

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER
DENGAN *BORED PILE* PADA RUAS JALAN BIZAM-
MANDALIKA**

*DESIGN OF CANTILEVER RETAINING WALL WITH BORED PILE ON
BIZAM-MANDALIKA ROAD SECTION*

Artikel Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

DIEN TSANIA THORIQA

F1A 019 044

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER DENGAN
BORED PILE PADA RUAS JALAN BIZAM-MANDALIKA**

*DESIGN OF CANTILEVER RETAINING WALL WITH BORED PILE ON BIZAM-
MANDALIKA ROAD SECTION*

Oleh:

DIEN TSANIA THORIQA

F1A 019 044

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama



Ir. Ismail Hoesain M., MT.

NIP. 19650717 199403 1 001

Tanggal: September 2023

2. Pembimbing Pendamping



I Nyoman Merdana, ST., MT.

NIP. 19680913 199703 1 001

Tanggal:  September 2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc(Eng), Dr.Eng

NIP. 19731027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER DENGAN
BORED PILE PADA RUAS JALAN BIZAM-MANDALIKA**

Oleh:

**Dien Tsania Thoriqa
F1A 019 044**

Telah diperiksa di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal, September 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat derajat S-1

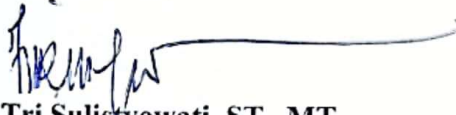
Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Prof. Ir. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D. Tanggal: September 2023
NIP. 19620809 198912 1 001

2. Penguji II



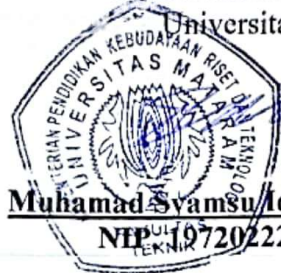
Tri Sulistvowati, ST., MT. Tanggal: September 2023
NIP. 19730202 199802 2 001

3. Penguji III



Dr. Muhajirah, ST., MT. Tanggal: September 2023
NIP. 19730719 199903 2 002

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Sipil
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu/Iqbal, ST., MT., Ph.D. :
NIP. 19720222 199903 1 002

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER DENGAN *BORED PILE* PADA RUAS JALAN BIZAM-MANDALIKA

Dien Tsania Thoriqa¹, Ismail Hoesain M², I Nyoman Merdana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Email: dientsania0101@gmail.com

ABSTRAK

Dinding penahan tanah adalah salah satu jenis konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah agar tidak bergeser ataupun longsor. Seperti pada STA 10+150 ruas jalan BIZAM-Mandalika, terdapat timbunan tanah setinggi 6 m. Perkuatan yang digunakan adalah dinding penahan tanah tipe kantilever dengan tambahan *bored pile*.

Data yang digunakan pada perencanaan ini berupa data sekunder dari proyek perencanaan jalan BIZAM-Mandalika. Perhitungan perencanaan dilakukan secara manual dengan menggunakan metode Rankine. Perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui dimensi dinding penahan tanah kantilever dengan *Bored Pile*, dan juga untuk mengetahui faktor aman terhadap stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah.

Berdasarkan perencanaan perhitungan manual diperoleh dimensi dinding penahan tanah adalah tinggi (H) = 8m, lebar dasar fondasi (B) = 5,0 m, lebar atas dinding (a) = 0,3m, tinggi plat fondasi (D) = 1m, kedalaman plat = 2m, bagian ujung kaki (*toe*) = 1,0m, bagian tumit (*heel*) = 2,8m. Analisa stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah dinding penahan tanah kantilever didapatkan nilai *safety factor* berturut-turut sebesar 2,94; 0,56; 1,29 dan stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah dinding penahan tanah kantilever dengan *bored pile* tanpa gempa didapatkan nilai *safety factor* berturut-turut sebesar 5,6; 1,70; 2,04, sedangkan untuk stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah dinding penahan tanah kantilever dengan *bored pile* kondisi gempa didapatkan nilai *safety factor* secara berturut-turut sebesar 2,32; 1,30; 1,86. Diameter tulangan utama yang digunakan adalah 7D22, 12D22 untuk bagian dinding dan 10D22 untuk bagian plat fondasi. Diameter tulangan susut sebesar D12-80 untuk bagian dinding penahan tanah. Diameter tulangan utama pada *bored pile* yang digunakan adalah 14D22, dan D12-75 untuk tulangan geser spiral.

Kata kunci : *Timbunan, Dinding Kantilever, Bored Pile, Gempa, Beton*

ABSTRACT

Retaining wall is one type of construction that serves to hold the soil so as not to shift or landslide. As in STA 10+150 of the BIZAM-Mandalika road section, there is a 6 m high soil embankment. The reinforcement used is a cantilever type retaining wall with additional bored piles.

The data used in this planning is secondary data from the BIZAM-Mandalika road planning project. The planning calculation is done manually using the Rankine method. This planning aims to determine the dimensions of the cantilever retaining wall with Bored Pile, and also to determine the safety factor for overturning stability, shear and soil bearing capacity.

*Based on manual calculation planning, the dimensions of the retaining wall are height (H) = 8m, foundation base width (B) = 5.0m, wall top width (a) = 0.3m, foundation plate height (D) = 1m, plate depth = 2m, toe section (*toe*) = 1.0m, heel section (*heel*) = 2.8m. Analysis of overturning stability, shear and soil bearing capacity of the cantilevered retaining wall obtained safety factor values of 2.94; 0.56; 1.29 respectively and overturning stability, shear and soil bearing capacity of the cantilevered retaining wall with bored pile without earthquake obtained safety factor values of 5.6; 1.70; 2.04 respectively, while for overturning stability, shear and soil bearing capacity of the cantilevered retaining wall with bored pile under earthquake conditions obtained safety factor values of 2.32; 1.30; 1.86 respectively. The main reinforcement diameters used are 7D22, 12D22 for the wall section and 10D22 for the foundation plate section. The shrinkage reinforcement diameter is D12-80 for the retaining wall section. The main reinforcement diameter of the bored pile used is 14D22, and D12-75 for spiral shear reinforcement.*

Keywords: *Embankment, Cantilever Wall, Bored Pile, Earthquake, Concrete.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Mandalika merupakan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) yang telah ditetapkan melalui Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2014 untuk menjadi KEK Pariwisata. Dengan luas area sebesar 1.035,67 Ha dan menghadap Samudera Hindia, KEK Mandalika diharapkan dapat mengakselerasi sector pariwisata Provinsi Nusa Tenggara Barat yang sangat potensial. KEK Mandalika menawarkan wisata bahari dengan pesona pantai dan bawah laut yang memukau. Sejalan dengan pengembangan pariwisata dengan melakukan pembangunan obyek-obyek wisata dibangunlah jalan *ByPass* BIZAM Mandalika. Pembangunan jalan *ByPass* BIZAM Mandalika ini dibangun dari Bandara Internasional Zainuddin Abdul Madjid hingga ke Kawasan Mandalika untuk mempercepat waktu tempuh wisatawan yang ingin mengunjungi kawasan Mandalika.

Kondisi topografi tanah yang tidak rata dan terdapat banyak bukit pada ruas jalan *ByPass* BIZAM Mandalika mengharuskan adanya galian dan timbunan dalam proses pembangunannya. Pada lokasi terdapat tanah timbunan setinggi 6m, sehingga membutuhkan perkuatan dinding penahan tanah untuk mencegah terjadinya longsor. Menurut Hardiyatmo (2014), tipe dinding penahan tanah dibagi menjadi 6 yang terdiri dari dinding gravitasi, dinding semi gravitasi, dinding kantilever, dinding *counterfort*, dinding krib, dan dinding tanah bertulang. Adapun pada perencanaan ini menggunakan dinding penahan tanah kantilever dengan penambahan *bored pile* pada timbunan setinggi 6 m guna mengurangi geser dan memperbesar gaya yang menahan dinding penahan tanah, sehingga stabilitas geser, guling dari dinding penahan tanah kantilever dengan *bored pile* menjadi meningkat.

Dinding penahan tanah dengan perkuatan *bored pile* pada kondisi asli tanpa beban gempa dikatakan aman karena didapatkan nilai SF geser dan guling $> 1,5$ (Pamungkas, 2021). Pada studi kasus proyek pembangunan Jembatan Panda di Bima dilakukan analisis daya dukung tanah pondasi tiang pancang dan didapatkan kesimpulan bahwa digunakan tiang pancang precast yang dianalisis dari data sondir menggunakan metode Meyerhoff. (Sulistia, 2018). Penelitian dari Yanti (2023), menyatakan hasil analisis stabilitas yang diperoleh pada kondisi tanpa gempa lebih besar dibandingkan dengan kondisi gempa.

Kebaruan dalam analisis ini adalah pemilihan penambahan *bored pile* dan perhitungan penulangan beton pada dinding penahan tanah kantilever dan *bored pile* pada timbunan ruas jalan BIZAM – Mandalika, oleh karena itu dapat

dilakukan analisis dengan judul "*Perencanaan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dengan Bored Pile Pada Ruas Jalan BIZAM-Mandalika*".

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana dimensi dinding penahan tanah menggunakan *bored pile* pada jalan *ByPass* BIZAM Mandalika?
2. Bagaimana pengaruh *bored pile* terhadap stabilitas guling, geser, daya dukung tanah?
3. Bagaimana perhitungan stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser, guling, daya dukung tanah dengan dan tanpa menggunakan *bored pile*?
4. Bagaimana perhitungan dimensi tulangan dinding penahan tanah dan perhitungan dimensi tulangan *bored pile* yang dibutuhkan?

Batasan Masalah

1. Perencanaan dinding penahan tanah menggunakan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Ruas Jalan BIZAM Mandalika hanya terdapat pada KM 10+150.
2. Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah menggunakan *bored pile* secara manual.
3. Tekanan tanah aktif dan pasif hanya menggunakan teori Rankine.
4. Data yang digunakan merupakan data sekunder Proyek Jalan BIZAM-Mandalika.

Tujuan Penelitian

1. Untuk menentukan dimensi dinding penahan menggunakan *bored pile* pada jalan *By Pass* BIZAM Mandalika.
2. Untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser, guling, daya dukung tanah.
3. Untuk menentukan hasil faktor keamanan terhadap stabilitas guling, geser, daya dukung tanah dengan dan tanpa menggunakan *bored pile*.
4. Untuk menentukan dimensi tulangan dinding penahan tanah dan *bored pile* yang dibutuhkan.

Manfaat Penelitian

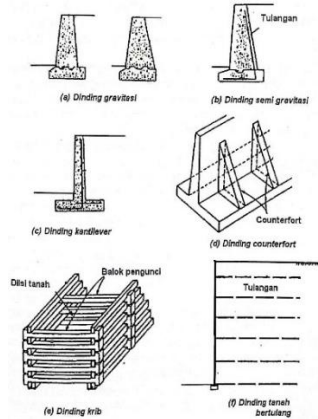
1. Untuk mengetahui perencanaan dimensi dinding penahan kantilever menggunakan *bored pile*.
2. Untuk mengetahui mengenai analisis stabilitas perkuatan dinding penahan tanah menggunakan *bored pile*.
3. Memberikan informasi mengenai desain penulangan pada dinding penahan tanah dan *bored pile*.

4. Dapat dijadikan sebagai acuan para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan dinding penahan tanah menggunakan *bored pile*.

LANDASAN TEORI

Dinding penahan tanah adalah salah satu jenis konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah agar tidak bergeser ataupun longsor, seperti pada area parkir, tepi lereng, sungai, ruas jalan, dan lain sebagainya. Hardiyatmo (2014), membagi beberapa tipe dinding penahan tanah, antara lain sebagai berikut:

1. Dinding gravitasi.
2. Dinding semi gravitasi.
3. Dinding kantilever.
4. Dinding *counterfort*.
5. Dinding krib.
6. Dinding tanah bertulang.



Gambar 1 Tipe-tipe dinding penahan tanah (Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang timbul akibat adanya dorongan pada bidang horizontal dari tanah yang di tahan oleh struktur dinding penahan tanah. Tekanan tanah lateral terdiri dari tekanan tanah saat diam, aktif dan pasif.

Teori Rankine (1857) dalam analisis tekanan tanah lateral dilakukan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Tanah dalam kedudukan keseimbangan plastis, yaitu sembarang elemen tanah dalam kondisi tepat akan runtuh.
2. Tanah urug tidak berkoheisi ($c = 0$).
3. Gesekan antara dinding dan tanah urug diabaikan atau permukaan dinding dianggap licin sempurna ($\delta = 0$).

Koefisien tekanan tanah aktif:

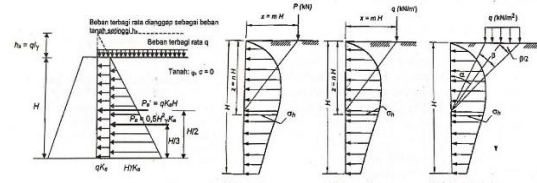
$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Koefisien tekanan tanah pasif:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Pengaruh beban diatas tanah timbunan terdiri dari beban terbagi rata, beban titik, beban garis,

dan beban terbagi rata memanjang, seperti yang ditunjukkan Gambar 2 dibawah ini:



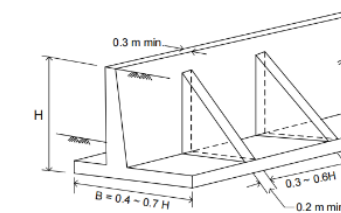
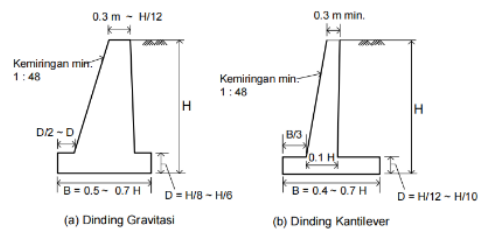
Gambar 2 Pengaruh beban diatas tanah timbunan (Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Tekanan tanah lateral akibat gempa tersebut dihitung dengan menggunakan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif persamaan Mononobe (1929) dan Okabe (1924). Perhitungan tegangan lateral tanah akibat gempa teori Mononobe-Okabe adalah sebagai berikut:

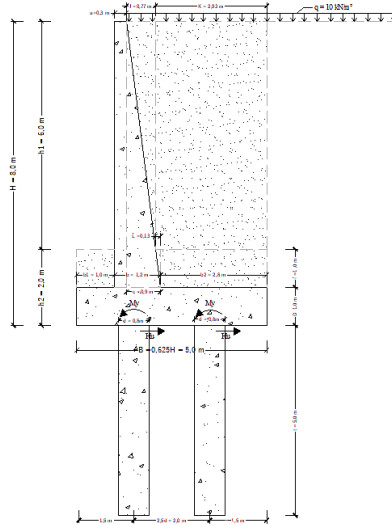
$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - \beta)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right)^2} \quad (2.25)$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - K_v) K_{AE}$$

Estimasi dimensi awal untuk perencanaan dimensi dinding penahan tanah dapat digunakan seperti pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3 Estimasi awal dimensi dinding penahan tanah. (Sumber, SNI-8460:2017)



Gambar 4 Analisa stabilitas berdasarkan gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan tanah.

Stabilitas terhadap Penggeseran.

$$FK_{geser} = \frac{\Sigma R_h + \Sigma P_p + Hu}{\Sigma P_a} \geq 1,5$$

dengan,

- FK_{geser} = Faktor aman terhadap penggeseran.
- ΣR_h = Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran.
- ΣP_p = Jumlah gaya tekanan tanah pasif (kN).
- ΣP_a = Jumlah gaya tekanan tanah aktif (kN).
- Hu = Horizontal ultimate tiang (kN)

Stabilitas terhadap Penggulingan.

$$FK_{guling} = \frac{\Sigma M_w + \Sigma M_p + (Qs \times \text{jarak ke titik O})}{\Sigma M_a} \geq 1,5$$

dengan,

- FK_{guling} = Faktor aman terhadap penggulingan.
- ΣM_w = Momen yang melawan penggulingan (kN.m)
- ΣM_p = Momen tekanan tanah pasif (kN.m)
- ΣM_a = Momen tekanan tanah aktif (kN.m)
- Qs = Tahanan gesek ultimate tiang (kN)

Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah.

Analisis Terzaghi.

$$q_u = cN_c + p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$$

Karena $p_o = D_f \gamma$, persamaan diatas dapat dinyatakan pula dengan:

$$q_u = cN_c + (D_f \gamma) N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$$

dengan,

- q_u = Kapasitas dukung ultimate untuk fondasi memanjang (kN/m²).
- c = Kohesi (kN/m²).
- D_f = Kedalaman fondasi (m).
- B = Lebar dasar fondasi sebenarnya (m)
- γ = Berat volume tanah (kN/m).
- p_o = D_fγ = Tekanan overburden pada dasar

fondasi (kN/m²).

N_c, N_q, N_γ = Faktor kapasitas dukung Terzaghi (kN/m³).

Tulangan Lentur

Tulangan lentur atau tulangan utama berfungsi untuk menahan beban momen lentur yang terjadi pada plat. Pada tulangan lentur biasanya menggunakan tulangan ulir yang mempunyai tegangan leleh (f_y) minimal 300 MPa dengan ukuran Ø10, Ø13, Ø16, Ø19, Ø22, Ø25, Ø29, Ø32 dan Ø36.

Tulangan Geser

Tulangan geser berfungsi untuk menahan beban gaya geser. Untuk tulangan geser menggunakan tulangan polos dengan tegangan leleh (f_y) minimal 240 MPa dengan ukuran Ø6, Ø8, Ø10, Ø12, Ø14 dan Ø16.

METODE PERENCANAAN

Lokasi Perencanaan

Lokasi penelitian ini terletak di ruas jalan By Pass BIL Mandalika tepatnya pada KM 10+150 Desa Pengemat, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, NTB seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 5**.



Gambar 5 Lokasi perencanaan dinding penahan tanah.

(Sumber: Google Eart, 2023)

Data Perencanaan

Data yang digunakan pada perencanaan ini adalah data sekunder proyek jalan ByPass BIL-Mandalika, berupa data sebagai berikut:

Data parameter Tanah

Tabel 1 Hasil pengujian parameter tanah

Parameter	Tanah Timbunan	Tanah Asli
Berat Isi, γ (kN/m ³)	18,547	16,67
Kadar Air, W (%)	14	35,17
Berat Jenis	2,563	2,67
Batas Cair, LL (%)	28	66,2
Batas Plastis, PL (%)	13,38	35,49
Indeks Plastisitas, IP (%)	14,63	30,71
Sudut Geser, ϕ (°)	30,96	13,69
Kohesi, C (kN/m ²)	7,84	8,53

(Sumber: PT Nindya dan Laboratorium Geoteknik Universitas Mataram, 2020)

Data Beban Lalu Lintas

Berdasarkan SNI 8460-2017 didapatkan tabel beban lalu lintas sebagai berikut:

Tabel 2 Beban lalu lintas berdasarkan fungsi jalan

Kelas Jalan	Beban lalu lintas (kPa)	Beban di luar jalan (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

(Sumber: SNI 8460-2017)

Data Beban Gempa

Tabel 3 Hasil klasifikasi tanah berdasarkan nilai N(SPT).

No	Kedalaman	t(m)	N(SPT)	N=t/N
1	0-2	2	10	0,20
2	2-4	2	24	0,08
3	4-6	2	30	0,07
4	6-8	2	30	0,07
5	8-10	2	35	0,06
6	10-12	2	37	0,05
7	12-14	2	40	0,05
8	14-16	2	80	0,03
9	16-18	2	80	0,03
10	18-20	2	49	0,04
11	20-22	2	47	0,04
12	22-24	2	52	0,04
13	24-26	2	80	0,03
14	26-28	2	80	0,03
15	28-30	2	80	0,03
JUMLAH		30		0,82

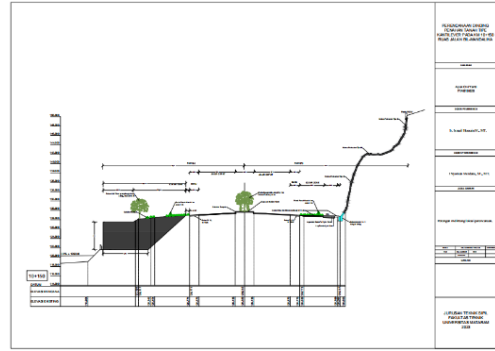
$$N = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{N}\right)}$$

$$= \frac{30}{0,82}$$

$$= 36,38 \text{ (Tanah Sedang)}$$

Data yang digunakan untuk situs tanah sedang adalah:

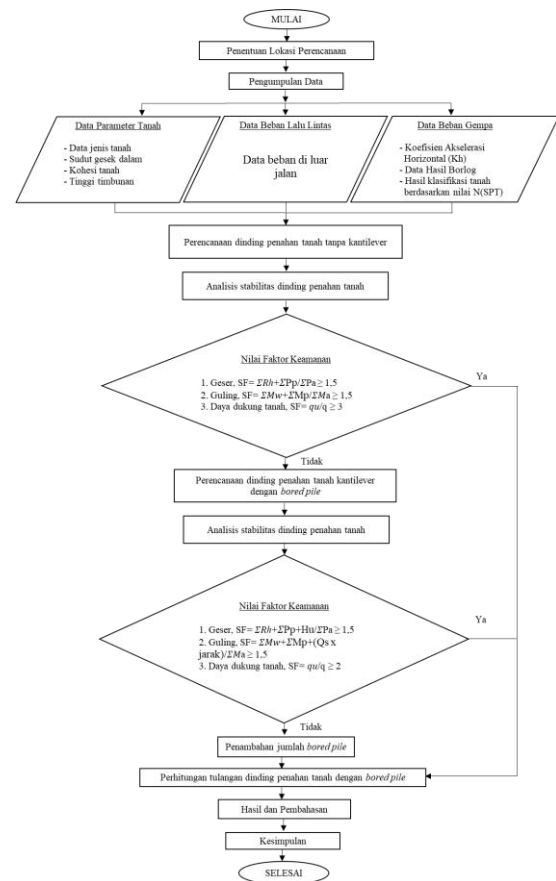
$PGA = 0,35$, $SS = 0,65$, $F_{PGA} = 1,15$, $\delta = 0^\circ$, $\beta = 0^\circ$, $i = 0^\circ$.



Gambar 6 Potongan melintang lokasi perencanaan

(Sumber: PT ADHI KARYA, 2019)

Bagan Alir Perencanaan



Gambar 7 Bagan alir analisis secara manual.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisa Pembebanan yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

- Beban yang bekerja diatas tanah timbunan.
Beban di atas tanah timbunan dianggap sebagai beban merata yang merupakan beban kendaraan yang akan parkir, sebesar 10 kN/m².
- Beban Gempa
Percepatan tanah puncak (PGA_M)

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA$$

$$= 1,15 \times 0,35 = 0,4$$

Koefisien percepatan horizontal dan vertikal (K_h) dan (K_v)

$$K_h = 0,5 \times PGA_M$$

$$= 0,5 \times 0,4 = 0,2$$

$$K_v = 0$$

$$\theta = \tan^{-1}(K_h / (1 - K_v))$$

$$= \tan^{-1}(0,24 / (1 - 0))$$

$$= 13,5^\circ$$

Koefisien tekanan tanah aktif akibat gempa pada tanah timbunan, (K_{ae1}):

$$K_{ae1} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left(1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)} \right)^2}$$

$$= 0,48$$

Koefisien tekanan tanah aktif akibat gempa pada tanah asli, (K_{ae1}):

$$K_{ae2} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \theta + \beta) \left(1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)} \right)^2}$$

$$= 0,99$$

Analisa Koefisien Tekanan Tanah

Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2(45 - \varphi/2)$$

Koefisien tekanan tanah pasif.

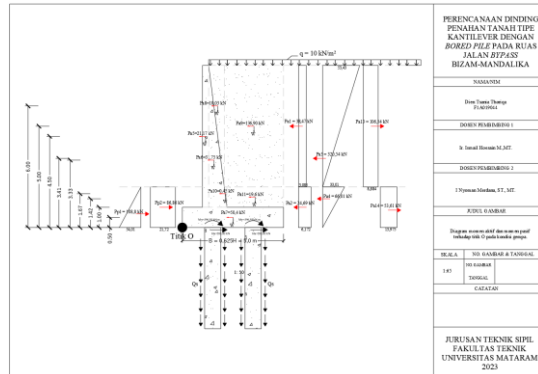
$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$$

Tabel 4 Hasil perhitungan koefisien tekanan tanah.

No	Jenis Tanah	φ	γ	c	K_a	K_p	K_{ae}
1	Tanah Timbunan	30,96	18,55	7,84	0,32	3,12	0,48
2	Tanah Asli	13,69	16,67	8,53	0,62	1,62	0,99

Kondisi dengan beban gempa.

Diagram momen aktif dan momen pasif terhadap titik O ditunjukkan seperti pada **Gambar 8** berikut:



Gambar 8 Diagram momen aktif dan momen pasif terhadap titik O.

Tabel 5 Momen aktif dan momen pasif terhadap titik O

No	Tekanan Tanah Aktif	Jarak Ke Titik O	Momen Ke Titik O
Pa1	19.24	5.00	96.19
Pa2	12.34	1.00	12.34
Pa3	160.27	3.41	546.53
Pa4	33.01	1.42	46.87
Pa5	10.58	4.50	47.63
Pa6	15.88	3.33	52.92
Pa7	25.20	0.50	12.60
Pa8	9.02	6.00	54.09
Pa9	68.45	5.00	342.25
Pa10	0.23	1.67	0.38
Pa11	9.80	1.50	14.70
Pa12	-53.27	5.00	-266.36
Pa13	-26.81	1.00	-26.81
ΣPa =	283.93		ΣMa = 933.33

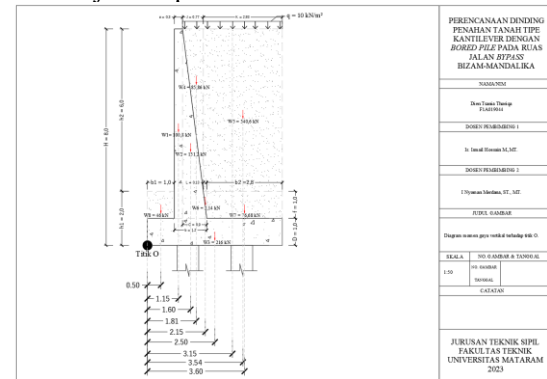
Tabel 6 Momen pasif terhadap titik O

No	Tekanan Tanah Pasif	Jarak Ke Titik O	Momen Ke Titik O
Pp1	54.014	0.67	36.009
Pp2	43.429	1.00	43.429
ΣPp =	97.44		ΣMp = 79.44

Perhitungan Gaya Vertikal

Diagram momen gaya vertikal terhadap titik

O ditunjukkan pada **Gambar 9**



Gambar 9 Diagram momen gaya vertikal terhadap titik O.

Besarnya momen gaya vertikal yang bekerja diperlihatkan dalam **Tabel 7**.

Tabel 7 Momen gaya vertikal terhadap titik O

Bidang	Berat W (kN)	Jarak Ke Titik O	Momen Ke Titik O
I	50.40	1.15	57.96
II	75.60	1.60	120.96
III	120.00	2.50	300.00
IV	42.93	1.81	77.89
V	325.95	3.54	1152.47
VI	1.07	2.16	2.31
VII	46.68	3.60	168.03
VIII	16.67	0.5	8.34
q	28.00	3.6	100.80
ΣW =	707.30		ΣMW = 1988.75

Perhitungan Beban Yang Mampu Ditahan Tiang

Titik berat tiang-tiang terhadap baris 1 :

$$x_o = 1,0 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = 1 \times (1)^2 + 1 \times (1)^2 = 2,0 \text{ m}^2$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapat titik berat berada pada +1,0 m dari tiang baris 1 yaitu berada di tengah *pile cap*, sehingga jumlah tekanan vertikal dan jumlah momennya terhadap O, diperlihatkan dalam **Tabel 8**.

Tabel 8 Momen terhadap titik O

Bilang	Berat W (kN)	Jarak Ke Titik O	Momen Ke Titik O
V1	100,80	1,10	110,88
V2	151,20	0,69	104,33
V3	240,00	0,00	0,00
V4	85,86	0,49	42,07
V5	651,90	1,04	677,98
V6	2,14	0,10	0,21
V7	93,35	1,09	101,75
V8	33,34	1,10	36,67
q	56,00	0,66	36,96
	ΣW = 1414,60		ΣMW = 1110,86

Menghitung besaran momen pada arah sumbu-x.

$$M_1 = 110,86 \text{ kN.m}$$

$$M_2 = 158,8 \text{ kN.m}$$

$$M_3 = 1866,6 \text{ kN.m}$$

$$M_y = M_1 + M_2 - M_3 = -596,93 \text{ kN.m}$$

- Gaya vertikal pada tiang deret 1:

$$Q_{1V} = \frac{V}{n} \pm \frac{My(x_1)}{\Sigma x^2} \pm 0 = 408,83 \frac{\text{kN}}{\text{tiang}}$$

- Gaya vertikal pada tiang deret 2:

$$Q_{2V} = 1005,76 \frac{\text{kN}}{\text{tiang}}$$

Perhitungan Daya Dukung Lateral

Digunakan tiang bor d = 0,8m, L = 5m.

$$E_p = 23,5 \times 10^6 \text{ kN/m}^3$$

$$I_p = \frac{1}{64} \pi d^4 = 0,02011 \text{ m}^4$$

$$k_h = \frac{k_1}{1,5} = \frac{27000}{1,5} = 18000 \text{ kN/m}^3$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_h \times d}{4 \times E_p \times I_p}} = 0,3$$

$\beta \cdot L = 1,47 < 1,5$ (tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiaiing pendek)

Kuat lentur beban tiang :

$$\sigma_{lt} = 0,4 f'c = 10000 \text{ kN/m}^2$$

Tahanan momen :

$$W = \frac{I_p}{0,5d} = 0,0503 \text{ m}^3$$

Momen maksimum tiang (My) :

$$M_y = \sigma_{lt} \times W = 502,86 \text{ kN.m}$$

$$f = \frac{Hu}{9c_u d}$$

$$= 0,01628 Hu$$

Nilai Hu dapat diketahui dari persamaan di bawah ini.

$$Hu = \frac{2My}{1,5d + 0,5f} = \frac{2 \times 502,86}{1,5 \times 0,8 + 0,5 \times (0,01628 Hu)}$$

persamaan disederhanakan sehingga menjadi:

$$0,01628 Hu^2 + 1,2 Hu - 1005,7 = 0$$

$$Hu (+) = 285,42 \text{ kN} \quad (\text{Hu yang digunakan})$$

$$Hu (-) = -432,82 \text{ kN}$$

Daya Dukung Bore Pile

1. Tahanan Ujung Ultimit Tiang.

Luas ujung bawah tiang (Ab):

$$A_b = 1/4 \times \pi \times d^2 = 0,50 \text{ m}^2$$

$$N'_c = 6 \left(1 + \frac{0,2L}{d_b} \right) = 13,50$$

$$f'_b = c_u \cdot N'_c = 115,16 \text{ kPa}$$

$$Q_b = A_b \times f'_b = 57,91 \text{ kN.}$$

2. Tahanan Gesek Ultimit Tiang

$$A_s = \pi \times d \times L_{\text{tiang}} = 12,57 \text{ m}^2$$

$$f_s = \alpha \times c_u$$

Karena $\frac{c_u}{p_r} = 0,0853 < 1,5$, maka $\alpha = 0,55$

$$f_s = 0,55 \times 8,53 = 4,69 \text{ kPa}$$

$$Q_s = A_s \times f_s = 58,98 \text{ kN}$$

3. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

Berat tiang:

$$W_p = 1/4 \times \pi \times d^2 \times L_{\text{tiang}} \times \gamma_c = 60,34 \text{ kN}$$

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = 56,54 \text{ kN}$$

Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Persamaan Terzaghi

Diketahui:

$$\gamma = 16,67^\circ$$

Berdasarkan nilai-nilai faktor kapasitas dukung

Terzaghi untuk $\gamma = 16,67^\circ$, diperoleh nilai keruntuhan geser sebagai berikut:

$$N_q = 3,48$$

$$N_c = 10,19$$

$$N_\gamma = 2,19$$

Kapasitas dukung ultimit:

$$q_u = cN_c + (D_f \gamma)N_q + 0,5\gamma_b B N_\gamma = 294,2 \text{ kN/m}^2$$

$$x_e = \frac{\Sigma M_w - \Sigma M_\alpha}{\Sigma W} = \frac{1988,8 - 933,33}{707,3} = 1,49 \text{ m}$$

$$e = B/2 - x_e$$

$$= 5,0/2 - 1,49 = 1,01 \text{ m} > B/6 = 0,83 \text{ m}$$

Tekanan pada dasar dinding:

$$q = \frac{2V}{3(B-2e)}$$

$$q_{\max} = \frac{2 \times 707,3}{3(5,0 - 2(1,01))} = 158,0 \text{ kN/m}^2$$

$$FK = \frac{q_u}{q} \geq 2$$

$$= \frac{294,2}{158,0} = 1,86 > 1,1 \quad (\text{OK})$$

Stabilitas Terhadap Penggulingan

$$FK_{\text{guling}} = \frac{\Sigma M_v + \Sigma M_p + (Q_s \times \text{jarak tiang ke titik O})}{\Sigma M_a}$$

$$= 2,32 > 1,1 \quad (\text{OK})$$

Stabilitas Terhadap Penggeseran

$$FK_{\text{geser}} = \frac{\Sigma R_h + \Sigma P_p + Hu}{\Sigma P_a} \geq 1,5$$

Untuk tanah c-φ (φ > 0 dan c > 0):

$$\Sigma R_h = c_a B + W \text{ tg } \delta_b = 255,69 \text{ kN/m}$$

$$FK_{\text{geser}} = 1,30 \geq 1,1 \quad (\text{OK})$$

Tabel 9 Hasil analisis stabilitas metode manual.

Stabilitas	Tipe Kantilever	Kantilever dengan <i>bored pile</i>	
	Tanpa Gempa	Tanpa Gempa	Dengan Gempa
Guling	2.94	5.61	2.32
Geser	0.56	1.70	1.30
Daya Dukung Tanah	1.29	2.04	1.86

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis stabilitas perkuatan dinding penahan tanah, dapat diambil hasil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimensi dinding penahan tanah yang direncanakan pada KM 10+150 ruas jalan Bil-Mandalika adalah tinggi (H) = 8 m, lebar dasar fondasi (B) = 50 m, lebar atas dinding (a) = 0,3 m, tinggi plat fondasi (D) = 1 m, kedalaman plat = 2 m, bagian ujung kaki (toe) = 1,0 m, bagian tumit (heel) = 2,8 m.
2. Hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah kantilever tanpa gempa berdasarkan SNI 8460-2017 adalah nilai *Safety factor* guling ($2948 \geq 1,5$), *Safety factor* geser ($0,56 \geq 1,5$), dan *Safety factor* daya dukung tanah ($1,29 \geq 2$) sehingga dapat dinyatakan tidak aman terhadap geser dan daya dukung tanah.
3. Hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah kantilever dengan *bored pile* tanpa gempa adalah nilai *Safety factor* guling ($5,61 \geq 1,5$), *Safety factor* geser ($1,7 \geq 1,5$), dan *Safety factor* daya dukung tanah ($2,04 \geq 2$). Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa dengan penambahan *bored pile* hasil *Safety factor* yang didapatkan lebih besar dibandingkan tanpa *bored pile*. Sehingga dapat dinyatakan bahwa pengaruh penambahan *bored pile* signifikan terhadap stabilitas. Hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah kantilever dengan *bored pile* kondisi gempa adalah, nilai *Safety factor* guling ($2,32 \geq 1,1$), *Safety factor* geser ($1,30 \geq 1,1$) dan *Safety factor* daya dukung tanah ($1,86 \geq 1,1$). Dari hasil analisis yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai *safety factor* kondisi gempa mengecil namun masih dalam kondisi aman.
4. Diameter tulangan utama yang digunakan adalah 7D22, 12D22 untuk bagian dinding dan 10D22 untuk bagian plat fondasi. Diameter tulangan susut sebesar D12-80 untuk bagian dinding penahan tanah dan D12-100 untuk bagian plat fondasi. Diameter tulangan utama pada *bored pile* yang digunakan adalah 14D22 dan untuk D12-75 untuk tulangan geser spiral.

Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dalam mendesain dinding penahan tanah pengaruh gempa juga perlu diperhatikan karena tekanan yang terjadi cukup besar apalagi untuk dinding penahan tanah yang tinggi.
2. Perhitungan kestabilan guling, geser dan daya dukung tanah pada dinding penahan tanah harus dilakukan dengan benar dan teliti agar tidak terjadi kegagalan pada dinding penahan tanah ketika beban di atasnya bekerja.
3. Berdasarkan hasil perhitungan bahwa dinding penahan tanah kantilever dengan *bored pile* pada KM 10+150 ruas jalan *ByPass* BIZAM-Mandalika aman terhadap guling, geser dan daya dukung tanah. Namun perlu disarankan untuk dapat melakukan penelitian lanjutan dengan tipe dinding penahan tanah dan lokasi yang berbeda, karena dinding penahan tanah dengan penambahan *bored pile* termasuk dalam konstruksi tidak ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfian, M. T. (2020). Perencanaan Pondasi Bored Pile Pada Proyek Gedung Retail Mitra 10 Solo. *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- [2] Asroni, A. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- [4] Hardiyatmo, H. C. (2014). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [5] Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [6] Hardiyatmo, H. C. (2018). *MEKANIKA TANAH 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- [7] Hidayati, A. M., Hakam, A., & Elizar. (2020). Analisis Pemanfaatan Barisan Tiang Bor Sebagai Konstruksi Penahan Tanah Pada Lokasi yang Sempit dan Padat. *Journal Universitas Islam Riau*.
- [8] Pamungkas, M. T. (2021). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Pondasi Bored Pile Menggunakan Program Plaxis 8.6 Pada Jembatan Kiringan Sungai Opak. *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia*.
- [9] Ramia, I. N. (2015). Analisis Keruntuhan Dinding Penahan dan Perencanaan Perkuatan (Studi Kasus Keruntuhan Dinding Penahan Tanah Pada Perumahan Alanna Prestige Buit Kerobokan Badung). *Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali*.
- [10] Sulistia, A. F. (2018). Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Meyerhoff. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram*.
- [11] SNI-2847-2019 *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. (2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [12] SNI 8460:2017 *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. (2017). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [13] Yanti, A. (2023). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Pada KM 10+150 Ruas Jalan BIL-Mandalika. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram*.