

ANALISA DINDING PENAHAN TANAH AKIBAT BEBAN DINAMIS DI DESA NABUNDONG KABUPATEN PADANG LAWAS UTARA KECAMATAN HULU SIHAPAS

Edy Ashari Hasibuan, Darlina Tanjung, Bangun Pasaribu

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UISU

eashari90@gmail.com; darlinatanjung@yahoo.com; bangun@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah yang mempunyai kemiringan/lereng dimana kemantapan tanah tersebut tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri. Dinding penahan tanah digunakan diruas Jalan Nabundong untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urukan atau tanah asli yang labil akibat kondisinya dan juga akibat beban tambahan lainnya. Dinding penahan tanah akibat beban dinamis tipe kantilever menghitung safety factor (SF) terhadap bahaya guling, geser dan daya dukung tanah yang akan dipakai diruas jalan Nabundong Kabupaten Padang Lawas Utara Kecamatan Ulu Sihapas. Adapun beban yang di tahan adalah beban dari arus lalu lintas, Dengan data lalu lintas harian rata-rata (LHR) fungsi kolektor > 10.000 perhari, Dengan beban lalu lintas 15 KN/m³, Hasil menunjukkan bahwa dimensi dari Dinding penahan tanah tipe kantilever yaitu Tinggi tembok (H) = 4m, Tebal plat (Tp) = 0.5 m, Tebal dinding (Td) = 0.5 m, Lebar plat belakang (Lpb) = 2 m, Plat depan (Pd) = 1 m, Dengan dimensi dinding penahan tanah tipe kantilever di desa Nabundong Kabupaten Padang Lawas Utara Kecamatan Hulu Sihapas tersebut dengan nilai factor keamanan dinding kantilever menunjukkan bahwa dapat menahan gaya guling dengan hasil $4.125 > 1.5$ maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat di katakan aman dalam menahan gaya guling, dan gaya geser $2.495 > 1.5$ maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat di katakan aman dalam menahan gaya geser, Serta keruntuhan daya dukung $4.955 > 2.5$ maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat di katakan aman dalam keruntuhan daya dukung.

Kata-Kata Kunci : Dinding, Penahan Tanah, Beban Dinamis, Nabundong

I. Pendahuluan

Dinding penahan tanah merupakan struktur bangunan yang digunakan untuk menahan tanah atau memberikan kestabilan tanah atau bahan lain yang memiliki beda ketinggian dan tidak memperbolehkan tanah memiliki kemiringan longsor lebih dari kemiringan alaminya. Oleh karena itu, konstruksi ini sering digunakan untuk menahan atau menopang suatu peninggian tanah. Dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan Arus lalu lintas terbentuk dari pergerakan individu pengendara, dan pengendara yang melakukan interaksi antara yang satu dengan lain pada suatu ruas jalan dan lingkungannya. Arus lalu lintas pada desa Nabundong adalah tipe jalan nasional tipe III fungsi kolektor. Dinding penahan tanah di desa Nabundong menggukan beban kendaraan lalu lintas harian rata-ratatana yang curam atau lereng yang dibangun ditempat dimana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Keruntuhan tanah dapat diakibatkan oleh hilangnya kekuatan geser tanah. Kekuatan geser tanah merupakan perlawanan tanah tersebut terhadap keruntuhan yang terjadi. Selain lomgsor, gempa juga merupakan salah satu peristiwa alam yang menyebabkan terjadinya keruntuhan tanah.

Gunung Tua adalah Kecamatan (bagian dari Tapanuli Selatan). dan akhirnya pada tanggal 17 juli 2007 Gunung Tua di sahkan sebagai Ibukota dari Kabupaten Padang Lawas Utara (yang

merupakan pemekaran dari Kabupaten Tapanuli Selatan). Gunung Tua merupakan kota yang berkembang, begitu juga dengan segi pembangunan sarana maupun prasarana, di mana pembangunan tersebut salah satunya adalah dinding penahan tanah. Maka satu hal yang harus di lakukan adalah menganalisa dampak pembangunan tersebut terhadap sistem jaringan yang ada disekitar lokasi.

Di lokasi pembangunan tersebut sering kali terjadi longsor baik dimusim penghujan maupun gempa, maka dari itu saya tertarik dengan membuat tugas akhir dengan judul analisa dinding penahan tanah akibat beban dinamis.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Dinding Penahan Tanah di Daerah Nabundong

Asal mula dibuatnya konstruksi dinding penahan tanah adalah akibat bertambah luasnya kebutuhan konstruksi penahan yang digunakan untuk mencegah agar tidak terjadi kelongsoran akibat kemiringan alaminya. Sebagian besar bentuk dinding penahan tanah adalah tegak (vertikal) atau hampir tegak kecuali pada keadaan tertentu yang dinding penahan tanah di buat condong ke arah urugan.

2.1.1 Defenisi 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.

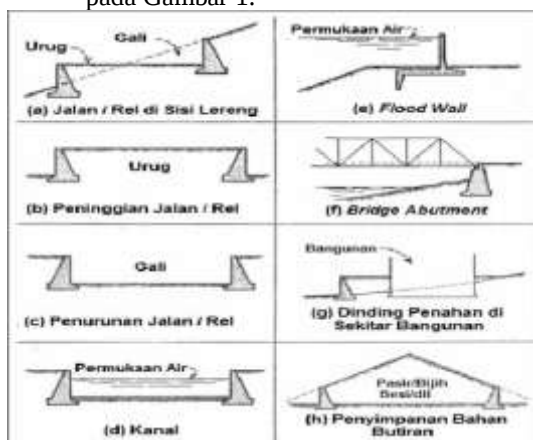
2.1.2 Fungsi Dinding Penahan Tanah

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

2.1.3 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 dinding penahan tanah antara lain secara berikut:

- Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
- Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan evalasi.
- Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan evalasi.
- Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
- Dinding khusus yang disebut *flood walls*, yang digunakan untuk menguraangi/menahan banjir dari sungai.
- Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut *approachfill* dan dinding penahan tanah disebut *abutments*.
- Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah disekitar bangunan atau gedung-gedung.
- Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, biji besi, dan lain-lain. Seperti pada Gambar 1.



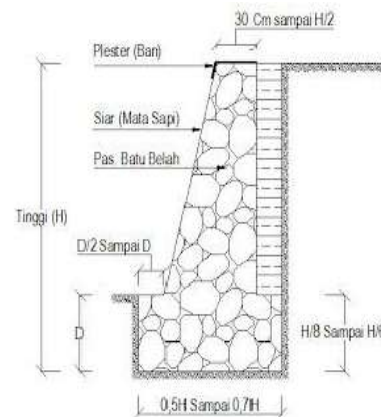
Gambar 1. Aplikasi Dinding Penahan Tanah
(sumber: Hungtington, 1961)

2.1.4 Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah

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

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

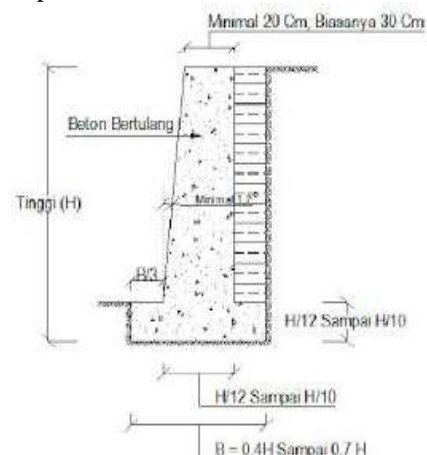
Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat temperatur. Seperti pada Gambar 2.



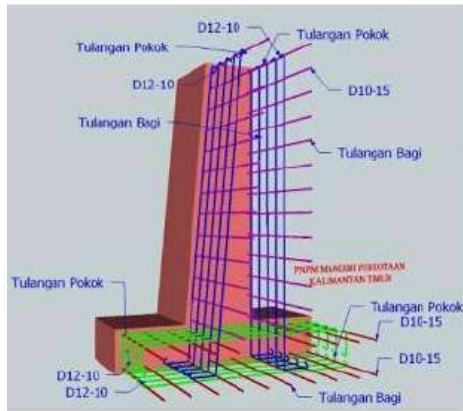
Gambar 2. Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi
(*gravity wall*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2011)

2. Dinding Penahan Tanah Type Kantilever (*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 tumit tapak (*hell*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter. Seperti Gambar 3.



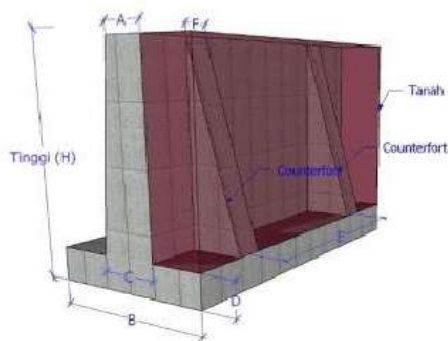
Gambar 3. Dinding Penahan Tanah Type Kantilever
(*Cantilever retaining wall*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2011)



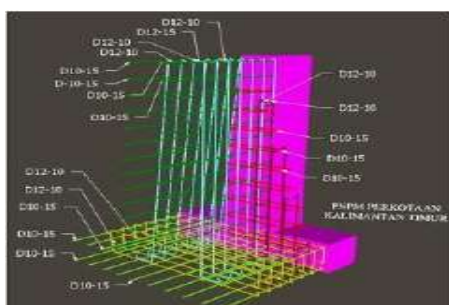
Gambar 4 Dinding Penahan Tanah Type Cantilever(kantilever retaining wall)
(Sumber : Hardiyatmo, 2011)

3. Dinding Penahan Tanah Type Counterfort (Counterfort Wall)

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang dibagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan (kontrafort). Kontrafort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interval jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter. Seperti pada Gambar 5.

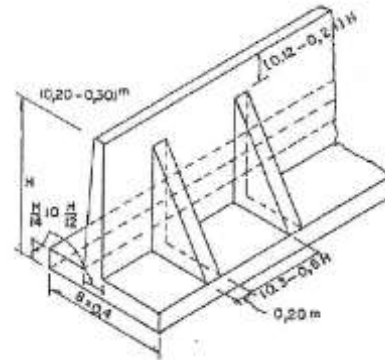


Gambar 5. Dinding Penahan Tanah Type Kounterfort (counterfort wall)
(Sumber : Hardiyatmo, 2011)



Gambar 6. Dinding Penahan Tanah Type Konterfort (counterfort wall)
(Sumber : Hardiyatmo, 2011)

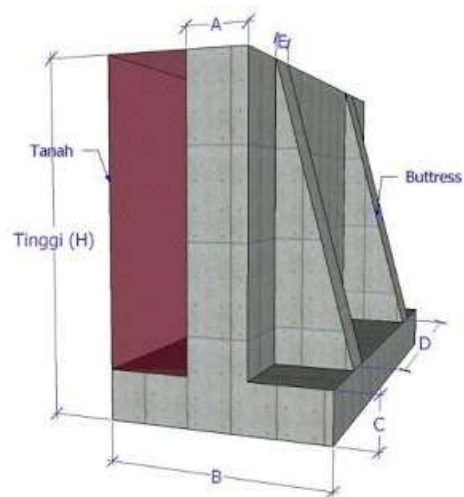
Perencanaan dimensi dinding penahan tanah sistem kontrafort yaitu lebar $0,45 H$ s/d $0,60 H$, dengan tebal tidak kurang dari 20 cm. Tinggi kontrafort sebaiknya sama dengan tinggi dinding vertikal, tetapi bila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan $0,12 H$ s/d $0,24 H$. Seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Dinding Penahan Tanah Tipe Konterfort(counterfort wall)
(Sumber : Hardiyatmo, 2011)

4. Dinding Penahan Tanah Type Buttress (Buttress Wall)

Dinding Butterss hampir sama dengan dinding kontrafort, hanya bedanya bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur kontrafort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak. Dinding ini dibangun pada sisi dinding dibawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit daripada jenis lainnya dan pemdatan dengan cara roling pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit. Seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Dinding Penahan Tanah Type Buttress (butters Wall)
(Sumber : Hardiyatmo, 2011)

2.2 Beban Dinamis

2.2.1 Defenisi Beban Dinamis

Beban dinamis dapat diartikan “bervariasi” terhadap waktu dan konteks gaya yang bekerja (eksitasi) pada struktur. Variasi beban dinamis dapat berupa besarnya (magnitudo), arahnya (direction) dan atau titik pangkatnya (point of application), respon struktur tersebut, bekerja pada defleksi dan tegangan yang bervariasi pula terhadap waktu (sama dengan respon dinamis), baik respon dinamis maupun respon statis (akibat respon statis).

Selain kekakuan (stiffness) respon dinamis sangat dipengaruhi pula oleh massa dan redaman struktur. Inilah yang sangat membedakan antara masalah-masalah dalam analisa dinamis dan statis.

Selain sifat pembebanan yang berbeda, percepatan yang di timbulkan dalam beban dinamis memiliki peranan yang amat penting dalam analisa dinamis.

Defleksi dan tegangan internal yang timbul dalam kasus beban statis hanya ditimbulkan langsung oleh beban P , dan kasus beban dinamis akselerasinya yang di alami oleh batang akibat $p(t)$ menimbulkan gaya inersia yang di distribusi pada seluruh bagian batang, selain akibat $p(t)$ tadi, defleksi pada batang juga di pengaruhi pula oleh gaya inersia yang ditimbulkan oleh massa batang ketika mengalami akselerasi. Jika pengaruh inersia tersebut sangat signifikan, maka perlu analisa dinamis.

2.2.1 pembagian beban dinamis

1. periodik (berulang)
2. kejut (impuls)
3. acak (random)

2.2.2 Contoh Beban Dinamis

1. getaran yang diakibatkan kendaraan
2. gempa
3. ledakan bahan peledak atau bom atom

2.3 Hubungan Beban Dinamis Terhadap Getaran Dan Arus Lalu Lintas

2.3.1 Defenisi Getaran

Getaran adalah suatu gerak bolak balik di sekitar kesetimbangan. Kesetimbangan disini maksudnya adalah keadaan dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak gaya yang bekerja pada benda tersebut. Getaran mempunyai amplitud (jarak simpang terjauh dengan titik tengah) yang sama. Adapun getaran akibat mesin yaitu:

2.3.2 Jenis-jenis Getaran

a. Getaran Bebas

Terjadi bila sistem mekanis dimulai dengan gaya awal, kalau dibiarkan bergetar dengan cara bebas. Contoh seperti getaran mesin yang dinyalakan.

b. Getaran Paksa

Terjadi bila gaya bolak balik atau gerakan diterapkan pada sistem mekanis, contohnya adalah getaran dinding penahan tanah saat gempa bumi.

III. Metodologi Penelitian

3.1 Tahap Persiapan

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam mengerjakan tugas akhir ini diperlukan langkah-langkah yang sistematis dan benar. Penyusunan pada tahap awal adalah dengan mengumpulkan data yang diperlukan. Karena pada proyek akhir ini berupa kajian analisa (Dinding Penahan Tanah Akibat Beban Dinamis). Sehingga diperlukan data untuk mendukung penyusunan ini, Antara lain:

1. Data lokasi dan obyek yang dikaji.
2. Data pendukung yang diperlukan.
3. Informasi dari narasumber sesuai dengan bahan yang dikaji.
4. Buku referensi untuk mendukung penyelesaian proyek akhir ini.
5. Searching di internet untuk lebih maksimal pekerjaan.

Gamabar peta lokasi proyek pembangunan dinding penahan tanah di daerah Nabundong.



Gambar 9. Peta Lokasi

(Sumber <https://id.m.wikipedia.org>)

3.2 Data Spesifikasi Proyek

1. Nama Pekerjaan : Proyek Pembangunan (DPT) di desa Nabundong.
2. Jenis Pekerjaan : Pasangan Beton dan Tulangan
3. Tinggi : 4 m
4. Panjang bangunan : 10 m
5. Mutu beton : $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
6. Berat volume beton : (γ_b) = 24 KN/m³
7. PBI 1971 : a. Desak beton = 361,45 KN/m²
b. Tarik beton = 361,45 m²
c. Geser beton = 180,7 KN/m
8. Lokasi Proyek : NABUNDONG
Perbatasan Hulusihapas



Gambar 10. Dinding Penahan Tanah Di Sta 111-250 Di Daerah Nabundong

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode yang diperlukan dalam penulisan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Metode Pengambilan Data

Data-data yang dibutuhkan diperoleh dengan cara mencari data yang berhubungan dengan proyek ini, pihak yang berwenang adalah Dinas Pekerjaan Umum (PU).

2. Metode Analisa

Setelah data yang diperlukan diperoleh 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 lapangan. Menggunakan formula yang ada pada landasan teori.

3.3 Tahap Pengolahan Data

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

IV. Analisa Data Dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengumpulan Data

Pada proses analisa dinding penahan tanah terhadap beban dinamis menggunakan dinding penahan tanah kantilever. Tepatnya di daerah Nabundong. Setelah melakukan observasi maka di dapat data-data yang digunakan menghitung stabilitas dinding penahan tanah akibat beban dinamis. Data diambil dari gambar kerja dan pengukuran lapangan

4.2 Tahap olah data yang bekerja pada dinding penahan tanah kantilever di daerah nabundong yaitu ;

1. Mencari koefisien tanah aktif.

$$a) \quad Ka = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} =$$

- $A = \cos^2(\varphi + \alpha)$
 $A = \cos^2(30^\circ + 0) = 0.750$
- $B = \sin(\varphi + \delta) \times \sin(\varphi - \beta)$
 $B = \sin(30^\circ + 10^\circ) \times \sin(30^\circ - 10^\circ) = 0.220$
- $C = \cos(\delta - \alpha) \times \cos(\alpha + \beta)$
 $C = \cos(10^\circ - 0) \times \cos(0^\circ + 10^\circ) = 0.970$
- $D = \cos^2 \alpha \times (1 + \text{akar}(B/C))^2$
 $D = \cos^2 0 \times (1 + \left(\sqrt{\frac{0.220}{0.970}}\right)^2) = 2.179$

- $Kah = \frac{A}{D} = 0.344$
- $Kah = \frac{\cos^2(30 + 10)}{\cos^2 \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30 + 10) \sin(30 - 10)}{\cos(10 - 0) \cos(0 + 10)}} \right]^2} = 0.344$

1. Data Sondir SPT

Kondisi geoteknik berdasarkan data Bor Mesin pada Sta. 111+250 dimana tanah timbunan yang berada di belakang dinding penahan tanah adalah jenis tanah lanau dan lempung serta sedikit lepasir di Gunung Tua Sumatera Utara 16-April 2018. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Bor Mesin Sta. 111+ 250 gambar 4.2.

b. Berikut data parameter tanah timbunan yang diperkuat dinding penahan tanah :

1. Tanah timbunan 1
 - a. Berat volume tanah asli (γ_b) = 17,60 KN/m³
 - b. Kohesi Tanah Asli (c) = 17,65 KN/m²
 - c. Sdut geser tanah asli ϕ = 4,54⁰
2. Tanah timbunan 2
 - a. Berat volume tanah asli (γ_b) = 15,97 KN/m³
 - b. Kohesi Tanah Asli (c) = 10,98 KN/m²
 - c. Sdut geser tanah asli ϕ = 7,99⁰
3. Tanah timbunan 2
 - a. Berat volume tanah asli (γ_b) = 17,42 KN/m³
 - b. Kohesi Tanah Asli (c) = 10,98 KN/m²
 - c. Sdut geser tanah asli ϕ = 7,99

Tabel 1. Data yang digunakan

Berat Basah	Berat Kering	Sudut Geser Tanah Asli
20 KN/m ³	24 KN/m ²	30 ⁰

3. Data Beban kendaraan

Jalan Nabundong adalah tipe jalan nasional tipe III fungsi kolektor. Lalu lintas rata-rata diasumsikan > 10.000 kendaraan.

Tabel 2. Beban Lalulintas Untuk Stabilitas

Sistem Jaringan	Fungsi Jalan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (KN/m ³)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
Sekunder	Arteri	<10.000	12
		>20.000	15
	Kolektor	<20.000	12
		>6.000	12
	Lokal	<6.000	10
		>500	10
		<500	10

(Sumber :Dinas pekerjaan umum)

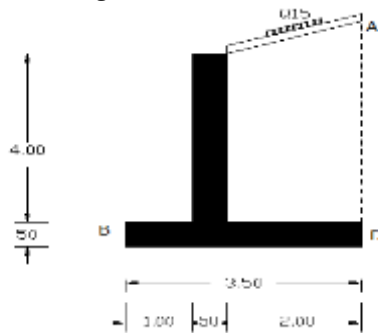
Tabel 3. beban Lalu Lintas Harian (LHR) yang digunakan.

Sistem Jaringan	Fungsi Jalan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (KN/m ³)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		<10.000	12

(Sumber : Dinas pekerjaan umum)

4. Data Teknis Dinding Penahan Tanah

Gambar struktur dinding penahan tanah di asumsikan sesuai dengan kemiringan di lapangan, untuk ketinggian dinding penahan tanah dan lebar dinding penahan tanah di asumsikan dengan hasil dari dinas pekerjaan umum (PU), dapat seperti Gambar 11 dinding penahan tanah tipe kantilever di daerah Nabundong.

**Gambar 11. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Lokasi Nabundong**
(Sumber Dinas Pekerjaan Umum PU)**5. Dimensi Data-Data Dinding Penahan Tanah di Daerah Nabundong Yaitu;**

1. Tinggi tembok (H) = 4 m
2. Tebal plat (Tp) = 0.5 m
3. Tebal dinding (Td) = 0.5 m
4. Lebar plat belakang (Lpb) = 2 m
5. Plat depan = 1 m
6. Beban merata = 15 KN/m²
7. Daya dukung tanah (Q_{ult}) = 700 KN/m²
8. γ_m = 20 KN/m³
9. γ_b = 24 KN/m³
10. Sudut geser tanah (φ) = 30°
11. Kemiringan tanah di belakang tembok (β) = 10°
12. Koefisien geser = 0.8

13. Untuk tembok dinding penahan tanah kantilever(α) $\alpha = 0$ (karena titik A dibelakang dari plat, dan(δ)delta= 10° koefisien gesek antara bagian konstruksi dengan tekana tanah belakang berhimpit sama-sama dengan tanah. Maka dari itu : (α) = 0°, (δ) = 10°, (β) = 10°, (φ) = 30°.

4.3 Tahap olah data yang bekerja pada dinding penahan tanah kantilever di daerah nabundong yaitu ;**1. Mencari koefisien tanah aktif.**

$$b) \quad K_a = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} =$$

$$\bullet \quad A = \cos^2(\varphi + \alpha)$$

$$A = \cos^2(30^\circ + 0) = 0.750$$

$$\bullet \quad B = \sin(\varphi + \delta) \times \sin(\varphi - \beta)$$

$$B = \sin(30^\circ + 10^\circ) \times \sin(30^\circ - 10^\circ) = 0.220$$

$$\bullet \quad C = \cos(\delta - \alpha) \times \cos(\alpha + \beta)$$

$$C = \cos(10^\circ - 0) \times \cos(0^\circ + 10^\circ) = 0.970$$

$$\bullet \quad D = \cos^2 \alpha \times (1 + \text{akar}(B/C))^2$$

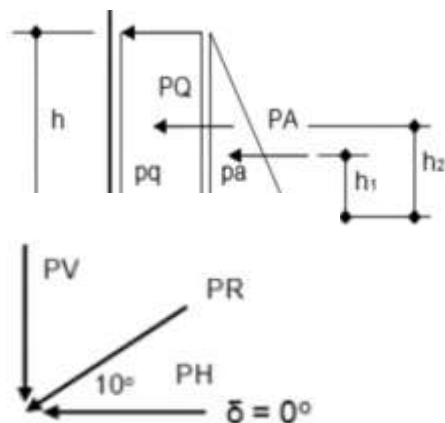
$$D = \cos^2 0 \times (1 + \left(\sqrt{\frac{0.220}{0.970}} \right)^2 = 2.179$$

$$\bullet \quad K_{ah} = \frac{A}{D} = 0.344$$

$$\bullet \quad K_{ah} = \frac{\cos^2(30 + 10)}{\cos^2 \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30 + 10) \sin(30 - 10)}{\cos(10 - 0) \cos(0 + 10)}} \right]^2} = 0.344$$

2. Mencari gaya-gaya yang bekerja dalam bentuk diagram tekana tanah.

Diagram tekana tanah akibat beban $Q = 15$ KN/m² 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 geosefnya. Selanjutnya (h) yaitu dari titik A ke alas plat lebih besar dari tinggi tembok sendiri dengan sudut (β) 10°, kemudian di cari seperti gambar diagram di bawah ini Gambar 12. (Diagram Akibat Beban (Q), Tegangan Geosef, Dan Tinggi Tembok Setinggi (h)



Gambar 12. Diagram Akibat Beban (Q), Tegangan Geosef, Dan Tinggi Tembok Setinggi (h)

(Sumber Edwin 2014 Politeknik Negeri Jakarta)

a. Mencari gaya horizontal

- h (tinggi dari tembok)
 $h = 4 + 2 \tan 10^\circ = 4.352 \text{ m}$
- h1 (lengan dari gaya pa)
 $h1 = \frac{1}{3} \times h =$
 $h1 = \frac{1}{3} \times 4.352 = 1.450 \text{ m}$
- h2 (lengan dari gaya pq)
 $h2 = \frac{1}{2} \times h =$
 $h2 = \frac{1}{2} \times 4.352 = 2.176 \text{ m}$
- komponen gaya (pq)
 $pq = Q \times Kah =$
 $pq = 15 \times 0.344 = 5.16 \text{ KN/m}^2$
- komponen gaya akibat tekana tanah aktif (pa)
 $pa = \gamma_m \times h \times Kah =$
 $pa = 20 \times 4.352 \times 0.344 = 29.941 \text{ KN/m}^2$
- Akibat dari beban q (PQ)
 $PQ = pq \times h =$
 $PQ = 5.16 \times 4.352 = 22.456 \text{ KN}$
- Akibat tekanan tanah setinggi h (PA)
 $PA = \frac{1}{2} \times pa \times h =$
 $PA = \frac{1}{2} \times 29.941 \times 4.352 = 65.151 \text{ KN}$

Dua dari diagram tekanan tanah telah di dapat kan yaitu ;

- Akibat beban
 $= 22.456 \text{ KN}$
- Akibat tekanan tanah setinggi h. $=$
 65.151 KN
- Total gaya horizontal ($\sum H$)

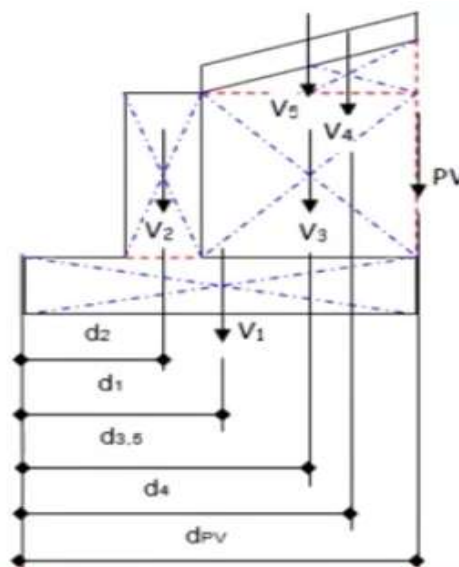
$$\sum H = PQ + PA =$$

$$\sum H = 22.456 + 65.151 = 87.607 \text{ KN}$$

- Gaya yang di dapat dari hasil tekanan horizontal (PV)

$$PV = \sum H \tan 10^\circ = 15.447 \text{ KN}$$

Maka telah didapat semua gaya akibat dari tekana tanah, Kemudia lanjut mencari gaya yang menahan tekanan tanah yaitu berat dari tembok tersebut, sebagai konstruksi kantilever berat dari tembok di hitung, di tambah berat tanah yang di belakang serta beban yang di atas. Karena membatasi antara konstruksi sebelah kiri dan tekanan tanah sebelah kanan, untuk mendapatkan berapa berat seluruh tembok ini, lalu dibagi bagian – bagianya seperti gambar di bawah ini 4.5. Pembagian Berat Tembok



Gambar 13. Pembagian Berat Tembok

(Sumber Edwin 2014 Politeknik Negeri Jakarta)

b. Mencari gaya vertical.

- Berat plat (V1)
 $V1 = Tp \times (Pd + Td + Lpb) \times \gamma_b =$
 $V1 = 0.5 \times (1 + 0.5 + 2) \times 24 = 42 \text{ KN}$
- Berat dinding (V2)
 $V2 = Tp \times (h - Tp) \times 24$
 $V2 = 0.5 \times (4 - 0.5) \times 24 = 42 \text{ KN}$
- Berat tanah di belakang tembok di atas plat yang di belakang (V3)
 $V3 = Lpd \times (h - Tp) \times \gamma_m =$
 $V3 = 2 \times (4 - 0.5) \times 20 = 140 \text{ KN}$
- Berat tanah segitiga di bawah beban (V4)
 $V4 = \frac{1}{3} Lpd \times (\text{tinggi } h - \text{tinggi tembok penahan}) \times \gamma_m =$
 $V4 = \frac{1}{3} \times 2 \times (4.291 - 4) \times 20 = 3.88 \text{ KN}$
- Berat beban merata. (V5)
 $V5 = Q \times Lpd =$
 $V5 = 15 \times 2 = 30 \text{ KN}$
- $PV = 15.447 \text{ KN}$

- Jumlah gaya vertikal ($\sum v$)

$$\sum V = V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + PV =$$

$$\sum V = 42 + 42 + 140 + 3.88 + 30 + 15.447 = 273.327 \text{ KN}$$

Maka di dapat jumlah gaya vertikal = 273.327 KN

Mencari momen yang menggulingkan.

- Lengan momen gaya V1 D1
 $D1 = 1/3 \times (Pd + Tp + Lpd)$
 $D1 = 1/3 \times (1 + 0.5 + 2) = 1.16 \text{ m}$
- Lengan momen gaya V2 D2
 $D2 = (Pd + \frac{1}{2} \times Tp)$
 $D2 = (1 + \frac{1}{2} \times 0.5) = 1.25 \text{ m}$
- Lengan momen gaya V3 D3 = D5
 $D3 = D5 = (Pd + Tp + \frac{1}{2} \times Lpd)$
 $D3 = D5 = (1 + 0.5 + \frac{1}{2} \times 2) = 2.5 \text{ m}$
- Lengan momen gaya V4 D4
 $D4 = (Pd + Tp + \frac{2}{3} \times Lpd)$
 $D4 = (1 + 0.5 + \frac{2}{3} \times 2) = 2.83 \text{ m}$
- Lengan momen gaya PV DPV
 $DPV = Pd + Tp + Lpd$
 $DPV = 1 + 0.5 + 2 = 3.5 \text{ m}$

d. Mencari momen yang menahan

- $Mt1 = V1 \times D1$
 $Mt1 = 42 \times 1.16 = 48.72 \text{ KNm}$
- $Mt2 = V2 \times D2$
 $Mt2 = 42 \times 1.25 = 52.5 \text{ KNm}$
- $Mt3 = V3 \times D3$
 $Mt3 = 140 \times 2.5 = 350 \text{ KNm}$
- $Mt4 = V4 \times D4$
 $Mt4 = 3.88 \times 2.83 = 10.98 \text{ KNm}$
- $Mt5 = V5 \times D5$
 $Mt5 = 30 \times 2.5 = 75 \text{ KNm}$
- $MtPV = PV \times DPV$
 $MtPV = 15.447 \times 3.5 = 54.064 \text{ KNm}$

e. Mencari total momen tahan ($\sum Mt$)

$$\sum Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3 + Mt4 + Mt5 + MtPV$$

$$\sum Mt = 48.72 + 52.5 + 350 + 10.98 + 75 + 54.064 = 591.264 \text{ KNm}$$

f. mencari total momen yang menggulingkan ($\sum Mg$)

$$\sum Mg = PQ \times h2 + PA \times h1 =$$

$$\sum Mg = 22.456 \times 2.176 + 65.151 \times 1.450 = 143.333 \text{ KNm}$$

g. mencari factor keaman geser.

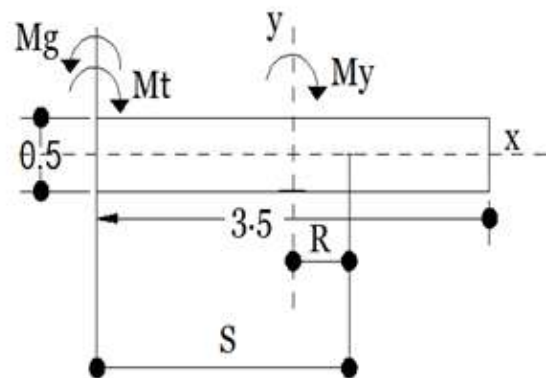
- Fk geser $\frac{\sum v \times \text{Koeff Ges}}{\sum H} = \frac{273.327 \times 0.8}{87.607} = 2.495 > 1.5 \text{ aman OK}$

h. mencari factor guling.

- Fk guling $\frac{\sum Mt}{\sum Mg} = \frac{591.264}{143.333} = 4.125 > 1.5 \text{ aman OK}$

i. mencari factor daya dukung tanah.

- Fk dukung tanah = $\frac{qult}{qa}$
- $qa = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{\sum My}{W}$

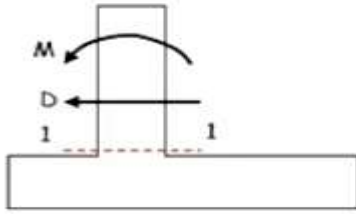


Gambar 14. Lengan Momen
 (Sumber Edwin 2014 Politeknik Negeri Jakarta)

- lengan momen S $\frac{TMt}{\sigma V}$
 $S = \frac{591.264}{273.327} = 2.163 \text{ m}$
- eksentrisitas R = $S - (Pd + Tp + Lpd) \times 1/2$
 $R = 2.163 - \frac{1}{2} \times 3.5 = 0.996 \text{ m}$
- momen sumbu Y $My = \sigma V \times R - TMg$
 momen sumbu Y $My = 273.327 \times 0.996 - 143.333 = 128.900 \text{ KNm}$
- W tahanan = $1/6 \times 1 \times (Pd + Tp + Lpd) \times 2$
 $W \text{ tahanan} = 1/6 \times 1 \times 3.5^2 = 2.041 \text{ m}^3$
- $qa = \frac{273.333}{1 \times 3.5} \pm \frac{128.900}{2.042}$
- $qa \text{ Maks} = \sigma V / (1 \times (Pd + Tp + Lpd)) - (My / W \text{ tahanan})$
 $qa \text{ Maks} = \frac{273.333}{1 \times 3.5} - \frac{128.900}{2.041} = 141.250 \text{ KN/m}^3$
- $qa \text{ Mins} = \sigma V / (1 \times (Pd + Tp + Lpd)) + (My / W \text{ tahanan})$
 $qa \text{ Mins} = \frac{273.333}{1 \times 3.5} + \frac{128.900}{2.041} = 14.939 \text{ KN/m}^3$
- Fk daya dukung tanah = $qult / qa \text{ Maks} = \frac{700}{141.250} = 4.955 > 2.5 \text{ aman OK}$

j. Gaya – gaya dalam untuk perhitungan penulangan.

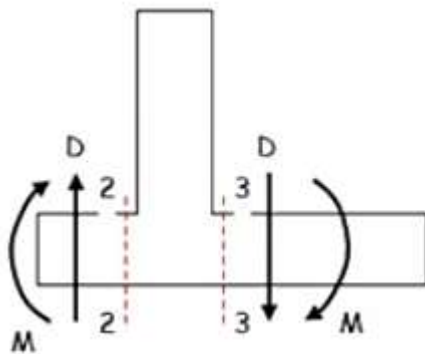
1. Potongan 1.



Gambar 15. Potongan 1

(Sumber Edwin 2014 Politeknik Negeri Jakarta)

- Gaya lintang (D)
 $D = pq (h - T_d) + \frac{1}{2} (h) - T_p)^2 \cdot \varphi \cdot \text{kah}$
 $D = 5.16 (4.352 - 0.5) + \frac{1}{2} (4.352 - 0.5)^2$
 $\times 20 \times 0.344 = 70.918 \text{ KN}$
 - Momen (M)
 $M = PQ (h^2 - T_p) + PA (h_1 - T_p)$
 $M = 22.456 (2.176 - 0.5) + 65.151 (1.450 - 0.5) = 99.529 \text{ KN}$
2. Potongan 2 dan potongan 3



Gambar 16. Potongan 2 Dan 3

(Sumber Edwin 2014 Politeknik Negeri Jakarta)



Gambar 17. Tegangan D'2 dan D'3

(Sumber Edwin 2014 Politeknik Negeri Jakarta)

- Tegangan D'3
 $D'3 = q_a \text{ Mins} + ((L3 \times (q_a \text{ Maks} - q_a \text{ mins})) / (L1 + L2 + L3))$
 $D'3 = 14.939 + \frac{2(141.250 - 14.939)}{3.5} = 87.116 \text{ KN/m}^2$
- D₃ = Lintang D 3-3
 $D_3 = (D'3 + q_a \text{ Mins}) 1/2 \times L3$
 $D_3 = \frac{1}{2} (87.116 + 14.939) \times 2 = 102.055 \text{ KN}$
- Tegangan M 3-3 = (q_a Mins x L₃ x L₃/2) + (D'3 – q_a Mins) x L₃ / 2 x L₃ /3
 $M_3 = (14.939 \times 2 \times \frac{1}{2} \times 2) + (141.250 - 14.939) \times 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times 2 = 114.085 \text{ KNm}$

• Tegangan D'2

$$D'2 = q_a \text{ Mins} + ((L3 + T_p) \times (q_a \text{ Maks} - q_a \text{ Mins})) / (L1 + L2 + L3)$$

$$D'2 = 14.939 + \frac{(1.65 + 0.5)(141.250 - 14.939)}{3.5} = 92.530 \text{ KN/m}^2$$

• Lintang D2-2

$$D_{2-2} = (D'2 + q_a \text{ Maks}) / 2 \times P_d$$

$$D_{2-2} = \frac{1}{2} (92.530 + 141.250) \times 1 = 116.89 \text{ KN/m}^2$$

- Momen M 2-2 = (D'2 x L₁ x L₁ /2) + (q_a maks – D'2) x L₁ x 1/2 x L₁ x 2/3.

$$M_2 = (116.89 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 1) + (141.250 - 116.89) \times 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times 1 = 66.565 \text{ KNm}$$

Gaya – gaya dalam untuk tulang telah didapat kan,karena dalam tugas ahir ini untuk penulangan tidak termasuk dalam perhitungan, maka dari itu analisa ini hanya sampai pada perhitungan gaya-gaya dalam tulangan saja.

V. Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal mengenai dinding penahan tanah tipe kantilever di daerah Nabundong Kabupaten Padang Lawas Utara Kecamatan Hulu Sihapas, diantara sebagai berikut:

1. Dinding penahan tanah tipe kantilever terhadap faktor keamanan geser adalah $2.495 > 1.5$ Maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dikatakan aman terhadap faktor geser.
2. Dinding penahan tanah tipe kantilever terhadap faktor keamanan guling $4.125 > 1.5$ Maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dikatakan aman terhadap faktor guling.
3. Dinding penahan tanah tipe kantilever terhadap faktor keamanan daya dukung tanah $4.955 > 2.5$ Maka dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dikatakan aman terhadap faktor daya dukung tanah.
4. Maka dari itu untuk hasil analisa dinding penahan tanah tipe kantilever di desa Nabundong aman terhadap faktor penggeseran, Faktor penggulingan dan factor keamanan daya dukung tanah.

Daftar pustaka

- [1]. Hardiyatmo, H. C., 2002, *Mekanika tanah I*, gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [2]. Hardiyatmo, H. C., 2003, *Mekanika tanah II*, gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [3]. Hardiyatmo, H. C., 2011, *Analisa dan Perencanaan Pondasi 1*, gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [4]. Hardiyatmo, H. C., 2011, *Teknik Pondasi 1*, edisi kedua, gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [5]. Santoso, Budi, dkk, 1988, *Mekanika Tanah Lanjutan*, Gunadarma, Jakarta
- [6]. Sirait, M. J., 1984, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta