

ANALISIS STABILITAS TANAH DAN PENANGANAN LONGSOR DENGAN PERKUATAN BRONJONG DI JALAN RAYA CIBARUSAH MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS

Holik Sanwani¹⁾, Hikmad Lukman²⁾, Titik Penta Artiningsih³⁾

ABSTRAK

Pembangunan proyek dinding penahan tanah pada Jalan Raya Cibarusah dibangun untuk memperbaiki kembali infrastruktur jalan yang rusak akibat longsor yang terjadi pada tanah di sekitar jembatan. Oleh karena itu dalam pembangunan dinding penahan tanah ini perlu dianalisa kembali daya dukung tanah agar tidak terjadi kembali hal-hal yang merugikan dan membahayakan untuk masyarakat disekitarnya. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui faktor keamanan dari Dinding penahan tanah bronjong Jalan Raya Cibarusah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung, menganalisa dan mengevaluasi konstruksi bronjong menggunakan Program plaxis dan *simplified bishop method*. Dalam metode penyusunan laporan ini langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan studi pustaka yaitu tinjauan teori yang berhubungan dengan proyek bersangkutan. Studi pustaka ini diambil dari buku-buku (literatur) atau diktat mata kuliah yang berhubungan dengan *simplified bishop method* dan metode plaxis. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan konstruksi bronjong di Jalan raya Cibarusah efektif untuk menjadi solusi penanganan longsor meningkatkan nilai faktor aman pada kondisi sebelum dilakukan penanganan dan Penggunaan program komputer untuk menganalisis kestabilan lereng mempermudah dan mempercepat proses perhitungan stabilitas lereng.

Kata kunci : geoteknik, lomgsor , plaxis , stabilitas lereng, bishop, bronjong

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi karena pergerakan masa tanah dan bebatuan. Longsor merupakan pergerakan material tanah yang turun dari atas menuju ke bawah. Secara umum terjadinya bencana longsor disebabkan oleh terjadinya gravitasi bumi yang mempengaruhi lereng pada tanah tersebut namun ada faktor lain yang membuat longsor bisa saja terjadi yaitu faktor hujan lebat, penggundulan hutan dan gempa bumi.

Untuk mengurangi bahaya longsor yang bisa terjadi maka pada lereng tanah biasanya dibuatkan dinding penahan tanah yang berfungsi untuk menahan pergerakan tanah ketika hujan tiba, pembuatan dinding penahan tanah juga harus dibarengi dengan pembuatan parit atau selokan untuk membuang air hujan, sehingga air tersenut tidak akan menimbulkan erosi pada tanah. Dinding penahan tanah dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu penahan dinding cor beton, penahan dinding turap baja, dan penahan dinding bronjong.

Bronjong adalah anyaman kawat baja yang dilapisi dengan seng atau galvanis. Anyaman kawat baja ini berbentuk sebuah kotak atau balok. Bagian dalamnya diisi dengan batu-batu berukuran besar untuk mencegah erosi. Biasanya dipasang pada area tebing sungai yang menjalani pekerjaan normalisasi serta untuk mengatasi gerusan akibat arus sungai. Karena kekuatan anyaman baja ini cukup tinggi, maka untuk mengayam dan membentuk memerlukan tenaga mesin.

Fungsi bronjong diantaranya adalah melindungi dan memperkuat struktur tanah disekitar tebing agar tidak terjadi longsor, tepi sungai, dan tanggul. Bronjong juga bisa digunakan sebagai pembentuk bendungan untuk meningkatkan volume air sungai. Bagian tepi sungai bisa mengalami erosi akibat arus sungai yang deras dan terus menerus terjadi. Bronjong akan berfungsi sebagai penjaga area tepi sungai dari arus sungai sehingga bantaran sungai tidak akan mudah hancur.

Keunggulan konstruksi bronjong dibanding konstruksi penahan yang lain seperti yang terbuat dari beton, beronjong bersifat flexibel sehingga bisa mengikuti pergerakan tanah yang ada dibawahnya tanpa harus merusak konstruksi dasar, tumpukan-tumpukan batu di dalam bronjong memungkinkan air untuk mengalir di sela-selanya sehingga tekanan tanah akan berkurang dan mengurangi resiko tanah longsor khususnya untuk bangunan yang berada disekitar tebing dan harga bronjong jauh lebih ekonomis di banding dengan penahan dari beton. Kawatnya mudah di dapatkan, kemudian juga dengan batu-batu pengisinya. Harga yang ekonomis ini juga dipengaruhi teknik pembuatan dan biaya pengiriman karena bobot kawat lebih ringan dibanding dengan beton.

Pembangunan proyek dinding penahan tanah pada Jalan Raya Cibarusah dibangun untuk memperbaiki kembali infrastruktur jalan yang rusak akibat longsor yang terjadi pada tanah di sekitar jembatan. Oleh karena itu dalam pembangunan dinding penahan tanah ini perlu dianalisa kembali daya dukung tanah agar tidak terjadi kembali hal-hal yang merugikan dan membahayakan untuk masyarakat disekitarnya. Perhitungan kestabilan tanah pada konstruksi bronjong dapat dilakukan dengan analisis secara manual

menggunakan simplified bishop method. Perhitungan analisis kestabilan tanah di zaman sekarang dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat komputer.

Pada kemajuan teknologi saat ini dan perkembangan peradaban, manusia semakin dipermudah dalam mengerjakan suatu pekerjaan dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk dalam menganalisa dan merencanakan proyek pada pekerjaan sipil, terdapat banyak program yang dapat diaplikasikan dalam membantu masalah ini salah satunya adalah program plaxis.

Plaxis adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axisymetris. Program ini menetapkan metode antar muka grafis yang memudahkan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaringan elemen berdasarkan penampang melintang dan kondisi yang ingin dianalisis. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukkan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui faktor keamanan dari Dinding penahan tanah bronjong Jalan Raya Cibarusah. Hasil dari perhitungan dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi untuk meningkatkan kualitas pembangunan Dinding penahan tanah bronjong.

1.2. Maksud dan Tujuan

Untuk menghitung, menganalisa dan mengevaluasi konstruksi bronjong menggunakan Program plaxis dan simplified bishop method dengan tujuan :

- Mencari nilai faktor aman pada lokasi penelitian
- Mengetahui efektivitas konstruksi bronjong sebagai alternatif penanganan longsor.

1.3. Tinjauan Pustaka

a. Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang dan partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Menurut Craig (1989), tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

b. Lereng dan Longsor

- Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap

suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das 1985).

- Longsor adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Secara umum kejadian longsor disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu.

c. Stabilitas Lereng

Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng urugan tanah.

• Teori Analisis Stabilitas Lereng

Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dasar – dasar teori yang dipakai untuk menyelesaikan masalah tentang stabilitas longsor dan daya dukung tanah menggunakan teori metode irisan (*Method of Slice*), *metode Bishop* (*Bishop's Method*) dan Metode Fellinius.

Bentuk umum untuk perhitungan stabilitas lereng adalah mencari angka keamanan (η) dengan membandingkan momen-momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja.

$$F_k = (\text{Momen penahan}) / (\text{Momen penggerak}) = (W.X) / (C_u.L.R) \dots\dots\dots 1$$

Dimana :

F_k = Faktor keamanan

W = Berat tanah yang akan longsor (kN)

LAC = Panjang Lengkungan

C = Kohesi (kN/m²)

R = Jari – jari lingkaran bidang longsor yang ditinjau (m)

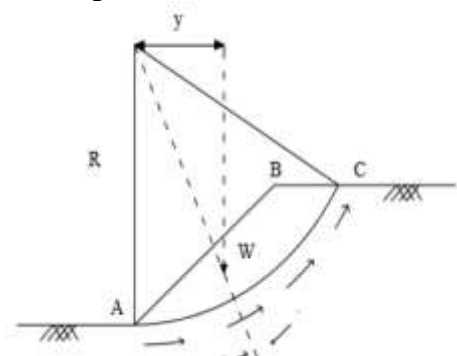
Y = Jarak pusat berat W terhadap O (m)

Jika:

$F_k < 1$, lereng tidak stabil

$F_k = 1$, lereng dalam keadaan kritis artinya dengan sedikit gangguan atau tambahan momen penggerak maka lereng menjadi tidak stabil.

$F_k > 1$, lereng stabil.



Gambar 1. Analisa stabilitas lereng (Das,1998)

- Metode Irisan (*Method of Slice*)
Gaya-gaya ini terdiri dari gaya geser (X_r dan X_1) dan gaya normal efektif (E_r dan E_1) disepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya geser efektif (T_1) dan resultan gaya normal efektif (N_1) yang bekerja disepanjang dasar irisannya. Pada irisannya, tekanan air pori U_1 dan U_r bekerja di kedua sisinya, dan tekanan air pori U_1 bekerja pada dasarnya.
- Metode Bishop (*Bishop's Method*)
Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (slip surface) yang berbentuk lingkaran.
- Metode *Fellinius*
Analisis stabilitas lereng cara *Fellinius* (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya.
- Teori tekanan tanah
Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah.
- Stabilitas terhadap pergeseran
Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh :

1. Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi.
2. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}) menurut Bowles (1997), didefinisikan dengan persamaan 1.

$$F_{gs} = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 1,5 \dots\dots\dots 1$$

Tabel 1. Koefisien gesek (f) antara dasar fondasi dan tanah dasar

Jenis tanah dasar pondasi	$f = tg \delta$
Tanah granuler kasar tak mengandung lanau atau lempung	0,55
Tanah granuler kasar mengandung lanau	0,45
Tanah lanau tak berkoheesi	0,35
Batu keras permukaan besar	0,60

Sumber : Hardiyatmo, 2010

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan dengan persamaan :

$$F = \frac{qu}{q} \geq 3 \dots\dots\dots 2$$

dengan, q = tekanan akibat beban struktur.

- Stabilitas terhadap penggulingan
Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi. Faktor aman akibat terhadap penggulingan (F_{gl}) menurut Bowles (1997), didefinisikan dengan persamaan 3.

$$F_{gl} = \frac{\sum Mw}{\sum Mgl} \geq 1,5 \dots\dots\dots 3$$

d. Dinding Penahan (*Retaining Wall*)

1. Dinding Penahan Tanah Massa (*Gravity Retaining Wall*).

2. Dinding penahan Tanah Tipe Jepit (*Cantilever Retaining Wall*)
3. Dinding Penahan Tipe Turap (*Sheet Pile*)
4. Dinding Penahan Bronjong (Gabion)
5. Dinding Penahan Tipe Blok Beton (*Block Concrete*)
6. Dinding Penahan Tanah Tipe Diaphragm Wall
7. Dinding Penahan Tanah *Continguous Pile dan Soldier Pile*
8. *Revetment*

e. Konstruksi Bronjong

Terdapat beberapa jenis struktur penahan lereng, diantara adalah dinding bronjong, dinding krib, dinding tanah bertulang, dinding gravitasi, dinding kantilever, dinding counterfort, dinding dianker dan dinding tiang baja (Hardiyatmo 2006). Bronjong merupakan struktur yang bersifat tidak kaku, sehingga dapat menahan gerakan vertikal dan horizontal yang terjadi Bronjong juga bersifat lolos terhadap air, sehingga air dapat terus lewat dan pergerakan tanah dapat ditahan oleh bangunan bronjong.

Beberapa komponen material yang terdapat pada gabion sebagai berikut: Kawat, Batu dan Material Timbunan.

Tabel 2. Indikasi berat volume batu pengisi

Jenis Batu	Berat Volume (kN/m^3)
Basalt	29
Granite	26
Hard limestone	26
Trachytes	25
Sandstone	23
Soft limestone	22
Tuff	17

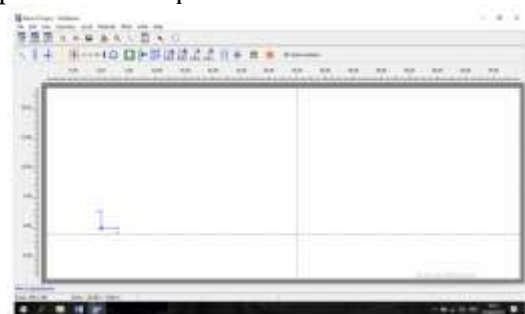
Sumber : Maccaferri, 1987

f. Metode Plaxis

Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil.

• *Plaxis Input*

Pada *plaxis input* dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu: *input geometry object*, input teks, input nilai dan input *selection*.



Gambar 2. *Interface plaxis input*

• *Plaxis Calculation*

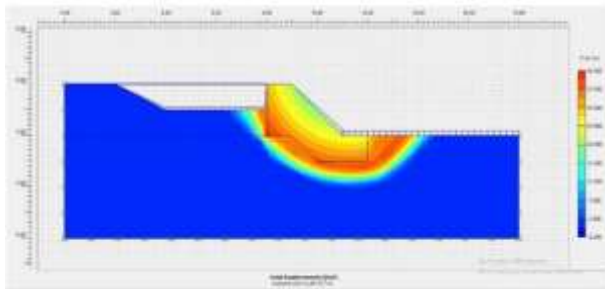
Apabila proses kalkulasi tidak secara langsung setelah menginput data maka proses kalkulasi

dapat dilakukan dengan memilih Calculation program pada start menu.



Gambar 3. Interface Plaxis Calculation

- Plaxis Output



Gambar 4. Output Plaxis

II. METODOLOG PENELITIAN

2.1. Uraian Umum

Dalam metode penyusunan laporan ini langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan studi pustaka yaitu tinjauan teori yang berhubungan dengan proyek bersangkutan. Studi pustaka ini diambil dari buku-buku (literatur) atau diktat mata kuliah yang berhubungan dengan *simplified bishop method* dan metode plaxis.

Adapun tahapan tersebut antara lain:

1. Studi pustaka mengenai masalah yang berhubungan dengan metode *Simplefied bishop method* dan program plaxis.

2. Menentukan kebutuhan data.

Data sekunder diperoleh dari instansi yang terkait. Data-data tersebut diantaranya: Sudut lereng, Sudut geser, Sudut geser efektif, Kohesi, Kohesi efektif, Berat volume tanah basah dan tanah kering, Berat volume air, Berat jenis tanah, Elastisitas tanah dan *Poisson rasio*

2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di Jalan Raya Cibarusah, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Pekerjaan pembangunan dinding penahan tanah di jembatan Cipamingkis.

2.3. Sifat Fisik Tanah

Tabel 3. Kedalaman sampel UDS/DS

Hole ID	From (meter)	To	Tested
BH-1	2	2,5	DS
BH-1	6	6,5	DS
BH-1	10	10,5	DS
BH-1	16	16,5	DS

Sumber : Dinas PUPR Kabupaten Bekasi, 2019

Tabel 4. Hasil uji laboratorium

Laboratory Test Result							
No sample			DS 1	DS 2	DS 3	DS 4	
Depth			2,50-3,00	6,00-6,50	8,50-9,00	16,00-16,50	
1	Water Content	w	%	30,02	23,18	27,83	9,05
2	Specific of gravity	Gs	-	2,68	2,65	2,67	2,66
3	Plastic limit	PL	%	24,85	NP	NP	NP
	Liquid limit	LL	%	9,51	NP	NP	NP
	Plasticity index	PI	%	7,76	NP	NP	NP
4	Grain size Gravel	G	%	7,76	14,89	7,69	3,93
	Sand	S	%	42,25	48,67	57,26	66,40
	Silt	M	%	47,70	36,44	34,81	29,67
	Clay	C	%	2,29	0,00	0,24	0,00

Sumber: Dinas PUPR Kabupaten Bekasi, 2019

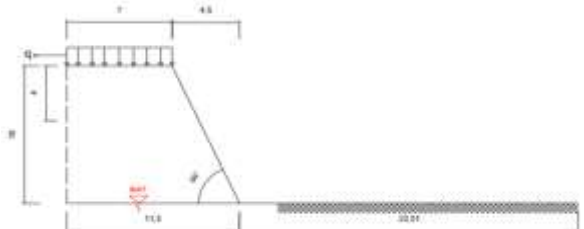
2.4. Data Lereng

- Tinggi lereng = 10 m
- Kemiringan lereng = 66°
- Lebar lereng = 22,51 m
- Panjang lereng = 50 m

- Potongan Lereng Tinjauan

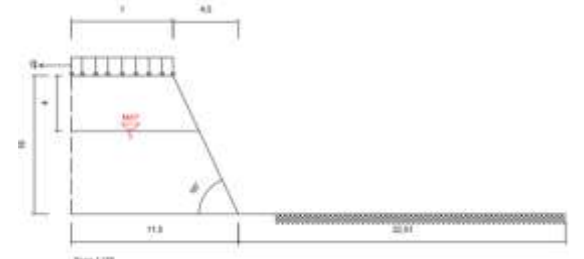
Berikut ini merupakan gambar potongan lereng yang akan digunakan dengan menggunakan program Plaxis :

- Berikut ini merupakan gambar potongan lereng yang akan digunakan dengan menggunakan program Plaxis :



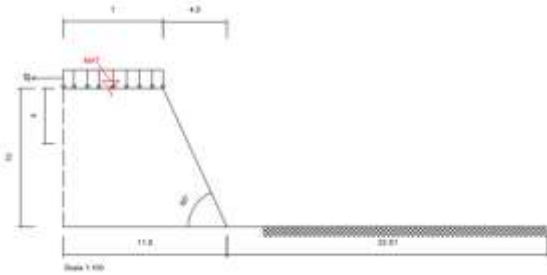
Gambar 5. Potongan melintang lereng tidak jenuh

- Potongan melintang lereng kondisi jenuh Sebagian



Gambar 6. Potongan melintang lereng kondisi jenuh Sebagian

- Potongan melintang lereng kondisi jenuh



Gambar 7. Potongan melintang kondisi jenuh

2.5. Sifat Mekanis Tanah

Tabel 5. Karakteristik lapisan tanah

Kedalaman (m)	Nspt	Karakteristik Tanah
0.00-1.00	-	Lanau, pasirana, kecoklatan, agak kaku
1.00-2.00	15	Bongkah Batuan
2.00-5.00	22	Pasir Kerikilan, kehitaman, agak padat
5.00-10.00	22-23	Pasir kerikilan, kehitaman, agak padat-padat

Sumber : Dinas PUPR Kabupaten Bekasi, 2019

• Modulus Elastisitas Tanah (E)

Modulus elastisitas untuk korelasi N-SPT didekati dengan menggunakan Persamaan 4 dan persamaan 5.

$$E = 6 (N + 5) \text{ k/ft}^2 \quad (\text{untuk pasir berlempung}) \dots 4$$

$$E = 10 (N + 15) \text{ k/ft}^2 \quad (\text{untuk pasir}) \dots 5$$

Tabel 6. Nilai perkiraan Modulus elastisitas tanah.

Macam Tanah	E (Kg/cm ²)
Lempung	
Sangat Lunak	3-30
Lunak	20 - 40
Sedang	45 - 90
Berpasir	300 - 425
Pasir	
Berlanau	50-200
Tidak Padat	100 - 250
Padat	500-1000
Pasir Dan Kerikil	
Padat	800-2000
Tidak Padat	500-1400
Lanau	20-200
Loess	150 - 600
Cadas	1400-14000

Sumber : Bowles, 1997

• Poisson Ration

Tabel 7. Nilai angka poisson

Jenis Tanah	Angka Poisson
Pasir lepas	0,2 - 0,4
Pasir agak padat	0,25 - 0,4
Pasir padat	0,3 - 0,45
Pasir berlanau	0,2 - 0,4
Lempung lembek	0,15 - 0,25
Lempuk agak kaku	0,2 - 0,5

Sumber : Braja M Das, 1998.

• Berat Satuan Kering (γ_d) dan Berat Volume Tanah Jenuh (γ_{sat})

$$\gamma_d = \frac{Gs}{1+e} \dots 6$$

$$\gamma_{sat} = \left(\frac{Gs+e}{1+e} \right) 1 \dots 7$$

Dimana :

Gs : *Specific of gravity*

e : Angka Pori

Tabel 8. Angka pori untuk beberapa tipe tanah yang masih dalam keadaan asli

Jenis Tanah	Angka pori (e)
Pasir lepas	0,8
Pasir padat	0,45
Pasir berlanau lepas	0,65
Pasir berlanau padat	0,4
Lempung kaku	0,6
Lempung lembek	0,9 - 1,4

Sumber : Das, 1998.

• Sudut Geser Dalam (Φ)

Korelasi N-SPT dengan sudut geser tanah menurut Hatanaka & Uchida (1996) didekati dengan Persamaan

$$\Phi = \sqrt{1,54 \times N} + 20 \dots 8$$

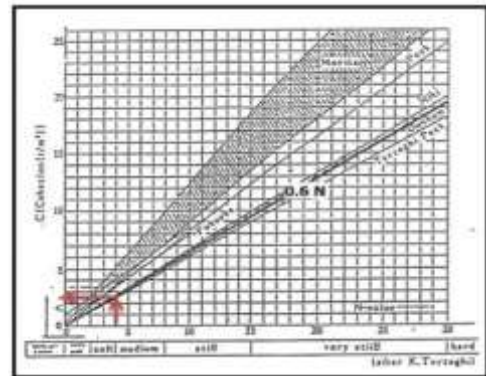
Tabel 9. Hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah

Jenis Tanah	Sudut geser dalam (Φ)
Kerikil pasirana	35° - 40°
Kerikil kerakal	35° - 40°
Pasir padat	35° - 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° - 30°
lempung	20° - 25°

Sumber : Das, 1998.

• Kohesi (c)

Berdasarkan grafik pada gambar 8 secara umum nilai Cu dapat diambil sebesar 0,6 kali nilai NSPT dimana Cu dalam satuan ton/m².



Gambar 8. Hubungan nilai kohesi dan N-SPT pada tanah kohesif (terzaghi, 1943)

$$C_u = 0,6 \times N \dots 9$$

• Data-data yang digunakan pada program plaxis

Modulus elastisitas (E)

lapis I = 57,45 kN/m²

lapis II = 17715 kN/m²

lapis II = 18194 kN/

Possion ratio

lapis I = 0,30

Lapis II = 0,30

Lapis III = 0,30

Berat satuan kering (γ_d)

lapis I = 1,91 gr/cm³

lapis II = 1,89 gr/cm³

lapis III = 1,90 gr/cm³

Berat volume tanah jenuh (γ_{sat})

lapis I = 2,20 gr/cm³

lapis II = 2,17 gr/cm³

lapis III = 2,19 gr/cm³

Sudut geser tanah (Φ)

lapis I = 24,80°

lapis II = 25,82°

lapis III = 23,44°

Kohesi (c)

lapis I = 9 t/m²

lapis II = 13,2 t/m²

lapis III = 13,8 t/m²

- **Beban Hidup (Beban Kendaraan)**

Tabel 10. Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas

Fungsi	Sistem jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
		>10.000	15
	<10.000	12	
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6.000	12
		<6.000	10
Lokal	>500	10	
	<500	10	

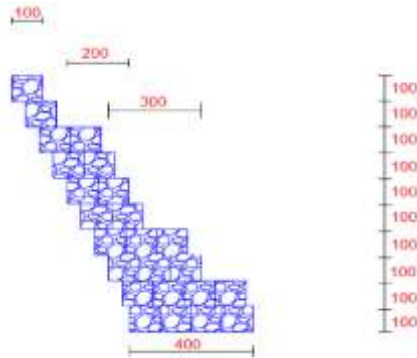
Sumber : Panduan Geoteknik (DPU 2002)

2.6. Bronjong

Pemasangan konfigurasi bronjong yang relatif paling aman untuk ditempatkan pada lereng Jalan Raya Cibarusah, Kecamatan Cibarusah, Kabupaten Bekasi.

- Jumlah bronjong = 15
- Konfigurasi bronjong (undakan) = 10
- Lebar bronjong = 1 m
- Tinggi bronjong = 0,5 m
- Total tinggi bronjong = 10 m

Keterangan :



Gambar 9. Konfigurasi bronjong

2.7. Cara Analisis Data Dengan Menggunakan Program Plaxis

a. Plaxis Input

Berikut ini tahapan pemodelan lereng dalam program Plaxis :

- Melakukan input data pada tampilan *General settings*.
- Menggambar geometri 2 dimensi penampang lereng yang akan dianalisis.
- Menentukan kondisi batas (*Standard Fixities*).
- Memasukan sifat-sifat material pada menu *Material Sets*.
- Melakukan penyusunan jaring elemen (*Generated Mesh*).
- Menentukan *Initial Condition* dan *Intial Pore Pressures* untuk menentukan kondisi muka air tanah (*MAT*) dan *KO Procedure*.
- Menentukan *Generate Water Pressure* kondisi *Phreatic Level*.
- Menentukan *Closed Consolidation Boundary*.

b. Plaxis Calculations

Untuk menentukan perhitungan *safety factor* pada program Plaxis dilakukan input terhadap tahap *calculations* sebagai berikut :

- Melakukan input untuk mendapatkan nilai *safety factor*. Pilih *Phi/c Reduction* pada calculation type. Kemudian pilih *incremental multipliers* pada loading input lalu klik *calculate*.
- Memilih titik noda untuk penggambaran kurva beban perpindahan maupun penggambaran lintasan tegangan.

c. Plaxis Output

Untuk menampilkan hasil yang diperoleh dari hasil analisis ini adalah sebagai berikut :

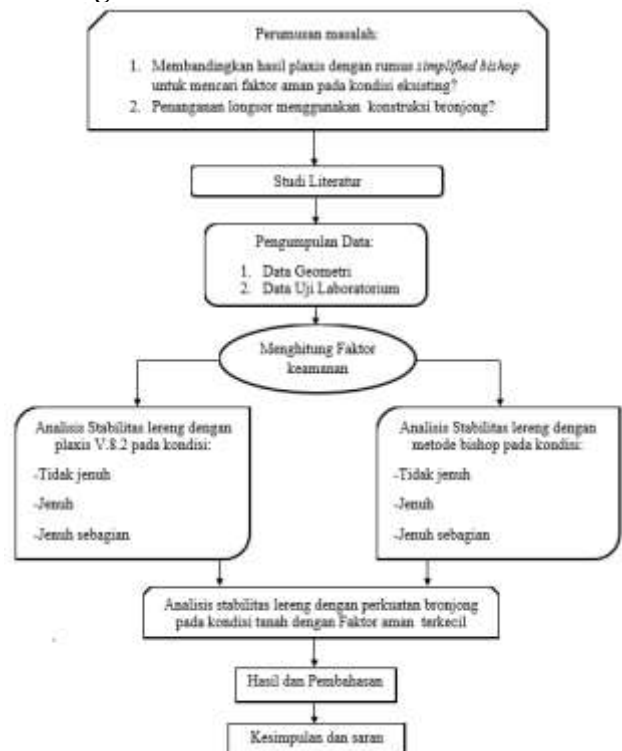
- Pilih peningkatan total dari menu deformasi. Tampilan akan menunjukkan peningkatan dari seluruh titik noda dalam bentuk anak panah. Panjang dari anak panah menunjukkan nilai relatifnya.
- Pilih tegangan efektif dari menu tegangan. Tampilan akan menunjukkan besar dan arah dari tegangan-tegangan utama efektif.

d. Plaxis Curves

Berikut ini merupakan tahapan untuk menampilkan kurva pada program Plaxis baik kurva baru maupun kurva yang telah dibuat :

- Memilih tampilan kurva yang akan ditampilkan pada *Create/Open project*, jika kurva belum dibuat maka pilih *New chart* dan jika kurva sudah dibuat maka dapat ditampilkan dengan memilih *Existing chart*.
- Memilih hubungan kurva yang akan ditampilkan, sesuai dengan nodal atau stress point yang ditinjau.

2.8. Diagram Alir Penelitian



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Stabilitas Lereng dengan Menggunakan *Simplified Bishop Method*

Tabel 11. Hasil analisis metode bishop

Metode Analisis	Faktor Aman (Fs)		
	Kondisi Total	Kondisi Jenuh	Kondisi Jenuh
Stabilitas Lereng	Jenuh	Sebagian	Penuh
Metode Bishop 4	1,345	1,426	1,380
Metode Bishop 8	3,812	3,856	3,504

Sumber: Perhitungan analisis stabilitas lereng menggunakan metode bishop

3.2. Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan *Metode Plaxis V.8.2*

- Cara Penyelesaian pada *metode plaxis*

1. Plaxis Input

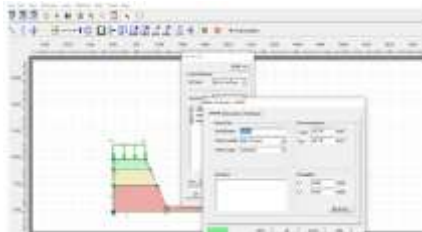
Untuk input data material dan jenis lapisan tanah dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Material dan jenis lapisan tanah

Parameter	nama	tip	tip	tip	tip
Material model	Miscel	MC	MC	MC	-
Type of element	Type	1 (unbound)	2 (bound)	3 (bound)	-
dry soil weight	Factor	18,10	18,33	18,65	kN/m ³
Wet soil weight	Factor	21,57	21,20	21,28	kN/m ³
Young's modulus	Factor	34,75	1,713	18,194	kN/m ²
Poisson's ratio	ν	0,30	0,30	0,30	-
cohesion	c	88,25	129,44	135,33	kN/m ²
Friction angle	φ	14,80	23,82	23,440	°
Dilatancy angle	ψ	0	0	0	°

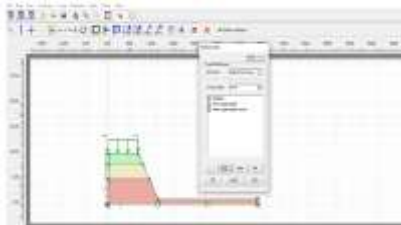
Sumber: Data dari website dan data lapangan dari Laboratorium

Data diatas akan di input ke dalam plaxis untuk mendapatkan hasil olah data dengan cara memasukkan data material ke dalam lembar tab yang kosong seperti pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Parameter tanah pada permodelan *Mohr-Coulomb*

Setelah data material diinput ke dalam lembar tab lalu klik ok maka akan muncul warna yang sesuai dengan material. Selanjutnya tarik warna ke dalam masing masing gambar sesuai posisinya. Contohnya sepertinya gambar 12.



Gambar 12. Pemasukan material tanah

2. Plaxis Calculation

Kalkulasi terdiri dari dua fase yaitu:

- Hitungan Pembebanan dengan tipe plastis kemudian di definisikan pada beban yang ditinjau.
- Untuk menghitung faktor keamanan, dibuat satu fase lagi menggunakan calculation type

phi/chi reduction. Cara ini berprinsip pada reduksi nilai kohesi dan sudut geser tanah hingga mencapai kondisi longsor. Dari sana faktor keamanan yang dihitung Plaxis didapat. Cara mendefinisikan hitungan di atas adalah sebagai berikut:

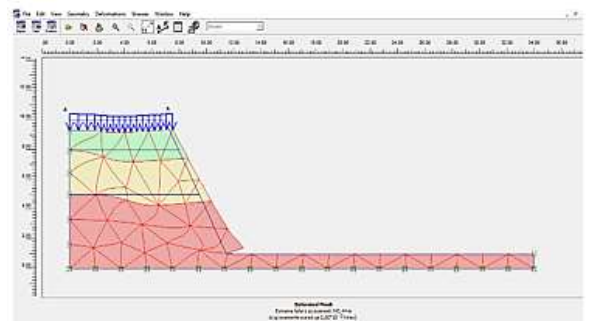


Gambar 13. Jendela Perhitungan dengan lembar-tab umum

3. Plaxis Output

Yaitu hasil dari perhitungan atau Calculation yang sudah diolah setelah di input dan di calculation.

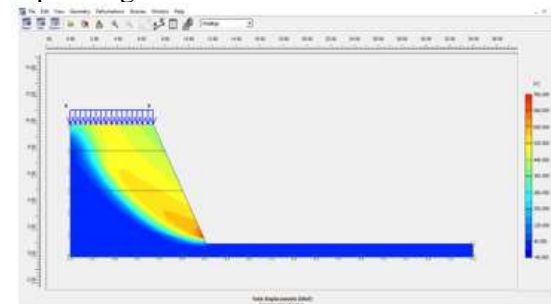
- *Deformasi Mesh*



Gambar 14. Mesh Terdeformasi

- *Total Displacement*

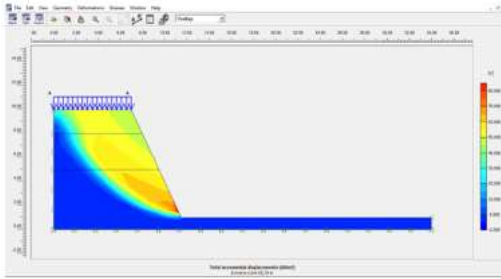
Tegangan yang terjadi pada konstruksi bendungan ini tidak besar. Karena semakin merah semakin besar tegangan yang di alami. Seperti digambar 15.



Gambar 15. Tegangan yang terjadi pada tanah

- *Total Incremental*

Dengan menggunakan type perhitungan phi-c reduction, kita dapat mengetahui factor keamanan konstruksi bendungan beton diatas tanah yang terjadi dengan memilih total incremental dan melihat nilai Msf (nilai factor keamanan) dan dengan tampilan shading untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi.

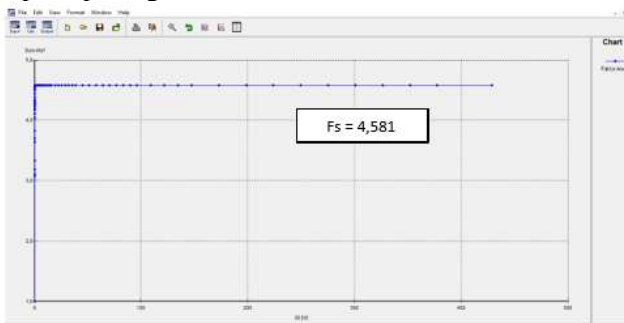


Gambar 16. Bentuk Busur Kelongsoran
Tabel 13. Hasil Analisis Kestabilan Tanah Dengan Menggunakan *Plaxis Ver 8.2*

Tipe Output	Nilai		
	Tidak Jenuh	Jenuh Sebagian	Jenuh Penuh
Deformation Modulus	107,84 m	817,32 m	743,60 m
Total Displacement	207,54 m	637,32 m	743,44 m
Horizontal Displacement (x)	30,38 m	635,81 m	741,72 m
Vertical Displacement (y)	166,72 m	346,34 m	403,75 m
Total Strain	28,16 m	57,93 m	88,76 m
Horizontal Strain (x)	28,41 m	57,78 m	88,56 m
Vertical Strain (y)	13,81 m	31,45 m	46,20 m
Total Strain	-34,40 x 10 ³ %	-62,88 x 10 ³ %	-46,33 x 10 ³ %
Deformation Modulus	1,65 x 10 ³ %	1,55 x 10 ³ %	11,33 x 10 ³ %
Safety Factor	4,585	4,584	4,581

Sumber : Hasil analisis menggunakan program *plaxis ver 8.2*

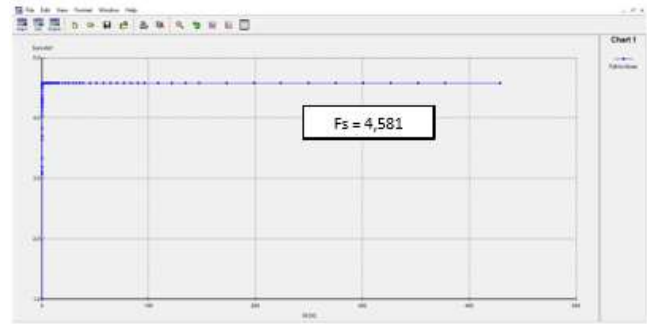
- Hasil Analisis Program *Plaxis Ver 8.2*
Dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan program *plaxis ver 8.5*, maka angka safety factor dari hasil perhitungan analisis kestabilan tanah pada kondisi jenuh penuh menggunakan program *plaxis ver 8.2* adalah 4,5816 seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Hasil *safety factor* menggunakan *plaxis* pada kondisi jenuh penuh

3.3. Hasil Analisis Program *Plaxis Ver 8.2*

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan program *plaxis ver 8.5*, maka angka safety factor dari hasil perhitungan analisis kestabilan tanah pada kondisi jenuh penuh menggunakan program *plaxis ver 8.2* adalah 4,5816.



Gambar 18. Hasil *safety factor* menggunakan *plaxis* pada kondisi jenuh penuh

3.4. Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Lereng Metode Program *Plaxis* dan dengan *Simplified Bishop Method*

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan analisis *simplified bishop method* dan program *Plaxis V.8.5*, diperoleh nilai faktor aman sebagai berikut:

Tabel 14. Resume nilai faktor aman analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *simplified bishop method* dan program *plaxis V.8.2*.

Metode Analisis Stabilitas Lereng	Faktor Aman (Fs)		
	Kodisi tidak Jenuh	Kondisi Jenuh Sebagian	Kondisi Jenuh Penuh
Metode Bishop 4 Irisan	1,545	1,426	1,380
Metode Bishop 8 Irisan	3,812	3,496	3,504
Program <i>Plaxis V.8.2</i>	4,585	4,584	4,581

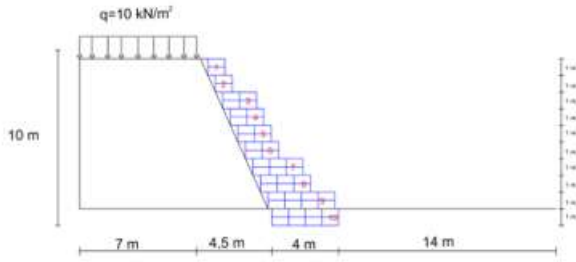
Sumber : Hasil perhitungan metode bishop dan *plaxis ver 8.5*

Besarnya nilai faktor aman analisis stabilitas lereng dengan metode bishop dan program *Plaxis V.8.2* memiliki sedikit perbedaan meskipun masih berada pada kondisi aman, hal ini dikarenakan faktor perbedaan kondisi lereng yang dianalisis berdasarkan kondisi tidak jenuh, jenuh penuh, dan jenuh sebagian. Faktor perbedaan ini antara lain, penentuan titik muka air tanah (MAT) pada potongan lereng, tidak adanya input modulus elastisitas tanah (E) dan angka poisson (ν) pada analisis metode bishop, sedangkan analisis dengan menggunakan program *Plaxis* memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dalam pemodelan analisis lereng sehingga hasil analisis dapat lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan metode bishop.

3.5. Perencanaan Perkuatan Lereng dengan Bronjong

Kawat Bronjong adalah kotak yang terbuat dari anyaman kawat baja berlapis seng yang pada penggunaannya diisi batu-batu untuk pencegah erosi, yang dipasang pada tebing-tebing, tepi-tepi sungai, yang proses penganyamannya menggunakan mesin. Sifat tampak bronjong, kawat harus kokoh, bentuk anyaman heksagonal dengan lilitan ganda dan berjarak maksimum 40 mm serta harus simetri.

Perhitungan perencanaan bronjong adalah sebagai berikut:



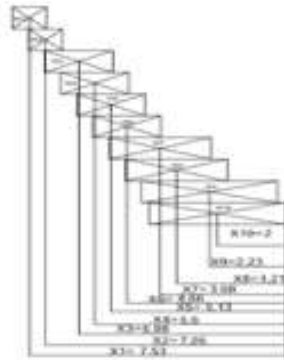
Gambar 19. Desain bronjong

Tabel 15. Data – data yang digunakan untuk analisis bronjong

Jenis tanah	γ_{unsat} (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	Φ (°)	c (kg/cm ²)
Tanah lapis I	1,19	2,2	24,80	0,81
Tanah lapis II	1,89	2,17	25,82	1,19
Tanah lapis III	1,90	2,19	23,44	1,25

Sumber : Perhitungan dari data laboratorium

Tinggi lapisan tanah (H) = $h_1 + h_2 = 9 \text{ m} + 1 \text{ m} = 10 \text{ m}$.
Beban (q) = $10 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ t/m}^2$



Gambar 20. Jarak beban terhadap ujung dinding penahan tanah (terhadap titik guling)

Tabel 16. Momen terhadap ujung dinding penahan tanah

Gaya yang bekerja	Volume (m ³)	γ bronjong	W1	X1	M1 = W1 X1
W1	1	2,5	2,5	7,55	18,82
W2	1	2,5	2,5	7,65	17,62
W3	2	2,5	5	6,08	30,1
W4	2	2,5	5	5,6	28
W5	2	2,5	5	5,13	25,65
W6	3	2,5	7,5	4,66	34,95
W7	3	2,5	7,5	3,68	27,5
W8	3	2,5	7,5	3,21	24,07
W9	4	2,5	10	2,25	22,3
W10	4	2,5	10	2	20
Σ	25		62,5		249,41

Sumber: Hasil perhitungan

Perhitungan koefisien tekanan tanah menggunakan Rankine.

Koefisien tekanan tanah aktif (K_a):

Tanah lapis I

$$K_a = tg^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

$$K_a = tg^2(45^\circ - \frac{24,80}{2}) = 0,40$$

Tanah lapis II

$$K_a = tg^2(45^\circ - \frac{25,82}{2}) = 0,39$$

Tanah lapis III

$$K_a = tg^2(45^\circ - \frac{23,44}{2}) = 0,43$$

Koefisien tanah pasif (K_p):

Tanah Lapis III

$$K_p = tg^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

$$K_p = tg^2(45^\circ + \frac{23,44}{2}) = 2,32$$

Tekanan tanah aktif:

$$z = 0 = \sigma_a = q \cdot k_a + k_a \cdot \gamma \cdot z - 2c\sqrt{k_a} = 1 \times 0,40 + 0,40 \times 1,19 \times 0 - 2 \times 0,81 \times \sqrt{0,40}$$

$$= 0,40 + 0 - 1,02$$

$$= -0,62 \text{ t/m}^2$$

$$z = 2 = \sigma_a = \gamma \cdot H \cdot k_a + q \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}$$

$$= 1,19 \times 2 \times 0,40 + 1 \times 0,40 - 2 \times 0,81 \times \sqrt{0,40}$$

$$= 0,952 + 0,40 - 1,02$$

$$= 0,33 \text{ t/m}^2$$

$$z = -0,62 + 0,40 \times z \times 0,81$$

$$= \frac{0,62}{0,32}$$

$$= 1,93 \text{ m}$$

$$z = 7 = \sigma_a = \gamma \cdot H \cdot k_a + q \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}$$

$$= 1,89 \times 7 \times 0,39 + 1 \times 0,39 - 2 \times 1,19 \times \sqrt{0,39}$$

$$= 5,15 + 0,39 - 1,48$$

$$= 4,06 \text{ t/m}^2$$

$$z = 0,33 + 0,39 \times z \times 1,19$$

$$z = \frac{0,33}{0,46} = 0,71 \text{ m}$$

$$z = 10 = \sigma_a = \gamma \cdot H \cdot k_a + q \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a} = 1,90 \times 10 \times 0,43 + 1 \times 0,43 -$$

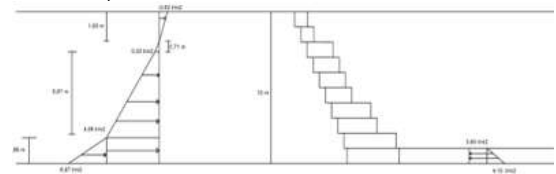
$$2 \times 1,25 \times \sqrt{0,43}$$

$$= 8,17 + 0,43 - 1,63$$

$$= 6,97 \text{ t/m}^2$$

$$z = 4,06 + 0,43 \times z \times 1,90$$

$$= \frac{4,06}{0,81} = 5,67 \text{ m}$$



Gambar 21. Diagram tekanan tanah aktif dan pasif

Tanah aktif:

$$Pa_1 = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,33 \times 1,93 = 0,31 \text{ t/m}^2$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 4,06 \times 5,67 = 11,51 \text{ t/m}^2$$

$$Pa_3 = 4,06 \times 1$$

$$= 4,06 \text{ t/m}^2$$

$$Pa_4 = \frac{1}{2} \times a \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times 6,97 \times 1,69$$

$$= 5,88 \text{ t/m}^2$$

$$Y_{p1} = \frac{1}{3} \times 0,31$$

$$= 0,10 \text{ t/m}^2$$

$$Y_{p2} = \frac{1}{3} \times 11,51$$

$$= 3,83 \text{ t/m}^2$$

$$Y_{p3} = \frac{1}{2} \times 4,06$$

$$= 2,03 \text{ t/m}^2$$

$$Y_{p4} = \frac{1}{3} \times 5,88$$

$$= 1,96 \text{ t/m}^2$$

$$M_{pa1} = 0,31 \times 0,10$$

$$= 0,03 \text{ t/m}^2$$

$$M_{pa2} = 11,51 \times 3,83$$

$$= 44,08 \text{ t/m}^2$$

$$M_{pa3} = 4,06 \times 2,03$$

$$= 8,24 \text{ t/m}^2$$

$$M_{pa4} = 5,88 \times 1,96$$

$$= 11,52 \text{ t/m}^2$$

$$\sum M_{pa} = M_{pa1} + M_{pa2} + M_{pa3} + M_{pa4}$$

$$= 0,03 + 44,08 + 8,24 + 11,52$$

$$= 63,87 \text{ t/m}^2$$

$$\sum Pa = Pa_1 + Pa_2 + Pa_3 + Pa_4$$

$$= 0,31 + 11,51 + 4,06 + 5,88$$

$$= 21,76 \text{ t/m}^2$$

Tekanan tanah pasif :

$$z = 0 = \sigma_p = 2c\sqrt{kp}$$

$$= 2 \times 1,25 \times \sqrt{2,32}$$

$$= 3,80 \text{ t/m}^2$$

$$z = 1 = \sigma_p = \gamma \cdot z \cdot kp + 2c\sqrt{kp}$$

$$= 1,90 \times 1 \times 2,32 + 2 \times 1,25 \times \sqrt{2,32}$$

$$= 4,40 + 3,80$$

$$= 8,2 \text{ t/m}^2$$

$$P_{p1} = 3,80 \times 1$$

$$= 3,80 \text{ t/m}^2$$

$$P_{p2} = \frac{1}{2} \times 8,2 \times 1$$

$$= 4,1 \text{ t/m}^2$$

$$Y_{pp1} = \frac{1}{2} \times 1$$

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

$$Y_{pp2} = \frac{1}{3} \times 1$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

$$M_{pp1} = 3,80 \times 0,5$$

$$= 1,9 \text{ t/m}^2$$

$$M_{pp2} = 4,1 \times 0,3$$

$$= 1,23 \text{ t/m}^2$$

$$\sum M_{pp} = M_{pp1} + M_{pp2}$$

$$= 1,9 + 1,23$$

$$= 3,13 \text{ t/m}^2$$

$$\sum P_p = P_{p1} + P_{p2}$$

$$= 3,80 + 4,10$$

$$= 7,90 \text{ t/m}^2$$

Faktor keamanan terhadap guling (Fk. Guling)

$$MIG = \sum W_i \cdot X_i + \sum M_{pp}$$

$$= 249,41 + 3,13$$

$$= 252,54 \text{ t/m}^2$$

$$MG = \sum M_{pa}$$

$$= 63,87 \text{ t/m}^2$$

$$Fk. \text{Guling} = \frac{252,54}{63,87} \geq 2$$

$$= 3,94 \geq 2 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Faktor keamanan terhadap gaya geser (Fk. Geser)

$$F \text{ lawan geser} = \frac{2}{3} \cdot \gamma \cdot B + \sum W_i \tan 24,80$$

$$= \frac{2}{3} \times 1,19 \times 4 + 62,5 \tan 24,80$$

$$= 3,17 + 28,87$$

$$= 32,04$$

$$F \text{ geser} = \sum P_p - \sum Pa$$

$$= 7,90 - 21,76$$

$$= -13,86$$

$$Fk \text{ geser} = \frac{F \text{ lawan geser}}{F \text{ geser}} \geq 1,5$$

$$= \frac{32,04}{13,86} \geq 1,5$$

$$= 2,31 \geq 1,5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Faktor keamanan terhadap daya dukung, menentukan e (eksentrisitas) :

$$e = \frac{1}{2} \cdot B - \left(\frac{MIG - MG}{\sum M_i} \right)$$

$$e = \frac{1}{2} \times 4 - \left(\frac{252,54 - 63,87}{249,41} \right)$$

$$e = 2 - \left(\frac{188,57}{249,41} \right)$$

$$e = 2 - 0,80$$

$$e = 1,2$$

$$\text{Syarat} = e \leq \frac{1}{6} \cdot B$$

$$= 1,2 \leq \frac{1}{6} \times 4$$

$$= 1,2 \geq 0,66 \text{ (tidak memenuhi syarat),}$$

selanjutnya dihitung menggunakan

persamaan 2.57.

Menentukan B' efektif

$$B' = B - 2e$$

$$= 4 - 2 \times 1,35$$

$$= 4 - 2,7$$

$$= 1,3 \text{ m}$$

Stabilitas terhadap kapasitas daya dukung tanah:

Nilai faktor daya dukung didapatkan dengan hasil interpolasi menggunakan tabel 2.3, didapat nilai :

$$\begin{aligned}
N_c &= 24,61 \\
N_q &= 12,48 \\
N_\gamma &= 9,32 \\
q_{ult} &= 1,3 \cdot c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\
&= (1,3 \times 0,81 \times 24,61) + (0,5 \times 1,19 \times 12,48) + (0,4 \times 1,19 \times 4 \times 9,32) \\
&= (25,91) + (7,4) + (4,43) \\
&= 37,74 \text{ t/m}^2 \\
q_{izin} &= \frac{q_{ult}}{\frac{SF}{2}} \\
&= \frac{37,74}{2} \\
&= 18,87 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

Faktor aman terhadap keruntuhan daya dukung :

$$\begin{aligned}
q_{maks} &= \frac{2v}{3(B'-2e)} \leq q_{izin} \\
&= \frac{2 \times 63,87}{3 \times (1,3 - 2 \times 1,2)} \leq 18,87 \\
&= \frac{127,74}{-1,1} \leq 18,87 \\
&= -116,12 \leq 18,87 \text{ (memenuhi syarat)}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan penanggulangan lereng menggunakan bronjong, Struktur bronjong yang telah direncanakan dapat digunakan untuk menanggulangi longsor yang terjadi. Karena safety factor yang didapat terhadap geser dan guling telah memenuhi syarat.

3.6. Analisis Perkuatan Lereng dengan Konstruksi Bronjong menggunakan Program Plaxis Ver 8.2

Data yang diperlukan untuk menjalankan program Plaxis dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 17. Material dan lapisan tanah

parameter	name	silt	sand	sand	Gabion	unit
Material model	Model	MC	MC	MC	MC	-
Type of Behaviour	Type	Undrained	Drained	Drained	Drained	-
Dry soil weight	γ_{unsat}	18,70	18,53	18,63	17,50	kN/m ³
Wet soil weight	γ_{sat}	21,57	21,20	21,28	20,50	kN/m ³
Young's modulus	E_{ref}	5475	17715	18194	1040	kN/m ²
Poisson's ratio	ν	0,30	0,30	0,30	0,30	-
Cohesion	c_{ref}	88,25	129,44	135,33	19	kN/m ²
Friction angle	ϕ	24,80	25,82	23,440	33,75	°
Dilatancy angle	ψ	0	0	0	0	°

Sumber : Data dari asumsi dan data lanesune dari Laboratorium

Spesifikasi kawat/wire mesh yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari brosur spesifikasi prosuk *gabion box* yang dikeluarkan oleh perusahaan *maccaferri*, parameter geogrid untuk masukkan di program plaxis dihitung dengan mengacu pada persamaan 2.59.

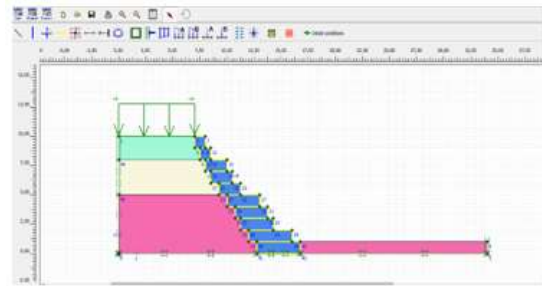
- *Gabion box*
Tensile Strength (F) = 51,1 kN/m
Elongation (ϵ) = 5 %
Kekakuan tarik (EA) = $\frac{51,1}{0,05} = 1022 \text{ kN/m}$

Hasil perhitungan perhitungan parameter geogrid untuk masukkan program plaxis ditunjukkan pada tabel 18.

Tabel 18. Parameter pendekatan kawat/wire mesh input plaxis

Identifikasi	<i>Gabion Box</i>
Jenis Material	geogrid
Kekakuan axial tarik/ EA (kn/m)	1022

Sumber : Hasil Perhitungan

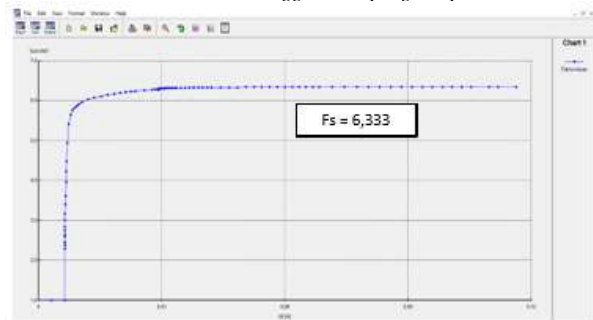


Gambar 22. Tampilan lereng dengan perkuatan bronjong Resume hasil analisis program plaxis dapat dilihat pada tabel 19.

Tabel 19. Resume hasil analisis program *plaxis ver 8.2* pada kondisi sebelum menggunakan dan setelah menggunakan bronjong

Hasil Output	Nilai		Gambar
	Sebelum menggunakan bronjong	Setelah menggunakan bronjong	
Deformed Mesh	734,44 m	90,34 m	Terlampir
Total Displacement	734,44 m	90,34 m	Terlampir
Horizontal Displacement (x)	741,42 m	6,09 m	Terlampir
Vertical Displacement	403,73 m	45,99 m	Terlampir
Total Increments	88,76 m	6,09 m	Terlampir
Horizontal Increment (x)	88,56 m	6,09 m	Terlampir
Vertical Increments	48,21 m	3,11 m	Terlampir
Total Strains	-96,55 x 10 ³ %	37,12 x 10 ³ %	Terlampir
Incremental Strains	-11,53 x 10 ³ %	2,51 x 10 ³ %	Terlampir
Safety factor	4,581	6,333	Terlampir

Sumber : Hasil analisis menggunakan program *plaxis ver 8.2*



Gambar 23. Kurva faktor aman pada kondisi perkuatan bronjong

3.7. Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng Setelah dan Sebelum Penanganan Longsoran

Dari hasil analisis dan perhitungan menggunakan metode bishop dan program plaxis maka didapatkan nilai faktor keamanan dan tegangan efektif, kemudian dapat dilihat pada tabel 20.

Tabel 20. Resume hasil analisis program *Plaxis* pada kondisi sebelum penanganan dan setelah penanganan menggunakan bronjong

Kondisi Lereng		Faktor Aman (Fs)	Deformasi (m)	Tegangan Efektif Tanah (kN/m ²) (negatif)
Sebelum Penanganan	Tidak Jenuh	4,585	11,45	210,24
	Jenuh Sebagian	4,584	984,27	143,97
	Jenuh Penuh	4,581	743,44	43,20
Setelah Penanganan		6,333	90,34	135,81

Sumber : Hasil perhitungan menggunakan *plaxis v.8.2*

Hasil yang didapatkan dalam analisis penanganan longsor menggunakan konstruksi Bronjong dengan program *plaxis v.8.2* didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 6,333. Nilai ini menunjukkan nilai stabilitas lereng stabil. Konstruksi bronjong di desain susunannya berbentuk menyerupai tangga karena untuk memperkecil gaya guling pada bronjong jika terjadi longsor pada lereng serta untuk mempermudah perbaikan bronjong apabila terjadi kerusakan. Penggunaan konstruksi bronjong dan tanah timbunan yang dipadatkan berpengaruh terhadap meningkatnya nilai faktor aman lereng, memperkecil bidang gelincir dari kelongsoran yang akan terjadi, menahan bidang longsor pada lereng tersebut dan memperkecil deformasi yang terjadi pada lereng, sehingga hasil analisis penanganan lereng menunjukkan hasil yang cukup stabil jika diterapkan di lapangan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Kondisi muka air tanah baik pada kondisi kering, jenuh penuh dan jenuh sebagian mempengaruhi besaran nilai faktor aman lereng.
2. Dari kedua hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *simplified bishop method* dan metode *Plaxis v.8.2* terdapat perbedaan nilai faktor aman yang berbeda, faktor aman dengan *simplified bishop method* cenderung memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan *Plaxis*, hal ini dikarenakan analisis dengan menggunakan *simplified bishop method* tidak memasukkan parameter modulus elastisitas tanah dan angka poisson serta tinjauan lereng hanya ditinjau pada area bidang longsor saja.
3. Lereng dapat dinyatakan aman apabila nilai faktor aman $F_s > 1,5$ (Bowles, 1989) hasil analisis stabilitas lereng menggunakan *simplified bishop method* dan *Plaxis* :
 - a) Analisis *simplified bishop method* dengan 4 Irisan:
Kondisi tidak jenuh = $1,545 > 1,5$ (Lereng aman)
Kondisi jenuh penuh = $1,426 < 1,5$ (Lereng aman)

Kondisi jenuh Sebagian = $1,380 < 1,5$ (Lereng aman)

- b) Analisis *simplified bishop method* dengan 8 Irisan:
Kondisi tidak jenuh = $3,812 > 1,5$ (Lereng aman)
Kondisi jenuh penuh = $3,496 > 1,5$ (Lereng aman)
Kondisi jenuh Sebagian = $3,504 > 1,5$ (Lereng aman)
 - c) Analisis program *plaxis v.8.2*
Kondisi tidak jenuh = $4,585 > 1,5$ (Lereng aman)
Kondisi jenuh penuh = $4,584 > 1,5$ (Lereng aman)
Kondisi jenuh Sebagian = $4,581 > 1,5$ (Lereng aman)
 - d) Hasil analisis setelah pemasangan bronjong pada kondisi tanah tidak jenuh :
 - Faktor aman terhadap geser = $2,31 > 1,5$ (lereng aman)
 - Faktor aman terhadap guling = $3,94 > 1,5$ (lereng aman)
 - Faktor aman terhadap daya dukung tanah = $13,64 \leq 18,87$ (lereng aman)
 - Faktor aman menggunakan *plaxis* = $6,333 > 1,5$ (lereng aman)
4. Penggunaan konstruksi bronjong di Jalan raya Cibirusah efektif untuk menjadi solusi penanganan longsor karena cukup signifikan dalam meningkatkan faktor keamanan.
 5. Penggunaan program komputer untuk menganalisis kestabilan lereng mempermudah dan mempercepat proses perhitungan stabilitas lereng.

4.2. Saran

1. Perlu dilakukannya perhitungan dan penanganan kelongsoran lebih lanjut guna meningkatkan faktor aman lereng sehingga lereng menjadi lebih stabil, juga didapatkan bahan serta material yang efisien dan ekonomis dalam melakukan perkuatan lereng.
2. Perlu adanya penelitian dengan memasang tipe dinding penahan tanah lainnya pada jalan raya cibarusah, yang mampu meningkatkan nilai faktor aman lebih baik.
3. Melakukan analisis pada lereng dengan alternatif metode yang lain sebagai perbandingan, misalnya : metode fellenius, metode irisan janbu dan lain-lain.
4. Menghitung adanya beban gempa dan hujan.
5. Perlu dilakukan analisis menggunakan metode kesetimbangan batas sebagai pembanding, misalnya *Geoslope*.
6. Hasil analisis yang dilakukan baik secara manual atau program dijadikan sebagai bahan pertimbangan pada saat pelaksanaan pembangunan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Hanggoro T. C., *Hand out Komputasi Geoteknik pengenalan software plaxis sesi 1-6*. Universitas Negri Semarang. Semarang, 2011
2. Craig, R.F., *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta, 1989
3. Das, Braja M., *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip geoteknis)*. Erlangga, Surabaya, 1995
4. Das, Braja M., *Mekanika Tanah Jilid I*. Erlangga, Jakarta, 1998
5. Das, Braja M., *Mekanika Tanah Jilid II*. Erlangga, Jakarta, 1998
6. Dinas pekerjaan umum, *Spesifikasi Umum dan Saluran/ Bangunan Air, Spesifikasi Teknis, Bagian V – Pekerjaan Pasangan*, Pusat Litbang dan Prasarana Transportasi dan Pengembangan, Jakarta, 2005
7. Direktorat Jendral Bina Marga, *Buku petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Longsoran*, Indonesia, 1986
8. Hardiyatmo. H. C., *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2002
9. Hardiyatmo. H. C., *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2006
10. Hardiyatmo. H. C., *Teknik Pondasi I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2006
11. Prayitno, Rendi T., *Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Gabion*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2016
12. Wesley, L. D., *Mekanika Tanah*, Diterjemahkan oleh A.M. Luthfi. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1973

PENULIS :

- 1) **Holik Sanwani, ST.** Alumni (2020) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Pakua. (Email : holiksanwani@gmail.com)
- 2) **Ir. Hikmad Lukman, MT.** Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Pakua.
- 3) **Dr. Ir. Titik Penta Artiningsih, MT.** Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Pakua.