

**PERENCANAAN DINDING TURAP TIPE SHEET PILE BAJA
PADA STA 10+150 RUAS JALAN BYPASS BIL-MANDALIKA**

A Design of a Sheet Pile Type Steel Sheet Pile sta 10+150 on the Bypass Road of
BIL-Mandalika

Artikel Ilmiah
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**DARMATAKSIAH
F1A 019 037**

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

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN DINDING TURAP TIPE SHEET PILE BAJA
PADA STA 20+150 RUAS JALAN BYPASS BIL-MANDALIKA**

**A DESIGN OF A SHEET PILE TYPE STEEL SHEET PILE STA 10+150
ON THE BYPASS ROAD OF BIL-MANDALIKA**

Oleh:
DARMATAKSIAH
F1A 019 037

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama



Ir. Ismail Hoesain M., MT.
NIP. 19650717 199403 1 001

Tanggal: 21 Juli 2023


2. Pembimbing Pendamping



Suparjo, ST., MT.
NIP. 19670814 199303 1 001

Tanggal: 21 Juli 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., Msc.(Eng)., Ph.D
NIP. 19731027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

**PERENCANAAN DINDING TURAP TIPE SHEET PILE BAJA
PADA STA 20+150 RUAS JALAN BYPASS BIL-MANDALIKA**

**A DESIGN OF A SHEET PILE TYPE STEEL SHEET PILE STA 10+150
ON THE BYPASS ROAD OF BIL-MANDALIKA**

Oleh:

**Darmataksiah
FIA 019 037**

Telah diperiksa di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal Juli 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Dr. Muhajirah, ST., MT.
NIP. 19730719 199903 2 002

Tanggal: 21 Juli, 2023

2. Penguji II



Tri Sulistyowati, ST., MT.
NIP. 19730202 199802 2 001

Tanggal: 21 Juli, 2023

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Sipil
Universitas Mataram



Muhamad Svamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197202221999031002

**PERENCANAAN DINDING TURAP TIPE SHEEL PILE BAJA PADA STA
10+150 RUAS JALAN BYPASS BIL-MANDALIKA**
*A DESIGN OF A SHEET PILE TYPE STEEL SHEET PILE STA 10+150
ON THE BYPASS ROAD OF BIL-MANDALIKA*

Darmataksiah¹, Ismail Hoesain M.², Suparjo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

Email: darmataksiah1101@gmail.com

ABSTRAK

Mandalika merupakan kawasan wisata yang terletak di Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat dengan luas wilayah 1035,67 hektar. Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2014 Mandalika ditetapkan menjadi Kawasan Ekonomi Khusus (KEK). Selain itu keindahan alam, saat ini Mandalika juga memiliki Sirkuit Mandalika dimana pada bulan Maret 2022 Sirkuit Mandalika merupakan tuan rumah dalam ajang *World Superbike* (WSBK) yang merupakan ajang kejuaraan internasional. Untuk menunjang hal tersebut tentu saja perlu adanya infrastruktur yang memadai, salah satunya jalan By pass BIL – Mandalika.

Kondisi topografi pada beberapa titik ruas jalan By Pass BIL Mandalika yang terdapat beberapa bukit atau cekungan yang mengharuskan adanya galian dan timbunan. Pada beberapa ruas jalan yang dibangun di atas timbunan yang tinggi tentu saja diperlukan perkuatan dinding untuk mencegah terjadinya longsor pada timbunan tersebut. Perencanaan yang diamati adalah pada STA 10+150 dengan timbunan setinggi 6 m. Perkuatan yang digunakan berupa *Sheet Pile* baja dengan angker. Analisis dilakukan secara manual dan menggunakan bantuan *Software Geo5*. Analisis menggunakan *software Geo 5* menggunakan program *Sheeting Design*. Analisis dilakukan untuk mengetahui kedalaman penetrasi turap, profil penampang turap, profil angker.

Berdasarkan hasil perencanaan, didapatkan kedalaman penetrasi sebesar 4,365 m dengan kedalaman do sebesar 2,91 m pada kondisi tanpa gempa, Sedangkan pada kondisi dengan gempa di dapatkan kedalaman penetrasi turap sebesar 4,778 m dengan kedalaman do sebesar 3,185 m. Profil penampang turap yang digunakan pada kondisi tanpa dan dengan gempa secara berturut turut adalah turap baja tipe III dan tipe III_w yang dipilih berdasarkan nilai momen maksimum rencana. Profil angker menggunakan tie rod CT01 Grade 450 dengan diameter 48 mm yang dipilih berdasarkan nilai gaya tarik angker rencana. Lokasi pemasangan angker direncanakan berdasarkan tinjauan zona aktif turap tidak memotong bidang longsor blok angker, sehingga diperoleh panjang angker 11 m pada kondisi tanpa gempa dan 12 m pada kondisi dengan gempa dan kedalaman batang angker 2 m. Sedangkan analisis dengan *Software Geo 5* tanpa beban gempa kedalaman penetrasi turap sebesar 5,71 m dengan kedalaman do sebesar 2,93 m dan pada analisis menggunakan *Software Geo 5* digunakan profil turap dan Panjang batang angker yang sama dengan perhitungan manual yaitu turap baja tipe III dengan panjang batang angker 11 m.

Kata kunci: *Timbunan, Turap, Sheet Pile Baja, Angker, Software Geo5*

ABSTRACT

Mandalika is a tourist area located in Pujut District, Central Lombok Regency, West Nusa Tenggara with an area of 1035.67 hectares. Through Government Regulation Number 52 of 2014 Mandalika is designated as a Special Economic Zone (SEZ). Apart from that natural beauty, currently Mandalika also has the Mandalika Circuit where in March 2022 the Mandalika Circuit will host the World Superbike (WSBK) event which is an international championship event. To support this, of course, adequate infrastructure is needed, one of which is the By Pass BIL - Mandalika road.

Topographical conditions at several points of the By Pass BIL Mandalika road where there are several hills or basins that require excavation and stockpiling. On some road sections that are built on high embankments, of course, wall reinforcement is needed to prevent landslides on the embankments. The planning observed was at STA 10+150 with a 6 m high embankment. The reinforcement used is in the form of sheet pile steel with anchorage. The analysis was carried out manually and using the help of Geo5 software. Analysis using Geo 5 software using the Sheeting Design program. The analysis was carried out to determine the depth of penetration of the sheet pile, the sheet profile of the sheet pile, and the armature profile.

Based on the planning results, a penetration depth of 4.365 m was obtained with a do depth of 2.91 m in conditions without an earthquake, while in conditions with an earthquake, a sheet penetration depth of 4.778 m was obtained with a do depth of 3.185 m. The sheet profiles of sheet pile used in conditions without and with earthquakes are type III and type III_w steel sheet respectively which are selected based on the design maximum moment value. The anchor profile uses a CT01 Grade 450 tie rod with a diameter of 48 mm which is selected based on the planned anchor tensile force value. The location of the anchor installation is planned based on the review of the active zone of the sheet pile not intersecting the failure plane of the anchor block, so that the length of the anchor is 11 m in the condition without an earthquake and 12 m in the condition with the earthquake and the depth of the anchor rod is 2 m. While the analysis with Geo 5 Software without earthquake load the depth of pile penetration is 5.71 m with a do depth of 2.93 m and in the analysis using Geo 5 Software the sheet pile profile and anchor rod length are used which are the same as manual calculations, namely type III steel sheet pile armature rod length 11 m.

Keywords: Embankment, Sheet Pile Steel, Anchor, Geo5 Software.

PENDAHULUAN

Mandalika merupakan kawasan wisata yang terletak di bagian Selatan Pulau Lombok atau lebih tepatnya di Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat dengan luas wilayah 1035,67 hektar. Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2014 Mandalika ditetapkan menjadi Kawasan Ekonomi Khusus (KEK). Selain itu keindahan alam, saat ini Mandalika juga memiliki Sirkuit Mandalika yang sering mengadakan ajang kejuaraan internasional contohnya ajang *World Superbike* (WSBK) tahun 2020. Untuk menunjang berbagai pariwisata yang ada di Mandalika tentu saja perlu dilengkapi dengan infrastruktur yang memadai, salah satunya jalan By pass BIL yang dibangun dari Bandara Internasional Lombok hingga KEK Mandalika guna untuk mempercepat waktu tempuh bagi para wisatawan yang ingin mengunjungi KEK Mandalika.

Kondisi topografi pada beberapa titik ruas jalan By Pass BIL Mandalika yang terdapat beberapa bukit atau cekungan yang mengharuskan adanya galian dan timbunan untuk mencapai elevasi rencana yang ditentukan. Pada beberapa ruas jalan yang dibangun di atas timbunan yang tinggi tentu saja diperlukan perkuatan dinding untuk mencegah terjadinya longsor pada timbunan tersebut. Dinding turap adalah bangunan berupa dinding yang berfungsi untuk menstabilkan atau menahan pergeseran lateral pada tanah. Pada perencanaan dinding turap yang menahan tanah yang cukup tinggi atau tekanan tanah aktif cukup besar, maka Panjang turap yang di tanam dan dimensi tebal papan turap menjadi tidak hemat sehingga bagian turap yang terpancang ke dalam tanah dibantu oleh angker (Suryolelono, 2004).

Kebaruan dalam analisis ini adalah penambahan perhitungan stabilistas konstruksi menggunakan dinding turap baja sehingga dalam tugas akhir diangkat judul **“Perencanaan Dinding Turap Tipe Sheet Pile Baja pada STA 10+150 Ruas Jalan By Pass BIL Mandalika”**

Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang kedalaman penetrasi turap dan profil turap pada perencanaan dinding turap tipe *sheet pile* baja pada sta 10+150 ruas jalan Bypass Bil-Mandalika?
2. Bagaimana merancang profil angker pada perencanaan dinding turap tipe *sheet pile* baja?

3. Bagaimana perencanaan dinding turap baja dengan menggunakan *software Geo5*?

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Perencanaan dinding turap baja hanya terbatas pada STA 10+150 Ruas Jalan Bypass BIL Mandalika.
2. Data yang digunakan adalah data sekunder Proyek Jalan By Pass BIL-Mandalika.
3. Perhitungan stabilitas dinding turap tipe *sheet pile* baja dilakukan secara manual dan menggunakan *software GEO 5*
4. Perencanaan yang dilakukan menggunakan konsep desain rankine.
5. Perhitungan stabilitas dinding turap tipe *sheet pile* baja menggunakan *software GEO 5* tanpa memperhitungkan beban gempa

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kedalaman penetrasi turap dan profil turap pada perencanaan dinding turap tipe *sheet pile* baja pada sta 10+150 ruas jalan Bypass Bil-Mandalika.
2. Untuk mengetahui profil angker pada perencanaan dinding turap tipe *sheet pile* baja.
3. Untuk mengetahui hasil perencanaan turap tipe *sheet pile* baja dengan menggunakan *software Geo5*.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang perencanaan dinding turap pada ruas jalan dengan menggunakan dinding turap tipe *sheet pile* baja.
2. Menambah referensi atau acuan untuk perencana berikutnya dalam mengembangkan perencanaan yang berhubungan tentang dinding turap baja.

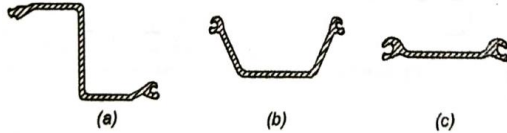
LANDASAN TEORI

Turap

Dinding turap menggunakan dinding dengan bahan papan atau tiang-tiang tipis yang sejajar sehingga stabilitas dinding turap tidak mengandalkan berat konstruksi melainkan mengandalkan pada jepitan yang terjadi dalam tanah akibat papan tersebut dipancang ke dalam tanah dan perlawanan papan angker yang ditempatkan di belakang konstruksi tersebut (Suryolelono, 2004).

Dinding Turap Baja

Konstruksi turap baja menggunakan profil khusus dan bentuk yang lebih tipis sesuai dengan beban yang akan bekerja sehingga memudahkan dalam pemancangan. Pabrik pembuat turap baja juga selalu selalu mengeluarkan daftar profil turap baja serta kuat baja yang dinyatakan dengan $\sigma_{ijin} = 140 \text{ MN/m}^2, 160 \text{ MN/m}^2, \text{ dan } 210 \text{ MN/m}^2$.



Gambar 1 Profil penampang Turap Baja

Tekanan Tanah Lateral saat Diam, Aktif, dan Pasif

Hardiyatmo (2020) menyatakan pada posisi dinding dan tanah urug di belakangnya dalam kondisi diam maka tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam dan tekanan tanah lateral (horizontal) pada dinding, pada kedalaman tertentu (z), dintakan dalam persamaan:

$$\sigma_h = K_o \sigma_v = K_o z \gamma$$

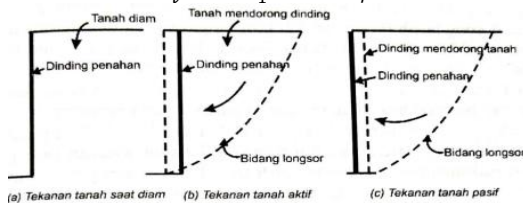
Tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah lateral minimum, yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah oleh akibat gerakan dinding menjauhi tanah di belakangnya.

Jika tegangan vertikal (σ_v) titik tertentu di dalam tanah dinyatakan oleh $\sigma_v = \gamma z$, maka tekanan tanah lateral pada saat tanah kondisi runtuh adalah:

$$\sigma_h = K_a \sigma_v = K_a \gamma z$$

dengan,

$$K_a = \frac{\sigma_{h(aktif)}}{\sigma_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = tg^2$$



Gambar 2 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug, disebut tekanan tanah pasif (passive earth pressure).

Jika tegangan vertikal (σ_v) suatu titik tertentu di dalam tanah dinyatakan oleh $\sigma_v = \gamma z$, maka tekanan tanah lateral pada saat tanah runtuh adalah:

$$\sigma_h = K_p \sigma_v = K_p \gamma z$$

dengan,

$$K_p = \frac{\sigma_{h(pasif)}}{\sigma_v} = tg^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

Analisis Stabilitas Turap dengan Angker

a. Panjang d (Kedalaman Penetrasi Turap)

Kedalaman penetrasi turap (panjang d) ditentukan dengan asumsi turap mempunyai titik tetap, yaitu titik pemasangan angker (titik A). Turap pada kondisi seimbang jika $\sum M_A = 0$, sehingga dapat diperoleh panjang d yang ikut menahan gaya yang bekerja. Panjang d diperhitungkan sebesar $1.5 d_o$, dimana nilai 1.5 merupakan faktor keamanan.

b. Dimensi papan turap

Besarnya dimensi papan turap dipengaruhi oleh besarnya momen maksimum yang bekerja pada turap. Persamaan untuk mencari letak momen maksimum yaitu:

$$\frac{dM_x}{dx} = 0 \text{ atau } \sum D \text{ (gaya lintang)} = 0$$

c. Panjang a (letak tumpuan angker)

Secara teoritis kondisi paling hemat didapat jika momen maksimum sama besar dengan momen minimum. Letak tumpuan angker dapat diambil sebesar:

$$a = 0,3 - 0,4 H$$

Besarnya reaksi angker ditinjau terhadap besarnya momen di titik D_o . Pada kondisi seimbang $\sum M_{D_o} = 0$, diperoleh:

$$R_A(H + d_o - a) + E_p \cdot e_p - E_A \cdot e_A = 0$$

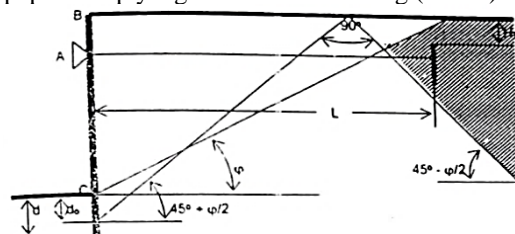
d. Dimensi Batang Angker

Besarnya gaya yang bekerja pada batang angker sama dengan reaksi pada tumpuan A. Besarnya Reaksi angker (R) = $R_A \times \text{Jarak Angker (b)}$. Umumnya digunakan batang angker baja, sehingga diperlukan batang angker dengan luas tampang:

$$A_s = \frac{R}{\sigma_{tarik-baja}}$$

e. Letak Papan Angker

Letak papan angker harus berada pada daerah stabil, yaitu berada di luar longsoran aktif. Panjang batang angker (L) > panjang papan turap yang membentuk dinding ($H + d$).



Gambar 3 Penempatan Papan Angker

f. Konstruksi angker

Apabila $H_1 \leq \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2} \right) H$, maka papan angker akibat tarikan gaya pada batang angker R_A memberikan aksi pada tanah dan menimbulkan reaksi tanah berupa tekanan tanah pasif dan aktif akan bekerja setebal H.

Gaya ultimate yang bekerja pada papan angker :

$$R_{ult} = P_p - P_A$$

$$R_A = \frac{1}{SF} R_{ult}$$

dimana,

$$P_p - P_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 (\sqrt{K_p} - \sqrt{K_A})$$

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

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



Gambar 4 Lokasi perencanaan dinding turap

Data Penelitian

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

Data Parameter Tanah

Data tanah yang digunakan adalah hasil uji Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat. Hasil pengujian parameter tanah diperlihatkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Data 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	20,72
Sudut Geser, ϕ (°)	30,96	13,69
Kohesi, C (kN/m ²)	7,84	8,70

Data Spesifikasi Turap Baja

Data spesifikasi dan dimensi bahan turap dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2 Spesifikasi turap baja tipe U

Section	Width (W)	Height (h)	Thickness (t)	Cross Sectional Area	Weight		Elastic Modulus	Moment of Inertia	Coating Area (both side per pile)
					Per Pile	Per Wall			
	mm	mm	mm	cm ² /m	Kg/m	kg/m ²	cm ² /m	cm ⁴ /m	m ² /m
Type II	400	200	10.5	152.9	48.0	120.0	874	8740	1.33
Type III	400	250	13.0	191.1	60.0	150.0	1340	16800	1.44
Type III _A	400	300	13.1	186.0	58.4	146.0	1520	22800	1.44
Type IV	400	340	15.5	242.0	76.1	190.0	2270	38600	1.61
Type VL	500	400	24.3	267.5	105.0	210.0	3150	63000	1.75
Type II _W	600	260	10.3	131.2	61.8	103.0	1000	13000	1.77
Type III _W	600	360	13.4	173.2	81.6	136.0	1800	32400	1.90
Type IV _W	600	420	18.0	225.5	106.0	177.0	2700	56700	1.99
Type VI _L	500	450	27.6	305.7	120.0	240.0	3820	86000	1.82

Data Spesifikasi Batang Angker

Batang angker yang digunakan dalam perencanaan ini angker adalah tie rod.

Tabel 3 Spesifikasi tie rod

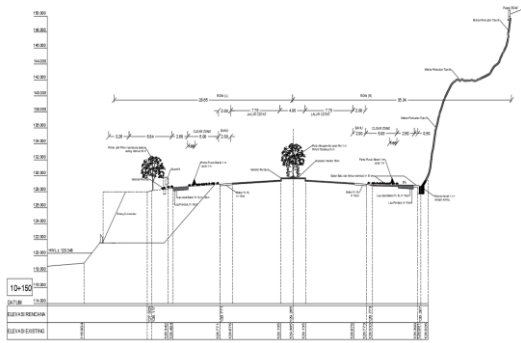
Code	Thread	Bar Ø	Mass	Grade 450	Grade 500	Grade 550	Grade 650	Grade 700
				Kn	Kn	Kn	Kn	Kn
		mm	Kg/m					
CT01	M45x5	48	14.2	656	713	784	926	998
CT02	M56x5.5	56	19.3	905	984	1083	1279	1378
CT03	M68x6	68	28.5	1367	1486	1635	1932	2081
CT04	M72x6	72	32	1551	1686	1854	2192	2360
CT05	M76x6	76	35.6	1746	1898	2088	2467	2657
CT06	M85x6	85	44.5	2227	2421	2663	3147	3390
CT07	M90x6	90	49.9	2520	2739	3013	3561	3835
CT08	M95x6	95	55.6	2831	3077	3385	4000	4308
CT09	M100x6	100	61.7	3160	3435	3778	4465	4808
CT10	M105x6	105	68	3507	3812	4193	4955	5336

Data Gambar

Besarnya beban gempa statik ekuivalen bergantung pada lokasi wilayah pemasangan dinding turap. Pemasangan dinding turap berlokasi di Kabupaten Lombok Tengah Provinsi Nusa Tenggara Barat. Berdasarkan SNI-8460-2017, lokasi pemasangan termasuk dalam klasifikasi kelas situs tanah sedang. Berdasarkan desain spectra Indonesia, lokasi pemasangan termasuk dalam klasifikasi kelas situs tanah sedang (SD) data yang digunakan sebagai berikut:

Data Gambar Potongan Melintang Lokasi Perencanaan

Lokasi penelitian ini terletak di ruas jalan By Pass BIL Mandalika tepatnya pada KM 10+150 Desa Pengengat, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, NTB berikut gambar potongan melintang lokasi perencanaan dinding penahan tanah ditunjukkan dalam **Gambar 5**.



Gambar 5 Potongan melintang lokasi perencanaan dinding turap

ANALISIS PERENCANAAN

Rekapitulasi hasil perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Koefisien Tekanan Tanah

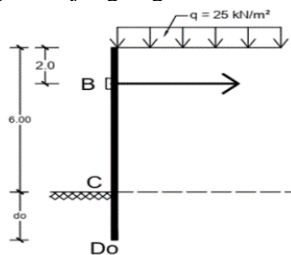
Lapisan Tanah	Ketinggian (m)	γ (kN/m ³)	ϕ (derajat)	C (kN/m ²)	Ka	Kp	Kae
Timbunan	6	18,55	30,96	7,84	0,32	3,12	0,48
Asli	d_o	16,67	13,69	8,53	0,612	1,62	0,99

Menentukan Letak Tumpuan Angker

Letak tumpuan angker (a) dapat diambil sebesar 0,3-0,45 dari ketinggian tanah yang ditahan (H) terhitung dari ujung bagian atas turap, sehingga a sebesar :

$$\begin{aligned}
 a &= 0,3 H \\
 &= 0,3 \times 6 \\
 &= 1,8 \text{ m} \\
 a &= 0,45 H \\
 &= 0,45 \times 6 \\
 &= 2,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

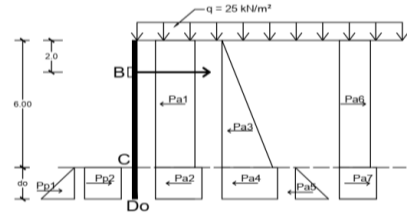
Digunakan letak tumpuan angker (a) sebesar 2,0 m terhitung dari ujung bagian atas turap.



Gambar 6 Letak tumpuan angker

Perhitungan Kedalaman Penetrasi Turap Tanpa Beban Gempa

1. Perhitungan Tekanan Tanah tanpa beban gempa



Gambar 7 Diagram tekanan tanah untuk menghitung tekanan tanah lateral

- a. Tekanan Tanah Aktif Total
Akibat Beban Alat berat

$$\begin{aligned}
 Pa_1 &= (q \times Ka_1) \times h_1 \\
 &= (25 \times 0,32) \times 6 \\
 &= (8,02) \times 6 \\
 &= 48,093 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_2 &= (q_1 \times Ka_2) \times d_o \\
 &= (25 \times 0,62) \times 2,99 \\
 &= 69,191 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Akibat Beban Lapisan Tanah Timbunan

$$\begin{aligned}
 Pa_3 &= 0,5 \times (\gamma_1 \times Ka_1 \times h_1) \times h_1 \\
 &= 0,5 \times (18,55 \times 0,32 \times 6) \times 6 \\
 &= 0,5 \times (35,62) \times 6 \\
 &= 107,055 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_4 &= (\gamma_1 \times Ka_2 \times h_1) \times d_o \\
 &= (18,55 \times 0,62 \times 6) \times 2,99 \\
 &= 68,700 \times 2,99 \\
 &= 308,037 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Akibat Beban Lapisan Tanah Asli

$$\begin{aligned}
 Pa_5 &= 0,5 \times \gamma_2 \times Ka_2 \times d_o \times d_o \\
 &= 0,5 \times (16,67 \times 0,62 \times 2,99) \times 2,99 \\
 &= 0,5 \times (30,9) \times 2,99 \\
 &= 46,054 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Pengaruh Kohesi Tanah

$$\begin{aligned}
 Pa_6 &= (-2 \times C_1 \times \sqrt{Ka_1}) \times h_1 \\
 &= (-2 \times 7,840 \times \sqrt{0,32}) \times 6 \\
 &= (-8,869) \times 6 \\
 &= -53,271 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_7 &= (-2 \times C_2 \times \sqrt{Ka_2}) \times d_o \\
 &= (-2 \times 8,53 \times \sqrt{0,62}) \times d_o \\
 &= -13,403 d_o \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- b. Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned}
 Pp_1 &= 0,5 \times (\gamma_2 \times Kp_2 \times d_o) \times d_o \\
 &= 0,5 \times (16,67 \times 1,62 \times 2,99) \times 2,99 \\
 &= 0,5 \times (80,745) \times 2,99 \\
 &= 120,876 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pp_2 &= (2C_2 \sqrt{Kp_2}) \times d_o \\
 &= (2 \times 15 \times \sqrt{1,62}) \times 2,99 \\
 &= 97,364 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Momen Terhadap titik B

Tabel 5 Momen Aktif terhadap titik B

Kode	Tekanan Tanah Aktif Total	Jarak ke Titik B	Momen ke Titik B
Pa ₁	48,093	1,0	48,093
Pa ₂	15,431 do	4,0 + 0,5 do	15,431 do (4,0 + 0,5 do)
Pa ₃	107,055	2,0	214,110
Pa ₄	61,737 do	4,0 + 0,5 do	61,737 do (4,5 + 0,5 do)
Pa ₅	5,148 do ²	4,0 + 0,67 do	5,145 do ² (4,50 + 0,667 do)
Pa ₆	-53,271	1,0	-53,271
Pa ₇	-13,403 do	4,0 + 0,5 do	-13,403 do (4,0 + 0,5 do)

Tabel 6 Momen Aktif terhadap titik B

Kode	Tekanan Tanah Pasif Total	Jarak ke Titik B	Momen ke Titik B
Pp ₁	13,503 do ²	4,0 + 0,667 do	13,503 do ² (4,0 + 0,667 do)
Pp ₂	21,714 do	4,0 + 0,5 do	21,714 do (4,0 + 0,5 do)

3. Perhitungan kedalaman penetrasi turap tanpa beban gempa
 Turap dikatakan dalam kondisi seimbang jika jumlah momen yang bekerja pada titik B sama dengan nol ($\Sigma M_B = 0$).

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_a - \Sigma M_p = 0$$

$$(208,932 + 57,324 \text{ do} (4,0 + 0,5 \text{ do}) + 5,14 \text{ do}^2 (4,0 + 0,67 \text{ do})) - (13,503 \text{ do}^2 (4,0 + 0,667 \text{ do}) + 21,714 \text{ do} (4,0 + 0,5 \text{ do})) = 0$$

Digunakan metode coba banding untuk menentukan nilai do, maka :

$$\text{do} = 2,990 \rightarrow 1083,627 - 1083,598 = 0,029$$

$$\text{do} = 3,000 \rightarrow 1054,826 - 1087,477 = -32,651$$

Digunakan do = 2,910 m dan kedalaman pemancangan turap yang digunakan di lapangan:

$$d = SF \times \text{do}$$

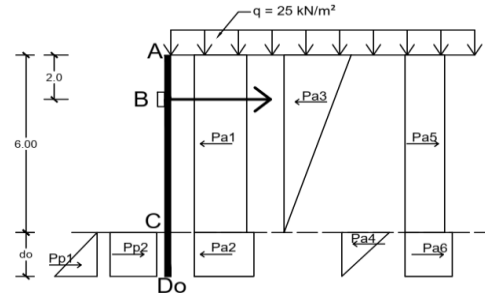
$$= 1,5 \times 2,990$$

$$= 4,492 \text{ m}$$

Sehingga panjang total turap diangker = d + H = 4,492 + 6,0 = 10,492 m

Perhitungan Kedalaman Penetrasi Turap dengan Beban Gempa

1. Perhitungan Tekanan Tanah tanpa beban gempa



Gambar 8 Diagram tekanan tanah untuk menghitung tekanan tanah lateral

a. Tekanan Tanah Aktif Total

Akibat Beban Alat berat

$$Pa_1 = (q \times Ka_1) \times h_1$$

$$= (25 \times 0,32) \times 6$$

$$= (8,02) \times 6$$

$$= 48,093 \text{ kN}$$

$$Pa_2 = (q_1 \times Ka_2) \times X$$

$$= (25 \times 0,62) \times X$$

$$= 15,431 \text{ X kN}$$

Akibat Beban Lapisan Tanah Timbunan

$$Pa_3 = 0,5 \times (\gamma_1 \times Ka_1 \times h_1) \times \gamma_1$$

$$= 0,5 \times (18,55 \times 0,32 \times 6) \times 6$$

$$= 0,5 \times (35,62) \times 6$$

$$= 107,055 \text{ kN}$$

$$Pa_4 = (\gamma_1 \times Ka_2 \times h_1) \times X$$

$$= (18,55 \times 0,62 \times 6) \times X$$

$$= 68,700 \text{ X kN}$$

Akibat Beban Lapisan Tanah Asli

$$Pa_5 = 0,5 \times \gamma_2 \times Ka_2 \times X \times X$$

$$= 0,5 \times (16,67 \times 0,62 \times X) \times X$$

$$= 0,5 \times (10,335 \times X) \times X$$

$$= 5,145 \text{ X}^2 \text{ kN}$$

Pengaruh Kohesi Tanah

$$Pa_6 = (-2 \times C_1 \times \sqrt{Ka_1}) \times h_1$$

$$= (-2 \times 7,840 \times \sqrt{0,32}) \times 6$$

$$= (-8,869) \times 6$$

$$= -53,271 \text{ kN}$$

$$Pa_7 = (-2 \times C_2 \times \sqrt{Ka_2}) \times X$$

$$= (-2 \times 8,53 \times \sqrt{0,62}) \times X$$

$$= -13,403 \text{ X kN}$$

b. Tekanan Tanah Pasif

$$Pp_1 = 0,5 \times (\gamma_2 \times Kp_2 \times X) \times X$$

$$= 0,5 \times (16,67 \times 1,62 \times X) \times X$$

$$= 0,5 \times (27,005 \times X) \times X$$

$$= 13,503 \text{ X}^2 \text{ kN}$$

$$Pp_2 = (2C_2 \sqrt{Kp_2}) \times X$$

$$= (2 \times 15 \times \sqrt{1,62}) \times X$$

$$= 21,714 \text{ X kN}$$

2. Perhitungan Momen Terhadap Titik B

Tabel 7 Momen Aktif terhadap titik B

Kode	Tekanan Tanah Aktif Total	Jarak ke Titik B	Momen ke Titik B
Pa ₁	48,093	1,0	48,093
Pa ₂	15,431 do	4,0 + 0,5 do	15,431 do (4,0 + 0,5 do)
Pa ₃	107,055	2,0	214,110
Pa ₄	68,700 do	4,0 + 0,5 do	68,700 do (4,5 + 0,5 do)
Pa ₅	5,148 do ²	4,0 + 0,67 do	5,145 do ² (4,50 + 0,667 do)
Pa ₆	-53,271	1,0	-53,271
Pa ₇	-13,403 do	4,0 + 0,5 do	-13,403 do (4,0 + 0,5 do)

Tabel 8 Momen Aktif terhadap titik B

Kode	Tekanan Tanah Pasif Total	Jarak ke Titik B	Momen ke Titik B
Pp ₁	13,503 do ²	4,0 + 0,667 do	13,503 do ² (4,0 + 0,667 do)
Pp ₂	21,714 do	4,0 + 0,5 do	21,714 do (4,0 + 0,5 do)

Perhitungan Kedalaman Penetrasi Turap

Turap dikatakan dalam kondisi seimbang jika jumlah momen yang bekerja pada titik B sama dengan nol ($\Sigma M_B = 0$). Karena jumlah momen yang bekerja terhadap titik B = 0, maka :

$$\begin{aligned} \Sigma M_B &= 0 \\ \Sigma M_a - \Sigma M_p &= 0 \\ (330,057 + 2,028 \text{ do} (4,0 + 0,5 \text{ do}) + 8,177 \text{ do}^2 (4,0 + 0,33 \text{ do})) - ((13,503 \text{ do}^2 (4,0 + 0,67 \text{ do}) + 21,714 \text{ do} (4,50 + 0,5 \text{ do}))) &= 0 \end{aligned}$$

Digunakan metode coba banding untuk menentukan nilai do, maka :

$$\begin{aligned} \text{do} = 3,185 &\rightarrow 786,023 - 786,023 = 0 \\ \text{do} = 3,200 &\rightarrow 790,625 - 795,225 = -15,400 \end{aligned}$$

Digunakan do = 3,185 m kedalaman pemancangan turap yang digunakan di lapangan:

$$\begin{aligned} d &= SF \times \text{do} \\ &= 1,5 \times 3,185 \\ &= 4,778 \text{ m} \end{aligned}$$

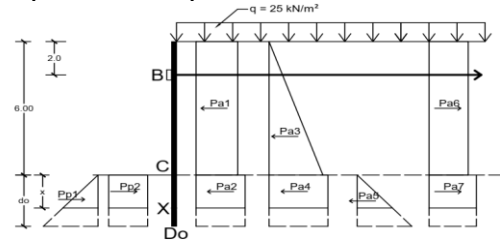
Sehingga panjang total turap diangker = d + H = 4,778 + 6,0 = 10,778 m

Menentukan Profil Turap Baja

Langkah-langkah menentukan profil turap adalah sebagai berikut :

1. Menghitung momen maksimum yang terjadi pada kedalaman X m dari titik C

Tanpa Beban Gempa



Gambar 8 Diagram tekanan tanah untuk menentukan Mmax

$$\begin{aligned} \Sigma M_B \text{ total} &= 0 \\ \Sigma M_a - \Sigma M_p &= 0 \\ (208,932 + 57,324 X (4,0 + 0,5 X) + 5,145 X^2 (4,0 + 0,67 X)) - (13,503 X^2 (4,00 + 0,667 X) + 21,714 X (4,0 + 0,5 X)) &= 0 \\ 12,432 X^3 + 15,630 X^2 - 142,440 X - 208,932 &= 0 \end{aligned}$$

Letak momen maksimum diperoleh dari $\frac{d \Sigma M_B \text{ total}}{dx} = 0$

Maka di dapatkan :

$$37,296 X^2 + 31,260 X - 142,440 = 0$$

Dengan menggunakan rumus ABC maka diperoleh nilai X₁ dan X₂ sebagai berikut :

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Di dapatkan :

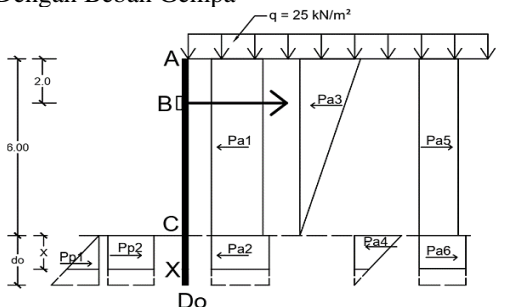
$$\begin{aligned} X_1 &= 0,127 \\ X_2 &= -2.420 \end{aligned}$$

Digunakan X = 0,127

Sehingga:

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= 12,432 X^3 + 15,910 X^2 - 132,203 X - 208,932 \\ &= 12,432 (0,127)^3 + 15,910 (0,127)^2 - 132,203 (0,127) - 208,932 \\ &= 226,753 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

Dengan Beban Gempa



Gambar 9 Diagram tekanan tanah untuk menentukan Mmax

$$\begin{aligned} \Sigma M_B \text{ total} &= 0 \\ \Sigma M_a - \Sigma M_p &= 0 \\ (330,057 + 2,028 X (4,0 + 0,5 X) + 8,177 X^2 \\ (4,0 + 0,33 X)) - (13,503 X^2 (4,0 + 0,67 X) + \\ 51,052 X (4,0 + 0,5 X)) &= 0 \\ 11,728X^3 + 98,892 X^2 - 78,746X - 330,057 &= 0 \end{aligned}$$

Letak momen maksimum diperoleh dari $\frac{d \Sigma M_A \text{ total}}{dx} = 0$

Maka di dapatkan :
 $8,252 X^2 + 89,756 X - 78,746 = 0$
 Dengan menggunakan rumus ABC maka diperoleh nilai X_1 dan X_2 sebagai berikut :

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Di dapatkan :

$$X_1 = 0,374$$

$$X_2 = -4,951$$

Digunakan $X = 0,374$

Sehingga :

$$M_{\text{maks}} = 11,728 X^3 + 98,892 X^2 - 78,746 X - 330,057$$

$$M_{\text{maks}} = 11,753 (0,374)^3 + 98,892 (0,374)^2 - 78,746 (0,374) - 315,366$$

$$M_{\text{maks}} = 345.104 \text{ kNm}$$

2. Menentukan profil turap baja

Penentuan ukuran dan geometri turap baja didasarkan pada besarnya *Section Modulus* yang tersedia pada **Tabel 2** Digunakan baja dengan tegangan ijin tarik baja = 210 MN sehingga di dapatkan:

Tanpa Beban Gempa

$$\begin{aligned} W &= \frac{M_{\text{maks}}}{\text{tegangan ijin}} \\ &= \frac{226.753}{210 \times 10^3} \\ &= 0,00106877 \text{ m}^3 \\ &= 1079,77 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Tanpa Beban Gempa

$$\begin{aligned} W &= \frac{M_{\text{maks}}}{\text{tegangan ijin}} \\ &= \frac{345.104}{210 \times 10^3} \\ &= 0,00164335 \text{ m}^3 \\ &= 1643,35 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan Spesifikasi turap baja pada **Tabel 2**, maka pada perencanaan dinding turap tanpa beban gempa digunakan profil turap:

$$\begin{aligned} W &= 1340 \text{ cm}^3/\text{m} \\ b &= 400 \text{ mm} \\ h &= 250 \text{ mm} \\ t &= 13,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perencanaan dinding turap beban gempa digunakan profil turap Type IIIW dengan :

$$W = 1800 \text{ cm}^3/\text{m}$$

$$\begin{aligned} b &= 600 \text{ mm} \\ h &= 360 \text{ mm} \\ t &= 13,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi Batang Angker

1. Perhitungan Momen Terhadap Titik Do

Besarnya momen yang bekerja pada turap dihitung berdasarkan jarak antara titik tangkap gaya tekanan tanah dengan titik Do.

Tanpa Beban Gempa

Tabel 9 Momen pasif terhadap titik Do

Kode	Tekanan Tanah Pasif Total	Jarak ke Titik Do	Momen ke Titik Do
Pp ₁	114,349	0,970	110,918
Pp ₂	63,189	1,455	91,940
RA	RA	6,910	5,868 RA
ΣM_p			202,859 + 6,910 RA

Tabel 10 Momen Aktif terhadap titik Do

Kode	Tekanan Tanah Aktif Total	Jarak ke Titik Do	Momen ke Titik Do
Pa ₁	48,093	5,995	288,299
Pa ₂	46,210	1,497	69,191
Pa ₃	107,055	4,995	534,698
Pa ₄	205,728	1,497	308,037
Pa ₅	46,136	0,998	46,053
Pa ₆	-53,271	5,995	-319,340
Pa ₇	-40,137	1,497	-60,098
ΣM_a			866,840

Dengan Beban Gempa

Tabel 11 Momen pasif terhadap titik Do

Kode	Tekanan Tanah Pasif Total	Jarak ke Titik Do	Momen ke Titik Do
Pa1	136,982	1,062	145,430
Pa2	68,357	1,593	110,138
RA	RA	7,148	7,19 RA
ΣM_p			255,57 + 7,19 RA

Tabel 12 Momen Aktif terhadap titik Do

Kode	Tekanan Tanah Aktif Total	Jarak ke Titik Do	Momen ke Titik Do
Pa1	48,093	6,185	297,456
Pa2	49,148	1,593	768,269
Pa3	160,272	5,185	869,098
Pa4	82,946	1,062	88,061

Pa5	-53,271	6,185	-329,483
Pa6	-42,689	1,593	-67,983
ΣMa			935,418

2. Menghitung Besarnya Diameter Batang Angker

Besarnya diameter angker dapat ditentukan dengan menghitung besarnya reaksi angker (RA) kemudian dibagi dengan tegangan ijin dari baja angker. Menentukan besarnya reaksi angker pada turap didapatkan dengan asumsi jumlah momen terhadap titik Do dianggap nol ($\Sigma M_{Do} = 0$).

Digunakan:

Baja angker dari PT ESC Steel Indonesia
Tegangan ijin tarik baja = 210 Mpa

a. Tanpa Beban Gempa

Menghitung besarnya reaksi angker (RA)

$$\Sigma M_{Do} = 0$$

$$\Sigma M_p - \Sigma Ma = 0$$

$$202,859 + 6,910 RA - 807,282 = 0$$

$$RA = \frac{807,282 - 202,856}{6,910}$$

$$RA = 87,471 \text{ kN/m}$$

Luas penampang baja angkur (A_s)

Jarak batang angker pada arah tegak lurus bidang gambar 3m, maka batang angker menerima beban sebesar :

$$R = 3 \times 86,713 \\ = 260,138 \text{ kN/m}$$

$$A_s = \frac{R}{\sigma_{ijin \text{ tarik baja}}} \\ = \frac{260,138}{210 \times 10^3} \\ = 0,001250 \text{ m}^2 \\ = 12,50 \text{ cm}^2$$

Dimensi batang angker (D)

$$D = \frac{A_s}{\frac{3}{4}} \\ = \frac{12,50}{3} \\ = 4,17 \text{ cm}$$

b. Dengan Beban Gempa

Menghitung besarnya reaksi angker (RA)

$$\Sigma M_{Do} = 0$$

$$\Sigma M_p - \Sigma Ma = 0$$

$$255,568 + 7,185 RA - 935,418 = 0$$

$$RA = \frac{935,418 - 255,568}{7,1487,185}$$

$$RA = 94,621 \text{ kN/m}$$

Luas penampang baja angkur (A_s)

Jarak batang angker pada arah tegak lurus bidang gambar 3m, maka batang angker menerima beban sebesar :

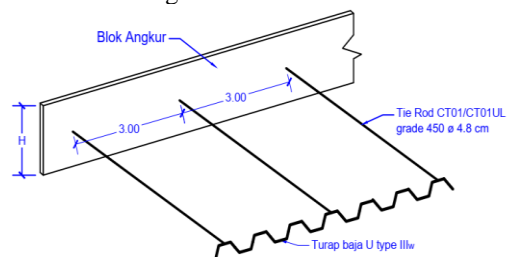
$$R = 3 \times 94,621 \\ = 283,862 \text{ kN/m}$$

$$A_s = \frac{R}{\sigma_{ijin \text{ tarik baja}}} \\ = \frac{283,862}{210 \times 10^3} \\ = 0,001352 \text{ m}^2 \\ = 13,52 \text{ cm}^2$$

Dimensi batang angker (D)

$$D = \frac{A_s}{\frac{3}{4}} \\ = \frac{13,52}{3} \\ = 4,51 \text{ cm}$$

Diameter batang angker Berdasarkan spesifikasi batang angker pada **Tabel 3** digunakan batang angker Tie rod type CT01 Grade 450 dengan diameter 4.8 cm.



Gambar 10 Geometrik Pemasangan Turap

Perencanaan Papan Angker

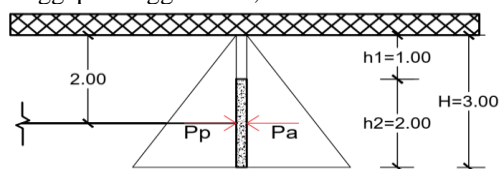
2. Perhitungan Reaksi Angker

Digunakan $h_1 = 1,0 \text{ m}$

$h_2 = 2,0 \text{ m}$

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

Karena $h_1 \leq 1/3H$ maka gaya aktif dan gaya pasif yang bekerja pada papan angker dianggap setinggi $H = 3,0 \text{ m}$.



Gambar 11 Diagram tekanan tanah lateral pada papan angker

Reaksi papan angker akibat tarikan gaya pada batang angker (RA)

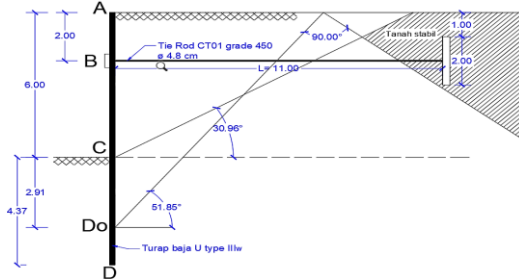
$$RA = \frac{1}{SF} \times R_{ult} \\ = \frac{1}{SF} \times (P_p - P_a) \\ = \frac{1}{SF} \times \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma \times (K_p - K_a)$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 3^2 \times 18,55 \times (3,119 - 1,620)$$

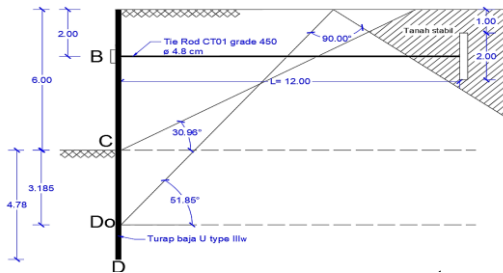
$$= 116,795 \text{ kN/m}$$

2. Letak Papan Angker

Perencanaan lokasi penempatan angker dengan metode grafis menggunakan bantuan program autocad berdasarkan teori Teng (1962) sehingga angker tidak terletak pada zona tanah yang tidak stabil.



Gambar 12 Penempatan papan angker tanpa beban gempa



Gambar 13 Penempatan papan angker dengan beban gempa

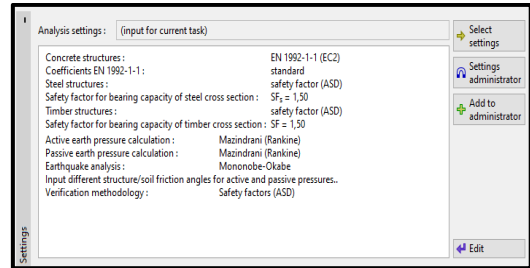
Dari penempatan penggambaran penempatan papan angker dengan metode grafis menggunakan bantuan program autocad didapatkan Panjang batang angker 11 m untuk perencanaan tanpa beban gempa sedangkan perencanaan dengan beban gempa Panjang batang angker 12 m.

Analisis Stabilitas Perkuatan Turap dengan Software Geo 5

Analisis stabilitas perkuatan dinding turap diangker selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *Software Geo 5 Program Sheeting Design*

Input Data Program *Sheeting Design*

a. Pengaturan jenis analisis yang digunakan
Pengaturan *Settings* ini meliputi pengaturan bahan dan standar dari material yang digunakan, metode analisis tekanan tanah yang berdasarkan teori *Rankine*, serta nilai safety factor yang digunakan. Hasil dari pengaturan yang digunakan berupa kotak dialog ditampilkan pada **Gambar 14**.



Gambar 14 Kotak dialog hasil pengaturan jenis analisis

b. Ketebalan lapisan tanah

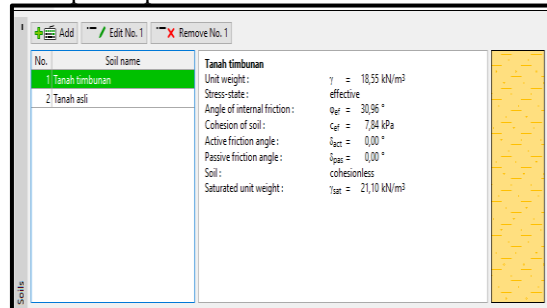
Tanah yang berada di belakang dinding turap memiliki parameter yang berbeda-beda untuk setiap lapisannya seperti yang telah diperlihatkan pada **Tabel 4**. Memasukkan data ketebalan lapisan tanah dilakukan pada menu *Profile Hasil* data masukan ketebalan lapisan tanah ditampilkan pada **Gambar 15**.

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Add
1	6,00	0,00 .. 6,00	
2	-	6,00 .. ∞	

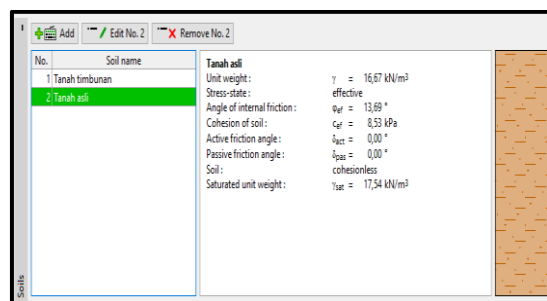
Gambar 15 kotak katalog data masukan ketebalan lapisan tanah

c. Jenis dan parameter lapisan tanah

Data masukan parameter tanah dilakukan pada menu *Soils*. Hasil data masukan parameter tanah timbunan dan tanah asli ditampilkan pada **Gambar 16** dan **Gambar 17**.



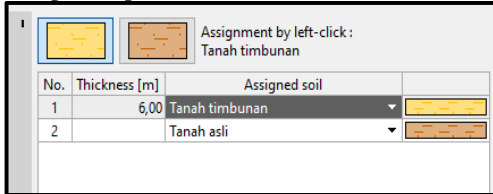
Gambar 4.16 kotak dialog data masukan parameter tanah timbunan



Gambar 4.17 kotak dialog data masukan parameter tanah asli

d. Penempatan jenis tanah ke dalam setiap lapisan

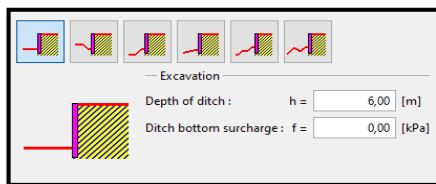
Daftar jenis dan parameter lapisan tanah yang telah di input sebelumnya pada menu *Soils* di representasikan secara grafis pada setiap ketebalan lapisan tanah pada menu *assign*. Hasil data masukan lapisan profil tanah ditampilkan pada **Gambar 4.18**.



Gambar 4.18 Kotak dialog data masukan jenis tanah ke dalam setiap lapisan

e. Ketinggian timbunan

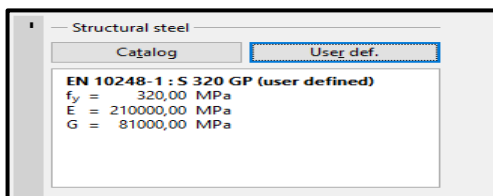
Data masukan tinggi timbunan dan bentuk permukaan tanah dilakukan pada menu *Geometry*. Hasil data masukan tinggi timbunan dan bentuk permukaan tanah ditampilkan pada **Gambar 4.19**.



Gambar 19 Kotak dialog hasil data masukan ketinggian timbunan

f. Struktur penampang perkuatan dinding turap

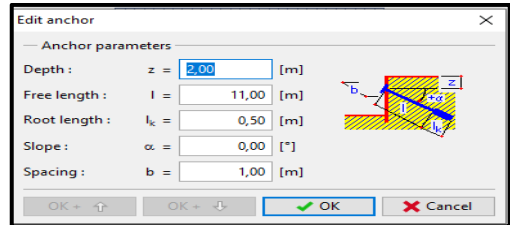
Penampang struktur yang digunakan sebagai perkuatan dinding turap adalah dinding turap baja dengan data berupa kuat leleh dari baja (f_y) sebesar 320 MPa. Data masukan penampang perkuatan dinding turap baja dilakukan pada menu *Material*. Hasil data masukan struktur perkuatan dinding turap ditampilkan pada **Gambar 4.20**.



Gambar 20 Kotak dialog data masukan penampang perkuatan turap

g. Profil anker

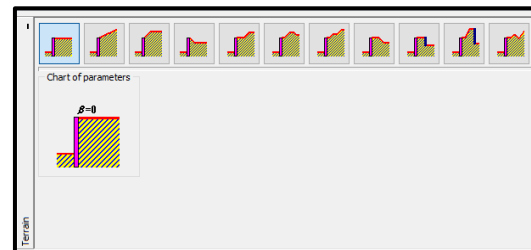
Data masukan profil anker dilakukan pada menu *Anchors*. Hasil data masukan profil anker ditampilkan pada **Gambar 4.21**.



Gambar 4.21 Kotak dialog hasil data masukan profil anker

h. Bentuk permukaan tanah di atas dinding turap

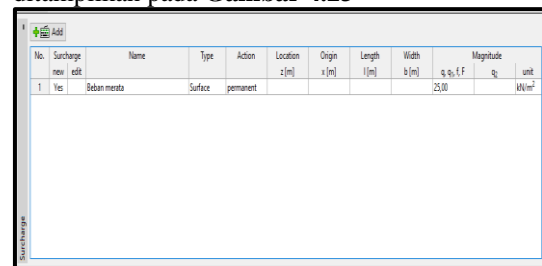
Tanah timbunan di atas dinding turap diasumsikan sebagai beban merata dengan arah vertikal sedemikian rupa sehingga permukaan tanah menjadi datar ($\beta = 0^\circ$). Data masukan bentuk permukaan tanah di atas dinding turap dilakukan pada menu *Terrain*.



Gambar 4.22 Kotak dialog bentuk permukaan tanah

i. Beban di atas dinding turap

Beban yang bekerja di atas dinding turap berupa beban merata sebesar 25 kN/m². Data masukan beban yang bekerja dilakukan pada menu *Surcharge*. Hasil data masukan beban kendaraan dan beban perkerasan jalan ditampilkan pada **Gambar 4.23**

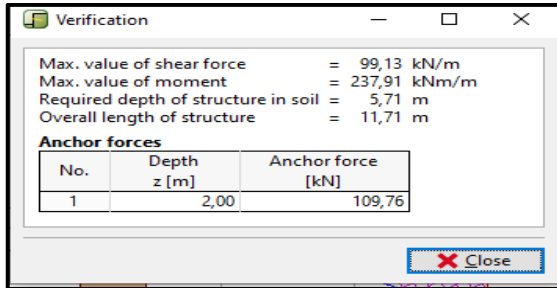


Gambar 23 Kotak dialog data masukan beban di atas dinding turap

Hasil Analisis Stabilitas dengan Program Sheeting Design

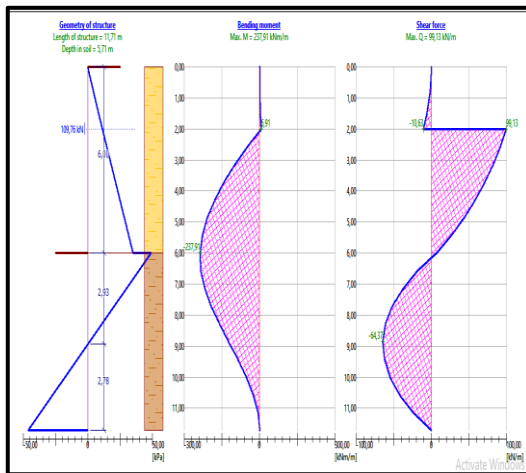
Setelah melakukan input data pada program *Sheeting Design*, selanjutnya memperlihatkan hasil dari analisis data pada program melalui menu *Analysis*.

Hasil analisis data dengan metode ujung bebas atau *wall hinged at heel* dapat dilihat pada **Gambar 24** berikut:



Gambar 24 Hasil analisis data metode ujung bebas

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai maksimum gaya geser sebesar 99.13 kN/m; nilai momen maksimum sebesar 237.91 kN/m; kedalaman penetrasi turap yang dibutuhkan sedalam 5.71; panjang total turap yang dibutuhkan 11,71 m; dan gaya angker yang bekerja sebesar 109.76 kN. Gambar garis diagram distribusi tekanan tanah lateral, momen lentur turap, dan gaya geser turap diperlihatkan dalam **Gambar 25**.



Gambar 25 Diagram tekanan tanah, momen lentur dan gaya geser tanpa beban gempa

Dari gambar distribusi tekanan tanah lateral, dapat dilihat bahwa agar turap stabil kedalaman penetrasi minimum yang dibutuhkan sebesar 5.71 m dengan panjang total turap minimum 11.71 m. Dari grafik momen lentur, dapat dilihat bahwa terdapat 2 titik dimana jumlah momen lentur yang bekerja sama dengan nol ($\sum M = 0$) yaitu pada dasar turap dan pada titik pemasangan angker dengan kedalaman berturut-turut 2.0 m dan 11.71 m. Momen lentur maksimum terletak antara titik pemasangan angker dan dasar galian dengan nilai sebesar 237.91 kN.m. Dari grafik gaya geser, dapat dilihat bahwa gaya geser pada titik pemasangan angker sebesar 99.13 kN/m. Nilai gaya geser sama dengan nol ($\sum F_x = 0$) terletak antara titik pemasangan angker dan dasar galian.

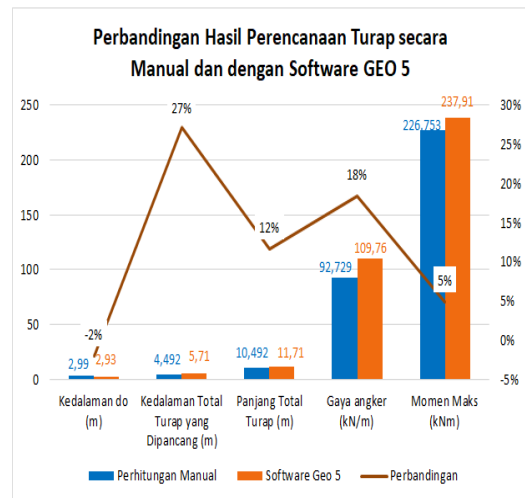
Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Turap Diangker

Rekapitulasi hasil perhitungan turap diangker secara manual dan menggunakan software Geo 5 dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

Metode	Perhitungan Manual		Software Geo 5
	Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa	
Kedalaman penetrasi do (m)	2,990	3,185	2,930
Kedalaman total turap yang di pancang (m)	4,492	4,778	5,710
Panjang total turap (m)	10,492	10,778	11,710
Gaya angker (kN/m)	92.929	94,621	109,76
Momen maks. (kN.m)	226,753	345,104	237,910

Pembahasan

Pembahasan mengenai perbedaan hasil perencanaan manual dengan program software Geo 5 disajikan dalam diagram batang dibawah ini:



Berdasarkan diagram batang yang ditampilkan, perhitungan stabilitas dinding turap digunakan dimensi profil turap yang sama pada perhitungan manual ataupun pada perhitungan dengan software Geo 5, akan tetapi kedalaman penetrasi yang diperoleh pada perhitungan manual dan perhitungan software Geo 5 berbeda. Perbedaan tersebut terjadi karena pada perhitungan manual, tekanan tanah lateral menggunakan metode Rankine sedangkan untuk perhitungan dengan software Geo5 perhitungan tekanan tanah lateralnya menggunakan metode

Rankine yang telah dimodifikasi, yaitu metode Mazdrani. Metode Mazdrani ketika menghitung koefisien tekanan tanah aktif maupun pasif langsung memasukkan nilai kohesi tanah, sedangkan untuk metode Rankine Ketika menghitung tekanan tanah aktif maupun pasif hanya memasukkan sudut gesek dalam tanah dan kemiringan tanah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis stabilitas perkuatan dinding turap diangker, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

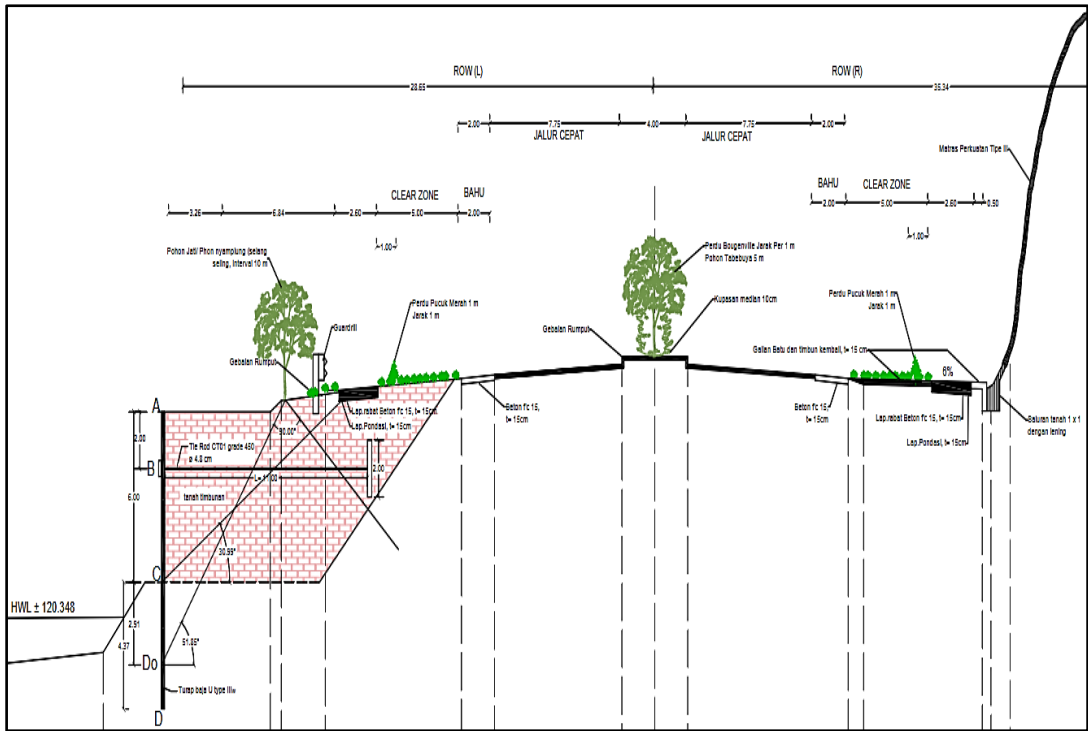
1. Kedalaman penetrasi turap(do) dalam perhitungan perencanaan tanpa beban gempa dan dengan beban gempa secara berturut turut di dapatkan 2,99 m dan 4,492 m; kedalaman total turap yang dipancang (d) tanpa beban gempa dan dengan beban gempa secara berturut turut sebesar 4,365 m dan 4,778 m sehingga di dapatkan panjang total turap tanpa memperhitungkan beban gempa sebesar 10,492 m dan panjang total turap dengan memperhitungkan beban gempa sebesar 10,778 m
2. Besarnya modulus penampang pada perencanaan turap tanpa beban gempa dan dengan beban gempa secara berturut turut sebesar $1079,77 \text{ cm}^3 < 1340 \text{ cm}^3$ dan $1643,35 \text{ cm}^3 < 1800 \text{ cm}^3$. Sehingga pada perencanaan turap tanpa beban gempa digunakan turap baja tipe III dan dengan beban gempa digunakan turap baja tipe III_w.
3. Gaya tarik angker diperoleh berdasarkan perhitungan perencanaan turap tanpa beban gempa dan dengan beban gempa secara berturut turut sebesar 92,729 kN dan 94,621 kN. Sehingga digunakan batang angker CT01 Grade 450 diameter 4,8 cm buah sepanjang 11 m pada perencanaan tanpa beban gempa dan panjang batang angker sepanjang 12 m pada perencanaan dengan beban gempa.
4. Hasil analisis dengan menggunakan *software Geo5*, yaitu:
 - Kedalaman penetrasi turap(do) dalam perhitungan menggunakan *software Geo5* tanpa beban gempa di dapatkan 2,93 m; kedalaman total turap yang dipanjang (d) sebesar 5,71 m sehingga di dapatkan panjang total turap sebesar 11,71 m dengan penampang baja U tipe III_w.

- Gaya tarik angker diperoleh berdasarkan perhitungan perhitungan menggunakan *software Geo5* tanpa beban gempa sebesar 109,76 kN dengan panjang batang angker 11,0 m dan batang angker yang digunakan tertanam 2 m dari permukaan tanah.

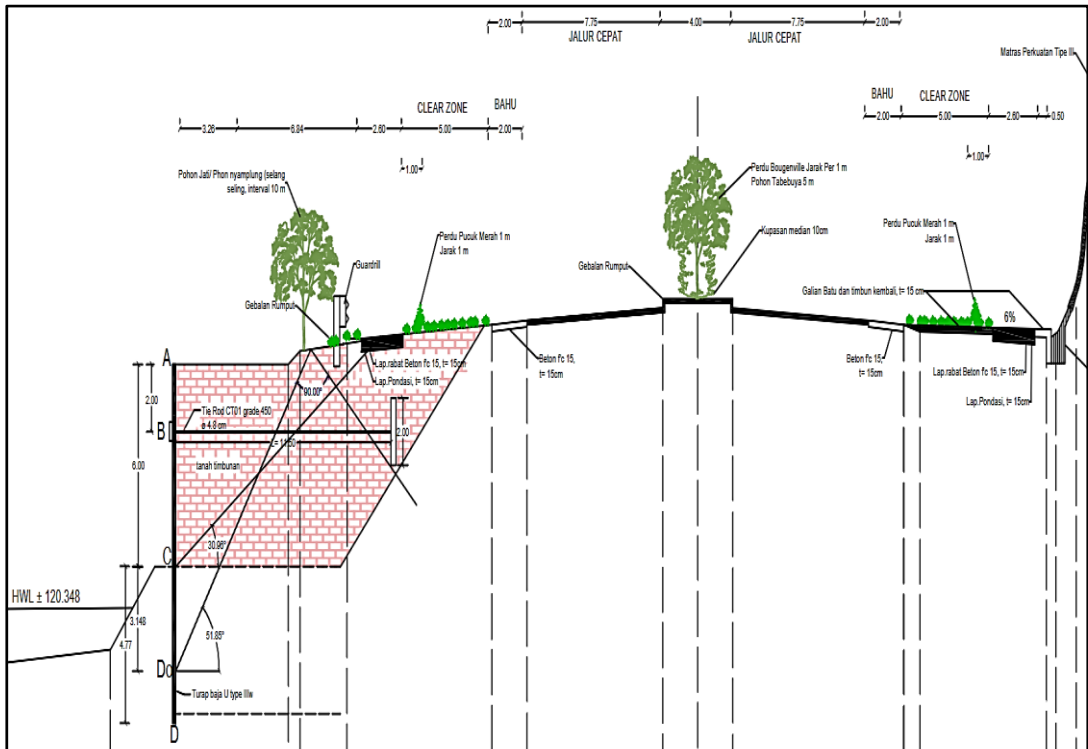
Saran

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

1. Memperhatikan dan menyesuaikan kondisi tanah disekitar pemasangan dinding penahan tanah karena belum tentu sesuai dengan parameter tanah yang diperoleh.
2. Memperhatikan zona aktif turap yang akan runtuh agar tidak memotong bidang longsor blok angker.
3. Dalam analisis menggunakan program *Software Geo 5*, perlu diperhatikan dengan teliti data yang dimasukkan seperti parameter tanah dan beban yang bekerja pada turap.
4. Untuk perencanaan selanjutnya dapat dilakukan perencanaan menggunakan tipe dinding penahan jenis lainnya.



Gambar 26 Potongan Melintang Hasil Perencanaan Tanpa Beban Gempa



Gambar 37 Potongan Melintang Hasil Perencanaan dengan Beban Gempa

Daftar Pustaka

- Aji, N. M. (2018). *Perencanaan Turap dengan Menggunakan Program Plaxis di Piyungan Yogyakarta*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Alhadis, I. H. (2022). *Analisis Perkuatan Tanah dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Sheet Pile Baja Daerah Irigasi Gondang Kabupaten Lamongan*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Asbuilt Drawing*. Proyek Pembangunan Jalan By Pass BIL - Mandalika.
- Brochure : PT. ESC Steel Indonesia*
- Chalid, F. (2018). Analisa Perancangan Dinding Turap (Sheet Piles) pada Proyek Pembangunan Dermaga di Belawan Internasional Container Terminal. Medan: Universitas Medan Area.
- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Fine Civil Engineering Software. (2020). *Geo 5 Users Guide*.
- Hardiyatmo, H. C. (2020). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2020). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Iswardoyo, J., dan Fuad, K. (2001). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah terhadap Beban Gempa dengan Teori Mononobe-Okabe*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Kurniawan, D., dan Purwanto, E. (2018). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Sheet Pile Baja pada Lereng Jalan TOL Balikpapan Samarinda STA. 2+850 - 3+020*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Maricar, S., Martini, dan Setiawan, H. (2012). *Perencanaan Konstruksi Turap Sebagai Pengganti Dinding Penahan (Studi Kasus Jalan Lingkar Donggala)*. Palu: Universitas Donggala
- Rusyandi, D. I. (2021). *Analisis Stabilitas Perkuatan Dinding Turap Jenis Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) dengan Angker pada Ruas Jalan BIL-Mandalika*. Mataram: Universitas Mataram
- SNI-1726-2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. (2019). Jakarta: Badan Standrardisasi Nasional .
- SNI-8460-1017 *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. (2017). Jakarta: Badan Standrardisasi Nasional .
- Sulistiyawati, S. (2009). Perencanaan Turap Baja Pada Ruas Jalan Loa Janan-Tenggarong Km.26+620 sampai Km.27+420 Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Journal of Civil Engineering*
- Suryolelono, K. B. (2004). *Teknik Fondasi Bagian II*. Yogyakarta: NAFIRI.