

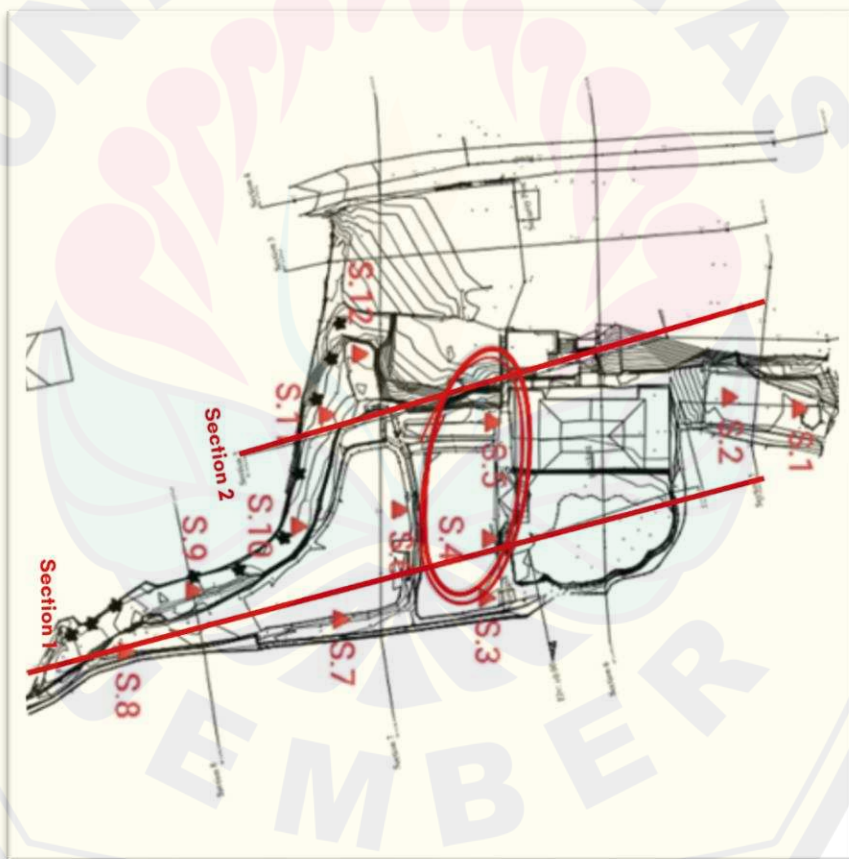
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

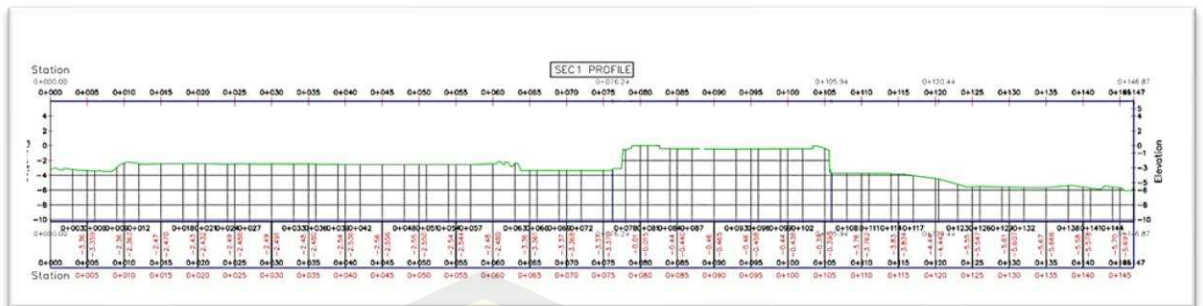
4.1 Analisis Data Penelitian

4.1.1 Interpretasi Kondisi dan Stratigrafi Tanah

Kondisi tanah pada lokasi penelitian dianalisis berdasarkan data hasil pengujian sondir pada titik S.04 dan S.05 (Gambar 3.2) yang berada di sekitar area longsor. Untuk memahami kondisi geometri lereng pada area penelitian, dilakukan peninjauan terhadap data topografi lokasi. Topografi lokasi penelitian disajikan pada Gambar 4.1. Untuk memahami variasi kemiringan lereng pada daerah studi, disajikan profil penampang melintang Section 1 dan Section 2 yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4. 1 Topografi Lokasi Penelitian



Gambar 4. 2 Profil Topografi Section 1



Gambar 4. 3 Profil Topografi Section 2

Berdasarkan Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3, dapat diketahui bahwa lokasi studi memiliki kontur yang bervariasi. Kemiringan lereng juga beragam dari landai hingga terjal. Lokasi studi ditunjukkan pada lingkaran merah pada gambar 4.3, yang berada pada STA 0+35. Pada segmen tersebut terlihat lereng dengan kemiringan yang curam dibandingkan area di sekitarnya, sehingga berpotensi menghasilkan tekanan tanah lateral yang lebih besar. Secara umum, kedua profil topografi menunjukkan bahwa area penelitian memiliki perbedaan elevasi yang cukup besar sehingga membentuk lereng dengan tingkat kecuraman yang bervariasi. Kondisi topografi tersebut menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi dalam kestabilan dinding penahan tanah karena semakin besar perbedaan elevasi dan kemiringan lereng, maka semakin besar pula potensi terjadinya pergerakan tanah.

4.1.2 Parameter Tanah

Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil pengujian sondir. Namun, data hasil pengujian tersebut belum dapat secara langsung digunakan sebagai parameter masukan dalam analisis stabilitas lereng dan dinding penahan tanah karena beberapa parameter geoteknik yang dibutuhkan umumnya diperoleh dari pengujian laboratorium. Oleh karena itu, untuk memperoleh parameter tanah yang diperlukan dalam analisis, dilakukan korelasi empiris berdasarkan nilai tahanan konus (q_c) hasil pengujian sondir berdasarkan Tabel 2.2 sampai Tabel 2.5 yang telah disajikan sebelumnya pada tinjauan pustaka.

Parameter tanah yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai data masukan dalam analisis stabilitas lereng dan perencanaan dinding penahan tanah sesuai ketentuan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik (BSN, 2017). Pada studi ini, digunakan data sondir S.05 yang paling dekat dengan lokasi studi. Hasil korelasi parameter tanah disajikan pada Tabel 4.1, sedangkan stratigrafi tanah dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4. 1 Parameter Nilai Uji Sondir dan Korelasi Titik S.05

Kedalaman (m)	q_c (Mpa)	Fr (%)	ϕ' (°)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	Cu (Kpa)	c' (kPa)
0 – 9,00	3,62	1,63	33,35	19	17,5	17,08	-
9,20 - 12,40	6,63	1,01	35,53	19,5	18	-	0
12,60 – 15,00	14,99	0,39	38,50	21	19	-	0



Gambar 4. 4 Stratigrafi Tanah Pada Lokasi Penelitian

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.4, diketahui bahwa kondisi tanah pada lokasi studi tersusun atas 3 lapisan. Kedalaman permukaan hingga 9 meter merupakan lanau kaku, disusul pasir keras setebal 3,4 meter, dan lapisan paling bawah adalah pasir berbatu. Kedalaman muka air tanah tidak diketahui pada lokasi studi. Namun, berdasarkan informasi warga kedalaman sumur pada lokasi studi berada pada kisaran 20-30 meter. Nilai tahanan konus (q_c), sudut geser dalam (ϕ'), dan modulus elastisitas (E_s) cenderung meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa lapisan tanah pada bagian bawah memiliki tingkat kepadatan dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan lapisan tanah di bagian atas. Selain itu, nilai sudut geser dalam yang berkisar antara $33,35^\circ$ hingga $38,50^\circ$ menunjukkan bahwa tanah pada lokasi penelitian memiliki kemampuan yang cukup baik dalam menahan gaya geser. Parameter tanah hasil korelasi ini selanjutnya digunakan sebagai data masukan dalam analisis stabilitas lereng dan dinding penahan tanah pada kondisi eksisting maupun pada perencanaan desain alternatif.

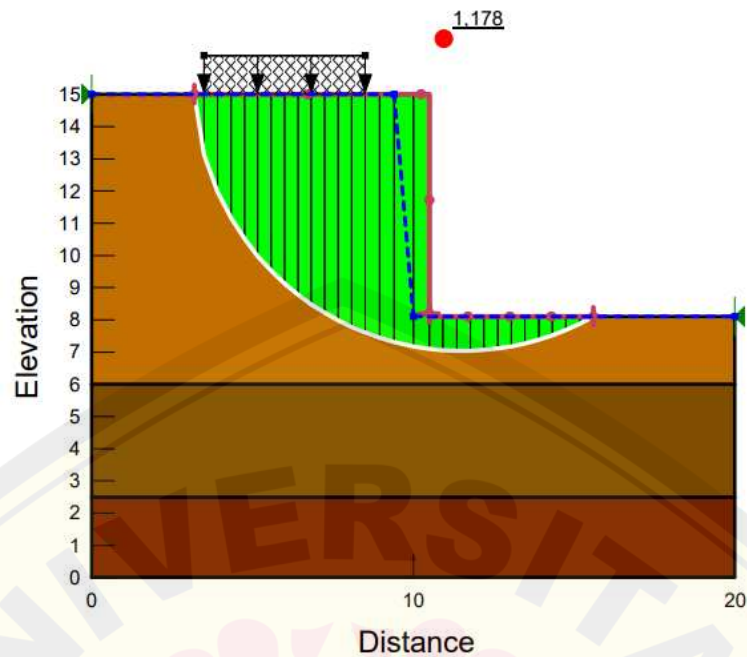


Gambar 4. 6 Kondisi DPT Eksisting Pasca Longsor

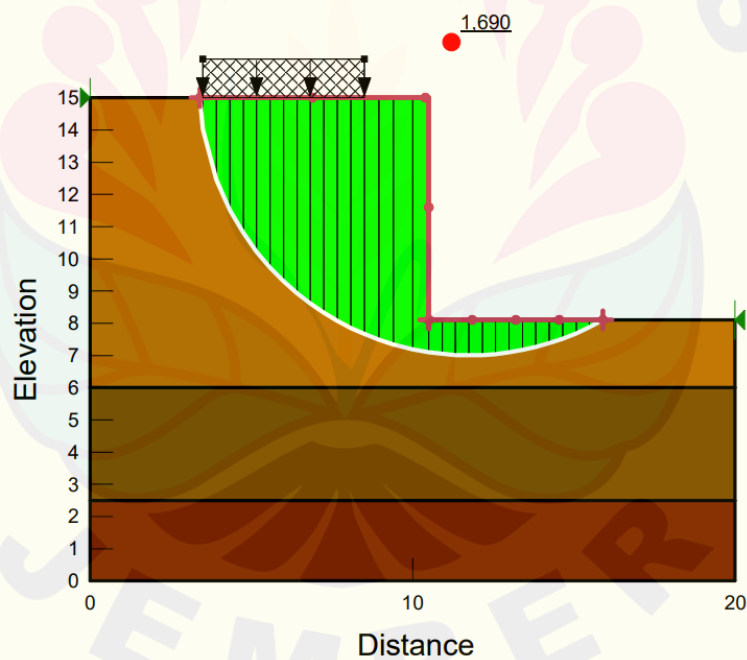
Evaluasi dilakukan dengan menghitung stabilitas dinding penahan tanah serta menganalisis stabilitas global lereng menggunakan parameter tanah hasil penyelidikan. Perhitungan stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah dilakukan secara manual dengan mengacu pada Persamaan (2.7) sampai Persamaan (2.10). Selain itu, analisis stabilitas global lereng dilakukan menggunakan perangkat lunak GeoStudio untuk mengetahui nilai faktor keamanan dan pola bidang longsor yang terbentuk. Analisis stabilitas global juga disimulasikan pada kondisi tanah jenuh atau basah untuk merepresentasikan kondisi lapangan saat terjadinya kelongsoran. Rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dan analisis stabilitas global lereng disajikan pada Tabel 4.2 serta Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

Tabel 4. 2 Analisis Stabilitas DPT Eksisting

Jenis Stabilitas	Hasil Analisis	Syarat (SNI 8460:2017)	Keterangan
Stabilitas guling	0,05	$\geq 2,0$	Tidak Aman
Stabilitas geser	0,35	$\geq 1,5$	Tidak Aman
Stabilitas daya dukung tanah	$15,4 > 7,88$	$q < q \text{ ijin}$	Tidak Aman
Stabilitas global (kering)	1,690	$\geq 1,5$	Aman
Stabilitas global (basah)	1,178	$\geq 1,5$	Tidak Aman



Gambar 4. 7 Hasil Stabilitas Global DPT Eksisting Kondisi Kering



Gambar 4. 8 Hasil Stabilitas Global DPT Eksisting Kondisi Basah

Hasil perhitungan stabilitas pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa dinding penahan tanah pasangan batu kali belum memenuhi syarat kestabilan. Nilai faktor keamanan terhadap guling dan geser keduanya berada di bawah nilai faktor keamanan minimum yang disyaratkan. Selain itu, hasil analisis daya dukung tanah

menunjukkan nilai tegangan tanah sebesar 15,4 lebih besar dari daya dukung ijin tanah sebesar 7,88, sehingga tanah dasar tidak mampu menahan beban yang bekerja pada konstruksi dinding penahan tanah.

Selain itu dari kedua pemodelan pada kondisi kering dan basah tersebut dapat diketahui bahwa kondisi kejenuhan tanah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kestabilan lereng. Berdasarkan analisis stabilitas global diperoleh faktor keamanan sebesar 1,178 pada kondisi jenuh dan 1,690 pada kondisi kering. Kondisi jenuh lebih merepresentasikan kondisi aktual di lapangan karena kegagalan dinding penahan tanah terjadi setelah hujan deras yang menyebabkan tanah menjadi jenuh, meningkatkan tekanan air pori, dan menurunkan kuat geser tanah sehingga stabilitas lereng berkurang. Meskipun pada kondisi kering nilai faktor keamanan global telah memenuhi persyaratan SNI 8460:2017, hasil analisis stabilitas guling ($SF = 0,05$), geser ($SF = 0,35$), dan daya dukung tanah masih berada jauh di bawah nilai yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, secara keseluruhan dinding penahan tanah eksisting tetap dinyatakan tidak memenuhi persyaratan stabilitas.

Berdasarkan hasil evaluasi, kegagalan dinding penahan tanah eksisting diduga dipengaruhi oleh kombinasi faktor geometri lereng yang curam, kondisi tanah yang sensitif terhadap perubahan kadar air, serta tidak adanya struktur penahan yang mampu menahan tekanan tanah lateral secara memadai. Kondisi tersebut menyebabkan lereng berada pada tingkat kerentanan longsor yang tinggi (Surastika dkk., 2025). Selain itu, dimensi dinding penahan tanah eksisting, khususnya lebar dasar pondasi, relatif kecil dibandingkan tinggi lereng yang ditahan sehingga kemampuan struktur dalam menghasilkan momen penahan dan gaya tahan geser menjadi terbatas.

Peningkatan dimensi dan berat dinding penahan tanah diketahui dapat meningkatkan nilai faktor keamanan terhadap guling dan geser karena bertambahnya gaya penahan yang bekerja pada struktur (Sari et al., 2020; Wang et al., 2020). Kondisi tersebut menyebabkan dinding penahan tanah pasangan batu kali tidak mampu menahan gaya dorong tanah yang bekerja, sehingga terjadi pergerakan tanah dan longsor pada area lereng. Selain itu, bentuk bidang longsor yang melewati bagian bawah dinding menunjukkan bahwa kegagalan yang terjadi tidak hanya

disebabkan oleh struktur dinding penahan tanah, tetapi juga dipengaruhi oleh ketidakstabilan lereng secara keseluruhan.

4.3 Evaluasi Dinding Penahan Tanah Buis Beton

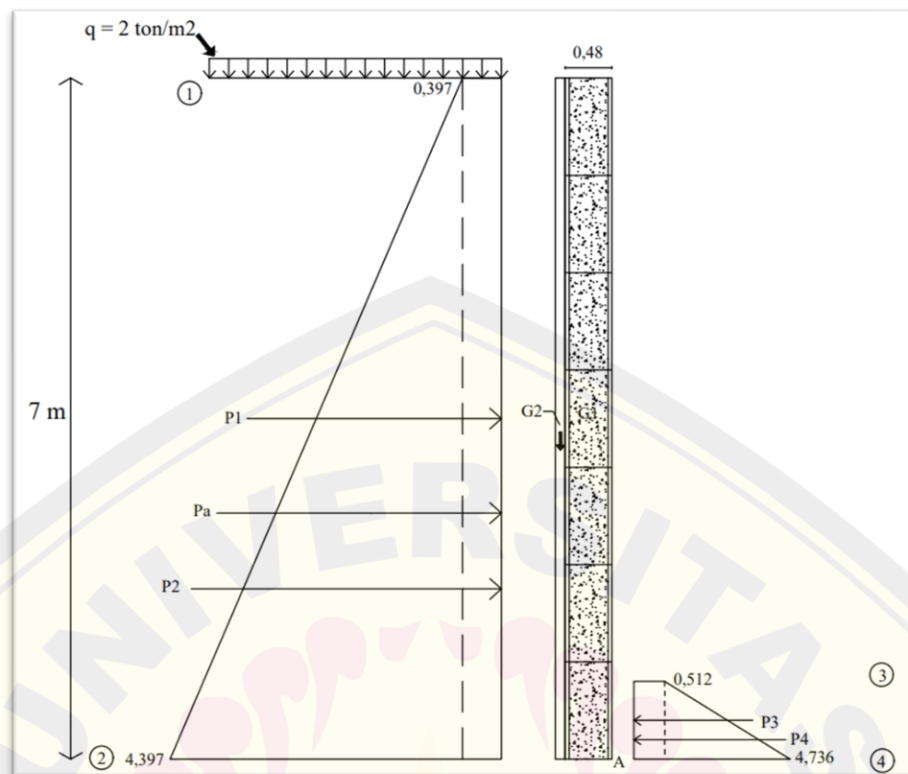
Setelah dinding penahan tanah eksisting pasangan batu kali mengalami longsor, pihak kontraktor melakukan upaya perbaikan dengan menggunakan buis beton sebagai dinding penahan tanah. Penggunaan buis beton dilakukan sebagai alternatif perkuatan lereng agar mampu menahan tekanan tanah yang bekerja pada lereng. Namun, pemasangan dinding penahan tanah tersebut dilakukan tanpa melalui tahapan perencanaan dan perhitungan yang detail, sehingga diperlukan evaluasi untuk mengetahui tingkat keamanan dan kestabilan konstruksi yang telah dipasang.

Dinding penahan tanah menggunakan buis beton sebagai material utama yang disusun secara bertingkat mengikuti kemiringan lereng dan berfungsi sebagai bekisting permanen yang kemudian diisi dengan beton untuk menambah berat struktur sehingga dapat meningkatkan kemampuan dinding dalam menahan tekanan tanah. Buis beton yang digunakan memiliki dimensi diameter 40 cm dengan tinggi 100 cm dan menggunakan mutu beton K-225. Setiap buis beton dilengkapi dengan angker besi berdiameter 22 mm yang berfungsi untuk memperkuat ikatan antar buis beton.

Penggunaan buis beton sebagai alternatif dinding penahan tanah dinilai memiliki kelebihan dari segi kecepatan pelaksanaan dan biaya konstruksi yang relatif lebih ekonomis dibandingkan metode konvensional. Namun demikian, penggunaan buis beton tetap memerlukan analisis stabilitas yang memadai untuk memastikan keamanan struktur terhadap berbagai bentuk kegagalan (Mukti dan Asmaroni, 2017).

4.3.1 Perhitungan Pembebanan Dinding Penahan Tanah Buis Beton

Analisis pembebanan dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah. Gaya yang diperhitungkan meliputi berat sendiri dinding penahan tanah, beban luar yang bekerja pada dinding, serta tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Skema pembebanan pada dinding penahan tanah ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Skema Pembebanan DPT Buis Beton

Perhitungan gaya akibat tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif ditunjukkan pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Perhitungan gaya akibat tekanan tanah aktif

Point	depth, z (m)	σ_v' (t/m ²)	K_a	$\sigma_a' = \sigma_v' K_a - 2c \sqrt{K_a}$ (t/m ²)
1	0	2	0,293	0,397
2	7	15,65	0,293	4,397

Tabel 4. 4 Perhitungan gaya akibat tekanan tanah pasif

Point	depth, z (m)	σ_v' (t/m ²)	K_p	$\sigma_p' = \sigma_v' K_p + 2c \sqrt{K_p}$ (t/m ²)
3	0	0	3,389	0,64
4	0,8	1,56	3,389	5,92

Analisis gaya yang bekerja pada konstruksi dinding penahan dilakukan terhadap titik guling A yang terletak pada kaki dinding. Perhitungan gaya dan momen yang terjadi dirangkum dalam tabel 4.5 berikut :

Tabel 4. 5 Perhitungan gaya dan momen DPT Buis Beton

Beban	Gaya (ton)	Momen Titik A	
		Lengan (m)	Momen (ton.m)
Gaya Horizontal			
P1	2,779	3,50	9,73
P2	14	2,33	32,67
P3	-0,512	0,40	-0,20
P4	-2,112	0,27	-0,56
ΣH	14,16	ΣMg	41,63
Gaya Vertikal			
G1	3,692	0,24	0,89
G2	1,638	0,24	0,39
ΣV	5,33	ΣMr	1,28

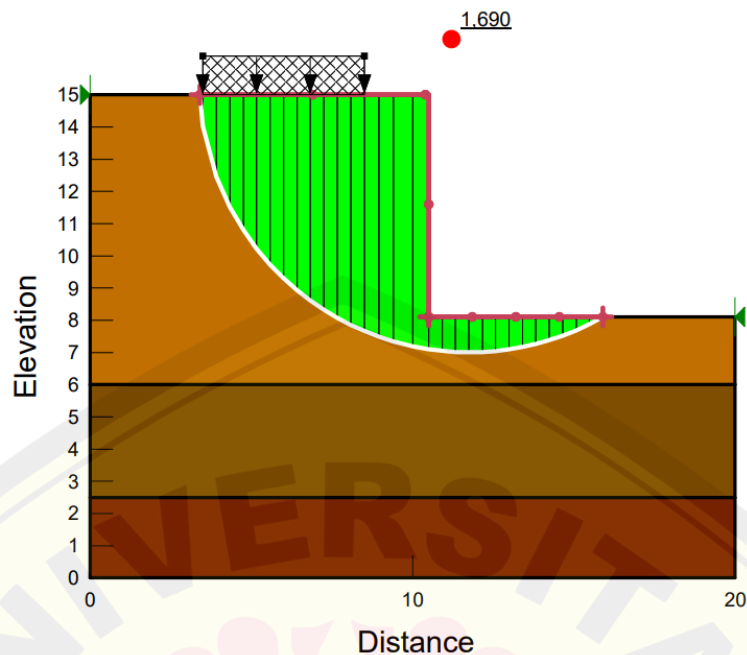
4.3.2 Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Buis Beton

Stabilitas dinding penahan tanah buis beton dievaluasi berdasarkan empat aspek, yaitu stabilitas terhadap guling, geser, daya dukung tanah, dan stabilitas global lereng. Perhitungan stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah dilakukan secara manual dengan mengacu pada Persamaan (2.7) sampai Persamaan (2.10), sedangkan analisis stabilitas global dilakukan menggunakan perangkat lunak GeoStudio.

Kelayakan dinding penahan tanah ditentukan dengan membandingkan nilai faktor keamanan hasil analisis dengan kriteria faktor keamanan minimum yang mengacu pada Tabel 2.6 berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. Suatu dinding penahan tanah dinyatakan aman apabila seluruh nilai faktor keamanan yang diperoleh memenuhi atau melebihi nilai minimum yang dipersyaratkan. Adapun hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah buis beton disajikan dalam tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Analisis Stabilitas DPT Buis Beton

Jenis Stabilitas	Hasil Analisis	Syarat (SNI 8460:2017)	Keterangan
Stabilitas guling	0,03	$\geq 2,0$	Tidak Aman
Stabilitas geser	0,24	$\geq 1,5$	Tidak Aman
Stabilitas daya dukung tanah	$11,10 > 7,84$	$q < q \text{ ijin}$	Tidak Aman
Stabilitas global	1,690	$\geq 1,5$	Aman



Gambar 4. 10 Hasil Stabilitas Global DPT Buis Beton

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa dinding penahan tanah eksisting belum memenuhi persyaratan stabilitas yang disyaratkan. Faktor keamanan terhadap guling dan geser masing-masing sebesar 0,03 dan 0,24, yang berada di bawah nilai minimum sebesar 2,0 dan 1,5. Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur tidak memiliki kemampuan yang cukup untuk menahan tekanan tanah lateral yang bekerja. Selain itu, hasil analisis daya dukung tanah menunjukkan bahwa tegangan tanah yang terjadi sebesar 11,10 melebihi daya dukung ijin sebesar 7,84, sehingga tanah dasar berpotensi mengalami keruntuhan akibat beban yang diterima.

Hasil analisis stabilitas global menunjukkan faktor keamanan sebesar 1,690, lebih besar dari nilai minimum 1,5 sesuai SNI 8460:2017. Namun, hasil tersebut tidak dapat dijadikan satu-satunya dasar dalam menilai keamanan dinding penahan tanah karena hasil analisis stabilitas guling, geser, dan daya dukung tanah masih berada di bawah persyaratan SNI 8460:2017. Oleh karena itu, secara keseluruhan dinding penahan tanah eksisting tetap dinyatakan tidak memenuhi persyaratan stabilitas.

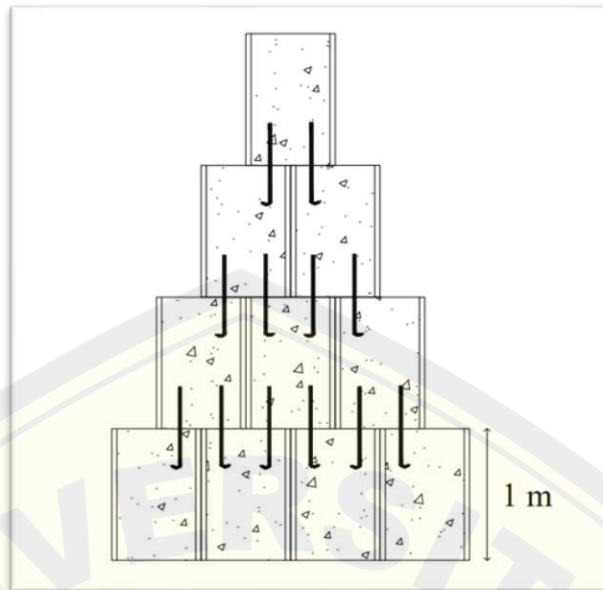
Hasil analisis stabilitas global pada dinding penahan tanah buis beton menunjukkan nilai faktor keamanan yang sama dengan hasil analisis stabilitas global dinding penahan tanah gravitasi pasangan batu kali pada kondisi kering.

Kesamaan hasil tersebut disebabkan oleh keterbatasan perangkat lunak GeoStudio dalam memodelkan geometri buis beton secara detail, sehingga pemodelan stabilitas global dilakukan dengan pendekatan geometri yang setara. Meskipun demikian, hasil perhitungan stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah menunjukkan nilai yang berbeda karena dipengaruhi oleh perbedaan dimensi, berat struktur, dan mekanisme kerja masing-masing dinding penahan tanah.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa pemasangan dinding penahan tanah buis beton yang dilakukan sebagai upaya perbaikan setelah longsornya dinding penahan tanah pasangan batu kali belum mampu memberikan stabilitas yang memadai. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Mukti dan Asmaroni (2017) yang menunjukkan bahwa penggunaan buis beton tanpa perencanaan yang memadai masih berpotensi mengalami deformasi dan ketidakstabilan akibat tekanan lateral tanah yang bekerja pada struktur. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan desain dinding penahan tanah agar mampu memenuhi persyaratan stabilitas terhadap guling, geser, daya dukung tanah, dan stabilitas global.

4.4 Perencanaan Desain Alternatif Dinding Penahan Tanah

Perencanaan desain alternatif pada penelitian ini tetap menggunakan buis beton sebagai material utama yang diisi dengan beton siklop. Desain alternatif direncanakan dengan menggunakan variasi diameter buis beton 40 cm, 60 cm, dan 80 cm. Pada setiap variasi diameter dilakukan analisis pembebanan dan stabilitas untuk mengetahui nilai faktor keamanan terhadap guling, geser, daya dukung tanah, dan stabilitas global lereng. Dimensi masing-masing alternatif direncanakan sebagai konfigurasi minimum yang memenuhi persyaratan faktor keamanan sesuai SNI 8460:2017, sehingga dapat digunakan untuk membandingkan efektivitas dan estimasi biaya setiap desain. Potongan memanjang dinding penahan tanah buis beton yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Potongan Memanjang Dinding Buis Beton

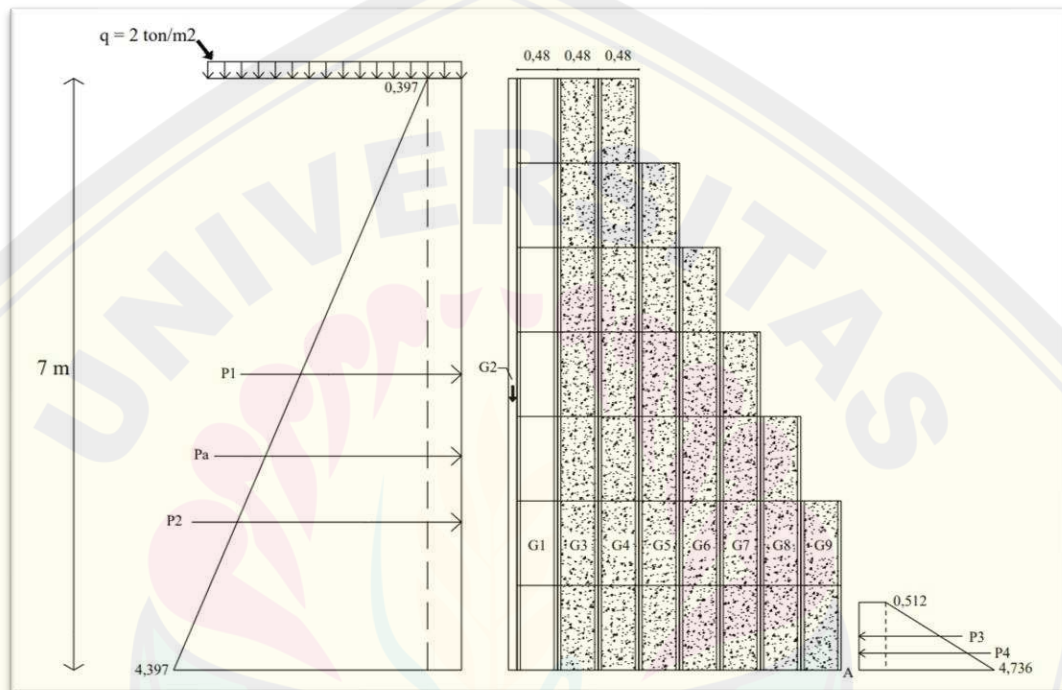
Setiap diameter kemudian direncanakan dengan konfigurasi dan susunan buis beton yang berbeda untuk memperoleh nilai faktor keamanan yang memenuhi syarat serta mendekati kondisi desain yang paling efektif. Selain mempertimbangkan aspek stabilitas, perencanaan juga mempertimbangkan efisiensi penggunaan material sehingga diperoleh desain dinding penahan tanah yang aman dan optimal. Berikut disajikan hasil analisis pada setiap variasi diameter buis beton yang digunakan dalam perencanaan desain alternatif.

4.4.1 Analisis Pembebanan dan Stabilitas Pada Desain Alternatif

Analisis pembebanan dan stabilitas pada perencanaan desain alternatif tetap dilakukan dengan tahapan perhitungan yang sama seperti pada subbab sebelumnya. Perhitungan dilakukan pada setiap desain alternatif dengan variasi diameter buis beton 40 cm, 60 cm, dan 80 cm. Setiap desain direncanakan dengan dimensi minimum yang memenuhi nilai faktor keamanan yang dipersyaratkan, sehingga tidak terjadi penggunaan material yang berlebihan. Oleh karena itu, seluruh alternatif yang dianalisis merupakan desain minimum yang telah memenuhi kriteria keamanan terhadap guling, geser, daya dukung tanah, dan stabilitas global sesuai SNI 8460:2017. Berikut merupakan hasil analisis pada masing-masing variasi diameter buis beton yang digunakan.

a. Analisis pada diameter 40 cm

Pada variasi diameter buis beton 40 cm, dinding penahan tanah direncanakan menggunakan susunan buis beton sebanyak 7 lapis. Pemasangan buis beton dilakukan secara bertingkat dengan ketinggian dinding bervariasi dari 7 m hingga 2 m. Gambar perencanaan dinding penahan tanah tersebut disajikan pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Perencanaan Desain Alternatif Diameter 40 cm

Selanjutnya, dilakukan analisis pembebanan dan analisis stabilitas untuk mengetahui keamanan dinding penahan tanah terhadap gaya-gaya yang bekerja. Hasil perhitungan pembebanan dan stabilitas pada variasi diameter buis beton 40 cm disajikan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut.

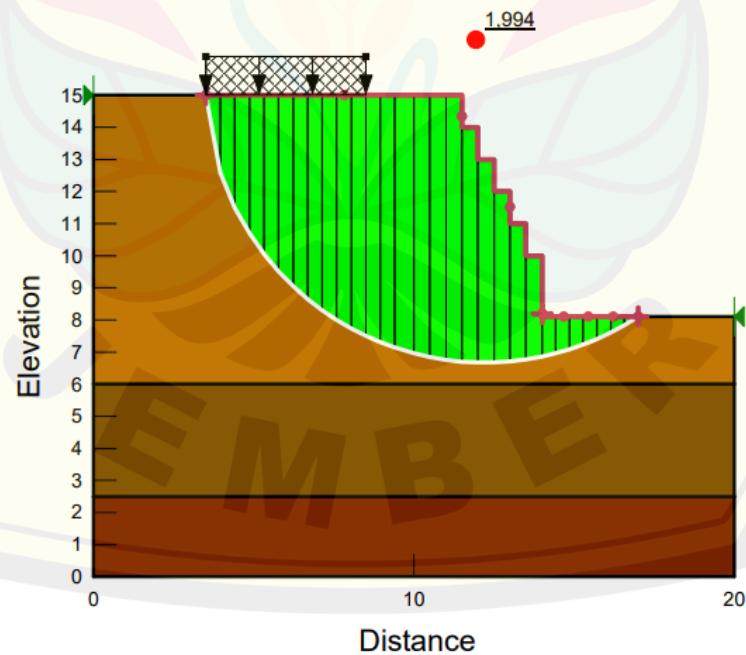
Tabel 4. 7 Perhitungan Gaya dan Momen Desain Alternatif Diameter 40 cm

Beban	Gaya	Momen Titik A	
		Lengan	Momen
Gaya Horizontal			
P1	2,78	3,50	9,73
P2	14,00	2,33	32,67
P3	-0,51	0,40	-0,20
P4	-2,11	0,27	-0,56

Beban	Gaya	Momen Titik A	
		Lengan	Momen
ΣH	14,16	ΣMg	41,63
Gaya Vertikal			
G1	3,70	3,60	13,31
G2	1,64	3,60	5,90
G3	7,39	3,12	23,06
G4	7,13	2,64	18,82
G5	6,07	2,16	13,12
G6	5,02	1,68	8,43
G7	3,96	1,20	4,75
G8	2,90	0,72	2,09
G9	1,80	0,24	0,43
ΣV	39,60	ΣMr	89,90

Tabel 4. 8 Analisis Stabilitas Desain Alternatif Diameter 40 cm

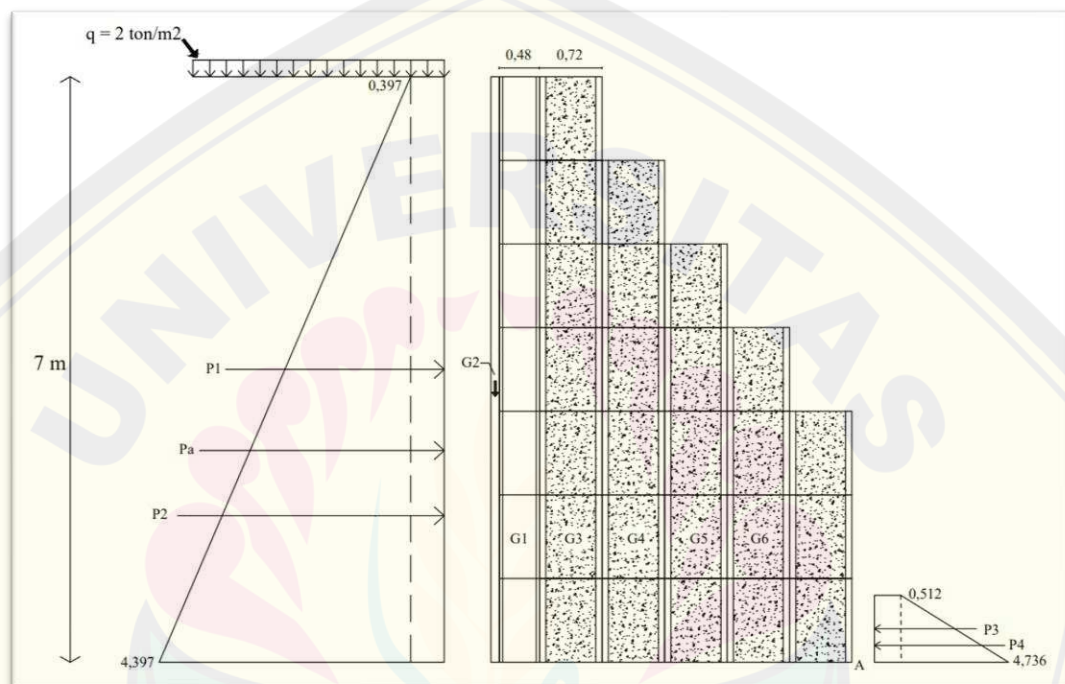
Jenis Stabilitas	Hasil Analisis	Syarat (SNI 8460:2017)	Keterangan
Stabilitas guling	2,15	$\geq 2,0$	Aman
Stabilitas geser	1,79	$\geq 1,5$	Aman
Stabilitas daya dukung tanah	$10,31 < 14,74$	$q < q \text{ ijin}$	Aman
Stabilitas global	1,994	$\geq 1,5$	Aman



Gambar 4. 13 Hasil Stabilitas Global Desain Alternatif Diameter 40 cm

b. Analisis pada diameter 60 cm

Pada variasi diameter buis beton 60 cm, dinding penahan tanah direncanakan menggunakan susunan buis beton sebanyak 5 lapis. Pemasangan buis beton tetap dilakukan secara bertingkat dengan ketinggian dinding bervariasi dari 7 m hingga 3 m. Gambar perencanaan dinding penahan tanah tersebut disajikan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Perencanaan Desain Alternatif Diameter 60 cm

Perhitungan analisis pembebanan dan analisis stabilitas untuk mengetahui keamanan dinding penahan tanah terhadap gaya-gaya yang bekerja pada variasi diameter buis beton 60 cm disajikan pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 berikut.

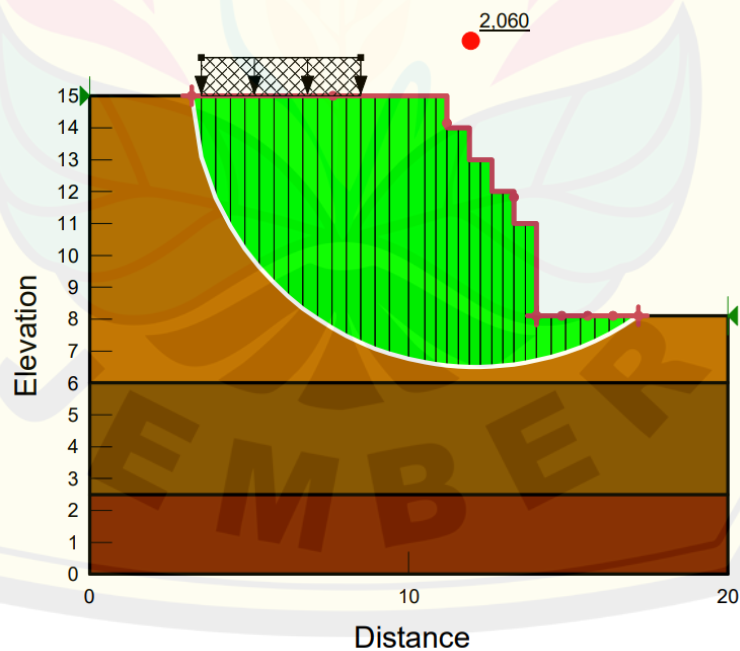
Tabel 4. 9 Perhitungan Gaya dan Momen Desain Alternatif Diameter 60 cm

Beban	Gaya	Momen Titik A	
		Lengan	Momen
Gaya Horizontal			
P1	2,78	3,50	9,73
P2	14,00	2,33	32,67
P3	-0,51	0,40	-0,20
P4	-2,11	0,27	-0,56
ΣH	14,16	ΣMg	41,63

Beban	Gaya	Momen Titik A	
		Lengan	Momen
Gaya Vertikal			
G1	3,70	3,84	14,19
G2	1,64	3,84	6,29
G3	10,69	3,24	34,64
G4	9,11	2,52	22,95
G5	7,52	1,80	13,54
G6	5,94	1,08	6,42
G7	3,88	0,36	1,40
ΣV	42,48	ΣMr	99,43

Tabel 4. 10 Analisis Stabilitas Desain Alternatif Diameter 60 cm

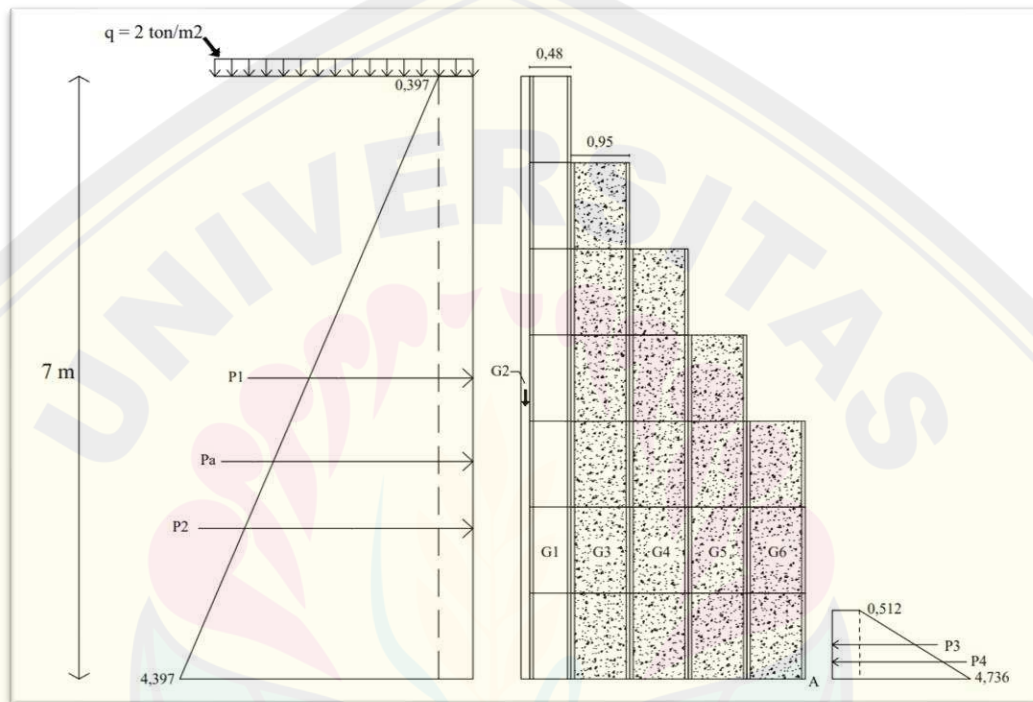
Jenis Stabilitas	Hasil Analisis	Syarat (SNI 8460:2017)	Keterangan
Stabilitas guling	2,38	$\geq 2,0$	Aman
Stabilitas geser	1,92	$\geq 1,5$	Aman
Stabilitas daya dukung tanah	$10,41 < 15,23$	$q < q \text{ ijin}$	Aman
Stabilitas global	2,060	$\geq 1,5$	Aman



Gambar 4. 15 Hasil Stabilitas Global Diameter 60 cm

c. Analisis pada diameter 80 cm

Pada variasi diameter buis beton 80 cm, dinding penahan tanah direncanakan menggunakan susunan buis beton sebanyak 4 lapis. Pemasangan buis beton dilakukan secara bertingkat dengan ketinggian dinding bervariasi dari 6 m hingga 3 m. Gambar perencanaan dinding penahan tanah tersebut disajikan pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Perencanaan Desain Alternatif Diameter 80 cm

Perhitungan analisis pembebanan dan analisis stabilitas yang bekerja pada variasi diameter buis beton 80 cm disajikan pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 berikut.

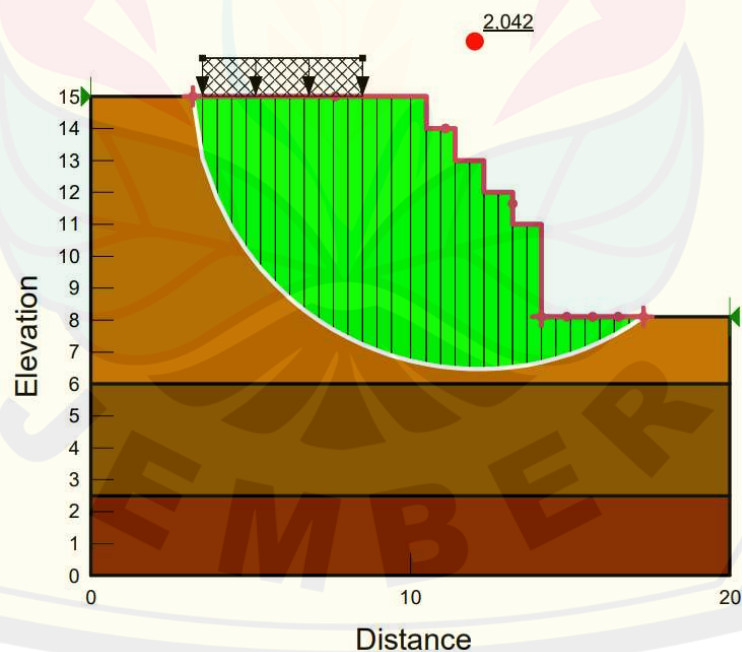
Tabel 4. 11 Analisis Pembebanan Desain Alternatif Diameter 80 cm

Beban	Gaya	Momen Titik A	
		Lengan	Momen
Gaya Horizontal			
P1	2,78	3,50	9,73
P2	14,00	2,33	32,67
P3	-0,51	0,40	-0,20
P4	-2,11	0,27	-0,56
ΣH	14,16	ΣMg	41,63

Beban	Gaya	Momen Titik A	
		Lengan	Momen
Gaya Vertikal			
G1	3,70	4,04	14,93
G2	1,64	4,04	6,62
G3	12,0175	3,33	39,96
G4	9,9275	2,38	23,58
G5	7,8375	1,43	11,17
G6	5,1205	0,47	2,43
ΣV	40,24	ΣMr	98,69

Tabel 4. 12 Analisis Stabilitas Desain Alternatif Diameter 80 cm

Jenis Stabilitas	Hasil Analisis	Syarat (SNI 8460:2017)	Keterangan
Stabilitas guling	2,37	$\geq 2,0$	Aman
Stabilitas geser	1,81	$\geq 1,5$	Aman
Stabilitas daya dukung tanah	$9,40 < 15,64$	$q < q \text{ ijin}$	Aman
Stabilitas global	2,042	$\geq 1,5$	Aman



Gambar 4. 17 Hasil Stabilitas Global Diameter 80 cm

4.4.2 Rekapitulasi Faktor Keamanan Desain Alternatif

Rekapitulasi faktor keamanan pada desain alternatif dilakukan untuk mempermudah perbandingan hasil analisis stabilitas pada setiap variasi diameter buis beton yang digunakan. Hasil rekapitulasi tersebut digunakan untuk menentukan desain dinding penahan tanah yang paling memenuhi kriteria keamanan dan kestabilan. Tabel 4.13 berikut menyajikan rekapitulasi hasil perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Faktor Keamanan Desain Alternatif

Rekapitulasi Faktor Keamanan Perbaikan Desain Alternatif						
No	Diameter Buis Beton (cm)	SF Guling	SF Geser	SF Global	q : q ijin	Keterangan
1	40	2,15	1,79	1,994	10,31 < 14,74	Aman
2	60	2,38	1,92	2,060	10,41 < 15,23	Aman
3	80	2,37	1,81	2,042	9,40 < 15,64	Aman

Berdasarkan hasil rekapitulasi faktor keamanan pada Tabel 4.13, seluruh variasi diameter buis beton yang direncanakan telah memenuhi persyaratan stabilitas yang ditetapkan dalam SNI 8460:2017. Nilai faktor keamanan terhadap guling pada ketiga variasi diameter berada di atas batas minimum 2,0, sedangkan faktor keamanan terhadap geser dan stabilitas global juga telah memenuhi nilai minimum 1,5. Selain itu, hasil pemeriksaan daya dukung tanah menunjukkan bahwa tegangan tanah yang terjadi (q) masih lebih kecil dibandingkan daya dukung izin tanah (qijin), sehingga seluruh variasi diameter dinyatakan aman terhadap keruntuhan daya dukung. Dengan demikian, diameter buis beton 40 cm, 60 cm, dan 80 cm secara teknis telah memenuhi seluruh kriteria stabilitas yang dipersyaratkan.

Meskipun seluruh variasi diameter memenuhi persyaratan keamanan, terdapat perbedaan tingkat kinerja stabilitas pada masing-masing desain. Peningkatan diameter buis beton menyebabkan bertambahnya berat struktur dan volume beton siklop yang berfungsi sebagai gaya penahan terhadap tekanan tanah, sehingga nilai faktor keamanan cenderung meningkat. Hal ini terlihat pada nilai faktor keamanan geser dan stabilitas global yang mengalami kenaikan dari diameter 40 cm hingga 80 cm. Hasil analisis stabilitas global pada Gambar 4.10, Gambar

4.12, dan Gambar 4.14 juga menunjukkan bahwa bidang longsor kritis berada di belakang struktur dinding penahan tanah dan tidak memotong tubuh dinding secara signifikan, yang mengindikasikan bahwa struktur telah mampu memberikan tahanan yang cukup terhadap pergerakan massa tanah. Selain itu, peningkatan diameter buis beton menyebabkan area massa penahan menjadi lebih besar sehingga potensi pergerakan tanah dapat dikurangi.

4.4.3 Estimasi Biaya Berdasarkan Volume Beton

Meskipun seluruh variasi diameter telah memenuhi kriteria stabilitas, pemilihan desain akhir tidak hanya mempertimbangkan nilai faktor keamanan, tetapi juga estimasi biaya berdasarkan volume beton. Volume beton digunakan sebagai parameter perbandingan karena perubahan dimensi dinding penahan tanah secara langsung mempengaruhi jumlah material yang digunakan dan biaya konstruksi yang dibutuhkan (Kayabekir et al., 2020; Schmied, 2021). Oleh karena itu, perbandingan total biaya pada penelitian ini dilakukan berdasarkan kebutuhan jumlah buis beton, volume beton, dan total biaya konstruksi yang dihasilkan pada masing-masing variasi diameter. Hasil analisis kebutuhan beton disajikan pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4. 14 Perbandingan Kebutuhan Biaya Desain Alternatif

Diameter Buis Beton (cm)	Kebutuhan Buis Beton (buah)	Total Kebutuhan Volume Beton (m ³)	Total Harga Buis Beton (Rp)	Total Harga Beton (Rp)	Total Biaya (Rp)
40	714	121,51	Rp82.196.394	Rp129.195.508	Rp211.391.902
60	350	131,83	Rp59.678.150	Rp140.168.248	Rp199.846.398
80	191	126,02	Rp33.902.500	Rp133.990.765	Rp167.893.265

Berdasarkan Tabel 4.14, perbedaan total biaya pada setiap variasi diameter dipengaruhi oleh kebutuhan jumlah buis beton dan volume beton yang digunakan. Variasi diameter 40 cm memerlukan jumlah buis beton paling banyak, yaitu 714 buah, sehingga menghasilkan biaya pembelian buis beton tertinggi. Meskipun volume beton yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan diameter 60 cm, total biaya yang dikeluarkan tetap menjadi yang terbesar akibat tingginya kebutuhan jumlah buis beton.

Pada diameter 60 cm, kebutuhan buis beton berkurang menjadi 350 buah, namun volume beton yang diperlukan meningkat menjadi 131,83 m³ sehingga biaya beton menjadi yang tertinggi. Sementara itu, diameter 80 cm hanya membutuhkan 191 buah buis beton dengan volume beton sebesar 126,02 m³. Kombinasi kebutuhan buis beton yang paling sedikit dan volume beton yang relatif lebih rendah menghasilkan total biaya terendah, yaitu sebesar Rp167.893.265. Dengan demikian, diameter buis beton 80 cm menjadi alternatif yang paling efisien karena mampu memenuhi seluruh persyaratan stabilitas dengan biaya konstruksi yang paling rendah.

