

Perencanaan Dinding Penahan Pasangan Batu Kali Pada Sungai Celaket Desa Gading Kulon Kecamatan Dau Kabupaten Malang

Andreas*, Suhudi**, Kiki Frida Sulistiani***

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi

ABSTRACT

Problems landslides are common in Indonesia , especially during the rainy season which resulted in an increase in the volume of water, soil conditions become unstable, this often creates victims of both fatalities and casualties material. One of the locations with frequent landslides in Residence of Malang. One of the ways used to control stability of the land so as not to slide is to build a retaining wall. Planning retaining wall is located on the River Celaket , Gading Kulon village , subdistrict Dau , Malang. In this plan , the data is taken directly through laboratory tests in soil mechanics laboratory civil engineering Tribhuwana Tungadewi Malang University. The type of planned retaining wall is gravity type. In order to the building can be function properly, then the stability of the building must also be planned as best as possible, therefore, The stability of the retaining wall analyzed to the danger of rolling (bolting) and sliding in normal water conditions without the earthquake, dwite the earthquake and flood water level conditions without the earthquake, with earthquakes Analyzed using the Rankine formula. The result is $SF_{sliding} 1,81 > 1,5$ dan $1,32 > 1,2$, $SF_{bolters} 2,07 > 1,5$ dan $1,36 > 1,2$ (for normal conditions without and with earthquake) dan $SF_{sliding} 2,11 > 1,5$ and $1,49 > 1,2$ $SF_{bolters} 2,10 > 1,5$ dan $1,26 > 1,2$ (for flood condition without and with earthquake), it turns out safely. This study also included with the method of exercising the work used a system of mutual assistance or nongovernmental and calculate the budget plan, which totals Rp.340.503.000

Keyword: Celaket River, Gravity Retaining Wall

Pendahuluan

Masalah tanah longsor sering terjadi di Indonesia terutama pada musim hujan yang mengakibatkan bertambahnya volume air, kondisi tanah menjadi labil, hal ini sering menimbulkan korban baik korban jiwa maupun korban materi. Dalam penelitian ini lokasi penelitian diambil pada Sungai Celaket, Desa Gading Kulon, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang dimana pada lokasi tersebut terdapat longsoran tanah pada samping jembatan yang merupakan akses penghubung anatara Desa Gading Kulon dan Kelurahan Dau, Kondisi longsoran juga sudah parah dimana longsoran juga sudah mendekati jalan raya dan apabila dibiarkan maka longsoran semakin melebar dan jalan penghubung tersebut dapat tergerus, akses jembatan di Desa

Celaket sangatlah penting bagi masyarakat sekitar karena jembatan itu merupakan jembatan penghubung antar Desa Gading Kulon dan Kelurahan Dau, Maka dalam penelitian ini dilakukan perencanaan dinding penahan Sungai untuk mengatasi masalah tersebut. dan untuk mencegah tanah longsor juga untuk melindungi Jembatan Celaket, maka diperlukan Perencanaan Dinding Penahan (*retaining wall*) pada Sungai Celaket Desa Gading Kulon Kecamatan Dau Kabupaten Malang.

Dalam rumusan masalah harus mengetahui jenis tanah apa yang ada dilokasi agar bisa merencanakan dinding penahan tanah yang baik dan cocok untuk tanah tersebut,serta mengetahui bagaimana analisa stabilitas dinding penahan tanah yang direncanakan,

*Mahasiswa, Email : Andreaslerekaka@gmail.com

**Dosen Pembimbing Utama

***Dosen Pembimbing Kedua

pelaksanaan pekerjaan dinding penahan yang dilaksanakan secara bergotong royong oleh masyarakat sekitar desa gading kulon. Pembatasan masalah hanya merencanakan konstruksi dinding penahan tanah yang baik, analisa stabilitas tanah ditinjau dari segi pergeseran, penggulingan, penurunan dayadukung tanah, serta menganalisa rencana anggaran biaya pembuatan dinding penahan tanah.

Tujuan untuk mengetahui jenis tanah yang ada pada lokasi, serta mengetahui bagaimana analisa stabilitas dinding penahan tanah yang diperlukan dan dapat mengerti metode pelaksanaan pekerjaan suatu dinding penahan tanah dan juga anggaran biaya yang diperlukan untuk membangun dinding penahan tanah. Manfaat dapat dijadikan literatur referensi didunia teknik sipil menambah wawasan penulis dalam perencanaan dinding penahan serta dapat menjadi rekomendasi bagi pemerintah daerah Kabupaten Malang Jawa Timur. Dinding Penahan Tanah (Retaining wall). Retaining wall merupakan istilah di bidang teknik sipil yang artinya dinding penahan. Berdasarkan buku Sudarmanto, Ir., Msc., 1996, Konstruksi Beton 2 dinyatakan bahwa, Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampuannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri.

Jenis – jenis Dinding Penahan Tanah

- Dinding Gravitasi (Gravity wall)
- Dinding Penahan Kantilever
- Dinding Kontrafrot
- Dinding Buttress

Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di

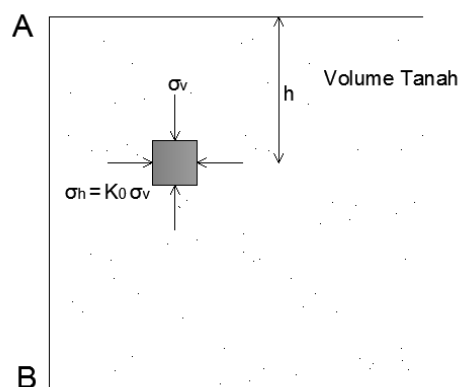
dalam sejumlah persoalan teknik pondasi, dinding penahan dan konstruksi – konstruksi lain yang ada di bawah tanah.

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu:

- Dalam Keadaan Diam (K_0)
- Dalam Keadaan Aktif (K_a)
- Dalam Keadaan Pasif (K_p)

Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

Bila kita tinjau massa tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman h akan terkena tekanan arah vertical dan tekanan arah horizontal.



Gambar 1 Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

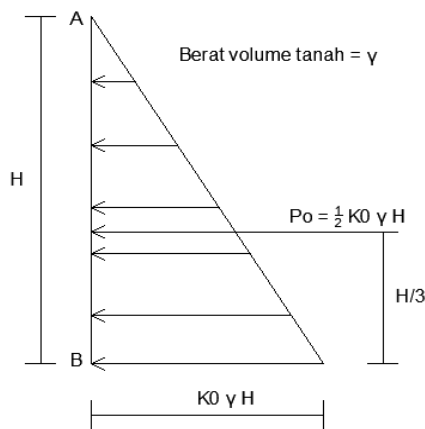
$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$$

Karena $\sigma_v = \gamma h$, maka

$$\sigma_h = K_0 (\gamma h)$$

Sehingga koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yang diperkenalkan oleh Jaky (1994).

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$



Gambar 2. Distribusi Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2$$

Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Tekanan Tanah Aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

Dimana harga K_a untuk tanah datar adalah

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

γ = berat isi tanah (g/cm^3)

H = tinggi dinding (m)

Φ = sudut geser tanah ($^\circ$)

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c \sqrt{K_a} H$$

Tekanan Tanah Pasif

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

Dimana harga K_p untuk tanah datar adalah

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

Γ = berat isi tanah (g/cm^3)

H = tinggi dinding (m)

Φ = sudut geser tanah ($^\circ$)

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2c \sqrt{K_p} H$$

Kapasitas Dukung Tanah

Rumus persamaan umum beban ultimit per satuan luas menurut (Teori Terzaghi):

$$q_u = \left(\frac{1}{3} \cdot c \cdot N_c \right) + (\gamma \cdot d \cdot N_q) + (0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

dimana:

q_u = kapasitas dukung ultimit

c = kohesi (kN/m^2)

$p_o = D_f \gamma$ = tekanan overburden pada dasar pondasi (kN/m^2)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah

N_γ, N_c, N_q = faktor kapasitas dukung tanah (fungsi ϕ)

Tabel.1 Nilai – nilai faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi

Φ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	30,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Hary Christadi Hardiyatmo, 2007

$$q_{un} = q_u - \gamma \cdot D_f$$

dimana:

q_{un} = kapasitas dukung ultimit neto (t/m^2)

q_u = kapasitas dukung ultimit (t/m^2)

$q_n = q - \gamma \cdot D_f$

dimana;

q_n = tekanan pondasi neto (t/m^2)

$$F = \frac{q_{un}}{q} = \frac{q_u - \gamma \cdot D_f}{q - \gamma \cdot D_f}$$

Stabilitas Terhadap Gaya Eksternal
Keruntuhan Akibat Bahaya Guling

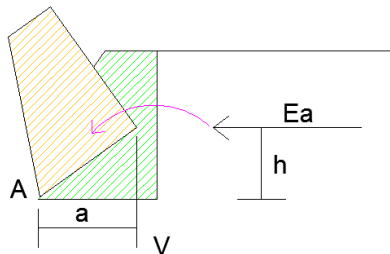
$$S_f \text{ guling} = \frac{\sum M}{\sum M_H} \geq 1,5$$

Dimana:

$\sum M$ = jumlah dari momen – momen yang menyebabkan struktur

terguling dengan titik pusat putaran di titik 0. $\sum M$ disebabkan oleh tekanan tanah aktif yang bekerja pada elevasi $H/3$

$\sum MH$ = jumlah dari momen – momen yang mencegah struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik 0. $\sum MH$ merupakan momen – momen yang disebabkan oleh gaya vertikal dari struktur dan berat tanah diatas struktur Nilai angka keamanan minimum terhadap geser dalam perencanaan digunakan adalah 1,5.

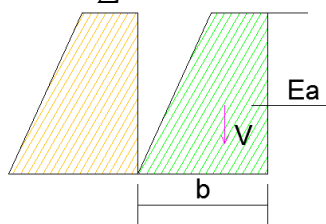


Gambar 3. Keruntuhan akibat bahaya guling.

Keruntuhan Terhadap Bahaya Geser

Gaya aktif tanah (E_g) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser, bila dinding penahan tanah dalam keadaan stabil, maka gaya – gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang.

$$(\sum F) = 0 \text{ dan } \sum M = 0$$



Gambar 4. Keruntuhan terhadap bahaya geser.

Ada dua kemungkinan gaya perlawanan ini didasarkan pada jenis tanahnya.

Tanah Dasar Pondasi Berupa Tanah Non – Kohesif

Besarnya gaya perlawanan adalah $F = N \cdot f$, dengan f adalah koefisien gesek antara

dinding beton dan tanah dasar pondasi, sedangkan N dapat dicari dari keseimbangan gaya – gaya vertikal ($\sum F_v = 0$), maka diperoleh $N = V$. Besarnya f diambil apabila alas pondasi relatif kasar maka $f = \text{tg } \varphi$ dimana φ merupakan sudut gesek dalam tanah, sebaliknya bila alas pondasi halus,

$$SF = \frac{\text{Gaya lawan}}{\text{Gaya dorong}} = \frac{V \cdot f}{Ea}$$

$SF \geq 1,5$ digunakan untuk jenis tanah non kohesif, misalnya tanah pasir.

Dimana:

SF = angka keamanan (safety factor)

V = gaya vertikal

Ea = gaya aktif tanah

Bilamana pada konstruksi tersebut dapat diharapkan bahwa tanah pasif dapat dipertanggung jawabkan keberadaannya, maka besar gaya pasif tanah (E_p) perlu diperhitungkan sehingga gaya lawan menjadi:

$$V \cdot f + E_p$$

Dimana:

E_p = gaya pasif tanah

Tanah Dasar Pondasi Berupa Tanah Kohesif

Gaya perlawanan yang terjadi berupa lekatan antara tanah dasar pondasi dengan alas pondasi dinding penahan tanah. Besarnya lekatan antara alas pondasi dinding penahan tanah dengan dasar pondasi adalah $(0,5 - 0,7) c$, dimana c adalah kohesi tanah. Dalam analisis biasanya diambil sebesar $2/3 c$. Besarnya gaya lekatan yang merupakan gaya lawan adalah luas alas pondasi dinding penahan tanah dikalikan dengan lekatan diperoleh gaya lawan = $2/3 c (b \times 1)$ bilamana diambil dinding 1 m.

$$SF = \frac{\frac{2}{3} c \cdot b}{Ea}$$

Untuk jenis tanah campuran (lempung pasir) maka besarnya:

$$SF = \frac{v \cdot f + \frac{2}{3} c \cdot B + E_p}{Ea}$$

Dimana:

C = kohesi tanah

B = alas pondasi dinding penahan tanah

SF \geq 1,5 digunakan untuk jenis tanah kohesif, misalnya tanah lempung.

Daya Dukung Ijin dari Tanah

Tekanan tanah disebabkan oleh gaya – gaya yang terjadi pada dinding penahan ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan/abutmen dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal.

$$Eks = (0,5 B)$$

Tekanan tanah dihitung dengan rumus:

$$\sigma maks = \frac{2V}{3 \cdot (\frac{B}{2} - e)}$$

Dimana:

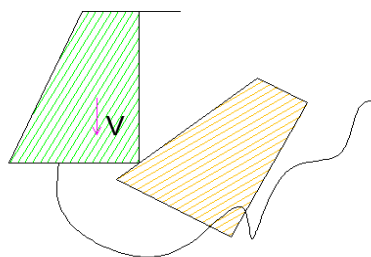
e = eksentrisitas

B = alas pondasi dinding penahan

σ = tekanan

$$SF = \frac{q ultimate}{q maks}$$

Nilai minimum dari angka keamanan terhadap daya dukung yang biasa digunakan dalam perencanaan adalah 1,5.



Gambar 5. Runtuhnya konstruksi akibat daya dukung tanah terlampaui.

Perhitungan Gempa

Rumus yang digunakan:

$$He = E \cdot SG$$

$$E = \frac{ad}{g}$$

$$ad = z \cdot ac \cdot v$$

Dimana:

He = Gaya yang diakibatkan oleh gempa

g = gravitasi bumi (9,81 m/det²)

z = faktor yang bergantung pada letak geografis (koefisien zona gempa)

ac = Percepatan kejut dasar (cm/det²)

untuk harga per periode ulang

v = koefisien jenis tanah

SG = gaya berat

Tabel 2. Koefisien jenis tanah

Jenis	v
Batu	2,76
Diluvium	0,87
Aluvium	1,56
Aluvium lunak	0,29

Tabel 3. Periode ulang dan percepatan dasar gempa

Periode ulang (tahun)	Ac (cm/det ²)
20	85
100	160
500	225
1000	275

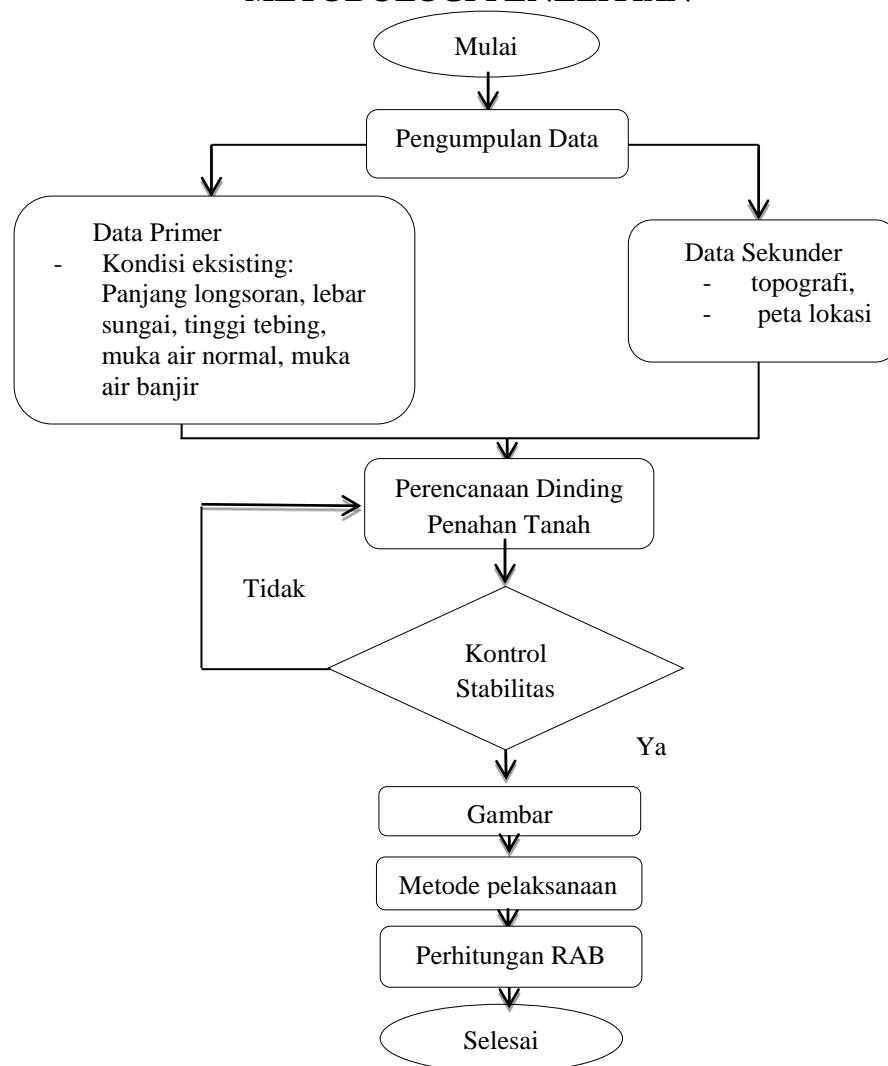
Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Dalam melaksanakan pekerjaan dinding penahan sungai diperlukan metode pelaksanaan yaitu cara pelaksanaan suatu pekerjaan agar selesai dengan baik dalam waktu yang tepat sesuai dengan rencana kerja.

Rencana Anggaran Biaya

Estimasi biaya merupakan hal penting dalam dunia industri konstruksi. Ketidak – akuratan dalam estimasi dapat memberikan efek negatif pada seluruh proses konstruksi dan semua pihak yang terlibat. Menurut Pratt (1995) fungsi dari estimasi biaya dalam industri konstruksi adalah:

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 6. Metodologi penelitian

Hasil dan Pembahasan

- Tinggi air (H_{air})
 - Normal = 0,70 m
 - Banjir = 1,80 m
- Tanah pengisi = Tanah

Tabel 4. Data Tanah

No	Notasi	Σ	Satuan
1	Gs	2,08	kN/m ³
2	γ_b	14,5	kN/m ³
3	γ_d	10,67	kN/m ³
4	γ_{sat}	15,88	kN/m ³
5	γ'	6,07	kN/m ³
6	γ_w	9,81	kN/m ³
7	γ	22	kN/m ³
8	e	0,745	

9	c	2	t/m ³
10	φ	35	°

Perencanaan Dinding Penahan Tanah

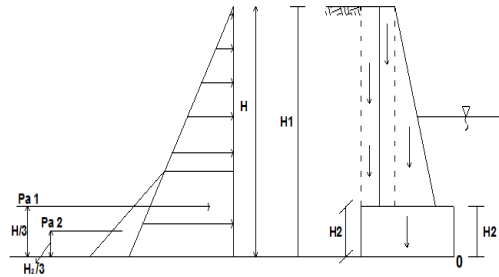
Dinding penahan tanah yang direncanakan adalah jenis dinding penahan gravitasi.

Data Perencanaan (dicoba dengan dimensi):

Tinggi Total (H+D)	= 5,00 m
Tinggi Dinding Penahan (H)	= 4,00 m
Lebar Bawah (B)	= 2,50 m
Lebar Atas (B)	= 0,4 m
Kedalaman pondasi (Df)	= 1,00 m

Perhitungan dilakukan dengan empat kondisi:

Kondisi Muka Air Banjir Tanpa Gempa Tanah Aktif (Pa)



Gambar 7. Tekanan Tanah Aktif pada Kondisi Banjir

Tekanan tanah aktif:

$$Pa1 = \frac{1}{2} \gamma_b H1^2 Ka = 93,6 \text{ kN}$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \gamma_{\text{sat}} H2^2 \cdot Ka = 5,658 \text{ kN}$$

Jumlah tekanan tanah aktif yang bekerja:

$$\sum Pa = Pa1 + Pa2 = 99,258 \text{ kN}$$

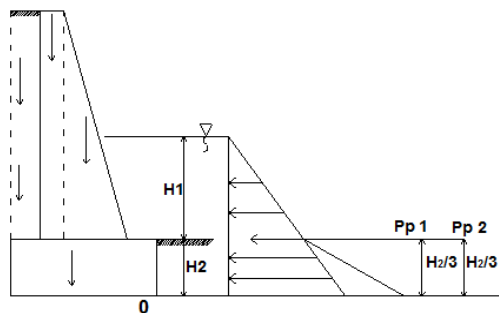
Momen Aktif:

$$Ma1 = Pa1 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot H1\right) + H2 = 117,592 \text{ kNm}$$

$$Ma2 = Pa2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot H2\right) = 1,886 \text{ kNm}$$

$$\sum Ma = Ma1 + Ma2 = 119,478 \text{ kNm}$$

Tanah Pasif



Gambar 8. Tekanan Tanah Pasif pada Kondisi Banjir

Tekanan tanah pasif:

$$Pp1 = \frac{1}{2} \gamma_w H1^2 = 38,455 \text{ kN}$$

$$Pp2 = \frac{1}{2} \gamma_{\text{sat}} \cdot Kp \cdot Df^2 + 2 \cdot c \cdot \sqrt{Kp \cdot Df} = 20,797 \text{ kN}$$

$$\sum Pp = Pp1 + Pp2 = 59,242 \text{ kN}$$

Momen Pasif

$$Mp1 = Pp1 \cdot \frac{1}{3} \cdot H1 = 23,073 \text{ kNm}$$

$$Mp2 = Pp2 \cdot \frac{1}{3} \cdot Df = 6,932 \text{ kNm}$$

$$\sum Mp = Mp1 + Mp2 = 30,005 \text{ kNm}$$

Perhitungan Berat Sendiri Konstruksi

$$P1 = 35,2 \text{ kN/m}, P2 = 48,4 \text{ kN/m}$$

$$P3 = 55 \text{ kN/m} \quad P4 = 28,8 \text{ kN/m}$$

Jarak Beban Terhadap Dinding Penahan di Titik 0

$$X1 = 1,70 \text{ m}; X2 = 1,133 \text{ m}$$

$$X3 = 1,25 \text{ m}; X4 = 2,25 \text{ m}$$

Tabel 5. Perhitungan Momen

No	Berat Sendiri P (kN/m)	Jarak ke titik 0 (m)	Momen (kN.m)
1	35,2	1,70	49,84
2	48,4	1,133	44,837
3	55	1,25	68,75
4	28,8	2,25	54,8
Σ	167,4		218,227

Kapasitas Dukung Tanah

Faktor Keamanan Terhadap Kuat Dukung Tanah, Geser dan Guling

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{2 \cdot V}{3 \cdot \left(\frac{B}{2}\right) - e} = 100,540 \text{ kN/m}^2$$

Stabilitas terhadap geser

$$SF = \frac{(v \cdot f) + \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B\right) + (Pp)}{Pa} = 1,81 > 1,5 \text{ Ok}$$

Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M + \sum Mp}{\sum Ma} = 2,07 > 1,5 \dots\dots\dots(\text{Ok})$$

Kondisi Muka Air Banjir dengan Gempa

Tabel 6. Perhitungan Momen Akibat Gempa

No	Berat Sendiri P (kN/m)	Jarak ke titik 0 (m)	Momen (kN.m)
1	32,947	1,70	56,001
2	30,202	1,133	34,219
3	34,320	1,25	42,900
Σ	97,469		133,120

Faktor Keamanan Terhadap Kuat Dukung Tanah, Geser dan Guling

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$SF = \frac{(v \cdot f) + \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B\right) + (Pp)}{Pa} = 1,32 > 1,2 \text{ Ok}$$

Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M + \sum Mp}{\sum Ma} = 1,36 > 1,2 \text{ Ok}$$

Tabel 7. Faktor Keamanan Terhadap Kuat Dukung Tanah, Geser Dan Guling

No	Keterangan	Geser (SF)	Guling (SF)
1	Muka Air Normal Tanpa Gempa	2,11 > 1,5	2,10 > 1,5
2	Muka Air Normal Dengan Gempa	1,49 > 1,2	1,26 > 1,2
3	Muka Air Banjir Tanpa Gempa	1,81 > 1,5	2,07 > 1,5
4	Muka Air Banjir Dengan Gempa	1,32 > 1,2	1,36 > 1,2

Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Dalam melaksanakan pekerjaan dinding penahan sungai diperlukan metode pelaksanaan yaitu cara pelaksanaan suatu pekerjaan agar selesai dengan baik dalam waktu yang tepat sesuai dengan rencana kerja. Pekerjaan persiapan, pekerjaan galian tanah, pekerjaan dinding penahan, pekerjaan pemasangan pipa penyalur, pekerjaan timbunan tanah.

Estimasi Anggaran

Total biaya yang diperlukan untuk pembangunan dinding penahan tipe gravitasi di Sungai Celaket Desa Gading Kulon Kecamatan Dau Kabupaten Malang adalah Rp. 340.503.000

Kesimpulan

Dari hasil analisis perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya sebagai berikut :

Hasil penelitian yang dilakukan ternyata jenis tanah yang ada pada lokasi adalah jenis tanah berpasir (butiran kasar). Dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan pada sunggai celaket :

Tinggi (H) = 5 m

Lebar (B) = 2,5 m

Lebar atas dinding penahan = 0,4 m

Kedalaman pondasi = 1 m

Hasil analisa stabilitas dinding penahan, ternyata stabil terhadap:

Untuk kondisi banjir tanpa gempa:

Bahaya geser SF = 1,81 > 1,5

Bahaya guling SF = 2,07 > 1,5

Untuk kondisi banjir dengan gempa:

Bahaya geser SF = 1,32 > 1,2

Bahaya guling SF = 1,36 > 1,2

Metode pelaksanaan pekerjaan dinding penahan sungai celaket dilaksanakan oleh warga sekitar, dengan sistem swadaya masyarakat.

Total biaya yang diperlukan untuk pembangunan dinding penahan tanah dengan panjang 100 m dan lebar 2,5 m sebesar Rp. 340.503.000. Biaya pekerjaan setiap m³ = Rp. 540.500.

Ucapan Terima Kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan perlindungan-Nya,
2. Bapak Suhudi, ST., MT dan Ibu Kiki Frida Sulistyani, ST., MT selaku dosen pembimbing 1 dan 2
3. Orang tua tercinta (Mama dan Papa) atas dukungan, dan motivasi
4. Dan semua orang yang terlibat dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B.M., Noor, E. dan Mochtar, I.B. 1983. **Mekanika Tanah Jilid 2**. Penerbit Erlangga.
- Djarmiko Soedarmono, dan Edy Purnomo. 1993. **Mekanika Tanah 2**. Kanisius. Jogjakarta.
- Foth henry dan Soenarto Adisoemarto. 1994. **Dasar - Dasar Ilmu Tanah**. Jakarta. Penerbit Erlangga
- Hakam, Abd, dan Mulya, R.P. 2011. **Studi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever pada Ruas Jalan Silaing Padang Bukit Tinggi KM 64+500**. Jurnal Rekayasa Sipil Vol 7 Februari 2011. Universitas Andalas. Padang.
- Hardiyatmo, H. C. 2003. **Mekanika Tanah II**. Edisi Ketiga. Universitas Gajah Mada. Jogjakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2010. **Mekanika Tanah II**. Edisi Ketiga.

- Universitas Gajah Mada.
Jogjakarta.
- Herlien Indrawahjuni. 2011. **Mekanika Tanah II**. Bargie Media. Malang.
- L. D. Wesley. 1997. **Mekanika Tanah**. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- R. F. Craig. 1987. **Mekanika Tanah**. Erlangga. Jakarta.
- Terzaghi, K, & Peck. R, B. 1993. **Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa**. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- (Sumber : Wikipedia Indonesia).*
[Http://www.wikipedia.co.id/hhtttt](http://www.wikipedia.co.id/hhtttt)
[.hittt.Google earth 2016](http://www.google.com)