi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari arahan, bantuan, bimbingan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak dan Ibu tersayang yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dukungan kepada penulis. Tidak ada yang dapat menggambarkan kasih sayang kalian.
2. Keempat saudara saya Fuad, Yenni, Tomi dan Iqbal yang dengan karakter unik masing-masing selalu memberikan senyum dan semangat. Semoga kita selalu dan bisa bertemu dengan kualitas pribadi yang lebih baik.
3. Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc. dan Ibu Danayanti Azmi Dewi Nusantara, ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang sudah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh kesabaran.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Noor Endah MSc. selaku dosen wali yang selalu memberikan nasehat dan motivasi selama kuliah di jurusan Teknik Sipil.
5. Bapak Dr. Ir. Edijatno, CES. dan Ibu Yang Ratri Savitri, ST., MT. selaku dosen penguji, yang telah memberikan saran dan kritik.

6. Bapak Ibu dosen yang selalu memberikan ilmu dan membagikan pengalamannya.
7. Segenap Pegawai Dinas PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri yang telah memberikan data dan informasi untuk pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Temen-temen Suku Air 2015 yang selalu bisa diandalkan dan juga teman-teman seperjuangan lainnya yang mengambil Tugas Akhir hidroteknik.
9. Keluarga Muslim Al-Hadiid 2013/2014, Keluarga Kost Qur'an yang selalu menginspirasi
10. Teman cangkruk, pemburu wifi kampus dan pemburu takjil, serta konco mbolang untuk perjalanan yang penuh cerita.
11. Teman-teman S-54, you are the best.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebut satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga diharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak dari segi wawasan keilmuan.

Surabaya, Juli 2015

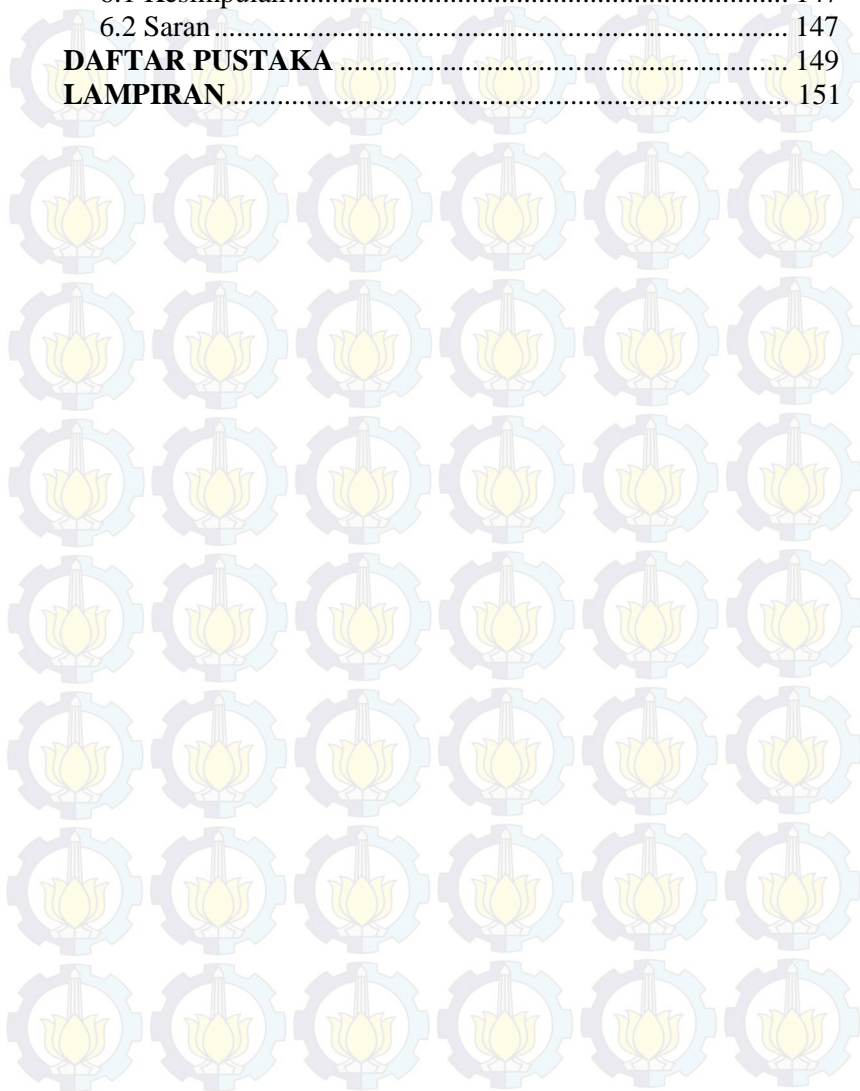
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Lokasi Studi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Deskripsi Umum.....	5
2.2 Konsolidasi Dam Syphon Lemurung.....	7
2.3 Analisa Volume Tampunguan Sedimen.....	9
2.4 Analisa Kontrol Stabilitas Konsolidasi Dam.....	11
2.4.1 Parameter Stabilitas Konstruksi Konsolidasi Dam.....	11
2.4.2 Gaya yang Bekerja.....	12
2.4.3 Simulasi Kestabilan dengan Variasi Kondisi Tampunguan serta Simulasi Kestabilan dengan Variasi Rasio Kelangsingan Dimensi Konsolidasi Dam.....	17
2.4.4 Faktor Stabilitas Bangunan.....	20
2.5 Analisa Hubungan Faktor Keamanan.....	23

BAB III METODOLOGI.....	25
3.1 Studi Literatur	25
3.2 Pengumpulan Data	25
3.2.1 Data Perencanaan	25
3.2.2 Data Topografi.....	25
3.2.3 Data Pendukung	26
3.3. Penyelesaian Masalah	26
3.3.1 Analisa Volume Tampungan Sedimen	26
3.3.2 Analisa Kontrol Stabilitas Konsolidasi Dam	26
3.3.3 Analisa Hubungan Syarat Kestabilan	27
3.4 Metodologi	27
BAB IV ANALISA DAN SIMULASI KESTABILAN	29
4.1 Perencanaan Konsolidasi Dam Syphon Lemurung	29
4.2 Analisa Kapasitas Tampungan Sedimen.....	32
4.2.1 Kapasitas Volume Tampungan Sedimen	33
4.2.2 Analisa Laju Sedimentasi.....	34
4.3 Analisa Kontrol Stabilitas Konsolidasi Dam	35
4.4 Simulasi Kestabilan Variasi Kondisi Tampungan	37
4.4.1 Kondisi Tampungan Dominan Air.....	38
4.4.2 Kondisi Tampungan Dominan Sedimen	45
4.4.3 Kondisi Tampungan Dominan Air Dinamis	52
4.4.4 Kondisi Tampungan Material Komposit.....	59
4.4.5 Kondisi Tampungan Material Dinamis	66
4.4.6 Kondisi Tampungan Saat Gempa.....	73
BAB V SIMULASI DIMENSI KONSOLIDASI DAM	81
5.1 Simulasi Dimensi Konsolidasi dam	81
5.2 Analisa Kestabilan Variasi Kelangsingan Dimensi	83
5.2.1 Kondisi Tampungan Dominan Air.....	85
5.2.2 Kondisi Tampungan Dominan Sedimen	96
5.2.3 Kondisi Tampungan Dominan Air Dinamis	107
5.2.4 Kondisi Tampungan Material Komposit.....	107
5.2.5 Kondisi Tampungan Material Dinamis	120
5.2.6 Kondisi Tampungan Saat Gempa.....	133

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	147
6.1 Kesimpulan.....	147
6.2 Saran	147
DAFTAR PUSTAKA	149
LAMPIRAN	151





“HALAMANAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perencanaan Variasi Kondisi Tampung dan Parameter pada Simulasi Kestabilan	18
Tabel 2.2	Parameter Daya Dukung Tanah	23
Tabel 4.1	Data Teknis Konsolidasi Dam Syphon Lemurung	31
Tabel 4.2	Asumsi Data Parameter Perencanaan Konsolidasi Dam Syphon Lemurung	32
Tabel 4.3	Pembagian Bidang Gaya dan Momen Beserta Perumusannya	36
Tabel 4.4	Perencanaan Simulasi Kestabilan Variasi Kondisi Tampung	37
Tabel 4.5	Perencanaan Simulasi Variasi Ketinggian Material Tampung	38
Tabel 4.6	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen	39
Tabel 4.7	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$)	40
Tabel 4.8	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$)	41
Tabel 4.9	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$)	41
Tabel 4.10	Ketinggian Tampung Kritis saat Kondisi Tampung Dominan Air	44
Tabel 4.11	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen	46
Tabel 4.12	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$)	47
Tabel 4.13	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$)	48
Tabel 4.14	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Sedimen ($W_s = 1,9 \text{ ton/m}^3$)	48
Tabel 4.15	Ketinggian Tampung Kritis saat Kondisi Tampung Dominan Sedimen	51
Tabel 4.16	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen	53
Tabel 4.17	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Air Dinamis ($W_d = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $V_d = 1,5 \text{ m/s}$)	54
Tabel 4.18	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Air Dinamis ($W_d = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $V_d = 1,0 \text{ m/s}$)	55
Tabel 4.19	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampung Dominan Air Dinamis ($W_d = 1,4 \text{ ton/m}^3$; $V_d = 0,5 \text{ m/s}$)	55

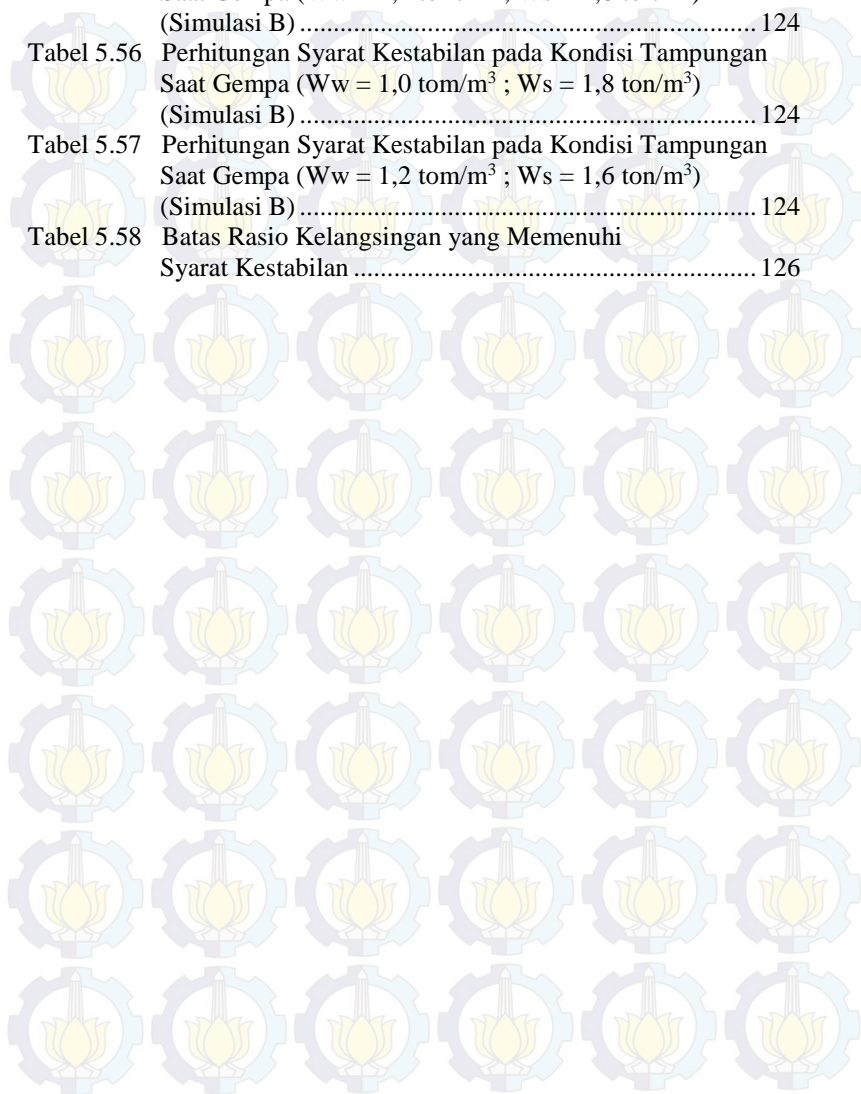
Tabel 4.20	Ketinggian Tampang Kritis saat Kondisi Tampang Dominan Air Dinamis.....	58
Tabel 4.21	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen	60
Tabel 4.22	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w= 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,6 \text{ ton/m}^3$)	61
Tabel 4.23	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w= 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,8 \text{ ton/m}^3$)	61
Tabel 4.24	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w= 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,8 \text{ ton/m}^3$)	62
Tabel 4.25	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w= 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,6 \text{ ton/m}^3$)	62
Tabel 4.26	Ketinggian Tampang Kritis saat Kondisi Tampang Material Komposit	65
Tabel 4.27	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen	67
Tabel 4.28	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Dinamis($W_w=1,0\text{t/m}^3$, $V_d=1,5\text{m/s}$, $W_s=1,6\text{t/m}^3$)	68
Tabel 4.29	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Dinamis($W_w=1,2\text{t/m}^3$, $V_d=1,0\text{m/s}$, $W_s=1,8\text{t/m}^3$)	69
Tabel 4.30	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Dinamis($W_w=1,0\text{t/m}^3$, $V_d=1,5\text{m/s}$, $W_s=1,8\text{t/m}^3$)	69
Tabel 4.31	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Dinamis($W_w=1,2\text{t/m}^3$, $V_d=1,0\text{m/s}$, $W_s=1,6\text{t/m}^3$)	69
Tabel 4.32	Ketinggian Tampang Kritis saat Kondisi Tampang Material Dinamis	72
Tabel 4.33	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen	74
Tabel 4.34	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Saat Gempa ($W_w= 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,6 \text{ ton/m}^3$).....	75
Tabel 4.35	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Saat Gempa ($W_w= 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,8 \text{ ton/m}^3$).....	76
Tabel 4.36	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Saat Gempa ($W_w= 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,8 \text{ ton/m}^3$).....	76
Tabel 4.37	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Saat Gempa ($W_w= 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s= 1,6 \text{ ton/m}^3$).....	76
Tabel 4.38	Ketinggian Tampang Kritis saat Kondisi Tampang Saat Gempa.....	79

Tabel 5.1	Simulasi A (Rasio Kelangsingan Vertikal)	82
Tabel 5.2	Simulasi B (Rasio Kelangsingan Horisontal).....	82
Tabel 5.3	Perencanaan Simulasi Kestabilan Variasi Kelangsingan Dimensi	83
Tabel 5.4	Simulasi Parameter Variasi Kelangsingan	84
Tabel 5.5	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A	85
Tabel 5.6	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)	87
Tabel 5.7	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)	87
Tabel 5.8	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)	87
Tabel 5.9	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B.....	90
Tabel 5.10	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B).....	92
Tabel 5.11	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B).....	92
Tabel 5.12	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B).....	92
Tabel 5.13	Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan.....	95
Tabel 5.14	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A	96
Tabel 5.15	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)	98
Tabel 5.16	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)	98
Tabel 5.17	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)	98
Tabel 5.18	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B.....	101
Tabel 5.19	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)	103
Tabel 5.20	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)	103
Tabel 5.21	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungan Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)	103
Tabel 5.22	Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan.....	106
Tabel 5.23	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A	108

Tabel 5.24	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A).....	109
Tabel 5.25	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A).....	109
Tabel 5.26	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A).....	110
Tabel 5.27	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A).....	110
Tabel 5.28	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B.....	113
Tabel 5.29	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B).....	115
Tabel 5.30	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B).....	115
Tabel 5.31	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B).....	115
Tabel 5.32	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B).....	116
Tabel 5.33	Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan	119
Tabel 5.34	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A.....	107
Tabel 5.36	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,0\text{t/m}^3$, $V_d=1,5\text{m/s}$, $W_s=1,6\text{t/m}^3$) (Simulasi A).....	108
Tabel 5.38	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,2\text{t/m}^3$, $V_d=1,0\text{m/s}$, $W_s=1,8\text{t/m}^3$) (Simulasi A).....	109
Tabel 5.39	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,0\text{t/m}^3$, $V_d=1,5\text{m/s}$, $W_s=1,8\text{t/m}^3$) (Simulasi A).....	109

Tabel 5.40	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,2t/m^3, V_d=1,0m/s, W_s=1,6t/m^3$) (Simulasi A)	109
Tabel 5.41	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B.....	111
Tabel 5.42	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,0t/m^3, V_d=1,5m/s, W_s=1,6t/m^3$) (Simulasi B).....	113
Tabel 5.43	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,2t/m^3, V_d=1,0m/s, W_s=1,8t/m^3$) (Simulasi B).....	113
Tabel 5.44	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,0t/m^3, V_d=1,5m/s, W_s=1,8t/m^3$) (Simulasi B).....	113
Tabel 5.45	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($W_w=1,2t/m^3, V_d=1,0m/s, W_s=1,6t/m^3$) (Simulasi B).....	114
Tabel 5.46	Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan.....	116
Tabel 5.47	Ketinggian Kritis Kondisi Tumpungan Saat Gempa	116
Tabel 5.48	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A	117
Tabel 5.49	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton}/m^3 ; W_s = 1,6 \text{ ton}/m^3$) (Simulasi A)	118
Tabel 5.50	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton}/m^3 ; W_s = 1,8 \text{ ton}/m^3$) (Simulasi A)	119
Tabel 5.51	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton}/m^3 ; W_s = 1,8 \text{ ton}/m^3$) (Simulasi A)	119
Tabel 5.52	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton}/m^3 ; W_s = 1,6 \text{ ton}/m^3$) (Simulasi A)	119
Tabel 5.53	Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B.....	122
Tabel 5.54	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton}/m^3 ; W_s = 1,6 \text{ ton}/m^3$) (Simulasi B).....	123

Tabel 5.55	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ tom/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)	124
Tabel 5.56	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ tom/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)	124
Tabel 5.57	Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ tom/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)	124
Tabel 5.58	Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan	126



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Peta lokasi	3
Gambar 2.1	Pola dasar penanggulangan banjir sedimen (aliran debris) akibat letusan gunung api	6
Gambar 2.2	Peta wilayah pengendalian lahar Gunung Kelud	7
Gambar 2.3	Konsolidasi dam syphon lemuring di Kali Konto.....	8
Gambar 2.4	Diagram kondisi tampungan sedimen konsolidasi dam	9
Gambar 2.5	Diagram gaya akibat berat sendiri bangunan.....	13
Gambar 2.6	Diagram gaya akibat tekanan air statis	14
Gambar 2.7	Diagram gaya akibat tekanan endapan sedimen	15
Gambar 2.8	Diagram gaya akibat tekanan air dinamis	16
Gambar 2.9	Diagram gaya akibat gaya gempa.....	17
Gambar 2.10	Perencanaan simulasi kestabilan berdasarkan kondisi tampungan sedimen	18
Gambar 2.11	Diagram kestabilan terhadap guling	20
Gambar 2.12	Diagram kestabilan terhadap geser	21
Gambar 2.13	Diagram kestabilan terhadap ambles	22
Gambar 3	Diagram alur metodologi.....	28
Gambar 4.1	Desain perencanaan konsolidasi dam Syphon Lemuring di Kali Konto (tampak atas).....	29
Gambar 4.2	Detail potongan memanjang <i>main dam</i>	30
Gambar 4.3	Detail potongan melintang <i>main dam</i>	30
Gambar 4.4	Skema perhitungan kapasitas volume sedimen.....	33
Gambar 4.5	Diagram bidang gaya pada simulasi kestabilan.....	35
Gambar 4.6	Diagram gaya pada simulasi tampungan dominan air ..	37
Gambar 4.7	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air (W_w) pada kondisi tampungan dominan air	42
Gambar 4.8	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air (W_w) pada kondisi tampungan dominan air	43
Gambar 4.9	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air (W_w) pada kondisi tampungan dominan air	44
Gambar 4.10	Hubungan W_w dan H kritis pada kondisi tampungan dominan air	45
Gambar 4.11	Diagram gaya pada simulasi tampungan dominan sedimen.....	46

Gambar 4.12	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis sedimen (Ws) pada kondisi tampungan dominan sedimen	49
Gambar 4.13	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis sedimen (Ws) pada kondisi tampungan dominan sedimen	50
Gambar 4.14	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis sedimen (Ws) pada kondisi tampungan dominan sedimen	51
Gambar 4.15	Hubungan W_w dan H kritis pada kondisi tampungan dominan sedimen	52
Gambar 4.16	Diagram gaya pada simulasi tampungan dominan air dinamis.....	53
Gambar 4.17	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air dinamis (W_d) pada kondisi tampungan dominan air dinamis	56
Gambar 4.18	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air dinamis (W_d) pada kondisi tampungan dominan air dinamis	57
Gambar 4.19	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air dinamis (W_d) pada kondisi tampungan dominan air dinamis	58
Gambar 4.20	Diagram gaya pada simulasi tampungan material komposit.....	59
Gambar 4.21	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi ketinggian tampungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tampungan material komposit.....	63
Gambar 4.22	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi ketinggian tampungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tampungan material komposit.....	64

Gambar 4.23	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi ketinggian tumpungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan material komposit	65
Gambar 4.24	Hubungan W_w , W_s dan H kritis pada kondisi tumpungan material komposit.....	66
Gambar 4.25	Diagram gaya pada simulasi tumpungan material dinamis	67
Gambar 4.26	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi ketinggian tumpungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan material dinamis	70
Gambar 4.27	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi ketinggian tumpungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan material dinamis	71
Gambar 4.28	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi ketinggian tumpungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan material dinamis	72
Gambar 4.29	Hubungan W_d , W_s dan H kritis pada kondisi tumpungan material dinamis	73
Gambar 4.30	Diagram gaya pada simulasi tumpungan saat gempa ...	74
Gambar 4.31	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi ketinggian tumpungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan saat gempa	77
Gambar 4.32	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi ketinggian tumpungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan saat gempa	78
Gambar 4.33	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi ketinggian tumpungan (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan saat gempa	79
Gambar 4.34	Hubungan W_w , W_s dan H kritis pada kondisi tumpungan saat gempa.....	80

Gambar 5.1	Simulasi rasio kelangsingan pada konsolidasi dam	81
Gambar 5.2	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan dominan air	88
Gambar 5.3	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan dominan air	89
Gambar 5.4	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan dominan air	90
Gambar 5.5	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan dominan air	93
Gambar 5.6	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan dominan air	94
Gambar 5.7	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan dominan air	95
Gambar 5.8	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan dominan sedimen.....	99
Gambar 5.9	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan dominan sedimen.....	100
Gambar 5.10	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan dominan sedimen.....	101
Gambar 5.11	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan dominan sedimen.....	104
Gambar 5.12	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan dominan sedimen.....	105
Gambar 5.13	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan dominan sedimen.....	106

Gambar 5.14	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan material komposit.....	112
Gambar 5.15	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan material komposit.....	111
Gambar 5.16	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan material komposit.....	113
Gambar 5.17	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan material komposit.....	117
Gambar 5.18	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan material komposit.....	118
Gambar 5.19	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan material komposit.....	119
Gambar 5.20	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan material dinamis.....	124
Gambar 5.21	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan material dinamis.....	125
Gambar 5.22	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan material dinamis.....	126
Gambar 5.23	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan material dinamis.....	130
Gambar 5.24	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan material dinamis.....	131
Gambar 5.25	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan material dinamis.....	132

Gambar 5.26	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan saat gempa	137
Gambar 5.27	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan saat gempa	138
Gambar 5.28	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal pada kondisi tampungan saat gempa	139
Gambar 5.29	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan saat gempa	143
Gambar 5.30	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan saat gempa	144
Gambar 5.31	Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal pada kondisi tampungan saat gempa	145

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Gunung Kelud yang berada di wilayah Kabupaten Kediri Jawa Timur merupakan salah satu gunung api yang masih aktif. Gunung Kelud mengalami letusan terakhir pada awal tahun 2014. Pasca erupsi, Gunung Kelud menyisakan sejumlah material vulkanik yang masih tertahan di lereng gunung berupa abu, pasir, dan batu. Material tersebut apabila bercampur dengan air akan membentuk suatu aliran yang disebut lahar dingin. Curah hujan dan kondisi lereng yang relatif terjal dapat menimbulkan aliran lahar yang memiliki daya rusak tinggi.

Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, perlu dibuat suatu bangunan pengendali sedimen yang diletakkan pada sungai-sungai yang berpotensi dilalui aliran lahar dingin. Ada beberapa macam bangunan pengendali antara lain *check dam*, konsolidasi dam, tanggul pengarah, dan kantong pasir. Jenis bangunan pengendali sedimen dibangun sesuai karakteristik dari lokasi aliran sungai.

Bangunan konsolidasi dam yang berada di hilir Syphon Lemurung merupakan salah satu upaya menghindari bencana yang diakibatkan oleh bahaya aliran lahar Gunung Kelud yang melewati aliran Kali Konto. Bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung terletak di Desa Brumbung, melintasi Kali Konto (gambar 1). Konsolidasi dam ini memiliki fungsi utama untuk melindungi bangunan Syphon Lemurung. Bangunan Syphon mengalirkan air dari Waduk Siman guna menyuplai kebutuhan air lahan pertanian di Kabupaten Jombang seluas 18.800 Ha. Pada saat ini bangunan syphon terancam rusak oleh gerusan aliran sungai karena kemiringan dari sungai yang semakin terjal.

Selama ini masih sedikit studi dan tinjauan mengenai pengaruh kondisi tampungan terhadap kestabilan bangunan konsolidasi dam. Diperlukan sebuah studi terkait pengaruh variasi kondisi tampungan sedimen terhadap kestabilan dan faktor

keamanan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung terhadap kapasitas desain perencanaan sehingga tetap memenuhi syarat kestabilan. Pada studi ini dilakukan suatu simulasi perhitungan kestabilan dengan variasi kondisi dan ketinggian tampungan sedimen. Hasil yang diharapkan dapat diketahui prediksi kapan terjadinya ketidakstabilan bangunan apabila terjadi kondisi kritis pada tampungan konsolidasi dam. Selain itu juga didapat perencanaan dimensi efektif pada konsolidasi dam Syphon Lemurung.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka akan dirumuskan beberapa masalah, antara lain:

1. Berapakah volume tampungan sedimen bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung?
2. Bagaimana hubungan syarat kestabilan dengan simulasi kondisi dan ketinggian tampungan sedimen bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung?
3. Bagaimana hubungan syarat kestabilan dengan rasio kelangsingan dimensi terhadap kondisi kritis dari bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung?

1.3 Tujuan

Dengan rumusan masalah tersebut maka tujuan yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui berapa volume tampungan sedimen bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung.
2. Dapat mengetahui hubungan syarat kestabilan dengan simulasi kondisi dan ketinggian tampungan sedimen bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung
3. Dapat mengetahui hubungan syarat kestabilan dengan rasio kelangsingan dimensi terhadap kondisi kritis dari bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung

1.4 Batasan Masalah

1. Tidak membahas analisa hidrologi.
2. Tidak menghitung secara detail laju aliran sedimen.
3. Tidak memperhitungkan pengaruh *uplift* dan gerusan lokal.
4. Simulasi hanya dilakukan pada *main dam* konsolidasi dam Syphon Lemurung.

1.5 Manfaat

Tugas akhir ini diharapkan dapat mengetahui nilai dan kontrol stabilitas bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung di hilir Kali Konto Kediri. Selain itu diharapkan studi ini dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan bangunan pengendalian sedimen serta memberikan sumbangan pengetahuan dan gambaran pengaplikasian teori tentang pengendalian bencana lahar pada kawasan gunung api.

1.6 Lokasi Studi



Gambar 1. Peta lokasi
(sumber : *google.maps.com*)



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deskripsi Umum

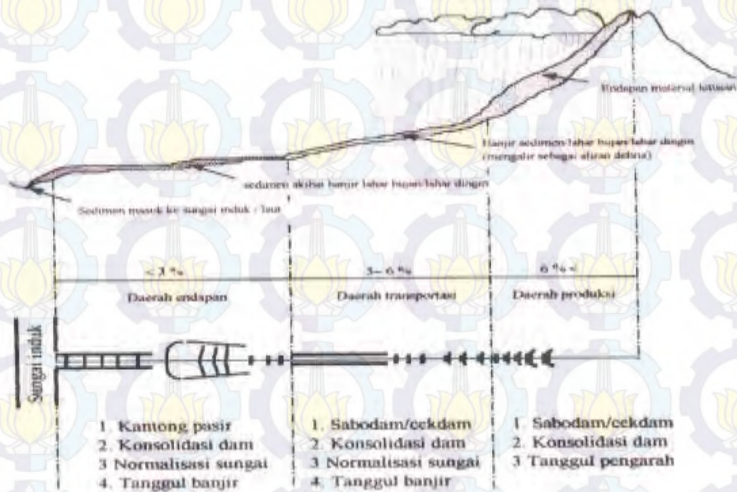
Gunung Kelud merupakan gunung api bertipe strato. Letak secara administratif berada di wilayah Kabupaten Kediri Jawa Timur. Gunung Kelud memiliki ketinggian 1.731 meter di atas permukaan laut. Data di proyek Gunung Kelud, terdapat 11 jalur lahar dan sebagian sudah penuh. Namun masih ada beberapa bangunan pengendali lahar lainnya masih mampu menampung lahar (gambar 2.2). Jalur lahar tersebut tersebar di dua daerah, yaitu Kabupaten Kediri dan Kabupaten Blitar.

Lahar yang terdapat pada lereng bagian hulu Gunung Kelud dan apabila curah hujan yang sangat deras dalam waktu lama dengan intensitas tinggi, dapat menyebabkan bahaya banjir lahar dingin atau bahaya sekunder. Bahaya sekunder diakibatkan oleh mengalirnya air yang membawa endapan berupa material yang sebelumnya menumpuk pada lereng bagian hulu. Endapan abu vulkanik pada lereng bagian hulu merupakan endapan material yang lepas yang sewaktu terjadi hujan akan hanyut ke hilir dalam bentuk banjir lahar.

Dengan kecepatan yang cukup tinggi dan kandungan sedimen yang besar, aliran akan bersifat merusak terhadap apapun yang dilalui aliran tersebut. Oleh karena itu untuk mengurangi besarnya sedimen yang dibawa oleh aliran lahar dan mengurangi kecepatan aliran maka perlu adanya pengendalian banjir lahar dingin.

Daerah produksi sedimen adalah daerah yang terletak pada lereng bagian hulu dengan kemiringan $> 6\%$. Penanggulangan banjir lahar dingin pada daerah produksi sedimen ini dapat diantisipasi dengan cara membuat bangunan penahan sedimen, dam konsolidasi dan dam pengarah aliran. Dengan dibuat bangunan ini diharapkan dapat mengurangi besarnya aliran lahar dingin dan memperkecil kecepatan aliran tersebut. Pada daerah transportasi sedimen, yaitu daerah yang memiliki kemiringan

berkisar antara 3% s/d 6% yang merupakan daerah perkampungan dan pertanian dapat diantisipasi dengan cara membangun konsolidasi dam, normalisasi alur, dam penahan sedimen (*sabo dam*), dan tanggul. Sedangkan daerah endapan sedimen, yaitu daerah yang terletak pada bagian hilir dengan kemiringan $< 3\%$ dapat diatasi dengan membangun bangunan kantong lumpur, dam konsolidasi, dan normalisasi. Pola dasar penanggulangan banjir sedimen ditampilkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Pola dasar penanggulangan banjir sedimen (aliran debris) akibat letusan gunung api (sumber : Pengantar Teknologi Sabo)

Ada beberapa macam bangunan pengendali aliran debris, antara lain :

- *Check dam* : untuk menampung sementara dan mengendalikan sedimen
- Konsolidasi dam : untuk mengurangi produksi sedimen dari alur tebing sungai dan memantapkan dasar sunagi.
- Kantong pasir : untuk menahan endapan sedimen di daerah tangkapan sedimen
- Tanggul : untuk mengarahkan aliran banjir akibat pengikisan tebing



Gambar 2.2. Peta wilayah pengendalian lahar Gunung Kelud
(sumber : PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri)

2.2. Konsolidasi Dam Syphon Lemurung

Waduk Siman merupakan suatu reservoir yang digunakan sebagai suplai irigasi seluas 23.800 ha (Kabupaten Kediri 5.000 ha dan Kabupaten Jombang 18.800 ha). Untuk suplai irigasi ke wilayah Jombang, maka pada tahun 1969 dibangun Syphon yang melintasi Kali Konto terletak di Desa Brumbung, Kecamatan Kepung.

Bangunan syphon mengalirkan air dari Waduk Siman guna menyuplai kebutuhan air lahan pertanian di Kabupaten Jombang seluas 18.800 ha. Sebagai pengaman bangunan syphon terhadap aliran air dan bahaya penggerusan dasar sungai, maka pada bagian hilir syphon dibangun konsolidasi dam. Bangunan konsolidasi dam lama mulai terjadi kerusakan-kerusakan yang cukup parah. Hal tersebut terlihat dengan mulai terlepasnya susunan batu yang ada dan sebagian pasangan batu sudah terguling.

Menanggapi kerusakan dam yang ada, maka dibangun kembali konsolidasi dam baru supaya bangunan syphon tetap aman terhadap bahaya aliran Kali Konto. Konsolidasi dam Syphon Lemurung dibangun pada tahun 2011 di bawah pengawasan PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri. Konstruksi baru dibangun tepat di atas posisi konstruksi konsolidasi dam yang lama

Bangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung merupakan salah satu upaya menghindari bencana yang diakibatkan oleh bahaya aliran lahar Gunung Kelud yang melewati aliran Kali Konto (gambar 2.3). Bangunan konsolidasi dam ini memiliki fungsi utama untuk melindungi bangunan Syphon Lemurung dari gerusan sedimen. Pada kondisi normal aliran air cenderung tidak terlalu deras, sehingga banyak material yang tertampung di hulu konsolidasi dam. Banyak aktivitas penambangan pasir di daerah tangkapan sedimen konsolidasi dam Syphon Lemurung.



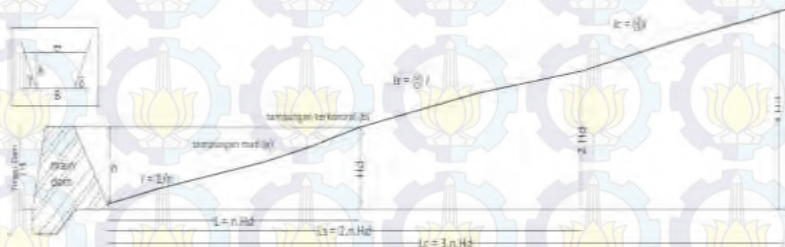
Gambar 2.3. Konsolidasi dam Syphon Lemurung di Kali Konto

Tempat kedudukan bendung konsolidasi dam ditentukan berdasarkan tujuan pembuatannya. Manfaat dari pembangunan konsolidasi dam Syphon Lemurung antara lain :

- Melindungi bangunan Syphon Lemurung guna melayani kebutuhan irigasi seluas ± 18.800 ha
- Mengamankan dan melindungi daerah pertanian dan pemukiman dari ancaman banjir
- Mengendalikan sedimen dan menstabilkan dasar sungai

2.3. Analisa Volume Tampungan Sedimen

Analisa kapasitas tampungan sedimen yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui besar volume tampungan sedimen konsolidasi dam Syphon Lemurung. Selain itu juga berguna untuk perhitungan beban pada perencanaan kestabilan bangunan konsolidasi dam. Kapasitas rencana bangunan diperlukan dalam usaha penanganannya apabila ternyata melebihi ambang batas yang ditentukan. Hubungan tinggi efektif dam dan volume sedimen yang dapat ditampung dirumuskan sebagai berikut.



Gambar 2.4. Diagram kondisi tampungan sedimen konsolidasi dam

$$\text{Perumusan : } V = \frac{1}{2} \times H \times L (B + \frac{1}{3} (\cot \gamma + \cot \delta) H) \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana ;

- V = total volume endapan sedimen (m³)
- H = tinggi efektif dam (m)
- B = lebar dasar sungai rata-rata (m)
- α = sudut kemiringan rata-rata dasar sungai (°)
- β = sudut kemiringan permukaan endapan sedimen (°)
- γ , δ = sudut kemiringan rata-rata tebing sungai (°)

Dari data debit aliran sedimen yang sudah diketahui, maka dapat diketahui prediksi waktu yang diperlukan untuk mengisi tampungan sedimen secara penuh. Debit aliran sedimen didapat dengan menggunakan Rumus Meyer-Peter & Muller (Yang, 1996). Perumusan ini dipilih karena hasil yang diberikan mendekati dengan kondisi di lapangan, yakni daerah sungai dengan dasar berpasir. Rumus ini antara lain diterapkan oleh Liu (2001).

$$q_b = C_m \cdot [(s - 1)g]^{0.5} \cdot d_{50}^{1.5} \cdot (\mu \cdot \theta_b - \theta_c)^{1.5} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\theta_b = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot d_{50}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\tau_b = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{0,06}{\left(\log \left(\frac{12,4}{2,5 \cdot d_{50}} \right) \right)^2} \right) u^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

s = rasio massa jenis sedimen dengan massa jenis air

q_b = banyaknya sedimen *bed load* (m^3/s)

τ_b = tegangan geser

C_m = 8,0

μ = 1,0

θ_c = 0,047

d_{50} = rata-rata diameter sedimen (mm)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

ρ_s = massa jenis sedimen (kg/m^3)

Perumusan yang digunakan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk mengisi tampungan sedimen konsolidasi dam :

$$t = \frac{V}{Q_s} \dots\dots\dots(2.5)$$

dirnana ;

t = waktu yang diperlukan untuk mengisi tampungan

V = total volume tampungan sedimen (m^3)

Q_s = debit aliran sedimen (m^3/s)

2.4. Analisa Kontrol Stabilitas Konsolidasi Dam

Analisa stabilitas merupakan faktor penting dalam perencanaan konsolidasi dam. Selama dan sesudah masa konstruksi, konsolidasi dam akan menerima beban statis serta beban dinamis.

2.4.1. Parameter Stabilitas Konstruksi Konsolidasi Dam

Dimensi merupakan perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran konsolidasi dam, agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang berkerja padanya dalam keadaan apapun juga. Data angka yang dipakai untuk perhitungan harus diambil dari hasil penelitian dan penyelidikan. Dalam keadaan yang tidak memungkinkan diadakannya penelitian dan penyelidikan, data diambil dari proyek yang mirip dengan proyek yang bersangkutan sehingga hasil perhitungan yang diperoleh diyakini akan aman.

Di dalam kriteria desain dan dasar-dasar menganalisis terdapat dua prinsip yang harus diperhatikan, yaitu untuk mencegah terjadinya bahaya limpasan lewat puncak mercu maka harus disediakan bangunan pelimpah dan bangunan pengeluaran yang cukup kapasitasnya dan syarat-syarat stabilitas konstruksi harus dipenuhi.

Bangunan konsolidasi dam akan mengandalkan kekuatannya untuk menahan gaya yang ada. Konsolidasi dam Syphon Lemurung merupakan salah satu tipe *concrete gravity dam*, sehingga perencanaan cenderung menggunakan dimensi bangunan yang besar. Penentuan faktor keamanan bangunan diperoleh dari besarnya gaya tahan dibagi gaya dorong yang bekerja. Variasi gaya yang bekerja pada konsolidasi dam akan menghasilkan fungsi beban statis serta beban dinamis.

Data perencanaan teknis konsolidasi dam yang diperlukan adalah parameter desain meliputi parameter desain topografi, hidrologi, dan geoteknik yang merupakan hasil analisis data. Selanjutnya fungsi konsolidasi dam yang direncanakan harus dapat membatasi penyebaran aliran lahar dan keperluan lain asal

tidak mengganggu fungsi utamanya. Faktor keamanan dan stabilitas konsolidasi dam harus memenuhi persyaratan, yaitu stabilitas gaya-gaya yang bekerja, aman terhadap guling, geser, dan ambles.

Selama masa konstruksi hingga sesudah konsolidasi dam selesai dibangun akan selalu menahan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksinya. Diperlukan analisa faktor kestabilan melalui perhitungan stabilitas. Supaya perhitungan stabilitas mudah dipahami, maka dapat dibuat asumsi sebagai berikut :

- Gaya-gaya yang bekerja ditinjau per satuan meter
- Titik kontrol stabilitas bangunan ditempatkan pada tempat dimana akan terjadi penggulingan atau kegagalan struktur.
- Dalam perhitungan ini ditinjau pada keadaan yang memungkinkan terjadinya keadaan kritis. Untuk itu dilakukan simulasi kondisi tampungan sedimen pada konsolidasi dam.

2.4.2. Gaya yang Bekerja

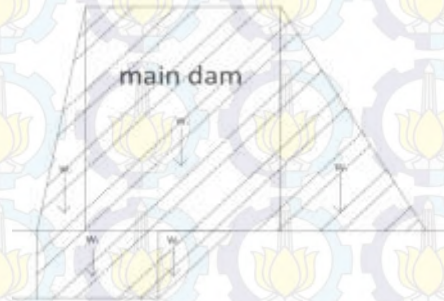
Stabilitas suatu konsolidasi dam tergantung pada gaya-gaya yang bekerja. Variasi gaya yang bekerja akan memberikan fungsi beban statis dan dinamis pada bangunan konsolidasi dam, seperti akibat adanya :

- a. Berat bangunan itu sendiri
- b. Tekanan air statis (*hidrostatic*)
- c. Tekanan endapan sedimen
- d. Tekanan air dinamis (*hidrodinamis*)
- e. Gaya gempa

A. Berat Tubuh Dam

Berat tubuh konsolidasi dam sangat tergantung pada dimensi dan jenis material. Karena ukuran dam tidak teratur, maka dibagi menjadi beberapa bagian untuk memudahkan mencari titik tangkap gaya. Tiap bagian tubuh dam dihitung stabilitas konstruksinya arah vertikal. Berat tubuh dam sama

dengan berat jenis material dam dikalikan luas pembagian potongan. Diagram gaya akibat tekanan air statis pada *main dam* ditampilkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Diagram gaya akibat berat sendiri bangunan

$$\begin{aligned}
 W &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \\
 &= (\rho c . A_1) + (\rho c . A_2) + (\rho c . A_3) + (\rho c . A_4) + (\rho c . A_5) \dots \dots (2.6)
 \end{aligned}$$

dimana :

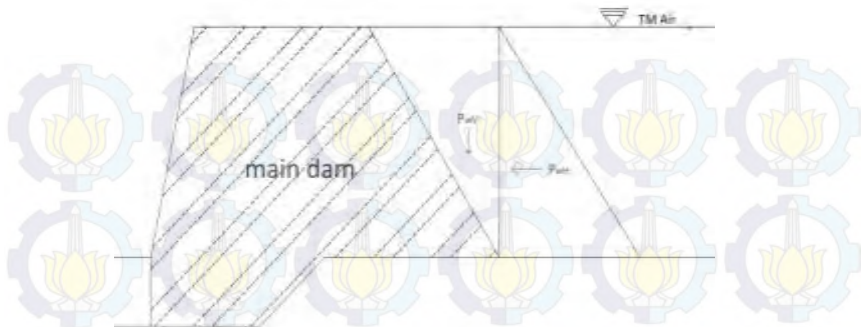
W = berat tubuh dam (t/m)

W_c = berat jenis material tubuh dam (t/m³)

A = luas potongan tubuh dam (m²)

B. Tekanan Air Statis

Perhitungan gaya akibat pengaruh tekanan air statis (*hidrostatic pressure*) pada setiap titik dalam suatu cairan yang diam, yang nilainya sama dengan kedalaman cairan dikali dengan densitasnya. Diagram gaya akibat tekanan air statis pada *main dam* ditampilkan pada gambar 2.6



Gambar 2.6. Diagram gaya akibat tekanan air statis

Gaya horisontal akibat pengaruh tekanan air statis :

$$P_w V = \frac{1}{2} \times \rho_w \times h w^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Gaya vertikal akibat pengaruh tekanan air statis :

$$P_w H = \rho_w \times A w \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana :

$P_w H$ = tekanan air statis arah horisotal (t/m)

$P_w V$ = tekanan air statis arah vertikal (t/m)

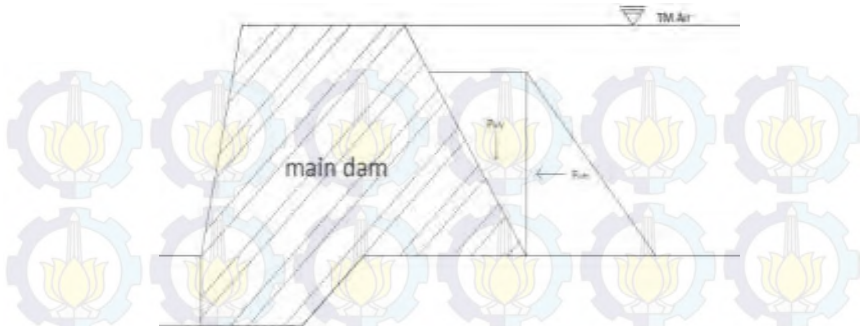
$h w$ = tinggi air (m)

W_s = berat jenis air (t/m³)

$A w$ = luas potongan pengaruh gaya (m²)

C. Tekanan Endapan Sedimen

Perhitungan gaya akibat pengaruh tekanan endapan sedimen pada tumpukan, yang nilainya sama dengan kedalaman sedimen dikali dengan densitasnya. Diagram gaya akibat tekanan endapan sedimen tubuh *main dam* ditampilkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7. Diagram gaya akibat tekanan endapan sedimen

Gaya vertikal akibat pengaruh tekanan endapan sedimen :

$$P_sV = \frac{1}{2} \times W_s \times h_s^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Gaya horisontal akibat pengaruh tekanan endapan sedimen :

$$P_sH = \frac{1}{2} \times W_s \times h_s^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana ;

P_sH = tekanan sedimen arah horisotal (t/m)

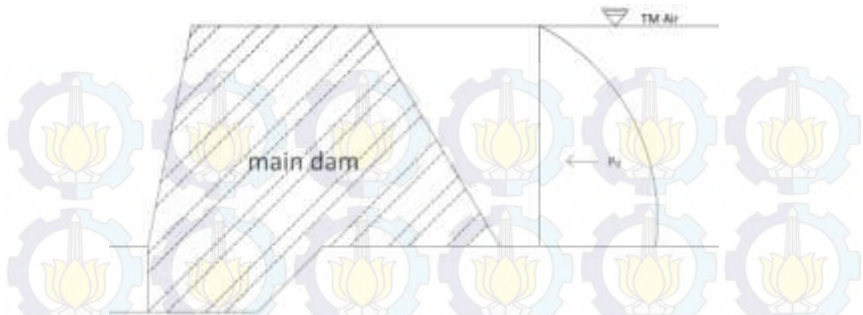
P_sV = tekanan sedimen arah vertikal (t/m)

W_s = berat jenis sedimen di dalam air (t/m³)

h_s = ketinggian sedimen (m)

D. Tekanan Air Dinamis

Perhitungan gaya akibat pengaruh tekanan air dinamis (*hidrodinamis pressure*) pada setiap titik dalam suatu cairan yang bergerak, yang nilainya sama dengan kedalaman cairan dikali dengan densitasnya. Diagram gaya akibat tekanan endapan sedimen tubuh *main dam* ditampilkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Diagram gaya akibat tekanan air dinamis

Gaya horisontal akibat pengaruh tekanan air dinamis :

$$P_dH = \left(W_d / g \right) \times h d \times v d^2 \dots\dots\dots (2.11)$$

Gaya vertikal akibat pengaruh tekanan air dinamis :

$$P_dV = W_d \times A_w \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana :

P_dH = tekanan air dinamis arah horisontal (t/m)

P_dV = tekanan air dinamis arah vertikal (t/m)

W_d = berat jenis air dinamis (t/m³)

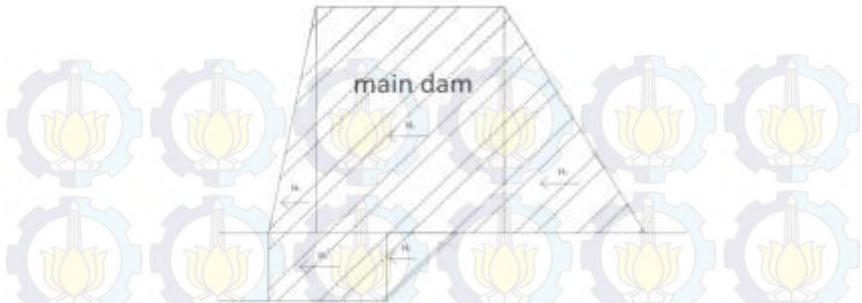
g = gaya gravitasi = 9,8 m/s²

hd = ketinggian air dinamis (m)

vd = kecepatan aliran (m/s)

E. Gaya Gempa

Gaya gempa yang bekerja pada *main dam* dihitung pada kondisi kritis, apabila hanya ada satu arah gaya yang dominan. Diagram gaya akibat tekanan endapan sedimen tubuh *main dam* ditampilkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Diagram gaya akibat gaya gempa

$$\begin{aligned}
 H &= H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 \\
 &= (k \cdot W_1) + (k \cdot W_2) + (k \cdot W_3) + (k \cdot W_4) + (k \cdot W_5) \dots \dots \dots (2.13)
 \end{aligned}$$

dimana :

H = gaya akibat gempa (t/m)

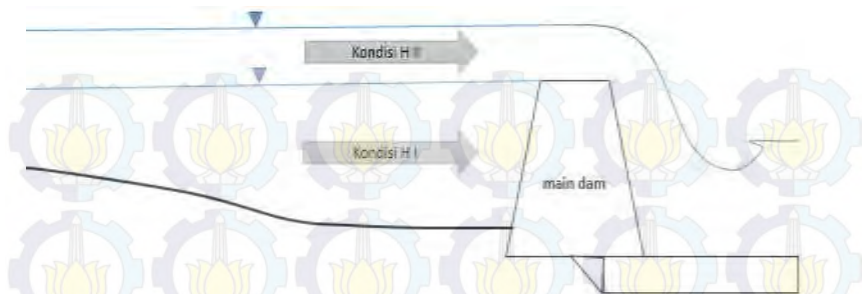
k = koefisien gempa horisontal (0,1 - 0,12)

W = berat konstruksi (t/m)

2.4.3. Simulasi Kestabilan dengan Variasi Kondisi Tampungan serta Simulasi Kestabilan dengan Variasi Rasio Kelangsingan Dimensi Konsolidasi Dam

Simulasi kestabilan dilakukan dengan variasi kondisi tampungan pada saat normal dan banjir. Selanjutnya dihitung gaya dan beban yang bekerja pada tiap-tiap kondisi tampungan. Sehingga akan terjadi fungsi beban statis dan dinamis yang bekerja pada tubuh dam. Pada tiap kondisi juga diperhitungkan parameter konsentrasi dan komposisi dari material sedimen disesuaikan dengan kondisi yang kemungkinan terjadi di lapangan.

Simulasi dilakukan dengan variabel ketinggian datum pengamatan. Batas ketinggian datum dimulai dihitung dari dasar tubuh dam $h = 0$ m hingga batas apron dam $h = 9$ m. Penjelasan simulasi kondisi material seperti pada gambar 2.10. :



Gambar 2.10. Perencanaan simulasi kestabilan berdasarkan kondisi tumpangan sedimen

Pada simulasi ini digunakan 6 variasi kondisi tumpangan. Secara umum dapat dibagi menjadi 2 bagian, yakni material sejenis dan material kombinasi. Perencanaan variasi simulasi terdapat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perencanaan Variasi Kondisi Tumpangan dan Parameter pada Simulasi Kestabilan

No.	Simulasi Kondisi Tumpangan	Klasifikasi
1	Dominan Air	Material Satu Jenis
2	Dominan Sedimen	
3	Dominan Air Dinamis	
4	Material Komposit	Material Kombinasi
5	Material Dinamis	
6	Saat Gempa	

Keterangan :

- Tumpangan Dominan Air
Pada kondisi ini, disimulasikan tumpangan berisi air (*hidrostatik*) dengan variasi massa jenis tertentu.
- Tumpangan Dominan Sedimen
Pada kondisi ini, disimulasikan tumpangan berisi sedimen dengan variasi massa jenis tertentu.

- **Tampungan Dominan Air Dinamis**
Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi air dinamis (*hidrodinamis*) dengan variasi massa jenis dan kecepatan aliran tertentu.
- **Tampungan Material Komposit**
Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi kombinasi material air (*hidrostatik*) dan sedimen. Dilakukan simulasi variasi ketinggian dan masa jenis material yang disesuaikan dengan kondisi yang mungkin terjadi di lapangan.
- **Tampungan Material Dinamis**
Pada kondisi ini, disimulasikan tampungan berisi kombinasi material air dinamis (*hidrodinamis*) dan sedimen. Dilakukan simulasi variasi ketinggian dan masa jenis material yang disesuaikan dengan kondisi yang mungkin terjadi di lapangan.
- **Tampungan saat Gempa**
Pada kondisi ini, disimulasikan pada kondisi material komposit dan ditambah kondisi gempa dengan faktor gempa yang telah disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Simulasi kedua dilakukan dengan mengganti ukuran dimensi sesuai dengan rasio kelangsingan konsolidasi dam. Pada perhitungan ini nilai lebar dan tinggi dam akan disimulasikan sesuai dimensi asli konsolidasi dam Syphon Lemurung. Simulasi A dilakukan dengan mengganti dimensi lebar, tetapi dimensi tinggi tetap. Simulasi B dilakukan dengan mengganti dimensi tinggi, tetapi dimensi lebar tetap. Pada simulasi ini digunakan kondisi terkritik dari hasil simulasi sebelumnya. Sehingga diketahui dimensi rencana yang diijinkan dan memenuhi persyaratan kestabilan.

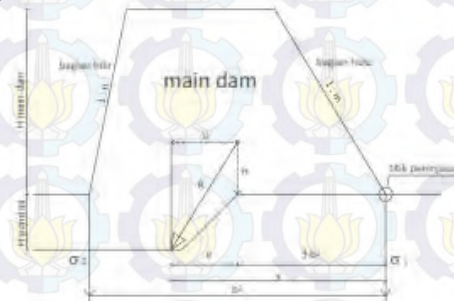
2.4.4. Faktor Stabilitas Bangunan

Perhitungan stabilitas suatu konsolidasi dam dilakukan terhadap 3 hal, yaitu guling, geser dan ambles. Perhitungan mengacu pada perumusan *Technical Standards And Guidelines*

For Sabo Engineering (2010) dan Pengantar Teknologi Sabo (2000)

A. Stabilitas Tidak Guling

Persyaratan tidak guling mencakup perhitungan stabilitas tidak retak, karena persyaratan yang digunakan sama. Pada perencanaan konsolidasi dam tipe tertutup, apabila bangunan tidak mengalami retak maka dipastikan bangunan tidak mengalami guling. Dari nilai eksentrisitasnya, apabila resultan gaya H_t dan V_t disebut garis R akan memotong dasar dan di titik D. Ternyata konsolidasi dam akan stabil apabila titik D terletak dalam batas $\frac{1}{3}$ dari lebar pondasi. Diagram kestabilan konsolidasi dam terhadap guling terdapat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Diagram kestabilan terhadap guling

$$\text{Syarat : } e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6} \dots \dots \dots (2.15)$$

dimana :

e = eksentrisitas, jarak antara titik tangkap gaya R dengan titik tengah pondasi $T = DT$

B = lebar pondasi

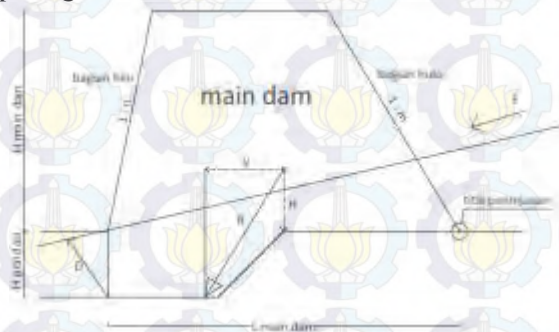
MV = momen total vertikal terhadap titik peninjauan

MH = momen total horizontal terhadap titik peninjauan

FV = gaya total arah vertikal (t/m)

B. Stabilitas Tidak Geser

Dengan adanya gaya H_t , selain ada tendensi mengguling juga ada tendensi menggeser di bagian pondai sepanjang AC (lebar b). Sebaliknya sebagai akibat gaya vertikal akan terjadi gaya pelawan geseran (π) yang bekerja sepanjang lebar pondasi. Angka keamanan suatu konsolidasi dam agar tidak tergelincir dari kedudukannya dapat dihitung dengan mengadopsi rumus Henny. Diagram kestabilan terhadap gaya-gaya yang menyebabkan geser terdapat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Diagram kestabilan terhadap geser

$$\text{Syarat : } SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2 \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

SF = angka keamanan terhadap geseran = 1,2

f = koefisien geseran antara beton dengan batuan pondasi

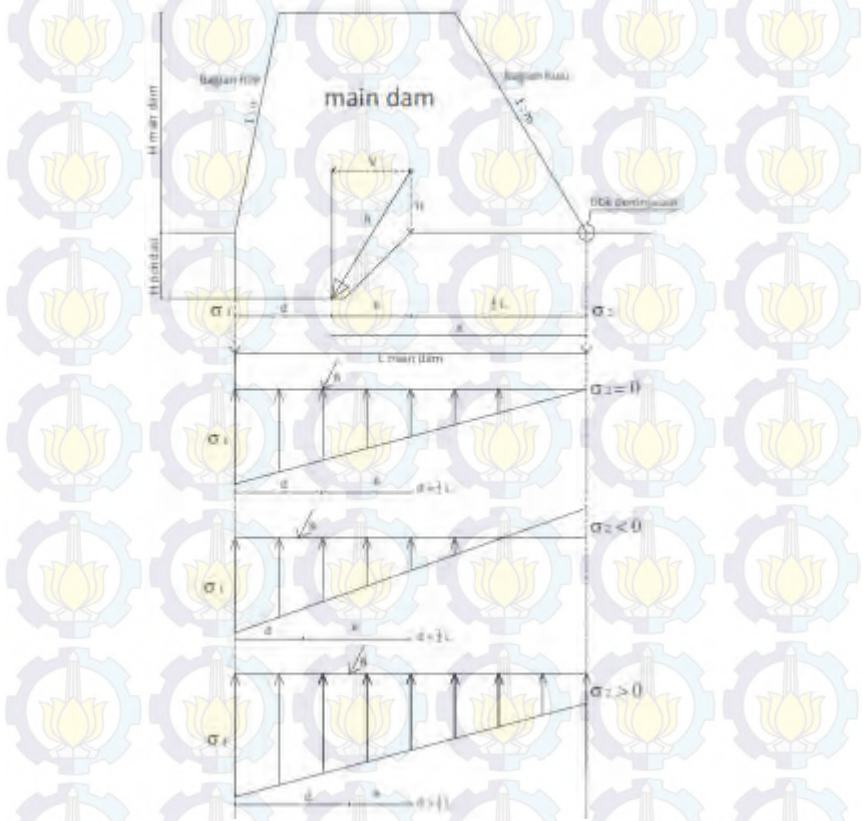
FV = gaya total arah vertikal

FH = gaya total arah horisonta

C. Stabilitas Tidak Ambles

Dari segi penggulingan dan penggeseran, makin besar gaya vertikal total akan semakin baik karena angka keamanan yang timbul makin besar. Tetapi dari segi tegangan tanah, hal ini tidak menguntungkan karena semakin besar V_t tegangan yang timbul akan semakin besar pula. Parameter daya dukung tanah

disesuaikan dengan kondisi di lapangan, seperti pada tabel 2.2. Reaksi lapisan tanah atau batuan terhadap beban konsolidasi dam seperti pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Diagram kestabilan terhadap ambles

Persamaan untuk menghitung perpindahan akibat ambles :

$$\text{Syarat : } T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa \dots\dots\dots(2.15)$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0 \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana :

- T_{maks} = tegangan tanah maksimal yang timbul
 qa = tegangan tanah asli yang diijinkan = 25 t/m²
 B = lebar pondasi
 FV = gaya total arah vertikal

Tabel 2.2. Parameter daya dukung tanah

Batuan		Pasir dan Kerikil	
Klasifikasi	Daya Dukung Tanah	Klasifikasi	Daya Dukung Tanah
Batuan keras	5880 (kN/m ²)	Konglomerat	588 (kN/m ²)
	600 [t/m ²]		60 [t/m ²]
Batuan lunak	1176 (kN/m ²)	Kerikil	392 (kN/m ²)
	120 [t/m ²]		40 [t/m ²]
		Tanah pasir	245 (kN/m ²)
			25 [t/m ²]
		Lempung	98 (kN/m ²)
			10 [t/m ²]

2.5. Analisa Hubungan Syarat Kestabilan

Analisa ini dilakukan dengan membuat sebuah grafik hubungan syarat kestabilan dengan simulasi kondisi dan ketinggian tampungan sedimen serta rasio kelangsingan dimensi konsolidasi dam. Syarat kestabilan harus memenuhi persyaratan stabilitas tidak guling, stabilitas tidak geser, dan stabilitas tidak ambles. Hasil yang diharapkan dapat diketahui prediksi kapan terjadinya ketidakstabilan bangunan atau kondisi ketinggian kritis pada tampungan sedimen. Selain itu juga didapat perencanaan dimensi efektif pada konsolidasi dam Syphon Lemurung.



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB III METODOLOGI

Metode analisa disusun untuk mempermudah pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan tujuan. Studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah mempelajari berbagai sumber literatur yang berkaitan dengan analisa permasalahan, buku-buku yang dipakai antara lain :

- Hidrolika terapan
- Mekanika tanah
- Pondasi dan daya dukung tanah
- Teknik perencanaan *sabo dam*

3.2 Pengumpulan Data

Dalam perencanaan maupun analisa, data merupakan faktor yang sangat penting. Oleh sebab itu semua data yang berkaitan dengan perencanaan simulasi kestabilan bangunan konsolidasi dam harus tersedia. Data-data yang diperlukan diperoleh dari PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri. Data tambahan yang diperlukan diperoleh dari referensi sejenis. Berikut merupakan data yang diperoleh :

3.2.1 Data Perencanaan

Data perencanaan terdiri dari :

- Data perencanaan dimensi bangunan
- Data spesifikasi teknis bangunan

3.2.2 Data Topografi

Data topografi terdiri dari :

- Peta topografi

3.2.3 Data Pendukung

Data pendukung terdiri dari :

- Data riwayat bangunan dan sedimen.
- Data kondisi tanah

3.3 Penyelesaian Masalah

Penyusunan penyelesaian masalah berdasarkan simulasi kestabilan konsolidasi dam terhadap fungsi beban statis dan dinamis, yang meliputi:

3.3.1 Analisa Volume Tampungan Sedimen

Analisa kapasitas tampungan sedimen yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui besar volume tampungan sedimen konsolidasi dam Syphon Lemurung. Selain itu juga berguna untuk perhitungan beban pada perencanaan kestabilan bangunan konsolidasi dam. Kapasitas rencana bangunan diperlukan dalam usaha penanganannya apabila ternyata melebihi ambang batas volume tampungan sedimen yang ditentukan. Dari data debit aliran sedimen yang sudah diketahui, maka dapat diketahui waktu yang diperlukan untuk mengisi tampungan sedimen.

3.3.2 Analisa Kontrol Stabilitas Konsolidasi Dam

Analisis stabilitas tubuh suatu konsolidasi dam sangat ditentukan oleh kondisi dimensi perencanaan bangunan. Hal-hal yang harus diperhitungkan di dalam perhitungan stabilitas konsolidasi dam antara lain : dimensi bangunan, data kondisi sedimen, data kondisi tanah dan jenis aliran sungai. Perubahan kondisi sungai maupun tampungan sedimen, dapat mengganggu stabilitas bangunan yang telah ada. Analisa dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter pada waktu kondisi tampungan normal dan banjir.

Sebelum menganalisis stabilitas, perlu diketahui gaya yang bekerja di main dam konsolidasi dam. Gaya-gaya yang dihitung antara lain :

- a. Berat bangunan itu sendiri
- b. Tekanan air statis (*hidrostatik*)
- c. Tekanan endapan sedimen
- d. Tekanan air dinamis (*hidrodinamis*)
- e. Gaya gempa

Dilakukan simulasi dengan variasi perubahan kondisi tumpungan pada saat tumpungan dominan air, tumpungan dominan sedimen, tumpungan dominan air dinamis, tumpungan material komposit, tumpungan material dinamis, dan tumpungan saat gempa. Masing-masing kondisi dihitung dengan memperhatikan syarat kestabilan bangunan, antara lain :

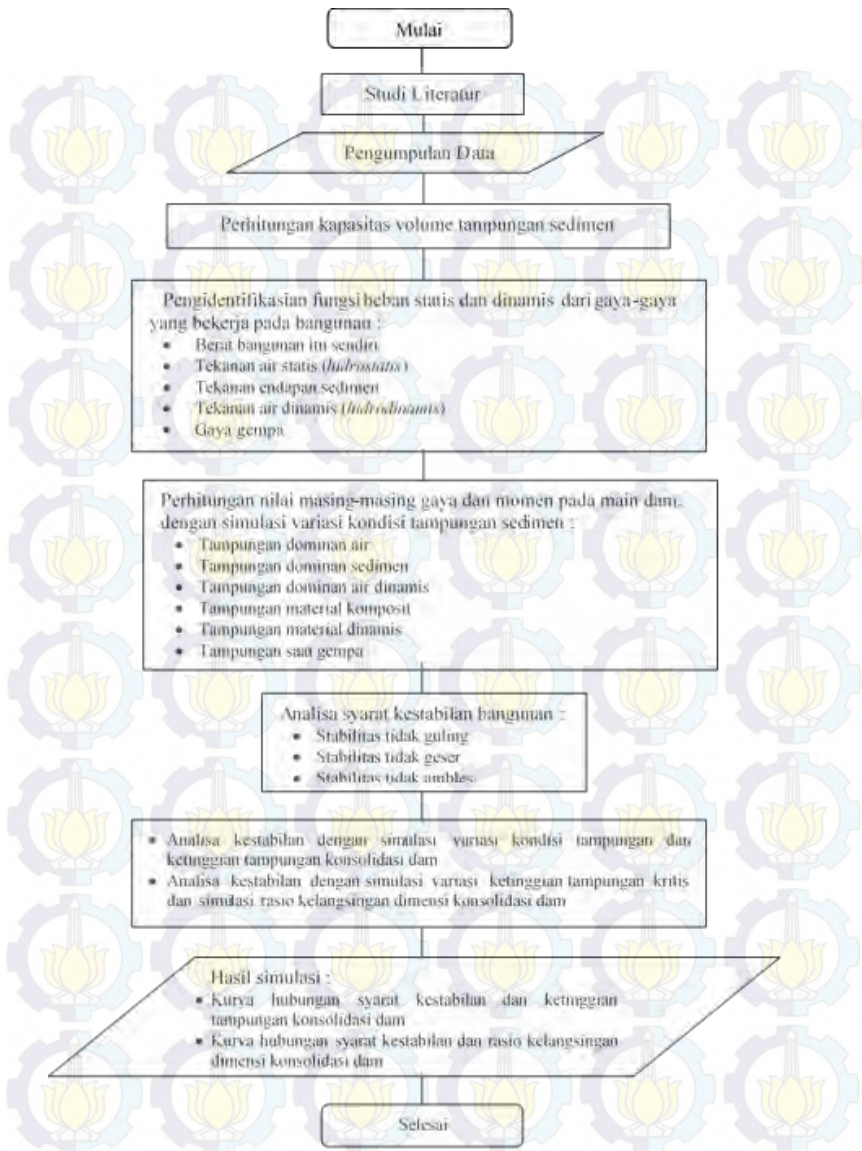
- a. Stabilitas tidak guling
- b. Stabilitas tidak geser
- c. Stabilitas tidak ambles

3.3.3 Analisa Hubungan Syarat Kestabilan

Analisa ini dilakukan dengan membuat sebuah grafik hubungan syarat kestabilan dengan simulasi kondisi dan ketinggian tumpungan sedimen serta rasio kelangsingan dimensi konsolidasi dam. Hasil yang diharapkan dapat diketahui prediksi kapan terjadinya ketidakstabilan bangunan atau kondisi ketinggian kritis pada tumpungan sedimen. Selain itu juga didapat perencanaan dimensi efektif pada konsolidasi dam Syphon Lemurung.

3.4 Metodologi

Diagram alir disusun untuk menentukan urutan pemecahan masalah. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ini ditampilkan pada gambar 3.



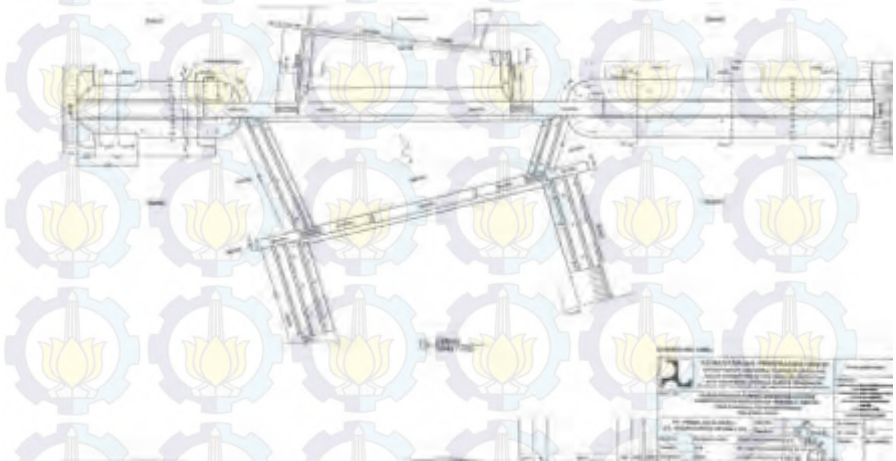
Gambar 3. Diagram alur metodologi

BAB IV

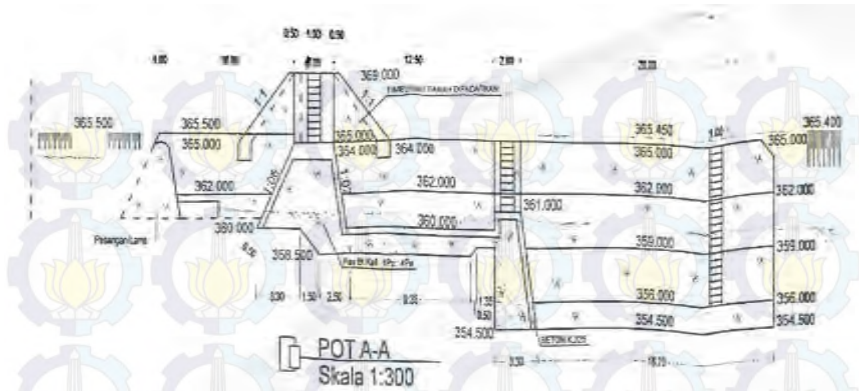
ANALISA DAN SIMULASI KESTABILAN

4.1. Perencanaan Konsolidasi Dam Syphon Lemurung

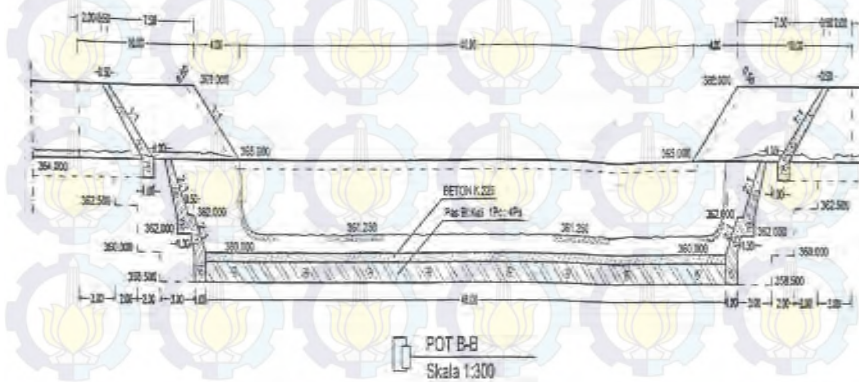
Konsolidasi dam Syphon Lemurung memiliki fungsi utama untuk melindungi bangunan syphon dari gerusan sedimen. Konsolidasi dam ini merupakan salah satu dam pengaman tipe *concrete gravity dam* dengan tipe konstruksi tertutup. Desain perencanaan konsolidasi dam Syphon Lemurung ditampilkan pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3. Data teknis serta parameter perencanaan pada konsolidasi dam Syphon Lemurung ditampilkan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2



Gambar 4.1. Desain perencanaan konsolidasi dam Syphon Lemurung di Kali Konto (tampak atas)
(sumber : PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri)



Gambar 4.2. Detail potongan memanjang *main dam*
(sumber : PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri)



Gambar 4.3. Detail potongan melintang *main dam*
(sumber : PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri)

Tabel. 4.1. Data Teknis Konsolidasi Dam Syphon Lemurung

Nama sungai		Kali Konto
Nama bangunan		Konsolidasi Dam Syphon Lemurung Siman
Lokasi bangunan		Ds. Brumbung, Kec. Kepung, Kab. Kediri.
Tahun dibangun		2011
Data - data teknik		
Main dam		
	Elevasi pelimpah	+ 365,000
	Lebar pelimpah	40,00
	Tebal main dam	4,00
	Panjang tubuh dam	60,00
	Tinggi tubuh dam	5,00
	Jumlah dripe hole	-
	Kemiringan tubuh dam	
	Bagian hulu	1 : 0,6
	Bagian hilir	1 : 0,2
	Apron main dam.	
	Elevasi apron	+ 369,000
	Panjang apron	14,00
	Lebar apron	75,00
	Tebal apron	4,00
Sub dam		
	Elevasi pelimpah	+ 361,000
	Lebar pelimpah	40,00
	Tebal sub dam I	2,00
	Panjang tubuh dam	56,00
	Tinggi tubuh dam	5,00
	Kemiringan tubuh dam	
	Bagian hulu	Tegak
	Bagian hilir	1 : 0,2

(sumber : PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri)

Tabel 4.2. Asumsi Data Parameter Perencanaan Konsolidasi Dam Syphon Lemurung

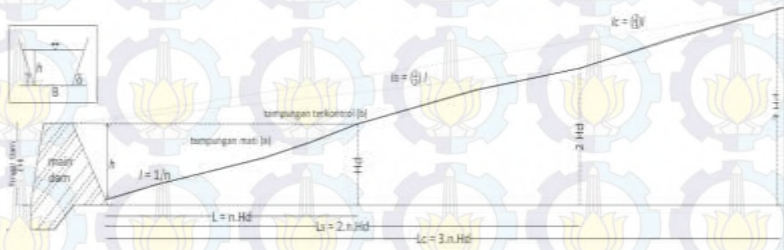
No.	Data	Notasi	Satuan	Nilai
Data Umum				
1	Berat jenis material bangunan	Wc	ton/m ³	2,4
2	Berat jenis air	Ww	ton/m ³	1
3	Berat jenis sedimen	Ws	ton/m ³	2
4	Berat jenis aliran debris	Wwd	ton/m ³	1,4
5	Soil internal friction angle	0	...°	34
6	Active earth pressure coefficient (- : - (tan(45 - 0/2))^2)	Ka		0,3
7	Friction coefficient on dam base	f		0,6
8	Allowable bearing capacity	qa	ton/m ²	25
9	Percepatan gravitasi	g	m/s ²	9,8
10	Tinggi muka air aliran debris	hd	m	1
11	Kecepatan aliran normal	Vn	m/s	2,7
11	Kecepatan aliran debris	Vd	m/s	5
12	Koefisien gempa horisontal	K		0,12
Data Dimensi Main Dam				
1	Lebar puncak dam	b1	m	4
2	Lebar pondasi dam	b2	m	2,5
3	Lebar dasar dam (b=nH+b1+mH)	b	m	8
4	Tinggi puncak	h1	m	5
5	Tinggi pondasi	h2	m	1,5
6	Kemiringan hilir	n		0,6
7	Kemiringan hulu	m		0,2
8	Kemiringan pondasi	l		1

4.2. Analisa Kapasitas Tampung Sedimen

Analisa kapasitas tampungan sedimen yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui besar volume tampungan sedimen konsolidasi dam Syphon Lemurung. Selain itu juga berguna untuk perhitungan beban pada perencanaan kestabilan bangunan konsolidasi dam.

4.2.1. Kapasitas Volume Tampung Sedimen

Analisa kapasitas volume tumpungan sedimen diukur sesuai tinggi efektif konsolidasi dam. Batas akhir pengukuran adalah tinggi maksimum mercu dam $H = 5$ m, seperti ditampilkan pada gambar 4.4 (lampiran). Berdasarkan perumusan 2.1 diketahui



Gambar 4.4. Skema perhitungan kapasitas voleme sedimen

$$V = \frac{1}{2} \times H \times L \left(B + \frac{1}{3} (\cot \gamma + \cot \delta) H \right)$$

Data perencanaan :

$$H = 5 \text{ m}$$

$$B = 40 \text{ m}$$

$$I = 0,05 \rightarrow n = 1/I = 1/0,05 = 20$$

$$L = 3 \cdot n \cdot H = 3 \cdot 20 \cdot 5 = 300 \text{ m}$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$\gamma, \delta = 45^\circ$$

$$V = \frac{1}{2} \times 5 \times 300 \left(40 + \frac{1}{3} (\cot 45^\circ + \cot 45^\circ) 5 \right)$$

$$V = 750 \left(40 + \frac{1}{3} (\cot 45^\circ + \cot 45^\circ) 5 \right)$$

$$V = 750 \times 41,235$$

$$V = 30926,25 \text{ m}^3$$

Volume kapasitas tumpungan sedimen pada saat batas mercu maksimum adalah $30926,25 \text{ m}^3$.

4.2.2. Analisa Laju Sedimentasi

Analisa laju sedimen dihitung untuk mengetahui debit aliran sedimen yang masuk ke tampang konsolidasi dam. Debit aliran sedimen didapat dengan menggunakan Rumus Meyer-Peter & Muller (Yang, 1996).

Diketahui data sebagai berikut :

Grain Zise Butiran,

$$D_{90} = 0,6 \text{ mm} = 0,0006 \text{ m}$$

$$D_{50} = 0,3 \text{ mm} = 0,0003 \text{ m}$$

$$D_{35} = 0,2 \text{ mm} = 0,0002 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = 5,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Kedalaman (h)} = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Lebar saluran (B)} = 12,5 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran} = 0,005$$

$$\text{Keliling besar (P)} = 25,61 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran (V)} = 1,45 \text{ m/dtk}$$

$$\text{Berat jenis air } (\rho_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Diasumsikan : } g = 9,81$$

$$\Delta = 1,65$$

$$\varepsilon = 0,4$$

Berdasarkan perumusan didapat hasil sebagai berikut

$$\tau_b = \frac{1}{2} \cdot 1000 \left(\frac{0,06}{\left(\log \left(\frac{12 \cdot 0,45}{2,5 \cdot 0,0003} \right) \right)^2} \right) 1,0^2 = 2,0163$$

$$\theta_b = \frac{2,0163}{(2650 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 0,0003} = 0,415$$

$$q_b = 8,0 \cdot [(2,65 - 1) \cdot 9,81]^{0,5} \cdot 0,0003^{1,5} \cdot (1,0 \cdot 0,415 - 0,047)^{1,5}$$

$$q_b = 8,0 \cdot 4,0232 \cdot 0,000005196 \cdot 0,2232 = 0,00003733 \text{ m}^3/\text{sec/m}$$

$$q_b = 0,00003733 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 = 3,225 \text{ m}^3/\text{hari/m}$$

$$q_b = \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot q_b \cdot B$$

$$q_b = \frac{1}{1-0,4} \cdot 3,225 \cdot 12,5 = 67,1875 \text{ m}^3/\text{hari}$$

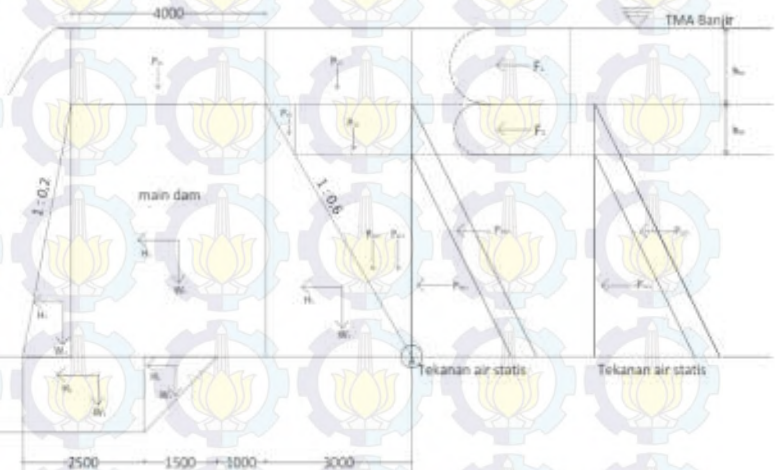
Sehingga waktu yang diperlukan untuk memenuhi tampungan sedimen konsolidasi dam Syphon Lemurung adalah

$$t = \frac{\text{volume tampungan sedimen maksimum}}{qb}$$

$$t = \frac{30926,25}{67,1875} = 460,3 \approx 460 \text{ hari}$$

4.3. Analisa Kontrol Stabilitas Konsolidasi Dam

Gaya-gaya yang bekerja pada simulasi kestabilan antara lain beban mati, tekanan air statis, tekanan sedimen, tekanan air dinamis, dan beban gempa. Pada analisa kestabilan dilakukan variasi terhadap massa jenis material, ketinggian material, dan kombinasi antara keduanya. Diagram gaya dan momen yang terjadi pada saat simulasi ditampilkan pada gambar 4.5. Pembagian bidang gaya dan perumusan momen pada tiap beban ditampilkan pada tabel 4.3.



Gambar 4.5. Diagram bidang gaya pada simulasi kestabilan

Tabel 4.3. Pembagian Bidang Gaya dan Momen Beserta Perumusannya

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 . Wc . m . h1^2$			$L_{w1} = n . h1 + b1 + 0,33 . m . h1$			
		W2 ↓	$W2 = Wc . b1 . h1$			$L_{w2} = n . h1 + 0,50 . b1$			
		W3 ↓	$W3 = 0,50 . Wc . n . h1^2$			$L_{w3} = 0,67 . n . h1$			
		W4 ↓	$W4 = Wc . b2 . h2$			$L_{w4} = 4 + h2 + 0,5 . h2$			
		W5 ↓	$W5 = 0,50 . Wc . l . h2^2$			$L_{w5} = 4 + 0,67 . h2$			
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0,50 . Ww . n . hw^2$			$L_{w1} = 0,33 . n . hw$			
		P2 →	$P2 = 0,5 . Ww . hw^2$			$L_{w2} = 0,33 . hw$			
		P3 ↓	$P3 = Ww . n . hw . hf$			$L_{w3} = 0,5 . n . h1$			
		P4 ↓	$P4 = Ww . b1 . hf$			$L_{w4} = n . h1 + 0,5 . b1$			
		P5 →	$P5 = Ww . hf . h1$			$L_{w5} = 0,5 + (hw + hf)$			
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 . Ws . n . hs^2$			$L_{w1} = 0,33 . n . hs$			
		P2 →	$P2 = 0,5 . Ws . hs^2$			$L_{w2} = 0,33 . hs$			
		P3 ↓	$P3 = Ws . n . hs . hf$			$L_{w3} = 0,5 . n . h1$			
		P4 ↓	$P4 = Ws . b1 . hf$			$L_{w4} = n . h1 + 0,5 . b1$			
		P5 →	$P5 = Ws . hf . h1$			$L_{w5} = 0,5 + (hs + hf)$			
4	Tekanan Air Dinamis (Hidrodinamis)	P1 ↓	$P1 = 0,5 . Wwd . n . hd^2$			$L_{w1} = 0,33 . n . hd$			
		P2 ↓	$P2 = Wwd . n . h1 . hf$			$L_{w2} = 0,5 . n . h1$			
		P3 ↓	$P3 = Wwd . b1 . hf$			$L_{w3} = n . h1 + 0,5 . b1$			
		P4 →	$P4 = (Wwd/g) . (hd + hf) . Vd^2$			$L_{w4} = 0,5 . (hd + hf)$			
5	Beban Gempa	H1 ←	$H1 = K . W1$			$L_{w1} = n . h1 + b1 + 0,33 . m . h1$			
		H2 ←	$H2 = K . W2$			$L_{w2} = n . h1 + 0,50 . b1$			
		H3 ←	$H3 = K . W3$			$L_{w3} = 0,67 . n . h1$			
		H4 ←	$H4 = K . W4$			$L_{w4} = 4 + h2 + 0,5 . h2$			
		H5 ←	$H5 = K . W5$			$L_{w5} = 4 + 0,67 . h2$			
		TOTAL			TOTAL				
		Σ gaya			Σ momen				

Analisa kontrol stabilitas harus memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas tidak guling, stabilitas tidak geser, dan stabilitas tidak ambles. Syarat perhitungan kestabilan sebagai berikut

- Stabilitas Tidak Guling

$$\text{Syarat kestabilan : } e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

- Stabilitas Tidak Geser

$$\text{Syarat kestabilan : } SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

- Stabilitas Tidak Ambles

$$\text{Syarat kestabilan : } T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

4.4. Simulasi Kestabilan Variasi Kondisi Tampungan

Dilakukan simulasi kestabilan konsolidasi dam dengan variasi perubahan kondisi tampungan pada saat tampungan dominan air, tampungan dominan sedimen, tampungan dominan air dinamis, tampungan material komposit, tampungan material dinamis, dan tampungan saat gempa. Masing-masing kondisi dihitung dengan memperhatikan syarat kestabilan bangunan. Perencanaan simulasi kestabilan konsolidasi dam dengan variasi kondisi tampungan ditampilkan pada tabel 4.4. Perencanaan simulasi variasi ketinggian material tampungan konsolidasi dam ditampilkan pada tabel 4.5

Tabel 4.4. Perencanaan Simulasi Kestabilan Variasi Kondisi Tampungan

No.	Simulasi Variasi Kondisi Tampungan	Simulasi Variasi Ketinggian Material	Massa Jenis (W) Material	Pembahasan	Hasil Perhitungan	Hasil Grafik
1	Kondisi Tampungan Dominan Air	Tabel 4.5	$Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$	Sub Subbab 4.4.1	Tabel 4.7	Gambar 4.7 Gambar 4.8 Gambar 4.9
			$Ww = 1,2 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.8	
			$Ww = 1,4 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.9	
2	Kondisi Tampungan Dominan Sedimen	Tabel 4.5	$Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$	Sub Subbab 4.4.2	Tabel 4.12	Gambar 4.12 Gambar 4.13 Gambar 4.14
			$Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.13	
			$Ws = 2,0 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.14	
3	Kondisi Tampungan Dominan Air Dinamis	Tabel 4.5	$Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$	Sub Subbab 4.4.3	Tabel 4.17	Gambar 4.17 Gambar 4.18 Gambar 4.19
			$Wd = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,0 \text{ m/s}$		Tabel 4.18	
			$Wd = 1,4 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 0,5 \text{ m/s}$		Tabel 4.19	
4	Kondisi Tampungan Material Komposit	Tabel 4.5	$Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$	Sub Subbab 4.4.4	Tabel 4.22	Gambar 4.21 Gambar 4.22 Gambar 4.23
			$Ww = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,0 \text{ m/s}$; $Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.23	
			$Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$; $Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.24	
			$Ww = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,0 \text{ m/s}$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.25	
5	Kondisi Tampungan Material Dinamis	Tabel 4.5	$Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$	Sub Subbab 4.4.5	Tabel 4.28	Gambar 4.26 Gambar 4.27 Gambar 4.28
			$Wd = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.29	
			$Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.30	
			$Wd = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.31	
6	Kondisi Tampungan Saat Gempa	Tabel 4.5	$Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$	Sub Subbab 4.4.6	Tabel 4.34	Gambar 4.31 Gambar 4.32 Gambar 4.33
			$Ww = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.35	
			$Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.36	
			$Ww = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$		Tabel 4.37	

Tabel 4.5. Perencanaan simulasi variasi ketinggian material tumpangan

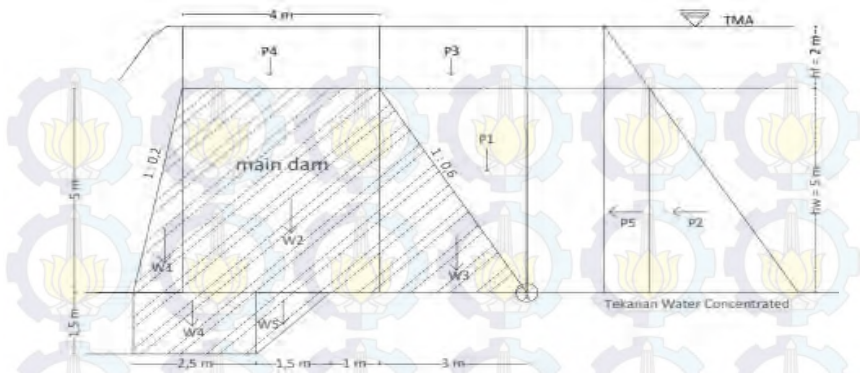
No.	Simulasi	Kode	Ketinggian Material (m)	Simulasi	Kode	Ketinggian Material Sedimen (m)	Ketinggian Material Aliran Air (m)
1	Simulasi Material Satu Jenis (Simulasi 1, Simulasi 2, Simulasi 3)	h1	0	Simulasi Material Komposit (Simulasi 4, Simulasi 5, Simulasi 6)	S0	0	5
2		h2	1		S1	1	5
3		h3	2		S2	2	5
4		h4	3		S3	3	5
5		h5	4		S4	4	5
6		h6	5		S5	5	5
7		h7	6		S6	5	6
8		h8	7		S7	5	7
9		h9	8		S8	5	8
10		h10	9		S9		9
11		h11	10		S10	5	10

Analisa simulasi kestabilan dan detail perhitungan dijelaskan pada sub subbab berikutnya. Diberikan contoh perhitungan dan gambar diagram gaya yang pada tiap simulasi kondisi tumpangan. Sehingga diperoleh hubungan ketinggian kritis dan parameter kondisi tumpangan.

4.4.1. Kondisi Tumpangan Dominan Air

Disimulasikan tumpangan konsolidasi dam Syphon Lemurung berisi material dominan air. Parameter pada simulasi ini adalah variasi massa jenis air (W_w) dan ketinggian tumpangan air (h_w). Dihitung nilai kestabilan terhadap guling, geser, dan ambles untuk mencari nilai ketinggian kritis tumpangan.

Ditampilkan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tumpangan dominan air. Ketinggian tumpangan 7 m ($h_w = 5$ m dan $h_f = 2$ m) serta dengan berat jenis air $W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$. Gaya-gaya yang bekerja ditampilkan pada gambar 4.6. Perhitungan nilai gaya dan momen ditampilkan pada tabel 4.4.



Gambar 4.6. Diagram gaya pada simulasi tumpang dominan air

Tabel 4.6. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot m \cdot h1^2$	6	48	$L_{-W1} = n \cdot h1 + b1 + 0,33 \cdot m \cdot h1$	7,33	44	44
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b1 \cdot h1$	48	18	$L_{-W2} = n \cdot h1 + 0,50 \cdot b1$	5,00	240	240
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$	18	9	$L_{-W3} = 0,67 \cdot n \cdot h1$	2,01	36	36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b2 \cdot h2$	9	3	$L_{-W4} = 4 + 1 \cdot h2 + 0,5 \cdot b2$	6,75	61	61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot L \cdot h2^2$	3	8	$L_{-W5} = 4 + 0,67 \cdot h2$	5,01	14	14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ww \cdot n \cdot hw^2$	8	13	$L_{-P1} = 0,33 \cdot n \cdot hw$	0,99	7	7
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ww \cdot hw^2$	13	6	$L_{-P2} = 0,33 \cdot hw$	1,65	21	21
		P3 ↓	$P3 = Ww \cdot n \cdot hw \cdot hf$	6	8	$L_{-P3} = 0,5 \cdot n \cdot h1$	1,50	9	9
		P4 ↓	$P4 = Ww \cdot b1 \cdot hf$	8	10	$L_{-P4} = n \cdot h1 + 0,5 \cdot b1$	5,00	40	40
		P5 →	$P5 = Ww \cdot hf \cdot h1$	10	3	$L_{-P5} = 0,5 \cdot (hw + hf)$	3,50	35	35
TOTAL				23	105	TOTAL		56	451
Σ gaya				83		Σ momen		395	

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{451 - 56}{105} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,021 < 1,333 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{106}{23} \geq 1,2$$

$$SF = 3,133 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B}\right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{106}{8} \times \left(1 + \frac{0,021}{8}\right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 15,548 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{106}{8} \times \left(1 - \frac{0,021}{8}\right) > 0$$

$$T_{maks} = 10,752 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dominan air ketinggian tumpangan 7 m ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$) diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Pada tabel 4.7, tabel 4.8, dan tabel 4.9 ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan simulasi kestabilan pada kondisi tumpangan dominan air.

Tabel 4.7. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi tinggi tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	Tmax	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/EH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$)											
hw = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hw = 1 m	-0,694	1,333	OK	112,560	1,2	OK	5,033	15,967	15,967	25	OK
hw = 2 m	-0,636	1,333	OK	28,442	1,2	OK	5,552	15,673	15,673	25	OK
hw = 3 m	-0,532	1,333	OK	12,864	1,2	OK	6,490	15,110	15,110	25	OK
hw = 4 m	-0,380	1,333	OK	7,412	1,2	OK	7,906	14,219	14,219	25	OK
hw = 5 m	-0,180	1,333	OK	4,888	1,2	OK	9,860	12,940	12,940	25	OK
hw = 6 m	0,021	1,333	OK	3,760	1,2	OK	12,470	12,080	12,470	25	OK
hw = 7 m	0,243	1,333	OK	3,133	1,2	OK	15,548	10,752	15,548	25	OK
hw = 8 m	0,482	1,333	OK	2,734	1,2	OK	19,095	8,955	19,095	25	OK
hw = 9 m	0,735	1,333	OK	2,457	1,2	OK	23,110	6,690	23,110	25	OK
hw = 10 m	0,999	1,333	OK	2,255	1,2	OK	27,595	3,955	27,595	25	NOT OK
hw = 11 m	1,273	1,333	OK	2,100	1,2	OK	32,548	0,752	32,548	25	NOT OK
hw = 12 m	1,555	1,333	NOT OK	1,978	1,2	OK	37,970	-2,920	37,970	25	NOT OK

Tabel 4.8. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$)

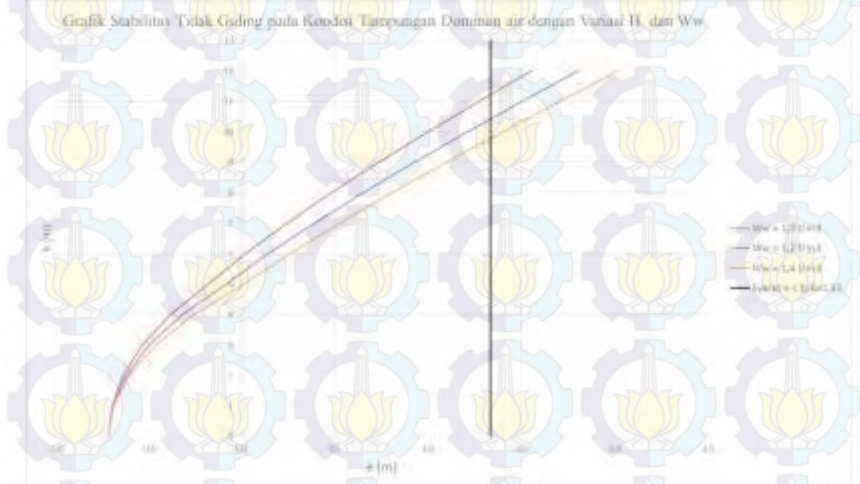
Kondisi tinggi tampungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$)											
hw = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hw = 1 m	-0,691	1,333	OK	93,867	1,2	OK	5,065	15,950	15,950	25	OK
hw = 2 m	-0,621	1,333	OK	23,768	1,2	OK	5,688	15,597	15,597	25	OK
hw = 3 m	-0,497	1,333	OK	10,787	1,2	OK	6,814	14,921	14,921	25	OK
hw = 4 m	-0,318	1,333	OK	6,244	1,2	OK	8,513	13,852	13,852	25	OK
hw = 5 m	-0,084	1,333	OK	4,141	1,2	OK	10,858	12,317	12,317	25	OK
hw = 6 m	0,143	1,333	OK	3,226	1,2	OK	13,989	11,286	13,989	25	OK
hw = 7 m	0,389	1,333	OK	2,717	1,2	OK	17,683	9,692	17,683	25	OK
hw = 8 m	0,652	1,333	OK	2,394	1,2	OK	21,939	7,536	21,939	25	OK
hw = 9 m	0,926	1,333	OK	2,170	1,2	OK	26,758	4,817	26,758	25	NOT OK
hw = 10 m	1,212	1,333	OK	2,006	1,2	OK	32,139	1,53595	32,139	25	NOT OK
hw = 11 m	1,505	1,333	NOT OK	1,880	1,2	OK	38,0828	-2,3078	38,083	25	NOT OK
hw = 12 m	1,806	1,333	NOT OK	1,781	1,2	OK	44,589	-6,71405	44,589	25	NOT OK

Tabel 4.9. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi tinggi tampungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$)											
hw = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hw = 1 m	-0,691	1,333	OK	93,867	1,2	OK	5,065	15,950	15,950	25	OK
hw = 2 m	-0,621	1,333	OK	23,768	1,2	OK	5,688	15,597	15,597	25	OK
hw = 3 m	-0,497	1,333	OK	10,787	1,2	OK	6,814	14,921	14,921	25	OK
hw = 4 m	-0,318	1,333	OK	6,244	1,2	OK	8,513	13,852	13,852	25	OK
hw = 5 m	-0,084	1,333	OK	4,141	1,2	OK	10,858	12,317	12,317	25	OK
hw = 6 m	0,143	1,333	OK	3,226	1,2	OK	13,989	11,286	13,989	25	OK
hw = 7 m	0,389	1,333	OK	2,717	1,2	OK	17,683	9,692	17,683	25	OK
hw = 8 m	0,652	1,333	OK	2,394	1,2	OK	21,939	7,536	21,939	25	OK
hw = 9 m	0,926	1,333	OK	2,170	1,2	OK	26,758	4,817	26,758	25	NOT OK
hw = 10 m	1,212	1,333	OK	2,006	1,2	OK	32,139	1,53595	32,139	25	NOT OK
hw = 11 m	1,505	1,333	NOT OK	1,880	1,2	OK	38,0828	-2,3078	38,083	25	NOT OK
hw = 12 m	1,806	1,333	NOT OK	1,781	1,2	OK	44,589	-6,71405	44,589	25	NOT OK

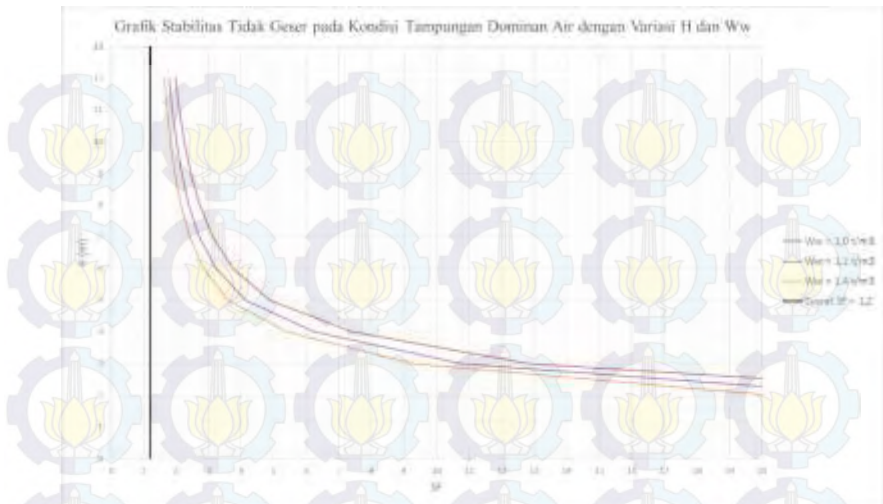
Dari hasil perhitungan syarat kestabilan sebelumnya diketahui suatu hubungan. Pada gambar 4.7, gambar 4.8, dan gambar 4.9 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap ketinggian tampungan pada kondisi tampungan dominan air.

Pada gambar 4.7 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan air. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



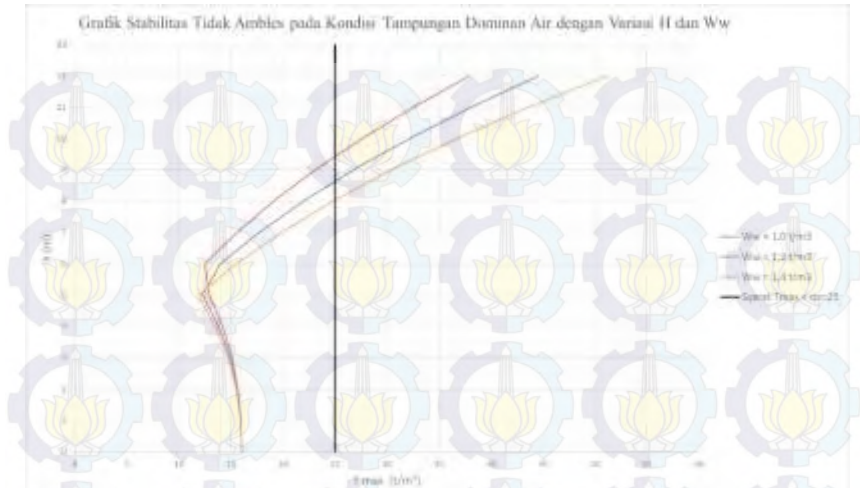
Gambar 4.7. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air (W_w) pada kondisi tampungan dominan air

Pada gambar 4.8 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan air. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 4.8. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air (W_w) pada kondisi tampungan dominan air

Pada gambar 4.9 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) 1,0 ton/m³, 1,2 ton/m³, dan 1,4 ton/m³ pada kondisi tampungan dominan air. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.

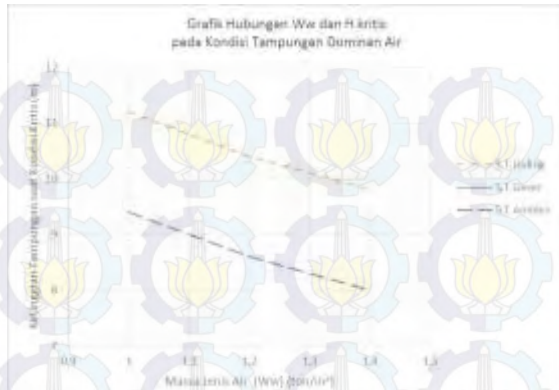


Gambar 4.9. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air (W_w) pada kondisi tampungan dominan air

Dari perhitungan dan analisa kestabilan pada simulasi kondisi tampungan dominan air diketahui ketinggian tampungan kritis (tabel 4.10). Pada kondisi kritis terjadi ketidakstabilan struktur yang membahayakan bangunan konsolidasi dam. Grafik hubungan massa jenis air (W_w) dan ketinggian tampungan kritis ditampilkan pada gambar 4.10.

Tabel 4.10. Ketinggian Tampungan Kritis saat Kondisi Tampungan Dominan Air

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m^3)	Ketinggian Tampungan saat Kondisi Kritis (m)		
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles
1	Dominan Air	$W_w = 1,0$	11,2	~	9,4
2		$W_w = 1,2$	10,4	~	8,6
3		$W_w = 1,4$	9,8	~	8



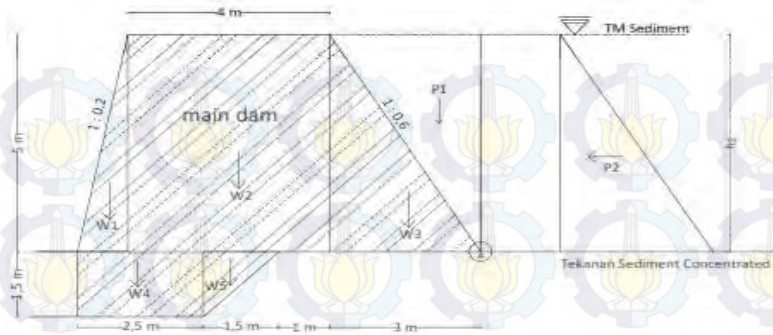
Gambar 4.10. Hubungan W_w dan H kritis pada kondisi tampungan dominan air

Sehingga dari simulasi kondisi tampungan dominan air diketahui semakin tinggi massa jenis air (W_w) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Massa jenis air (W_w) pada syarat kestabilan berbanding lurus dengan ketinggian kritis tampungan sedimen.

4.4.2. Kondisi Tampungan Dominan Sedimen

Disimulasikan tampungan konsolidasi dam Syphon Lemurung berisi material dominan air. Parameter pada simulasi ini adalah variasi massa jenis sedimen (W_s) dan ketinggian tampungan sedimen (h_s). Dihitung nilai kestabilan terhadap guling, geser, dan ambles untuk mencari nilai ketinggian kritis tampungan.

Ditampilkan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungan dominan air. Ketinggian tampungan 5 m ($h_s = 5$ m dan $h_f = 0$ m) serta dengan berat jenis air $W_s = 1,6$ ton/m³. Gaya gaya yang bekerja ditampilkan pada gambar 4.11. Perhitungan nilai gaya dan momen ditampilkan pada tabel 4.11.



Gambar 4.11. Diagram gaya pada simulasi tumpungan dominan sedimen

Tabel 4.11. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot m \cdot h1^2$		6	$L_{W1} = n \cdot h1 + b1 + 0,33 \cdot m \cdot h1$	7,33		44
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b1 \cdot h1$		48	$L_{W2} = n \cdot h1 + 0,50 \cdot b1$	5,00		240
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$		18	$L_{W3} = 0,67 \cdot n \cdot h1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b2 \cdot h2$		9	$L_{W4} = 4 + 1 \cdot h2 + 0,5 \cdot b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot l \cdot h2^2$		3	$L_{W5} = 4 + 0,67 \cdot h2$	5,01		14
2	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ws \cdot n \cdot hs^2$		12	$L_{W1} = 0,33 \cdot n \cdot hs$	0,99		12
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ws \cdot hs^2$	20		$L_{W2} = 0,33 \cdot hs$	1,65	33	
		P3 ↓	$P3 = Ws \cdot n \cdot hs \cdot hf$		0	$L_{W3} = 0,5 \cdot n \cdot h1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ws \cdot b1 \cdot hf$		0	$L_{W4} = n \cdot h1 + 0,5 \cdot b1$	5,00		0
		P5 →	$P5 = Ws \cdot hf \cdot h1$		0		$L_{W5} = 0,5 \cdot (hs + hf)$	2,50	0
		TOTAL		20	96	TOTAL		33	406
		Σ gaya		76		Σ momen			373

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{406 - 33}{96} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,099 < 1,333 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{96}{20} \geq 1,2$$

$$SF = 3,206 \geq 1,2 \dots \dots \text{(OK)}$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 + \frac{e}{B}\right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{96}{8} x \left(1 + \frac{0,999}{8}\right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 12,853 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{96}{8} x \left(1 - \frac{0,999}{8}\right) > 0$$

$$T_{maks} = 11,072 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dominan sedimen ketinggian tanggungan 5 m ($W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Pada tabel 4.12, tabel 4.13, dan tabel 4.14 ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan simulasi kestabilan pada kondisi tanggungan dominan sedimen.

Tabel 4.12. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tanggungan Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi tinggi tanggungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tanggungan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$)											
hs = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hs = 1 m	-0,683	1,333	OK	70,501	1,2	OK	5,129	15,916	15,916	25	OK
hs = 2 m	-0,591	1,333	OK	17,927	1,2	OK	5,960	15,445	15,445	25	OK
hs = 3 m	-0,429	1,333	OK	8,191	1,2	OK	7,460	14,545	14,545	25	OK
hs = 4 m	-0,198	1,333	OK	4,783	1,2	OK	9,727	13,118	13,118	25	OK
hs = 5 m	0,099	1,333	OK	3,206	1,2	OK	12,853	11,072	12,853	25	OK
hs = 6 m	0,366	1,333	OK	2,558	1,2	OK	17,028	9,697	17,028	25	OK
hs = 7 m	0,649	1,333	OK	2,198	1,2	OK	21,953	7,572	21,953	25	OK
hs = 8 m	0,946	1,333	OK	1,969	1,2	OK	27,628	4,697	27,628	25	NOT OK
hs = 9 m	1,252	1,333	OK	1,810	1,2	OK	34,053	1,072	34,053	25	NOT OK

Tabel 4.13. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$)

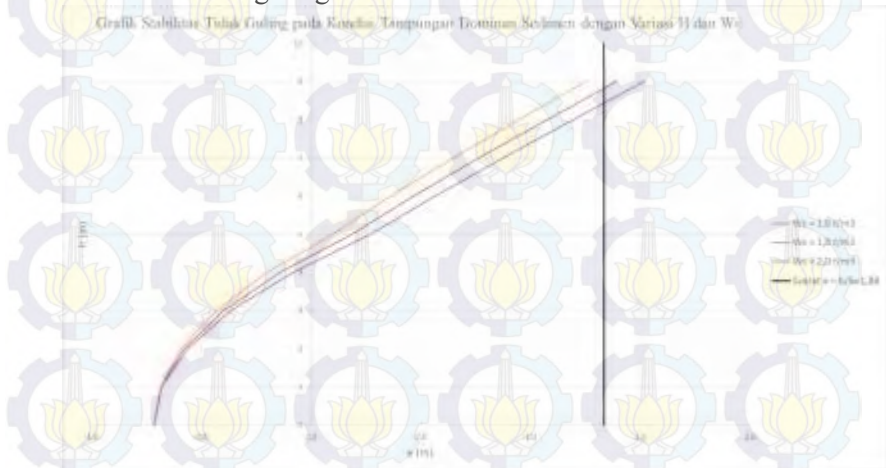
Kondisi tinggi tampungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$)											
hs = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hs = 1 m	-0,680	1,333	OK	62,712	1,2	OK	5,161	15,899	15,899	25	OK
hs = 2 m	-0,576	1,333	OK	15,980	1,2	OK	6,095	15,370	15,370	25	OK
hs = 3 m	-0,396	1,333	OK	7,325	1,2	OK	7,784	14,356	14,356	25	OK
hs = 4 m	-0,140	1,333	OK	4,296	1,2	OK	10,333	12,752	12,752	25	OK
hs = 5 m	0,187	1,333	OK	2,894	1,2	OK	13,850	10,450	13,850	25	OK
hs = 6 m	0,468	1,333	OK	2,335	1,2	OK	18,547	8,903	18,547	25	OK
hs = 7 m	0,766	1,333	OK	2,025	1,2	OK	24,088	6,512	24,088	25	OK
hs = 8 m	1,074	1,333	OK	1,827	1,2	OK	30,472	3,278	30,472	25	NOT OK
hs = 9 m	1,391	1,333	NOT OK	1,690	1,2	OK	37,700	-0,800	37,700	25	NOT OK

Tabel 4.14. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi tinggi tampungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$)											
hs = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hs = 1 m	-0,676	1,333	OK	56,481	1,2	OK	5,193	15,882	15,882	25	OK
hs = 2 m	-0,561	1,333	OK	14,422	1,2	OK	6,231	15,294	15,294	25	OK
hs = 3 m	-0,363	1,333	OK	6,633	1,2	OK	8,107	14,168	14,168	25	OK
hs = 4 m	-0,083	1,333	OK	3,907	1,2	OK	10,940	12,385	12,385	25	OK
hs = 5 m	0,271	1,333	OK	2,645	1,2	OK	14,848	9,827	14,848	25	OK
hs = 6 m	0,566	1,333	OK	2,157	1,2	OK	20,067	8,108	20,067	25	OK
hs = 7 m	0,874	1,333	OK	1,886	1,2	OK	26,223	5,452	26,223	25	NOT OK
hs = 8 m	1,192	1,333	OK	1,714	1,2	OK	33,317	1,858	33,317	25	NOT OK
hs = 9 m	1,518	1,333	NOT OK	1,595	1,2	OK	41,348	-2,673	41,348	25	NOT OK

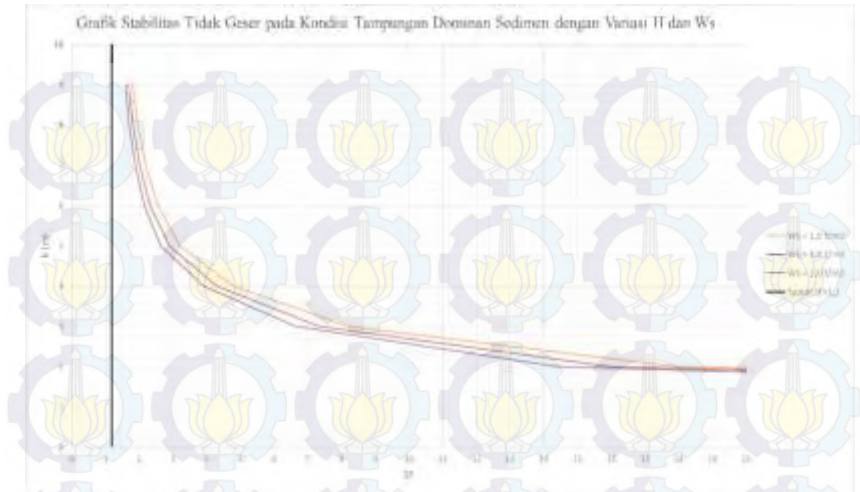
Dari hasil perhitungan syarat kestabilan sebelumnya diketahui suatu hubungan. Pada gambar 4.12, gambar 4.13, dan gambar 4.14 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap ketinggian tampungan pada kondisi tampungan dominan sedimen.

Pada gambar 4.12 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis sedimen (W_s) $1,6 \text{ ton/m}^3$, $1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $2,0 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



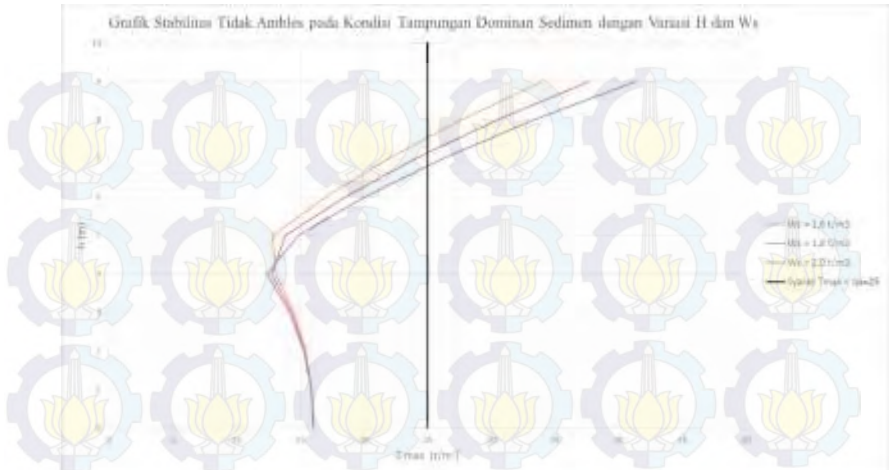
Gambar 4.12. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis sedimen (W_s) pada kondisi tampungan dominan sedimen

Pada gambar 4.13 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis sedimen (W_s) $1,6 \text{ ton/m}^3$, $1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $2,0 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 4.13. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis sedimen (W_s) pada kondisi tampungan dominan sedimen

Pada gambar 4.14 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis sedimen (W_s) $1,6 \text{ ton/m}^3$, $1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $2,0 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{\max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{\max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.

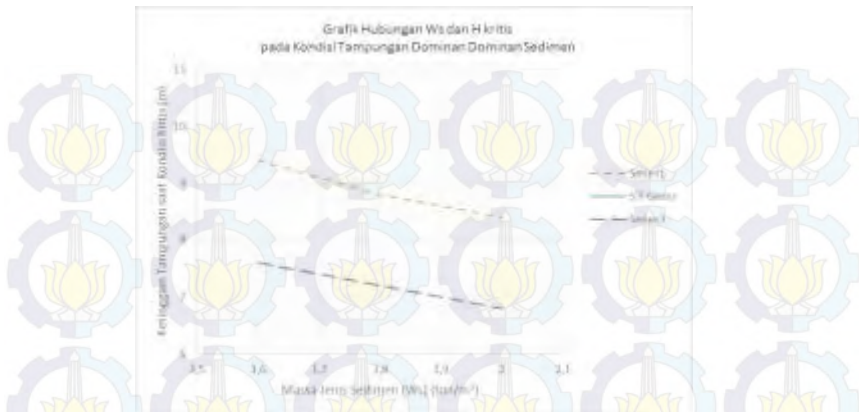


Gambar 4.14. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis sedimen (W_s) pada kondisi tampungan dominan sedimen

Dari perhitungan dan analisa kestabilan pada simulasi kondisi tampungan dominan sedimen diketahui ketinggian tampungan kritis (tabel 4.15). Pada kondisi kritis terjadi ketidakstabilan struktur yang membahayakan bangunan konsolidasi dam. Grafik hubungan massa jenis sedimen (W_s) dan ketinggian tampungan kritis ditampilkan pada gambar 4.15.

Tabel 4.15. Ketinggian Tampungan Kritis Saat Kondisi Tampungan Dominan Sedimen

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m^3)	Ketinggian Tampungan saat Kondisi Kritis (m)		
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles
1	Dominan Sedimen	$W_s = 1,6$	9,4	~	7,6
2		$W_s = 1,8$	8,8	~	7,2
3		$W_s = 2,0$	8,4	~	6,8



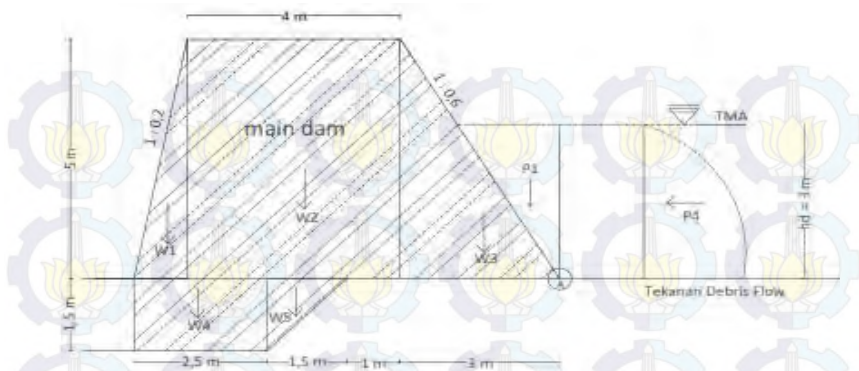
Gambar 4.15. Hubungan W_s dan H kritis pada kondisi tampungan dominan sedimen

Sehingga pada simulasi kondisi tampungan dominan sedimen diketahui semakin tinggi massa jenis sedimen (W_s) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Massa jenis sedimen (W_s) pada syarat kestabilan berbanding lurus dengan ketinggian kritis tampungan sedimen.

4.4.3. Kondisi Tampungan Dominan Air Dinamis

Disimulasikan tampungan konsolidasi dan Syphon Lemurung berisi material dominan air dinamis (hidrodinamis). Parameter pada simulasi ini adalah variasi massa jenis air (W_w), kecepatan aliran air (V_d), dan ketinggian tampungan air (h_w). Dihitung nilai kestabilan terhadap guling, geser, dan ambles untuk mencari nilai ketinggian kritis tampungan.

Diberikan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungan dominan air dinamis. Ketinggian tampungan 3 m ($h_w = 3$ m dan $h_f = 0$ m) serta dengan berat jenis air $W_d = 1,0$ ton/m³ dan kecepatan aliran $V_d = 1,5$ m/s. Gaya gaya yang bekerja ditampilkan pada gambar 4.16. Perhitungan nilai gaya dan momen ditampilkan pada tabel 4.16.



Gambar 4.16. Diagram gaya pada tumpungan dominan air dinamis

Tabel 4.16. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H	Gaya V	Rumus Lengan	Lengan	Momen H	Momen V
				(guling) (t)	(tahan) (t)		(m)	(Guling) (tm)	(Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot m \cdot h1^2$		6	$L_{w1} = n \cdot h1 + b1 + 0,33 \cdot m \cdot h1$	7,33		44
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b1 \cdot h1$		48	$L_{w2} = n \cdot h1 + 0,50 \cdot b1$	5,00		240
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$		18	$L_{w3} = 0,67 \cdot n \cdot h1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b2 \cdot h2$		9	$L_{w4} = 4 + h2 + 0,5 \cdot b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot l \cdot h2^2$		3	$L_{w5} = 4 + 0,67 \cdot h2$	5,01		14
2	Tekanan Air Dinamis (Hidrodinamis)	P1 ↓	$P1 = 0,5 \cdot Wwd \cdot n \cdot hd2$		3	$L_{p1} = 0,33 \cdot n \cdot hd$	0,59		2
		P2 ↓	$P2 = Wwd \cdot n \cdot h1 \cdot hf$		0	$L_{p2} = 0,5 \cdot n \cdot h1$	1,50		0
		P3 ↓	$P3 = Wwd \cdot b1 \cdot hf$		0	$L_{p3} = n \cdot h1 + 0,5 \cdot b1$	5,00		0
		P4 →	$P4 = (Wwd \cdot g) \cdot (hd + hf) \cdot Vd2$	0,69		$L_{p4} = 0,5 \cdot (hd + hf)$	1,50	1	
			TOTAL	1	86	TOTAL		1	396
			Σ gaya		86	Σ momen			395

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{396 - 1}{87} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = -0,572 < 1,333 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{86}{1} \geq 1,2$$

$$SF = 84,045 \geq 1,2 \dots \dots \text{(OK)}$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 + \frac{e}{B}\right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{86}{8} x \left(1 + \frac{-0,572}{8}\right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 6,169 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{86}{8} x \left(1 - \frac{-0,572}{8}\right) > 0$$

$$T_{maks} = 15,431 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dominan air dinamis ketinggian tumpangan 3 m ($Wd = 1,0 \text{ t/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$) diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Pada tabel 4.17, tabel 4.18, dan tabel 4.18 ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan simulasi kestabilan pada kondisi tumpangan dominan air dinamis.

Tabel 4.17. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Dominan Air Dinamis ($Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$)

Kondisi tinggi tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Dominan Air Dinamis ($Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$)											
hd = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hd = 1 m	-0,695	1,333	OK	245,13	1,2	OK	5,028	15,972	15,972	25	OK
hd = 2 m	-0,646	1,333	OK	123,88	1,2	OK	5,471	15,754	15,754	25	OK
hd = 3 m	-0,572	1,333	OK	84,045	1,2	OK	6,169	15,431	15,431	25	OK
hd = 4 m	-0,479	1,333	OK	64,566	1,2	OK	7,089	15,036	15,036	25	OK
hd = 5 m	-0,375	1,333	OK	53,228	1,2	OK	8,196	14,604	14,604	25	OK
hd = 6 m	-0,300	1,333	OK	47,762	1,2	OK	9,517	15,033	15,033	25	OK
hd = 7 m	-0,232	1,333	OK	43,857	1,2	OK	10,860	15,440	15,440	25	OK
hd = 8 m	-0,171	1,333	OK	40,928	1,2	OK	12,225	15,825	15,825	25	OK
hd = 9 m	-0,115	1,333	OK	38,650	1,2	OK	13,611	16,189	16,189	25	OK
hd = 10 m	-0,064	1,333	OK	36,828	1,2	OK	15,019	16,531	16,531	25	OK
hd = 11 m	-0,016	1,333	OK	35,337	1,2	OK	16,448	16,852	16,852	25	OK
hd = 12 m	0,028	1,333	OK	34,095	1,2	OK	17,898	17,152	17,898	25	OK

Tabel 4.18. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Air Dinamis ($W_d = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $V_d = 1 \text{ m/s}$)

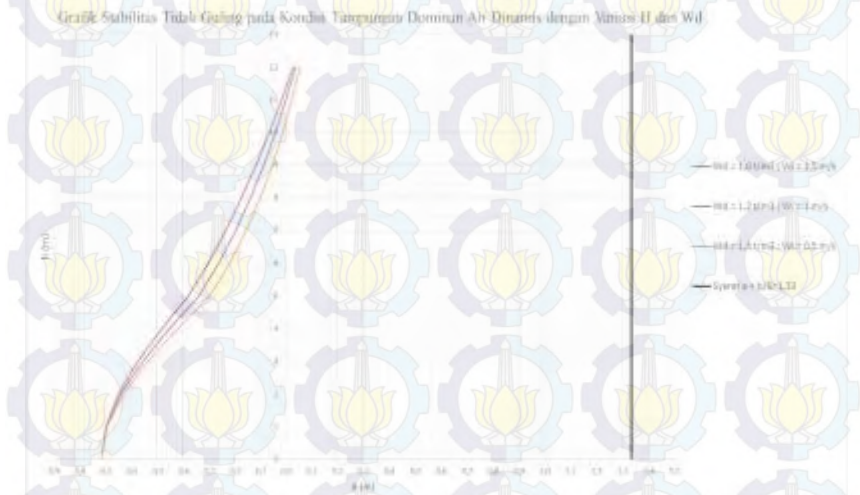
Kondisi tinggi tampungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Air Dinamis ($W_d = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $V_d = 1 \text{ m/s}$)											
hd = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hd = 1 m	-0,692	1,333	OK	459,95	1,2	OK	5,052	15,963	15,963	25	OK
hd = 2 m	-0,636	1,333	OK	232,93	1,2	OK	5,562	15,723	15,723	25	OK
hd = 3 m	-0,553	1,333	OK	158,57	1,2	OK	6,364	15,371	15,371	25	OK
hd = 4 m	-0,449	1,333	OK	122,37	1,2	OK	7,417	14,948	14,948	25	OK
hd = 5 m	-0,334	1,333	OK	101,44	1,2	OK	8,681	14,494	14,494	25	OK
hd = 6 m	-0,258	1,333	OK	92,198	1,2	OK	10,188	15,087	15,087	25	OK
hd = 7 m	-0,193	1,333	OK	85,593	1,2	OK	11,706	15,669	15,669	25	OK
hd = 8 m	-0,136	1,333	OK	80,639	1,2	OK	13,236	16,239	16,239	25	OK
hd = 9 m	-0,085	1,333	OK	76,786	1,2	OK	14,777	16,798	16,798	25	OK
hd = 10 m	-0,040	1,333	OK	73,703	1,2	OK	16,330	17,345	17,345	25	OK
hd = 11 m	0,001	1,333	OK	71,181	1,2	OK	17,894	17,881	17,894	25	OK
hd = 12 m	0,038	1,333	OK	69,080	1,2	OK	19,470	18,405	19,470	25	OK

Tabel 4.19. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Air Dinamis ($W_d = 1,4 \text{ ton/m}^3$; $V_d = 0,5 \text{ m/s}$)

Kondisi tinggi tampungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Air Dinamis ($W_d = 1,4 \text{ ton/m}^3$; $V_d = 0,5 \text{ m/s}$)											
hd = 0 m	-0,712	1,333	OK	~	1,2	OK	4,873	16,052	16,052	25	OK
hd = 1 m	-0,690	1,333	OK	1578,1	1,2	OK	5,077	15,953	15,953	25	OK
hd = 2 m	-0,627	1,333	OK	800,86	1,2	OK	5,657	15,688	15,688	25	OK
hd = 3 m	-0,533	1,333	OK	547,04	1,2	OK	6,567	15,303	15,303	25	OK
hd = 4 m	-0,418	1,333	OK	424,07	1,2	OK	7,761	14,844	14,844	25	OK
hd = 5 m	-0,293	1,333	OK	353,44	1,2	OK	9,190	14,360	14,360	25	OK
hd = 6 m	-0,216	1,333	OK	325,17	1,2	OK	10,893	15,107	15,107	25	OK
hd = 7 m	-0,152	1,333	OK	304,98	1,2	OK	12,599	15,851	15,851	25	OK
hd = 8 m	-0,099	1,333	OK	289,84	1,2	OK	14,309	16,591	16,591	25	OK
hd = 9 m	-0,052	1,333	OK	278,06	1,2	OK	16,021	17,329	17,329	25	OK
hd = 10 m	-0,012	1,333	OK	268,64	1,2	OK	17,738	18,062	18,062	25	OK
hd = 11 m	0,023	1,333	OK	260,93	1,2	OK	19,457	18,793	19,457	25	OK
hd = 12 m	0,054	1,333	OK	254,51	1,2	OK	21,180	19,520	21,180	25	OK

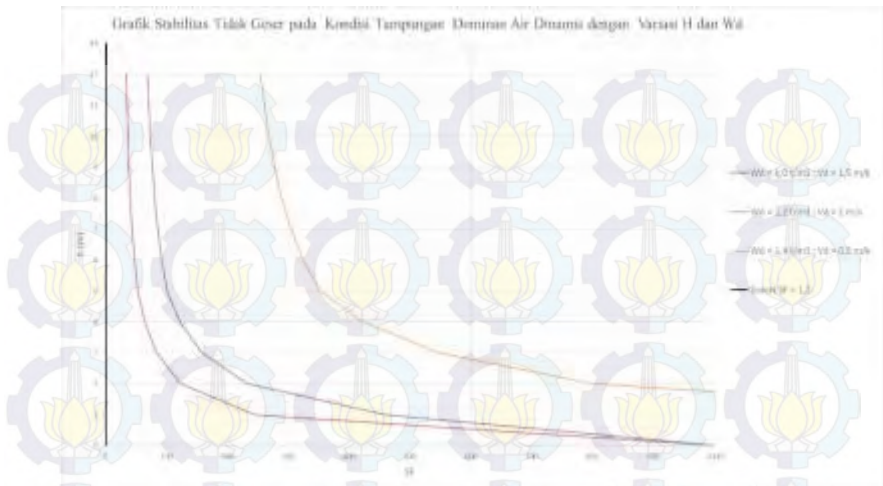
Dari hasil perhitungan syarat kestabilan sebelumnya diketahui suatu hubungan. Pada gambar 4.17, gambar 4.18, gambar 4.19 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap ketinggian tampungan pada kondisi tampungan dominan air dinamis.

Pada gambar 4.17 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis air dinamis (W_d) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan air dinamis. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



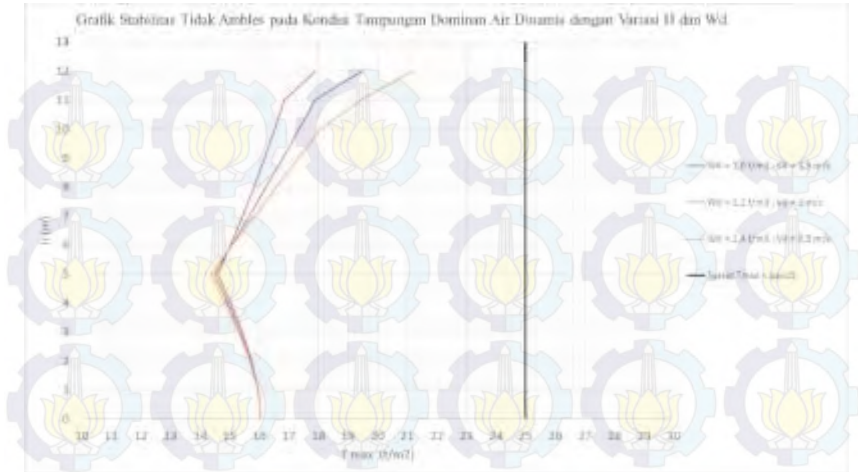
Gambar 4.17. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air dinamis (W_d) pada kondisi tampungan dominan air dinamis

Pada gambar 4.18 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tampungan H. Digunakan variasi massa jenis air dinamis (W_d) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan air dinamis. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 4.18. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian tumpukan (H) dengan variasi massa jenis air dinamis (W_d) pada kondisi tumpukan dominan air dinamis

Pada gambar 4.19 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tumpukan H . Digunakan variasi massa jenis air dinamis (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpukan dominan air dinamis. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{\max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada ketinggian tumpukan yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{\max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 4.19. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian tampungan (H) dengan variasi massa jenis air dinamis (Wd) pada kondisi tampungan dominan air dinamis

Dari perhitungan dan analisa kestabilan pada simulasi kondisi tampungan dominan air dinamis diketahui ketinggian tampungan kritis (tabel 4.20). Pada kondisi kritis terjadi ketidakstabilan struktur yang membahayakan bangunan konsolidasi dam. Grafik hubungan massa jenis sedimen (Ws) dan ketinggian tampungan kritis tidak dapat ditampilkan karena ketinggian kritis cukup tinggi.

Tabel 4.20. Ketinggian Tampungan Kritis Saat Kondisi Tampungan Dominan Air Dinamis

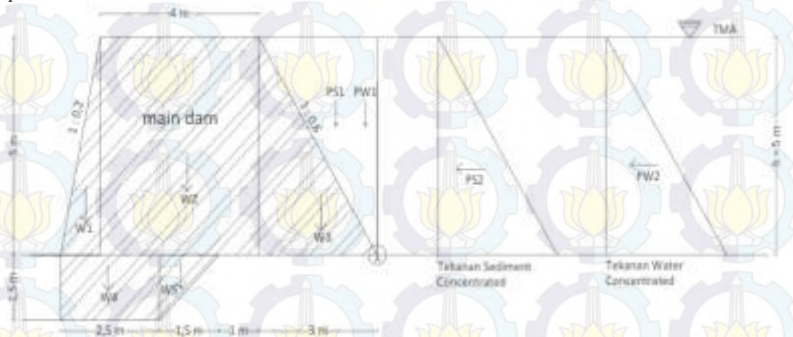
No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Ketinggian Tampungan saat Kondisi Kritis (m)		
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles
1	Dominan Air Dinamis	Wd = 1,0 ; Vd = 2 m/s	~	~	~
2		Wd = 1,2 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	~
3		Wd = 1,4 ; Vd = 0,5 m/s	~	~	~

Dari hasil simulasi kondisi tampungan dominan air dinamis diketahui ketinggian tampungan pada kondisi kritis mempunyai nilai yang besar. Sehingga sampai batas ketinggian tampungan sedimen yang sudah ditentukan bangunan tetap stabil.

4.4.4. Kondisi Tampungam Material Komposit

Disimulasikan tampungam konsolidasi dam Syphon Lemurung berisi material gabungan sedimen dan air (hidrostatis). Kondisi tampungam pada kondisi material komposit, yakni tampungam terdiri dari air dan sedimen. Parameter pada simulasi ini adalah variasi massa jenis sedimen (W_s) dan massa jenis air (W_w). Simulasi variasi material ditampilkan pada tabel 4.19.

Ditampilkan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungam material komposit. Simulasi ketinggian yang dipakai adalah kondisi tampungam S5 ($h_w = 5$ m dan $h_s = 5$ m) dengan kondisi material air ($W_w = 1,0$ ton/m³) dan kondisi material sedimen ($W_s = 1,6$ ton/m³). Gaya gaya yang bekerja ditampilkan pada gambar 4.14. Perhitungan nilai gaya dan momen ditampilkan pada tabel 4.21.



Gambar 4.20. Diagram gaya pada simulasi tampungam material komposit

Tabel 4.21. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H	Gaya V	Rumus Lengan	Lengan	Momen H	Momen V
				(guling)	(tahan)		(L)	(Guling)	(Tahan)
				(t)	(t)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0.50.Wc.m.h1^2$		6	$L_{w1} = n.h1+b1+0.33.m.b1$	7,33		44
		W2 ↓	$W2 = Wc.b1.h1$		48	$L_{w2} = n.h1+0.50.b1$	5,00		240
		W3 ↓	$W3 = 0.50.Wc.n.h1^2$		18	$L_{w3} = 0.67.n.h1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc.b2.h2$		9	$L_{w4} = 4+h2+0.5.b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0.50.Wc.l.h2^2$		3	$L_{w5} = 4+0.67.h2$	5,01		14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0.50.Ww.n.hw^2$		8	$L_{w1} = 0.33.n.hw$	0,99		7
		P2 →	$P2 = 0.5.Ww.hw^2$	13		$L_{w2} = 0.33.hw$	1,65	21	
		P3 ↓	$P3 = Ww.n.hw.hf$		0	$L_{w3} = 0.5.n.h1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ww.b1.hf$		0	$L_{w4} = n.h1 + 0.5.b1$	5,00		0
		P5 →	$P5 = Ww.hf.h1$	0		$L_{w5} = 0.5*(hw+hf)$	2,50	0	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0.50.Ws.n.hs^2$		12	$L_{w1} = 0.33.n.hs$	0,99		12
		P2 →	$P2 = 0.5.Ws.hs^2$	20		$L_{w2} = 0.33.hs$	1,65	33	
		P3 ↓	$P3 = Ws.n.hs.hf$		0	$L_{w3} = 0.5.n.h1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ws.b1.hf$		0	$L_{w4} = n.h1 + 0.5.b1$	5,00		0
		P5 →	$P5 = Ws.hf.h1$	0		$L_{w5} = 0.5*(hs+hf)$	2,50	0	
			TOTAL	33	103	TOTAL		54	414
			Σ gaya		71	Σ momen			360

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{414 - 54}{103} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,511 < 1,333 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{103}{33} \geq 1,2$$

$$SF = 2,128 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus (2.17) syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{103}{8} \times \left(1 + \frac{0,511}{8} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 17,840 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{103}{8} \times \left(1 - \frac{0,511}{8} \right) > 0$$

$$T_{maks} = 7,960 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi tumpangan material komposit, kondisi tumpangan S5 ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Pada tabel 4.22, tabel 4.23, tabel 4.24, dan tabel 4.25 ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan simulasi kestabilan pada kondisi tumpangan material komposit.

Tabel 4.22. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)					
Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$)											
S0 ; hs=0m,hw=5m	-0,180	1,333	OK	4,888	1,2	OK	9,860	12,940	12,940	25	OK
S1 ; hs=1m,hw=5m	-0,156	1,333	OK	4,618	1,2	OK	10,116	12,804	12,804	25	OK
S2 ; hs=2m,hw=5m	-0,079	1,333	OK	3,974	1,2	OK	10,947	12,333	12,333	25	OK
S3 ; hs=3m,hw=5m	0,057	1,333	OK	3,249	1,2	OK	12,448	11,432	12,448	25	OK
S4 ; hs=4m,hw=5m	0,254	1,333	OK	2,619	1,2	OK	14,714	10,006	14,714	25	OK
S5 ; hs=5m,hw=5m	0,511	1,333	OK	2,128	1,2	OK	17,840	7,960	17,840	25	OK
S6 ; hs=5m,hw=6m	0,646	1,333	OK	1,969	1,2	OK	20,450	7,100	20,450	25	OK
S7 ; hs=5m,hw=7m	0,808	1,333	OK	1,848	1,2	OK	23,528	5,772	23,528	25	OK
S8 ; hs=5m,hw=8m	0,992	1,333	OK	1,752	1,2	OK	27,075	3,975	27,075	25	NOT OK
S9 ; hs=5m,hw=9m	1,194	1,333	OK	1,674	1,2	OK	31,090	1,710	31,090	25	NOT OK
S10 ; hs=5m,hw=10m	1,412	1,333	NOT OK	1,610	1,2	OK	35,575	-1,025	35,575	25	NOT OK

Tabel 4.23. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)					
Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$)											
S0 ; hs=0m,hw=5m	-0,084	1,333	OK	4,141	1,2	OK	10,858	12,317	12,317	25	OK
S1 ; hs=1m,hw=5m	-0,058	1,333	OK	3,929	1,2	OK	11,146	12,164	12,164	25	OK
S2 ; hs=2m,hw=5m	0,025	1,333	OK	3,417	1,2	OK	12,080	11,635	12,080	25	OK
S3 ; hs=3m,hw=5m	0,172	1,333	OK	2,830	1,2	OK	13,769	10,621	13,769	25	OK
S4 ; hs=4m,hw=5m	0,384	1,333	OK	2,309	1,2	OK	16,318	9,017	16,318	25	OK
S5 ; hs=5m,hw=5m	0,659	1,333	OK	1,897	1,2	OK	19,835	6,715	19,835	25	OK
S6 ; hs=5m,hw=6m	0,804	1,333	OK	1,765	1,2	OK	22,967	5,683	22,967	25	OK
S7 ; hs=5m,hw=7m	0,979	1,333	OK	1,665	1,2	OK	26,660	4,090	26,660	25	NOT OK
S8 ; hs=5m,hw=8m	1,176	1,333	OK	1,586	1,2	OK	30,917	1,933	30,917	25	NOT OK
S9 ; hs=5m,hw=9m	1,393	1,333	NOT OK	1,523	1,2	OK	35,735	-0,785	35,735	25	NOT OK
S10 ; hs=5m,hw=10m	1,626	1,333	NOT OK	1,471	1,2	OK	41,117	-4,067	41,117	25	NOT OK

Tabel 4.24. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$)

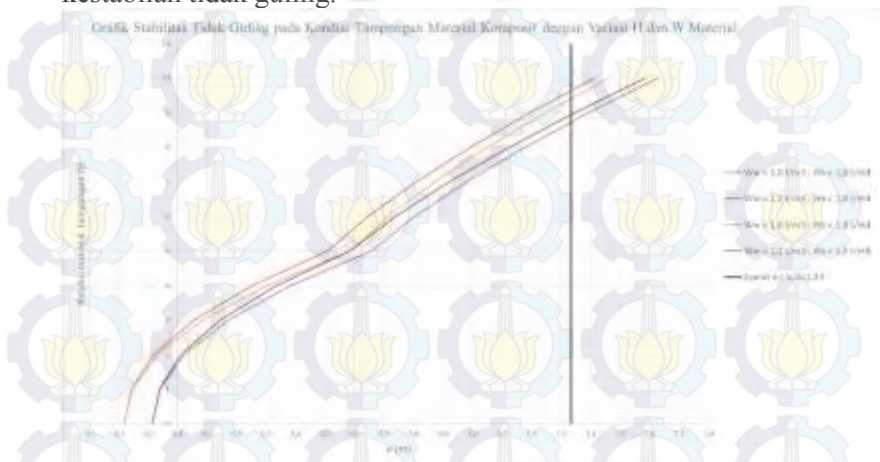
Kondisi material tumpungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$)											
S0 : hs=0m,hw=5m	-0.180	1.333	OK	4.888	1,2	OK	9.860	12.940	12.940	25	OK
S1 : hs=1m,hw=5m	-0.153	1.333	OK	4.587	1,2	OK	10.148	12.787	12.787	25	OK
S2 : hs=2m,hw=5m	-0.067	1.333	OK	3.885	1,2	OK	11.083	12.257	12.257	25	OK
S3 : hs=3m,hw=5m	0.085	1.333	OK	3.124	1,2	OK	12.771	11.244	12.771	25	OK
S4 : hs=4m,hw=5m	0.304	1.333	OK	2.487	1,2	OK	15.321	9.639	15.321	25	OK
S5 : hs=5m,hw=5m	0.586	1.333	OK	2.004	1,2	OK	18.838	7.337	18.838	25	OK
S6 : hs=5m,hw=6m	0.715	1.333	OK	1.871	1,2	OK	21.447	6.478	21.447	25	OK
S7 : hs=5m,hw=7m	0.871	1.333	OK	1.767	1,2	OK	24.525	5.150	24.525	25	OK
S8 : hs=5m,hw=8m	1.049	1.333	OK	1.684	1,2	OK	28.072	3.353	28.072	25	NOT OK
S9 : hs=5m,hw=9m	1.246	1.333	OK	1.617	1,2	OK	32.088	1.087	32.088	25	NOT OK
S10 : hs=5m,hw=10m	1.459	1.333	NOT OK	1.560	1,2	OK	36.572	-1.647	36.572	25	NOT OK

Tabel 4.25. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpungan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$)											
S0 : hs=0m,hw=5m	-0.084	1.333	OK	4.141	1,2	OK	10.858	12.317	12.317	25	OK
S1 : hs=1m,hw=5m	-0.061	1.333	OK	3.951	1,2	OK	11.114	12.181	12.181	25	OK
S2 : hs=2m,hw=5m	0.013	1.333	OK	3.483	1,2	OK	11.945	11.710	11.945	25	OK
S3 : hs=3m,hw=5m	0.145	1.333	OK	2.928	1,2	OK	13.445	10.810	13.445	25	OK
S4 : hs=4m,hw=5m	0.336	1.333	OK	2.419	1,2	OK	15.712	9.383	15.712	25	OK
S5 : hs=5m,hw=5m	0.586	1.333	OK	2.004	1,2	OK	18.838	7.337	18.838	25	OK
S6 : hs=5m,hw=6m	0.739	1.333	OK	1.848	1,2	OK	21.969	6.306	21.969	25	OK
S7 : hs=5m,hw=7m	0.920	1.333	OK	1.732	1,2	OK	25.663	4.712	25.663	25	NOT OK
S8 : hs=5m,hw=8m	1.123	1.333	OK	1.642	1,2	OK	29.919	2.556	29.919	25	NOT OK
S9 : hs=5m,hw=9m	1.346	1.333	NOT OK	1.571	1,2	OK	34.738	-0.163	34.738	25	NOT OK
S10 : hs=5m,hw=10m	1.584	1.333	NOT OK	1.512	1,2	OK	40.119	-3.444	40.119	25	NOT OK

Dari hasil perhitungan syarat kestabilan sebelumnya diketahui suatu hubungan. Pada gambar 4.21, gambar 4.22, gambar 4.23 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap ketinggian tumpungan pada kondisi tumpungan material komposit.

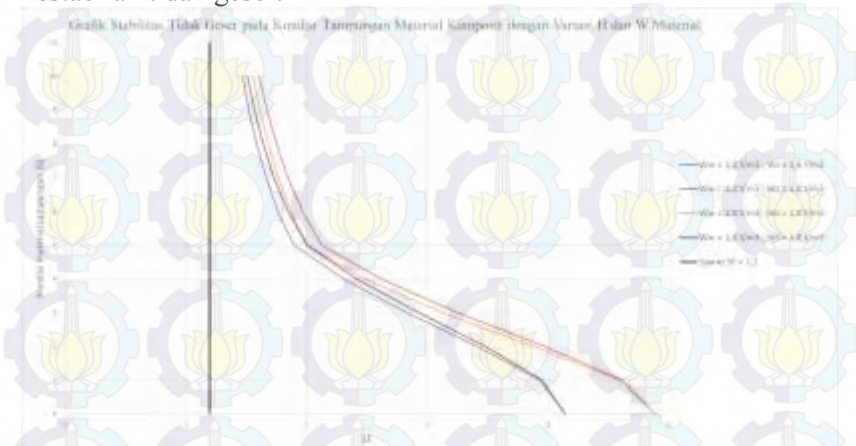
Pada gambar 4.21 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian kombinasi material tampungan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan material komposit. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



Gambar 4.21. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tampungan material komposit

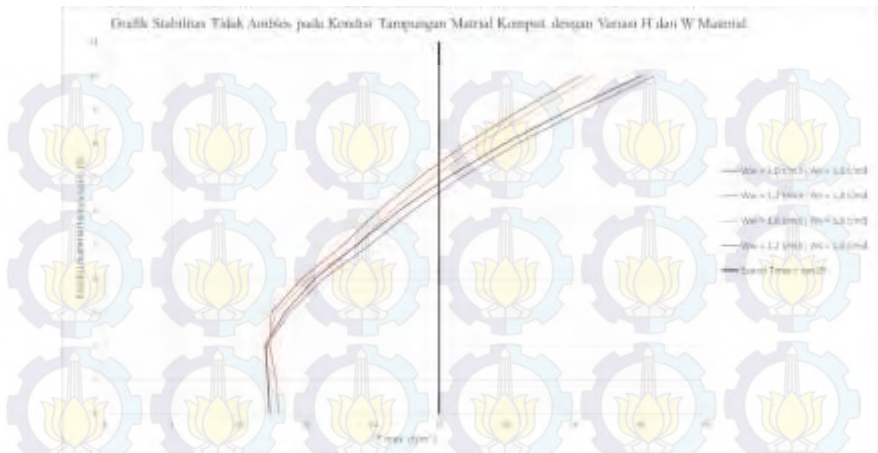
Pada gambar 4.22 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian kombinasi material tampungan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan material komposit. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis *safety factor* SF

= 1,2 m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 4.22. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpangan material komposit

Pada gambar 4.23 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian kombinasi material tumpangan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan material komposit. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada ketinggian tumpangan yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.

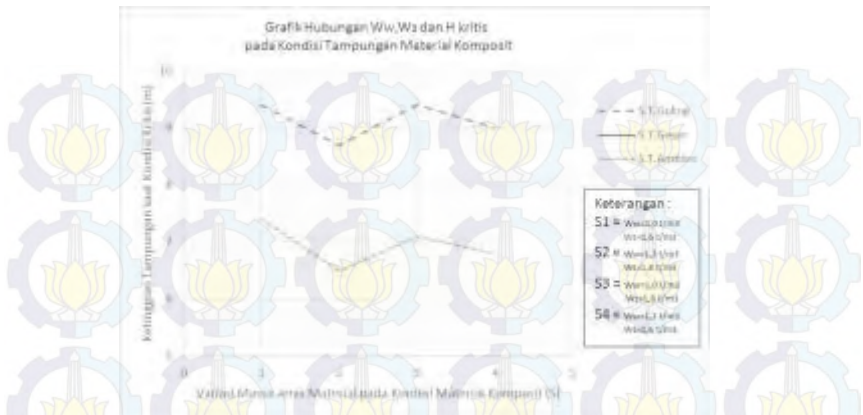


Gambar 4.23. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpangan material komposit

Dari perhitungan dan analisa kestabilan pada simulasi kondisi tumpangan material komposit diketahui ketinggian tumpangan kritis (tabel 4.26). Pada kondisi kritis terjadi ketidakstabilan struktur yang membahayakan bangunan konsolidasi dam. Grafik hubungan massa jenis air (W_w) dan massa jenis sedimen (W_s) dengan ketinggian tumpangan kritis saat kondisi tumpangan material komposit ditampilkan pada gambar 4.24.

Tabel 4.26. Ketinggian Tumpangan Kritis Saat Kondisi Tumpangan Material Komposit

No.	Kondisi Tumpangan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Ketinggian Tumpangan saat Kondisi Kritis (m)		
			S.T. Guling	S.T. Geser	S.T. Ambles
1	Material Komposit	$W_w = 1,0$; $W_s = 1,6$	9,4	~	7,4
2		$W_w = 1,2$; $W_s = 1,8$	8,7	~	6,5
3		$W_w = 1,0$; $W_s = 1,8$	9,4	~	7,1
4		$W_w = 1,2$; $W_s = 1,6$	9	~	6,8



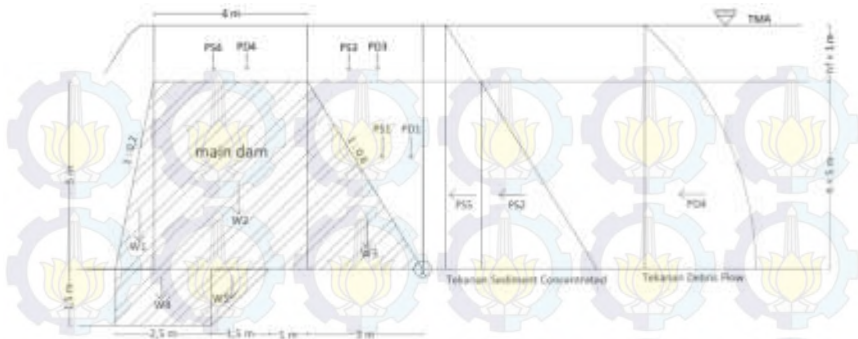
Gambar 4.24. Hubungan W_w , W_s dan H kritis pada kondisi tumpungan material komposit

Sehingga pada simulasi kondisi tumpungan material komposit diketahui semakin tinggi komposisi massa jenis sedimen (W_s) dan massa jenis air (W_w) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Variasi komposisi massa jenis material mempengaruhi nilai ketinggian tumpungan saat kondisi kritis.

4.4.5. Kondisi Tumpungan Material Dinamis

Disimulasikan tumpungan konsolidasi dam Syphon Lemurung berisi material gabungan sedimen dan air (hidrostatik). Kondisi tumpungan pada kondisi material dinamis, yakni tumpungan terdiri dari air dinamis dan sedimen. Parameter pada simulasi adalah variasi massa jenis sedimen (W_s) dan massa jenis air (W_w). Simulasi variasi material ditampilkan pada tabel 4.4.

Ditampilkan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tumpungan material dinamis. Simulasi ketinggian yang dipakai adalah kondisi tumpungan S6 ($h_s = 5$ m dan $h_d = 6$ m) dengan kondisi material air dinamis ($W_d = 1,0$ ton/m³ ; $V_d = 1,5$ m/s) dan kondisi material sedimen ($W_s = 1,6$ ton/m³). Gaya gaya yang bekerja ditampilkan pada gambar 4.25. Perhitungan nilai gaya dan momen ditampilkan pada tabel 4.27.



Gambar 4.25. Diagram gaya pada simulasi tumpungan material dinamis

Tabel 4.27. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot m \cdot h^2$		6	$L_{-W1} = n \cdot h1 + b1 + 0,33 \cdot m \cdot h1$	7,33		44
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b1 \cdot h1$		48	$L_{-W2} = n \cdot h1 + 0,50 \cdot b1$	5,00		240
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$		18	$L_{-W3} = 0,67 \cdot n \cdot h1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot h2 \cdot h2$		9	$L_{-W4} = 4 \cdot h2 + 0,5 \cdot h2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot 1 \cdot h2^2$		3	$L_{-W5} = 4 + 0,67 \cdot h2$	5,01		14
2	Tekanan Air Dinamis (Hidrodinamis)	P1 ↓	$P1 = 0,5 \cdot Wwd \cdot n \cdot hd^2$		7,5	$L_{-W1} = 0,33 \cdot n \cdot hd$	0		0
		P2 ↓	$P2 = Wwd \cdot n \cdot h1 \cdot hf$		3	$L_{-W2} = 0,5 \cdot n \cdot h1$	1,50		5
		P3 ↓	$P3 = Wwd \cdot b1 \cdot hf$		4	$L_{-W3} = n \cdot h1 + 0,5 \cdot b1$	5,00		20
		P4 →	$P4 = (Wwd \cdot g) \cdot (hd + hf) \cdot Vd2$	2,86		$L_{-W4} = 0,5 \cdot (hd + hf)$	3,00	9	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ws \cdot n \cdot hs^2$		12	$L_{-W1} = 0,33 \cdot n \cdot hs$	0,99		12
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ws \cdot hs^2$	20		$L_{-W2} = 0,33 \cdot hs$	1,65	33	
		P3 ↓	$P3 = Ws \cdot n \cdot hs \cdot hf$		0	$L_{-W3} = 0,5 \cdot n \cdot h1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ws \cdot b1 \cdot hf$		0	$L_{-W4} = n \cdot h1 + 0,5 \cdot b1$	5,00		0
		P5 →	$P5 = Ws \cdot hf \cdot h1$	0		$L_{-W5} = 0,5 \cdot (hs + hf)$	2,50	0	
			TOTAL	23	110	TOTAL		42	431
			Σ gaya		87	Σ momen			389

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{431 - 42}{110} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,468 < 1,333 \dots \dots (\text{OK})$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{110}{23} \geq 1,2$$

$$SF = 3,230 \geq 1,2.....(OK)$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B}\right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{431}{8} \times \left(1 + \frac{0,468}{8}\right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 18,611 \leq 25.....(OK)$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{431}{8} \times \left(1 - \frac{0,468}{8}\right) > 0$$

$$T_{maks} = 8,939 > 0.....(OK)$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi tumpungan material dinamis, kondisi tumpungan S6 ($Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$) diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Pada tabel 4.28, tabel 4.29, tabel 4.30, dan tabel 4.31 ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan simulasi kestabilan pada kondisi tumpungan material dinamis.

Tabel 4.28. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpungan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpungan Material Dinamis ($Wd = 1,0 \text{ t/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$; $Ws = 1,6 \text{ t/m}^3$)											
S0 ; hs=0m,hd=5m	-0,249	1,333	OK	22,14	1,2	OK	9,270	13,530	13,530	25	OK
S1 ; hs=1m,hd=5m	-0,225	1,333	OK	17,25	1,2	OK	9,526	13,394	13,394	25	OK
S2 ; hs=2m,hd=5m	-0,147	1,333	OK	10,47	1,2	OK	10,356	12,924	12,924	25	OK
S3 ; hs=3m,hd=5m	-0,009	1,333	OK	6,425	1,2	OK	11,857	12,023	12,023	25	OK
S4 ; hs=4m,hd=5m	0,190	1,333	OK	4,258	1,2	OK	14,123	10,597	14,123	25	OK
S5 ; hs=5m,hd=5m	0,450	1,333	OK	3,038	1,2	OK	17,250	8,550	17,250	25	OK
S6 ; hs=5m,hd=6m	0,468	1,333	OK	3,230	1,2	OK	18,611	8,939	18,611	25	OK
S7 ; hs=5m,hd=7m	0,485	1,333	OK	3,419	1,2	OK	19,982	9,318	19,982	25	OK
S8 ; hs=5m,hd=8m	0,501	1,333	OK	3,608	1,2	OK	21,362	9,688	21,362	25	OK
S9 ; hs=5m,hd=9m	0,516	1,333	OK	3,794	1,2	OK	22,752	10,048	22,752	25	OK
S10 ; hs=5m,hd=10m	0,531	1,333	OK	3,979	1,2	OK	24,151	10,399	24,151	25	OK

Tabel 4.29.. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($Wd= 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Vd= 1,0 \text{ m/s}$; $Ws= 1,8 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=F x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)					
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($Wd = 1,2 \text{ t/m}^3$; $Vd = 1 \text{ m/s}$; $Ws = 1,8 \text{ t/m}^3$)											
S0 ; hs=0m,hd=5m	-0,211	1,333	OK	38,52	1,2	OK	9,751	13,424	13,424	25	OK
S1 ; hs=1m,hd=5m	-0,185	1,333	OK	24,87	1,2	OK	10,038	13,272	13,272	25	OK
S2 ; hs=2m,hd=5m	-0,099	1,333	OK	12,19	1,2	OK	10,973	12,742	12,742	25	OK
S3 ; hs=3m,hd=5m	0,051	1,333	OK	6,730	1,2	OK	12,662	11,728	12,662	25	OK
S4 ; hs=4m,hd=5m	0,268	1,333	OK	4,240	1,2	OK	15,211	10,124	15,211	25	OK
S5 ; hs=5m,hd=5m	0,548	1,333	OK	2,951	1,2	OK	18,728	7,822	18,728	25	OK
S6 ; hs=5m,hd=6m	0,554	1,333	OK	3,168	1,2	OK	20,282	8,368	20,282	25	OK
S7 ; hs=5m,hd=7m	0,561	1,333	OK	3,383	1,2	OK	21,847	8,903	21,847	25	OK
S8 ; hs=5m,hd=8m	0,568	1,333	OK	3,596	1,2	OK	23,424	9,426	23,424	25	OK
S9 ; hs=5m,hd=9m	0,575	1,333	OK	3,807	1,2	OK	25,012	9,938	25,012	25	NOT OK
S10 ; hs=5m,hd=10m	0,582	1,333	OK	4,016	1,2	OK	26,612	10,438	26,612	25	NOT OK

Tabel 4.30. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($Wd= 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd= 1,5 \text{ m/s}$; $Ws= 1,8 \text{ ton/m}^3$)

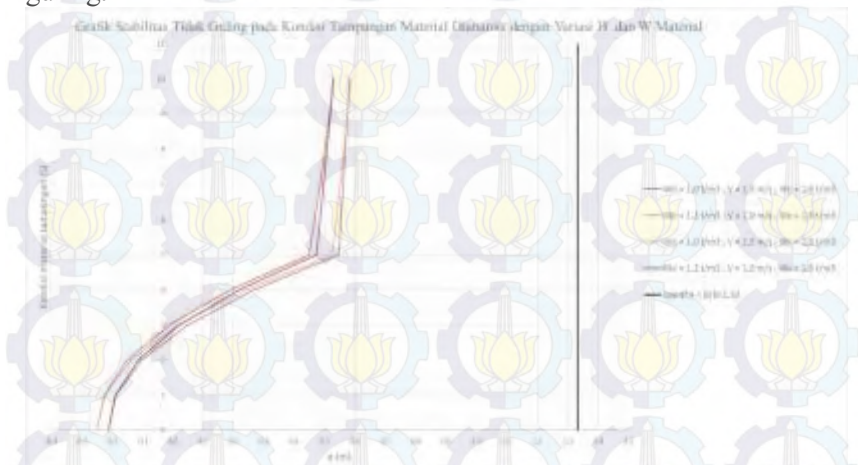
Kondisi material tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=F x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)					
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($Wd = 1,0 \text{ t/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$; $Ws = 1,8 \text{ t/m}^3$)											
S0 ; hs=0m,hd=5m	-0,249	1,333	OK	22,14	1,2	OK	9,270	13,530	13,530	25	OK
S1 ; hs=1m,hd=5m	-0,222	1,333	OK	16,79	1,2	OK	9,558	13,377	13,377	25	OK
S2 ; hs=2m,hd=5m	-0,135	1,333	OK	9,835	1,2	OK	10,492	12,848	12,848	25	OK
S3 ; hs=3m,hd=5m	0,019	1,333	OK	5,926	1,2	OK	12,181	11,834	12,181	25	OK
S4 ; hs=4m,hd=5m	0,240	1,333	OK	3,898	1,2	OK	14,730	10,230	14,730	25	OK
S5 ; hs=5m,hd=5m	0,526	1,333	OK	2,777	1,2	OK	18,247	7,928	18,247	25	OK
S6 ; hs=5m,hd=6m	0,539	1,333	OK	2,951	1,2	OK	19,608	8,317	19,608	25	OK
S7 ; hs=5m,hd=7m	0,552	1,333	OK	3,123	1,2	OK	20,979	8,696	20,979	25	OK
S8 ; hs=5m,hd=8m	0,564	1,333	OK	3,294	1,2	OK	22,360	9,065	22,360	25	OK
S9 ; hs=5m,hd=9m	0,576	1,333	OK	3,464	1,2	OK	23,749	9,426	23,749	25	OK
S10 ; hs=5m,hd=10m	0,587	1,333	OK	3,632	1,2	OK	25,149	9,776	25,149	25	NOT OK

Tabel 4.31.. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($Wd= 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Vd= 1,0 \text{ m/s}$; $Ws= 1,6 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=F x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)					
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($Wd = 1,2 \text{ t/m}^3$; $Vd = 1 \text{ m/s}$; $Ws = 1,6 \text{ t/m}^3$)											
S0 ; hs=0m,hd=5m	-0,211	1,333	OK	38,52	1,2	OK	9,751	13,424	13,424	25	OK
S1 ; hs=1m,hd=5m	-0,188	1,333	OK	25,88	1,2	OK	10,007	13,288	13,288	25	OK
S2 ; hs=2m,hd=5m	-0,112	1,333	OK	13,17	1,2	OK	10,837	12,818	12,818	25	OK
S3 ; hs=3m,hd=5m	0,023	1,333	OK	7,376	1,2	OK	12,338	11,917	12,338	25	OK
S4 ; hs=4m,hd=5m	0,219	1,333	OK	4,666	1,2	OK	14,604	10,491	14,604	25	OK
S5 ; hs=5m,hd=5m	0,473	1,333	OK	3,246	1,2	OK	17,731	8,444	17,731	25	OK
S6 ; hs=5m,hd=6m	0,485	1,333	OK	3,486	1,2	OK	19,284	8,991	19,284	25	OK
S7 ; hs=5m,hd=7m	0,497	1,333	OK	3,724	1,2	OK	20,850	9,525	20,850	25	OK
S8 ; hs=5m,hd=8m	0,508	1,333	OK	3,960	1,2	OK	22,426	10,049	22,426	25	OK
S9 ; hs=5m,hd=9m	0,519	1,333	OK	4,192	1,2	OK	24,015	10,560	24,015	25	OK
S10 ; hs=5m,hd=10m	0,529	1,333	OK	4,423	1,2	OK	25,614	11,061	25,614	25	NOT OK

Dari hasil perhitungan syarat kestabilan sebelumnya diketahui suatu hubungan. Pada gambar 4.26, gambar 4.27, dan gambar 4.28 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap ketinggian tumpangan pada kondisi tumpangan material dinamis.

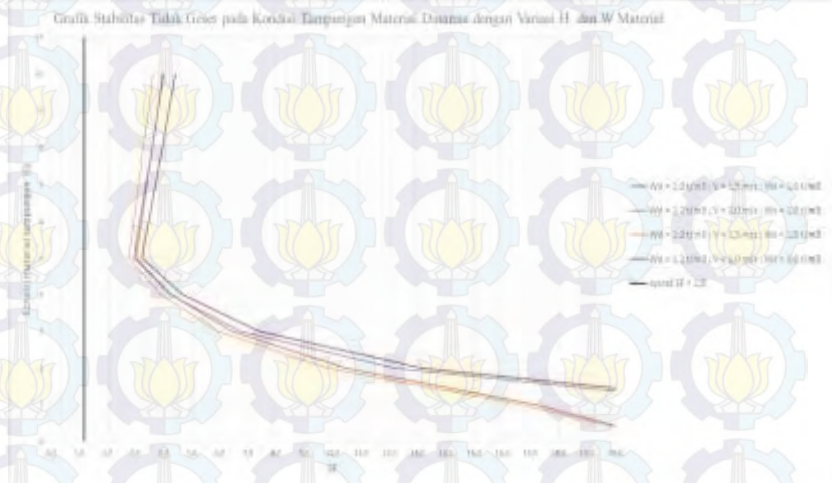
Pada gambar 4.26 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian kombinasi material tumpangan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan material dinamis. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tumpangan yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



Gambar 4.26. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpangan material dinamis

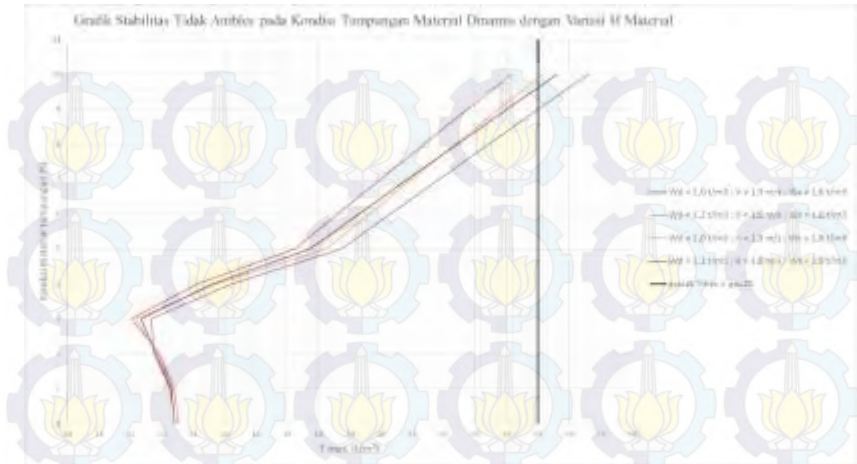
Pada gambar 4.27 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian kombinasi material tumpangan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,0$

ton/m^3 ; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan material dinamis. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$ m. Apabila pada ketinggian tumpungan yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 4.27. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpungan material dinamis

Pada gambar 4.28 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian kombinasi material tumpungan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_d=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_d=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_d=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_d=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan material dinamis. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{\max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada ketinggian tumpungan yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{\max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.

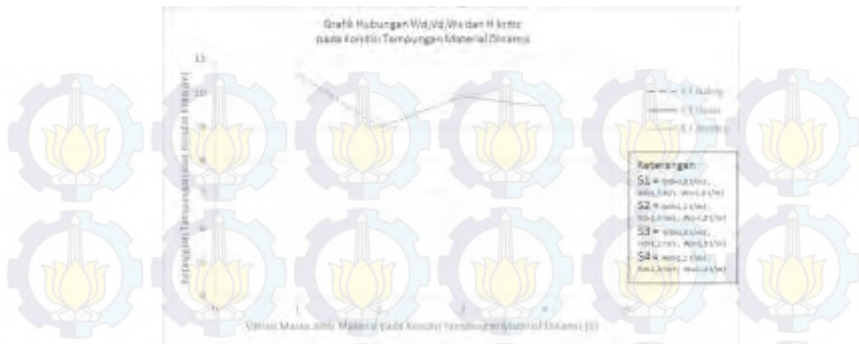


Gambar 4.28. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tampungan material dinamis

Dari perhitungan dan analisa kestabilan pada simulasi kondisi tampungan material dinamis diketahui ketinggian tampungan kritis (tabel 4.32). Pada kondisi kritis terjadi ketidakstabilan struktur yang membahayakan bangunan konsolidasi dam. Grafik hubungan massa jenis air dinamis (W_d), kecepatan aliran air (v_d) dan massa jenis sedimen (W_s) dengan ketinggian tampungan kritis saat kondisi tampungan material dinamis ditampilkan pada gambar 4.29.

Tabel 4.32. Ketinggian Tampungan Kritis Saat Kondisi Tampungan Material Dinamis

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m^3)	Ketinggian Tampungan saat Kondisi Kritis (m)		
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles
1	Material Dinamis	$W_d = 1,0$; $W_s = 1,6$; $V_d = 1,5$ m/s	~	~	10,6
2		$W_d = 1,2$; $W_s = 1,8$; $V_d = 1,0$ m/s	~	~	9
3		$W_d = 1,0$; $W_s = 1,8$; $V_d = 1,5$ m/s	~	~	9,9
4		$W_d = 1,2$; $W_s = 1,6$; $V_d = 1,0$ m/s	~	~	9,6



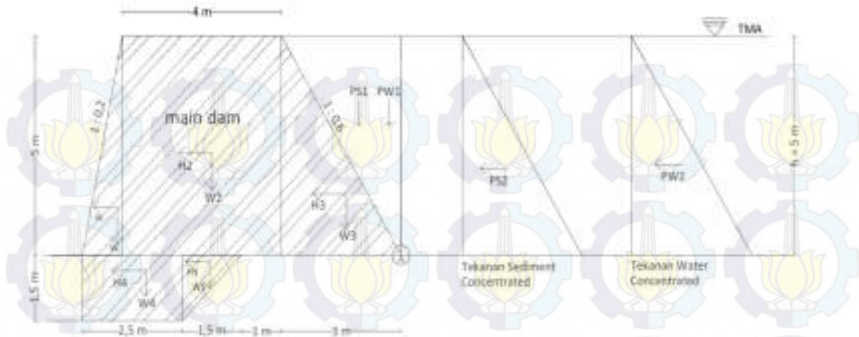
Gambar 4.29. Hubungan W_d , W_s dan H kritis pada kondisi tumpangan material dinamis

Sehingga pada simulasi kondisi tumpangan material dinamis diketahui semakin tinggi massa jenis sedimen (W_s) dan jenis air dinamis (W_d) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Variasi komposisi massa jenis material mempengaruhi nilai ketinggian tumpangan saat kondisi kritis.

4.4.6. Kondisi Tumpangan saat Gempa

Disimulasikan tumpangan konsolidasi dan Syphon Lemurung pada kondisi tumpangan material komposit dan terjadi gempa. Gaya gempa memberikan pengaruh satu arah gaya horisontal. Parameter pada simulasi ini adalah variasi massa jenis sedimen (W_s), massa jenis air (W_w), dan koefisien gempa horisontal $k = 0,12$. Simulasi variasi material ditampilkan pada tabel 4.4.

Ditampilkan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tumpangan saat gempa. Simulasi ketinggian yang dipakai adalah kondisi tumpangan S5 ($h_s = 5$ m dan $h_s = 5$ m) dengan kondisi material air ($W_w = 1,0$ ton/m³) dan kondisi material sedimen ($W_s = 1,6$ ton/m³). Gaya gaya yang bekerja ditampilkan pada gambar 4.30. Perhitungan nilai gaya dan momen ditampilkan pada tabel 4.33.



Gambar 4.30. Diagram gaya pada simulasi tumpungan saat gempa

Tabel 4.33. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0.50 \cdot Wc \cdot m \cdot h^2$		6	$L_{-W1} = n \cdot h1 + b1 + 0.33 \cdot m \cdot h1$	7,33		44
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b1 \cdot h1$		48	$L_{-W2} = n \cdot h1 + 0.50 \cdot b1$	5,00		240
		W3 ↓	$W3 = 0.50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$		18	$L_{-W3} = 0.67 \cdot n \cdot h1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b2 \cdot h2$		9	$L_{-W4} = 4 + h2 + 0.5 \cdot b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0.50 \cdot Wc \cdot l \cdot h2^2$		3	$L_{-W5} = 4 + 0.67 \cdot h2$	5,01		14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0.50 \cdot Ww \cdot n \cdot hw^2$		8	$L_{-W1} = 0.33 \cdot n \cdot hw$	0,99		7
		P2 →	$P2 = 0.5 \cdot Ww \cdot hw^2$	13		$L_{-W2} = 0.33 \cdot hw$	1,65	21	
		P3 ↓	$P3 = Ww \cdot n \cdot hw \cdot hf$		0	$L_{-W3} = 0.5 \cdot n \cdot h1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ww \cdot b1 \cdot hf$		0	$L_{-W4} = n \cdot h1 + 0.5 \cdot b1$	5,00		0
		P5 →	$P5 = Ww \cdot hf \cdot h1$	0		$L_{-W5} = 0.5 \cdot (hw + hf)$	2,50	0	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0.50 \cdot Ws \cdot n \cdot hs^2$		12	$L_{-W1} = 0.33 \cdot n \cdot hs$	0,99		12
		P2 →	$P2 = 0.5 \cdot Ws \cdot hs^2$	20		$L_{-W2} = 0.33 \cdot hs$	1,65	33	
		P3 ↓	$P3 = Ws \cdot n \cdot hs \cdot hf$		0	$L_{-W3} = 0.5 \cdot n \cdot h1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ws \cdot b1 \cdot hf$		0	$L_{-W4} = n \cdot h1 + 0.5 \cdot b1$	5,00		0
		P5 →	$P5 = Ws \cdot hf \cdot h1$	0		$L_{-W5} = 0.5 \cdot (hs + hf)$	2,50	0	
4	Beban Gempa	H1 →	$H1 = K \cdot W1$	0,72		$L_{-W1} = n \cdot h1 + b1 + 0.33 \cdot m \cdot h1$	7,33	5	
		H2 →	$H2 = K \cdot W2$	5,76		$L_{-W2} = n \cdot h1 + 0.50 \cdot b1$	5,00	29	
		H3 →	$H3 = K \cdot W3$	2,16		$L_{-W3} = 0.67 \cdot n \cdot h1$	2,01	4	
		H4 →	$H4 = K \cdot W4$	1,08		$L_{-W4} = 4 + h2 + 0.5 \cdot b2$	6,75	7	
		H5 →	$H5 = K \cdot W5$	0,32		$L_{-W5} = 4 + 0.67 \cdot h2$	5,01	2	
TOTAL				43	103	TOTAL		101	414
Σ gaya				61		Σ momen			313

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{414 - 101}{103} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,969 < 1,333 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{103}{43} \geq 1,2$$

$$SF = 1,625 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B}\right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{103}{8} \times \left(1 + \frac{0,969}{8}\right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 22,278 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{103}{8} \times \left(1 - \frac{0,969}{8}\right) > 0$$

$$T_{maks} = 3,522 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi tumpangan material saat gempa, kondisi tumpangan S5 ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$; $W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$) diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Pada tabel 4.34, tabel 4.35, tabel 4.36, dan tabel 4.37 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada tumpangan saat gempa.

Tabel 4.34. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpangan	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$)											
S0 ; hs=0m,hw=5m	0,339	1,333	OK	2,710	1,2	OK	14,298	8,502	14,298	25	OK
S1 ; hs=1m,hw=5m	0,360	1,333	OK	2,631	1,2	OK	14,553	8,367	14,553	25	OK
S2 ; hs=2m,hw=5m	0,429	1,333	OK	2,423	1,2	OK	15,384	7,896	15,384	25	OK
S3 ; hs=3m,hw=5m	0,552	1,333	OK	2,152	1,2	OK	16,885	6,995	16,885	25	OK
S4 ; hs=4m,hw=5m	0,733	1,333	OK	1,874	1,2	OK	19,151	5,569	19,151	25	OK
S5 ; hs=5m,hw=5m	0,969	1,333	OK	1,625	1,2	OK	22,278	3,522	22,278	25	OK
S6 ; hs=5m,hw=6m	1,076	1,333	OK	1,553	1,2	OK	24,887	2,663	24,887	25	OK
S7 ; hs=5m,hw=7m	1,212	1,333	OK	1,494	1,2	OK	27,965	1,335	27,965	25	NOT OK
S8 ; hs=5m,hw=8m	1,373	1,333	NOT OK	1,446	1,2	OK	31,512	-0,462	31,512	25	NOT OK
S9 ; hs=5m,hw=9m	1,555	1,333	NOT OK	1,405	1,2	OK	35,528	-2,728	35,528	25	NOT OK
S10 ; hs=5m,hw=10m	1,755	1,333	NOT OK	1,371	1,2	OK	40,012	-5,462	40,012	25	NOT OK

Tabel 4.35. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampunguan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpang	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampunguan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$)											
S0 : hs=0m,hw=5m	0,427	1,333	OK	2,480	1,2	OK	15,295	7,880	15,295	25	OK
S1 : hs=1m,hw=5m	0,449	1,333	OK	2,408	1,2	OK	15,583	7,727	15,583	25	OK
S2 : hs=2m,hw=5m	0,524	1,333	OK	2,219	1,2	OK	16,518	7,197	16,518	25	OK
S3 : hs=3m,hw=5m	0,657	1,333	OK	1,972	1,2	OK	18,206	6,184	18,206	25	OK
S4 : hs=4m,hw=5m	0,851	1,333	OK	1,721	1,2	OK	20,756	4,579	20,756	25	OK
S5 : hs=5m,hw=5m	1,105	1,333	OK	1,497	1,2	OK	24,273	2,277	24,273	25	OK
S6 : hs=5m,hw=6m	1,217	1,333	OK	1,434	1,2	OK	27,404	1,246	27,404	25	NOT OK
S7 : hs=5m,hw=7m	1,363	1,333	NOT OK	1,384	1,2	OK	31,098	-0,348	31,098	25	NOT OK
S8 : hs=5m,hw=8m	1,537	1,333	NOT OK	1,343	1,2	OK	35,354	-2,504	35,354	25	NOT OK
S9 : hs=5m,hw=9m	1,732	1,333	NOT OK	1,309	1,2	OK	40,173	-5,223	40,173	25	NOT OK
S10 : hs=5m,hw=10m	1,945	1,333	NOT OK	1,280	1,2	OK	45,554	-8,504	45,554	25	NOT OK

Tabel 4.36. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampunguan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$)

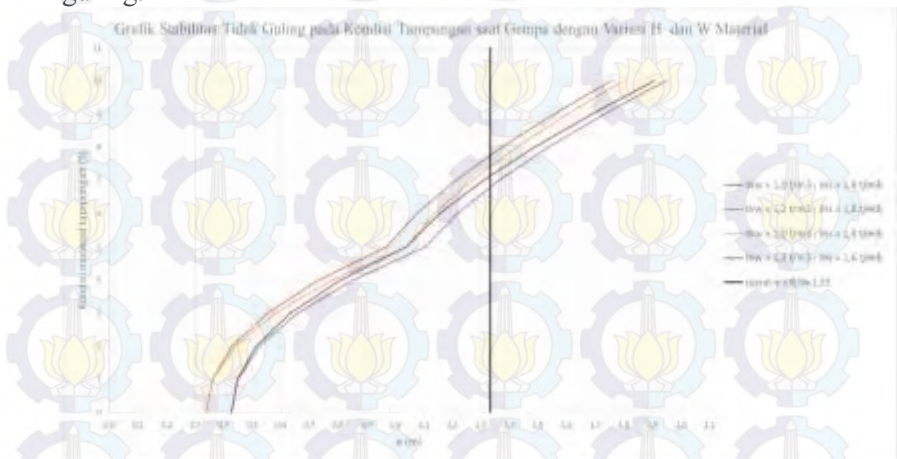
Kondisi material tumpang	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampunguan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$)											
S0 : hs=0m,hw=5m	0,339	1,333	OK	2,710	1,2	OK	14,298	8,502	14,298	25	OK
S1 : hs=1m,hw=5m	0,363	1,333	OK	2,622	1,2	OK	14,585	8,350	14,585	25	OK
S2 : hs=2m,hw=5m	0,440	1,333	OK	2,393	1,2	OK	15,520	7,820	15,520	25	OK
S3 : hs=3m,hw=5m	0,578	1,333	OK	2,100	1,2	OK	17,209	6,806	17,209	25	OK
S4 : hs=4m,hw=5m	0,778	1,333	OK	1,811	1,2	OK	19,758	5,202	19,758	25	OK
S5 : hs=5m,hw=5m	1,038	1,333	OK	1,557	1,2	OK	23,275	2,900	23,275	25	OK
S6 : hs=5m,hw=6m	1,138	1,333	OK	1,495	1,2	OK	25,884	2,041	25,884	25	NOT OK
S7 : hs=5m,hw=7m	1,269	1,333	OK	1,445	1,2	OK	28,963	0,712	28,963	25	NOT OK
S8 : hs=5m,hw=8m	1,425	1,333	NOT OK	1,403	1,2	OK	32,509	-1,084	32,509	25	NOT OK
S9 : hs=5m,hw=9m	1,603	1,333	NOT OK	1,367	1,2	OK	36,525	-3,350	36,525	25	NOT OK
S10 : hs=5m,hw=10m	1,798	1,333	NOT OK	1,336	1,2	OK	41,009	-6,084	41,009	25	NOT OK

Tabel 4.37. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampunguan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$)

Kondisi material tumpang	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampunguan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$)											
S0 : hs=0m,hw=5m	0,427	1,333	OK	2,480	1,2	OK	15,295	7,880	15,295	25	OK
S1 : hs=1m,hw=5m	0,447	1,333	OK	2,416	1,2	OK	15,551	7,744	15,551	25	OK
S2 : hs=2m,hw=5m	0,513	1,333	OK	2,245	1,2	OK	16,382	7,273	16,382	25	OK
S3 : hs=3m,hw=5m	0,633	1,333	OK	2,016	1,2	OK	17,883	6,372	17,883	25	OK
S4 : hs=4m,hw=5m	0,808	1,333	OK	1,777	1,2	OK	20,149	4,946	20,149	25	OK
S5 : hs=5m,hw=5m	1,038	1,333	OK	1,557	1,2	OK	23,275	2,900	23,275	25	OK
S6 : hs=5m,hw=6m	1,157	1,333	OK	1,485	1,2	OK	26,406	1,869	26,406	25	NOT OK
S7 : hs=5m,hw=7m	1,309	1,333	OK	1,427	1,2	OK	30,100	0,275	30,100	25	NOT OK
S8 : hs=5m,hw=8m	1,488	1,333	NOT OK	1,381	1,2	OK	34,356	-1,881	34,356	25	NOT OK
S9 : hs=5m,hw=9m	1,688	1,333	NOT OK	1,342	1,2	OK	39,175	-4,600	39,175	25	NOT OK
S10 : hs=5m,hw=10m	1,906	1,333	NOT OK	1,310	1,2	OK	44,556	-7,881	44,556	25	NOT OK

Dari hasil perhitungan syarat kestabilan sebelumnya diketahui suatu hubungan. Pada gambar 4.31, gambar 4.32, dan gambar 4.33 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap ketinggian tampungan pada kondisi tampungan saat gempa.

Pada gambar 4.31 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan ketinggian kombinasi material tampungan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan saat gempa. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada ketinggian tampungan yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



Gambar 4.31. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tampungan saat gempa

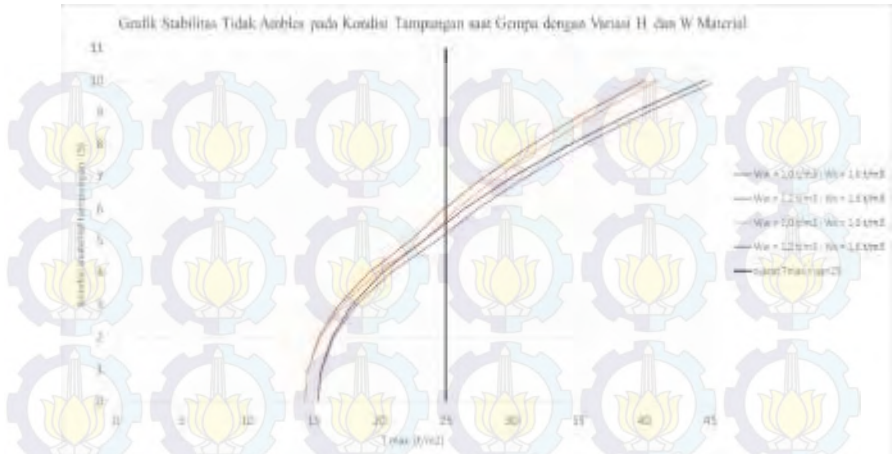
Pada gambar 4.32 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan ketinggian kombinasi material tampungan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$,

$W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan mastsaat gempaerial komposit. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$ m. Apabila pada ketinggian tumpangan yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 4.32. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tumpangan saat gempa

Pada gambar 4.33 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan ketinggian kombinasi material tumpangan S. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan saat gempa. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada ketinggian tumpangan yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.

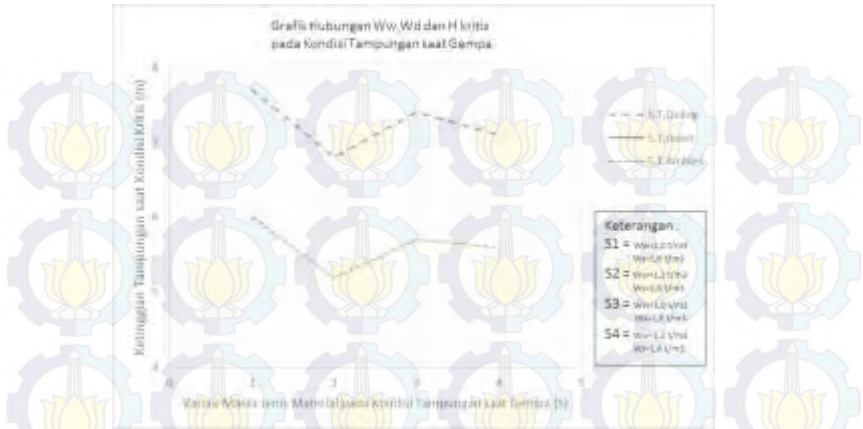


Gambar 4.33. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi ketinggian material (S) dengan simulasi massa jenis material pada kondisi tampungan saat gempa

Dari perhitungan dan analisa kestabilan pada simulasi kondisi tampungan saat gempa diketahui ketinggian tampungan kritis (tabel 4.38). Pada kondisi kritis terjadi ketidakstabilan struktur yang membahayakan bangunan konsolidasi dam. Grafik hubungan massa jenis air dinamis (W_w) dan massa jenis sedimen (W_s) dengan ketinggian tampungan kritis kondisi tampungan saat gempa ditampilkan pada gambar 4.34.

Tabel 4.38. Ketinggian Tampungan Kritis Saat Kondisi Tampungan Saat Gempa

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Ketinggian Tampungan saat Kondisi Kritis (m)		
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles
1	Saat Gempa	$W_w = 1,0$; $W_s = 1,6$	7,7	~	6
2		$W_w = 1,2$; $W_s = 1,8$	6,8	~	5,2
3		$W_w = 1,0$; $W_s = 1,8$	7,4	~	5,7
4		$W_w = 1,2$; $W_s = 1,6$	7,1	~	5,6



Gambar 4.34. Hubungan W_w dan H kritis pada kondisi tampungan saat gempa

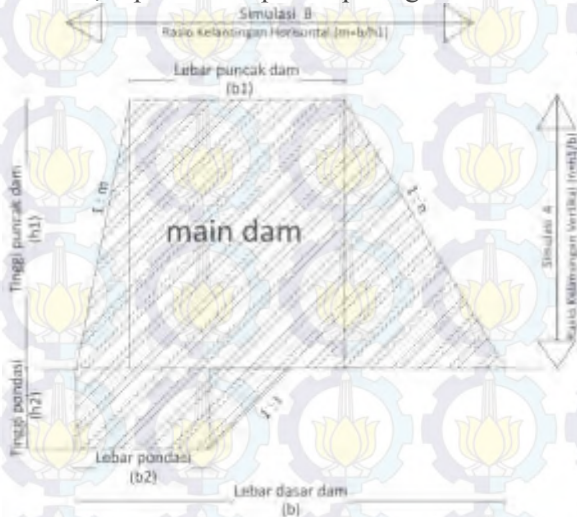
Sehingga pada simulasi kondisi tampungan saat gempa diketahui semakin tinggi massa jenis sedimen (W_s) dan massa jenis air (W_w) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Variasi komposisi massa jenis material mempengaruhi nilai ketinggian tampungan saat kondisi kritis. Nilai faktor gempa disesuaikan dengan lokasi bangunan konsolidasi dam.

BAB V

SIMULASI DIMENSI KONSOLIDASI DAM

5.1. Simulasi Dimensi Konsolidasi Dam

Simulasi dimensi dilakukan dengan mengubah dimensi (kelangsingan) dari bangunan konsolidasi dam. Simulasi kedua ini dilakukan parameter yang digunakan sesuai pada simulasi pertama. Kondisi tampungan digunakan kondisi ketinggian tampungan kritis yang didapat pada analisa di Bab 4. Terdapat 2 macam simulasi dimensi yang digunakan pada perhitungan kestabilan konsolidasi dam, seperti ditampilkan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1. Simulasi rasio kelangsingan pada konsolidasi dam

Simulasi A, disimulasikan untuk lebar dasarnya konsolidasi dam dengan ukuran tetap sesuai kondisi eksisting konsolidasi dam Syphon Lemurung. Tinggi bangunan konsolidasi dam akan dilakukan simulai dari $h_1 = 0$ m sampai $h_1 = 10$ m. Rasio kelangsingan (n) adalah nilai perbandingan antara tinggi dam (h_1) dengan lebar dam (b). Dimensi perencanaan konsolidasi dam pada simulasi A ditampilkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Simulasi A (Rasio Kelangsingan Vertikal)

No.	Tinggi Dam/Lebar Dam (h1/b)	Rasio Kelangsingan (n)	b1	b2	b	h1	h2	n	m	l
1	1/8	0,625	7,2	2,5	8	1	1,5	0,6	0,2	1
2	2/8	0,750	6,4	2,5	8	2	1,5	0,6	0,2	1
3	3/8	0,875	5,6	2,5	8	3	1,5	0,6	0,2	1
4	4/8	1,000	4,8	2,5	8	4	1,5	0,6	0,2	1
5	5/8	0,625	4,0	2,5	8	5	1,5	0,6	0,2	1
6	6/8	0,750	3,2	2,5	8	6	1,5	0,6	0,2	1
7	7/8	0,875	2,4	2,5	8	7	1,5	0,6	0,2	1
8	8/8	1,000	1,6	2,5	8	8	1,5	0,6	0,2	1
9	9/8	1,125	0,8	2,5	8	9	1,5	0,6	0,2	1
10	10/8	1,25	0,0	2,5	8	10	1,5	0,6	0,2	1

Simulasi B, disimulasikan untuk tinggi bangunan dengan ukuran tetap sesuai kondisi eksisting konsolidasi dam Syphon Lemurung. Lebar dasar bangunan konsolidasi dam akan dilakukan simulasi dari $b = 4$ m sampai $b = 10$ m. Rasio kelangsingan (m) adalah nilai perbandingan antara lebar dam (b) dengan tinggi dam (h1). Dimensi perencanaan konsolidasi dam pada simulasi B ditampilkan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Simulasi B (Rasio Kelangsingan Horisontal)

No.	Lebar Dam/Tinggi Dam (h1/b)	Rasio Kelangsingan (m)	b1	b2	b	h1	h2	n	m	l
1	1/5	0,200	0	2,5	4	5	1,5	0,6	0,2	1
2	2/5	0,400	0	2,5	4	5	1,5	0,6	0,2	1
3	3/5	0,600	0	2,5	4	5	1,5	0,6	0,2	1
4	4/5	0,800	0	2,5	4	5	1,5	0,6	0,2	1
5	5/5	1,000	1	2,5	5	5	1,5	0,6	0,2	1
6	6/5	1,200	2	2,5	6	5	1,5	0,6	0,2	1
7	7/5	1,400	3	2,5	7	5	1,5	0,6	0,2	1
8	8/5	1,600	4	2,5	8	5	1,5	0,6	0,2	1
9	9/5	1,800	5	2,5	9	5	1,5	0,6	0,2	1
10	10/5	2,000	6	2,5	10	5	1,5	0,6	0,2	1

Sehingga parameter nilai dimensi yang berubah adalah lebar dasar dam (b), tinggi dam (h1), dan lebar puncak dam (b1). Nilai dimensi dijadikan input untuk tiap simulasi tiap kondisi tampungan.

5.2. Simulasi Kestabilan Variasi Kelangsingan Dimensi

Dilakukan simulasi kestabilan dengan variasi kelangsingan dimensi dilakukan menggunakan parameter simulasi kestabilan variasi kondisi tampungan di Bab 4. Nilai ketinggian tampungan pada saat kondisi kritis dijadikan parameter perhitungan batas ketidakstabilan struktur konsolidasi dam. Dilakukan 2 simulasi pada tiap kondisi tampungan konsolidasi dam. Masing-masing kondisi dihitung dengan memperhatikan syarat kestabilan bangunan. Perencanaan simulasi kestabilan konsolidasi dam dengan variasi kelangsingan dimensi konsolidasi dam ditampilkan pada tabel 5.3. Perencanaan simulasi variasi kelangsingan dimensi tampungan konsolidasi dam ditampilkan pada tabel 5.4.

Tabel 5.3. Perencanaan Simulasi Kestabilan Variasi Kelangsingan Dimensi

No.	Simulasi Variasi Kondisi Tampungan	Simulasi Variasi Kelangsingan Dimensi	Massa Jenis (W) Material	Ketinggian Kritis (m)	Pembahasan	Hasil Perhitungan	Hasil Grafik
1	Kondisi Tampungan Dominan Air	Simulasi A (tabel 5.5)	$Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$	9,4	Sub Subbab 5.2.1	Tabel 5.6	Gambar 5.2
			$Ww = 1,2 \text{ ton/m}^3$	8,6		Tabel 5.7	Gambar 5.3
			$Ww = 1,4 \text{ ton/m}^3$	8		Tabel 5.8	Gambar 5.4
		Simulasi B (tabel 5.5)	$Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$	9,4		Tabel 5.10	Gambar 5.5
			$Ww = 1,2 \text{ ton/m}^3$	8,6		Tabel 5.11	Gambar 5.6
			$Ww = 1,4 \text{ ton/m}^3$	8		Tabel 5.12	Gambar 5.7
2	Kondisi Tampungan Dominan Sedimen	Simulasi A (tabel 5.5)	$Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$	7,6	Sub Subbab 5.2.2	Tabel 5.15	Gambar 5.8
			$Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$	7,2		Tabel 5.16	Gambar 5.9
			$Ws = 2,0 \text{ ton/m}^3$	6,8		Tabel 5.17	Gambar 5.10
		Simulasi B (tabel 5.5)	$Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$	7,6		Tabel 5.19	Gambar 5.11
			$Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$	7,2		Tabel 5.20	Gambar 5.12
			$Ws = 2,0 \text{ ton/m}^3$	6,8		Tabel 5.21	Gambar 5.13
3	Kondisi Tampungan Dominan Air Dinamis	Simulasi A (tabel 5.5)	$Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$	~	Sub Subbab 5.2.3	~	~
			$Wd = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,0 \text{ m/s}$	~		~	~
			$Wd = 1,4 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 0,5 \text{ m/s}$	~		~	~
		Simulasi B (tabel 5.5)	$Wd = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,5 \text{ m/s}$	~		~	~
			$Wd = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 1,0 \text{ m/s}$	~		~	~
			$Wd = 1,4 \text{ ton/m}^3$; $Vd = 0,5 \text{ m/s}$	~		~	~

4	Kondisi Tampang Material Komposit	Simulasi A (tabel 5.5)	Ww = 1,0 ton/m ³ ; Ws = 1,6 ton/m ³	7,4	Sub Subbab 5.2.4	Tabel 5.24	Gambar 5.14 Gambar 5.15 Gambar 5.16	
			Ww = 1,2 ton/m ³ ; Ws = 1,8 ton/m ³	6,5		Tabel 5.25		
			Ww = 1,0 ton/m ³ ; Ws = 1,8 ton/m ³	7,1		Tabel 5.26		
		Simulasi B (tabel 5.5)	Ww = 1,2 ton/m ³ ; Ws = 1,6 ton/m ³	6,8		Tabel 5.27		
			Ww = 1,0 ton/m ³ ; Ws = 1,6 ton/m ³	7,4		Tabel 5.29		
			Ww = 1,2 ton/m ³ ; Ws = 1,8 ton/m ³	6,5		Tabel 5.30		
5	Kondisi Tampang Material Komposit	Simulasi A (tabel 5.5)	Ww = 1,0 ton/m ³ ; Vd = 1,5 m/s; Ws = 1,6 ton/m ³	10,6	Sub Subbab 5.2.5	Tabel 5.35	Gambar 5.20 Gambar 5.21 Gambar 5.22	
			Ww = 1,2 ton/m ³ ; Vd = 1,0 m/s; Ws = 1,8 ton/m ³	9		Tabel 5.36		
			Ww = 1,0 ton/m ³ ; Vd = 1,5 m/s; Ws = 1,8 ton/m ³	9,9		Tabel 5.37		
			Ww = 1,2 ton/m ³ ; Vd = 1,0 m/s; Ws = 1,6 ton/m ³	9,6		Tabel 5.38		
			Simulasi B (tabel 5.5)	Ww = 1,0 ton/m ³ ; Vd = 1,5 m/s; Ws = 1,6 ton/m ³		10,6		Tabel 5.40
				Ww = 1,2 ton/m ³ ; Vd = 1,0 m/s; Ws = 1,8 ton/m ³		9		Tabel 5.41
		Simulasi A (tabel 5.5)	Ww = 1,0 ton/m ³ ; Vd = 1,5 m/s; Ws = 1,8 ton/m ³	9,9		Tabel 5.42		
			Ww = 1,2 ton/m ³ ; Vd = 1,0 m/s; Ws = 1,6 ton/m ³	9,6		Tabel 5.43		
			Simulasi B (tabel 5.5)	Ww = 1,0 ton/m ³ ; Ws = 1,6 ton/m ³		6	Tabel 5.46	
				Ww = 1,2 ton/m ³ ; Ws = 1,8 ton/m ³		5,2	Tabel 5.47	
				Ww = 1,0 ton/m ³ ; Ws = 1,8 ton/m ³		5,7	Tabel 5.48	
			6	Kondisi Tampang Saat Gempa		Simulasi A (tabel 5.5)	Ww = 1,2 ton/m ³ ; Ws = 1,6 ton/m ³	5,6
Ww = 1,0 ton/m ³ ; Ws = 1,6 ton/m ³	6	Tabel 5.51						
Ww = 1,2 ton/m ³ ; Ws = 1,8 ton/m ³	5,2	Tabel 5.52						
Simulasi B (tabel 5.5)	Ww = 1,0 ton/m ³ ; Ws = 1,8 ton/m ³	5,7			Tabel 5.53			
	Ww = 1,2 ton/m ³ ; Ws = 1,6 ton/m ³	5,6			Tabel 5.54			

Tabel 5.4. Simulasi Parameter Variasi Kelangsingan

No.	Simulasi	Tinggi Dam/Lebar Dam (h1/b)	Rasio Kelangsingan (m)	h1	b	b1	Simulasi	Lebar Dam/Tinggi Dam (h1/b)	Rasio Kelangsingan (m)	h1	b	b1
1	Simulasi A (Rasio Kelangsingan Vertikal)	1/8	0,625	1	8	7,2	Simulasi B (Rasio Kelangsingan Horisontal)	1/5	0,200	5	0,2	0
2		2/8	0,750	2	8	6,4		2/5	0,400	5	0,4	0
3		3/8	0,875	3	8	5,6		3/5	0,600	5	0,6	0
4		4/8	1,000	4	8	4,8		4/5	0,800	5	0,8	0
5		5/8	0,625	5	8	4,0		5/5	1,000	5	1,0	1
6		6/8	0,750	6	8	3,2		6/5	1,200	5	1,2	2
7		7/8	0,875	7	8	2,4		7/5	1,400	5	1,4	3
8		8/8	1,000	8	8	1,6		8/5	1,600	5	1,6	4
9		9/8	1,125	9	8	0,8		9/5	1,800	5	1,8	5
10		10/8	1,25	10	8	0,0		10/5	2,000	5	2,0	6

Analisa simulasi kestabilan dan detail perhitungan dijelaskan pada sub subbab berikutnya. Sehingga diperoleh nilai dimensi rencana konsolidasi dam yang memenuhi syarat kestabilan.

5.2.1. Kondisi Tampang Dominan Air

Diketahui dari analisa sebelumnya, pada kondisi dominan air terjadi kondisi terkritis. Ketinggian tampungan pada saat kondisi kritis dapat dilihat di tabel 5.3.

Dilakukan 2 simulasi kestabilan dengan variasi rasio kelangsingan konsolidasi dam Syphon Lemurung. Ditampilkan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungan dominan air. Rasio kelangsingan pada simulasi A adalah $n = 0,375$ dan pada simulasi B adalah $m = 1,6$. Massa jenis Air (W_w) $1,2 \text{ ton/m}^3$ dengan ketinggian kritis adalah $8,6 \text{ m}$.

➤ Simulasi A

Pada simulasi A diketahui tinggi dam (h_1) 3 m dan lebar dam (b) 8 m . Diberikan beban akibat kondisi tampungan dominan air (W_w) $1,2 \text{ ton/m}^3$ pada ketinggian $8,6 \text{ m}$. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.5.

Tabel 5.5. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot W_c \cdot m \cdot h_1^2$		2	$L_{W1} = n \cdot h_1 + b_1 + 0,33 \cdot m \cdot h_1$	7,60		16
		W2 ↓	$W2 = W_c \cdot b_1 \cdot h_1$		40	$L_{W2} = n \cdot h_1 + 0,50 \cdot b_1$	4,60		185
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot W_c \cdot n \cdot h_1^2$		6	$L_{W3} = 0,67 \cdot n \cdot h_1$	1,21		8
		W4 ↓	$W4 = W_c \cdot b_2 \cdot h_2$		9	$L_{W4} = 4 + h_2 + 0,5 \cdot b_2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot W_c \cdot l \cdot h_2^2$		3	$L_{W5} = 4 + 0,67 \cdot h_2$	5,01		14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot W_w \cdot n \cdot h_w^2$		9	$L_{P1} = 0,33 \cdot n \cdot h_w$	0,99		9
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot W_w \cdot h_w^2$	15		$L_{P2} = 0,33 \cdot h_w$	1,65	25	
		P3 ↓	$P3 = W_w \cdot n \cdot h_w \cdot h_f$		13	$L_{P3} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$	0,90		12
		P4 ↓	$P4 = W_w \cdot b_1 \cdot h_f$		24	$L_{P4} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$	4,60		111
		P5 →	$P5 = W_w \cdot h_f \cdot h_1$	13		$L_{P5} = 0,5 \cdot (h_w + h_f)$	4,30	56	
			TOTAL	28	107	TOTAL		80	416
			Σ gaya		79	Σ momen			335

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{4116 - 80}{107} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,860 < 1,333 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{107}{28} \geq 1,2$$

$$SF = 2,560 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B}\right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{107}{8} \times \left(1 + \frac{0,860}{8}\right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 21,968 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{107}{8} \times \left(1 - \frac{0,860}{8}\right) > 0$$

$$T_{maks} = 4,735 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dominan air simulasi A diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $n = 0,375$ dengan lebar dam (b) 8 m dan tinggi dam (h1) 3 m dapat digunakan.

Pada tabel 5.6, tabel 5.7, dan tabel 5.8 ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi A. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.2, gambar 5.3, dan gambar 5.4 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai A kelangsingan vertikal pada kondisi tumpungan dominan air.

Tabel 5.6. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	Tmax 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan Tmax < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	0,937	1,333	OK	3,264	1,2	OK	17,521	3,059	17,521	25	OK
n = 2/8 = 0,250	0,884	1,333	OK	2,992	1,2	OK	19,769	4,011	19,769	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,850	1,333	OK	2,763	1,2	OK	21,693	4,807	21,693	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,834	1,333	OK	2,559	1,2	OK	23,362	5,378	23,362	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,839	1,333	OK	2,369	1,2	OK	24,848	5,652	24,848	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,867	1,333	OK	2,189	1,2	OK	26,222	5,558	26,222	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,922	1,333	OK	2,016	1,2	OK	27,557	5,023	27,557	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	1,011	1,333	OK	1,848	1,2	OK	28,922	3,978	28,922	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	1,142	1,333	OK	1,684	1,2	OK	30,389	2,351	30,389	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	1,328	1,333	OK	1,523	1,2	OK	32,030	0,070	32,030	25	NOT OK

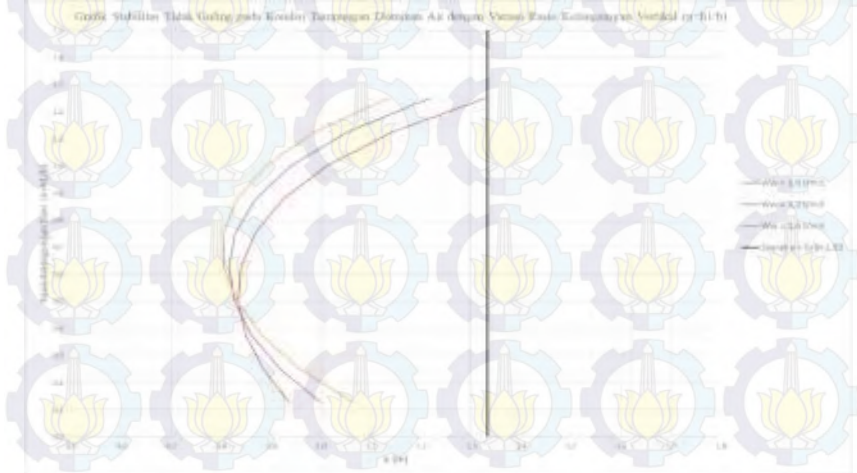
Tabel 5.7. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	Tmax 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan Tmax < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	0,999	1,333	OK	2,879	1,2	OK	18,146	2,605	18,146	25	OK
n = 2/8 = 0,250	0,917	1,333	OK	2,717	1,2	OK	20,221	3,746	20,221	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,860	1,333	OK	2,560	1,2	OK	21,968	4,735	21,968	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,827	1,333	OK	2,404	1,2	OK	23,458	5,501	23,458	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,815	1,333	OK	2,251	1,2	OK	24,763	5,972	24,763	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,827	1,333	OK	2,098	1,2	OK	25,954	6,077	25,954	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,867	1,333	OK	1,946	1,2	OK	27,102	5,745	27,102	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,939	1,333	OK	1,794	1,2	OK	28,279	4,904	28,279	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	1,052	1,333	OK	1,643	1,2	OK	29,555	3,484	29,555	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	1,217	1,333	OK	1,493	1,2	OK	31,003	1,412	31,003	25	NOT OK

Tabel 5.8. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

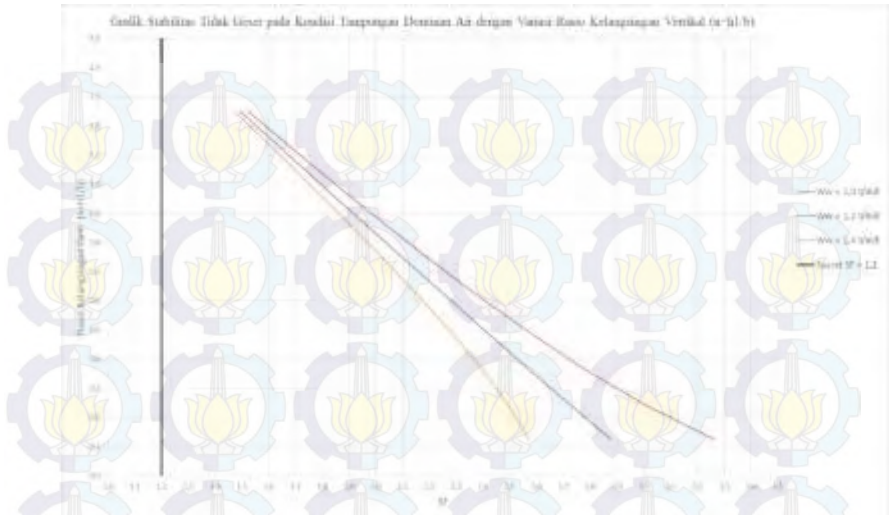
Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	Tmax 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan Tmax < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,064	1,333	OK	2,571	1,2	OK	18,716	2,104	18,716	25	OK
n = 2/8 = 0,250	0,956	1,333	OK	2,490	1,2	OK	20,659	3,401	20,659	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,881	1,333	OK	2,388	1,2	OK	22,270	4,550	22,270	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,831	1,333	OK	2,274	1,2	OK	23,621	5,479	23,621	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,805	1,333	OK	2,151	1,2	OK	24,783	6,117	24,783	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,804	1,333	OK	2,022	1,2	OK	25,828	6,392	25,828	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,831	1,333	OK	1,889	1,2	OK	26,827	6,233	26,827	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,889	1,333	OK	1,753	1,2	OK	27,850	5,570	27,850	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,987	1,333	OK	1,614	1,2	OK	28,969	4,331	28,969	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	1,134	1,333	OK	1,473	1,2	OK	30,257	2,443	30,257	25	NOT OK

Pada gambar 5.2 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan dominan air. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



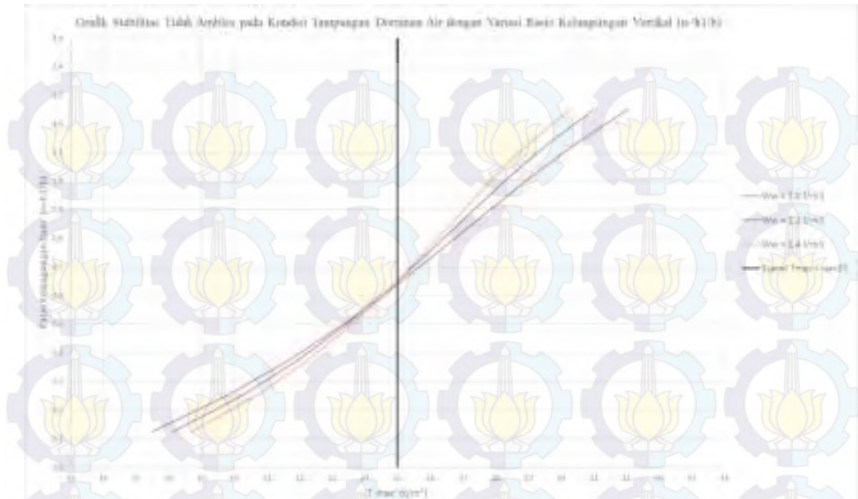
Gambar 5.2. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpungan dominan air

Pada gambar 5.3 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan dominan air. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.3. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tampungan dominan air

Pada gambar 5.4 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan air. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{\max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{\max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.4. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpangan dominan air

➤ Simulasi B

Pada simulasi B diketahui tinggi dam (h_1) 5 m dan lebar dam (b) 8 m. Diberikan beban akibat kondisi tumpangan dominan air (W_w) 1,2 ton/m³ pada ketinggian 8,6 m. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.9.

Tabel 5.9. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$	6	44	$L_{w1} = n \cdot h1 + b1 + 0,33 \cdot m \cdot h1$	7,33		
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b \cdot h1$	48	240	$L_{w2} = n \cdot h1 + 0,50 \cdot b1$	5,00		
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$	18	36	$L_{w3} = 0,67 \cdot n \cdot h1$	2,01		
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b \cdot 2 \cdot h2$	9	61	$L_{w4} = 4 + 1 \cdot h2 + 0,5 \cdot b2$	6,75		
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot 1 \cdot h2^2$	3	14	$L_{w5} = 4 + 0,67 \cdot h2$	5,01		
2	Tekanan Air Statis (Hydrostatis)	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ww \cdot n \cdot hw^2$	9	9	$L_{w1} = 0,33 \cdot n \cdot hw$	0,99		
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ww \cdot n \cdot hw^2$	15	25	$L_{w2} = 0,33 \cdot hw$	1,65		
		P3 ↓	$P3 = Ww \cdot n \cdot hw \cdot hf$	13	19	$L_{w3} = 0,5 \cdot n \cdot h1$	1,50		
		P4 ↓	$P4 = Ww \cdot b \cdot 1 \cdot hf$	17	86	$L_{w4} = n \cdot h1 + 0,5 \cdot b1$	5,00		
		P5 →	$P5 = Ww \cdot hf \cdot h1$	22	93	$L_{w5} = 0,5 \cdot (hw + hf)$	4,30		
TOTAL			37	123	TOTAL		118	509	
Σ gaya			86		Σ momen	392			

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{509 - 118}{123} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,815 < 1,333 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{123}{37} \geq 1,2$$

$$SF = 2,251 \geq 1,2 \dots \dots \text{(OK)}$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{123}{8} \times \left(1 + \frac{0,815}{8} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 24,763 \leq 25 \dots \dots \text{(OK)}$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{123}{8} \times \left(1 - \frac{0,815}{8} \right) > 0$$

$$T_{maks} = 5,972 > 0 \dots \dots \text{(OK)}$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dominan air simulasi B diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $m = 1,6$ dengan lebar dam (b) 8 m dan tinggi dam (h_1) 5 m dapat digunakan.

Pada tabel 5.10, tabel 5.11, dan tabel 5.12 ditampilkan rekapitulasi hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi B. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.5, gambar 5.6, dan gambar 5.7 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai B kelangsingan horisontal pada kondisi tumpangan dominan air.

Tabel 5.10. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	1,404	0,667	NOT OK	1,095	1,2	NOT OK	43,791	-15,591	43,791	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	1,167	0,833	NOT OK	1,414	1,2	OK	34,954	-5,834	34,954	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	1,018	1,000	NOT OK	1,732	1,2	OK	29,996	-0,263	29,996	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,915	1,167	OK	2,051	1,2	OK	26,911	3,260	26,911	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,839	1,333	OK	2,369	1,2	OK	24,848	5,652	24,848	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,782	1,500	OK	2,688	1,2	OK	23,391	7,365	23,391	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,736	1,667	OK	3,006	1,2	OK	22,319	8,641	22,319	25	OK

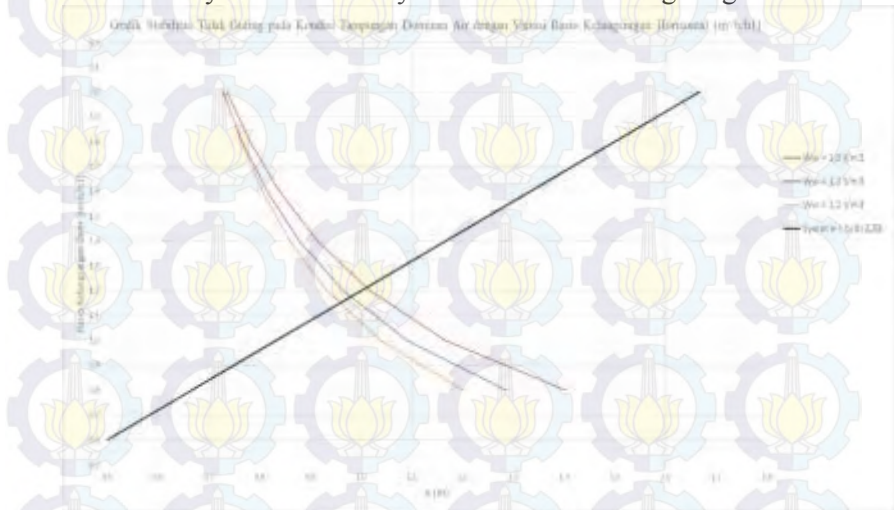
Tabel 5.11. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	1,286	0,667	NOT OK	1,056	1,2	NOT OK	42,231	-13,401	42,231	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	1,091	0,833	NOT OK	1,354	1,2	OK	34,161	-4,569	34,161	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,966	1,000	OK	1,653	1,2	OK	29,583	0,517	29,583	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,879	1,167	OK	1,952	1,2	OK	26,706	3,757	26,706	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,815	1,333	OK	2,251	1,2	OK	24,763	5,972	24,763	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,766	1,500	OK	2,549	1,2	OK	23,379	7,568	23,379	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,728	1,667	OK	2,848	1,2	OK	22,352	8,764	22,352	25	OK

Tabel 5.12. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

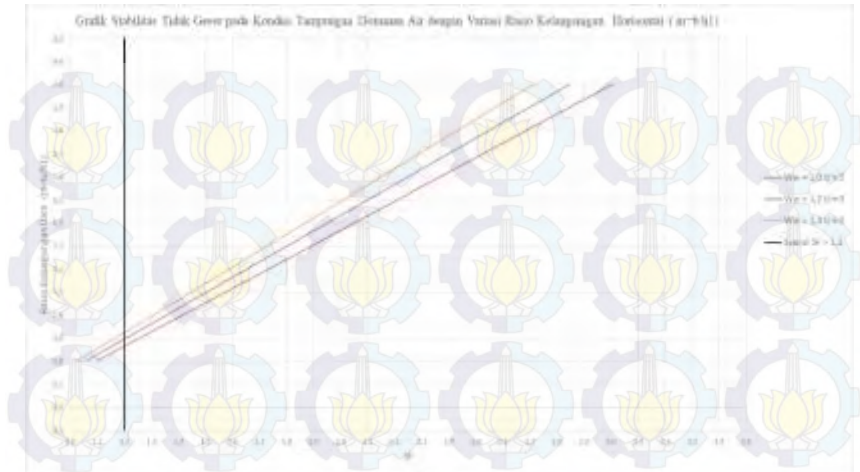
Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Air ($W_w = 1,4 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	1,203	0,667	NOT OK	1,023	1,2	NOT OK	41,234	-11,834	41,234	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	1,039	0,833	NOT OK	1,305	1,2	OK	33,710	-3,710	33,710	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,934	1,000	OK	1,587	1,2	OK	29,393	1,007	29,393	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,860	1,167	OK	1,869	1,2	OK	26,652	4,034	26,652	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,805	1,333	OK	2,151	1,2	OK	24,783	6,117	24,783	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,764	1,500	OK	2,433	1,2	OK	23,441	7,625	23,441	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,730	1,667	OK	2,715	1,2	OK	22,437	8,763	22,437	25	OK

Pada gambar 5.5 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan air. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



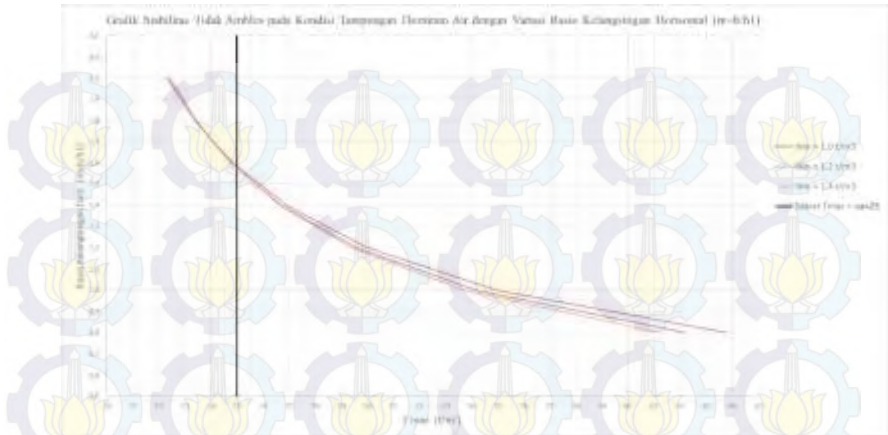
Gambar 5.5. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tampungan dominan air

Pada gambar 5.6 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan dominan air. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.6. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tumpungan dominan air

Pada gambar 5.7 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$, $1,2 \text{ ton/m}^3$, dan $1,4 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan dominan air. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{\max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{\max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.7. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tampungan dominan air

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui rasio kelangsingan yang memenuhi syarat kestabilan. Batas rasio kelangsingan yang memenuhi syarat ditampilkan pada tabel 5.13.

Tabel 5.13. Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (n) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Dominan Air (Simulasi A)	Ww = 1,0	~	~	~	n > 0,65 , dimensi rencana
2		Ww = 1,2	~	~	~	h1 = 1 m - 5 m
3		Ww = 1,4	~	~	~	b = 8 m
No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (m) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Dominan Air (Simulasi B)	Ww = 1,0	1,21	0,86	1,59	m > 1,59 , dimensi rencana
2		Ww = 1,2	1,18	0,90	1,58	h1 = 5 m
3		Ww = 1,4	1,15	0,92	1,58	b = 8 m - 10 m

Dari hasil simulasi rasio kelangsingan pada kondisi tampungan dominan air didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h1)= 1m–5m dan lebar dam (b)= 8m-10m.

5.2.2. Kondisi Tampungang Dominan Sedimen

Diketahui dari analisa sebelumnya, pada kondisi dominan sedimen terjadi kondisi terkritis. Ketinggian tampungang pada saat kondisi kritis dapat dilihat di tabel 5.3.

Dilakukan 2 simulasi kestabilan dengan variasi rasio kelangsingan konsolidasi dam Syphon Lemurung. Diberikan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungang dominan sedimen. Rasio kelangsingan pada simulasi A adalah $n = 0,5$ dan pada simulasi B adalah $m = 1,2$. Massa jenis sedimen (Ws) $1,8 \text{ ton/m}^3$ dengan ketinggian kritis adalah $7,2 \text{ m}$.

➤ Simulasi A

Pada simulasi A diketahui tinggi dam ($h1$) 4 m dan lebar dam (b) 8 m . Diberikan beban akibat kondisi tampungang dominan sedimen (Ws) $1,8 \text{ ton/m}^3$ pada ketinggian $7,2 \text{ m}$. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.14

Tabel 5.14. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50.Wc.m.h1^2$		4	$L_{-W1} = n.h1+b1+0,33.m.h1$	7,46		29
		W2 ↓	$W2 = Wc.b1.h1$		46	$L_{-W2} = n.h1+0,50.b1$	4,80		221
		W3 ↓	$W3 = 0,50.Wc.n.h1^2$		12	$L_{-W3} = 0,67.n.h1$	1,61		19
		W4 ↓	$W4 = Wc.b2.h2$		9	$L_{-W4} = 4+h2+0,5.b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50.Wc.l.h2^2$		3	$L_{-W5} = 4+0,67.h2$	5,01		14
2	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50.Ws.n.hs^2$		14	$L_{-W1} = 0,33.n.hs$	0,99		13
		P2 →	$P2 = 0,5.Ws.hs^2$	23		$L_{-W2} = 0,33.hs$	1,65	37	
		P3 ↓	$P3 = Ws.n.hs.hf$		12	$L_{-W3} = 0,5.n.h1$	1,20		14
		P4 ↓	$P4 = Ws.b1.hf$		19	$L_{-W4} = n.h1 + 0,5.b1$	4,80		91
		P5 →	$P5 = Ws.hf.h1$		16	$L_{-W5} = 0,5+(hs+hf)$	3,60	57	
			TOTAL	38	118	TOTAL		94	461
			Σ gaya		79	Σ momen			367

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{461 - 94}{118} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,874 < 1,333.....(OK)$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{118}{38} \geq 1,2$$

$$SF = 2,054 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B}\right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{118}{8} \times \left(1 + \frac{0,874}{8}\right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 24,326 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{118}{8} \times \left(1 - \frac{0,874}{8}\right) > 0$$

$$T_{maks} = 5,056 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dominan sedimen simulasi A diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $n = 0,500$ dengan lebar dam (b) 8 m dan tinggi dam (h_1) 5 m dapat digunakan.

Pada tabel 5.15, tabel 5.16, dan tabel 5.17 ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi A. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.8, gambar 5.9, dan gambar 5.10 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai A kelangsingan vertikal pada kondisi tampang dominan sedimen.

Tabel 5.15. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,136	1,333	OK	2,340	1,2	OK	19,533	1,560	19,533	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,011	1,333	OK	2,303	1,2	OK	21,394	2,947	21,394	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,922	1,333	OK	2,237	1,2	OK	22,923	4,186	22,923	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,861	1,333	OK	2,150	1,2	OK	24,191	5,206	24,191	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,826	1,333	OK	2,050	1,2	OK	25,268	5,937	25,268	25	NOT OK
n = 6/8 = 0,750	0,816	1,333	OK	1,939	1,2	OK	26,226	6,307	26,226	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,835	1,333	OK	1,821	1,2	OK	27,137	6,244	27,137	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,885	1,333	OK	1,698	1,2	OK	28,072	5,677	28,072	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,974	1,333	OK	1,569	1,2	OK	29,102	4,535	29,102	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	1,112	1,333	OK	1,438	1,2	OK	30,298	2,747	30,298	25	NOT OK

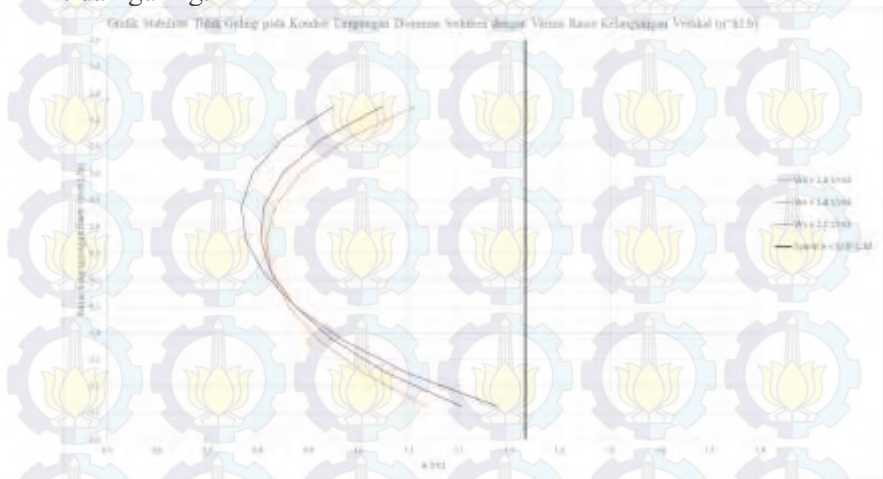
Tabel 5.16. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,205	1,333	OK	2,1227	1,2	OK	19,949	1,009	19,949	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,056	1,333	OK	2,1361	1,2	OK	21,723	2,523	21,723	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,949	1,333	OK	2,1089	1,2	OK	23,158	3,896	23,158	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,874	1,333	OK	2,0538	1,2	OK	24,326	5,056	24,326	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,827	1,333	OK	1,9786	1,2	OK	25,297	5,933	25,297	25	NOT OK
n = 6/8 = 0,750	0,805	1,333	OK	1,8885	1,2	OK	26,144	6,454	26,144	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,812	1,333	OK	1,787	1,2	OK	26,937	6,549	26,937	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,850	1,333	OK	1,6766	1,2	OK	27,748	6,146	27,748	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,925	1,333	OK	1,559	1,2	OK	28,649	5,173	28,649	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	1,048	1,333	OK	1,4358	1,2	OK	29,709	3,561	29,709	25	NOT OK

Tabel 5.17. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

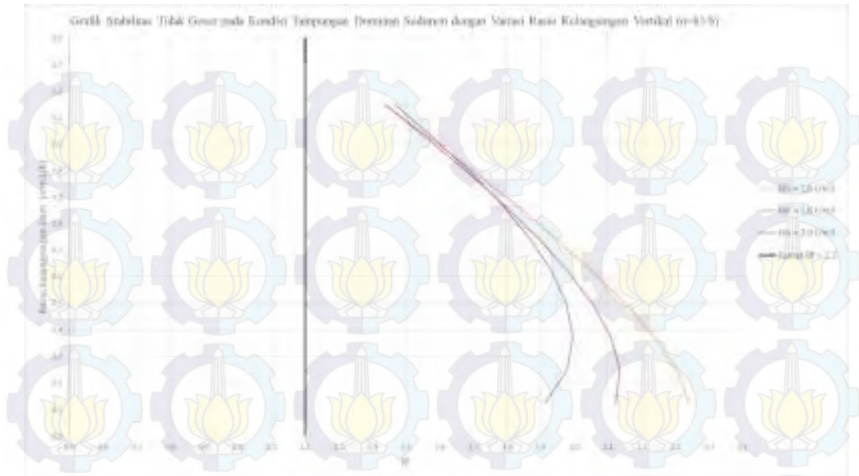
Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,276	1,333	OK	1,913	1,2	OK	19,972	0,443	19,972	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,096	1,333	OK	1,979	1,2	OK	21,661	2,114	21,661	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,968	1,333	OK	1,995	1,2	OK	23,001	3,654	23,001	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,875	1,333	OK	1,976	1,2	OK	24,062	4,993	24,062	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,812	1,333	OK	1,931	1,2	OK	24,917	6,058	24,917	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,776	1,333	OK	1,864	1,2	OK	25,635	6,780	25,635	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,767	1,333	OK	1,782	1,2	OK	26,290	7,085	26,290	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,790	1,333	OK	1,686	1,2	OK	26,951	6,904	26,951	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,848	1,333	OK	1,581	1,2	OK	27,691	6,164	27,691	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,950	1,333	OK	1,466	1,2	OK	28,580	4,795	28,580	25	NOT OK

Pada gambar 5.8 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis sedimen (W_s) $1,6 \text{ ton/m}^3$, $1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $2,0 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



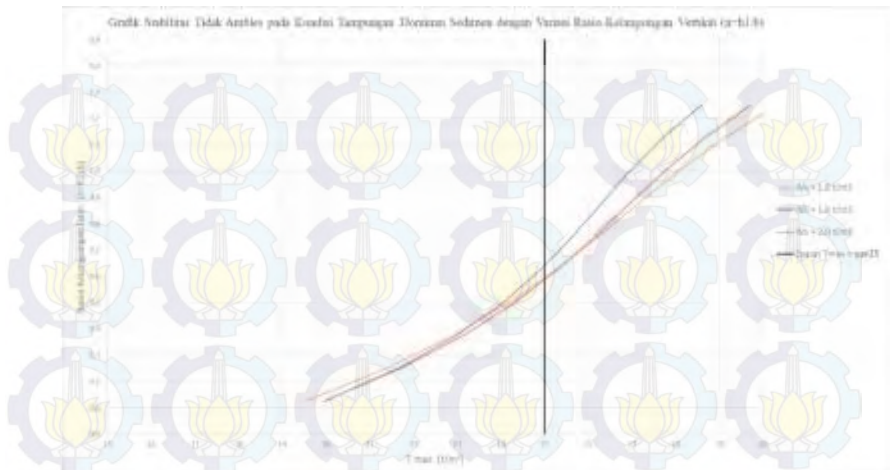
Gambar 5.8. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpangan dominan sedimen

Pada gambar 5.9 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa sedimen (W_s) $1,6 \text{ ton/m}^3$, $1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $2,0 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.9. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpungan dominan sedimen

Pada gambar 5.10 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis sedimen (W_s) 1,6 ton/m³, 1,8 ton/m³, dan 2,0 ton/m³ pada kondisi tumpungan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25$ ton/m². Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25$ ton/m², maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.10. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpungan dominan sedimen

➤ Simulasi B

Pada simulasi B diketahui tinggi dam (h_1) 5 m dan lebar dam (b) 6 m. Diberikan beban akibat kondisi tumpungan dominan sedimen (W_s) 1,8 ton/m³ pada ketinggian 7,2 m. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.18.

Tabel 5.18. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H	Gaya V	Rumus Lengan	Lengan	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(guling) (t)	(tahan) (t)		(L) (m)		
				(a)	(a)		(b)		
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot m \cdot h1^2$		6	$L_{W1} = n \cdot h1 + b1 + 0,33 \cdot m \cdot h1$	5,33		32
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b1 \cdot h1$		24	$L_{W2} = n \cdot h1 + 0,50 \cdot b1$	4,00		96
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$		18	$L_{W3} = 0,67 \cdot n \cdot h1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b2 \cdot h2$		9	$L_{W4} = 4 \cdot h2 + 0,5 \cdot b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot h2^2$		3	$L_{W5} = 4 + 0,67 \cdot h2$	5,01		14
2	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ws \cdot n \cdot hs^2$		14	$L_{W1} = 0,33 \cdot n \cdot hs$	0,99		13
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ws \cdot hs^2$	23		$L_{W2} = 0,33 \cdot hs$	1,65	37	
		P3 ↓	$P3 = Ws \cdot n \cdot hs \cdot hf$		12	$L_{W3} = 0,5 \cdot n \cdot h1$	1,50		18
		P4 ↓	$P4 = Ws \cdot b1 \cdot hf$		8	$L_{W4} = n \cdot h1 + 0,5 \cdot b1$	4,00		32
		P5 →	$P5 = Ws \cdot hf \cdot h1$	20		$L_{W5} = 0,5 \cdot (hs + hf)$	3,60	71	
			TOTAL	42	93	TOTAL		108	301
			Σ gaya		51	Σ momen			193

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{7}{2} - \frac{395 - 108}{109} \right) < \frac{7}{6}$$

$$e = 0,869 < 1,167 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{109}{42} \geq 1,2$$

$$SF = 1,726 \geq 1,2 \dots \dots \text{(OK)}$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{109}{7} \times \left(1 + \frac{0,869}{7} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 27,161 \leq 25 \dots \dots \text{(NOT OK)}$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{109}{7} \times \left(1 - \frac{0,869}{7} \right) > 0$$

$$T_{maks} = 3,970 > 0 \dots \dots \text{(OK)}$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dominan sedimen simulasi B diketahui tidak aman. Tidak memenuhi persyaratan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $n = 0,375$ dengan lebar dam (b) 7 m dan tinggi dam (h1) 5 m tidak dapat digunakan.

Pada tabel 5.19, tabel 5.20 dan tabel 5.21 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi B. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.11, gambar 5.12, dan gambar 5.13 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai B kelangsingan horisontal pada kondisi tumpungan dominan sedimen.

Tabel 5.19. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan (m=b/h1)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	1,186	0,667	NOT OK	0,988	1,2	NOT OK	41,811	-11,721	41,811	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	1,039	0,833	NOT OK	1,254	1,2	OK	34,302	-3,766	34,302	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,943	1,000	OK	1,519	1,2	OK	29,956	0,877	29,956	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,876	1,167	OK	1,784	1,2	OK	27,176	3,870	27,176	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,826	1,333	OK	2,050	1,2	OK	25,268	5,937	25,268	25	NOT OK
m = 9/5 = 1,8	0,788	1,500	OK	2,315	1,2	OK	23,889	7,440	23,889	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,757	1,667	OK	2,580	1,2	OK	22,851	8,577	22,851	25	OK

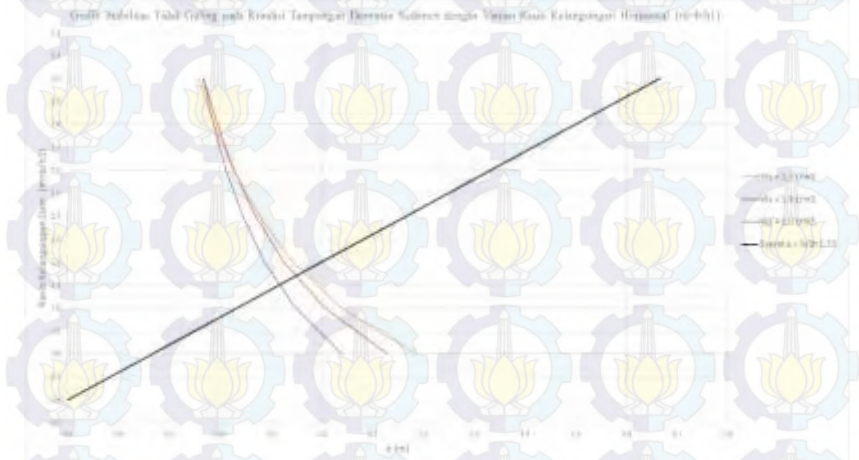
Tabel 5.20. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan (m=b/h1)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	1,129	0,667	NOT OK	0,967	1,2	NOT OK	41,129	-10,589	41,129	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	1,006	0,833	NOT OK	1,220	1,2	OK	34,017	-3,201	34,017	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,926	1,000	OK	1,473	1,2	OK	29,853	1,147	29,853	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,869	1,167	OK	1,726	1,2	OK	27,161	3,970	27,161	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,827	1,333	OK	1,979	1,2	OK	25,297	5,933	25,297	25	NOT OK
m = 9/5 = 1,8	0,794	1,500	OK	2,231	1,2	OK	23,939	7,368	23,939	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,768	1,667	OK	2,484	1,2	OK	22,910	8,458	22,910	25	OK

Tabel 5.21. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

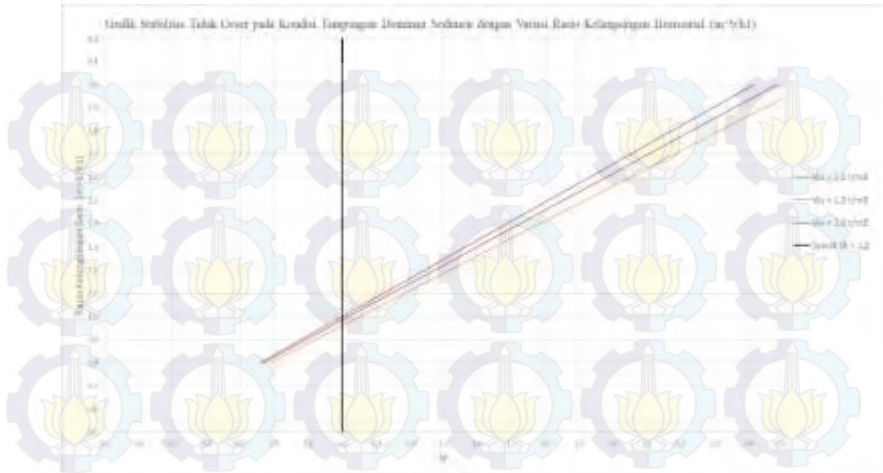
Rasio Kelangsingan (m=b/h1)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Dominan Sedimen ($W_s = 2,0 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	1,040	0,667	NOT OK	0,958	1,2	NOT OK	39,366	-8,616	39,366	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,948	0,833	NOT OK	1,201	1,2	OK	32,970	-2,130	32,970	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,888	1,000	OK	1,444	1,2	OK	29,163	1,737	29,163	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,844	1,167	OK	1,687	1,2	OK	26,667	4,276	26,667	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,812	1,333	OK	1,931	1,2	OK	24,917	6,058	24,917	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,787	1,500	OK	2,174	1,2	OK	23,628	7,372	23,628	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,766	1,667	OK	2,417	1,2	OK	22,643	8,377	22,643	25	OK

Pada gambar 5.11 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis sedimen (W_s) 1,6 ton/m³, 1,8 ton/m³, dan 2,0 ton/m³ pada kondisi tumpangan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3$ m. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



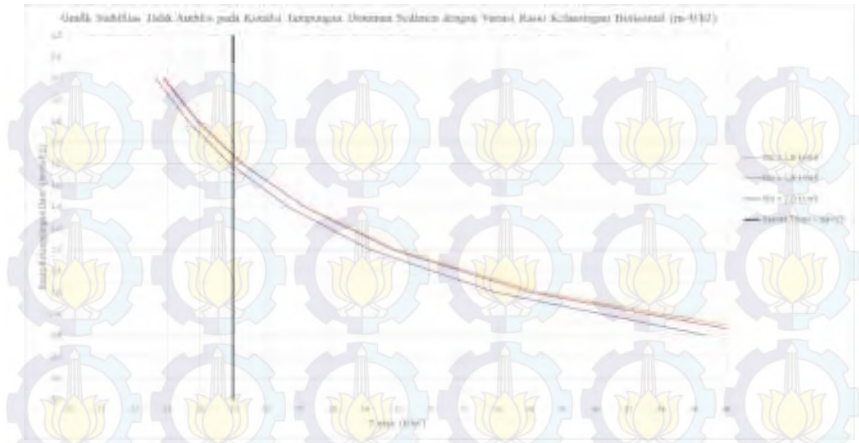
Gambar 5.11. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tumpangan dominan sedimen

Pada gambar 5.12 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa sedimen (W_s) 1,6 ton/m³, 1,8 ton/m³, dan 2,0 ton/m³ pada kondisi tumpangan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3$ m. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



Gambar 5.12. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tumpukan dominan sedimen

Pada gambar 5.13 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis sedimen (W_s) 1,6 ton/m³, 1,8 ton/m³, dan 2,0 ton/m³ pada kondisi tumpukan dominan sedimen. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25$ ton/m². Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25$ ton/m², maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.13. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tampungan dominan sedimen

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui rasio kelangsingan yang memenuhi syarat kestabilan. Batas rasio kelangsingan yang memenuhi syarat ditampilkan pada tabel 5.22

Tabel 5.22. Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (n) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Dominan	Ws = 1,6	~	~	~	0,58
2	Sedimen	Ws = 1,8	~	~	~	0,59
3	(Simulasi A)	Ws = 2,0	~	~	~	0,64

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (m) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Dominan	Ws = 1,6	1,15	0,98	1,65	m > 1,65 , dimensi rencana
2	Sedimen	Ws = 1,8	1,13	0,98	1,64	h1 = 5 m
3	(Simulasi B)	Ws = 2,0	1,10	1,00	1,60	b = 8 m - 10 m

Dari hasil simulasi rasio kelangsingan pada kondisi tampungan dominan sedimen didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h1) = 1m–5m dan lebar dam (b) = 8m-10m.

5.2.3. Kondisi Tampunguan Dominan Air Dinamis

Diketahui dari analisa sebelumnya, pada kondisi dominan air dinamis diketahui ketinggian tampungan pada kondisi kritis mempunyai nilai yang besar. Sehingga sampai batas ketinggian tampungan sedimen yang sudah ditentukan bangunan tetap stabil. Sehingga pada simulai ini, tidak diperhitungkan simulasi kelangsingan pada kondisi tampungan dominan air dinamis.

5.2.4. Kondisi Tampungan Material Komposit

Diketahui dari analisa sebelumnya, pada kondisi material komposit terjadi kondisi terkritis. Ketinggian tampungan pada saat kondisi kritis dapat dilihat di tabel 5.3.

Dilakukan 2 simulasi kestabilan dengan variasi rasio kelangsingan konsolidasi dam Syphon Lemurung. Diberikan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungan material komposit. Rasio kelangsingan pada simulasi A adalah $n = 0,750$ dan pada simulasi B adalah $m = 1,0$. Massa jenis air (W_w) $1,0 \text{ ton/m}^3$ dan massa jenis sedimen (W_s) $1,6 \text{ ton/m}^3$ dengan ketinggian kritis adalah $7,4 \text{ m}$.

➤ Simulasi A

Pada simulasi A diketahui tinggi dam (h_1) 6 m dan lebar dam (b) 8 m . Diberikan beban akibat kondisi tampungan material komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) pada ketinggian $7,4 \text{ m}$. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.23.

Tabel 5.23. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H	Gaya V	Rumus Lengan	Lengan	Momen H	Momen V
				(guling)	(tahan)		(L)	(Guling)	(Tahan)
				(t)	(t)	(m)	(m)	(a) x (b)	(a) x (b)
				(a)	(a)	(b)	(b)		
1	Beban mati	W1 ↓	W1 = 0,50.Wc.m.h1 ²		9	L _{w1} = n.h1+b1+0,33.m.h1	7,20		62
		W2 ↓	W2 = Wc.b1.h1		46	L _{w2} = n.h1+0,50.b1	5,20		240
		W3 ↓	W3 = 0,50.Wc.n.h1 ²		26	L _{w3} = 0,67.n.h1	2,41		63
		W4 ↓	W4 = Wc.b2.h2		9	L _{w4} = 4+1.h2+0,5.b2	6,75		61
		W5 ↓	W5 = 0,50.Wc.l.h2 ²		3	L _{w5} = 4+0,67.h2	5,01		14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	P1 = 0,50.Ww.n.hw ²		8	L _{w1} = 0,33.n.hw	0,99		7
		P2 →	P2 = 0,5.Ww.hw ²	13		L _{w2} = 0,33.hw	1,65	21	
		P3 ↓	P3 = Ww.n.hw.hf		7	L _{w3} = 0,5.n.h1	1,80		13
		P4 ↓	P4 = Ww.b1.hf		8	L _{w4} = n.h1 + 0,5.b1	5,20		40
		P5 →	P5 = Ww.hf.h1	14		L _{w5} = 0,5*(hw+hf)	3,70	53	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	P1 = 0,50.Ws.n.hs ²		12	L _{w1} = 0,33.n.hs	0,99		12
		P2 →	P2 = 0,5.Ws.hs ²	20		L _{w2} = 0,33.hs	1,65	33	
		P3 ↓	P3 = Ws.n.hs.hf		0	L _{w3} = 0,5.n.h1	1,80		0
		P4 ↓	P4 = Ws.b1.hf		0	L _{w4} = n.h1 + 0,5.b1	5,20		0
		P5 →	P5 = Ws.hf.h1	0		L _{w5} = 0,5*(hs+hf)	2,50	0	
TOTAL				47	127	TOTAL		107	511
Σ gaya				80		Σ momen		404	

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{511 - 107}{127} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,813 < 1,333 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{127}{47} \geq 1,2$$

$$SF = 1,840 \geq 1,2 \dots \dots \text{(OK)}$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{127}{8} \times \left(1 + \frac{0,813}{8} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 25,497 \leq 25 \dots \dots \text{(NOT OK)}$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{127}{8} \times \left(1 - \frac{0,813}{8} \right) > 0$$

$$T_{maks} = 6,183 > 0 \dots \dots \text{(OK)}$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dmaterial komposit simulasi A diketahui tidak aman. Tidak memenuhi persyaratan kestabilan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $n = 0,750$ dengan lebar dam (b) 8 m dan tinggi dam (h_1) 6 m tidak dapat digunakan.

Pada tabel 5.24, tabel 5.25, tabel 5.26 dan tabel 5.27 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi A. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.14, gambar 5.15, dan gambar 5.16 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai A kelangsingan vertikal pada kondisi tumpangan material komposit.

Tabel 5.24. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ tom/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h_1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	Tmax 1	Tmax 2	Tmax	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan Tmax < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,557	1,333	NOT OK	1,419	1,2	OK	20,033	-1,553	20,033	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,294	1,333	OK	1,586	1,2	OK	21,754	0,326	21,754	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,110	1,333	OK	1,701	1,2	OK	23,090	2,110	23,330	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,976	1,333	OK	1,772	1,2	OK	24,112	3,728	24,112	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,879	1,333	OK	1,807	1,2	OK	24,890	5,110	24,890	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,813	1,333	OK	1,810	1,2	OK	25,497	6,183	25,497	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,776	1,333	OK	1,787	1,2	OK	26,004	6,876	26,004	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,768	1,333	OK	1,742	1,2	OK	26,482	7,118	26,482	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,794	1,333	OK	1,676	1,2	OK	27,002	6,838	27,002	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,860	1,333	OK	1,594	1,2	OK	27,635	5,965	27,635	25	NOT OK

Tabel 5.25. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ tom/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h_1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	Tmax 1	Tmax 2	Tmax	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan Tmax < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,745	1,333	NOT OK	1,207	1,2	OK	20,436	-2,736	20,436	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,411	1,333	NOT OK	1,3967	1,2	OK	22,046	-0,626	22,046	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,181	1,333	OK	1,5405	1,2	OK	23,254	1,406	23,330	25	OK
n = 4/8 = 0,500	1,013	1,333	OK	1,644	1,2	OK	24,129	3,291	24,129	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,888	1,333	OK	1,7117	1,2	OK	24,743	4,957	24,743	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,797	1,333	OK	1,7478	1,2	OK	25,168	6,332	25,168	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,736	1,333	OK	1,7556	1,2	OK	25,474	7,346	25,474	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,705	1,333	OK	1,7381	1,2	OK	25,733	7,927	25,733	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,706	1,333	OK	1,6978	1,2	OK	26,017	8,003	26,017	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,743	1,333	OK	1,637	1,2	OK	26,396	7,504	26,396	25	NOT OK

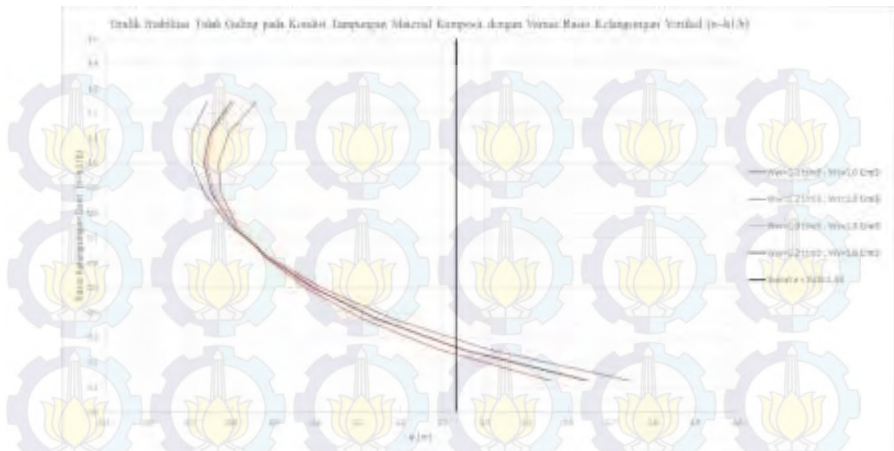
Tabel 5.26. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	Tmax 1	Tmax 2	Tmax	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan Tmax < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,651	1,333	NOT OK	1,307	1,2	OK	20,243	-2,153	20,243	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,354	1,333	NOT OK	1,487	1,2	OK	21,917	-0,167	21,917	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,148	1,333	OK	1,618	1,2	OK	23,197	1,733	23,330	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,998	1,333	OK	1,706	1,2	OK	24,154	3,476	24,154	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,887	1,333	OK	1,758	1,2	OK	24,859	4,991	24,859	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,809	1,333	OK	1,779	1,2	OK	25,383	6,207	25,383	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,761	1,333	OK	1,771	1,2	OK	25,798	7,052	25,798	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,742	1,333	OK	1,740	1,2	OK	26,175	7,455	26,175	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,756	1,333	OK	1,687	1,2	OK	26,585	7,345	26,585	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,808	1,333	OK	1,615	1,2	OK	27,100	6,650	27,100	25	NOT OK

Tabel 5.27. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

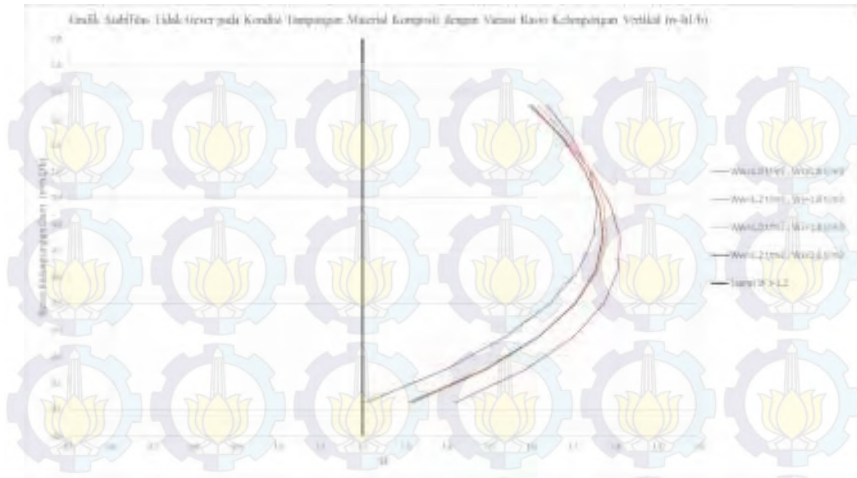
Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	Tmax 1	Tmax 2	Tmax	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan Tmax < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,643	1,333	NOT OK	1,316	1,2	OK	20,36	-2,12	20,36	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,348	1,333	NOT OK	1,492	1,2	OK	22,01	-0,12	22,01	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,142	1,333	OK	1,619	1,2	OK	23,26	1,80	23,33	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,992	1,333	OK	1,704	1,2	OK	24,20	3,55	24,20	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,881	1,333	OK	1,753	1,2	OK	24,88	5,08	24,88	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,803	1,333	OK	1,770	1,2	OK	25,38	6,30	25,38	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,754	1,333	OK	1,761	1,2	OK	25,78	7,15	25,78	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,735	1,333	OK	1,727	1,2	OK	26,14	7,56	26,14	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,749	1,333	OK	1,673	1,2	OK	26,53	7,45	26,53	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,800	1,333	OK	1,600	1,2	OK	27,04	6,76	27,04	25	NOT OK

Pada gambar 5.14 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$; $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$; $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampang material komposit. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



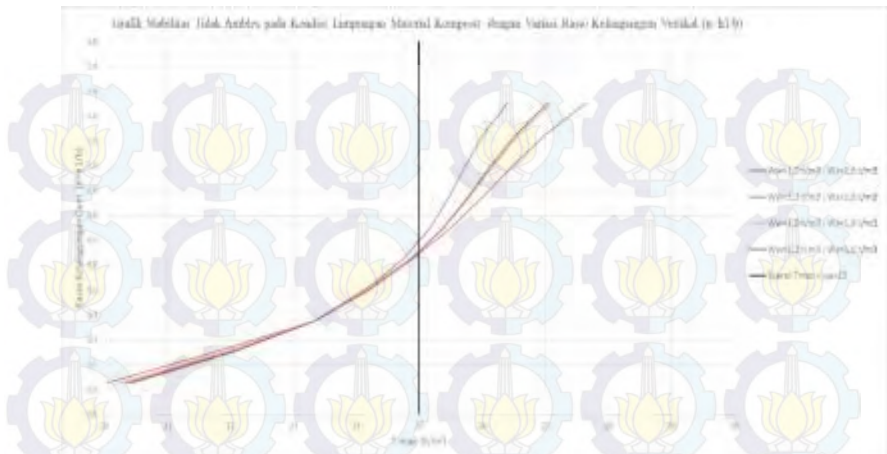
Gambar 5.14. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangangan vertikal kondisi tumpungan material komposit

Pada gambar 5.15 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan variasi kelangangan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan material komposit. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$ m. Apabila pada rasio kelangangan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.15. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpangan material komposit

Pada gambar 5.16 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan material komposit. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.16. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpangan material komposit

➤ Simulasi B

Pada simulasi B diketahui tinggi dam (h_1) 5 m dan lebar dam (b) 5 m. Diberikan beban akibat kondisi tumpangan material komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) pada ketinggian 7,4 m. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.28.

Tabel 5.28. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot m \cdot h_1^2$		6	$L_{w1} = n \cdot h_1 + b + 0,33 \cdot m \cdot h_1$	4,33		26
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b \cdot h_1$		12	$L_{w2} = n \cdot h_1 + 0,50 \cdot b$	3,50		42
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h_1^2$		18	$L_{w3} = 0,67 \cdot n \cdot h_1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b \cdot h_2$		9	$L_{w4} = 4 + 1 \cdot h_2 + 0,5 \cdot b_2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot 1 \cdot h_2^2$		3	$L_{w5} = 4 + 0,67 \cdot h_2$	5,01		14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ww \cdot n \cdot h \cdot w^2$		8	$L_{w1} = 0,33 \cdot n \cdot h \cdot w$	0,99		7
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ww \cdot h \cdot w^2$	13		$L_{w2} = 0,33 \cdot h \cdot w$	1,65	21	
		P3 ↓	$P3 = Ww \cdot n \cdot h \cdot w \cdot hf$		7	$L_{w3} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$	1,50		11
		P4 ↓	$P4 = Ww \cdot b \cdot 1 \cdot hf$		2	$L_{w4} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$	3,50		8
		P5 →	$P5 = Ww \cdot hf \cdot h_1$	12		$L_{w5} = 0,5 \cdot (h \cdot w + hf)$	3,70	44	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ws \cdot n \cdot h \cdot s^2$		12	$L_{w1} = 0,33 \cdot n \cdot h \cdot s$	0,99		12
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ws \cdot h \cdot s^2$	20		$L_{w2} = 0,33 \cdot h \cdot s$	1,65	33	
		P3 ↓	$P3 = Ws \cdot n \cdot h \cdot s \cdot hf$		0	$L_{w3} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ws \cdot b \cdot 1 \cdot hf$		0	$L_{w4} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$	3,50		0
		P5 →	$P5 = Ws \cdot hf \cdot h_1$	0		$L_{w5} = 0,5 \cdot (h \cdot s + hf)$	2,50	0	
TOTAL				45	77	TOTAL		98	217
Σ gaya				32		Σ momen		119	

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{5}{2} - \frac{217 - 98}{77} \right) < \frac{5}{6}$$

$$e = 0,952 < 0,833 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus (2.16) syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{77}{45} \geq 1,2$$

$$SF = 1,153 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{77}{5} x \left(1 + \frac{0,952}{5} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 32,930 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} x \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{77}{5} x \left(1 - \frac{0,952}{5} \right) > 0$$

$$T_{maks} = -2,183 > 0 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi dmaterial komposit simulasi B diketahui tidak aman. Tidak memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $m = 1,0$ dengan lebar dam (b) 5 m dan tinggi dam (h_1) 5 m tidak dapat digunakan.

Pada tabel 5.29, tabel 5.30, tabel 5.31, dan tabel 5.32 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi B. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.17, gambar 5.18, dan gambar 5.19 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai B kelangsingan horisontal pada kondisi tumpungan material komposit.

Tabel 5.29. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan (m=b/h1)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,998	0,667	NOT OK	0,940	1,2	NOT OK	38,961	-7,761	38,961	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,952	0,833	NOT OK	1,156	1,2	OK	32,903	-2,183	32,903	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,920	1,000	OK	1,373	1,2	OK	29,183	1,217	29,183	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,897	1,167	OK	1,590	1,2	OK	26,681	3,490	26,681	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,879	1,333	OK	1,807	1,2	OK	24,890	5,110	24,890	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,865	1,500	OK	2,024	1,2	OK	23,548	6,319	23,548	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,854	1,667	OK	2,240	1,2	OK	22,506	7,254	22,506	25	OK

Tabel 5.30. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan (m=b/h1)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,905	0,667	NOT OK	0,9164	1,2	NOT OK	37,472	-5,672	37,472	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,898	0,833	NOT OK	1,1152	1,2	NOT OK	32,166	-1,206	32,166	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,894	1,000	OK	1,3141	1,2	OK	28,788	1,612	28,788	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,891	1,167	OK	1,5129	1,2	OK	26,452	3,548	26,452	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,888	1,333	OK	1,7117	1,2	OK	24,743	4,957	24,743	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,886	1,500	OK	1,9106	1,2	OK	23,439	6,028	23,439	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,885	1,667	OK	2,1094	1,2	OK	22,412	6,868	22,412	25	OK

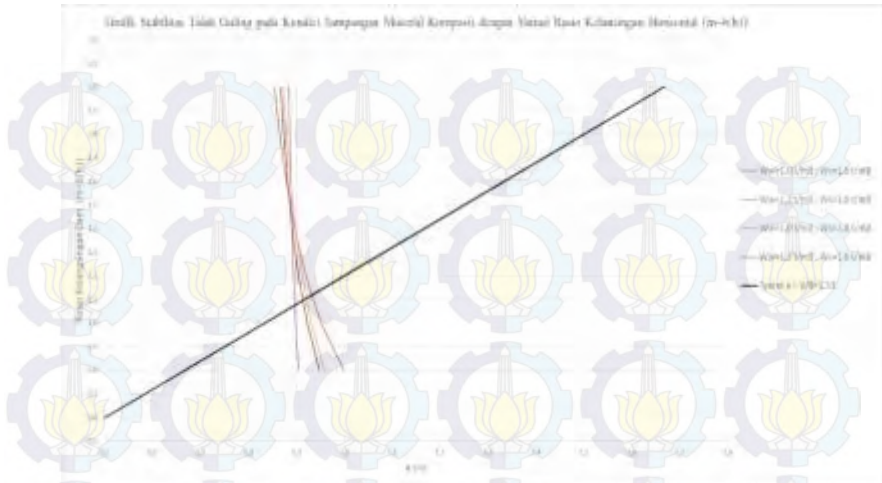
Tabel 5.31. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan (m=b/h1)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,958	0,667	NOT OK	0,9277	1,2	NOT OK	38,386	-6,886	38,386	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,931	0,833	NOT OK	1,1353	1,2	NOT OK	32,643	-1,803	32,643	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,912	1,000	OK	1,3429	1,2	OK	29,060	1,340	29,060	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,898	1,167	OK	1,5506	1,2	OK	26,622	3,464	26,622	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,887	1,333	OK	1,7582	1,2	OK	24,859	4,991	24,859	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,879	1,500	OK	1,9658	1,2	OK	23,527	6,140	23,527	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,872	1,667	OK	2,1735	1,2	OK	22,486	7,034	22,486	25	OK

Tabel 5.32. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

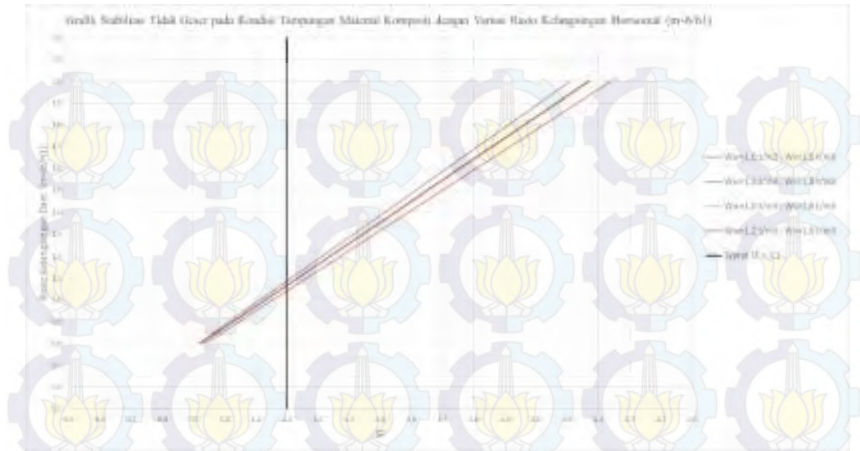
Rasio Kelangsingan ($m=b/h1$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan $e < B/6$	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Komposit ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,948	0,667	NOT OK	0,924	1,2	NOT OK	38,256	-6,666	38,256	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,922	0,833	NOT OK	1,131	1,2	NOT OK	32,586	-1,650	32,586	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,904	1,000	OK	1,339	1,2	OK	29,043	1,457	29,043	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,891	1,167	OK	1,546	1,2	OK	26,627	3,561	26,627	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,881	1,333	OK	1,753	1,2	OK	24,879	5,076	24,879	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,874	1,500	OK	1,960	1,2	OK	23,557	6,217	23,557	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,867	1,667	OK	2,167	1,2	OK	22,523	7,105	22,523	25	OK

Pada gambar 5.17 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan material komposit. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



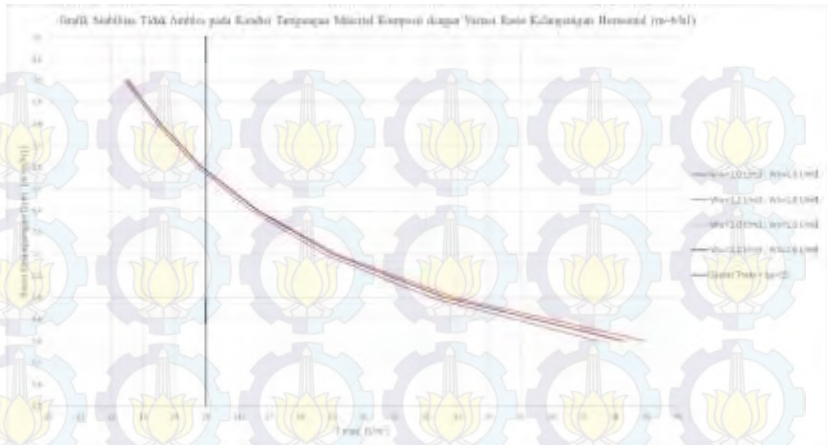
Gambar 5.17. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tampungan material komposit

Pada gambar 5.18 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan material komposit. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$ m. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.18. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horizontal kondisi tampungan material komposit

Pada gambar 5.19 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan horizontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis jenis material $W_w=1,0$ ton/m³ ; $W_s=1,6$ ton/m³ , $W_w=1,2$ ton/m³ ; $W_s=1,8$ ton/m³ , $W_w=1,0$ ton/m³ ; $W_s=1,8$ ton/m³ , dan $W_w=1,2$ ton/m³ ; $W_s=1,6$ ton/m³ pada kondisi tampungan material komposit. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25$ ton/m². Apabila pada rasio kelangsingan horizontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25$ ton/m², maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.19. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tampungan material komposit

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui rasio kelangsingan yang memenuhi syarat kestabilan. Batas rasio kelangsingan yang memenuhi syarat ditampilkan pada tabel 5.33.

Tabel 5.33. Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (n) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Material Komposit (Simulasi A)	Ww = 1,0 ; Ws = 1,6	0,23	~	0,65	n > 0,70 , dimensi rencana h1 = 1 m - 5 m b = 8 m
2		Ww = 1,2 ; Ws = 1,8	0,30	~	0,70	
3		Ww = 1,0 ; Ws = 1,8	0,26	~	0,65	
4		Ww = 1,2 ; Ws = 1,6	0,26	~	0,65	
No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (m) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Material Komposit (Simulasi B)	Ww = 1,0 ; Ws = 1,6	1,12	1,05	1,53	m > 1,58 , dimensi rencana h1 = 5 m b = 8 m - 10 m
2		Ww = 1,2 ; Ws = 1,8	1,07	1,09	1,58	
3		Ww = 1,0 ; Ws = 1,8	1,10	1,06	1,58	
4		Ww = 1,2 ; Ws = 1,6	1,10	1,07	1,57	

Dari hasil simulasi rasio kelangsingan pada kondisi tampungan material komposit didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h1)= 1m–5m dan lebar dam (b)= 8m-10m.

5.2.5. Kondisi Tampang Material Dinamis

Diketahui dari analisa sebelumnya, pada kondisi material dinamis terjadi kondisi terkritik. Ketinggian tampungan pada saat kondisi kritis dapat dilihat di tabel 5.3.

Dilakukan 2 simulasi kestabilan dengan variasi rasio kelangsingan konsolidasi dam Syphon Lemurung. Diberikan contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungan material dinamis. Rasio kelangsingan pada simulasi A adalah $n = 0,875$ dan pada simulasi B adalah $m = 0,8$. Massa jenis air dinamis (Wd) $1,2 \text{ ton/m}^3$, kecepatan aliran (Vd) $1,0 \text{ m/s}$, massa jenis sedimen (Ws) $1,8 \text{ ton/m}^3$ dengan ketinggian kritis adalah 9 m .

➤ Simulasi A

Pada simulasi A diketahui tinggi dam (h_1) 7 m dan lebar dam (b) 8 m . Diberikan beban akibat kondisi tampungan material komposit ($Wd = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,8 \text{ ton/m}^3$) pada ketinggian 9 m . Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.34.

Tabel 5.34. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 . Wc . m . h_1^2$		12	$L_{W1} = n . h_1 + b_1 + 0,33 . m . h_1$	7,06		83
		W2 ↓	$W2 = Wc . b_1 . h_1$		40	$L_{W2} = n . h_1 + 0,50 . b_1$	5,40		218
		W3 ↓	$W3 = 0,50 . Wc . n . h_1^2$		35	$L_{W3} = 0,67 . n . h_1$	2,81		99
		W4 ↓	$W4 = Wc . b_2 . h_2$		9	$L_{W4} = 4 + h_2 + 0,5 . b_2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 . Wc . l . h_2^2$		3	$L_{W5} = 4 + 0,67 . h_2$	5,01		14
2	Tekanan Air Dinamis (Hidrodinamis)	P1 ↓	$P1 = 0,5 . Wwd . n . hd_2$		9	$L_{W1} = 0,33 . n . hd$	0		0
		P2 ↓	$P2 = Wwd . n . h_1 . hf$		20,16	$L_{W2} = 0,5 . n . h_1$	2,10		42
		P3 ↓	$P3 = Wwd . b_1 . hf$		11,52	$L_{W3} = n . h_1 + 0,5 . b_1$	5,40		62
		P4 →	$P4 = (Wwd/g) . (hd+hf) . Vd_2$	2,10		$L_{W4} = 0,5 . (hd+hf)$	4,50	9	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 . Ws . n . hs^2$		14	$L_{W1} = 0,33 . n . hs$	0,99		13
		P2 →	$P2 = 0,5 . Ws . hs^2$	23		$L_{W2} = 0,33 . hs$	1,65	37	
		P3 ↓	$P3 = Ws . n . hs . hf$		0	$L_{W3} = 0,5 . n . h_1$	2,10		0
		P4 ↓	$P4 = Ws . b_1 . hf$		0	$L_{W4} = n . h_1 + 0,5 . b_1$	5,40		0
		P5 →	$P5 = Ws . hf . h_1$	0		$L_{W5} = 0,5 + (hs+hf)$	2,50	0	
TOTAL				25	153	TOTAL		47	592
Σ gaya				129		Σ momen		546	

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{592 - 47}{153} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,439 < 1,333 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{153}{25} \geq 1,2$$

$$SF = 4,173 \geq 1,2 \dots \dots \text{(OK)}$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{153}{8} \times \left(1 + \frac{0,439}{8} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 25,466 \leq 25 \dots \dots \text{(NOT OK)}$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{153}{8} \times \left(1 - \frac{12,844}{8} \right) > 0$$

$$T_{maks} = 12,844 > 0 \dots \dots \text{(OK)}$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi material dinamis simulasi A diketahui tidak aman. Tidak memenuhi persyaratan kestabilan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $n = 0,875$ dengan lebar dam (b) 8 m dan tinggi dam (h1) 7 m tidak dapat digunakan.

Pada tabel 5.35, tabel 5.36, tabel 5.37, dan tabel 5.38 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi A. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.20, gambar 5.21, dan gambar 5.22 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai A kelangsingan vertikal pada kondisi tumpangan material dinamis.

Tabel 5.35. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d = 1,0 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,5 \text{ m/s}$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	0,987	1,333	OK	2,6741	1,2	OK	20,255	3,025	20,255	25	OK
n = 2/8 = 0,250	0,842	1,333	OK	3,1106	1,2	OK	22,086	4,994	22,086	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,723	1,333	OK	3,4919	1,2	OK	23,439	6,961	23,439	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,623	1,333	OK	3,8181	1,2	OK	24,386	8,854	24,386	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,539	1,333	OK	4,0892	1,2	OK	24,996	10,604	24,996	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,470	1,333	OK	4,3052	1,2	OK	25,341	12,139	25,341	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,415	1,333	OK	4,466	1,2	OK	25,494	13,386	25,494	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,377	1,333	OK	4,5716	1,2	OK	25,524	14,276	25,524	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,357	1,333	OK	4,6222	1,2	OK	25,503	14,737	25,503	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,358	1,333	OK	4,6176	1,2	OK	25,503	14,697	25,503	25	NOT OK

Tabel 5.36. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d = 1,2 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,0 \text{ m/s}$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,087	1,333	OK	2,448	1,2	OK	20,395	2,075	20,395	25	OK
n = 2/8 = 0,250	0,916	1,333	OK	2,866	1,2	OK	22,191	4,119	22,191	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,780	1,333	OK	3,232	1,2	OK	23,512	6,158	23,512	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,668	1,333	OK	3,546	1,2	OK	24,428	8,122	24,428	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,575	1,333	OK	3,807	1,2	OK	25,012	9,938	25,012	25	NOT OK
n = 6/8 = 0,750	0,499	1,333	OK	4,016	1,2	OK	25,334	11,536	25,334	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,439	1,333	OK	4,173	1,2	OK	25,466	12,844	25,466	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,397	1,333	OK	4,278	1,2	OK	25,479	13,791	25,479	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,374	1,333	OK	4,330	1,2	OK	25,444	14,306	25,444	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,373	1,333	OK	4,330	1,2	OK	25,432	14,318	25,432	25	NOT OK

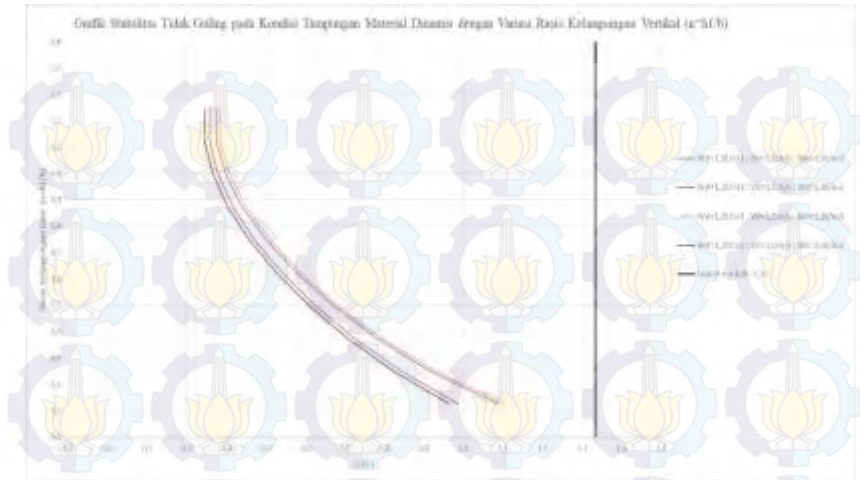
Tabel 5.37. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d = 1,0 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,5 \text{ m/s}$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,104	1,333	OK	2,319	1,2	OK	20,376	1,914	20,376	25	OK
n = 2/8 = 0,250	0,930	1,333	OK	2,718	1,2	OK	22,177	3,948	22,177	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,793	1,333	OK	3,067	1,2	OK	23,501	5,979	23,501	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,679	1,333	OK	3,3661	1,2	OK	24,422	7,933	24,422	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,586	1,333	OK	3,6153	1,2	OK	25,009	9,741	25,009	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,509	1,333	OK	3,8145	1,2	OK	25,334	11,331	25,334	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,449	1,333	OK	3,9638	1,2	OK	25,468	12,632	25,468	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,407	1,333	OK	4,0631	1,2	OK	25,483	13,572	25,483	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,383	1,333	OK	4,1126	1,2	OK	25,450	14,080	25,450	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,383	1,333	OK	4,112	1,2	OK	25,439	14,086	25,439	25	NOT OK

Tabel 5.38. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

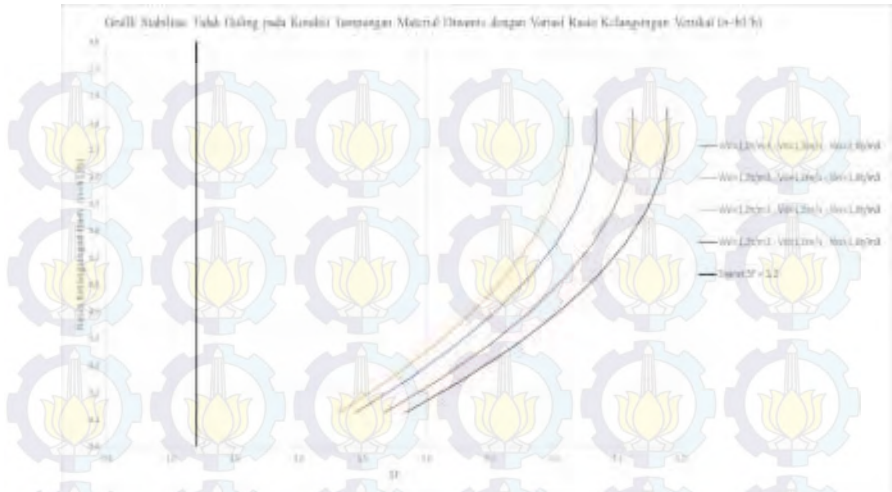
Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan $e < B/6$	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	$q_a = 25$ (t/m^2)	Kesimpulan T max < q_a
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d = 1,2 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,0 \text{ m/s}$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	0,964	1,333	OK	2,840	1,2	OK	20,244	3,255	20,244	25	OK
n = 2/8 = 0,250	0,822	1,333	OK	3,300	1,2	OK	22,072	5,231	22,072	25	OK
n = 3/8 = 0,375	0,706	1,333	OK	3,701	1,2	OK	23,422	7,205	23,422	25	OK
n = 4/8 = 0,500	0,608	1,333	OK	4,045	1,2	OK	24,365	9,106	24,365	25	OK
n = 5/8 = 0,625	0,525	1,333	OK	4,331	1,2	OK	24,973	10,862	24,973	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,456	1,333	OK	4,558	1,2	OK	25,316	12,403	25,316	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,402	1,333	OK	4,728	1,2	OK	25,466	13,657	25,466	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,364	1,333	OK	4,840	1,2	OK	25,495	14,552	25,495	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,344	1,333	OK	4,894	1,2	OK	25,473	15,018	25,473	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,346	1,333	OK	4,889	1,2	OK	25,472	14,983	25,472	25	NOT OK

Pada gambar 5.20 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan material dinamis. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



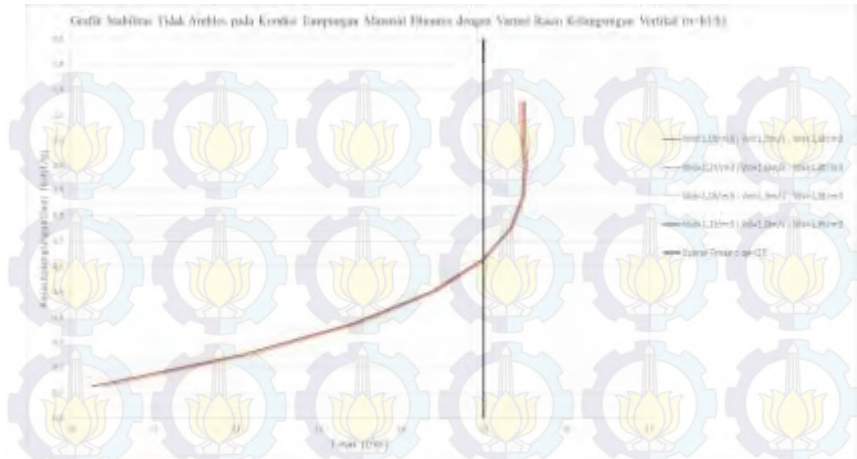
Gambar 5.20. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpangan material dinamis

Pada gambar 5.21 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan material dinamis. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$ m. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.21. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpangan material dinamis

Pada gambar 5.22 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan material dinamis. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.22. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpungan material dinamis

➤ Simulasi B

Pada simulasi B diketahui tinggi dam (h_1) 5 m dan lebar dam (b) 4 m. Diberikan beban akibat kondisi tumpungan material komposit ($W_d = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) pada ketinggian 9 m. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.39.

Tabel 5.39. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50 \cdot Wc \cdot m \cdot h_1^2$	6	6	$L_{W1} = n \cdot h_1 + b_1 + 0,33 \cdot m \cdot h_1$	3,33		20
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b_1 \cdot h_1$	0	0	$L_{W2} = n \cdot h_1 + 0,50 \cdot b_1$	3,00	0	0
		W3 ↓	$W3 = 0,50 \cdot Wc \cdot n \cdot h_1^2$	18	18	$L_{W3} = 0,67 \cdot n \cdot h_1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b_2 \cdot h_2$	9	9	$L_{W4} = 4 + h_2 + 0,5 \cdot b_2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50 \cdot Wc \cdot l \cdot h_2^2$	3	3	$L_{W5} = 4 + 0,67 \cdot h_2$	5,01		14
2	Tekanan Air Dinamis (Hidrodinamis)	P1 ↓	$P1 = 0,5 \cdot Wwd \cdot n \cdot h_2$	9	9	$L_{P1} = 0,33 \cdot n \cdot h_2$	0	0	0
		P2 ↓	$P2 = Wwd \cdot n \cdot h_1 \cdot hf$	14,4	14,4	$L_{P2} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$	1,50		22
		P3 ↓	$P3 = Wwd \cdot b_1 \cdot hf$	0	0	$L_{P3} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$	3,00	0	0
		P4 →	$P4 = (Wwd/g) \cdot (hd + hf) \cdot Vd2$	2,10		$L_{P4} = 0,5 \cdot (hd + hf)$	4,50	9	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50 \cdot Ws \cdot n \cdot h_s^2$	14	14	$L_{P1} = 0,33 \cdot n \cdot h_s$	0,99		13
		P2 →	$P2 = 0,5 \cdot Ws \cdot h_s^2$	23		$L_{P2} = 0,33 \cdot h_s$	1,65	37	
		P3 ↓	$P3 = Ws \cdot n \cdot h_s \cdot hf$	0	0	$L_{P3} = 0,5 \cdot n \cdot h_1$	1,50	0	0
		P4 ↓	$P4 = Ws \cdot b_1 \cdot hf$	0	0	$L_{P4} = n \cdot h_1 + 0,5 \cdot b_1$	3,00	0	0
		P5 →	$P5 = Ws \cdot hf \cdot h_1$	0	0	$L_{P5} = 0,5 \cdot (h_s + hf)$	2,50	0	
TOTAL				25	73	TOTAL		47	165
Σ gaya				48		Σ momen		119	

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{4}{2} - \frac{165 - 47}{73} \right) < \frac{4}{6}$$

$$e = 0,364 < 0,667 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{73}{25} \geq 1,2$$

$$SF = 4,173 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{73}{4} \times \left(1 + \frac{0,364}{4} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 23,048 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{73}{4} \times \left(1 - \frac{0,364}{4} \right) > 0$$

$$T_{maks} = 8,252 > 0 \dots \dots \dots (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi material dinamis simulasi B diketahui aman. Memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $m = 0,8$ dengan lebar dam (b) 4 m dan tinggi dam (h1) 5 m tidak dapat digunakan.

Pada tabel 5.40, tabel 5.41, tabel 5.42, dan tabel 5.43 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi B. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.23, gambar 5.24, dan gambar 5.25 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai B kelangsingan horisontal pada kondisi tumpangan material dinamis.

Tabel 5.40. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tampang Material Dinamis ($W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Dinamis ($W_d = 1,0 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,5 \text{ m/s}$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,377	0,667	OK	2,068	1,2	OK	28,183	7,817	28,183	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,441	0,833	OK	2,573	1,2	OK	27,413	8,427	27,413	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,485	1,000	OK	3,078	1,2	OK	26,526	9,208	26,526	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,516	1,167	OK	3,584	1,2	OK	25,709	9,948	25,709	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,539	1,333	OK	4,089	1,2	OK	24,996	10,604	24,996	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,557	1,500	OK	4,595	1,2	OK	24,382	11,174	24,382	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,572	1,667	OK	5,100	1,2	OK	23,853	11,667	23,853	25	OK

Tabel 5.41. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tampang Material Dinamis ($W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Dinamis ($W_d = 1,2 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,0 \text{ m/s}$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,364	0,667	OK	1,977	1,2	OK	28,048	8,252	28,048	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,446	0,833	OK	2,435	1,2	OK	27,455	8,305	27,455	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,503	1,000	OK	2,892	1,2	OK	26,599	8,801	26,599	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,544	1,167	OK	3,350	1,2	OK	25,763	9,380	25,763	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,575	1,333	OK	3,807	1,2	OK	25,012	9,938	25,012	25	NOT OK
m = 9/5 = 1,8	0,600	1,500	OK	4,265	1,2	OK	24,355	10,445	24,355	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,619	1,667	OK	4,722	1,2	OK	23,784	10,896	23,784	25	OK

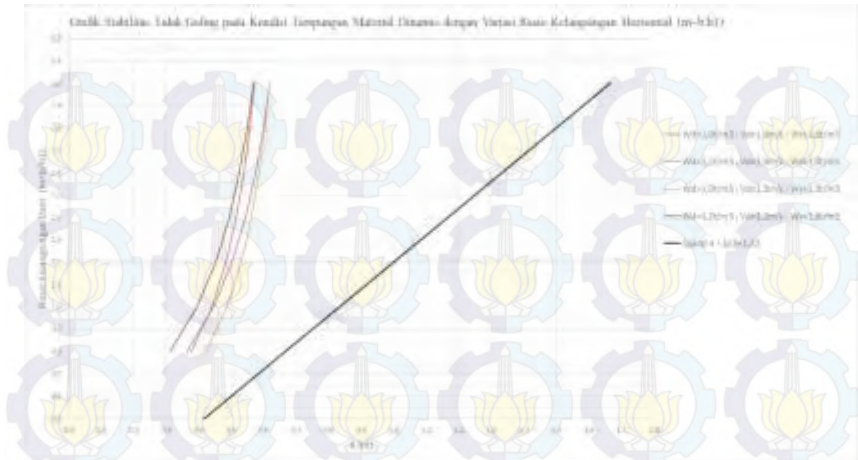
Tabel 5.42. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tampang Material Dinamis ($W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampang Material Dinamis ($W_d = 1,0 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,5 \text{ m/s}$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,423	0,667	OK	1,8571	1,2	OK	29,184	6,516	29,184	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,487	0,833	OK	2,2966	1,2	OK	27,986	7,334	27,986	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,531	1,000	OK	2,7362	1,2	OK	26,837	8,229	26,837	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,562	1,167	OK	3,1757	1,2	OK	25,846	9,040	25,846	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,586	1,333	OK	3,6153	1,2	OK	25,009	9,741	25,009	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,604	1,500	OK	4,0548	1,2	OK	24,302	10,343	24,302	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,619	1,667	OK	4,4944	1,2	OK	23,701	10,859	23,701	25	OK

Tabel 5.43. Perhitungan Syarat Kestabilan pada kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

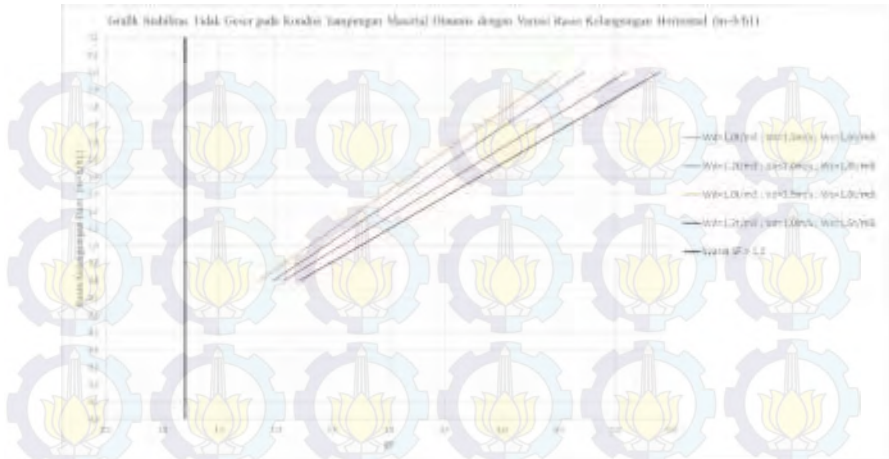
Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan $e < B/6$	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	T max 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2- (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan Material Dinamis ($W_d = 1,2 \text{ t/m}^3$; $V_d = 1,0 \text{ m/s}$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,311	0,667	OK	2,213	1,2	OK	26,872	9,758	26,872	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,396	0,833	OK	2,743	1,2	OK	26,779	9,533	26,779	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,453	1,000	OK	3,272	1,2	OK	26,222	9,877	26,223	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	0,494	1,167	OK	3,801	1,2	OK	25,584	10,364	25,584	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	0,525	1,333	OK	4,331	1,2	OK	24,973	10,862	24,973	25	OK
m = 9/5 = 1,8	0,549	1,500	OK	4,860	1,2	OK	24,419	11,327	24,419	25	OK
m = 10/5 = 2,0	0,569	1,667	OK	5,389	1,2	OK	23,927	11,749	23,927	25	OK

Pada gambar 5.17 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis jenis material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan material dinamis. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



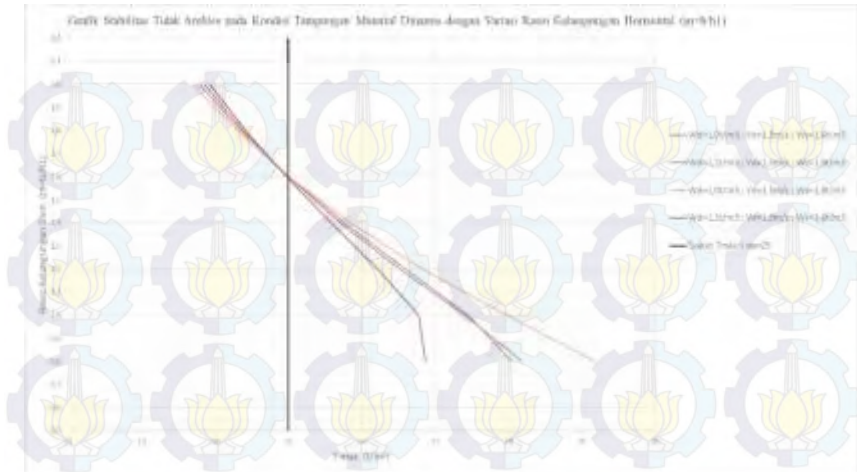
Gambar 5.23. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tumpungan material dinamis

Pada gambar 5.24 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$; $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$; $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$; dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan material dinamis. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.24. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tampungan material dinamis

Pada gambar 5.19 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis jenis material $W_d=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_d=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan material dinamis. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.25. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tumpungan material dinamis

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui rasio kelangsingan yang memenuhi syarat kestabilan. Batas rasio kelangsingan yang memenuhi syarat ditampilkan pada tabel 5.44.

Tabel 5.44. Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan

No.	Kondisi Tumpungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (n) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Material Dinamis (Simulasi A)	Wd = 1,0 ; Ws = 1,6 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	0,63	n > 0,63 , dimensi rencana h1 = 1 m - 5 m b = 8 m
2		Wd = 1,2 ; Ws = 1,8 ; Vd = 1,0 m/s	~	~	0,63	
3		Wd = 1,0 ; Ws = 1,8 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	0,62	
4		Wd = 1,2 ; Ws = 1,6 ; Vd = 1,0 m/s	~	~	0,62	
No.	Kondisi Tumpungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (m) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Material Dinamis (Simulasi B)	Wd = 1,0 ; Ws = 1,6 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	1,60	m > 1,60 , dimensi rencana h1 = 5 m b = 8 m - 10 m
2		Wd = 1,2 ; Ws = 1,8 ; Vd = 1,0 m/s	~	~	1,60	
3		Wd = 1,0 ; Ws = 1,8 ; Vd = 1,5 m/s	~	~	1,60	
4		Wd = 1,2 ; Ws = 1,6 ; Vd = 1,0 m/s	~	~	1,59	

Dari hasil simulasi rasio kelangsingan pada kondisi tumpungan material dinamis didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h1) = 1m–5m dan lebar dam (b) = 8m–10m.

5.2.6. Kondisi Tampungang Saat Gempa

Diketahui dari analisa sebelumnya, pada kondisi saat gempa terjadi kondisi terkritis. Ketinggian tampungang pada saat kondisi kritis dapat dilihat di tabel 5.3.

Dilakukan 2 simulasi kestabilan dengan variasi rasio kelangsingan konsolidasi dam Syphon Lemurung. Diberikan Contoh perhitungan pada simulasi kondisi tampungang saat gempa. Rasio kelangsingan pada simulasi A adalah $n = 0,750$ dan pada simulasi B adalah $m = 1,0$. Massa jenis air (Ww) $1,0 \text{ ton/m}^3$ dan massa jenis sedimen (Ws) $1,6 \text{ ton/m}^3$ dengan ketinggian kritis adalah 6 m.

➤ Simulasi A

Pada simulasi A diketahui tinggi dam ($h1$) 6 m dan lebar dam (b) 8 m. Diberikan beban akibat kondisi tampungang saat gempa ($Ww = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $Ws = 1,6 \text{ ton/m}^3$) pada ketinggian 6 m. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.45.

Tabel 5.45. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi A

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H	Gaya V	Rumus Lengan (m)	Lengan	Momen H	Momen V
				(guling) (t)	(tahan) (t)		(L) (m)	(Guling) (tm)	(Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0,50.Wc.m.h1^2$		9	$L_{w1} = n.h1+b1+ 0,33.m.h1$	7,20		62
		W2 ↓	$W2 = Wc.b1.h1$		46	$L_{w2} = n.h1+0,50.b1$	5,20		240
		W3 ↓	$W3 = 0,50.Wc.n.h1^2$		26	$L_{w3} = 0,67.n.h1$	2,41		63
		W4 ↓	$W4 = Wc.b2.h2$		9	$L_{w4} = 4+h2+0,5.b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0,50.Wc.1.h2^2$		3	$L_{w5} = 4+0,67.h2$	5,01		14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0,50.Ww.n.hw^2$		8	$L_{w1} = 0,33.n.hw$	0,99		7
		P2 →	$P2 = 0,5.Ww.hw^2$	13		$L_{w2} = 0,33.hw$	1,65	21	
		P3 ↓	$P3 = Ww.n.hw.hf$		3	$L_{w3} = 0,5.n.h1$	1,80		5
		P4 ↓	$P4 = Ww.b1.hf$		3	$L_{w4} = n.h1 + 0,5.b1$	5,20		17
		P5 →	$P5 = Ww.hf.h1$	6		$L_{w5} = 0,5+(hw+hf)$	3,00	18	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0,50.Ws.n.hs^2$		12	$L_{w1} = 0,33.n.hs$	0,99		12
		P2 →	$P2 = 0,5.Ws.hs^2$	20		$L_{w2} = 0,33.hs$	1,65	33	
		P3 ↓	$P3 = Ws.n.hs.hf$		0	$L_{w3} = 0,5.n.h1$	1,80		0
		P4 ↓	$P4 = Ws.b1.hf$		0	$L_{w4} = n.h1 + 0,5.b1$	5,20		0
		P5 →	$P5 = Ws.hf.h1$	0		$L_{w5} = 0,5+(hs+hf)$	2,50	0	
4	Beban Gempa	H1 ~	$H1 = K.W1$	1,0368		$L_{w1} = n.h1+b1+ 0,33.m.h1$	7,20		7
		H2 ~	$H2 = K.W2$	5,5296		$L_{w2} = n.h1+0,50.b1$	5,20		29
		H3 ~	$H3 = K.W3$	3,1104		$L_{w3} = 0,67.n.h1$	2,41		8
		H4 ~	$H4 = K.W4$	1,08		$L_{w4} = 4+h2+0,5.b2$	6,75		7
		H5 ~	$H5 = K.W5$	0,324		$L_{w5} = 4+0,67.h2$	5,01		2
		TOTAL		50	118	TOTAL		124	480
		Σ gaya		68		Σ momen		356	

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{8}{2} - \frac{480 - 124}{118} \right) < \frac{8}{6}$$

$$e = 0,987 < 1,333 \dots \dots \text{(OK)}$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{118}{50} \geq 1,2$$

$$SF = 1,595 \geq 1,2 \dots \dots \text{(OK)}$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{118}{8} \times \left(1 + \frac{0,987}{8} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 25,677 \leq 25 \dots \dots \text{(NOT OK)}$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B} \right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{118}{8} \times \left(1 - \frac{0,987}{8} \right) > 0$$

$$T_{maks} = 3,833 > 0 \dots \dots \text{(OK)}$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi saat gempa simulasi A diketahui tidak aman. Tidak memenuhi persyaratan kestabilan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $n = 0,750$ dengan lebar dam (b) 8 m dan tinggi dam (h1) 6 m tidak dapat digunakan.

Pada tabel 5.46, tabel 5.47, tabel 5.48, dan tabel 5.49 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi A. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.26, gambar 5.27, dan gambar 5.28 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai A kelangsingan vertikal pada kondisi tumpangan saat gempa.

Tabel 5.46. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	1,905	1,333	NOT OK	1,077	1,2	NOT OK	18,105	-3,195	18,105	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,572	1,333	NOT OK	1,257	1,2	OK	20,470	-1,680	20,470	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,352	1,333	NOT OK	1,390	1,2	OK	22,346	-0,156	22,346	25	OK
n = 4/8 = 0,500	1,194	1,333	OK	1,486	1,2	OK	23,798	1,312	23,798	25	OK
n = 5/8 = 0,625	1,076	1,333	OK	1,553	1,2	OK	24,887	2,663	24,887	25	OK
n = 6/8 = 0,750	0,987	1,333	OK	1,595	1,2	OK	25,677	3,833	25,677	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,924	1,333	OK	1,616	1,2	OK	26,229	4,761	26,229	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,885	1,333	OK	1,619	1,2	OK	26,608	5,382	26,608	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,871	1,333	OK	1,604	1,2	OK	26,875	5,635	26,875	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,886	1,333	OK	1,574	1,2	OK	27,094	5,456	27,094	25	NOT OK

Tabel 5.47. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	2,208	1,333	NOT OK	0,890	1,2	NOT OK	18,220	-4,498	18,220	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,758	1,333	NOT OK	1,093	1,2	NOT OK	20,582	-2,828	20,582	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,474	1,333	NOT OK	1,255	1,2	OK	22,433	-1,127	22,433	25	OK
n = 4/8 = 0,500	1,274	1,333	OK	1,383	1,2	OK	23,836	0,542	23,836	25	OK
n = 5/8 = 0,625	1,124	1,333	OK	1,483	1,2	OK	24,854	2,116	24,854	25	OK
n = 6/8 = 0,750	1,009	1,333	OK	1,558	1,2	OK	25,549	3,533	25,549	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,923	1,333	OK	1,612	1,2	OK	25,985	4,729	25,985	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,861	1,333	OK	1,646	1,2	OK	26,224	5,642	26,224	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,824	1,333	OK	1,662	1,2	OK	26,329	6,209	26,329	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,815	1,333	OK	1,661	1,2	OK	26,363	6,367	26,363	25	NOT OK

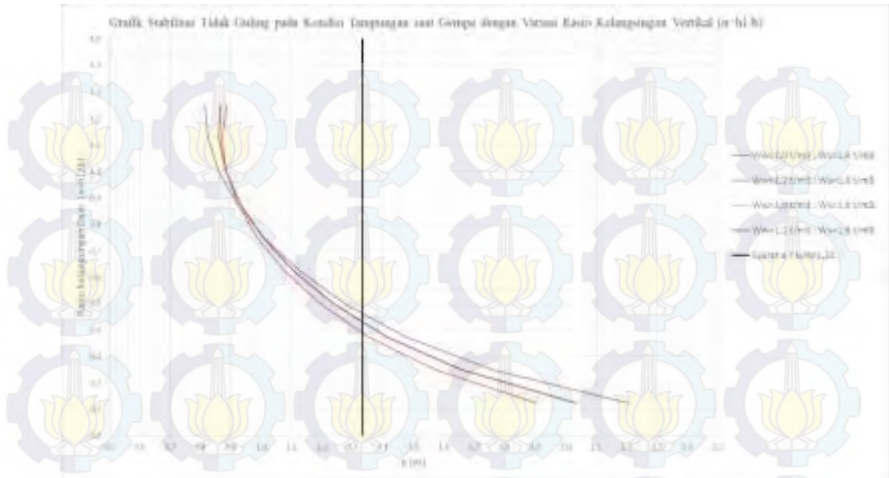
Tabel 5.48. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

Rasio Kelangsingan ($n=h1/b$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	2,038	1,333	NOT OK	0,990	1,2	NOT OK	18,355	-3,835	18,355	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,659	1,333	NOT OK	1,179	1,2	NOT OK	20,711	-2,251	20,711	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,413	1,333	NOT OK	1,324	1,2	OK	22,572	-0,652	22,572	25	OK
n = 4/8 = 0,500	1,237	1,333	OK	1,433	1,2	OK	23,998	0,902	23,998	25	OK
n = 5/8 = 0,625	1,105	1,333	OK	1,513	1,2	OK	25,052	2,348	25,052	25	OK
n = 6/8 = 0,750	1,005	1,333	OK	1,568	1,2	OK	25,799	3,621	25,799	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,932	1,333	OK	1,602	1,2	OK	26,299	4,661	26,299	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,883	1,333	OK	1,617	1,2	OK	26,616	5,404	26,616	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,860	1,333	OK	1,615	1,2	OK	26,813	5,787	26,813	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,865	1,333	OK	1,596	1,2	OK	26,952	5,748	26,952	25	NOT OK

Tabel 5.49. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi A)

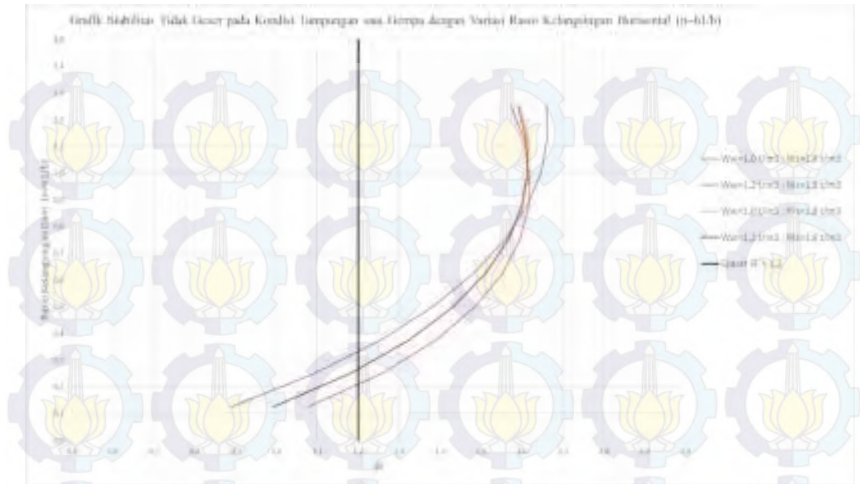
Rasio Kelangsingan (n=h1/b)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles			Kesimpulan T max < qa	
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max (t/m ²)		
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi A)											
n = 1/8 = 0,125	2,034	1,333	NOT OK	0,993	1,2	NOT OK	18,400	-3,829	18,400	25	OK
n = 2/8 = 0,250	1,657	1,333	NOT OK	1,181	1,2	NOT OK	20,753	-2,246	20,753	25	OK
n = 3/8 = 0,375	1,412	1,333	NOT OK	1,325	1,2	OK	22,610	-0,647	22,610	25	OK
n = 4/8 = 0,500	1,237	1,333	OK	1,433	1,2	OK	24,034	0,905	24,034	25	OK
n = 5/8 = 0,625	1,105	1,333	OK	1,512	1,2	OK	25,086	2,349	25,086	25	OK
n = 6/8 = 0,750	1,006	1,333	OK	1,566	1,2	OK	25,831	3,620	25,831	25	NOT OK
n = 7/8 = 0,875	0,933	1,333	OK	1,599	1,2	OK	26,331	4,656	26,331	25	NOT OK
n = 8/8 = 1,000	0,884	1,333	OK	1,613	1,2	OK	26,648	5,395	26,648	25	NOT OK
n = 9/8 = 1,125	0,861	1,333	OK	1,610	1,2	OK	26,845	5,774	26,845	25	NOT OK
n = 10/8 = 1,25	0,866	1,333	OK	1,591	1,2	OK	26,985	5,730	26,985	25	NOT OK

Pada gambar 5.26 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan saat gempa. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



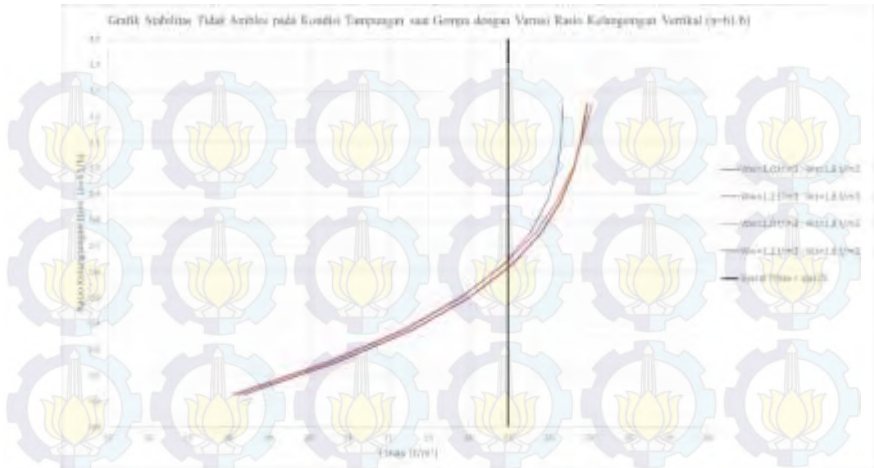
Gambar 5.26. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpangan saat gempa

Pada gambar 5.27 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpangan saat gempa. Syarat kestabilan tidak geser ditetapkan $SF > 1,2$ m. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis *safety factor* $SF = 1,2$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak geser.



Gambar 5.27. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tampungan saat gempa

Pada gambar 5.28 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan vertikal pada simulasi A. Digunakan variasi massa jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tampungan saat gempa. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25 \text{ ton/m}^2$. Apabila pada rasio kelangsingan vertikal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.28. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi A variasi kelangsingan vertikal kondisi tumpukan saat gempa

➤ Simulasi B

Pada simulasi B diketahui tinggi dam (h_1) 5 m dan lebar dam (b) 5 m. Diberikan beban akibat kondisi tumpukan saat gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) pada ketinggian 6 m. Perhitungan gaya dan momen ditampilkan pada tabel 5.50.

Tabel 5.50. Perhitungan Nilai Gaya dan Momen Simulasi B

No.	Tekanan	Notasi & Arah	Rumus Gaya	Gaya H (guling) (t)	Gaya V (tahan) (t)	Rumus Lengan (m)	Lengan (L) (m)	Momen H (Guling) (tm)	Momen V (Tahan) (tm)
				(a)	(a)		(b)	(a) x (b)	(a) x (b)
1	Beban mati	W1 ↓	$W1 = 0.50 \cdot Wc \cdot n \cdot h^2$		6	$L_{w1} = n \cdot h1 + b1 + 0.33 \cdot m \cdot h1$	4,33		26
		W2 ↓	$W2 = Wc \cdot b1 \cdot h1$		12	$L_{w2} = n \cdot h1 + 0.50 \cdot b1$	3,50		42
		W3 ↓	$W3 = 0.50 \cdot Wc \cdot n \cdot h1^2$		18	$L_{w3} = 0.67 \cdot n \cdot h1$	2,01		36
		W4 ↓	$W4 = Wc \cdot b2 \cdot h2$		9	$L_{w4} = 4 + h2 + 0.5 \cdot b2$	6,75		61
		W5 ↓	$W5 = 0.50 \cdot Wc \cdot 1 \cdot h2^2$		3	$L_{w5} = 4 + 0.67 \cdot h2$	5,01		14
2	Tekanan Air Statis (Hidrostatik)	P1 ↓	$P1 = 0.50 \cdot Ww \cdot n \cdot hw^2$		8	$L_{w1} = 0.33 \cdot n \cdot hw$	0,99		7
		P2 →	$P2 = 0.5 \cdot Ww \cdot hw^2$	13		$L_{w2} = 0.33 \cdot hw$	1,65	21	
		P3 ↓	$P3 = Ww \cdot n \cdot hw \cdot hf$		3	$L_{w3} = 0.5 \cdot n \cdot h1$	1,50		5
		P4 ↓	$P4 = Ww \cdot b1 \cdot hf$		1	$L_{w4} = n \cdot h1 + 0.5 \cdot b1$	3,50		4
		P5 →	$P5 = Ww \cdot hf \cdot h1$	5		$L_{w5} = 0.5 + (hw + hf)$	3,00	15	
3	Tekanan Akibat Sedimen	P1 ↓	$P1 = 0.50 \cdot Ws \cdot n \cdot hs^2$		12	$L_{w1} = 0.33 \cdot n \cdot hs$	0,99		12
		P2 →	$P2 = 0.5 \cdot Ws \cdot hs^2$	20		$L_{w2} = 0.33 \cdot hs$	1,65	33	
		P3 ↓	$P3 = Ws \cdot n \cdot hs \cdot hf$		0	$L_{w3} = 0.5 \cdot n \cdot h1$	1,50		0
		P4 ↓	$P4 = Ws \cdot b1 \cdot hf$		0	$L_{w4} = n \cdot h1 + 0.5 \cdot b1$	3,50		0
		P5 →	$P5 = Ws \cdot hf \cdot h1$	0		$L_{w5} = 0.5 + (hs + hf)$	2,50	0	
4	Beban Gempa	H1 ~	$H1 = K \cdot W1$	0,72		$L_{w1} = n \cdot h1 + b1 + 0.33 \cdot m \cdot h1$	4,33	3	
		H2 ~	$H2 = K \cdot W2$	1,44		$L_{w2} = n \cdot h1 + 0.50 \cdot b1$	3,50	5	
		H3 ~	$H3 = K \cdot W3$	2,16		$L_{w3} = 0.67 \cdot n \cdot h1$	2,01	4	
		H4 ~	$H4 = K \cdot W4$	1,08		$L_{w4} = 4 + h2 + 0.5 \cdot b2$	6,75	7	
		H5 ~	$H5 = K \cdot W5$	0,324		$L_{w5} = 4 + 0.67 \cdot h2$	5,01	2	
TOTAL				43	71	TOTAL		90	206
Σ gaya				28		Σ momen		116	

A. Stabilitas Tidak Guling

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak guling adalah

$$e = \left(\frac{B}{2} - \frac{MV - MH}{FV} \right) < \frac{B}{6}$$

$$e = \left(\frac{5}{2} - \frac{206 - 90}{71} \right) < \frac{5}{6}$$

$$e = 0,875 < 0,833 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

B. Stabilitas Tidak Geser

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak geser adalah

$$SF = f \times \frac{FV}{FH} \geq 1,2$$

$$SF = 0,6 \times \frac{71}{43} \geq 1,2$$

$$SF = 1,104 \geq 1,2 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

C. Stabilitas Tidak Ambles

Berdasarkan rumus syarat stabil tidak ambles adalah

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 + \frac{e}{B} \right) \leq qa$$

$$T_{maks} = \frac{71}{5} \times \left(1 + \frac{0,875}{5} \right) \leq 25$$

$$T_{maks} = 29,194 \leq 25 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

$$T_{maks} = \frac{FV}{B} \times \left(1 - \frac{e}{B}\right) > 0$$

$$T_{maks} = \frac{71}{5} \times \left(1 - \frac{0,875}{5}\right) > 0$$

$$T_{maks} = -0,714 > 25 \dots \dots \dots (\text{NOT OK})$$

Dari hasil perhitungan kestabilan pada kondisi saat gempa simulasi diketahui tidak aman. Tidak memenuhi persyaratan kestabilan tidak guling, tidak geser dan tidak ambles. Sehingga rasio kelangsingan $m = 1,0$ dengan lebar dam (b) 5 m dan tinggi dam (h1) 5 m tidak dapat digunakan.

Pada tabel 5.51, tabel 5.52, tabel 5.53, dan tabel 5.54 ditampilkan hasil perhitungan simulasi kestabilan pada simulasi B. Dari hasil perhitungan syarat kestabilan diketahui suatu hubungan. Pada gambar 5.29, gambar 5.30, dan gambar 5.31 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan terhadap simulai B kelangsingan horisontal pada kondisi tumpangan saat gempa.

Tabel 5.51. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan (m=b/h1)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m ²)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tumpangan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,798	0,667	NOT OK	0,933	1,2	NOT OK	31,968	-2,868	31,968	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,875	0,833	NOT OK	1,104	1,2	NOT OK	29,194	-0,714	29,194	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,945	1,000	OK	1,263	1,2	OK	27,301	0,765	27,301	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	1,012	1,167	OK	1,413	1,2	OK	25,928	1,843	25,928	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	1,076	1,333	OK	1,553	1,2	OK	24,887	2,663	24,887	25	OK
m = 9/5 = 1,8	1,138	1,500	OK	1,685	1,2	OK	24,070	3,308	24,070	25	OK
m = 10/5 = 2,0	1,198	1,667	OK	1,810	1,2	OK	23,412	3,828	23,412	25	OK

Tabel 5.52. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungaan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampungaan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,759	0,667	NOT OK	0,9184	1,2	NOT OK	31,495	-2,035	31,495	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,867	0,833	NOT OK	1,0732	1,2	NOT OK	29,037	-0,573	29,037	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,961	1,000	OK	1,2183	1,2	OK	27,251	0,549	27,251	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	1,045	1,167	OK	1,3546	1,2	OK	25,904	1,422	25,904	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	1,124	1,333	OK	1,4828	1,2	OK	24,854	2,116	24,854	25	OK
m = 9/5 = 1,8	1,199	1,500	OK	1,6037	1,2	OK	24,014	2,679	24,014	25	OK
m = 10/5 = 2,0	1,271	1,667	OK	1,7178	1,2	OK	23,327	3,145	23,327	25	OK

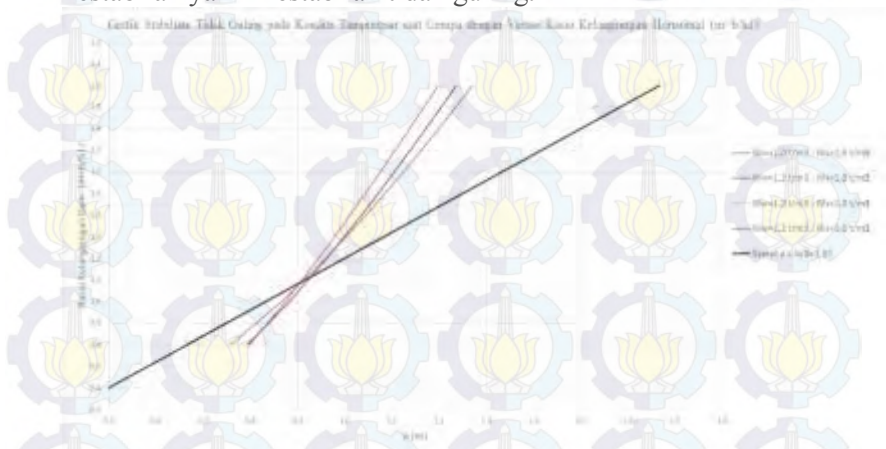
Tabel 5.53. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungaan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampungaan saat Gempa ($W_w = 1,0 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,8 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,793	0,667	NOT OK	0,921	1,2	NOT OK	32,180	-2,780	32,180	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,882	0,833	NOT OK	1,083	1,2	NOT OK	29,437	-0,837	29,437	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,962	1,000	OK	1,235	1,2	OK	27,529	0,538	27,529	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	1,035	1,167	OK	1,378	1,2	OK	26,126	1,560	26,126	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	1,105	1,333	OK	1,513	1,2	OK	25,052	2,348	25,052	25	OK
m = 9/5 = 1,8	1,172	1,500	OK	1,639	1,2	OK	24,205	2,973	24,205	25	OK
m = 10/5 = 2,0	1,237	1,667	OK	1,759	1,2	OK	23,518	3,482	23,518	25	OK

Tabel 5.54. Perhitungan Syarat Kestabilan pada Kondisi Tampungaan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ ton/m}^3$) (Simulasi B)

Rasio Kelangsingan ($m=b/h$)	Stabilitas Tidak Guling			Stabilitas Tidak Geser			Stabilitas Tidak Ambles				
	e (m)	B/6 (m)	Kesimpulan e < B/6	SF	SF = 1,2	Kesimpulan SF > 1,2	T max 1	Tmax 2	T max	qa = 25 (t/m^2)	Kesimpulan T max < qa
	e=B/2 - (MV-MH)/FV			SF=f x FV/FH			Tmax=(FV/B) x (1 ± e/B)				
Kondisi Tampungaan saat Gempa ($W_w = 1,2 \text{ t/m}^3$; $W_s = 1,6 \text{ t/m}^3$) (Simulasi B)											
m = 1/5 = 0,2											
m = 2/5 = 0,4											
m = 3/5 = 0,6											
m = 4/5 = 0,8	0,794	0,667	NOT OK	0,920	1,2	NOT OK	32,245	-2,815	32,245	25	NOT OK
m = 5/5 = 1,0	0,883	0,833	NOT OK	1,082	1,2	NOT OK	29,488	-0,856	29,488	25	NOT OK
m = 6/5 = 1,2	0,962	1,000	OK	1,234	1,2	OK	27,571	0,529	27,571	25	NOT OK
m = 7/5 = 1,4	1,036	1,167	OK	1,377	1,2	OK	26,163	1,557	26,163	25	NOT OK
m = 8/5 = 1,6	1,105	1,333	OK	1,512	1,2	OK	25,086	2,349	25,086	25	OK
m = 9/5 = 1,8	1,172	1,500	OK	1,638	1,2	OK	24,236	2,977	24,236	25	OK
m = 10/5 = 2,0	1,237	1,667	OK	1,758	1,2	OK	23,548	3,488	23,548	25	OK

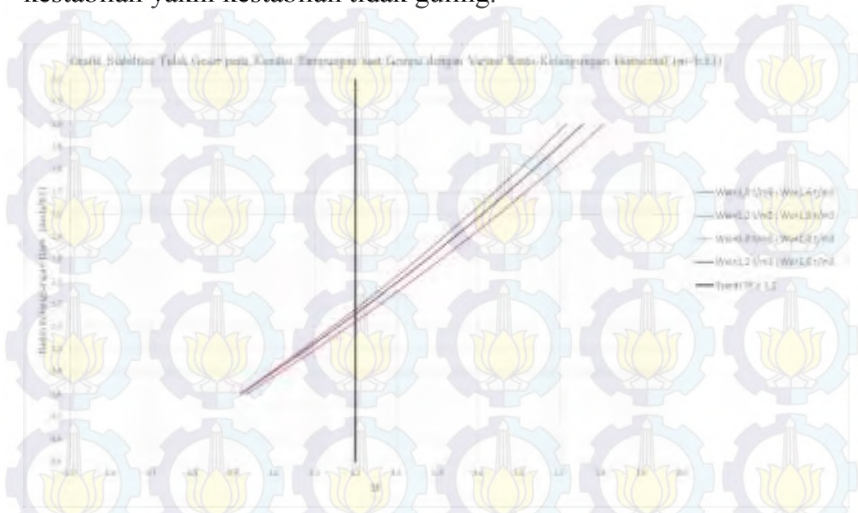
Pada gambar 5.17 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan material komposit. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,3 \text{ m}$, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



Gambar 5.29. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tumpungan saat gempa

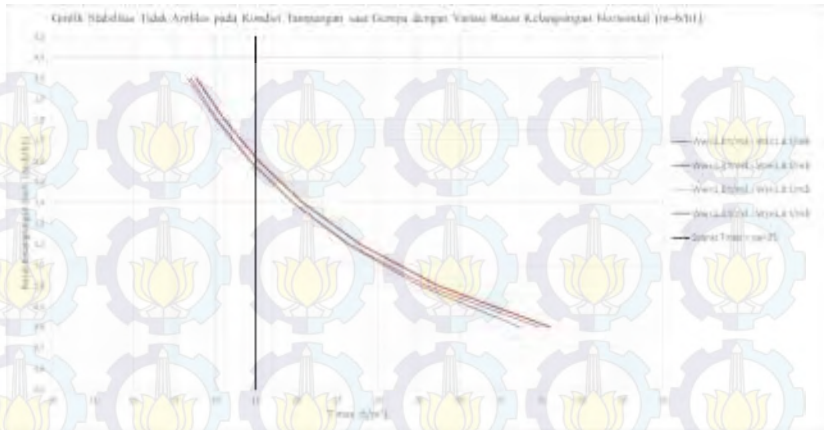
Pada gambar 5.30 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak guling dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis jenis material $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, $W_w=1,0 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,8 \text{ ton/m}^3$, dan $W_w=1,2 \text{ ton/m}^3$; $W_s=1,6 \text{ ton/m}^3$ pada kondisi tumpungan saat gempa. Syarat kestabilan tidak guling ditetapkan $e < B/6 = 1,3 \text{ m}$. Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis

eksentrisitas $e = 1,3$ m, maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak guling.



Gambar 5.30. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak geser dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tumpungan saat gempa

Pada gambar 5.31 ditampilkan grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan variasi kelangsingan horisontal pada simulasi B. Digunakan variasi massa jenis jenis material $W_w=1,0$ ton/m³ ; $W_s=1,6$ ton/m³ , $W_w=1,2$ ton/m³ ; $W_s=1,8$ ton/m³ , $W_w=1,0$ ton/m³ ; $W_s=1,8$ ton/m³ , dan $W_w=1,2$ ton/m³ ; $W_s=1,6$ ton/m³ pada kondisi tumpungan saat gempa. Syarat kestabilan tidak ambles ditetapkan $T_{max} < 25$ ton/m². Apabila pada rasio kelangsingan horisontal dimensi konsolidasi dam yang melewati batas garis daya dukung tanah $T_{max} = 25$ ton/m², maka bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni kestabilan tidak ambles.



Gambar 5.31. Grafik hubungan syarat kestabilan tidak ambles dan simulasi B variasi kelangsingan horisontal kondisi tampungan saat gempa

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui rasio kelangsingan yang memenuhi syarat kestabilan. Batas rasio kelangsingan yang memenuhi syarat ditampilkan pada tabel 5.55.

Tabel 5.55. Batas Rasio Kelangsingan yang Memenuhi Syarat Kestabilan

No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (n) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Saat Gempa (Simulasi A)	Ww = 1,0 ; Ws = 1,6	0,39	0,21	0,64	n > 0,65 , dimensi rencana h1 = 1 m - 5 m b = 8 m
2		Ww = 1,2 ; Ws = 1,8	0,46	0,34	0,65	
3		Ww = 1,0 ; Ws = 1,8	0,43	0,26	0,61	
4		Ww = 1,2 ; Ws = 1,6	0,43	0,26	0,61	
No.	Kondisi Tampungan	Massa Jenis (W) (ton/m ³)	Batas rasio kelangsingan (m) yang memenuhi syarat kestabilan			Rasio kelangsingan yang dapat dipakai
			S.T.Guling	S.T.Geser	S.T.Ambles	
1	Saat Gempa (Simulasi B)	Ww = 1,0 ; Ws = 1,6	1,08	1,11	1,57	m > 1,60 , dimensi rencana h1 = 5 m b = 8 m - 10 m
2		Ww = 1,2 ; Ws = 1,8	1,08	1,17	1,57	
3		Ww = 1,0 ; Ws = 1,8	1,10	1,15	1,57	
4		Ww = 1,2 ; Ws = 1,6	1,10	1,15	1,60	

Dari hasil simulasi rasio kelangsingan pada kondisi tampungan saat gempa didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h1)= 1m–5m dan lebar dam (b)= 8m-10m.



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari uraian dan perhitungan pada bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil analisa didapatkan kapasitas volume tampungan sedimen maksimum konsolidasi dam syphon lemurung adalah 30926,25 m³. Laju sedimen pada kali Konto adalah 67,1875 m³/hari. Waktu untuk memenuhi tampungan sedimen adalah 460 hari
2. Dari hasil simulasi kestabilan diketahui semakin tinggi massa jenis material (W) maka semakin rendah kestabilan bangunan. Syarat kestabilan mempengaruhi ketinggian tampungan sedimen pada kondisi kritis.
3. Dari hasil simulasi rasio kelangsingan didapatkan dimensi rencana yang memenuhi syarat kestabilan adalah tinggi dam (h1) = 1m – 5m dan lebar dam (b) = 8m - 10m. Sehingga dimensi eksisting konsolidasi dam Syphon Lemurung merupakan dimensi yang sudah efektif.

6.2 Saran

Berdasarkan penyusunan laporan Tugas Akhir “Simulasi Kestabilan Konsolidasi-Dam di Hilir Syphon Lemurung Kali Konto Terhadap Fungsi Beban Statis dan Dinamis”, penulis ingin memberikan beberapa saran . Adapun saran yang dapat diberikn antara lain :

1. Perlu disimulaikan ketabilan bangunan konsolidasi dam secara keseluruhan, tidak hanya sekedar pada *main dam*
2. Perlu adanya tinjauan lain seperti *uplift pressure*, rembesan dan kondisi lainnya.
3. Keberadaan konsolidasi dam Syphon Lemurung sangat vital, karena memiliki fungsi utama untuk melindungi saluran irigasi dan lahan pertanian dari ancaman banjir lahar dingin.



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

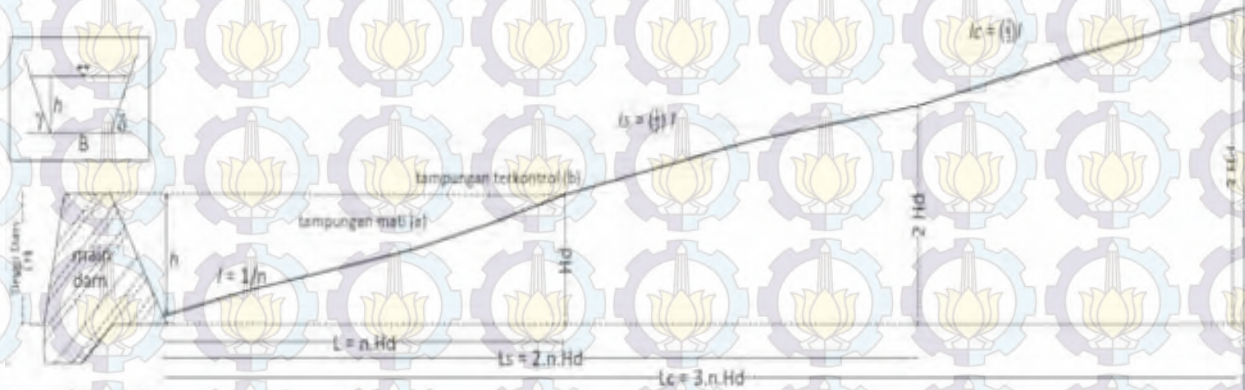
DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, J. 2000. **Pengantar Teknologi Sabo**. Yogyakarta : -
- Das, B.M., Endah, N., Mochtar, I.B. 1993. **Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta: Erlangga
- Departement of Public Works and Highways JICA. 2010. **Technical Standards and Guidelines for Planning and Desaign of Sabo Struktur**. Japan International Cooperation Agency
- Harseno, E dan Marsinus. 2008. **Analisa Stabilitas Sabo Dam dan Gerusan Lokal Kali Woro Gunung Merapi Kabupaten Klaten**. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta
- PPK Pengendalian Lahar Gunung Kelud Kediri, Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. 2011. **Pembangunan Konsolidasi Dam Syphon Lemurung Dan Perkuatan Tebing Kali Konto**. Kediri : -
- Proyek Pusat Latihan dan Pengembangan Teknik Sabo (Sabo technical Center), Direktorat Jendral Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. 1997. **Perencanaan Bendung Penahan Sedimen**. Yogyakarta : -



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

Lampiran 1 : Skema perhitungan kapasitas volume tampungan sedimen



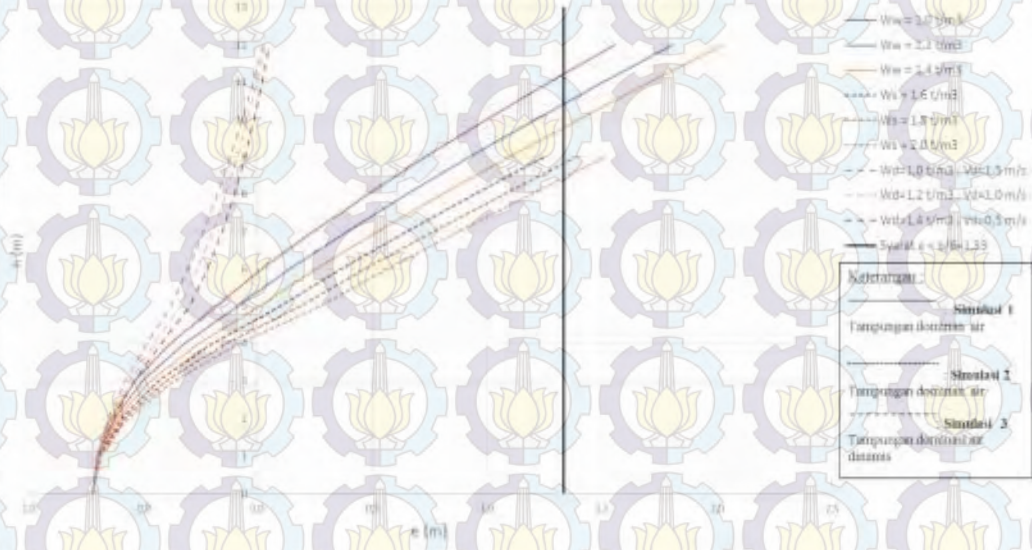
Keterangan :

- I** : Kemiringan asli dari dasar sungai ($I = 1/n$)
- I_s** : Kemiringan tampungan sedimen dari konsolidasi dam (tampungan mati)
- I_c** : Kemiringan tampungan sedimen kontrol dari konsolidasi dam (tampungan sementara)
- L** : Panjang pengaruh sedimen asli dari dasar sungai ($L = n.Hd$)
- L_s** : Panjang pengaruh sedimen akibat tampungan mati
- L_c** : Panjang pengaruh sedimen akibat tampungan kontrol

Lampiran 2 : Grafik Hubungan Simulasi Stabilitas dengan Variasi Kondisi Tampang

- Grafik Stabilitas Tidak Guling pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi H dan Massa Jenis (W)

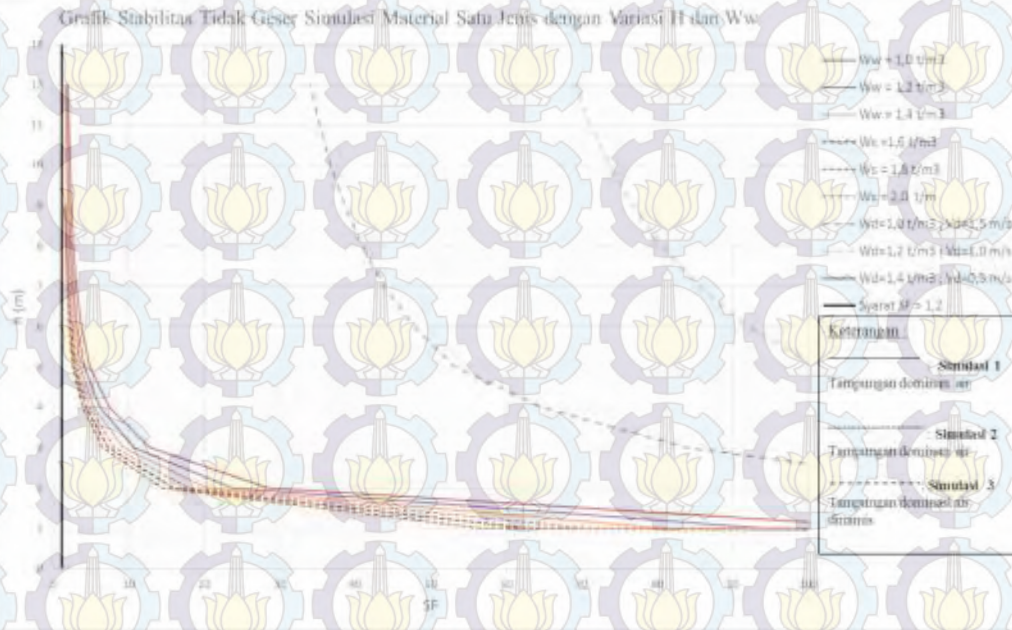
Grafik Stabilitas Tidak Guling Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi H dan W/w



Keterangan :

Syarat nilai eksentrisitas $e > B/6 = 1,33$ m, apabila garis hubungan melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,33$ m maka pada ketinggian tampungan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas guling

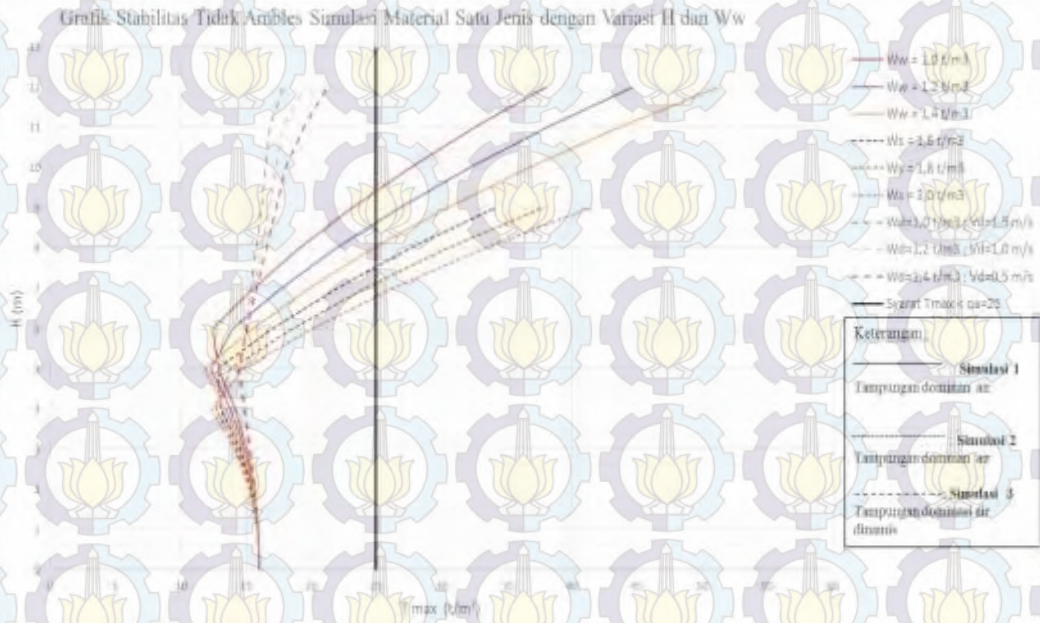
- Grafik Stabilitas Tidak Geser pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi H dan Massa Jenis (W)



Keterangan :

Syarat *Safety Faktor* (SF) $< 1,2$, apabila garis hubungan melewati batas garis $SF = 1,2$ maka pada ketinggian tampungan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas geser

- Grafik Stabilitas Tidak Ambles pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi H dan Massa Jenis (W)

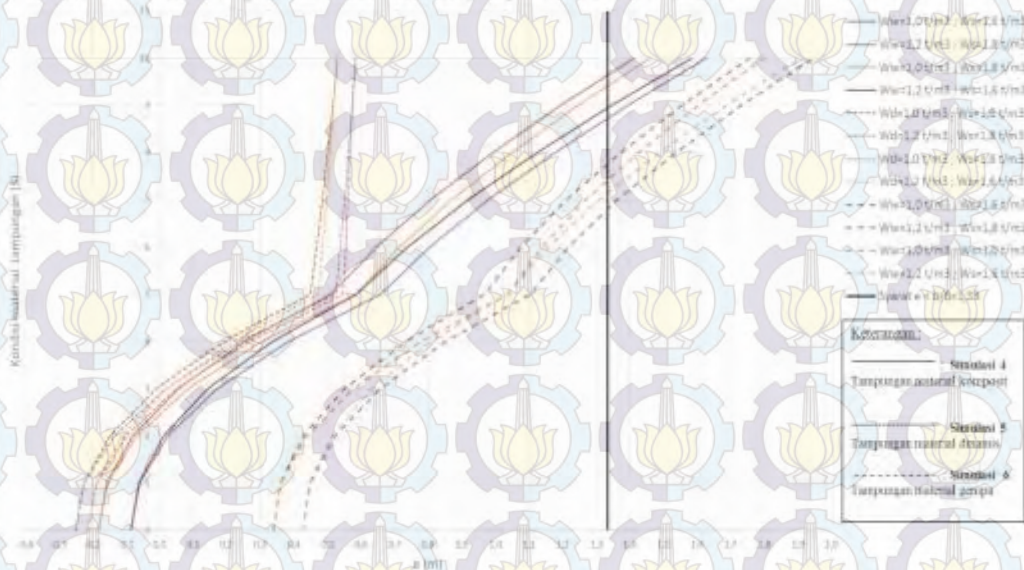


Keterangan :

Syarat daya dukung tanah (T_{max}) $> 25 \text{ ton/m}^2$, apabila garis hubungan melewati batas garis $T_{max} = 25 \text{ ton/m}^2$ maka pada ketinggian tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas ambles

- Grafik Stabilitas Tidak Guling pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi H dan Massa Jenis (W)

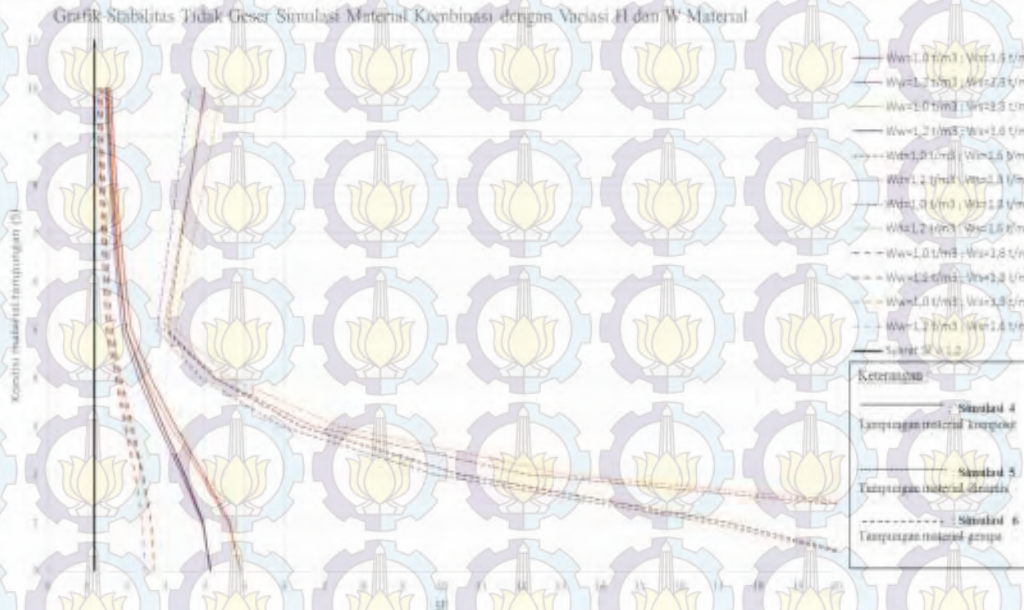
Grafik Stabilitas Tidak Guling Simulasi Material Komposit dengan Variasi H dan W Material



Keterangan :

Syarat nilai eksentrisitas $e > B/6 = 1,33$ m, apabila garis hubungan melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,33$ m maka pada ketinggian tumpangan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas guling

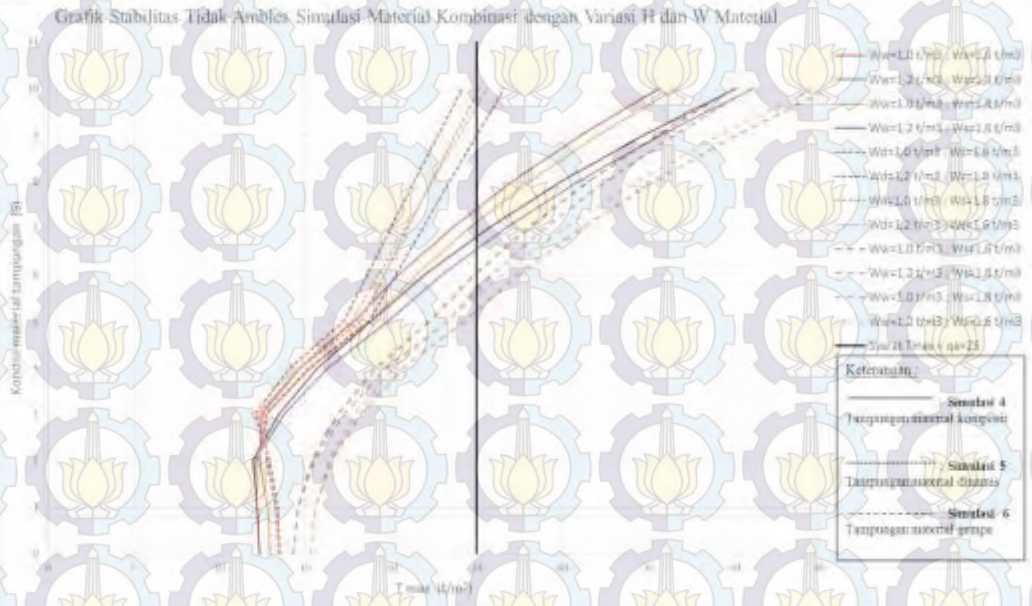
- Grafik Stabilitas Tidak Geser pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi H dan Massa Jenis (W)



Keterangan :

Syarat *Safety Faktor* (SF) < 1,2, apabila garis hubungan melewati batas garis SF = 1,2 maka pada ketinggian tumpangan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas geser

- Grafik Stabilitas Tidak Ambles pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi H dan Massa Jenis (W)

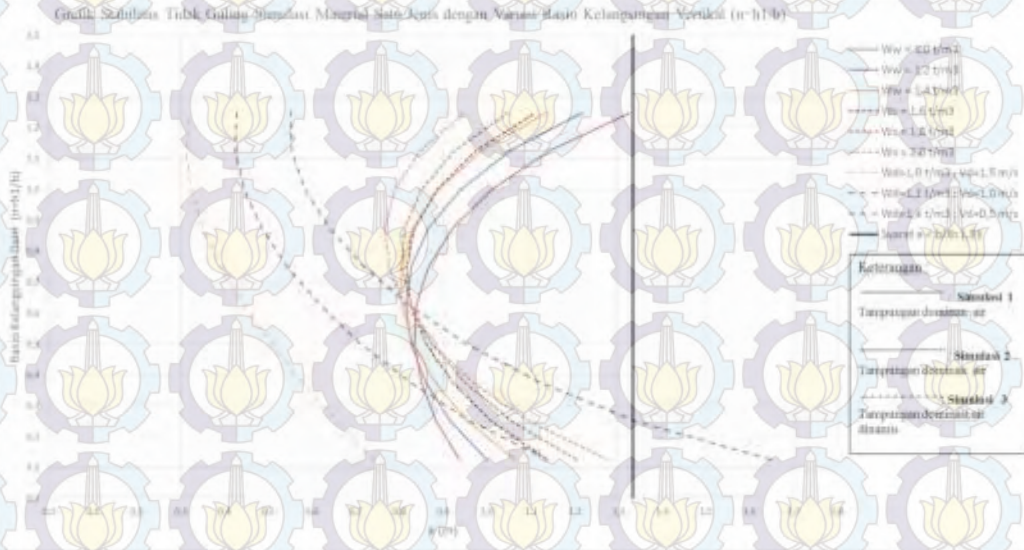


Keterangan :

Syarat daya dukung tanah (T_{max}) ≥ 25 ton/m², apabila garis hubungan melewati batas garis $T_{max} = 25$ ton/m² maka pada ketinggian tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas ambles

Lampiran 3 : Grafik Hubungan Simulasi Stabilitas dengan Variasi Rasio Kelangsingan Vertikal (n)
 (Simulasi A)

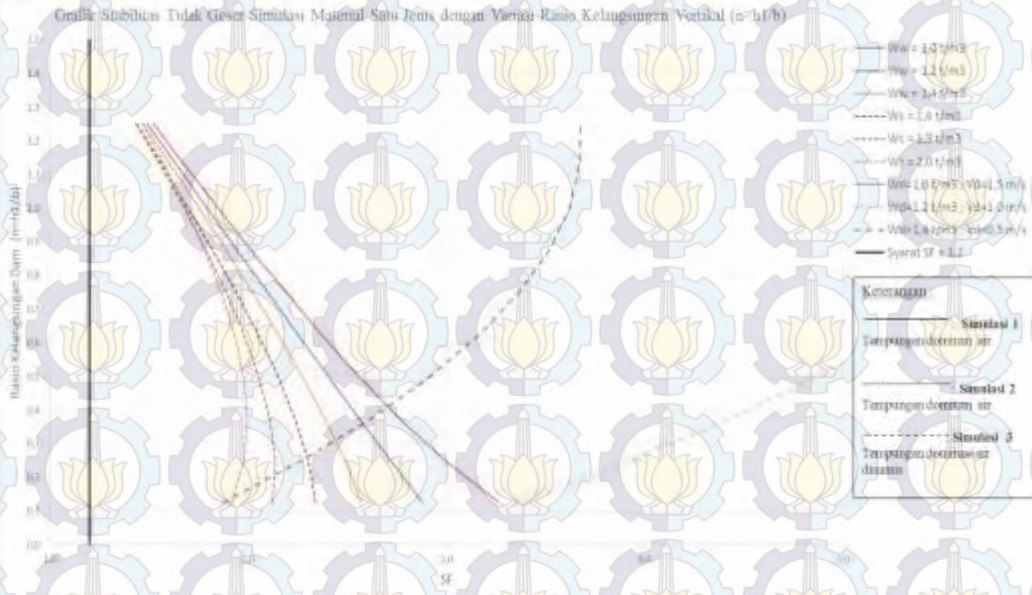
- Grafik Stabilitas Tidak Guling pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi Rasio Kelangsingan Vertikal



Keterangan :

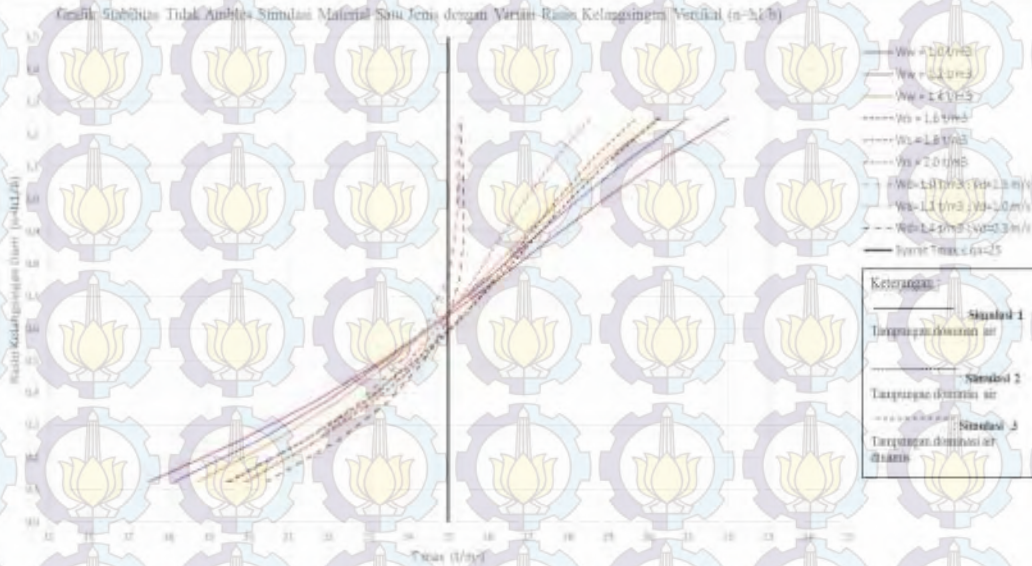
Syarat nilai eksentrisitas $e > B/6 = 1,33 \text{ m}$, apabila garis hubungan melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,33 \text{ m}$ maka pada rasio kelangsingan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas guling

- Grafik Stabilitas Tidak Geser pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi Rasio Kelangsingan Vertikal



Keterangan :
 Syarat *Safety Faktor* (SF) < 1,2, apabila garis hubungan melewati batas garis SF = 1,2 maka pada rasio kelangsingan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas geser

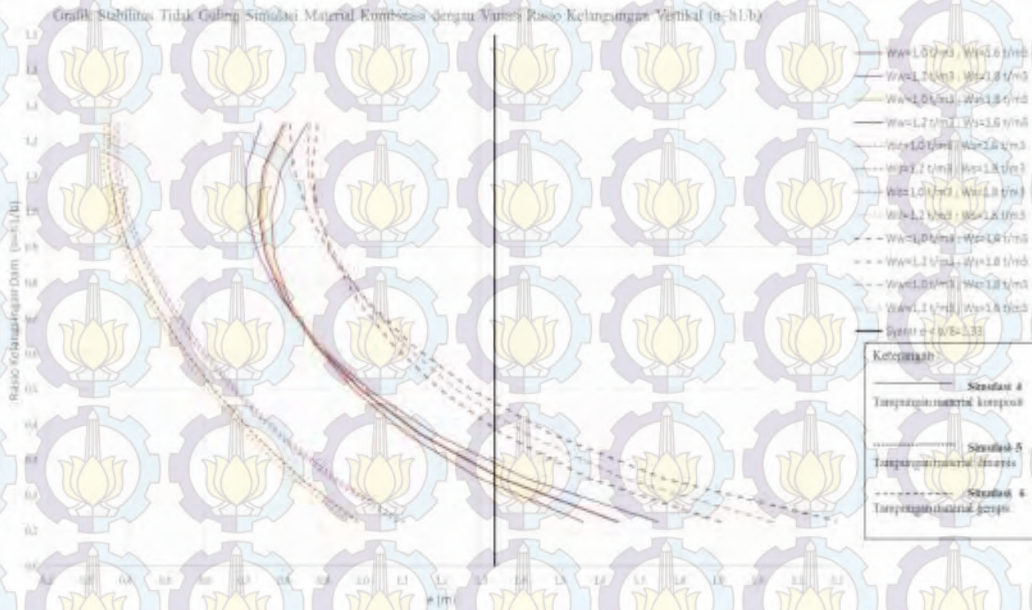
• Grafik Stabilitas Tidak Ambles pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi Rasio Kelangsingan Vertikal



Keterangan :

Syarat daya dukung tanah (T_{max}) > 25 ton/m², apabila garis hubungan melewati batas garis $T_{max} = 25$ ton/m² maka pada ketinggian tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas ambles

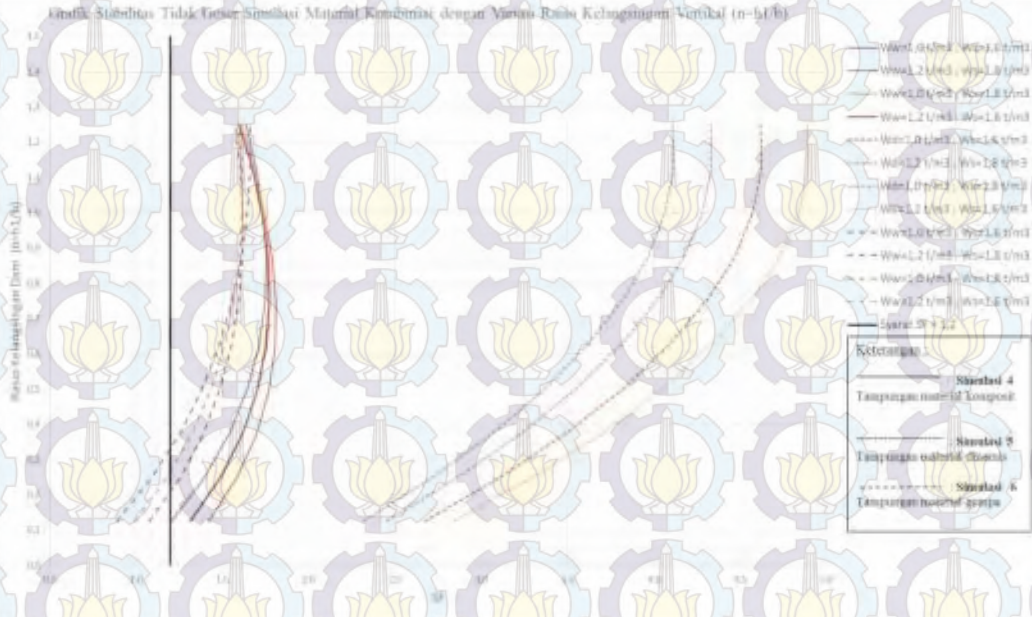
• Grafik Stabilitas Tidak Guling pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi Rasio Kelangsingan Vertikal



Keterangan :

Syarat nilai eksentrisitas $e > B/6=1,33$ m, apabila garis hubungan melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,33$ m maka pada rasio kelangsingan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas guling

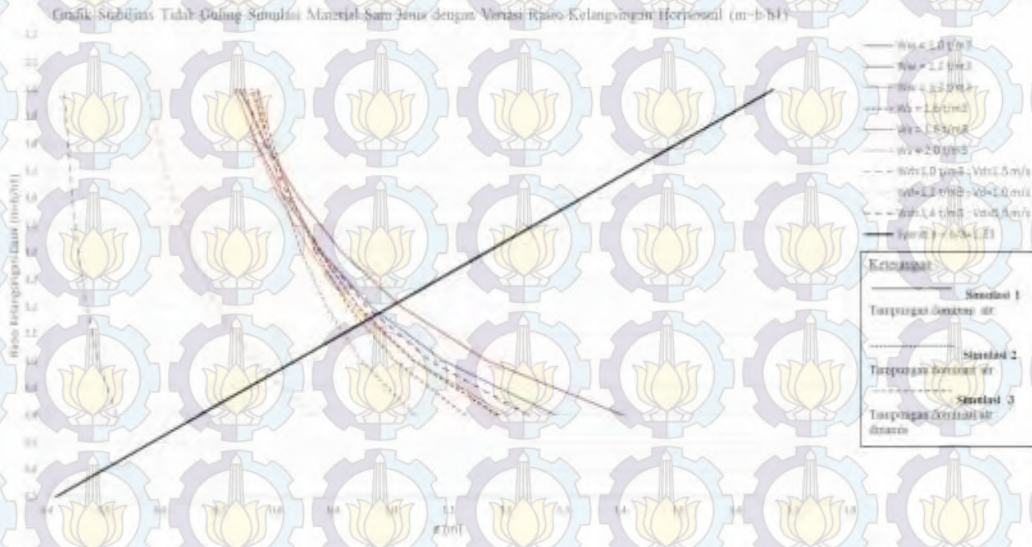
• Grafik Stabilitas Tidak Geser pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi Rasio Kelangsingan Vertikal



Keterangan :
 Syarat *Safety Factor* (SF) < 1,2, apabila garis hubungan melewati batas garis SF = 1,2 maka pada rasio kelangsingan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas geser

Lampiran 4 : Grafik Hubungan Simulasi Stabilitas dengan Variasi Rasio Kelangsingan Horizontal (m)
(Simulasi B)

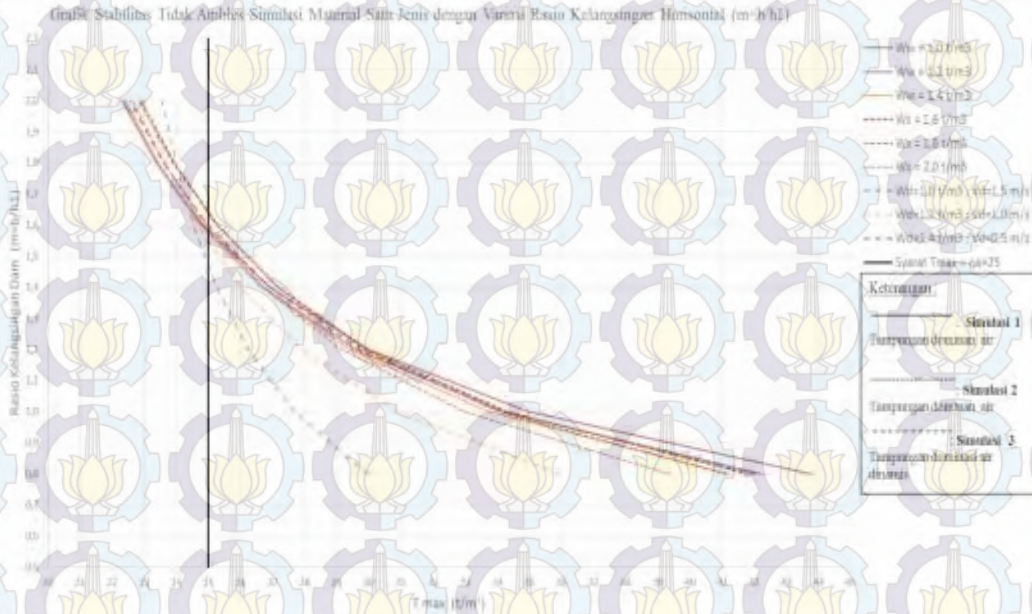
- Grafik Stabilitas Tidak Guling pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi Rasio Kelangsingan Horizontal



Keterangan :

Syarat nilai eksentrisitas $e > B/6 = 1,33$ m, apabila garis hubungan melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,33$ m maka pada rasio kelangsingan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas guling

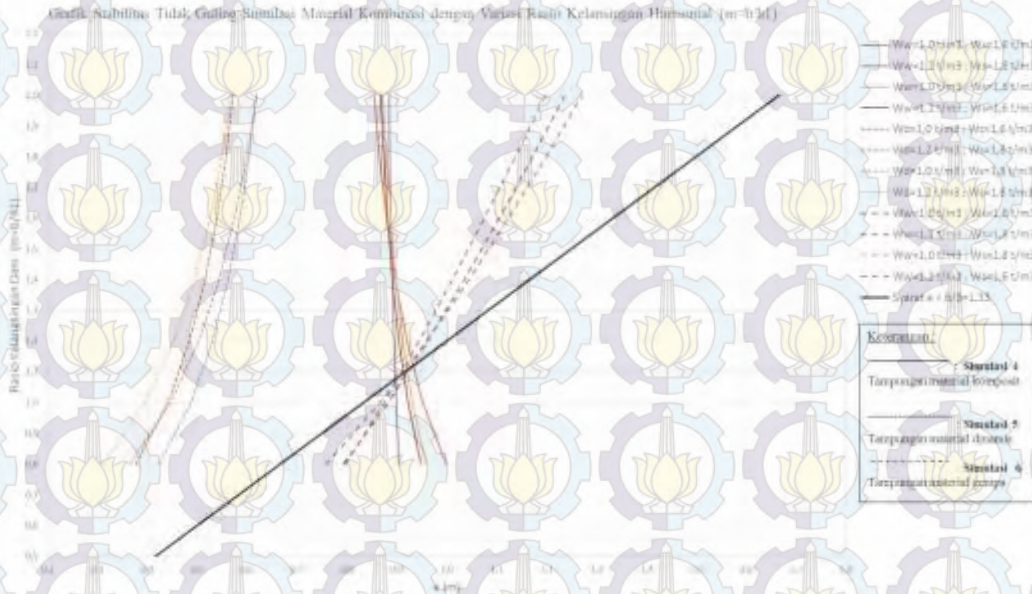
• Grafik Stabilitas Tidak Ambles pada Simulasi Material Satu Jenis dengan Variasi Rasio Kelangsingan Horizontal



Keterangan :

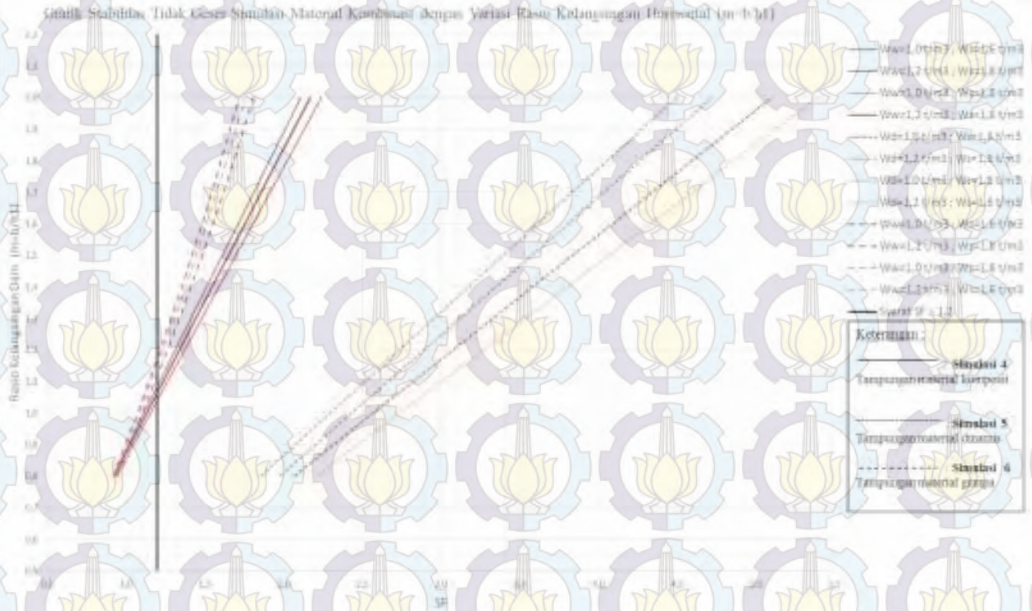
Syarat daya dukung tanah (T_{max}) $>$ 25 ton/m², apabila garis hubungan melewati batas garis $T_{max} = 25$ ton/m² maka pada ketinggian tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas ambles

• Grafik Stabilitas Tidak Guling pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi Rasio Kelangsingan Horizontal



Keterangan :
 Syarat nilai eksentrisitas $e > B/6 = 1,33$ m, apabila garis hubungan melewati batas garis eksentrisitas $e = 1,33$ m maka pada rasio kelangsingan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas guling

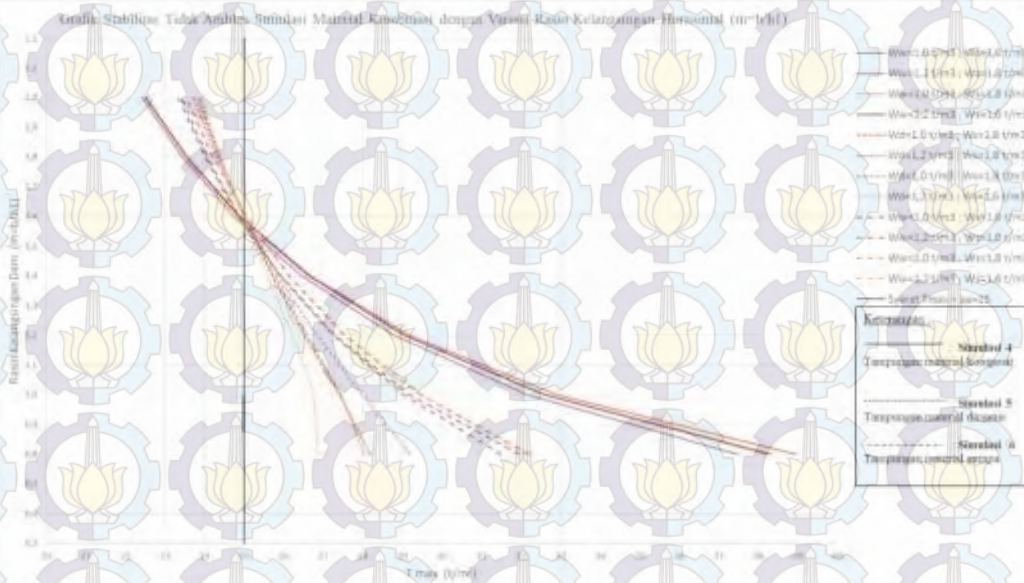
• Grafik Stabilitas Tidak Geser pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi Rasio Kelangsingan Horizontal



Keterangan :

Syarat *Safety Factor* (SF) < 1,2, apabila garis hubungan melewati batas garis SF = 1,2 maka pada rasio kelangsingan tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas geser

• Grafik Stabilitas Tidak Ambles pada Simulasi Material Komposit dengan Variasi Rasio Kelangsingan Horizontal



Keterangan :
 Syarat daya dukung tanah (Tmax) > 25 ton/m², apabila garis hubungan melewati batas garis Tmax = 25 ton/m² maka pada ketinggian tersebut bangunan tidak memenuhi syarat kestabilan yakni stabilitas ambles

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Jagul, sebuah desa di wilayah lereng Gunung Kelud, Kabupaten Kediri, pada tanggal 10 Maret 1992 dengan nama lengkap Ahmad Na'im Musyafiq. Penulis merupakan anak ketiga dan dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Jagul 2, SMP Negeri 1 Wates, SMA Negeri 7 Kediri. Penulis diterima di jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN pada tahun 2011 dengan NRP 3111100067. Selama masa perkuliahan penulis aktif di Lembaga Dakwah Kampus (LDK) dan Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ). Penulis juga beberapa kali berpartisipasi dalam kejuaraan bidang teknik sipil tingkat nasional. Penulis sangat bangga akan daerah asalnya Kediri dan berharap bisa berkontribusi langsung bagi daerahnya. Kebahagiaan keluarga sangat penting bagi penulis, oleh karena itu penulis berharap bisa terus membuat mereka tersenyum bahagia dan bangga. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran dan kritik tentang Tugas Akhir ini dapat disampaikan melalui email ahmedmoesa@gmail.com