

ANALISA DINDING PENAHAN TANAH PADA PROYEK PAKET PENINGKATAN JALUR KERETA API KM 8 + 900 – 9 + 100 LINTAS MEDAN - BINJAI

Muhammad Dimas Febrialdi, Darlina Tanjung, M Husni Malik Hasibuan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

mhddimas2000@gmail.com; darlinatanjung@yahoo.com; husnihasibuan@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Dinding penahan tanah yang merupakan suatu struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah mempunyai kemiringan atau lereng dimana kemantapan tanah tersebut tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri. Dinding penahan tanah digunakan di ruas Jalan Stasiun atau tepatnya di Jalan Kereta Api Km 8 + 900 – 9 + 100 Lintas Medan – Binjai untuk menahan tekanan tanah yang ditimbulkan oleh tanah urukan atau tanah asli yang labil akan kondisinya dan juga akibat pembebanan yang bekerja pada dinding penahan tanah dan beban rencana sendiri. Dinding penahan tanah akibat beban dinamis tipe kantilever menghitung terhadap bahaya guling, geser dan daya dukung tanah yang akan dipakai, dengan beban yang di tahan adalah beban dari lintasan kereta api. Hasil menunjukkan bahwa dimensi dari Dinding penahan tanah tipe kantilever yaitu Tinggi tembok (H) = 3,5 m, Tebal plat (T_p) = 0,5 m, Tebal dinding (T_d) = 0,5 m, Lebar plat belakang (L_{pb}) = 1,35 m, Plat depan (P_d) = 0,75 m, dinding penahan tanah tipe kantilever di Jalan Stasiun dengan keamanan dinding penahan tanah tipe kantilever menunjukkan bahwa dapat menahan gaya geser dengan hasil $1,83 > 1,5$ maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dikatakan aman dalam menahan gaya geser, dan gaya guling $3,062 > 2$ maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dikatakan aman dalam menahan gaya guling, Serta keruntuhan daya dukung tanah $5,28 > 2,5$ maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dikatakan aman dalam keruntuhan daya dukung tanah.

Kata Kunci : Dinding, Tanah, Beban Dinamis, Stasiun, Pembebanan

I. PENDAHULUAN

Kota Medan dan Kota Binjai yang terletak dibagian utara pulau Sumatera, tepatnya terletak di provinsi Sumatera Utara. Kota Medan merupakan Kota terbesar ketiga di Indonesia setelah Kota Jakarta dan juga Kota Surabaya, sedangkan Kota Binjai dijuluki sebagai Kota Rambutan. Medan sebagai Kota Metropolitan dan pintu gerbang Indonesia dibagian barat ini biasa dikatakan mampu berperan dalam lingkup Internasional maupun Nasional. Secara geografis Kota Medan terletak pada $3^{\circ}30' - 3^{\circ}43'$ lintang utara dan $98^{\circ}35' - 98^{\circ}44'$ bujur timur, sedangkan geografis Kota Binjai $3^{\circ}31'40'' - 3^{\circ}40'02''$ lintang utara dan $98^{\circ}27'3'' - 98^{\circ}32'32''$ bujur timur.

Kota Medan dan Kota Binjai ialah Kota besar yang memiliki intensitas kendaraan yang cukup tinggi, baik kendaraan roda dua maupun kendaraan roda empat. Dari segi aspek segi lingkungan, Intensitas kendaraan yang padat tadi dapat menimbulkan berbagai macam pencemaran. Pencemaran yang dimaksud adalah pencemaran udara, pencemaran suara, pencemaran limbah kendaraan.

Konsekuensi dari pencemaran tersebut berdampak bagi masyarakat yang tinggal di Kota Medan dan Kota Binjai. Untuk meminimalisir resiko dari padatnya intensitas kendaraan padat tersebut, maka diperlukan suatu moda transportasi alternatif. Keberadaan moda transportasi darat, air, dan udara menjadi faktor yang sangat berperan penting dalam

memperlancar roda perekonomian dan pembangunan di Indonesia. Salah satu moda transportasi darat yang banyak digunakan oleh masyarakat Kota Medan dan Kota Binjai ialah kereta api (KA). Hal tersebut disebabkan karena keunggulan kereta api sebagai moda transportasi darat yang memiliki harga yang cukup terjangkau untuk berbagai kalangan serta kapasitas angkut penumpang dan barang terbesar dalam sekali perjalanan. Moda transportasi alternatif yang dimaksud adalah transportasi menggunakan kereta api. Kereta api sebagai transportasi alternatif tidak bisa menampung padatnya jumlah penduduk Kota Medan dan Kota Binjai, maka tahun 2020 pertengahan yang dimana tepatnya di bulan Juli bawasanya Pemerintah merealisasikan Proyek paket peningkatan jalan kereta api lintas Medan – Binjai sepanjang 21 km. diharapkan dengan teralisasi proyek tersebut dapat menampung padatnya jumlah penduduk Kota Medan dan Kota Binjai.

Alasan saya mengambil judul tersebut dikarenakan perlunya analisa terhadap bangunan dinding penahan tanah (*retaining wall*) baik penulangan terhadap beban dinamis yang bekerja terhadap bangunan dinding penahan tanah (*retaining wall*), faktor keamanan terhadap geser, faktor keamanan terhadap guling, dan faktor keamanan terhadap daya dukung tanah. Apabila dari faktor keamanan tersebut baik faktor keamanan terhadap geser, faktor keamanan terhadap guling dan juga faktor keamanan daya dukung tanah

dinyatakan aman. Maka tidak lagi terjadi resiko terkena kereta api karena amblasnya tanah yang disebabkan oleh getaran rel, dan juga tidak akan terjadi rubuhnya dinding penahan tanah (*retaining wall*) sehingga tidak menimbulkan korban jiwa dari warga yang tinggal di areal rel dinding penahan tanah (*retaining wall*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Penahan Tanah

Asal mula dibuatnya dinding penahan tanah (*retaining wall*) adalah sebagai penahan tanah agar kondisinya terus stabil dan tidak bisa longsor atau terlindungi dari erosi. Terdapat pemukiman penduduk disekitar jalan kereta api (rel), permukiman penduduk tersebut sangat beresiko terkena kereta api karena amblasnya tanah yang disebabkan getaran rel. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan tersebut, maka dilaksanakan lah pembuatan dinding penahan tanah (*retaining wall*) sepanjang 110 meter. Hadir nya dinding penahan tanah (*retaining wall*) tidak hanya berguna untuk tidak melakukan kegiatan di sekitar lintasan jalan rel kereta api lintas Medan – Binjai.

2.2 Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

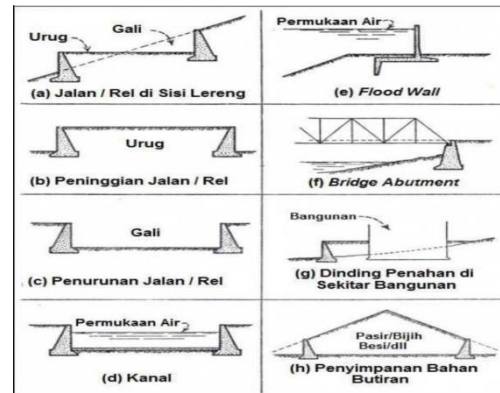
2.3 Fungsi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun beban yang bekerja di atasnya.

2.4 Kegunaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan tembok penahan tanah antara lain sebagai berikut:

- a. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- b. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
- c. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
- d. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
- e. Dinding khusus yang disebut *flood walls*, yang digunakan untuk mengurangi/menahan banjir dari sungai.



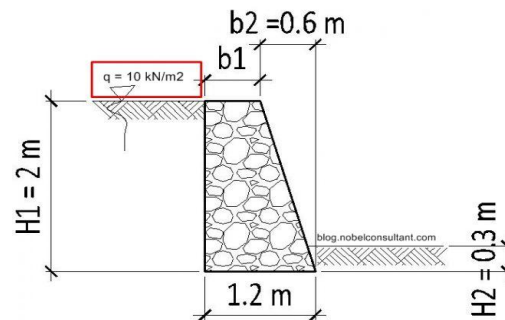
Gambar 1. Aplikasi Dinding Penahan Tanah
(sumber: Huntington, 1991)

2.5 Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu Dinding Penahan Gravitasi, Dinding Penahan Kantiliver, Dinding Penahan Kontravot, Dinding Penahan Butters. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain:

1. Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*Gravity Wall*)

Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat temperatur.

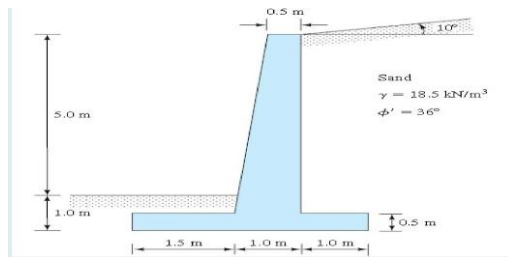


Seperti pada Gambar 2.

Gambar 2. Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi (*gravity wall*)
(Sumber: Hardiyatmo, 2011)

2. Dinding Penahan Tanah Type Kantiliver (*Cantilever Retaining Wall*)

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan tanah diatas tumis tapak (*hell*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter. Seperti Gambar 3



Gambar 3. Dinding Penahan Tanah Type Kantilever (Cantilever retaining wall)
(Sumber: Hardiyatmo, 2011)

2.6 Pengertian Tanah

Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang seperti zat sumber penyebab gaya luar pada bendungan. Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat di atas atau di bawah permukaan tanah, maka harus dibuatkan pondasi yang dapat memikul beban perkuatan tebing bangunan itu atau gaya yang bekerja melalui bangunan itu. Kemampuan daya dukung tanah beserta kemungkinan dalam penurunan yang akan terjadi yang disebabkan oleh gaya yang bekerja.

2.7 Pemadatan Tanah (Compaction Of Soil)

Untuk menguji kekuatan tanah yang dipadatkan, biasanya digunakan percobaan tahanan penetrasi. Pada umumnya kekuatan tanah segera setelah pemadatan selesai menunjukkan harga maksimum pada kadar air yang sedikit lebih rendah dari kadar air optimum. Pada kadar air optimum, kekuatan tanah berkurang sedikit. Tetapi jika tanah ini kemudian menyerap air, tanah yang dipadatkan dengan kadar air yang agak kurang dari kadar air optimum akan mengembang, menjadi agak lembek sehingga kekuatannya berkurang, kekuatan yang maksimum, seperti yang ditunjukkan oleh garis titik pada gambar, akan berada di sekitar kadar air optimum.

2.8 Pengantar Kereta Api

Kereta api adalah sarana transportasi berupa kendaraan dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan kendaraan lainnya, yang bergerak di rel. Kereta api umumnya terdiri dari lokomotif yang dikemudikan oleh tenaga manusia yang disebut masinis dengan bantuan mesin dan rangkain kereta atau gerbong sebagai tempat pengangkutan barang dan atau penumpang. Rangkain kereta atau gerbong disebut berukuran relatif luas sehingga mampu memuat penumpang atau barang dalam skala yang besar. Karena sifatnya sebagai angkutan massal efektif, beberapa Negara berusaha memanfaatkannya secara maksimal sebagai alat transportasi utama angkutan darat baik di dalam kota, antar kota, maupun luar negara. Menurut Salim (2004) angkutan kereta api adalah penyediaan jasa-

jasa transportasi di atas rel untuk membawa barang dan penumpang kereta. Kereta api memberikan pelayanan keselamatan, nyaman, dan aman bagi penumpang.

Kereta api ditemukan pada sekitar tahun 1800 dan mengalami perkembangan sampai tahun 1860 (Salim, 2004). Pada mulanya dikenal kereta kuda yang hanya terdiri dari satu kereta (rangkain). Kemudian dibuatlah kereta kuda yang menarik lebih dari satu rangkain serta berjalan di jalur tertentu yang terbuat dari besi (rel). Kereta jenis ini yang kemudian dinamakan sepur atau yang lebih dikenal dengan kereta api, struktur jalan rel dibagi dalam dua bagian yang terdiri dari kumpulan komponen-komponen jalan rel, yaitu:

1. Struktur bagian atas.
2. Struktur bagian bawah.
3. Gaya-gaya yang bekerja dari rel.

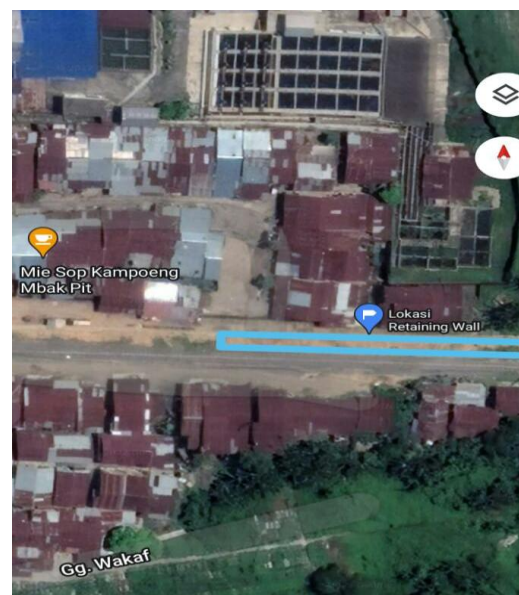
2.9 Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta mempunyai karakteristik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban dinamik ini juga akan berubah-ubah secara cepat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Paket Peningkatan Jalur Kereta Api 8 + 900 – 9 + 100 Lintas Medan – Binjai berada di Jalan Stasiun No. 104, Kampung Lalang, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 4. Peta Lokasi Pelaksanaan Proyek
(Sumber : www.google.com)

3.2 Data Teknis Dinding Penahan Tanah

Data teknis dinding penahan tanah yang diperoleh adalah dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Panjang dinding penahan tanah = 110 m
2. Lebar dinding penahan tanah = 2,60 m
3. Tinggi dinding penahan tanah = 3,50 m
4. Diameter dinding penahan tanah = 50 cm
5. Diameter Tulangan = D16, dan D13
6. Mutu Beton = K 300 (300 Kg/cm³)
 $f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$

3.3 Metode Pengumpulan Data

Untuk melakukan analisis perhitungan stabilitas retaining wall, dilakukan pengumpulan data pada Proyek Paket Peningkatan Jalur Kereta Api Km 8 + 900 – 9 + 100 Lintas Medan Binjai. Untuk menyelesaikan dan menyempurnakan penulisan tugas akhir ini dilakukan beberapa metode pengumpulan data antara lain:

1. Pengambilan Data

Pengambilan data diperoleh dari PT. Karya Alriz Utama KSO PT. Dwi Eltis Konsultan selaku penanggungjawab proyek, data yang diambil meliputi:

- a. Gambar lengkap (denah, layout rencana, potongan, detail – detail)
- b. Data perhitungan dinding penahan tanah (*retaining wall*)
- c. Data penyelidikan tanah yaitu data sondir

2. Metode Analisa

Setelah data yang diperlukan secara keseluruhan maka data yang ada tersebut dikumpulkan. Kemudian dengan literature yang sudah didapatkan maka data tersebut diolah dan dianalisa dengan menggunakan data yang diperoleh dilapangan. Menggunakan formula yang ada pada landasan teori.

3. Tahap Pengolahan Data

Untuk mempermudah proyek akhir ini agar hasil yang diperoleh maksimal dengan perancangan yang matang, maka digunakan pengolahan data dengan cara pengelompokkan data sesuai dengan metode yang digunakan meliputi metode pengumpulan data, data ini selanjutnya dipakai untuk menganalisa proyek agar diperoleh hasil yang matang.

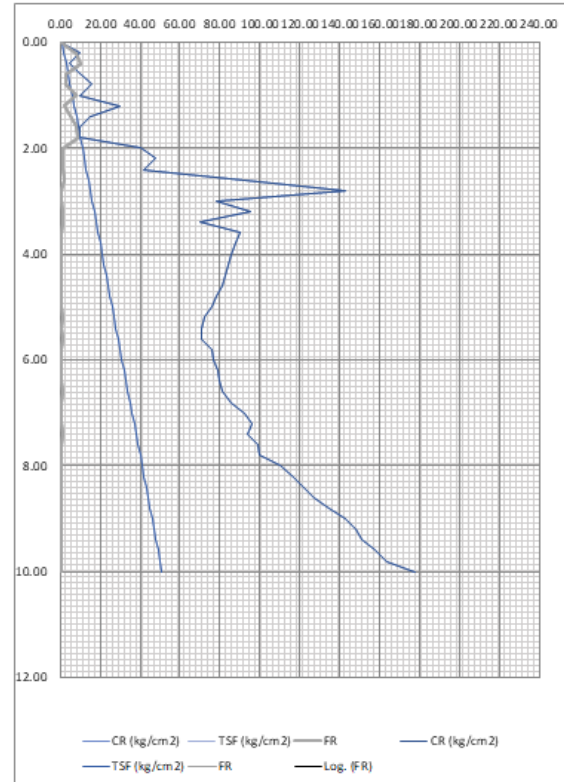
3.4 Data Sondir & Data Tanah Kapasitas Dukung Aman

Dari hasil pengujian dengan alat sondir diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pengujian Sondir

Depth (m)	Cone	Total	Skin	Skin	Total	Local	Friction
	Resistant (qc) kg/Cm ²	Resistant (TR) Kg/Cm ²	Friction (SF) Kg/Cm ²	Friction x 20/10 Kg/Cm	Friction (TSF) Kg/Cm	Friction (LSF) Kg/Cm	Ratio (FR) %
0,00	0	0	0	-	-	-	0
0,20	10	18	8	16	16	0,80	8,00
0,40	5	10	5	10	26	0,50	10,00
0,60	10	13	3	6	32	0,30	3,00
0,80	16	20	4	8	40	0,40	2,50
1,00	10	18	8	16	56	0,80	8,00
1,20	30	36	6	12	68	0,60	2,00
1,40	15	23	8	16	84	0,80	5,30
1,60	10	18	6	16	100	0,80	8,00
1,80	10	19	9	18	118	0,90	9,00
2,00	40	45	5	10	128	0,50	1,30
2,20	48	53	5	10	138	0,50	1,00
2,40	42	48	6	12	150	0,60	1,40
2,60	93	110	17	34	184	1,70	1,80
2,80	143	148	5	10	194	0,50	0,30
3,00	78	85	7	14	208	0,70	0,90
3,20	95	110	15	30	238	1,50	1,60
3,40	70	78	8	16	254	0,80	1,10
3,60	90	95	5	10	264	0,50	0,60
3,80	88	94	6	12	276	0,60	0,70
4,00	86	92	6	12	288	0,60	0,70
4,20	84	91	7	14	302	0,70	0,80
4,40	83	89	6	12	314	0,60	0,70
4,60	81	86	5	10	324	0,50	0,60
4,80	78	83	5	10	334	0,50	0,60
5,00	76	81	5	10	344	0,50	0,70
5,20	72	79	7	14	358	0,70	1,00

Depth (m)	Cone Resistant (qc) kg/Cm ²	Total Resistant (TR) Kg/Cm ²	Skin Friction (SF) Kg/Cm ²	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm	Friction Ratio (FR) %
5,40	71	77	6	12	370	0,60	0,80
5,60	71	79	8	16	386	0,80	1,10
5,80	76	81	5	10	396	0,50	0,70
6,00	77	83	6	12	408	0,60	0,80
6,20	79	85	6	12	420	0,60	0,80
6,40	80	87	7	14	434	0,70	0,90
6,60	81	89	8	16	450	0,80	1,00
6,80	86	92	6	12	462	0,60	0,70
7,00	92	98	6	12	474	0,60	0,70
7,20	96	101	5	10	484	0,50	0,50
7,40	94	103	9	18	502	0,90	1,00
7,60	99	105	6	12	514	0,60	0,60
7,80	100	106	6	12	526	0,60	0,60
8,00	110	117	7	14	540	0,70	0,64
8,20	117	122	5	10	550	0,50	0,43
8,40	122	128	6	12	562	0,60	0,49
8,60	127	134	7	14	576	0,70	0,55
8,80	135	141	6	12	588	0,60	0,44
9,00	143	150	7	14	602	0,70	0,49
9,20	148	154	6	12	614	0,60	0,41
9,40	151	158	7	14	628	0,70	0,46
9,60	158	164	6	12	640	0,60	0,38
9,80	164	170	6	12	652	0,60	0,37
10,00	178	185	7	14	666	0,70	0,39
10,20	176	185	9	18	684	0,90	0,51



Gambar 5. Grafik sondir
(Sumber : PT.Dwi Eltis Konsultan)

IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Diagram tekanan tanah akibat beban $Q = 15\text{KN/m}^2$ yaitu bentuk diagram segi empat, sedangkan tekanan tanah setinggi dari titik A ke alas plat diagram adalah segi tiga, karena dari atas 0 lalu terus makin ke bawah makin besar akibat tegangan geosef nya. Selanjutnya (h) yaitu dari titik A ke alas plat lebih besar dari tinggi tembok sendiri dengan sudut (β) 10° .

a. Mencari gaya horizontal

- h (tinggi dari tembok)
 $h = 3,5 + 2 \tan 10^\circ = 3,852 \text{ m}$
- h_1 (lengan dari gaya p_a)
 $h_1 = 1/3 \times h$
 $h_1 = 1/3 \times 3,852 = 1,271 \text{ m}$
- h_2 (lengan dari gaya p_q)
 $h_2 = 1/2 \times h$
 $h_2 = 1/2 \times 3,852 = 1,926 \text{ m}$
- komponen gaya p_q
 $p_q = Q \times K_{ah}$
 $p_q = 15 \times 0,344 = 5,16 \text{ KN/m}^2$
- Komponen gaya akibat tekanan tanah aktif (p_a)
 $p_a = \gamma_m \times h \times K_{ah}$
 $p_a = 20 \times 3,852 \times 0,344 = 26,50 \text{ KN/m}^2$
- Akibat dari beban q (PQ)
 $p_q = p_q \times h$

- $pq = 5,16 \times 3,852 = 19,87 \text{ KN}$
 - Akibat tekanan tanah setinggi h (PA)
 $pa = \frac{1}{2} \times pa \times h$
 $pa = \frac{1}{2} \times 26,50 \times 3,852$
 $= 51,039 \text{ KN}$
 - Akibat tekanan perhitungan coulomb
 $pa1 = \frac{1}{2} \times Kp \times \gamma_m \times h^2$
 $pa1 = \frac{1}{2} \times 0,200096 \times 20 \times 3,852^2 =$
 $29,69 \text{ KN}$
 - Akibat tekanan perhitungan rankine
 $pa2 = \frac{1}{2} \times \gamma_m \times h^2 \times Ka$
 $pa2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 3,852^2 \times 0,4824 = 71,57$
 KN
 - Akibat tekanan perhitungan mononobe
 $pae = \frac{1}{2} \times \gamma_m \times h^2 (1 - Ka) Kae$
 $pae = \frac{1}{2} \times 20 \times 3,852^2 (1 - 0,4824) -$
 $1,6238 = 75,17 \text{ KN}$

Lima dari diagram tekanan tanah telah di dapat kan yaitu ;

- a. Akibat beban = 19,87 KN
 - a. Akibat tekanan tanah setinggi h = 51,039 KN
 - b. Akibat tekanan perhitungan coulomb = 29,69 KN
 - c. Akibat tekanan perhitungan rankine = 71,57 KN
 - d. Akibat tekanan perhitungan mononobe = 75,17 KN
- Total gaya horizontal (ΣH)
 $\Sigma H = PQ + PA + PA1 + PA2 - PAE$
 $\Sigma H = 19,87 + 51,039 + 29,69 + 71,57 -$
 $75,17 = 96,999 \text{ KN}$
 - Gaya yang di dapat dari hasil tekanan horizontal (PV)
 $PV = \Sigma H \tan 10^\circ = 40,77 \text{ KN}$

Maka telah didapat semua gaya akibat dari tekanan tanah, kemudian lanjut mencari gaya yang menahan tekanan tanah yaitu berat dari tembok tersebut, sebagai konstruksi kantilever berat dari tembok dihitung, ditambah berat tanah yang dibelakang serta beban yang di atas. Karena membatasi antara konstruksi sebelah kiri dan tekanan tanah sebelah kanan, untuk mendapatkan berapa berat seluruh dinding ini.

b. Mencari gaya vertikal.

- Berat plat (V1)
 $V1 = Tp \times (Pd + Td + Lpb) \times \gamma_b$
 $V1 = 0,5 \times (0,75 + 0,5 + 1,35) \times 24 =$
 $31,2 \text{ KN}$
- Berat dinding (V2)
 $V2 = Tp \times (h - Tp) \times \gamma_b$
 $V2 = 0,5 \times (3,5 - 0,5) \times 24 = 36 \text{ KN}$
- Berat tanah di belakang tembok di atas plat yang di belakang (V3)
 $V3 = Lpd \times (h - Tp) \times \gamma_m$
 $V3 = 1,35 \times (3,5 - 0,5) \times 20 = 81 \text{ KN}$

- Berat tanah segitiga di bawah beban (V4)
 $V4 = \frac{1}{3} \times Lpd \times (\text{tinggi } h - \text{tinggi tembok penahan}) \times \gamma_m$
 $V4 = \frac{1}{3} \times 1,35 \times (3,852 - 3,5) \times 20 =$
 $3,168 \text{ KN}$
- Berat beban merata. (V5)
 $V5 = Q \times Lpd$
 $V5 = 15 \times 2 = 30 \text{ KN}$
- PV = 40,77 KN
- Jumlah gaya vertikal (Σv)
 $\Sigma V = V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + PV$
 $\Sigma V = 31,2 + 36 + 81 + 3,168 + 30 +$
 $40,77 = 222,138 \text{ KN}$

Maka di dapat jumlah gaya vertikal = 222,138 KN

c. Mencari momen yang menggulingkan.

- Lengan momen gaya V1 D1
 $D1 = \frac{1}{3} \times (Pd + Tp + Lpd)$
 $D1 = \frac{1}{3} \times (0,75 + 0,5 + 1,35) = 0,86 \text{ m}$
- Lengan momen gaya V2 D2
 $D2 = (Pd + \frac{1}{2} \times Tp)$
 $D2 = (0,75 + \frac{1}{2} \times 0,5) = 1 \text{ m}$
- Lengan momen gaya V3 D3 =D5
 $D3 = D5 = (Pd + Tp + \frac{1}{2} \times Lpd)$
 $D3 = D5 = (0,75 + 0,5 + \frac{1}{2} \times 1,35) =$
 $1,925 \text{ m}$
- Lengan momen gaya V4 D4
 $D4 = (Pd + Tp + \frac{2}{3} \times Lpd)$
 $D4 = (0,75 + 0,5 + \frac{2}{3} \times 1,35) = 2,15$
 m
- Lengan momen gaya PV PDV
 $DPV = Pd + Tp + Lpd$
 $DPV = 0,75 + 0,5 + 1,35 = 2,6 \text{ m}$

d. Mencari momen yang menahan.

- Mt 1 = V1 x D1
 $Mt 1 = 31,2 \times 0,86 = 26, 83 \text{ KNm}$
- Mt 2 = V2 x D2
 $Mt 2 = 36 \times 1 = 36 \text{ KNm}$
- Mt 3 = V3 x D3
 $Mt 3 = 81 \times 1,925 = 155,92 \text{ KNm}$
- Mt 4 = V4 x D4
 $Mt 4 = 3,168 \times 2,15 = 6,8 \text{ KNm}$
- Mt 5 = V5 x D5
 $Mt 5 = 30 \times 1,925 = 57,75 \text{ KNm}$
- MtPV = PV x DPV
 $MtPV = 12,503 \times 2,6 = 32,50 \text{ KNm}$

e. Mencari total momen tahanan (M t).

$$\Sigma M t = M t 1 + M t 2 + M t 3 + M t 4 + M t 5 + M t P V$$

$$\Sigma M t = 26,83 + 36 + 155,92 + 6,8 + 57,75 + 32,50 = 315,822 \text{ KNm}$$

f. Mencari total momen yang menggulingkan (M g).

$$\Sigma M g = P Q \times h_2 + P A \times h_1 =$$

$$\Sigma M g = 19,87 \times 1,926 + 51,039 \times 1,271 = 103,140 \text{ KNm}$$

g. Mencari faktor keamanan geser.

$$\bullet \text{ Fk geser } \frac{\Sigma v \times \text{Koef Ges}}{\Sigma H} = \frac{222,138 \times 0,8}{96,999} = 1,83 > 1,5 \text{ aman OK}$$

h. Mencari faktor keamanan guling.

$$\bullet \text{ Fk guling } \frac{\Sigma M t}{\Sigma M g} = \frac{315,822}{103,140} = 3,062 > 2 \text{ aman OK}$$

i. Mencari faktor daya dukung tanah.

- Fk dukung tanah = $\frac{qult}{qa}$
- $qa = \frac{\Sigma v}{A} \pm \frac{\Sigma M y}{W}$
- Lengan momen S = $\frac{TMt}{\text{sigma } V}$
 $S = \frac{315,822}{222,138} = 1,42 \text{ m}$
- Eksentrisitas R = $S - (Pd + Tp + Lpd) \times \frac{1}{2}$
 $R = 1,42 - (0,75 + 0,5 + 1,35) \times \frac{1}{2} = 0,703 \text{ m}$
- Momen sumbu Y My = Sigma V x R - TMg
Momen sumbu Y My = $222,138 \times 0,703 - 103,140 = 53,023 \text{ KNm}$
- W tahanan = $\frac{1}{6} \times 1 \times (Pd + Tp + Lpd) \times 2$
W tahanan = $\frac{1}{6} \times 1 \times 2,6^2 = 1,126 \text{ m}^3$
- $qa = \frac{222,138}{1 \times 2,6} \pm \frac{53,023}{1,126}$
- $qa \text{ Maks} = \text{Sigma } V / (1 \times (Pd + Tp + Lpd)) + (My / W \text{ tahanan})$
 $qa \text{ Maks} = qa = \frac{222,138}{1 \times 2,6} + \frac{53,023}{1,126} = 132,527 \text{ KN/m}^3$
- $qa \text{ Mins} = \text{Sigma } V / (1 \times (Pd + Tp + Lpd)) - (My / W \text{ tahanan})$
 $qa \text{ Mins} = qa = \frac{222,138}{1 \times 2,6} - \frac{53,023}{1,126} = 38,348 \text{ KN/m}^3$

- Fk daya dukung tanah = $qult / qa$
Maks =

$$\text{Fk daya dukung tanah} = \frac{700}{132,527} = 5,28 > 2,5 \text{ aman OK}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN**5.1 Kesimpulan**

1. Dari hasil analisa perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal mengenai dinding penahan tanah tipe kantilever di Jalan Stasiun No. 104, Kampung Lalang, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, diantara sebagai berikut:
2. Dinding penahan tanah tipe kantilever terhadap faktor keamanan geser adalah $1,83 > 1,5$ Maka dinding penahan tipe kantilever dapat dikatakan kategori aman terhadap faktor geser.
3. Dinding penahan tanah tipe kantilever terhadap faktor keamanan guling adalah $3,062 > 2$ Maka dinding penahan tipe kantilever dapat dikatakan kategori aman terhadap faktor guling.
4. Dinding penahan tanah tipe kantilever terhadap faktor keamanan daya dukung tanah adalah $5,28 > 2,5$ Maka dinding penahan tipe kantilever dapat dikatakan kategori aman terhadap faktor daya dukung tanah.
5. Maka dari itu untuk hasil analisa dinding penahan tanah tipe kantilever di Jalan Stasiun No. 104, Kampung Lalang, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara aman terhadap faktor penggeseran, faktor penggulingan dan faktor keamanan daya dukung tanah.

5.2 Saran

Dari hasil perhitungan analisa dinding penahan tanah Tipe kantilever di Jalan Stasiun No. 104, Kampung Lalang, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara disarankan sebagai berikut:

Dinding penahan tanah Tipe kantilever di Jalan Stasiun No. 104, Kampung Lalang, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara semuanya aman pada faktor-faktor geser, guling dan daya dukung tanah, dan layak digunakan. Akan tetapi perlunya perawatan terhadap dinding penahan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bowles, J. E., 1993. *Analisa Dan Desain Pondasi. Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- [2]. Bowles, J. E., 1997. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- [3]. Bowles, J. E., 1984. *Analisa Dan Disain Pondasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- [4]. Hardiyatmo, H. C., 2010. *Analisa dan Perancangan Fondasi I*, Edisi kedua., Yogyakarta: Gadjah Mada University..

- [5]. Hardiyatmo, H. C., 2011. *Analisis dan Perencanaan Fondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [6]. Hardiyatmo, H. C., 2012. *Tanah Longsor & Erosi Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [7]. Hardiyatmo, H. C., 2014. *Mekanika Tanah II*, Edisi Keempat. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [8]. Hardiyatmo, H. C., 2015. *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press,.
- [9]. Huntington, 1991. *Mekanika Tanah Lanjutan*. Erlangga. Jakarta.
- [10]. Rosyidi, 2015. *Struktur Jalan Rel*. Gunadarma. Jakarta.
- [11]. Salim, 2004. *Kereta Api*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [12]. Santoso, Budi, dkk. 1998. *Mekanika Tanah Lanjutan*. Gunadarma. Jakarta.
- [13]. Sosrodarsono, S. & Nakazawa, K., 1981. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [14]. Sosrodarsono, S. & Nakazawa, K., 1983. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [15]. Sosrodarsono, S. & Nakazawa, K., 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [16]. Suryolelono, K. B., 1994. *Teknik Pondasi II (Pondasi Tiang, Turap, Sumuran, dan Pondasi Spesial)*. Yogyakarta: Nafiri.
- [17]. Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C. & Rifa'i, A., 2019. *The Performance of the Nailed Slab System-Supported Embankment on Peat Soil*. International Review of Civil Engineering (I.R.E.C.E.), 10(5), pp. 243-248.