ISSN:1858-2133

JURNAL REKAYASA SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ANDALAS

Itto Samulano, Mas Mera
REFRAKSI DAN DIFRAKSI GELOMBANG LAUT DI DAERAH DEKAT PANTAI PARIAMAN 1

Febrin Anas Ismail
IDENTIFIKASI KEGAGALAN, ALTERNATIF PERBAIKAN DAN PERKUATAN PADA STRUKTUR GEDUNG POLTEKES SITEBA PADANG 11

Rina Yuliet, Abdul Hakam, Getby Febrian
UJI POTENSI MENGEMBANG PADA TANAH LEMPUNG DENGAN METODA FREE SWELLING TEST (STUDI KASUS: TANAH LEMPUNG LIMAU MANIH - KOTA PADANG) 25

Inggemar Särfors
USED TIRE AS BASE ISOLATOR TIRE FOR EARTHQUAKE RESISTANT HOUSES 37

Fauzan
ANALISA KEGAGALAN STRUKTUR DAN RETROFITTING BANGUNAN MASJID RAYA ANDALAS PADANG PASCA GEMPA 30 SEPTEMBER 2009 45

Abdul Hakam, Rizki Pranata M
STUDI STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER PADA RUAS JALAN SILAING PADANG - BUKITTINGGI KM 64+500 57

VOLUME 7 NO. 1, FEBRUARI 2011

STRUKTUR • GEOTEKNIK • SUMBERDAYA AIR • TRANSPORTASI • MANAJEMEN REKAYASA KONSTRUKSI

JURNAL REKAYASA SIPIL ISSN:1858-2133

VOLUME 7 NO. 1, FEBRUARI 2011

Pelindung
Dekan Fakultas Teknik

Penanggung jawab
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Penelaah Ahli
Prof. Dr.Eng. Ir. Zaidir, MS.
Dr. Ir. Febrin Anas Ismail, MS.
Dr. Ir. Purnawan, MT.
Dr. Ir. Abdul Hakam,MT.
Dr. Ir. Akhmad Suraji, MT.
Ir. Darwizal Daoed, MS.
Ir. Hendra Gunawan, MT.

Mitra Bestari
Prof. Hiroshi Kuramoto (Osaka University)
Prof. Li Bing (NTU)
Prof. Imamura (Tohoku University)
Ir. Teddy Boen (WSSI)
Dr. Made Suwarjana (ITB)
Dr. I Wayan Sengara (ITB)
Prof. Iman Satyarno (UGM)

Dewan Redaksi Pelaksana
Ketua
Dr.Eng. Fauzan, M.Sc.(Eng.)
Anggota
Ir. Mas Mera, MT., PhD.
Dr. Ir. Yossyafra, M.Sc.(Eng.)
Ir.Titi Kurniati, MT.
Rina Yuliet, MT.
Yervi Hesna, MT.
Oscar Fithrah Nur, MT.
Laura Masmia Putri, ST

Alamat Redaksi
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis
Padang (25163)
Telp. 0751-72664 Fax. 0751-72566
e-mail : jurnalsipil@ft.unand.ac.id

PENGANTAR REDAKSI

Syukur Alhamdulillah kami ucapkan kepada Allah SWT atas terbitnya Jurnal Rekayasa Sipil Volume 7 Nomor 1 edisi bulan Februari tahun 2011 ini.

Redaksi mengucapkan penghargaan kepada para penulis yang telah memberi kepercayaan pada Jurnal Rekayasa Sipil untuk menerbitkan tulisan-tulisannya.

Redaksi berharap semoga jurnal ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Saran dan kritik sangat kami nantikan demi kemajuan penerbitan jurnal ini.

Padang, Februari 2011

Redaksi

Diterbitkan oleh :

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Andalas
Padang

VOLUME 7 NO. 1, FEBRUARI 2011

JURNAL REKAYASA SIPIL ISSN:1858-2133

STUDI STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER PADA RUAS JALAN SILAING PADANG - BUKITTINGGI KM 64+500

Abdul Hakam[1], Rizki Pranata Mulya[2]

ABSTRAK

Hujan deras yang terjadi pada tanggal 30 Maret 2010 yang lalu mengakibatkan dinding penahan tanah kantilever pada ruas jalan Silaing, Padang Bukittingi Km 64+500 mengalami guling. Selain itu, gempa yang sering terjadi di daerah Sumatera Barat khususnya, menyebabkan tanah di belakang dinding penahan tanah kehilangan daya dukungnya. Stabilitas dinding penahan tanah dapat dinyatakan dengan nilai Fs (faktor keamanan). Nilai faktor keamanan yang ditinjau adalah Fs *Overtuning* yaitu faktor keamanan terhadap gaya guling, Fs *Slading* adalah faktor keamanan terhadap geser pada dasar dinding penahan tanah, Fs *bearing capacity* adalah faktor keamanan terhadap keruntuhan daya dukung. Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisa stabilitas dinding kantilever dan untuk mengetahui penyebab ketidak stabilan dinding kantilever tersebut dan mendisain dimensi baru yang aman terhadap beban statis dan dinamis. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa dinding kantilever yang terpasang tersebut, dengan dimensi H=8,5, B=3, Ta=0,5, Tb=0,7 Tt=0,7, Th=0,4 tidak aman karena nilai stabilitasnya tidak sesuai dengan yang disyaratkan, yaitu sebesar Fs guling=1,577, Fs Geser=1,384, Fs daya dukung tidak dicari karena nilai e lebih kecil dari B/6. Dengan memperbesar dimensi, H=9,5, B=5, Ta=0,5, Tb=0,95 Tt=0,95, Th=0,95, D=1,1 dinding kantilever tersebut dinyatakan aman dengan nilai faktor kemanan sebesar Fs guling=3,547, Fs Geser=2,559, Fs daya dukung=15,094.

Kata Kunci : stabilitas, dinding kantilever, dimensi

1. PENDAHULUAN

Hujan deras yang melanda Sumatera Barat khususnya daerah Silaing pada tanggal 30 Maret 2010 yang lalu mengakibatkan banyaknya terjadi bencana longsor pada daerah tersebut. Selain diakibatkan oleh hujan deras, bencana alam gempa yang akhir-akhir ini sering melanda Sumatera Barat, khususnya gempa pada tanggal 30 September 2009 juga menjadi salah satu penyebab longsor ini. Kerusakan struktur tanah akibat langsung dari gempa adalah menurunnya daya dukung tanah. Selain itu gempa juga mengakibatkan kerengkahan pada tanah yang apabila kadar air tanah tersebut meningkat, akan sangat mudah mengalami kelongsoran.

Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisa stabilitas dinding kantilever dan untuk mengetahui penyebab ketidakstabilan dinding kantilever tersebut akibat beban statis dan dinamis, dan merencanakan dinding kantilever yang baru dengan memperbesar dimensi. Manfaat dari studi ini adalah hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi bagi pihak terkait (Dinas Pekerjaan Umum) dalam merencanakan dinding penahan tanah pada daerah tersebut.

2. DASAR TEORI

2.1 Teori Analisa Stabilitas Lereng

Tegangan geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan dilakukan oleh:

[1]*Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, ahakam2008@yahoo.com*
[2]*Staf Teknis Pusat Studi Bencana Universitas Andalas,*

1. Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada bidang gesernya.
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

Bila gaya geser bekerja pada permukaan dimana bekerja pula tegangan normal, maka harga τ akan membesar akibat deformasi mencapai harga batas. Karakteristik kekuatan dari tanah yang dinyatakan oleh persamaan Coulomb.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

dimana:

τ = Tegangan geser
c = Kohesi tanah
ϕ = Sudut geser tanah
σ = Tegangan normal yang bekerja

2.2 Dinding Penahan Tanah *(Retaining Wall)*

Dinding penahan tanah merupakan salah satu konsep perkuatan tanah yang banyak digunakan dalam pekerjaan rekayasa sipil. Dinding penahan tanah merupakan dinding yang digunakan untuk menahan beban tanah secara vertikal ataupun terhadap kemiringan tertentu.

Dinding-dinding penahan adalah konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisi massa bahannya tidak memiliki kemiringan alami, dan juga digunakan untuk menahan atau menopang timbunan tanah atau onggokan material lainnya (*Bowles, 1999: 49)*

Dalam perencanaan sebuah dinding penahan tanah, perlu diambil dimensi tertentu sehingga dinding yang direncanakan mungkin untuk dikerjakan, cukup stabil dan kuat. Pengambilan dimensi awal dinding penahan tanah juga sangat ditentukan dengan bentuk lereng dan tanah yang kan ditahannya. Selain itu pengambilan dimensi dari segi keterbatasan ruang pekerjaan, kepatutan bentuk dan juga keindahan harus diperhatikan dalam perencanaan dinding kantilever ini.

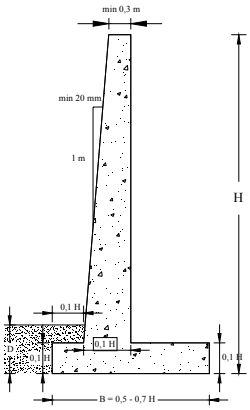
Sebagai pedoman awal dalam pengambilan dimensi dinding kantilever pada **Gambar 1** ditampilkan potongan penampang dinding kantilever. Puncak badan dinding penahan tanah tidak boleh kurang dari 0,3 m untuk penempatan yang layak dari beton dapat dilakukan. Dasar badan setidak-tidaknya harus cukup tebal untuk memenuhi persyaratan geser. Kedalaman ke dasar plat D, harus memenuhi nilai minimum sebesar 0,6 m. Bagaimanapun, bagian dasar dari plat harus berada dibawah kedalaman beku dan perubahan volume musiman.

Dimensi dasar plat harus sedemikian rupa sehingga resultan beban-beban vertikal jatuh dalam sepertiga bagian tengahan. Jika resultan jatuh diluar sepertiga bagian tengahan, maka tekanan tapak akan berlebihan dan hanya sebagian dari telapak yang efektif.

2.3 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Untuk mengetahui stabilitas dinding penahan tanah kantilever, perlu dilakukan pengecekan terhadap dinding kantilever tersebut. Pengecekan tersebut diantaranya:

- Cek Terhadap Guling
- Cek Terhadap Geser
- Cek Terhadap Keruntuhan Daya Dukung



Gambar 1. Komposisi Ukuran Minimal Dinding Penahan Tanah *Kantilever (Das,1990)*

2.4 Stabilitas Dinamis

Analisis dinamis ekivalen untuk stabilitas dinding penahan tanah merupakan analisis pengaruh beban dinamis yang dapat diterapkan pada dinding penahan tanah. Metoda ini dilakukan dengan memberikan gaya-gaya besar dan arahnya sesuai dengan beban yang diakibatkan percepatan gempa. Analisis ini mengasumsikan bahwa beban dinamis yang bekerja hanya memberi pengaruh pada nilai maksimumnya saja sepanjang riwayat waktu gempa.

Analisis stabilitas dinamis dinding penahan tanah dengan metoda dinamis ekivalen, bertujuan untuk membandingkan nilai gaya-gaya penahan dengan nilai gaya yang meruntuhkan dinding baik akibat gravitasi sekaligus akibat gempa. Gaya-gaya tersebut bekerja pada titik pusat massa dari elemen-elemen dinding penahan.

3. PROSEDUR DAN HASIL KERJA

3.1 Survey Lapangan

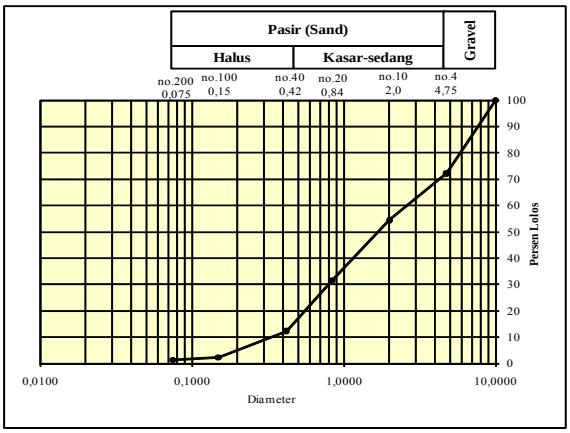
Survey lapangan dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Survey (pengambilan data) dilakukan di jalan raya Padang-Bukittinggi, tepatnya di kawasan Silaing KM 64+500.

3.1.1 Data Tanah

Dalam mendisain dinding kantilever, data tanah yang harus diketahui adalah nilai berat volume (γ), nilai kohesi (c), dan nilai sudut geser (□). Data tersebut diambil pada dua titik yaitu untuk kondisi tanah pada dasar sungai dan untuk kondisi tanah timbunan yang berada di belakang dinding kantilever.

Dari pengujian tanah tersebut diperoleh data sebagai berikut:

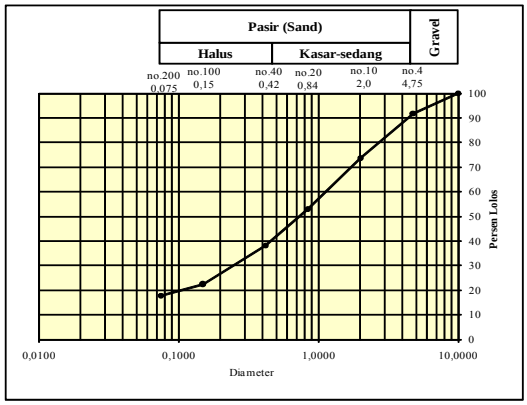
1. Kondisi tanah timbunan di belakang dinding kantilever:
   $\gamma 1$ = 15,65 kN/m^3
   c_1 = 7 kN/m^2
   □$_1$ = 37,16
   dari hasil analisa saringan jenis tanah pada dasar sungai digolongkan pada tanah pasir berkerikil bergradasi baik **(Gambar 2.)**



Gambar 2. Grafik Analiasa Saringan Kondisi Tanah Asli

2. Kondisi tanah pada dasar sungai:
   γ_2 = 17,91 kN/m^3
   c_2 = 2,8 kN/m^2
   $_2$ = 42,38

Dari hasil analisa saringan, jenis tanah pada dasar sungai digolongkan pada tanah pasir sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 3.**



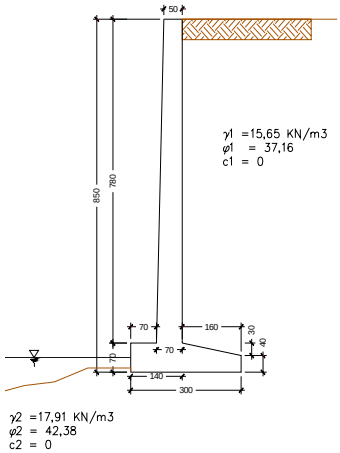
Gambar 3. Grafik Analiasa Saringan Kondisi Tanah Timbunan

3.1.2 Dimensi Lapangan

Untuk mendapatkan dimensi dinding kantilever sesuai dengan ukuran di lapangan dilakukan pengukuran dengan menggunakan meteran 50 m. Pengukuran ini dilakukan terhadap dinding kantilever yang terguling.

Dari hasil pengukuran diperoleh dimensi dinding kantilever seperti **Gambar 4.** Jika dibandingkan dengan komposisi ukuran menurut Das, 1990: 289 yang terdapat pada **Gambar 1**, diperoleh perbandingan seperti yang terlihat pada **Tabel 1.**

Dari hasil perbandingan pada **Tabel 1.** dapat disimpulkan bahwa ukuran dinding penahan tanah yang terpasang di lapangan tidak memenuhi ukuran yang dianjurkan pada Das, 1991.



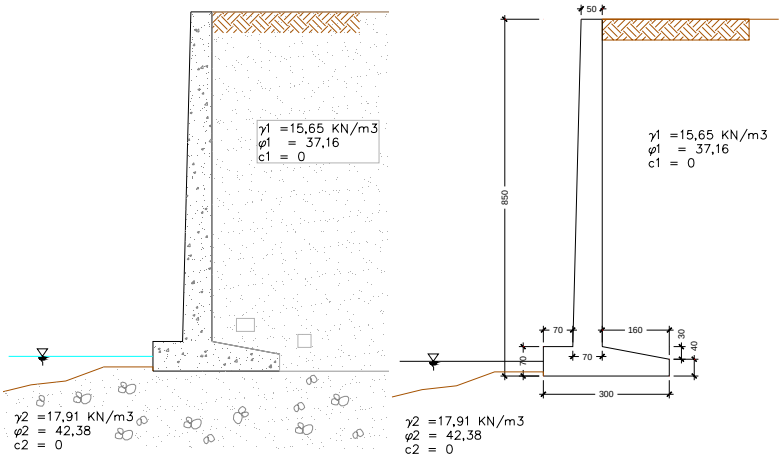
Gambar 4. Dimensi Lapangan

Tabel 1. Perbandingan Dimensi Menurut Das, 1990 Dengan Dimensi Lapangan

	Das, 1990	Lapangan		Ket
H	H'	8,5 m	-	
S	20mm : 1m	25mm : 1m		
H toe	0,1 H	0,7 m	0,082 H	Not oke
H heel	0,1 H	0,4 m	0,047 H	Not oke
B	0,5 - 0,7 H	3 m	0,35 H	Not oke

3.2 Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever dengan Dimensi Lapangan

3.2.1 Dimensi Dinding Kantilever



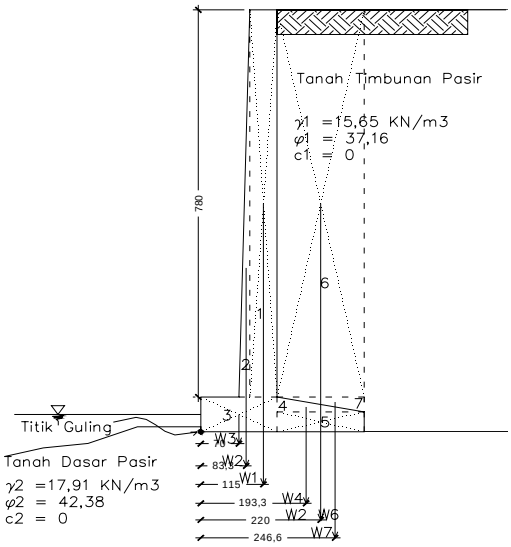
Gambar 5. Penampang dan Dimensi Dinding Kantilever

Dari **Gambar 5**. diperoleh:
H' = 8,5 m
B = 3 m
T = 50 cm

Tinggi toe = 0,7 m
Tinggi heel = 0,4 m
Panjang toe = 0,7 m
Panjang heel= 1,6 m
D = 0,1 m

3.2.2 Perhitungan Faktor Keamanan

Beban beban yang bekerja pada dinding kantilever, dijabarkan pada **Gambar 6.** berikut:



Gambar 6. Beban-Beban yang Bekerja dan Lengan Momen Pada Dinding Kantilever Dimensi Lapangan

- Momen guling yang bekerja, M_0 **(Tabel 2.)**

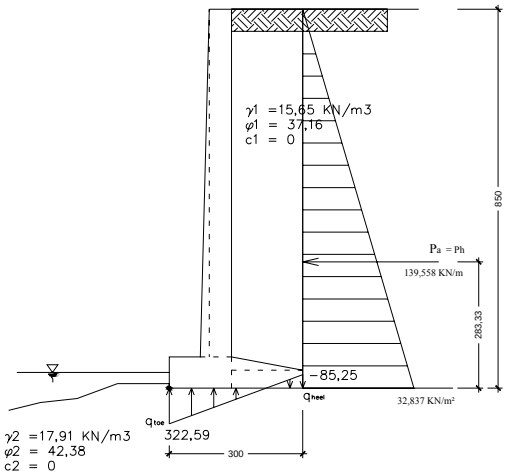
Tabel 2. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan yang Bekerja

Segmen	luas (m^2)	Berat/ satuan panjang (KN)	Lengan momen thdp titik C (m)	Momen terhadap titik C (KNm)
[1]	[2]	[3 = 2 x γ]	[4]	[5 = 3 x 4]
1	3,9	93,6	1,15	107,64
2	0,78	18,72	0,833	15,59376
3	0,98	23,52	0,7	16,464
4	0,24	5,76	1,933	11,13408
5	0,64	15,36	2,2	33,792
6	12,48	195,312	2,2	429,6864
7	0,24	3,756	2,466	9,262296
	ΣV	356,028		ΣM_R 623,572536

Resume dari nilai faktor keamanan pada dinding kantilever dimensi lapangan dapat dilihat pada **Tabel 3,** sementara gaya-gaya yang bekerja dapat dilihat pada **Gambar 7.**

Tabel 3. Resume Faktor Keamanan Pada Dinding Kantilever Dimensi Lapangan

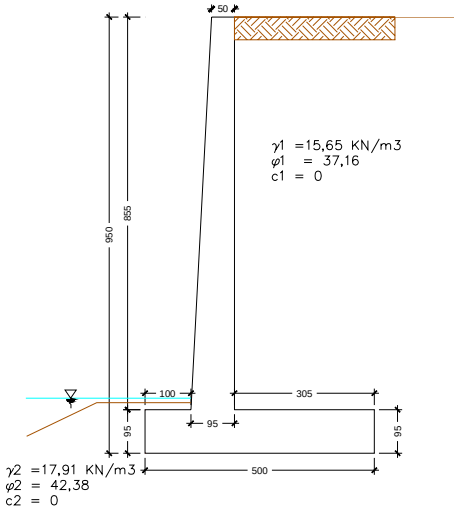
Fs Guling	1,577	< 2, not oke
Fs Geser	1,384	< 1,5, not oke
Fs Daya Dukung	$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mr - \sum M_0}{\sum V}$ $e = 0.859$	Untuk mencari nilai Fs daya dukung, nilai eksentrisitas (e) < B/6, dimana: $\frac{B}{6} = 0,5$



Gambar 7. Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Kantilever Dimensi Lapangan

3.3 Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever dengan Dimensi Baru

Perubahan dimensi (**Gambar 8.** dan **Tabel 4.)** dilakukan karena hasil yang diperoleh pada perhitungan sebelumnya tidak memenuhi ketentuan faktor keamanan.



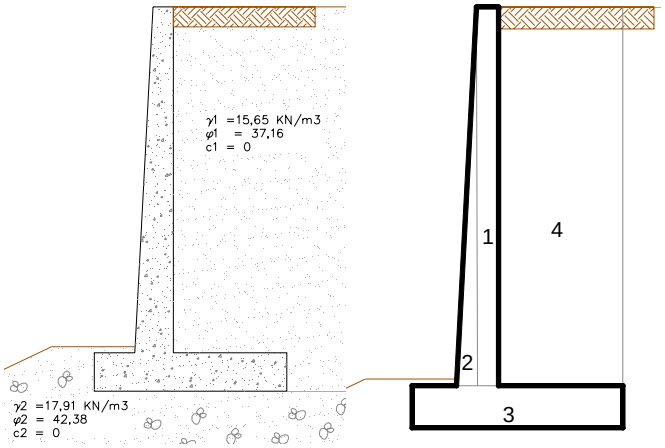
Gambar 8. Dimensi baru

Tabel 4. Perbandingan Dimensi Menurut Das, 1990 Dengan Dimensi Baru

	Das, 1990	Dimensi Baru		Ket
H	H'	9,5 m	-	
s min	20mm : 1m	47mm : 1m		oke
H toe	0,1 H	0,95 m	0,1 H	oke
H heel	0,1 H	0,95 m	0,1 H	oke
B	0,5 - 0,7 H	5 m	0,53 H	oke

3.3.1 Dimensi Dinding Kantilever

Untuk pembagian segmen dari bangunan tersebut dijabarkan dalam **Gambar 9**.

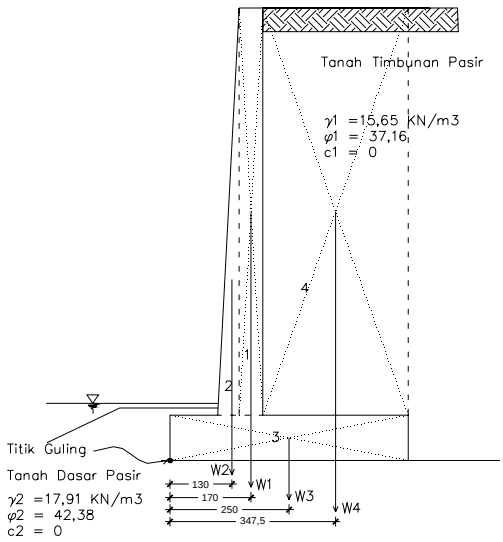


Gambar 9. Penampang dan Pembagian Segmen Dinding Kantilever

Dari **Gambar 9.** diperoleh:
H' = 9,5 m
T = 50 cm
B = 5 m
Tinggi toe = 0,95 m
Tinggi heel = 0,95 m
Panjang toe = 1 m
Panjang heel= 3,05 m
D = 1,1 m

3.3.2 Perhitungan Faktor Keamanan

Beban-beban yang bekerja pada dinding kantilever, dijabarkan pada **Gambar 10.**



Gambar 10. Beban-Beban yang Bekerja dan Lengan Momen Pada Dinding Kantilever Dengan Dimensi Baru

- Momen guling yang bekerja, M_0 **(Tabel 5.)**
-

Tabel 5. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan Yang Bekerja

Segmen	luas (m^2)	Berat/ satuan panjang (KN)	Lengan momen thdp titik C (m)	Momen terhadap titik C (KNm)
[1]	[2]	[3 = 2 x γ]	[4]	[5 = 3 x 4]
1	4,275	102,6	1,7	174,42
2	1,92375	46,17	1,3	60,021
3	4,75	114	2,5	285
4	26,0775	408,112875	3,475	1418,192241
5	Pp	55,649	0,3667	20,4064883
	ΣV	726,531875	ΣM_R	1958,039729

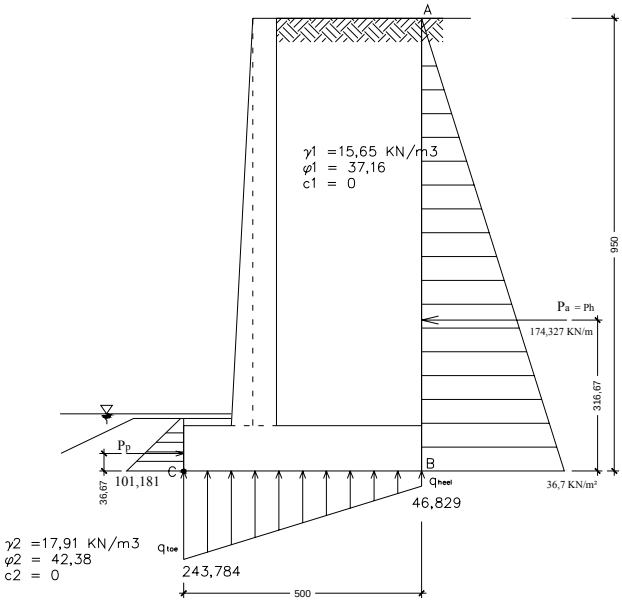
- Faktor keamanan keruntuhan daya dukung

$$FS_{daya\ dukung} = \frac{q_u}{q_{max}}$$
$$= 15{,}094$$

Nilai resume faktor keamanan pada dinding kantilever dimensi baru beserta gaya yang bekerja pada dinding kantilever dimensi baru dapat dilihat pada **Tabel 6.** dan **Gambar 11.**

Tabel 6. Resume Faktor Keamanan Pada Dinding Kantilever Dimensi Baru

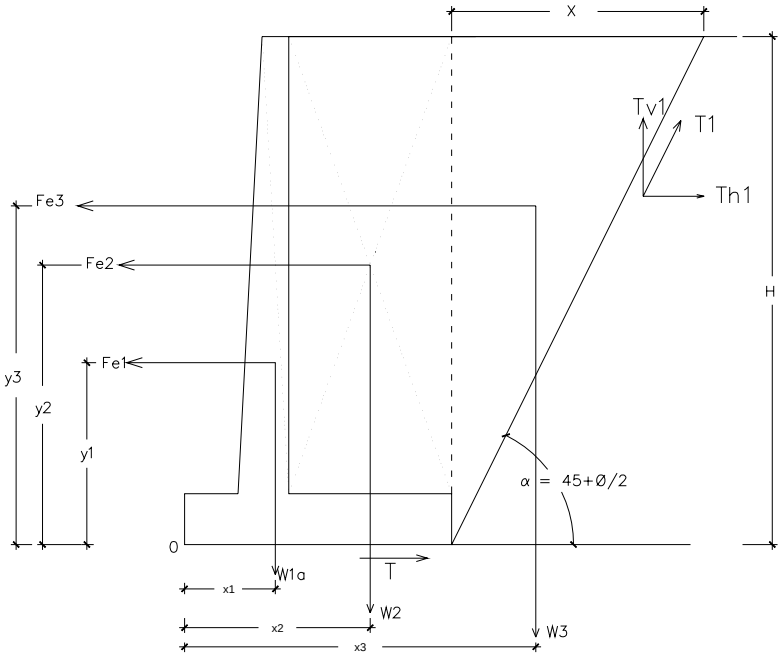
Fs Guling	3,547	> 2, oke
Fs Geser	2,559	> 1,5, oke
Fs Kapasitas daya dukung	$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma Mr - \Sigma M_0}{\Sigma V}$ $e = 0.565$ Untuk mencari nilai Fs daya dukung, =14,676	> 3, oke



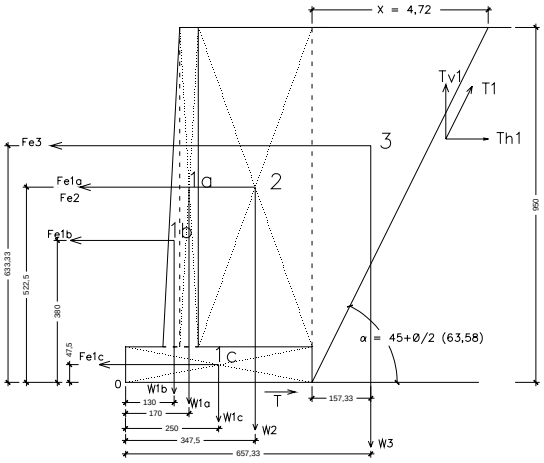
Gambar 11. Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Dinding Kantilever Dimensi Baru

3.3.3 Perhitungan Faktor Keamanan Terhadap Beban Dinamis

Dalam perhitungan beban dinamis (**Gambar 12** dan **13.)**, nilai percepatan puncak muka tanah a (g) untuk wilayah gempa 6 yang digunakan adalah sebesar 0,36 g berdasarkan SNI 03 1726 2003 Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan dan Gedung. a (g) merupakan percepatan dinamis maksimum.



Gambar 12. Beban-Beban dan Gaya-Gaya yang Bekerja Akibat Beban Dinamis



Gambar 13. Analisis Dinamis Dinding Kantilever Dengan Dimensi Baru

- Luas penampang masing-masing bagian yang dihitung
  A1a = 4,3 m^2
  A1b = 1,9 m^2
  A1c = 4,8 m^2
  A2 = 26,1 m^2
  A3 = 22,42 m^2
- Beban-beban dan gaya-gaya dinamis yang bekerja:

$$\gamma_{dinding} = 24\ KN/m^3$$

$$W_1 = A_{1a} \times \gamma_{dinding}$$
$$= 103{,}2\ \frac{KN}{m}$$

$$W_2 = A_{1b} \times \gamma_{tanah}$$
$$= 45{,}6\ \frac{KN}{m}$$

$$W_3 = A_{1c} \times \gamma_{tanah}$$
$$= 115{,}2\ \frac{KN}{m}$$

$$F_{s1a} = W_{1a} \times \frac{a_g}{g}$$
$$= 29{,}928\ \frac{KN}{m}$$

$$F_{s1b} = W_{1b} \times \frac{a_g}{g}$$
$$= 13{,}224\ \frac{KN}{m}$$

$$F_{s1c} = W_{1c} \times \frac{a_g}{g}$$
$$= 33{,}408\ \frac{KN}{m}$$

$$F_{s2} = W_2 \times \frac{a_g}{g}$$
$$= 118{,}455\ \frac{KN}{m}$$

$$F_{sR} = W_R \times \frac{a_g}{g}$$
$$= 101{,}753\ \frac{KN}{m}$$

$$T_1 = W_3 \times \sin\alpha$$
$$= 314{,}227 \quad \frac{KN}{m}$$
$$T_{v1} = W_3 \times \sin^2\alpha$$
$$= 281{,}408 \quad \frac{KN}{m}$$
$$T_{h1} = W_3 \times \sin\alpha \times \cos\alpha$$
$$= 139{,}814 \quad \frac{KN}{m}$$
$$T = cB + W_1 \times \tan\varphi_{dasar}$$
$$= 613{,}615 \quad \frac{KN}{m}$$

- Faktor Keamanan Guling
  Resume beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja akibat beban dinamis dapat dilihat pada **Tabel 7.**

Tabel 7. Resume Beban-Beban dan Gaya-Gaya yang Bekerja Akibat Beban Dinamis

no	Beban	Nilai Beban (KN)	Lengan Momen (m)	M_0 (KNm)	M_R (KNm)
1	W_{1a}	103,2	1,7	-	175,44
2	W_{1b}	45,600	1,3	-	59,28
3	W_{1c}	115,2	2,5	-	288
2	W_2	408,465	3,5	-	1429,6275
3	W_3	350,873	6,57	-	2305,23561
4	Fe_{1a}	37,152	5,23	194,30496	-
5	Fe_{1b}	16,416	3,8	62,3808	-
6	Fe_{1c}	41,472	0,48	19,90656	-
5	Fe_2	147,047	5,2	764,6444	-
6	Fe_3	126,314	6,3	795,7782	-
$\Sigma V = W_1 + W_2$		672,465	Σ	1837,01492	4257,58311

$$FS_{guling} = \frac{\sum M_R}{\sum M_0}$$
$$= 2{,}318$$

- Faktor keamanan geser

$$K_p = tan^2\left(45 + \frac{\phi_2}{2}\right)$$
$$= 5{,}136$$
$$P_P = \frac{1}{2}\gamma_2 H^2 K_p$$
$$= 55{,}649 \ \frac{KN}{m}$$
$$P_p = \frac{1}{2}\gamma_2 H^2 K_p$$

Gaya yang mengakibatkan geser

$$T_0 = Fe_{1a} + Fe_{1b} + Fe_{1c} + Fe_2 + Fe_3$$

Tanpa tahanan pasif:
TR = T = 613,615

$$FS_{geser} = \frac{TR}{T_0}$$
$$= 1{,}666$$

Dengan tahanan pasif:
TR = T + Pp

$$FS_{geser} = \frac{TR}{T_0}$$
$$= 1{,}817$$

- Faktor keamanan keruntuhan daya dukung

$$q_{max} = \frac{\sum V}{B} + \frac{1}{12\,B}$$
$$= 134{,}51$$

Untuk □ = 42,38
Nc = 101,842
Nq = 90,5632
Nγ = 167,3262

Faktor-faktor daya dukung

$$q = \gamma_2 D$$
$$= 19{,}701\ \frac{KN}{m^2}$$
$$B' = B - 2e$$
$$= 0{,}343\ m$$
$$F_{cd} = 1 + 0{,}4\frac{D}{B}$$
$$= 2{,}283$$
$$F_{\gamma d} = 1$$
$$F_{qd} = 1 + 2\tan \emptyset_2\,(1 - \sin \emptyset_2)^2 \frac{D}{B'}$$
$$= 1{,}622$$
$$\psi^0 = tan^{-1}\left[\frac{P_a \cos\alpha}{\Sigma V}\right]$$
$$= 14{,}029$$
$$F_{ci} = F_{qi} = \left[1 - \frac{\psi^0}{90^0}\right]^2$$
$$= 0{,}713$$
$$F_{\gamma i} = \left[1 - \frac{\psi^0}{\phi^0}\right]^2$$
$$= 0{,}447$$

Karena nilai c = 0, maka rumus daya dukung ultimit menjadi:

$$q_u = qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$
$$= 2{,}292 \times 10^3 \frac{KN}{m^2}$$

Nilai keamanan terhadap keruntuhan daya dukung

$$FS_{daya\ dukung} = \frac{q_u}{q_{max}}$$
$$= 17{,}038$$

Perbandingan antara faktor keamanan yang diperoleh dari hasil analisa dan syarat yang diizinkan dapat dilihat pada **Tabel 8.**

Tabel 8. Resume Faktor Keamanan Akibat Beban Dinamis

Fs Guling	2,318	> 2, oke
Fs Geser	1,666	> 1,5, oke
Fs dayadukung	17,038	> 3, oke

3.3.4 Perhitungan Faktor Keamanan Terhadap Stabilitas Menyeluruh (*Over-all Stability*)

Perhitungan *over-all stability* dilakukan dengan menggunakan metoda *slices* **(Tabel 9.)**. Dalam metoda ini, garis keruntuhan diambil dengan memperkirakan bentuk keruntuhan tersebut dengan sebuah lingkaran berdiameter bebas. Lereng dibagi menjadi beberapa segmen dengan ukuran lebar segmen yang sama. Berikut adalah gambar dan perhitungan stabilitas menyeluruh dengan menggunakan metoda *slices*.

Nilai faktor stabilitas menyeluruh dari kondisi lereng tersebut adalah:

$$FS = \frac{\sum(cL + W\cos\theta\tan\varphi)}{\sum W\sin\theta}$$

$$= 9{,}053$$

3.3.5 Perencanaan Tulangan Dinding Kantilever

Gaya tekan aktif tanah timbunan

$$P_1 = \frac{1}{2}\gamma\left(\frac{1}{2}h^2\right)Ka$$

= 70,6453 KN

Tabel 9. Perhitungan Stabilitas Menyeluruh dengan Menggunakan Metode Slice

No	A	γ	W	θ	□	sinθ	cosθ	tan□	c	L	cL	Wcosθtan□	Wsinθ	cL+Wcosθtan□
	(1)	(2)	3(1x2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	12(3x7x8)	13(3x6)	12(11+12)
1	4,226	15,65	66,1369	76	37,16	0,97029573	0,2419219	0,75794154	0	5,29	0	12,12703751	37,4406042	12,12703751
2	7,77	15,65	121,6005	58	37,16	0,8480481	0,52991926	0,75794154	0	2,37	0	48,84057611	120,73381	48,84057611
3	9,925	15,65	155,32625	48	37,16	0,74314483	0,66913061	0,75794154	0	1,88	0	78,77555329	-119,33012	78,77555329
4	11,457	15,65	179,30205	39	37,16	0,62932039	0,77714596	0,75794154	0	1,63	0	105,6145029	172,810489	105,6145029
5			209,05761	32	42,38	0,52991926	0,8480481	0,91248557	0	1,48	0	161,775395	115,279944	161,775395
6			209,28083	25	42,38	0,42261826	0,90630779	0,91248557	0	1,39	0	173,0737345	-27,698684	173,0737345
7			254,3588	18	42,38	0,30901699	0,95105652	0,91248557	0	1,33	0	220,7390135	-191,02021	220,7390135
8			67,28592	12	42,38	0,20791169	0,9781476	0,91248557	0	1,29	0	60,05574975	-36,103802	60,05574975
9	2,765	19,91	55,05115	6	42,38	0,10452846	0,9945219	0,91248557	0	1,27	0	49,95819616	-15,382145	49,95819616
10	2,845	19,91	56,64395	0	42,38	0	1	0,91248557	0	1,26	0	51,68678689	0	51,68678689
11	2,754	19,91	54,83214	-6	42,38	-0,1045285	0,9945219	0,91248557	0	1,27	0	49,75944746	15,3209497	49,75944746
12	2,49	19,91	49,5759	-12	42,38	-0,2079117	0,9781476	0,91248557	0	1,29	0	44,24874987	26,6010853	44,24874987
13	2,042	19,91	40,65622	-29	42,38	-0,4848096	0,87461971	0,91248557	0	1,34	0	32,44682906	26,9808452	32,44682906
14	1,39	19,91	27,6749	-25	42,38	-0,4226183	0,90630779	0,91248557	0	1,4	0	22,88694237	3,66282145	22,88694237
15	0,51	19,91	10,1541	-32	42,38	-0,5299193	0,8480481	0,91248557	0	1,5	0	7,857563944	-5,5992417	7,857563944
												Σ	123,696346	1119,846078

No	A	γ	W
5a	10,86	15,65	169,959
5b	1,203	24	28,872
5c	0,571	17,91	10,22661
6a	9,925	15,65	155,32625
6b	1,175	24	28,2
6c	1,438	17,91	25,75458
7a	2,527	15,65	39,54755
7b	7,402	24	177,648
7c	2,075	17,91	37,16325
8a	0,929	24	22,296
8b	2,512	17,91	44,98992

Garis kerja P_1 dari dasar dinding:

$$y_1 = \frac{1}{3} h_1$$
$$= 1{,}425 \text{ m}$$
$$P_a = \frac{1}{2} \gamma (h^2) Ka$$
$$= 141{,}29 \text{ KN}$$

Garis kerja P_a dari dasar dinding:

$$y_a = \frac{1}{3} H$$
$$= 2{,}85 \text{ m}$$

Gaya berat sendiri dinding *dan tanah*

$W_c = \gamma_c (B_1) T_2$ (berat tapak belakang, bentuk persegi)

= 69,54

$W_s = \gamma_1 B_1 (H - T_2)$

$= 408{,}113$ KN

$W = W_c + W_s$

$= 477{,}653$ KN

Garis kerja titik tapak belakang:

x_1 = ½ B_1

= 1.525 m

Garis kerja titik tapak depan:

x_2 = ½ B_1 + T_1

= 2.475 m

Untuk badan dinding tegak:

W_t = γ_c . T_1 (H - T_2)

= 194.94 KN

Garis kerja terhadap titik kaki depan:

x_t = ½ T

= 0.475 m

Momen Pada Dinding **(Gambar 14.)**

M_f = P . y_1

= 100.669 KN.m

M_b = P_a . y_a

= 402.676 KN.m

M_h = W . x_1

= 728.42 KN.m

M_t = W . x_2 + Wt . x_t

= 1274,7876 KN.m

Gaya Geser *Pada Dinding*

T_f = P_1

= 70,6453 KN

T_b = P_a

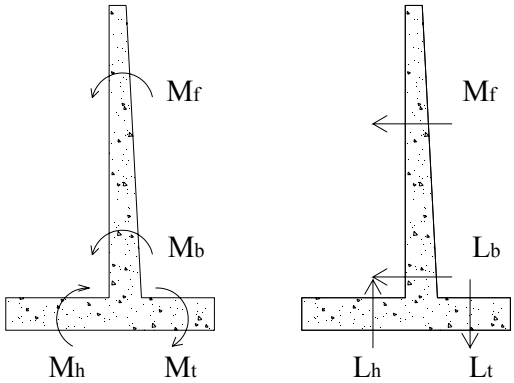
= 141,29 KN

T_h = W

= 477,653 KN

T_t = W + W_t

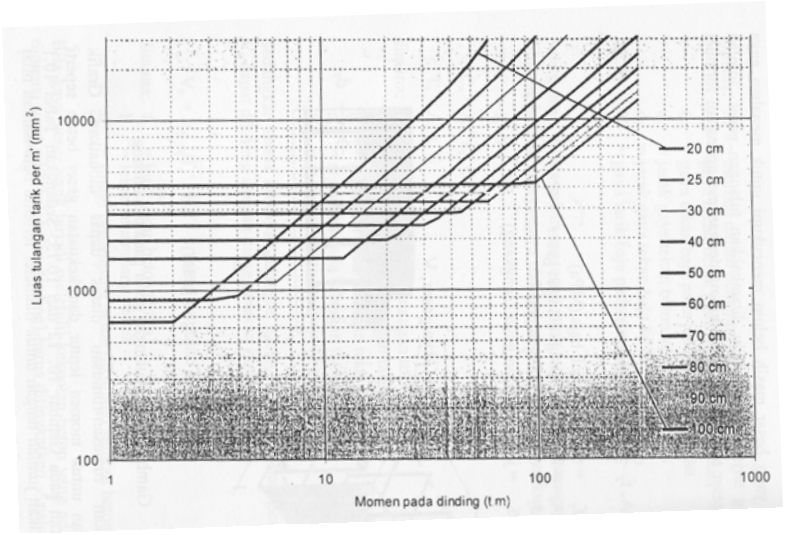
= 672,59 KN



Gambar 14. Momen dan Lintang Pada Dinding Kantilever

Menentukan perkuatan/ tulangan akibat Momen

Untuk menentukan perkuatan ini digunakan grafik kebutuhan tulangan tarik terhadap momen lentur per meter untuk mutu beton K-225 s/d K-300 **(Gambar 15.)**.



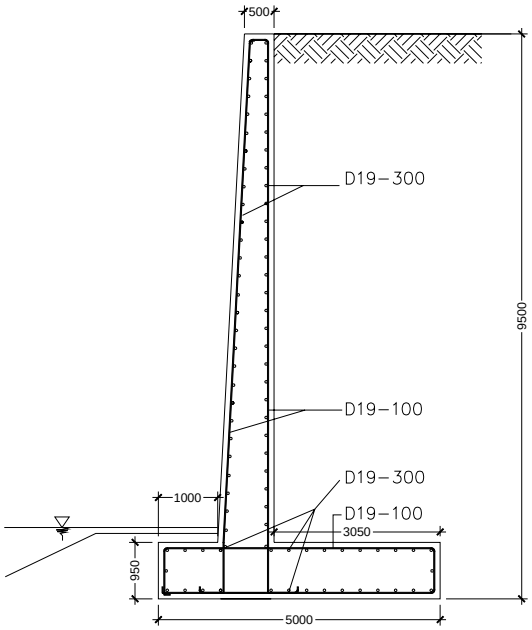
Gambar 15. Kebutuhan Tulangan Tarik Terhadap Momen Lentur Per Meter Untuk Mutu Beton K-225 s/d K-300

Jika nilai momen yang bekerja pada dinding diplot pada grafik, maka akan diperoleh luas tulangan tarik per m' adalah **(Tabel 10.** dan **Gambar 17.)**:

1. Mf diperlukan luas tulangan minimum 2500 mm^2
2. Mb diperlukan luas tulangan minimum 2500 mm^2
3. Mh diperlukan luas tulangan minimum 2500 mm^2
4. Mt diperlukan luas tulangan minimum 10500 mm^2

Tabel 10. Luas Penampang Vs Jumlah Tulangan Lentur

Luas As (mm^2)	Jumlah Tulangan Lentur				
	D-12	D-16	D-19	D-22	D-25
600	6	3	3	2	2
650	6	4	3	2	2
700	7	4	3	2	2
800	8	4	3	3	2
900	8	5	4	3	2
1000	9	5	4	3	3
1200	11	6	5	4	3
1400	13	7	5	4	3
1600	15	8	6	5	4
1800	16	9	7	5	4
2000	18	10	8	6	5
2500	23	13	9	7	6
3000	27	15	11	8	7
3500	31	18	13	10	8
4000	36	20	15	11	9
5000	45	25	18	14	11
6000	54	30	22	16	13
7000	62	35	25	19	15
8000	71	40	29	22	17
9000	80	45	32	24	19
10000	89	50	36	27	21
15000	133	75	53	40	31
20000	177	100	71	53	41
25000	222	125	89	66	51
30000	266	150	106	79	62



Gambar 16. Gambar Tulangan Dinding Kantilever

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas, nilai faktor keamanan dinding kantilever dengan kondisi tidak aman terhadap daya dukung dan penggerusan.

2. Nilai stabilitas dinding penahan tanah dengan kondisi asli adalah *Fs Overtuning* 1,577, nilai *Fs Sliding* 1,384 dan nilai *Fs Bearring capacity* tidak dapat diperoleh hasil, karena nilai e > B/6.
3. Dinding penahan tanah dengan dimensi yang baru aman terhadap dayadukung dan penggerusan
4. Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas dinding kantilever dengan dimensi yang baru diperoleh nilai *Fs Overtuning* 3,547, nilai *Fs Sliding* 2,559 dan nilai *Fs Bearring capacity* 14,676.
5. Nilai penggerusan (*scouring)* pada dasar dinding kantilever adalah 1,02 m.
6. Nilai stabilitas menyeluruh dinding kantilever dengan dimensi baru diperoleh sebesar 9,053
7. Perencanaan tulangan diperoleh jumlah tulangan minimum dinding tegak 9 D 19 dan dasar dinding 36 D 19.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

Bowles, Joseph (translated by Sinaban Pantur), (1999), "*Analisis dan Disain Pondasi"* edisi ke tiga jilid 2. Jakarta. Penerbit Erlangga

Das, Braja M (translated by Mochtar. N. E and Mochtar I.B.), (1995), "*Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)"* Jilid 2, Jakarta, Penerbit Erlangga.

Das, Braja M, (1990), "*Principles Of Foundation Engineering,* second edition", Boston, PWS-KENT Publishing Company.