TUGAS AKHIR

STUDI LITERATUR

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH AKIBAT GAYA LATERAL MENURUT TEORI RANKINE DAN COULOMB

OLEH :

NAMA : DEDY LESMANA
NO. MHS : 91310037
N I R M : 910051013114120035

NAMA : HERWANI
NO. MHS : 91310017
N I R M : 910051013114120017

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

1996

TUGAS AKHIR

STUDI LITERATUR

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH AKIBAT GAYA LATERAL MENURUT TEORI RANKINE DAN COULOMB

Diajukan guna melengkapi persyaratan
untuk memperoleh Derajad Sarjana Teknik Sipil
pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia



OLEH :

NAMA : DEDY LESMANA
NO. MHS : 91310037
N I R M : 910051013114120035

NAMA : HERWANI
NO. MHS : 91310017
N I R M : 910051013114120017

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
1996

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI LITERATUR

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH AKIBAT GAYA LATERAL MENURUT TEORI RANKINE DAN COULOMB



OLEH :

NAMA : DEDYLESMANA
NO.MHS : 91310037
N I R M : 910051013114120035

NAMA : HERWANI
NO.MHS : 91310017
N I R M : 910051013114120017

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. IR. EDY PURWANTO, CES, DEA

Dosen Pembimbing I

Tanggal :

IR. CORRY YA'COB, MS

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 15/11-96

Motto

Sesungguhnya dibalik
kesulitan ada kemudahan.
Bersabar selalu hanya
Pada - Nya....



Sekapur Sirih

Tugas Akhir Ini Banyak Kenangan di Dalamnya ... Banyak Pihak yang Terlibat di Dalamnya ... Banyak Keringat yang Tercurahkan di Dalamnya.

Kuucapkan Puji Syukur Pada
DIA YANG MAHA AGUNG
TUHAN, Alam Semesta ...
yang Memberiku Karunia yang Tak Ternilai ...
Hanya Sembah Sujud yang Bisa Ku Lakukan.

Mama, Abah, Bang Yadi, Bang dedek, Deni, Eva dan Adiyang Telah Memberi Dukungan Lahir Bathin yang Tak Ternilai Harganya ...

Terima Kasih Pada Shohib-Shohib Gue :

- Supriyadi, For His Computer, You The Best Friend ...
Semoga Kau Sukses Selalu Teman ...

- Aries dan Keluarga yang Telah Banyak Membantu Waktu Gue Kerja Praktek di Bandung

- Shohib Kenthal Gue Wan "The First Engineer" Ramli ...

- Anas DM dan Sabili yang Selalu Bersama Gue ... diKala KP, TA, Wisuda, Tapi Kawinnya Sayang Enggak Bareng, You All The Best ... There's No Friend Like You ...

- Tetangga Gue ... Ucok, Macan, Amin dan Semuanya.

- Adek-adek Gue ... Ngadino, Nanang, Anto, Ifud Cs and Mas Sumono

- Mas Agus dan Mba Yayuk, Semoga Kantinnya Sukses Selalu.

- Teman-teman Gue Semuanya yang Enggak Bisa Gue Sebutkan Satu-Satu. Teman-teman Terbaik yang Pernah Kupunya.

Hanya ALLAH yang Bisa Membalas Semua Ini ... Amiin.

Kata Pengantar

Bismillahirrohmaanirrohiim

Assalamualaikum Wr.Wb,

Alhamdulillah, puji syukur penyusun panjatkan ke Hadirat Allah SWT, sholawat dan salam selamanya untuk Nabi besar Muhammad SAW. Akhirnya dengan ijin Allah jua penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Akibat Gaya Lateral Menurut Teori Rankine dan Coulomb ini.

Penulisan Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai prasyarat untuk memenuhi jenjang Strata Satu pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penyusun banyak meminta bantuan dari berbagai pihak sehingga berjalan lancar. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR.Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, Selaku Dosen Pembimbing I dalam Penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Corry Ya'cob, MS, selaku Dosen Pembimbing II dalam Penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Yang Tercinta Abah dan Mama, Abang-abangku dan Adik-adikku tersayang yang telah memberikan dukungan yang tak ternilai harganya.
6. Teman-temanku seperjuangan semuanya yang tak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Semoga amal baiknya semua mendapat balasan pahala dan karunia dari Allah SWT, amin ya Robbal'alamin.

Akhir kata, penyusun menyadari sepenuh hati bahwa banyak sekali kekurangan dalam tugas akhir ini. Untuk itu koreksi dan sran-saran akan penyusun terima dengan segala kerendahan hati demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga apa yang ada didalamnya bermanfaat bagi penyusun dan yang membutuhkannya.

Wabillahi Taufiq Wal Hidayah,

Wassalaamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, November 1996

Penyusun

ABSTRAKSI

Bangunan teknik sipil yang khusus untuk menahan gaya lateral akibat massa tanah adalah dinding penahan tanah ("retaining wall"). Gaya lateral tersebut adalah tekanan tanah aktif dan pasif yang timbul akibat kelongsoran massa tanah (ekspansi lateral). Teori yang umum digunakan untuk menganalisa tekanan lateral ini adalah teori Coulomb dan Rankine. Kedua teori ini ternyata menghasilkan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif yang berbeda, sehingga tekanan lateral yang dihasilkan berbeda pula. Dinding penahan direncanakan berdasarkan tekanan lateral yang dihasilkan tanah. Dinding harus menyediakan stabilitas yang cukup untuk menahan gaya-gaya yang terjadi agar tidak runtuh.

Tekanan lateral aktif Rankine relatif lebih besar dari pada tekanan lateral aktif Coulomb dan tekanan lateral pasif Coulomb lebih besar daripada Rankine, tergantung parameter yang ada. Semakin tinggi tanah yang ditinjau maka semakin besar selisih nilai tekanan tanah aktif dan pasif kedua teori.

Dari hasil analisa stabilitas dinding penahan tanah akibat gaya lateral didapat bahwa angka keamanan untuk stabilitas geser dan guling serta nilai desak badan dan daya dukung tanah tidak jauh berbeda.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR i

ABSTRAKSI iii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR SIMBOL vii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GRAFIK xii

DAFTAR LAMPIRAN xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan 2

1.3 Rumusan Masalah 2

1.4 Batasan Masalah 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum 4

2.2 Dinding Grafitasi 4

2.3 Stabilitas dinding Penahan Tanah 6

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum 10

3.2 Teori Coulomb 10

3.2.1 Sudut Gesek Antara Dinding dan Tanah 11

3.2.2 Tekanan Aktif dan Pasif Coulomb 13

3.3 Teori Rankine 18

3.4 Gaya Lateral Pada Tanah Kohesif 23

BAB IV ANALISA KOMPARATIF

4.1 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Teori Coulomb 28

4.2 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Teori Rankine 32

4.3 Aplikasi Teori Coulomb dan Rankine 33

4.3.1 Aplikasi Teori Coulomb Pada Tanah Non Kohesif 33

4.3.2 Aplikasi Teori Rankine Pada Tanah Non Kohesif 38

4.3.3 Aplikasi Teori Coulomb Pada Tanah Kohesif Berlapis 43

4.3.4 Aplikasi Teori Rankine Pada Tanah Kohesif Berlapis 47

4.4 Hasil Analisa 51

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Umum 53

5.2 Pengaruh Jenis Tanah 54

5.2.1 Pengaruh Sudut Geser Dalam Tanah (ø) 55

5.2.2 Pengaruh Sifat Kohesi Tanah (c) 60

5.2.3 Pengaruh Kemiringan Permukaan Tanah Urugan (β) 65

5.3 Pengaruh Bentuk Bangunan dan Material 70

5.3.1 Pengaruh Material 70

5.3.2 Pengaruh Dimensi Bangunan 75

5.4 Stabilitas Dinding 80

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan 83

6.2 Saran 84

Daftar Pustaka 85

Lampiran

DAFTAR SIMBOL

A = Luas dinding penahan tanah (m^2)

B = Lebar dasar dinding penahan tanah (m)

B´ = Lebar dasar trapesium diatas telapak (m)

c = Kohesi tanah (t/m^2)

c´ = Kohesi tanah pada dasar dinding penahan (t/m^2)

Df = Kedalaman tanah diatas dasar dinding penahan (m)

ΣM = Jumlah momen (tm)

e = Eksentrisitas (m)

α = Sudut kemiringan dinding penahan sebelah dalam

β = Sudut kemiringan tanah urugan

ϕ = Sudut geser dalam tanah

δ = Sudut gesek antara dinding dan tanah

ρ = Sudut keruntuhan tanah

μ = 90°- α

τtnh = Berat jenis tanah (t/m3)

τbtk = Berat jenis pasangan batu kali (t/m3)

Nc,Nτ,Nq = Koefisien daya dukung tanah Terzaghi

σ1 = Tegangan normal (t/m^2)

σ3 = Tegangan tanah kesamping (horisontal) (t/m^2)

σult = Tegangan maksimum tanah (t/m^2)

σijin = Tegangan ijin tanah (t/m^2)

Ka = Koefisien tekanan tanah aktif

Kp = Koefisien tekanan tanah pasif

Pa = Tekanan lateral aktif (t)

Pp = Tekanan lateral pasif (t)

Pav = Tekanan lateral aktif vertikal (t)

Pah = Tekanan lateral aktif horisontal (t)

s = Kuat geser tanah (t/m²)

tan ø = Koefisien gaya horisontal

x = jarak titik berat (m)

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Dinding grafitasi yang sering digunakan 5

Gambar 2.2 Batasan-batasan ukuran dinding grafitasi 5

Gambar 2.3 Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah 6

Gambar 3.1 Sudut geser pada kondisi aktif dan perilaku bidang runtuh 12

Gambar 3.2 Sudut geser pada kondisi pasif dan perilaku bidang runtuh 12

Gambar 3.3 Baji kegagalan yang digunakan dalam menurunkan persamaan Coulomb untuk tekanan aktif 14

Gambar 3.4 a) Kondisi untuk kegagalan
b) Menunjukkan bahwa gaya-gaya resultan tidak melalui titik O maka kesetimbangan statik tidak dipenuhi
c) Segitiga gaya untuk menghasilkan Pa 16

Gambar 3.5 a) Baji kegagalan dan gaya-gaya yang bekerja untuk tekanan pasif
b) Poligon gaya untuk perhitungan tekanan tanah pasif 17

Gambar 3.6 a) elemen dalam tanah
b) Lingkaran Mohr untuk aktif (1) dan pasif (2)
c) Garis keruntuhan untuk kondisi aktif
d) Garis keruntuhan untuk kondisi pasif 19

Gambar 3.7 Lingkaran Mohr untuk kondisi aktif dan pasif pada tanah non kohesif, permukaan datar dengan kedalaman h
a) Kondisi aktif b) Kondisi Pasif 20

Gambar 3.8 Distribusi tekanan tanah 21
Gambar 3.9 a) Sisitem struktur tanah untuk pemecahan
Rankine pada α=90°
b) Segitiga gaya dalam pemecahan Rankine ... 22
Gambar 3.10 Tanah urugan kohesif pada kondisi aktif ... 24
Gambar 3.11 Galian pada tanah kohesif
a) Pengaruh retakan terisi air
b) Diagram tekanan tanah aktif secara teoritis
c) Diagram tekanan pasif 27

Daftar Tabel

Tabel 4.1 Perbedaan Teori Rankine dan Coulomb 28
Tabel 4.2 Nilai koefisien tekanan tanah aktif Coulomb.. 29
TAbel 4.3 Nilai koefisien tekanan tanah pasif Coulomb.. 31
Tabel 4.4 Nilai koefisien tekanan tanah aktif Rankine.. 32
Tabel 4.5 Nilai koefisien tekanan tanah pasif Rankine.. 32
Tabel 4.6 Hasil analisa pada tanah non kohesif 51
Tabel 4.7 Hasil analisa pada tanah kohesif berlapis ... 52
Tabel 5.1 Perhitungan pengaruh perubahan sudut geser dalam tanah (ø) 55
Tabel 5.2 Perhitungan pengaruh nilai c pada tekanan tanah lateral 60
Tabel 5.3 Tabel perhitungan pengaruh perubahan sudut kemiringan tanah (β) 65
Tabel 5.4 Tabel perhitungan pengaruh perubahan sudut gesek antara dinding dan tanah (δ) 70
Tabel 5.5 Tabel perhitungan pengaruh perubahan sudut α pada struktur 75

Daftar Grafik

Grafik 5.1 Grafik pengaruh perubahan sudut geser dalam tanah (ø)
Pa, ø = 30 57
Grafik 5.2 Pa, ø = 35 57
Grafik 5.3 Pa, ø = 40 58
Garfik 5.4 Pp, ø = 30 58
Grafik 5.5 Pp, ø = 35 59
Grafik 5.6 Pp, ø = 40 59
Grafik 5.7 Grafik pengaruh perubahan nilai c
Pa, c = 0,97 62
Grafik 5.8 Pa, c = 1,03 62
Grafik 5.9 Pa, c = 1,24 63
Grafik 5.10 Pp, c = 0,97 63
Grafik 5.11 Pp, c = 1,03 64
Grafik 5.12 Pp, c = 1,24 64
Grafik 5.13 Grafik pengaruh perubahan sudut kemiringan tanah
Pa, β = 10 67
Grafik 5.14 Pa, β = 20 67
Grafik 5.15 Pa, β = 30 68
Grafik 5.16 Pp, β = 10 68
Grafik 5.17 Pp, β = 20 69
Grafik 5.18 Pp, β = 30 69
Garfik 5.19 Grafik pengaruh perubahan sudut geser antara dinding dan tanah
Pa, δ = 10 72
Grafik 5.20 Pa, δ = 20 72
Grafik 5.21 Pa, δ = 30 73

Grafik 5.22 Pp, δ = 10 73
Grafik 5.23 Pp, δ = 20 74
Grafik 5.24 Pp, δ = 30 74
Grafik 5.25 Grafik pengaruh perubahan sudut α pada struktur
Pa, α = 80 77
Grafik 5.26 Pa, α = 90 77
Grafik 5.27 Pa, α = 100 78
Grafik 5.28 Pp, α = 80 78
Grafik 5.29 Pp, α = 90 79
Grafik 5.30 Pp, α = 100 79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Bimbingan Tugas Akhir

lampiran 2 Kartu Peserta Tugas Akhir

Lampiran 3 Nilai sudut geser dalam tanah (ø) untuk lanau dan pasir pada kondisi "drained"

Lampiran 4 Nilai koefisien daya dukung tanah Terzaghi

Lampiran 5 Data sondir tanah

Lampiran 6 Nilai sudut geser antara dinding dan tanah (δ)

Lampiran 7 Nilai sudut kemiringan tanah urugan (β)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dinding penahan tanah adalah konstruksi yang berfungsi untuk menahan gaya lateral akibat massa tanah yang ada di belakangnya. Gaya lateral berasal dari tegangan di dalam tanah akibat massa tanah dengan ketinggian tertentu. Besar gaya lateral yang terjadi digunakan untuk merencanakan konstruksi penahan tanah dan meninjau stabilitasnya. Teori tekanan tanah kesamping yang umum digunakan adalah teori Rankine dan teori Coulomb.

Pada umumnya gaya lateral dihitung dengan menggunakan teori Rankine, karena lebih mudah dan praktis. Tetapi dalam asumsinya ternyata Rankine mengabaikan terjadinya gesekan antara dinding dan tanah. Padahal dalam kenyataannya terjadi gesekan antara dinding dan tanah yang tentunya mempengaruhi besar gaya lateral yang terjadi.

Coulomb pada tahun 1776 mengemukakan teori tentang gaya lateral tanah dengan memperhitungkan terjadinya gesekan antara dinding dan tanah dan berkesimpulan gaya lateral yang terjadi adalah resultante dari gaya-gaya yang bekerja. Perbedaan kedua teori ini dijadikan sebagai bahan dalam penyusunan tugas akhir yaitu menganalisa stabilitas

dinding penahan tanah akibat gaya lateral dengan sistim studi komparatif.

1.2 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir adalah mengetahui perbedaan teori Rankine dan Coulomb dan aplikasinya dalam menganalisa stabilitas dinding. Dari perbedaan kedua teori dapat diambil manfaat teori mana yang akan digunakan untuk perencanaan dan menganalisa stabilitas dinding penahan tanah jenis grafitasi.

1.3 Rumusan Masalah

Stabilitas dinding penahan tanah ditinjau dengan memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja. Selain perhitungan gaya lateral, gaya-gaya lain yang bekerja memiliki prinsip perhitungan yang sama. Gaya lateral menurut teori Rankine besarnya berbeda dengan gaya lateral menurut Coulomb, sehingga menghasilkan angka keamanan yang berbeda untuk stabilitasnya. Jadi stabilitas dinding penahan tanah relatif untuk kedua teori ini.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup dari tugas akhir ini meliputi pengetahuan tentang stabilitas dinding penahan tanah, uraian tentang teori Rankine dan Coulomb, aplikasi teori Rankine dan Coulomb serta analisa komparasi hasilnya. Dalam beberapa hal diambil batasan sebagai berikut :

a. struktur yang ditinjau hanya dinding penahan tanah jenis "gravity wall",

b. dinding penahan tanah merupakan pasangan batu kali dengan spesi 1:6, kekuatan yang disarankan pada umur 28 hari adalah 30 kg/cm^2,
c. stabilitas yang ditinjau adalah geser, guling, kuat dukung tanah dan kekuatan konstruksi,
d. stabilitas lereng yang ditinjau hanya sampai pada tumit dinding,
e. permukaan tanah urugan rata serta memiliki kemiringan tertentu.
f. dalam perhitungan analisis diasumsikan tidak terdapat air tanah.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

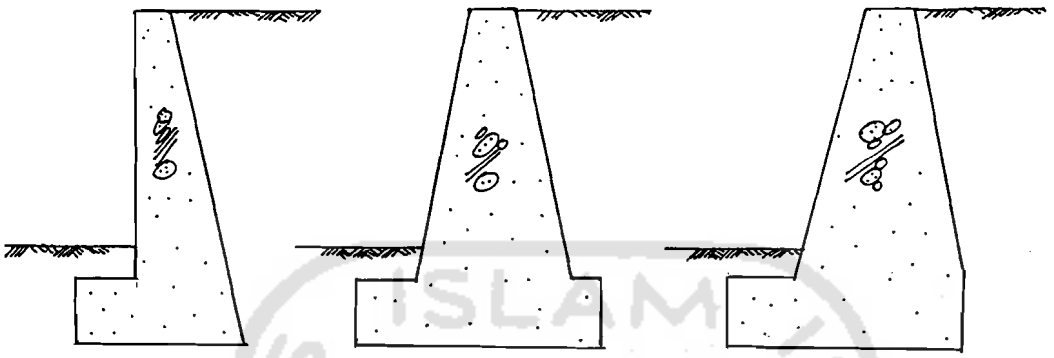
Bangunan teknik sipil tidak dapat dipisahkan dari elemen tanah. Terkadang tanah menjadi problem yang sulit untuk dipecahkan. Pengetahuan tentang tanah sedikit banyak harus diketahui oleh seorang rekayasa teknik sipil. Banyak usaha yang telah dilakukan oleh para ahli-ahli tanah untuk mengetahui sifat-sifat tanah dengan salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui besar gaya lateral yang terjadi.

Pada bangunan dengan basement yang dalam pengaruh gaya lateral harus benar-benar diperhatikan. Khusus untuk penahan tanah digunakan dinding penahan tanah ("retaining wall"). Ada beberapa jenis dinding penahan tanah yang sering digunakan yaitu dinding grafitasi, dinding kantilever dan dinding kantilever dengan penopang. Pada bagian ini dibahas khusus hanya dinding grafitasi dan stabilitasnya akibat gaya lateral.

2.2 Dinding Grafitasi

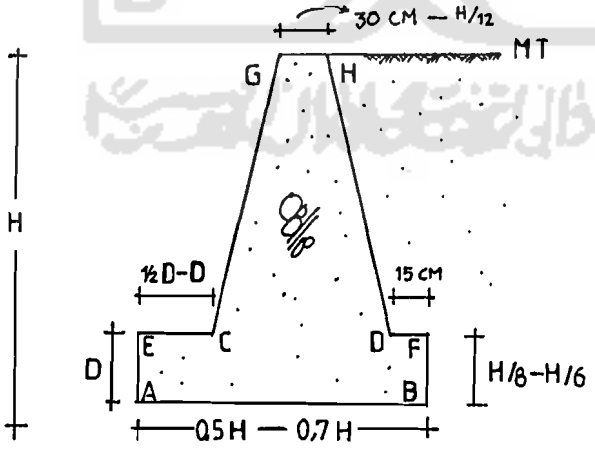
Salah satu bentuk dinding penahan tanah adalah dinding grafitasi. Dinding grafitasi mengandalkan beratnya untuk menahan tekanan tanah. Bentuknya yang paling sederhana adalah trapesium, tapi bentuk ini jarang

digunakan. Bentuk yang paling umum digunakan adalah seperti gambar berikut.



Gambar 2.1 Dinding grafitasi yang sering digunakan (Sumber:W.C.Huntington,Earth Pressures and Retaining Walls)

Dinding grafitasi digunakan apabila tanah yang ditahan tidak terlalu tinggi, maksimum 7 meter dan daya dukung tanah baik. Bahan utama pembentuk dinding grafitasi adalah campuran beton dan pasangan batu kali, tergantung kebutuhan. Sebagai dasar perencanaan dinding grafitasi dapat dibuat dengan batasan-batasan ukuran sebagai berikut.

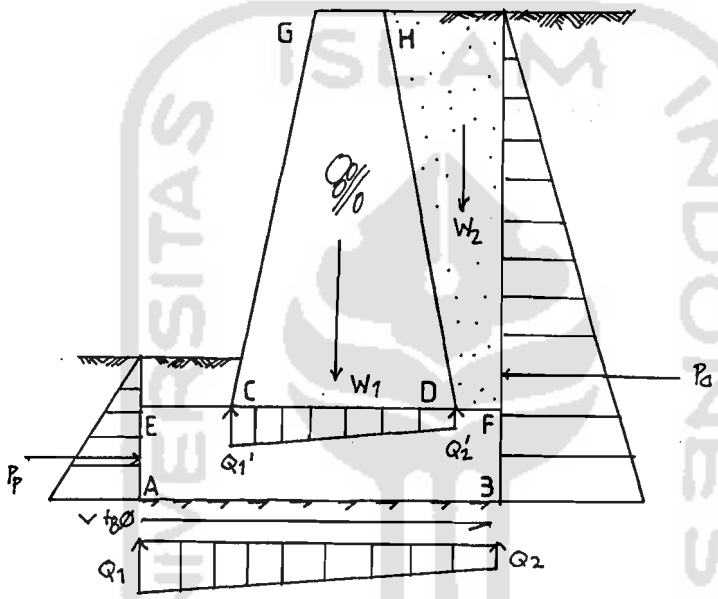


Gambar 2.2 Batasan-batasan ukuran dinding grafitasi (Sumber:S.Prakash,Analisys and Design of Foundations and Retaining Structures)

Dalam perencanaan dihindari terjadinya tegangan tarik.

2.3. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Stabilitas dinding yang akan ditinjau adalah stabilitas dinding penahan tanah jenis "gravity wall". Gaya-gaya yang bekerja pada dinding adalah gaya tekanan tanah aktif dan pasif, berat dinding dan gesekan tanah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2-3 Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah

Dinding harus menyediakan stabilitas yang cukup untuk menahan gaya-gaya yang bekerja. Dinding grafitasi mengutamakan beratnya untuk stabilitas. Tanah didepan dinding dapat membantu untuk melawan tekanan tanah aktif. Tetapi jika tergerus maka dinding harus menyediakan stabilitas yang cukup untuk untuk menahan dorongan.

Dalam perencanaan biasanya disediakan angka keamanan. Angka keamanan untuk melawan dorongan harus paling

sedikit 1,5 untuk urugan tanah non kohesif dan 2 untuk tanah kohesif.

$$FS = \frac{\text{Jumlah gaya penahan}}{\text{Jumlah gaya-gaya pendorong}} \qquad (2\text{-}1)$$

Dengan jumlah gaya penahan :

$$\Sigma P_{penahan} = V tg\phi + Pp + c'B$$

$$c' = 0{,}5 - 0{,}75c$$

dimana,

V : Gaya total vertikal ke bawah (t)

Pp : Tekanan tanah pasif (t)

c': Kohesi pada dasar dinding (t/m^2)

B : Lebar dasar dinding (m)

dan jumlah gaya pendorong : ΣP_{aktif}

Angka keamanan biasa melawan guling terhadap tapak adalah 1,5 untuk tanah non kohesif dan 2 untuk tanah kohesif.

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen-momen guling}} \qquad (2\text{-}2)$$

Dengan jumlah momen yang menahan :

$$\Sigma M_{penahan} = \Sigma M_{bangunan} + \Sigma M_{gaya\ vertikal\ ke\ bawah}$$

dan jumlah momen guling : ΣM_{aktif}

Setelah dinding aman untuk stabilitasnya, maka dinding harus diperiksa tahanan geser pada badan dinding pada daerah kritis, kuat desak serta daya dukung ijin tanah.

Tahanan geser diperiksa pada bagian CD dimana pada bagian ini yang paling rawan mengalami patah atau retak.

Tahanan geser pada bagian CD harus mampu menahan tekanan horisontal.

$$FS = \frac{V.tg\phi}{Pah} \geq 1,5 \qquad (2\text{-}3)$$

dimana,

P_{Ah} : Gaya horisontal total yang beraksi pada CD

V: Berat dinding pada bagian atas CD

Tegangan tekan dan tarik juga ditinjau pada bagian CD, dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_{1',2'} = \frac{V}{B'} \left[1 \pm \frac{6.e}{B'} \right] \qquad (2\text{-}4)$$

dimana,

$q_{1',2'}$: Tekanan yang terjadi pada daerah CD dinding (t/m^2)

V : Gaya tekan total (t)

B': Lebar dasar dinding diatas CD persatuan panjang (m)

e : Eksentrisitas (m)

Nilai q_1 harus lebih kecil dari tegangan desak ijin dan q_2 diusahakan tidak lebih kecil dari nol karena tidak diijinkan terjadinya tarik, karena menggunakan pasangan batu kali bukan beton.

Tekanan yang terjadi pada dasar dinding penahan tanah harus lebih kecil dari daya dukung ijin tanah, tekanan yang terjadi pada dasar dinding penahan adalah :

$$q_{1,2} = \frac{V}{B}\left[1 \pm \frac{6.e}{B}\right] \qquad (2\text{-}5)$$

dimana,

$q_{1,2}$: Tekanan yang terjadi pada dasar dinding (t/m^2)

V : Gaya tekan total (t)

B : Lebar dasar dinding persatuan panjang (m)

e : Eksentrisitas (m)

Daya dukung tanah dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{ult} = c.Nc + \tau.Df.Nq + 0{,}5.\tau.B.N\tau \qquad (2\text{-}6)$$

dimana,

σult : Daya dukung tanah didasar bangunan (t/m^2)

c : Kohesi tanah (t/m^2)

Df : Kedalaman tanah (m)

B : Lebar dasar yang ditinjau (m)

τ : Berat volume tanah (t/m^3)

Nc,Nq,Nτ : Koefisien daya dukung tanah menurut Terzaghi (dapat dilihat pada lampiran)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Bangunan teknik sipil yang khusus untuk menahan gaya lateral adalah dinding penahan tanah. Gaya lateral adalah tekanan tanah arah horisontal yang disebabkan oleh massa tanah dalam keadaan diam atau bergerak. Dalam keadaan bergerak tanah menuju pada keruntuhan plastis yaitu kondisi dimana setiap titik dalam tanah menuju keruntuhan. Pada kondisi keruntuhan plastis tanah menghasilkan tekanan aktif dan pasif.

Teori yang mencari besarnya tekanan tanah lateral antara lain adalah teori Rankine dan Coulomb. Kedua teori ini memperhitungkan gaya lateral dengan asumsi yang berbeda, yang tentunya akan menghasilkan besar gaya lateral yang berbeda.

3.2 Teori Coulomb

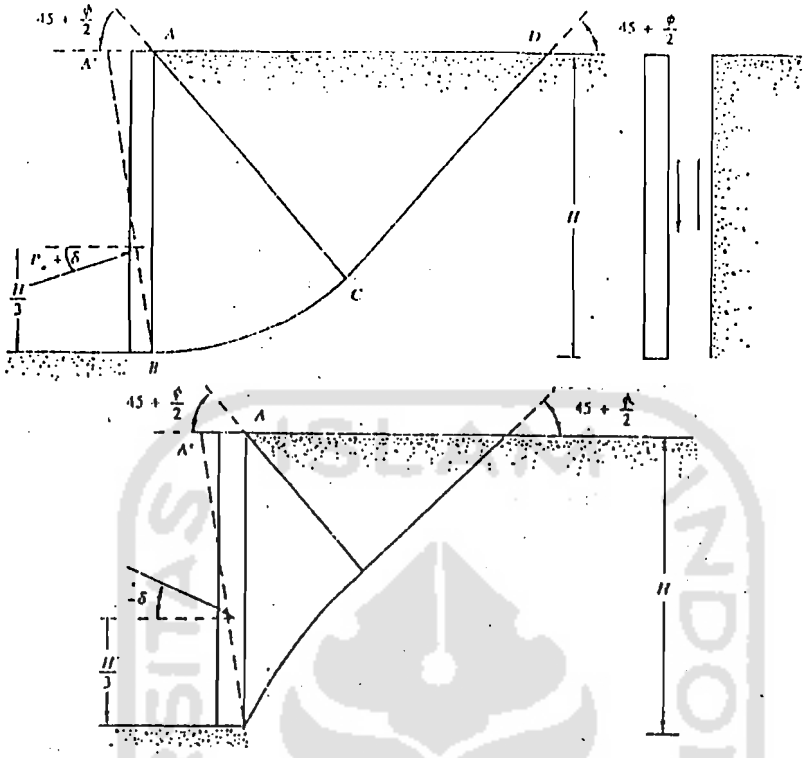
Pada tahun 1776 dikemukakan teori tentang tekanan tanah lateral yang pertama kali oleh Coulomb. Coulomb menganalisa segitiga keruntuhan tanah untuk mendapatkan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif. Untuk memudahkan perhitungannya tanah dianggap ideal dan permukaan runtuh adalah garis lurus. Lebih jelasnya dapat dilihat pada uraian berikut.

3.2.1 Sudut Gesek Antara Dinding dan Tanah

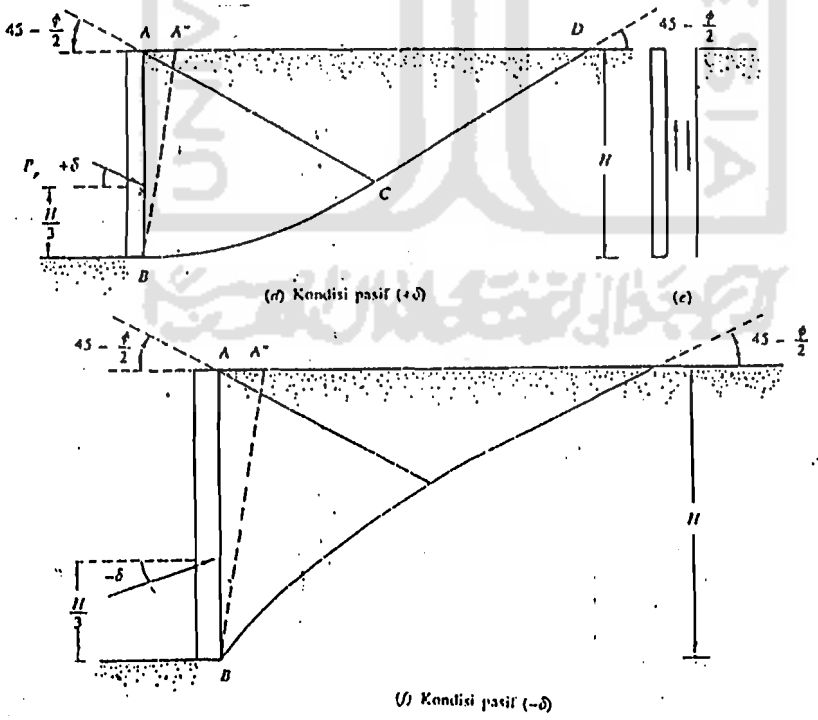
Dalam kenyataanya permukaan dinding penahan tanah adalah kasar dan terjadi geseran antara dinding dengan tanah. Coulomb mengaplikasikannya dengan sudut geser tanah antara dinding dan tanah *(δ)*. Akibat dari sudut geser ini bidang runtuh menjadi melengkung. Gaya resultan yang ada akan bekerja dengan kemiringan sebesar sudut δ terhadap bidang normal.

Pada kondisi aktif yaitu ketika dinding bergerak keluar, maka tanah akan bergerak ke arah bawah terhadap tembok, sehingga menimbulkan sudut geser positif *(δ+)* dengan perilaku bidang runtuh seperti pada gambar 3.1 (a). Pada kondisi tertentu apabila dinding tertekan ke bawah akibat beban yang sangat berat maka sudut geser akan menjadi negatif *(δ-)* dengan bidang runtuh melengkung kearah dinding.

Pada kondisi pasif yaitu ketika dinding bergerak kearah tanah urugan, akibatnya tanah tertekan dan bergeser kearah atas pada dinding, sehingga menimbulkan sudut geser positif *(δ+)* dengan bidang runtuh melengkung ke arah menjauhi dinding, dapat dilihat pada gambar 3.2 (a). Apabila dinding tertekan ke bawah oleh beban yang sangat berat maka sudut geser menjadi negatif *(δ-)* dengan perilaku bidang runtuh seperti pada gambar 3.2 (b).



Gambar 3.1 Sudut geser pada kondisi aktif dan perilaku bidang runtuh.(Sumber: Braja.M.Das, Mekanika Tanah)



Gambar 3.2 Sudut geser pada kondisi pasif dan perilaku bidang runtuh. (Sumber : Braja.M.Das,Mekanika Tanah)

Untuk pertimbangan praktis apabila tanah urugan adalah tanah berbutir lepas sudut geser diambil sama dengan sudut geser dalam tanah ø. Untuk tanah berbutir padat, δ diambil lebih kecil dari ø berkisar antara $ø/3$ sampai $2ø/3$.

3.2.2 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Coulomb

Teori tekanan tanah lateral oleh Coulomb (1776) memperhatikan adanya pengaruh gesekan antara tanah urugan dengan dinding penahannya. Akibat adanya gesekan itu bentuk bidang longsor menjadi melengkung dekat dasar kaki dinding, baik yang berupa tekanan tanah aktif maupun pasif. Anggapan-anggapan dasar didalam teori tekanan tanah lateral Coulomb adalah sebagai berikut :

1. Tanah adalah isotropik dan homogen.
2. Bidang longsor dan permukaan tanah urug adalah bidang rata. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam perhitungan.
3. Gaya-gaya gesekan didistribusi merata sepanjang bidang longsor yang rata dan f = tan ø.
4. Baji keruntuhan adalah sebuah benda tegar yang merupakan satu kesatuan.
5. Memperhitungkan gesekan dinding yang ditimbulkan oleh pergerakan baji keruntuhan disepanjang bagian belakang dinding.
6. Keruntuhan adalah suatu persoalan peregangan bidang.

Persamaan-persamaan yang didasarkan pada teori Coulomb untuk tanah tak berkohesi dapat diturunkan dari gambar 3.3 dan gambar 3.4. Berat baji tanah ABE adalah :

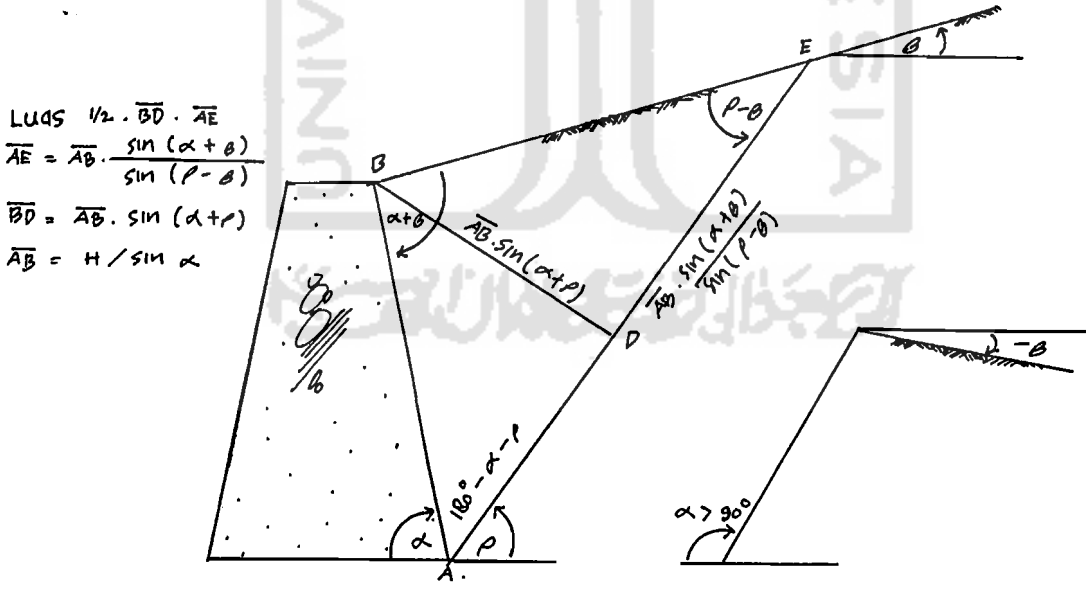
$$W = \tau . A \ (1) = \frac{\tau . H^2}{2 . \sin^2 \alpha} \left[\sin (\alpha + \rho) \frac{\sin (\alpha + \beta)}{\sin (\rho - \beta)} \right] \qquad (3\text{-}1)$$

Gaya aktif Pa adalah sebuah komponen dari pada vektor berat seperti yang digambarkan di dalam gambar 3-4c. Dengan memakai hukum sinus maka didapat

$$\frac{Pa}{\sin (\rho - \phi)} = \frac{W}{\sin (180 - \alpha - \rho + \phi + \delta)}$$

atau

$$Pa = \frac{W . \sin(\rho - \phi)}{\sin(180 - \rho - \alpha + \phi + \delta)} \qquad (3\text{-}2)$$



Gambar 3-3:
Baji kegagalan yang digunakan didalam menurunkan persamaan Coulomb untuk tekanan aktif. Perhatikan bahwa β dapat mempunyai harga positif dan negatif dan α lebih dari 90°. (Sumber:Joseph.E.Bowles,Analisa dan Disain Pondasi)

Dari persamaan (3-2) dapat dilihat bahwa harga Pa = f(ρ) artinya harga selain sudut ρ adalah konstan, dan harga Pa yang paling diperlukan adalah harga yang sebesar mungkin, dengan mensubstitusikan persamaan (3-1) ke (3-2) didapat

$$Pa = \frac{\tau.H^2}{2.\sin^2\alpha}\left[\sin(\alpha+\rho)\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(\rho-\beta)}\right]\left[\frac{\sin(\rho-\phi)}{\sin(180-\alpha-\rho+\phi+\delta)}\right] \quad (3-3)$$

Dengan membuat turunan pertama sama dengan nol,

$dPa/d_\rho = 0$

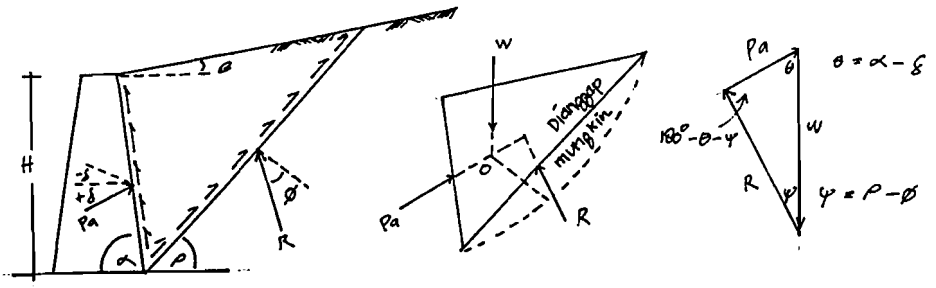
harga maksimum daripada gaya dinding aktif Pa diperoleh sebesar,

$$Pa = \frac{\tau.H^2}{2}\frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha.\sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta).\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta).\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2} \quad (3-4)$$

Jika $\beta=\delta=0$ dan $\alpha=90°$ (untuk sebuah dinding vertikal licin yang mempunyai urugan horisontal), maka persamaan (3-4) akan disederhanakan menjadi

$$Pa = \frac{\tau.H^2}{2}\frac{(1-\sin\phi)}{(1+\sin\phi)} = \frac{\tau.H^2}{2}\tan^2(45-\phi/2) \quad (3-5)$$

yang juga merupakan persamaan Rankine untuk tekanan tanah aktif.



Gambar 3-4:
(a) Kondisi-kondisi untuk kegagalan, (b) Memunjukkan bahwa gaya-gaya resultan tidak melalui titik o maka kesetimbangan statik tidak dipenuhi, (c) Segitiga gaya untuk menghasilkan Pa. (Sumber: Joseph.E.Bowles, Analisa dan Disain Pondasi)

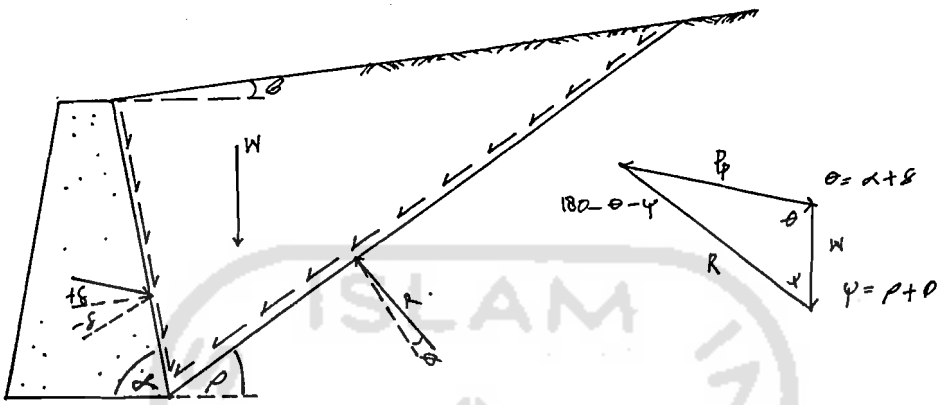
Persamaan (3-5) mempunyai bentuk umum

$$Pa = \frac{\tau . H^2}{2} Ka \qquad \text{dengan}$$

$$Ka = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha . \sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2} \qquad (3\text{-}6)$$

dan merupakan sebuah koefisien yang mengandung α, β, δ dan ϕ, akan tetapi tak tergantung pada τ dan H.

Tekanan tanah pasif diturunkan dengan cara yang serupa kecuali bahwa inklinasi pada dinding dan segitiga gaya yang bersangkutan akan diperlihatkan seperti didalam gambar 3-5.



Gambar 3-5:
(a)Baji kegagalan dan gaya-gaya yang bekerja untuk tekanan pasif
(b) Poligon gaya untuk perhitungan tekanan pasif.
(Sumber:Joseph.E.Bowles,Analisa dan Disain Pondasi)

Dari gambar 3-5 terlihat bahwa massa kegagalan yang dianggap adalah

$$W = \frac{\tau . H^2}{2} \sin(\alpha+\rho) \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(\rho-\beta)} \qquad (3\text{-}7)$$

dan dengan menggunakan hukum sinus maka dari segi tiga gaya diperoleh

$$Pp = W \frac{\sin(\rho+\phi)}{\sin(180-\rho-\phi-\delta-\alpha)} \qquad (3\text{-}8)$$

Dengan membuat turunan $dPp/d\rho = 0$ maka diperoleh harga minimum daripada Pp sebagai

$$Pp = \frac{\tau . H^2}{2} \frac{\sin^2(\alpha-\phi)}{\sin^2\alpha . \sin(\alpha+\delta)\left[1-\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta).\sin(\phi+\beta)}{\sin(\alpha+\delta).\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2} \qquad (3\text{-}9)$$

Untuk sebuah dinding vertikal licin yang mempunyai urugan kembali horisontal ($\delta=\beta=0$ dan $\alpha=90°$) maka persamaan (3-9) akan disederhanakan menjadi

$$Pp = \frac{\tau.H^2}{2}\,\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \frac{\tau.H^2}{2}\tan^2(45+\phi/2) \qquad (3\text{-}10)$$

Persamaan (3-9) dapat juga ditulis sebagai

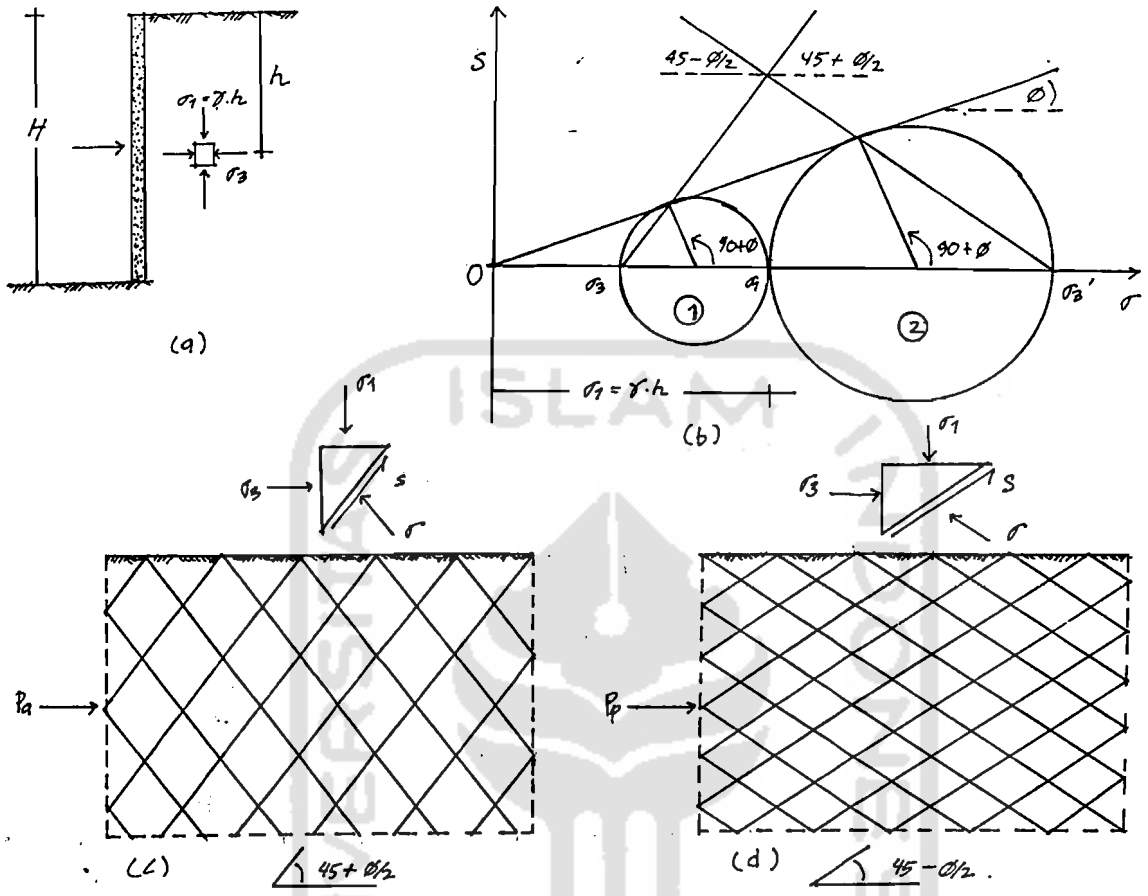
$$Pp = \frac{\tau H^2}{2}\,Kp \qquad dengan$$

$$Kp = \frac{\sin^2(\alpha-\phi)}{\sin^2\alpha.\sin(\alpha+\delta)\left[1-\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi+\beta)}{\sin(\alpha+\delta)\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2} \qquad (3\text{-}11)$$

3.3 Teori Rankine

Rankine (1857) menyelidiki keadaan tegangan didalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis yaitu suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik didalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Pada dasarnya anggapan-anggapan yang digunakan sama dengan Coulomb kecuali bahwa Rankine menganggap tidak ada kohesi dan gesekan pada dinding guna menyederhanakan persoalan pada analisanya.

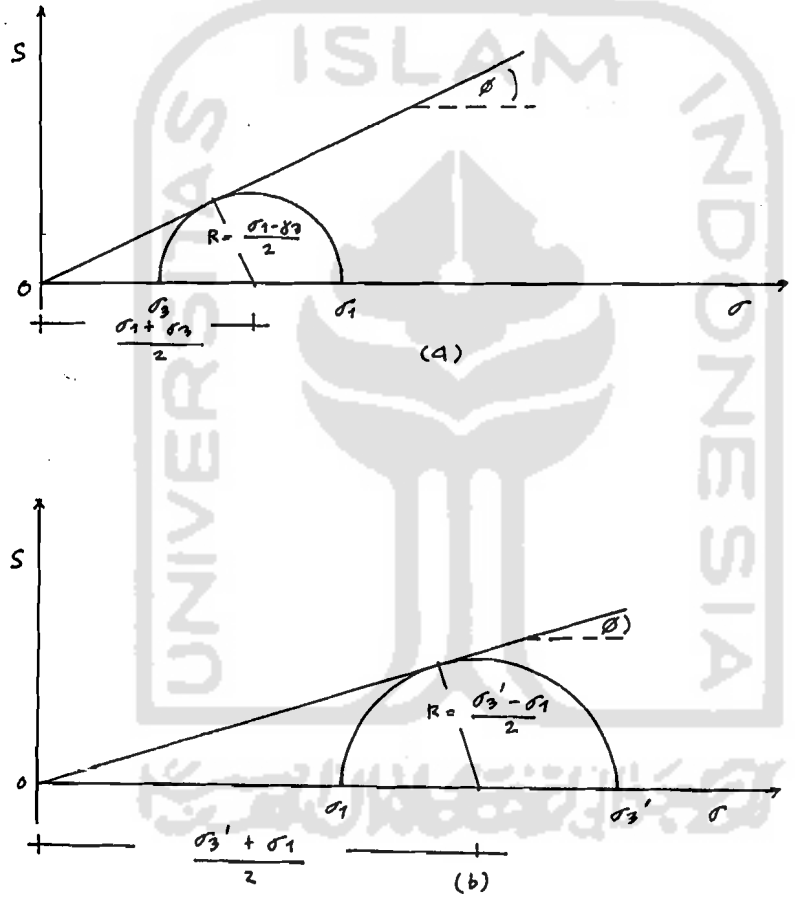
Dalam uraiannya dibedakan menjadi dua keadaan yaitu tekanan tanah aktif dan pasif dengan koefisien yang berbeda. Nilai banding tekanan horisontal dan vertikal tanah yang ada di belakang disebut koefisien tekanan tanah aktif sedang yang ada di depannya disebut koefisien tekanan tanah pasif.



Gambar 3-6 (a) Elemen dalam tanah
(b) Lingkaran Mohr untuk aktif(1) dan pasif (2)
(c) Garis keruntuhan untuk kondisi aktif
(d) Garis keruntuhan untuk kondisi pasif
(Sumber:John.N.Cernica,Geotechnical Engineering)

Konsep dasar teori Rankine bisa digambarkan lewat lingkaran Mohr. Pada kedalaman tertentu h nilai tegangan vertikal suatu titik adalah $\sigma_1=\tau h$ dan tegangan horisontal σ_3. Jika dinding bergerak ke luar dari tanah urugan akan mengakibatkan tegangan aktif. Nilai σ_1 akan menjadi tegangan utama mayor dan σ_3 akan menjadi tegangan utama minor. Hubungannya dengan lingkaran Mohr dapat digambarkan dalam gambar 3-6b lingkaran 1. Pada keadaan lain jika

dinding bergerak kedalam kearah tanah urugan akan mengakibatkan tegangan pasif dimana tegangan vertikal σ_1 akan menjadi tegangan utama minor dan σ_3 akan menjadi tegangan utama mayor. Lingkaran Mohr untuk kondisi ini akan ditunjukkan pada gambar 3-6b lingkaran 2.



Gambar 3-7:
Lingkaran Mohr untuk kondisi aktif dan pasif pada tanah non kohesif, permukaan datar dengan kedalaman h, (a) kondisi aktif (b) kondisi pasif

Dari lingkaran Mohr 3-7a akan didapatkan persamaan

$$\sin \phi = \frac{(\sigma 1-\sigma 3)/2}{(\sigma 1+\sigma 3)/2} = \frac{\sigma 1-\sigma 3}{\sigma 1+\sigma 3}$$

$$\sigma 3 = \sigma 1 \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \tau.h \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} \qquad (a)$$

$$(1-\sin\phi)/(1+\sin\phi) = \tan^2(45-\phi/2)$$

maka persamaan (a) menjadi

$$\sigma 3 = \tau.h \tan^2(45-\phi/2) \qquad (3-12)$$

untuk kasus pasif gambar 3-7b didapat persamaan

$$\sin\phi = \frac{(\sigma'3-\sigma 1)/2}{(\sigma'3+\sigma 1)/2} = \frac{\sigma'3-\sigma 1}{\sigma'3+\sigma 1}$$

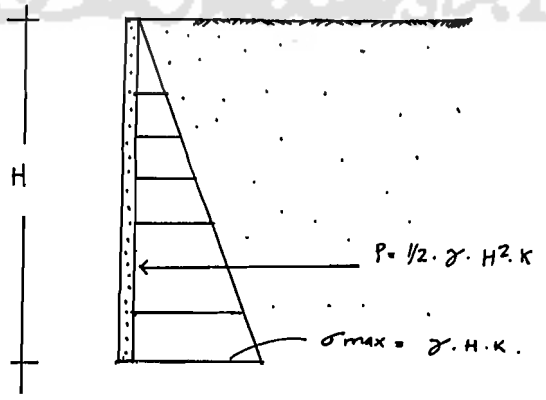
$$\sigma'3 = \sigma 1 \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \tau.h \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \qquad (b)$$

$$(1+\sin\phi)/(1-\sin\phi) = \tan^2(45+\phi/2)$$

maka persamaan (b) menjadi

$$\sigma 3 = \tau.h \tan^2(45+\phi/2) \qquad (3-13)$$

Nilai $\tan^2(45-\phi/2)$ dan $\tan^2(45+\phi/2)$ adalah konstan untuk nilai ϕ yang konstan. Hubungan antara tekanan melawan dinding penahan adalah linier terhadap kedalaman, semakin dalam maka nilai tekanan tanah semakin besar membentuk bidang segitiga, seperti ditunjukkan pada gambar 3-8.



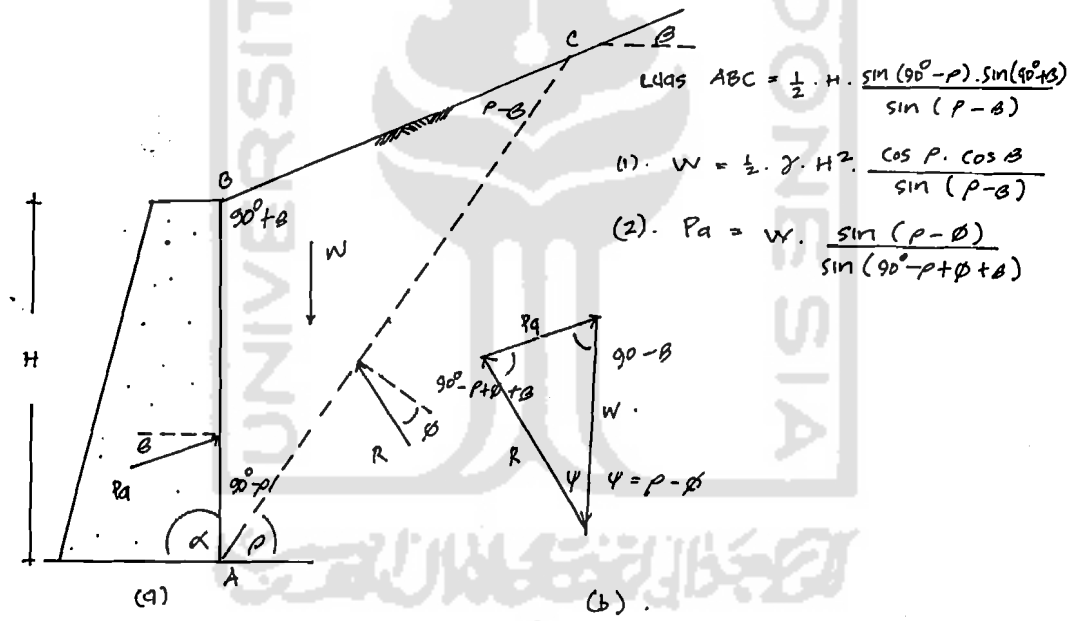
Gambar 3-8 Distribusi tekanan tanah.

Nilai resutante tekanan aktif dan pasif bisa dihitung untuk persatuan panjang dinding penahan.

$$Pa = 0{,}5.\tau.H^2.\tan^2(45-\phi/2) = 0{,}5.\tau.H^2.Ka \qquad (3\text{-}14)$$

$$Pp = 0{,}5.\tau.H^2.\tan^2(45+\phi/2) = 0{,}5.\tau.H^2.Kp \qquad (3\text{-}15)$$

Bila dinding licin ($\delta=0$) dan permukaan tanah yang ada dibelakang mempunyai kemiringan dengan sudut sebesar β terhadap horisontalnya, maka gaya yang bekerja sejajar dengan kemiringan permukaan tanah tersebut. Seperti gambar berikut ini



Gambar 3-9 :
(a) Sistem struktur tanah untuk pemecahan Rankine pada α=90°.
(b) Segitiga gaya didalam pemecahan Rankine

Dengan mensubstitusikan pers. (1) ke dalam pers. (2) dari gambar 3-9 dan dengan membuat $dPa/d\rho = 0$ didapatkan untuk Pa,

$$Pa = \frac{\tau.H^2}{2}\cos\beta\,\frac{\cos\beta-\sqrt{(\cos^2\beta-\cos^2\phi)}}{\cos\beta+\sqrt{(\cos^2\beta-\cos^2\phi)}} = \frac{1}{2}\tau.H^2.Ka \qquad (3\text{-}16)$$

dengan

$$Ka = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}} \qquad (3\text{-}17)$$

Berdasarkan analogi, maka tekanan pasif untuk pemecahan Rankine didapat sebagai berikut,

$$Pp = \frac{\tau . H^2}{2} \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}} = \frac{1}{2} \tau . H^2 . Kp \qquad (3\text{-}18)$$

dengan

$$Kp = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}} \qquad (3\text{-}19)$$

3.4. Gaya lateral pada tanah kohesif

Tanah yang kohesif dapat mengurangi besar gaya lateral yang terjadi. Lingkaran Mohr dapat digunakan untuk menentukan besar gaya lateral pada dinding akibat tanah urugan yang kohesif dengan nilai tegangan geser

$s = c + \sigma . \tan \phi$

dengan,

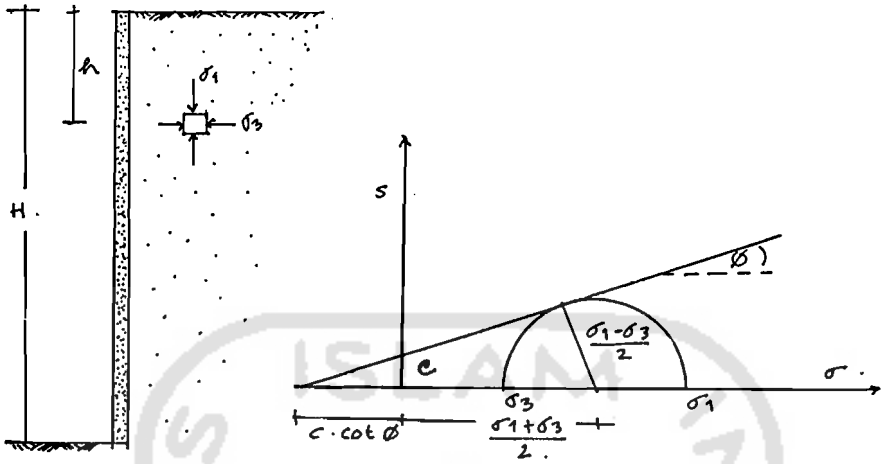
s : tegangan geser (t/m^2)

c : kohesi (t/m^2)

σ : tegangan normal (t/m^2)

ϕ : sudut geser dalam.

Diasumsikan dinding halus vertikal dengan permukaan tanah urugan horisontal. Pada kedalaman h didapat tegangan vertikal $\sigma_1 = \tau h$ dan tegangan horisontal σ_3. Dengan menggunakan lingkaran Mohr pada gambar 3-10 didapat persamaan,



Gambar 3-10 Tanah urugan berkohesif pada kondisi aktif.

$$\sin \phi = \frac{(\sigma 1-\sigma 3)/2}{(\sigma 1+\sigma 3)/2 + c \cot \phi} = \frac{\sigma 1 - \sigma 3}{\sigma 1 + \sigma 3 + 2 c \cot \phi}$$

$$\sigma 3 (1+\sin\phi) = \sigma 1 (1-\sin\phi) - 2c \sin \phi \cot \phi$$

$$\sigma 3 = \sigma 1 \left[\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} \right] - 2c \left[\frac{\cos\phi}{1 + \sin\phi} \right] \qquad (a)$$

tetapi,

$$\frac{\cos \phi}{1+\sin\phi} = \frac{\sqrt{(1-\sin^2\phi)}}{(1+\sin\phi)} = \frac{\sqrt{[(1-\sin \phi)(1+\sin\phi)]}}{\sqrt{[(1+\sin\phi)(1+\sin \phi)]}}$$

atau

$$\frac{\cos\phi}{1+\sin\phi} = \sqrt{\left[\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right]}$$

maka substitusikan kedalam persamaan (a)

$$\sigma 3 = \sigma 1 \left[\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} \right] - 2c \sqrt{\left[\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right]}$$

dengan $\sigma 1 = \gamma . h$ dan $(1-\sin\phi)/(1+\sin\phi) = \tan^2(45-\phi/2)$

maka,

$\sigma 3 = \tau . h \tan^2(45-\phi/2) - 2.c \tan(45-\phi/2)$

atau

$$\sigma 3 = \tau . h . Ka - 2.c \sqrt{Ka} \qquad (3\text{-}20)$$

Nilai maksimum tegangan horisontal adalah jika $h = H$, maka nilai tekanan tanah lateral aktif Pa adalah

$$Pa = 0{,}5 . \tau . Ka . H^2 - 2.c \sqrt{Ka} . H \qquad (3\text{-}21)$$

Untuk kondisi pasif tegangan utama mayor menjadi tegangan horisontal σ_3 dan tegangan utama minor adalah σ_1, keadaannya terbalik dari kondisi aktif. Pada gambar lingkaran Mohr posisi σ_1 ditukar dengan σ_3, maka didapat persamaan,

$$\sin \phi = \frac{(\sigma 3 - \sigma 1)/2}{(\sigma 1 + \sigma 3)/2 + c \cot \phi} = \frac{\sigma 3 - \sigma 1}{\sigma 1 + \sigma 3 + 2\, c \cot \phi}$$

$$\sigma 3 (1-\sin\phi) = \sigma 1 (1+\sin\phi) - 2c \sin \phi \cot \phi$$

$$\sigma 3 = \sigma 1 \left[\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \right] - 2c \left[\frac{\cos\phi}{1 - \sin\phi} \right] \qquad (b)$$

tetapi

$$\frac{\cos \phi}{1-\sin\phi} = \frac{\sqrt{(1-\sin^2\phi)}}{1-\sin\phi} = \frac{\sqrt{(1+\sin\phi)}}{\sqrt{(1-\sin\phi)}}$$

atau

$$\frac{\cos\phi}{1-\sin\phi} = \sqrt{\left[\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \right]}$$

maka substitusikan kedalam persamaan (b)

$$\sigma 3 = \sigma 1 \left[\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \right] - 2c \sqrt{\left[\frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} \right]}$$

dengan $\sigma_1=\tau.h$ *dan* $(1+\sin\phi)/(1-\sin\phi)=\tan^2(45+\phi/2)$

maka

$\sigma_3 =\tau.h\ \tan^2(45+\phi/2)+2.c\ \tan(45+\phi/2)$

atau

$$\sigma 3 = \tau.h.Kp + 2.c\ \sqrt{Kp}. \qquad (3\text{-}22)$$

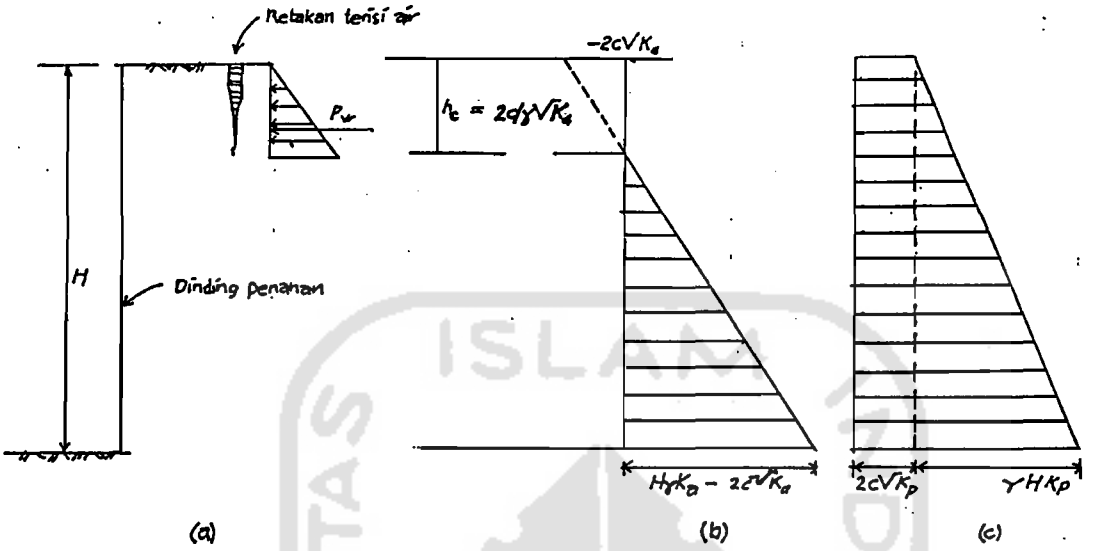
Nilai maksimum tegangan horisontal adalah jika $h = H$, maka nilai tekanan tanah lateral pasif Pp adalah

$$Pp = 0{,}5.\tau.Kp.H^2 + 2.c\ \sqrt{Kp}.H \qquad (3\text{-}23)$$

Telah diketahui bahwa persamaan teganagn tanah arah horisontal untuk tekanan tanah aktif adalah $\sigma_3=\tau.h.Ka - 2c\sqrt{Ka}$, jika $h=0$ maka $\sigma_3=-2.c\sqrt{Ka}$ nilai negatif menunjukkan pengertian adanya gaya tarik yang bekerja yang arahnya berlawanan dengan tekanan tanah aktif, dimulai dari kedalaman tertentu h dari permukaan. Kedalaman dimana $Pa=0$ akan memberikan kedalaman retakan tanah urugan akibat gaya tarikan,

$$0=\tau.h.Ka-2.c\sqrt{Ka},\ \textit{maka}\ h = 2.c/\ \tau\sqrt{Ka}.$$

Karena tanah mengalami tarikan sampai kedalaman h dari permukaan, pada galian tanah-tanah yang kohesif sering terlihat adanya retakan disepanjang galian. Demikian pula Untuk tekanan tanah pasif, persamaan tegangan tanah horisontal adalah $\sigma_3=\tau.H.Ka+2.c\sqrt{Ka}$, *jika* $h=0$ *maka* $\sigma_3=2.c\sqrt{Kp}$, nilai positif menunjukkan bahwa gaya tarikan oleh tanah kohesif memberikan tambahan untuk tekanan tanah pasif karena arahnya searah dengan tekanan tanah pasif. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3-11 Galian pada tanah kohesif,
(a) Pengaruh retakan yang terisi air
(b) Diagram tekanan tanah aktif secara teoritis
(c) Diagram tekanan pasif
(Sumber:Hary Christady.H,Mekanika Tanah)

BAB IV
ANALISA KOMPARATIF

4.1 Umum

Besar distribusi tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah menurut teori Rankine dan Coulomb dibedakan oleh nilai koefisien tekanan tanah aktif dan pasif. Perbedaan nilai koefisien ini disebabkan oleh asumsi teori yang berbeda. Untuk melihat perbedaan asumsi kedua teori Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Perbedaan Teori Rankine dan Coulomb

Parameter	Coulomb	Rankine
-Jenis Tanah	Isotropis dan Homogen	Isotropis dan Homogen
-Permukaan Runtuh	Rata	Rata
-Gesekan antara dinding dan tanah	Ada	Tidak ada
-Deformasi Horisontal	Ada	Ada

Perbedaan dari kedua teori ini ada pada sudut gesek antara dinding dan tanah. Perbedaan ini menyebabkan nilai tekanan lateral tanah berbeda, karena berbedanya koefisien tekanan tanah. Mengenai perbedaan koefisien tekanan tanah dari kedua teori dapat dilihat pada tabel berikut.

4.2 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Teori Coulomb

Nilai koefisien tekanan tanah menurut Coulomb didapat dari rumus berikut,

$$Ka = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha.\sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta).\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta).\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2}$$

untuk nilai koefisien tekanan tanah aktif dan dari rumus

$$Kp = \frac{\sin^2(\alpha-\phi)}{\sin^2\alpha.\sin(\alpha+\delta)\left[1+\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta).\sin(\phi+\beta)}{\sin(\alpha+\delta).\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2}$$

didapat nilai koefisien tekanan tanah pasif. Dibawah ini diberikan nilai koefisien tekanan tanah menurut Coulomb.

Tabel 4.2 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif Coulomb

			α=90°	β=0°			
δ \ ϕ	10	15	20	25	30	35	40
0	0,704	0,588	0,490	0,405	0,333	0,270	0,217
5	0,662	0,555	0,464	0,386	0,318	0,260	0,209
10	0,634	0,632	0,446	0,372	0,308	0,252	0,204
15	0,617	0,517	0,434	0,363	0,301	0,247	0,201
20	0,606	0,508	0,426	0,357	0,297	0,245	0,119
25	0,603	0,504	0,423	0,355	0,295	0,244	0,199
30	0,606	0,505	0,424	0,336	0,297	0,245	0,201
			α=90°	β=10°			
0	0,969	0,703	0,569	0,462	0,373	0,299	0,237
5	0,937	0,679	0,546	0,443	0,359	0,289	0,230
10	0,984	0,663	0,531	0,430	0,349	0,281	0,224
15	1,004	0,666	0,521	0,422	0,343	0,277	0,221
20	1,032	0,653	0,517	0,418	0,340	0,274	0,220
25	1,070	0,658	0,518	0,418	0,339	0,275	0,220
30	1,119	0,669	0,524	0,422	0,343	0,277	0,223
			α=90°	β=20°			
0	-	-	0,833	0,572	0,441	0,343	0,266
5	-	-	0,886	0,557	0,428	0,333	0,258
10	-	-	0,896	0,549	0,419	0,326	0,253
15	-	-	0,914	0,545	0,415	0,322	0,251
20	-	-	0,939	0,546	0,414	0,321	0,250

25	–	–	0,974	0,553	0,417	0,323	0,251
30	–	–	0,019	0,564	0,423	0,328	0,255
			α=90°	β=30°			
0	–	–	–	–	0,750	0,436	0,318
5	–	–	–	–	0,753	0,428	0,311
10	–	–	–	–	0,762	0,423	0,306
15	–	–	–	–	0,776	0,422	0,305
20	–	–	–	–	0,798	0,425	0,305
25	–	–	–	–	0,828	0,431	0,309
30	–	–	–	–	0,866	0,442	0,315
			α=80°	β=0°			
0	0,757	0,652	0,559	0,478	0,407	0,343	0,287
5	0,720	0,622	0,536	0,460	0,393	0,333	0,280
10	0,699	0,603	0,521	0,448	0,384	0,326	0,275
15	0,687	0,592	0,511	0,441	0,378	0,323	0,273
20	0,684	0,588	0,508	0,438	0,377	0,322	0,273
25	0,689	0,591	0,509	0,440	0,379	0,325	0,276
30	0,702	0,599	0,517	0,446	0,385	0,330	0,281
			α=80°	β=10°			
0	1,046	0,784	0,654	0,549	0,461	0,384	0,318
5	1,067	0,766	0,636	0,533	0,448	0,374	0,311
10	1,097	0,758	0,625	0,524	0,440	0,368	0,307
15	1,138	0,759	0,622	0,520	0,437	0,366	0,305
20	1,191	0,768	0,625	0,521	0,438	0,367	0,306
25	1,259	0,785	0,634	0,527	0,443	0,371	0,311
30	1,346	0,811	0,650	0,539	0,452	0,379	0,317
			α=80°	β=20°			
0	–	–	1,015	0,684	0,545	0,444	0,360
5	–	–	1,035	0,676	0,538	0,436	0,354
10	–	–	1,064	0,674	0,534	0,432	0,351
15	–	–	1,103	0,679	0,535	0,432	0,350
20	–	–	1,155	0,690	0,540	0,436	0,354
25	–	–	1,221	0,708	0,551	0,443	0,360
30	–	–	1,305	0,734	0,568	0,456	0,370
			α=80°	β=30°			
0	–	–	–	–	0.925	0.566	0.433
5	–	–	–	–	0.943	0.563	0.428
10	–	–	–	–	0.968	0.564	0.427

15	–	–	–	–	1.005	0.570	0.430
20	–	–	–	–	1.051	0.582	0.437
25	–	–	–	–	1.111	0.600	0.447
30	–	–	–	–	1.188	0.624	0.463

Tabel 4.2 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Pasif Coulomb

		α = 90°			β = 0°		
δ \ ϕ	10	15	20	25	30	35	40
0	1.420	1.698	2.040	2.464	3.000	3.690	4.599
5	1.569	1.901	2.313	2.833	3.505	4.391	5.593
10	1.730	2.131	2.635	3.285	4.143	5.309	6.946
15	1.914	2.403	3.029	3.855	4.976	6.555	8.872
20	2.130	2.735	3.525	4.596	6.105	8.324	11.771
25	2.392	3.151	4.170	5.599	7.704	10.980	16.473
30	2.726	3.691	5.036	7.013	10.095	15.273	24.932
		α = 80°			β = 0°		
0	1.362	1.582	1.843	2.156	2.535	3.002	3.586
5	1.479	1.737	2.045	2.418	2.879	3.456	4.194
10	1.599	1.905	2.273	2.725	3.292	4.017	4.996
15	1.732	2.096	2.534	3.094	3.802	4.730	5.981
20	1.882	2.321	2.861	3.549	4.450	5.666	7.363
25	2.060	2.590	3.257	4.127	5.298	6.937	9.329
30	2.274	2.923	3.759	4.881	6.449	8.742	12.286

4.3 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Rankine.

Nilai Koefisien tekanan tanah aktif didapat dari rumus,

$$Ka = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}$$

dan nilai koefisien tekanan tanah pasif didapat dari rumus

$$Kp = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}{\cos\beta - \sqrt{(\cos^2\beta - \cos^2\phi)}}$$

Untuk mengetahui nilainya dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 4.3 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Aktif Rankine

φ \ β	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	1,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,8397	0,9962	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,7041	0,7350	0,9848	-	-	-	-	-	-	-
15	0,5887	0,6046	0,6636	0,9659	-	-	-	-	-	-
20	0,4903	0,4996	0,5312	0,6028	0,9396	-	-	-	-	-
25	0,4059	0,4117	0,4309	0,4695	0,5649	0,9063	-	-	-	-
30	0,3333	0,3372	0,3495	0,3729	0,4142	0,4936	0,8660	-	-	-
35	0,2709	0,2736	0,2817	0,2968	0,3216	0,3631	0,4416	0,8191	-	-
40	0,2174	0,2192	0,2247	0,2346	0,2504	0,2750	0,3150	0,3906	0,4766	-
45	0,1715	0,1728	0,1765	0,1831	0,1934	0,2087	0,2321	0,2695	0,3404	0,7071

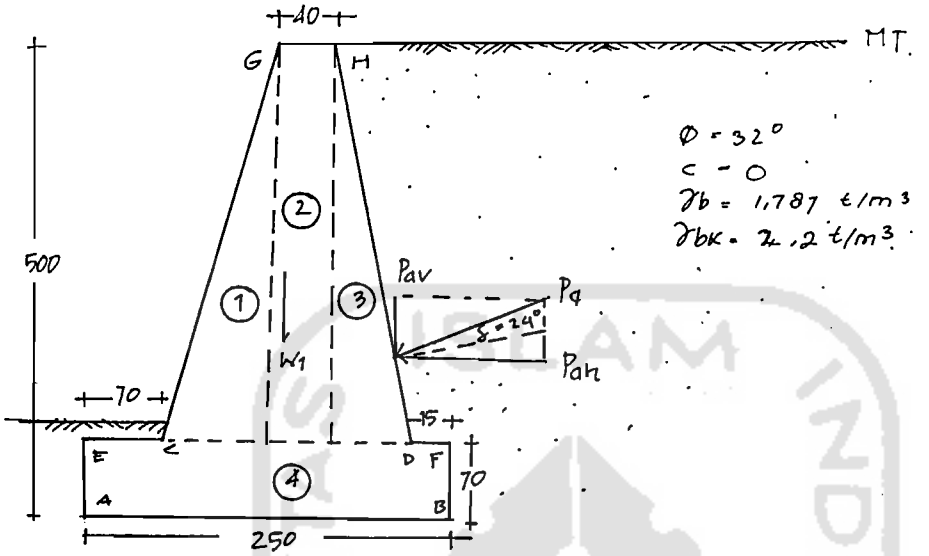
Tabel 4.4 Nilai Koefisien Tekanan Tanah Pasif Rankine

φ \ β	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	1,0000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1,1910	0,9962	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1,4203	1,3490	0,9848	-	-	-	-	-	-	-
15	1,6984	1,6415	1,4615	0,9659	-	-	-	-	-	-
20	2,0396	1,9864	1,8257	1,5478	0,9397	-	-	-	-	-
25	2,4639	2,4103	2,2506	1,9874	1,6145	0,9063	-	-	-	-
30	3,0000	2,9431	2,7748	2,5017	2,1320	1,6641	0,8660	-	-	-
35	3,6902	3,6274	3,4422	3,1436	2,7454	2,2620	1,6982	0,8192	-	-
40	4,5989	4,5272	4,3161	3,9766	3,5262	2,9867	2,3802	1,7177	0,7660	-
45	5,8284	5,7440	5,4948	5,0948	4,5653	3,9341	3,2321	2,4894	1,7237	0,7071

4.4 Aplikasi Teori Coulomb.

Aplikasi teori ini dibagi menjadi dua yaitu pada tanah non kohesif dan tanah kohesif berlapis. Data tanah diambil dari laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia.

4.4.1 Aplikasi Teori Coulomb Pada Tanah Non Kohesif.



Data:

ø°	c(t/m2)	τtnh(t/m3)	τbk(t/m3)	δ°	ø' = ø
32	0	1,787	2,20	24	0,6248

-Langkah 1:

Mencari nilai koefisien tekanan tanah aktif, dari hasil interpolasi pada *tabel 4.1* didapat

Ka = 0,3558

$P_{ah} = 0,5.H^2.Ka.\tau_{tnh}.\cos 34°$

$= 0,5.5^2.0,3558.1,787.\cos 34°$

$= 6,588$ ton

$P_{av} = 0,5.H^2.Ka.\tau_{tnh}.\sin 34°$

$= 0,5.5^2.0,3558.1,787.\sin 34°$

$= 4,444$ ton

-Langkah 2:

Cek stabilitas dinding.

a) Cek geser pada dasar dinding :

Dari rumus (2-1) didapat,

$$FS = \frac{V.tg\phi' + Pph + c'.B}{Pah} \geq 1,5$$

Pph = 0 , c'= 0, B = 2,5 m

V = W1 + Pv Coulomb

= (6,05. 2,2) + 4,444

= 17,754 ton

tanø'=tan(32°) = 0,6248

$$FS = \frac{17,754 \times 0,6248}{6,588} = 1,6870 > 1,5$$ (Konstruksi aman)

b) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat,

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

ΣMpenahan = ΣMbangunan + ΣMgaya vertikal ke bawah

Luas bangunan dinding = A1 + A2 + A3 + A4

= (0,5.0,45.4,3)+(0,4.4,3)
+(0,5.0,75.4,3)+(0,7.2,5)

= 6,05 m2

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675.1 + 1,72.1,35 + 1,6125.1,8 + 1,75.1,25}{6,05}$$

= 1,385 m (dari AE)

Jarak Pv Coulomb dari AE = 2,1795m

ΣMpenahan = (6,05.2,2).1,385 + (4,444.2,1795)

= 28,1200 tm

ΣMaktif = Pah . 1/3 H

= 6,588 . 1,667 = 10,932 tm

$$FS = \frac{28,1200}{10,932} = 2,5723 > 1,5$$ (konstruksi aman)

c) Cek geser pada badan :

$$FS = \frac{V \ tg\phi}{Pah} \geqslant 1,5$$

Luas yang diperhitungkan hanya pada CDGH,

A = 4,4075 m², berat V = 4,4075.2,2 = 9,6965 ton

tg ø = 1, Pah = 6,588 ton

$$FS = \frac{9,6965}{6,588} = 1,47 \approx 1,5$$ (konstrusi aman)

d) Cek desak badan :

Luas yang diperhitungkan hanya pada CDGH,

mencari titik berat bagian CDGH:

$$x = \frac{(0,5.0,45.4,3.0,3)+(0,4.4,3.0,65)+(0,5.0,75.4,3.1)}{4,4075}$$

= 0,740 m

kemudian dicari eksentrisitas (e) :

e = 0,5.B'- x

= 0,5.1,65-0,740

= 0,085 m

Setelah (e) didapat lalu kuat desaknya dapat dihitung :

$q_{1\ 2} = V/B'.(1\pm6e/B')$

$$q_1 = \frac{4,4.2,2}{1,65}\left(1 + \frac{6.0,085}{1,65}\right)$$

$= 7,6931 < 10$ (konstruksi aman)

$$q_2 = \frac{4,4.2,2}{1,65}\left(1 - \frac{6.0,085}{1,65}\right)$$

$= 4.0602$ t < 10 (konstruksi aman)

e) Chek Tegangan Ijin Tanah

$\sigma_{ult} = c.Nc + \tau.Df.Nq + 0,5.\tau.B.N\tau$

Dengan cara interpolasi dari tabel koefisien daya dukung tanah Terzaghi $\phi = 32°$ didapat (pada lampiran)

Nq = 30,06

Nτ = 29,6

Nc bisa dihitung dengan rumus:

$Nc = c.tg\phi.(a^2/(2.\cos^2(45+\phi/2))-1)$

$a = c^{(3/4.\pi-\phi/2).tg\phi}$

dimana :

c = Kohesi tanah (t/m²)

ø = Sudut gesek dalam tanah

Dalam kasus ini Nc = 0

$\sigma_{ult} = 0.Nc+1,787.4,3.30,06+0,5.1,787.2,5.29,6$

$= 297,1030$ t/m²

$$q_{ijin} = \frac{297,1030}{3}$$

$q_{ijin} = 99,0340$ t/m²

Langkah selanjutnya mencari titik berat akibat berat bangunan dan gaya vertikal Coulomb terhadap AE:

$$x = \frac{(13,31.2,22.1,385)+(4,444x2,1795)}{(13,31+4,4440)} = 1,5839 \text{ m}$$

Didapat eksentrisitasnya (e) :

e = 2,5/2-1,5839

= 0,33 m

Menghitung tegangan tanah yang terjadi :

$q_{1\ 2} = V/B(1\pm6e/B)$

V = W1 + Pav Coulomb

= 13,31+4,444

= 17,754 t/m'

$$q_1 = \frac{17,754}{2,5}\left(1+\frac{6x0,33}{2,5}\right)$$

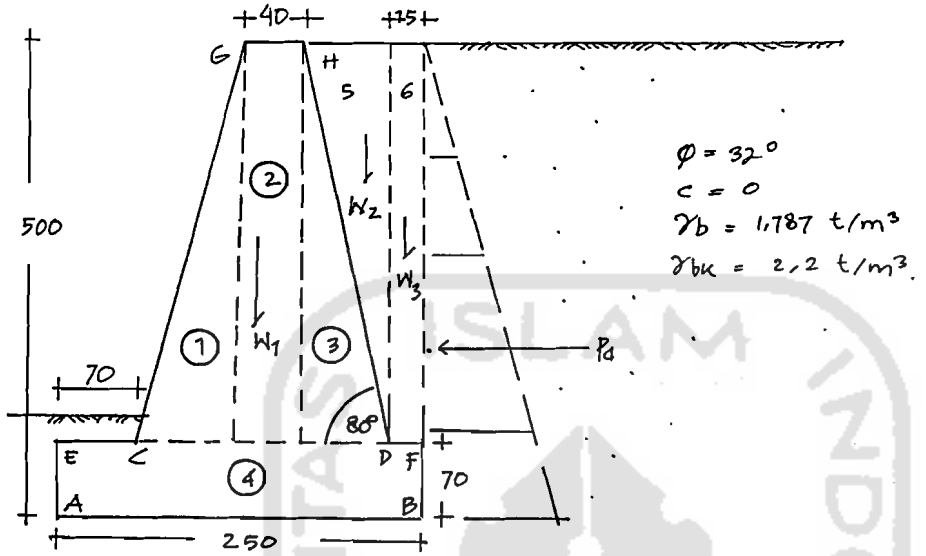
= 12,7925 t/m² < 99,034 t/m² (konstruksi aman)

$$q_2 = \frac{17,754}{2,5}\left(1-\frac{6x0,33}{2,5}\right)$$

= 1,4110 t/m² < 99,0340 t/m² (konstruksi aman)

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa konstruksi aman terhadap gaya yang bekerja dan tegangan tanah yang terjadi tidak melebihi tegangan ijin tanah.

4.4.2.Aplikasi Teori Rankine Pada Tanah Non Kohesif.



Data:

φ°	c(t/m2)	τtnh(t/m3)	τbk(t/m3)	δ°	φ'=φ°
32	0	1,787	2,20	24	32°

-Langkah 1 :

Analog pada teori Coulomb didapat Ka :

$Ka = tg^2(45-\phi/2)$

$= 0,3073$

$P_a = 0,5 \tau tnh.Ka.H2$

$= 0,5.1,787.0.3073.5^2$

$= 6,864$ t/m'

-Langkah 2 :

Cek stabilitas dinding

a) Cek geser pada dasar dinding :

Dari rumus (2-1) didapat,

$$FS = \frac{V.\tan \phi + Pph + c'.B}{Pa} \geq 1,5$$

$V = W_1 + W_2$

$= 13,31 + 4,0342 = 17,3442$ t

$Pph = 0,\ c' = 0,\ B = 2,5$ m

$$FS = \frac{17,3442.\tan (32°)}{6,864}$$

$$= \frac{10,8378}{6,864}$$

$= 1,5789 > 1,5$ (Konstruksi aman)

b) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat :

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

ΣMpenahan = ΣMbangunan + ΣMgaya vertikal ke bawah

Luas bangunan dinding = A1 + A2 + A3 + A4

= (0,5.0,45.4,3)+(0,4.4,3)
+(0,5.0,75.4,3)+(0,7.2,5)

= 6,05 m2

Berat dinding W1 = 6,05.2,2 = 13,31 t

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675.1 + 1,72.1,35 + 1,6125.1,8 + 1,75.1,25}{6,05}$$

= 1,385 m (dari AE)

-Luas tanah diatas telapak :

A5 = 0,5.4.3.0,75=1,6125 m²

A6 = 0,15.4,3 = 0,645 m²

-Berat tanah diatas telapak :

W2 = 1,6125.1,787 = 2,8815 t

W3 = 0,645.1,787 = 1,1526 t

-Jarak W2 dan W3 terhadap AE masing-masing :

x1 = 2,0 m dan x2 = 2,425 m

-ΣMpenahan = (6,05.2,2.1,385)+(2,8815.2 + 1,1526.2,425)

= 26,9922 tm

-ΣMaktif = 1/3 H.Pa

= 1/3.5.6,864

= 11,4402 tm

$$FS = \frac{\Sigma Mpenahan}{\Sigma Maktif} = \frac{26,9922}{11,4402} = 2,3594 > 1,5$$

Konstruksi aman.

c) Cek geser pada badan :

$$FS = \frac{V.tg\phi}{Pa} \geq 1,5$$

Luas yang diperhitungkan hanya CDGH,

A = 4,4075 m², berat V = 4,075.2,2 = 9,6965 ton

tg ø = 1, Pa = 6,588 ton

$$FS = \frac{9,6965.1}{6,864} = 1,4126 < 1,5 \quad \text{(tidak aman)}$$

d) Cek desak badan :

Luas yang diperhitungkan hanya pada CDGH,

mencari titik berat bagian CDGH:

$$x = \frac{(0,5.0,45.4,3.0,3)+(0,4.4,3.0,65)+(0,5.0,75.4,3.1)}{4,4075}$$

= 0,740 m

kemudian dicari eksentrisitas (e) :

e = 0,5.B'- x

= 0,5.1,65-0,740

= 0,085 m

Setelah (e) didapat lalu kuat desaknya dapat dihitung :

$q_{1\ 2} = V/B'.(1 \pm 6e/B')$

$$q_1 = \frac{4,4075.2,2}{1,65}\left(1 + \frac{6.0,085}{1,65}\right)$$

= 7,6931 < 10 (konstruksi aman)

$$q_2 = \frac{4,4075.2,2}{1,65}\left(1 - \frac{6.0,085}{1,65}\right)$$

= 4.0602 t < 10 (konstruksi aman)

e) Chek Tegangan Ijin Tanah

$\sigma_{ult} = c.Nc + \tau.Df.Nq + 0,5.\tau.B.N\tau$

Dengan cara interpolasi dari tabel koefisien daya dukung tanah Terzaghi ø = 32° didapat (pada lampiran)

Nq = 30,06

Nτ = 29,6

Nc bisa dihitung dengan rumus:

$Nc = c.tg\phi.(a^2/(2.\cos^2(45+\phi/2))-1)$

$a = c^{(3/4.\pi-\phi/2).tg\phi}$

dimana :

c = Kohesi tanah (t/m^2)

ø = Sudut gesek dalam tanah

Dalam kasus ini Nc = 0

σ_{ult} = 0.Nc+1,787.4,3.30,06+0,5.1,787.2,5.29,6

= 297,1030 t/m^2

$$q_{ijin} = \frac{297,1030}{3}$$

$$q_{ijin} = 99,0340 \text{ t/m}^2$$

Langkah selanjutnya mencari titik berat akibat berat bangunan dan gaya vertikal tanah :

$$x = \frac{\Sigma Mpenahan}{W1 + W2 + W3} = \frac{26,9922}{13,31 + 2,8815 + 1,1526} = 1,5563 \text{ m}$$

Didapat eksentrisitasnya (e) :

e = 2,5/2-1,5563

= 0,3063 m

Menghitung tegangan tanah yang terjadi :

$q_{12} = V/B(1 \pm 6e/B)$

$$q_1 = \frac{17,3442}{2,5}\left(1 + \frac{6 \times 0,3063}{2,5}\right)$$

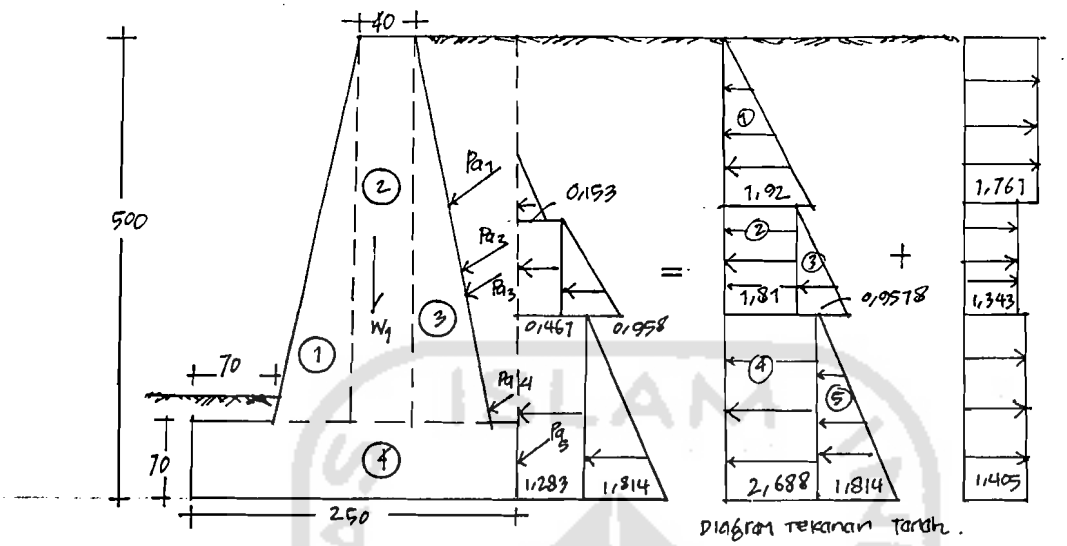
= 12,0372 t/m² < q_{ijin} (Konstruksi aman)

$$q_2 = \frac{17,3442}{2,5}\left(1 - \frac{6 \times 0,3063}{2,5}\right)$$

= 1,8382 t/m² < q_{ijin} (Konstruksi Aman)

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa konstruksi aman terhadap gaya yang bekerja dan tegangan tanah yang terjadi tidak melebihi tegangan ijin tanah.

4.4.3 Aplikasi Teori Coulomb Pada Tanah Kohesif Berlapis.



Data :

No	Lapisan tnh	ø°	γb(t/m3)	c(t/m2)	Ka
1	Lapisan 1	20	1,89	1,24	0,5079
2	Lapisan 2	22	2,00	0,97	0,4789
3	Lapisan 3	23	1,95	1,03	0,4651

-Langkah 1 :

Mencari nilai tekanan tanah lateral harisontal dan vertikal.

Lapisan tnh	No.diagram	Pa(t/m2)	Pa(t/m')	
Lapisan 1	1	1,89x0,5079x2 =1,920 2x1,24x√0,5078=-1,767	Pa1	0,5x0,159x(1,92-1,767)=0,467
lapisan 2	2	1,89x0,4789x2 =1,81	Pa2	(1,81-1,343)x1=0,467
	3	2x0,4789x1 =0,9578 2x0,97x√0,4789=-1,343	Pa3	0,5x1x0,9578=0,479
Lapisan 3	4	1,89x0,461x2 =1,758	Pa4	[(1,758+0,930)-1,405]x2=2,566
	5	2x0,4651x1 =0,930 1,95x0,4651x2 =1,814 2x1,03x√0,4651=-1,405	Pa5	0,5x1,814x2=1,814

No	Ph=Paxcos34°t		Pv=Paxsin34°t		Jarak Y m	Jarak X m	Mph=PahxY(t/m)	MPv=PavxX(t/m)
1	Ph1	0,011	Pv1	0,0061	3,053	1,935	0,0336	0,0118
2	Ph2	0,404	Pv2	0,2340	2,500	2,033	1,0100	0,4760
3	Ph3	0,415	Pv3	0,2395	2,333	2,062	0,9682	0,4940
4	Ph4	2,222	Pv4	1,2830	0,500	2,297	1,1110	2,9470
5	Ph5	1,571	Pv5	0,9070	0,667	2,473	1,0474	2,1360
	ΣPh = 4,6230		ΣPv = 2,6696				ΣMph = 4,1707	ΣMpv = 3,9288

-Langkah 2 :

Cek stabilitas dinding.

a) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat,

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

ΣMpenahan = ΣMbangunan + ΣMgaya vertikal ke bawah

Luas bangunan dinding = A1 + A2 + A3 + A4

= (0,5.0,45.4,3)+(0,4.4,3)
+(0,5.0,75.4,3)+(0,7.2,5)

= 6,05 m2

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675.1 + 1,72.1,35 + 1,6125.1,8 + 1,75.1,25}{6,05}$$

= 1,385 m (dari AE)

Berat bangunan = A x Bj

= 6,05 x 2,2

= 13,31 t/m'

ΣMpenahan = ΣMbs + ΣMpv

= (13,31.1,385) + 3,9288

= 22,3628 tm

ΣMguling = ΣMph = 4,1707 tm

FS = 22,3628/4,1707 = 5,362 > 2 (konstruksi aman)

b) Chek Geser :

Dari rumus (2-1) didapat :

$$FS = \frac{V.tg\phi' + Pph + c'.B}{Pah} \geq 1,5$$

V total = V berat bangunan + gaya vertikal Coulomb

= 13,31 + 2,6696 = 15,9796 ton

c' = 0,75 c

= 0,75x1,03 = 0,7725 t/m2

Pph = 0

$$FS_{geser} = \frac{V\ tg\phi + c'B}{Pah} = \frac{13,31\ tg23° + 0,7725x2,5}{4,623}$$

= 2,02 > 2 (konstruksi aman)

C) Chek geser pada badan :

Luas yang ditinjau hanya bagian CDGH (trapesium) saja.

A trapesium = (0,5x0,45x4,3)+(0,4x4,30)+(0,5x0,75x4,3)

= 4,3 m^2

Berat bangunan = 4,3 x 2,2

= 9,46 ton

tgφ = 1, Pah = 0,011 + 0,404 + 0,415 + 2,222 = 3,052 t

$$FS = \frac{Vtg\phi}{Pah} = \frac{9,46 \times 1}{3,052} = 3,1 > 1,5$$

Konstruksi aman tidak pecah.

d) *Chek tegangan desak pada badan :*

Mencari titik berat bangunan trapesium :

$$x = \frac{(0,45 \times 0,5 \times 4,3 \times 0,3)+(0,4 \times 4,3 \times 0,65)+(0,5 \times 0,75 \times 4,3 \times 1)}{4,3}$$

$= 0,74$ m

e = (Alas trapesium / 2) - 0,74

$= 0,8 - 0,74 = 0,06$m

$q_1 = V/B\ (1+6e/B)$

$q_1 = 9,46/1,6\ [1+(6 \times 0,06/1,6)]$

$= 7,24\ t/m^2 < 10\ t/m^2$

$q_2 = V/B(1-6e/B)$

$= 9,46/1,6[1-(6 \times 0,06/1,6)]$

$= 4,582\ t/m^2 < 10\ t/m^2$

Konstruksi aman tidak terjadi tarik pada badan.

e) *Chek daya dukung ijin tanah :*

$\sigma_{ult} = c.Nc + \tau.Df.Nq + 0,5.\tau.B.N\tau$

$= (0,773 \times 22,14)+(1,89 \times 2 \times 7,43+2 \times 1 \times 9,538+1,95 \times 2 \times 10,592)$

$+(0,5 \times 2,5 \times 1,95 \times 7,36)$

$= 123,513\ t/m^2$

$\sigma_{ijin} = \sigma_{ult}/3$

$= 41,171\ t/m^2$

$q_1 = V/B(1+6e/B)$

$= 15,9796/2,5\ [1+(6 \times 0,283/2,5)]$

$= 10,733\ t/m^2 < 41,171\ t/m^2$

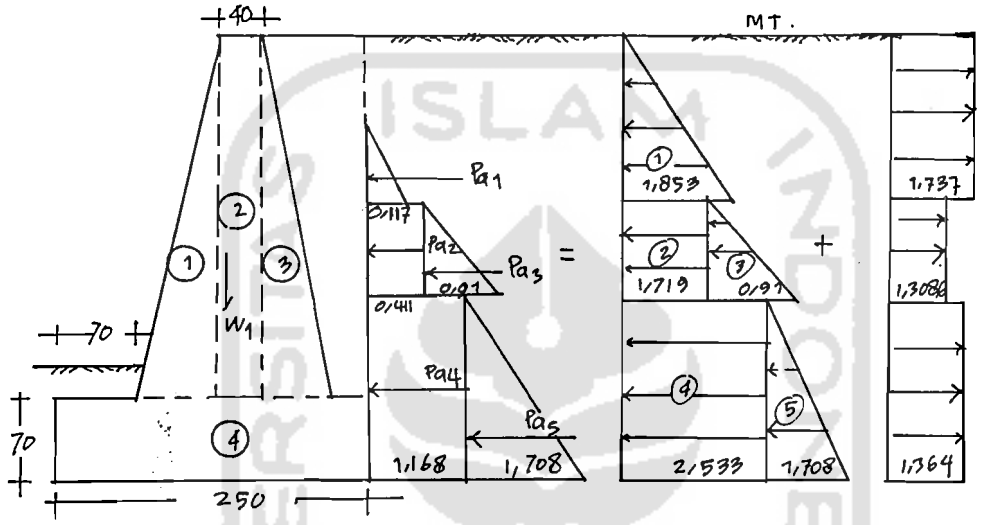
$q_2 = V/B(1-6e/B)$

$= 15,9796/2,5\ [1-(6 \times 0,283/2,5)]$

$= 2,051\ t/m^2 < 41,171\ t/m^2$

Secara keseluruhan dimensi yang ada aman terhadap gaya lateral dengan menggunakan teori Coulomb. Dengan dimensi yang sama akan dicoba dengan menggunakan teori Rankine.

4.4.4 Aplikasi Teori Rankine Pada tanah Kohesif berlapis.



Data :

No	Lapisan tnh	ϕ°	τb(t/m3)	c(t/m2)	Ka
1	Lapisan 1	20	1,89	1,24	0,4903
2	Lapisan 2	22	2,00	0,97	0,4550
3	Lapisan 3	23	1,95	1,03	0,4381

Lapisan tnh	No.diagram	Pa(t/m2)	Pa(t/m')	
Lapisan 1	1	1,89x0,4903x2 =1,853 2x1,24x√0,4903=-1,7365	Pa1	0,5x0,130x(1,853-1,7365)=0,008
lapisan 2	2	1,89x0,4550x2 =1,7199	Pa2	(1,7199-1,3086)x1=0,4113
	3	2x0,4550x1 =0,9100 2x0,97x√0,4550=-1,3086	Pa3	0,5x1x0,9100=0,4550
Lapisan 3	4	1,89x0,4381x2 =1,6560	Pa4	[(1,656+0,876)-1,364]x2=2,337
	5	2x0,4381x1 =0,8762 1,95x0,4381x2 =1,7081 2x1,03x√(0,4381)=-1,3635	Pa5	0,5x1,709x2=1,7086

-Langkah 2 :

Cek stabilitas dinding.

a) Cek guling :

Dari rumus (2-2) didapat,

$$FS = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen guling}} \geq 1,5$$

ΣMpenahan = ΣMbangunan + ΣMgaya vertikal ke bawah

Luas bangunan dinding = A1 + A2 + A3 + A4

= (0,5.0,45.4,3)+(0,4.4,3)
+(0,5.0,75.4,3)+(0,7.2,5)

= 6,05 m2

Mencari titik berat bangunan dari AE:

$$x = \frac{0,9675.1 + 1,72.1,35 + 1,6125.1,8 + 1,75.1,25}{6,05}$$

= 1,385 m (dari AE)

Berat bangunan = A x Bj
= 6,05 x 2,2
= 13,31 t/m'

No	Pp(Brt tanah)		Pp(Brt bangun)		Jarak c-m	Jarak d-m	MW2 =W xc(t/m)	MW1 =W1xd(t/m)
1	W2	0,6615			1,783		1,1797	
2	W3	2,0790			2,175		4,5218	
3	W4	0,1800	W1	13,3100	2,020	1,3850	0,3636	18,4344
4	W5	1,0000			2,330		2,3300	
5	W6	0,6825			2,313		1,5789	
6	W7	0,5850			2,375		0,1389	
	ΣW2= 5,1880		ΣW1 = 13,3100				ΣMW1 = 9,1129	ΣMW2 = 18,4344
							ΣMWt = ΣMW1 +ΣMW2 = 27,5473	

-Mencari momen guling:

No.	P_a	Lengan y (m)	$M=P_a$ .y(tm)
1	0,0076	2,1186	0,0231
2	0,4113	2,2330	1,0283
3	0,4550	2,2620	1,0617
4	2,3374	2,4970	2,3374
5	1,7086	0,6667	1,1391
			ΣMa=5,5895

ΣMguling = ΣMa = 5,5895 tm

ΣMpenahan = ΣMWt = 27,5473 tm

FS = ΣMp/ΣMa

= 27,5473/5,5895

= 4,9284 > 2,0 (Konstruksi aman)

b) Chek Terhadap Bahaya Geser

Dari rumus (2-1) didapat,

$$FS = \frac{V.tg\phi' + Pph + c'.B}{Pah} \geq 1,5$$

Pph = 0 , c'= 0,7725 t/m², B = 2,5 m

V = V bang + V tanah

= 6,05x2,2 + 5,188

= 18,498 t/m^2

$$FS = \frac{18,498.tg23° + 0 + 0,7725.\ 2,5}{4,9199}$$

= 9,7832/4,9199

= 1,9884 ≈ 2,0

Konstruksi aman terhadap geser.

c) Chek Geser Badan

Diambil bagian atas yang berbentuk CDGH (trapesium)

$V_{badan} = A_{badan} \times \tau_{btk}$

$= 4,3 \times 2,2$

$= 9,46$ ton

$tg\phi = 1$ (pasangan batu kali)

$FS = V.tg\phi/Pa$

$= 9,46/4,9199$

$= 1,9228 > 1,5$ (Konstruksi aman)

d) Chek Desak Badan

$V_{badan} = 9,46$ Ton/m^2

Titik berat trapesium (x) :

$$x = \frac{[(0,5x0,45x4,3x0,3)+(0,4x4,3x0,65)+(0,5x0,75x4,3x1,1)]}{[(0,5x0,45x4,3)+(0,4x4,3)+(0,5x0,75x4,3)]}$$

$= 0,740$ m

$e = 0,5xB' - x$

$= 0,5x1,8 - 0,74$

$= 0,06$ m

$q_{12} = V/B'(1 \pm 6e/B')$

$q_1 = 9,46/1,8(1+6x0,06/1,8)$

$= 6,3067$ t/m^2 < 10 t/m^2 (kontruksi aman)

$q_2 = 9,46/1,8(1-6x0,06/1,8)$

$= 4,2044$ t/m^2 < 10 t/m^2 (Konstruksi aman)

e) Chek Tegangan Ijin Tanah

$\sigma_{ult} = c.Nc + \tau.Df.Nq + 0,5.\tau.B.N\tau$

$= (1,03x22,14)+(1,89x2x7,43+2x1x9,538+1,95x2x10,592)$

$+(0,5x2,5x1,95x7,36)$

$= 123,513$ t/m^2

$\sigma_{ijin} = \sigma_{ult}/3$

$= 41,171\ t/m^2$

Mencari titik berat bangunan dan tanah

x = (Mp1 + Mp2)/(Pp1 + Pp2)

= (18,4344+9,1129)/(13,31+5,188)

= 1,4892 m

Kemudian didapat eksentrisitas (e)

e = x - 0,5xB

= 1,4892-0,5x2,5

= 0,2392 m

$q_{12} = V/B(1\pm6e/B)$

$q_1 = 18,498/2,5(1+6x0,2392/2,5)$

$= 11,6469\ t/m^2 < q_{ijin}$ (Konstruksi aman)

$q_2 = 18,498/2,5(1-6x0,2392/2,5)$

$= 3,1515\ t/m^2 < q_{ijin}$ (Konstruksi aman)

4.5 Hasil Analisa

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan bahwa nilai angka keamanan untuk geser dan guling akibat gaya lateral berdasarkan kedua teori tidak jauh berbeda, demikian pula untuk nilai desak badan dan tegangan tanah yang terjadi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Hasil Analisa Pada Tanah Non Kohesif

	FS			Desak Bdn(t/m²)		σ_{tnh} terjadi(t/m²)	
Teori	Geser	Guling	Geser Bdn	q1	q2	q1	q2
Coulomb	1,687	2,5723	1,5	7,6931	4,0602	12,7925	1,4110
Rankine	1,5789	2,3594	1,4126	7,6931	4,0602	12,0372	1,8382

Tabel 4.7 Hasil Analisa Pada Tanah Kohesif Berlapis

	FS			Desak Bdn(t/m²)		σ_{tnh} terjadi(t/m²)	
Teori	Geser	Guling	Geser Bdn	q1	q2	q1	q2
Coulomb	2,02	5,362	3,10	7,240	4,582	10,7330	2,051
Rankine	2,00	4,9284	1,9228	6,3067	4,2044	11,6469	3,1515

Angka keamanan untuk teori Rankine relatif lebih kecil dari teori Coulomb, ini menunjukkan bahwa nilai tekanan lateral aktif Rankine lebih besar dari Coulomb. Angka keamanan pada tanah kohesif lebih besar dari angka keamanan pada tanah non kohesif. Kenaikkan angka keamanan disebabkan oleh menurunnya tekanan lateral aktif akibat kohesi tanah.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1.Umum

Dalam meninjau dan mempelajari pengaruh gaya lateral pada dinding penahan tanah menurut teori Coulomb dan Rankine, pembahasan berdasarkan pada nilai dari parameter-parameter yang mempengaruhi besar distribusi gaya lateral. Parameter-parameter tersebut berasal dari jenis tanah dan bentuk struktur dinding penahan, yaitu:

1. Pengaruh jenis tanah yang ditinjau menghasilkan parameter sudut geser dalam tanah (ø), kohesi tanah (c) dan kemiringan tanah dibelakang dinding (β).
2. Pengaruh bentuk bangunan atau struktur menghasilkan parameter sudut kemiringan dinding sebelah dalam (α) dan sudut gesekan antara dinding dan tanah (δ).

Masing-masing parameter ini digunakan pada kedua teori diatas, hal ini dapat dilihat dari rumus-rumus berikut :

$$Pa = 0,5.\tau.H^2.Ka - 2.c.\sqrt{Ka}.H$$

$$Pp = 0,5.\tau.H^2.Kp + 2.c.\sqrt{Kp}.H$$

Dengan nilai Ka dan Kp masing-masing:

-Coulomb :

$$Ka = \frac{\sin^2(\alpha+\phi)}{\sin^2\alpha.\sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta).\sin(\phi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta).\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2}$$

$$Kp = \frac{\sin^2(\alpha-\phi)}{\sin^2\alpha.\sin(\alpha+\delta)\left[1+\sqrt{\left[\frac{\sin(\phi+\delta).\sin(\phi+\beta)}{\sin(\alpha+\delta).\sin(\alpha+\beta)}\right]}\right]^2}$$

-Rankine :

$$Ka = \cos\beta \frac{\cos\beta-\sqrt{(\cos^2\beta-\cos^2\phi)}}{\cos\beta+\sqrt{(\cos^2\beta-\cos^2\phi)}}$$

$$Kp = \cos\beta \frac{\cos\beta+\sqrt{(\cos^2\beta-\cos^2\phi)}}{\cos\beta-\sqrt{(\cos^2\beta-\cos^2\phi)}}$$

Koefisien tekanan tanah berhubungan erat dengan besarnya tekanan lateral yang dihasilkan tanah. Perbandingan besarnya koefisien tanah aktif dan pasif diperlukan untuk menunjukkan perbedaan kedua teori dalam aplikasinya dalam struktur dinding penahan tanah, dengan meninjau stabilitas dinding terhadap bahaya geser dan guling.

5.2 Pengaruh Jenis Tanah.

Pengetahuan dan informasi tentang jenis tanah diperlukan dalam merencanakan struktur dinding penahan tanah. Untuk mendapatkan data-data dari jenis tanah bisa dilakukan penyondiran di lokasi yang akan dibangun. Dari penyondiran akan didapatkan jenis tanah pada kedalaman

tertentu, berdasarkan sampel yang diambil. Data-data tersebut menjadi parameter dalam persamaan untuk mendapatkan koefisien tanah menurut teori Coulomb atau Rankine.

5.2.1 Pengaruh Sudut Geser Dalam Tanah (ø).

Tanah tidak mampu untuk menahan gaya tarik atau desak, yang menahannya adalah gaya geser antara butir-butir tanah. Sudut geser yang terbentuk antara butir-butir dalam tanah disebut sudut geser dalam (ø). Nilai sudut geser dalam dapat dicari dengan percobaan di laboratorium, untuk tanah kohesif (lempung basah atau murni) tidak mempunyai sudut geser dalam (ø=0). Nilai ø untuk tanah pasir dan lanau kondisi "drained" dapat dilihat pada lampiran.

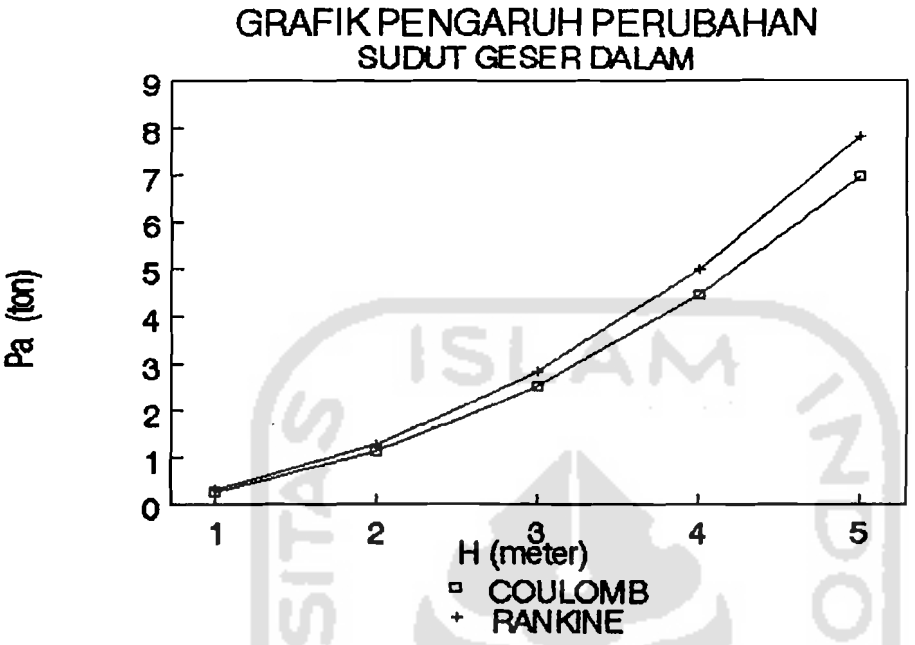
Untuk melihat pengaruh sudut geser dalam pada nilai tekanana tanah lateral dapat dilihat pada tabel perhitungan berikut.

Tabel 5.1 Perhitungan Pengaruh Perubahan Sudut Geser Dalam Tanah (ø)

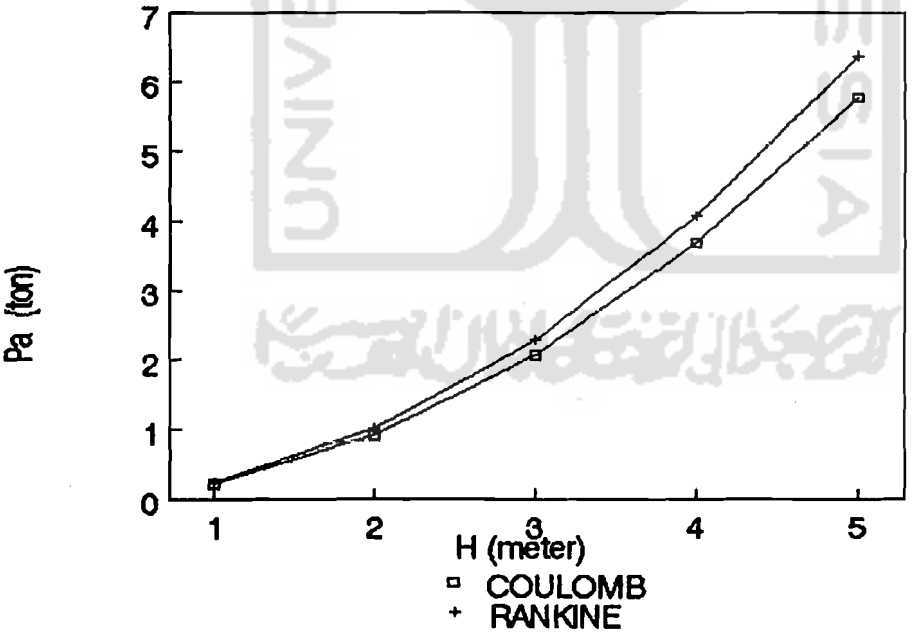
ø=30°	α=90°	β=0°	δ=20°	
	Coulomb		Rankine	
	Ka=0,297	Kp=6,105	Ka=0,333	Kp=3,000
H(m)	Pa(t)	Pp(t)	Pa(t)	Pp(t)
1	0,279	5,738	0,313	2,82
2	1,1167	22,955	1,252	11,280
3	2,513	51,648	2,817	25,380

4	4,467	91,819	5,000	45,200
5	6,9795	143,468	7,826	70,500
	ø=35°	α=90°	β=0°	δ=20°
H	Ka=0,245	Kp=8,323	Ka=0,271	Kp=3,690
1	0,230	7,824	0,255	3,469
2	0,921	31,295	1,020	13,874
3	2,073	70,412	2,293	31,217
4	3,685	125,178	4,076	55,498
5	5,758	195,591	6,368	86,715
	ø=40°	α=90°	β=0°	δ=20°
H	Ka=0,199	Kp=11,771	Ka=0,217	Kp=4,599
1	0,187	11,065	0,204	4,323
2	0,748	44,259	0,816	17,292
3	1,680	99,583	1,835	38,908
4	3,000	177,036	3,264	69,169
5	4,677	276,619	5,100	108,077

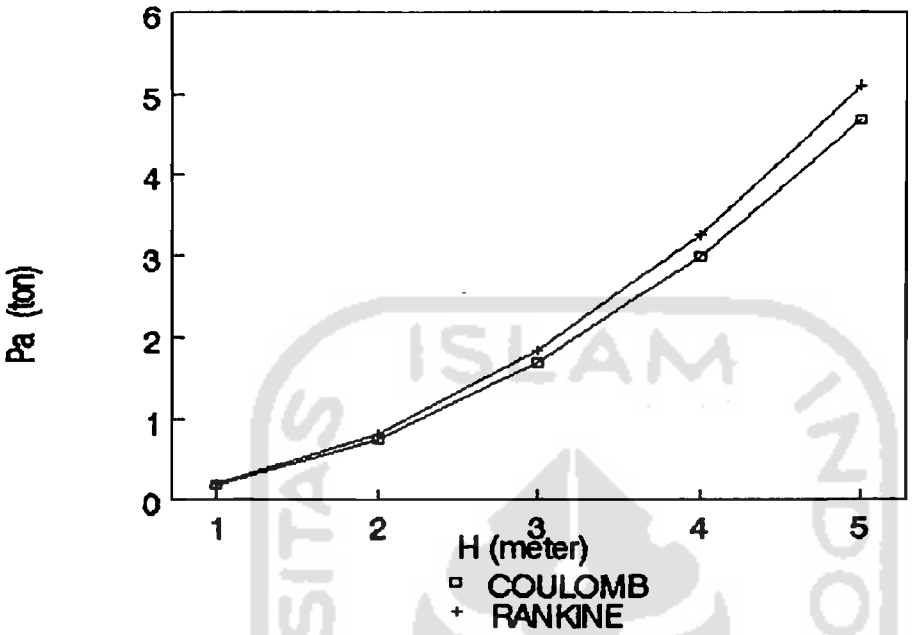
Pengaruh nilai ø pada kedua teori memberikan hasil yang sama yaitu semakin besar nilai ø maka nilai tekanan tanah aktif semakin kecil, sedangkan untuk tekanan tanah pasif semakin bertambah. Ini berarti besar butir tanah berpengaruh pada nilai tekanan tanah. Agar lebih jelas dapat dilihat pada grafik. Dari grafik terlihat perbedaan yang cukup jelas antara teori Rankine dan Coulomb. Semakin besar ø selisih nilai antara kedua teori semakin kecil.



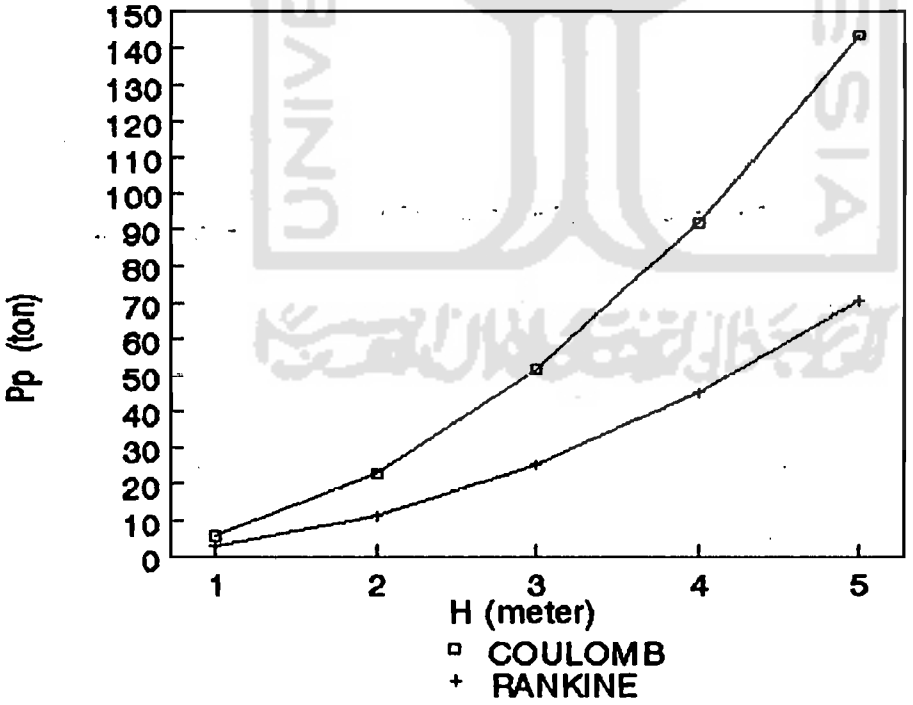
Grafik 5.1 ø = 30°



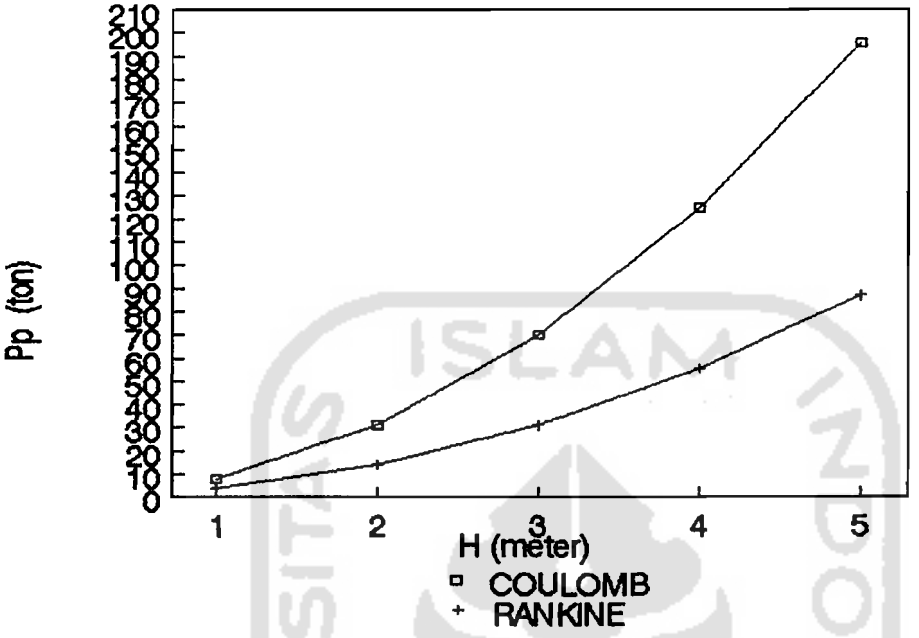
Grafik 5.2 ø = 35°



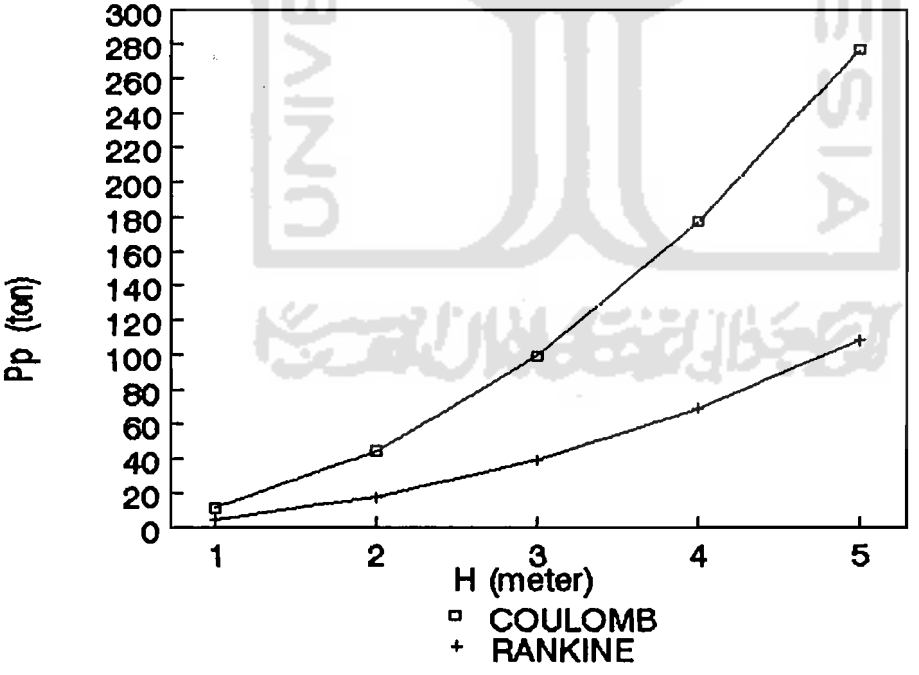
Grafik 5.3 ø = 40°



Grafik 5.4 ø = 30°



Grafik 5.5 ø = 35°



Grafik 5.6 ø = 40°

Pada kedalaman 5 meter selisih nilai tekanan tanah aktif pada ø yang berbeda sekitar 9-10% . Untuk tekanan tanah pasif selisih keduanya sangat besar, lebih dari dua kali lipat nilai tekanan pasif Rankine. Hal ini disebabkan oleh pengaruh nilai sudut geser antara dinding dan tanah δ. Dari penyelesaian cara grafis untuk tekanan pasif, sudut δ menambah besar nilai Pp.

5.2.2. Pengaruh Sifat Kohesi Tanah (c)

Sifat kohesi tanah adalah sifat tarik-menarik antara partikel-partikel atau butiran didalam tanah. Pada koefisien tanah nilai c tidak berpengaruh tetapi akan mengurangi besarnya tekanan pada kondisi aktif dan menambah besar tekanan pada kondisi pasif. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada rumus berikut :

$$Pa = 0,5.\tau.H^2.Ka - 2.c.\sqrt{Ka}.H$$

$$Pp = 0,5.\tau.H^2.Kp + 2.c.\sqrt{Kp}.H$$

Nilai c dapat dicari dengan peneitian di laboratorium. Perubahan-perubahan tekanan tanah lateral yang disebabkan oleh nilai c dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan berikut ini.

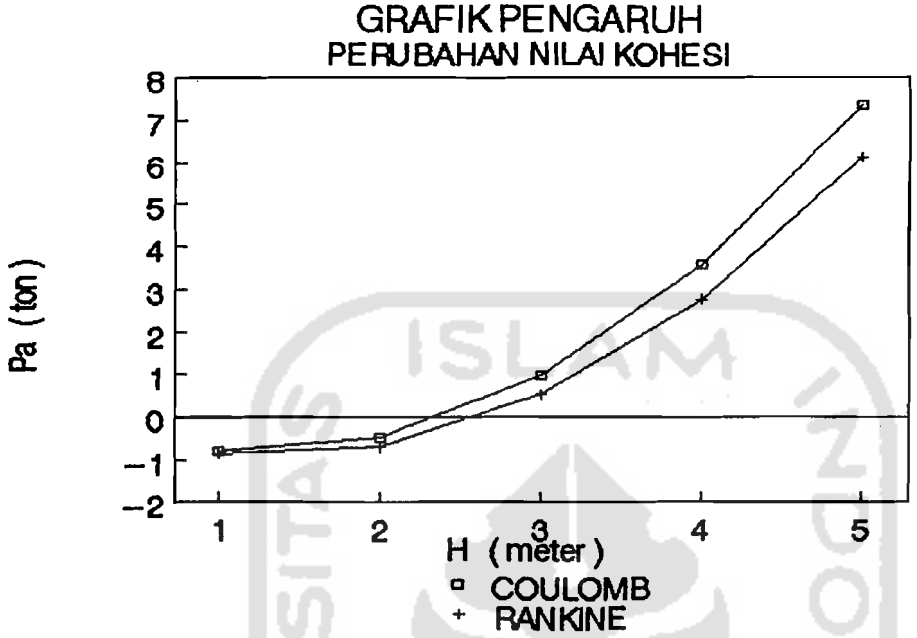
Tabel 5.2 Perhitungan Pengaruh Nilai c

Pada Tekanan Tanah Lateral

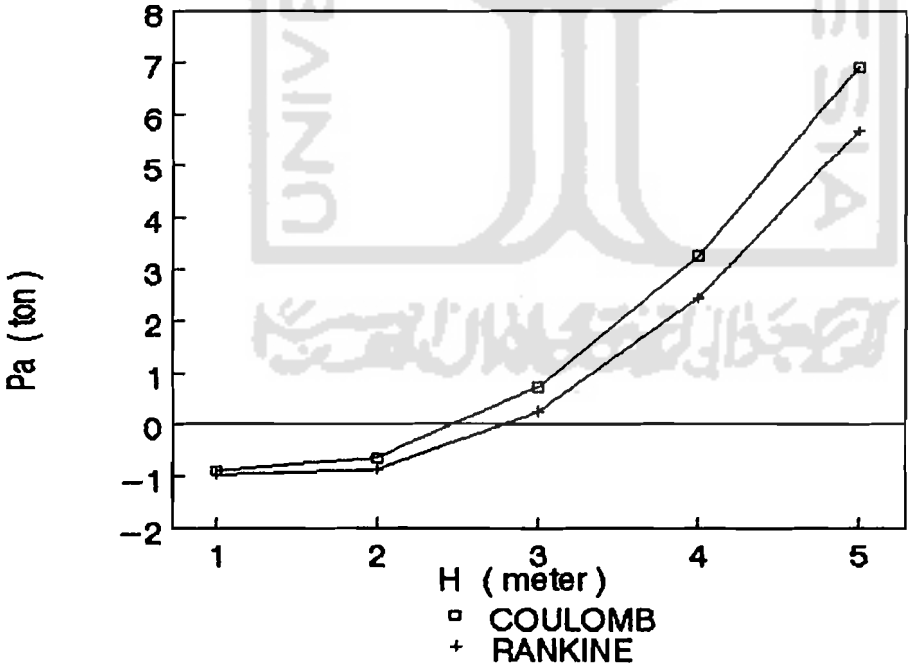
α=80° ø=21° β=14° δ=20° c=0,97 t/m2			
Coulomb		**Rankine**	
Ka=0,6745	Kp=5,2966	Ka=0,5547	Kp=1,6971
2c√Ka=1,5933	2c√Kp=4,4648	2c√Ka=1,4448	2c√Kp=2,5273

H	Pa(t)	Pp(t)	Pa(t)	Pp(t)
1	-0,8103	9,0483	-0,8771	4,1819
2	-0,4855	25,6225	-0,7047	11,6733
3	0,9863	51,8507	0,5173	22,4631
4	3,5931	87,0352	2,7887	36,5839
5	7,3391	131,141	6,1097	54,0033
α=80°		ø=21° β=14°	δ=20°	c=1,03t/m²
2c√Ka=1,6918		2c√Kp=4,7409	2c√Ka=1,5343	2c√Kp=2,6836
H	Pa(t)	Pp(t)	Pa(t)	Pp(t)
1	-0,8956	8,5780	-0,9639	4,3382
2	-0,6522	26,1007	-0,8784	11,9859
3	0,7303	52,5681	0,2567	22,9429
4	3,2519	87,9800	2,4414	37,2092
5	6,9126	132,3366	5,6755	54,7848
α=80°		ø=21° β=14°	δ=20°	c=1,24t/m²
2c√Ka=2,0367		2c√Kp=5,7075	2c√Ka=1,8471	2c√Kp=3,2307
H	Pa(t)	Pp(t)	Pa(t)	Pp(t)
1	-1,1943	9,4152	-1,2675	4,8854
2	-1,2495	27,7749	-1,4854	13,0801
3	-0,1657	55,0794	-0,6538	24,5842
4	2,0572	91,3284	1,2273	39,3976
5	5,4191	136,5221	4,1580	57,5203

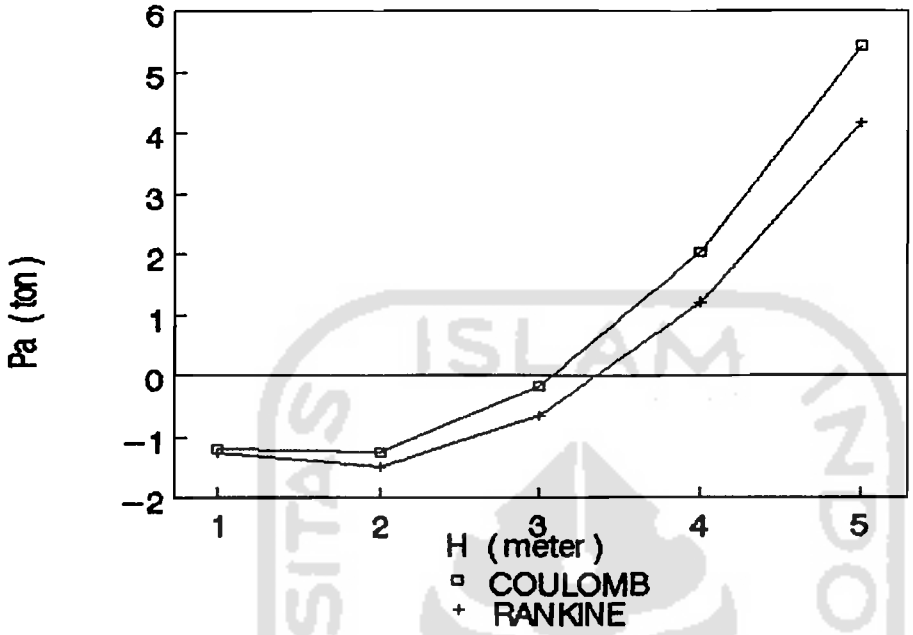
Semakin besar nilai c maka untuk tekanan tanah aktif semakin kecil sedangkan untuk tekanan pasif semakin besar. Lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut.



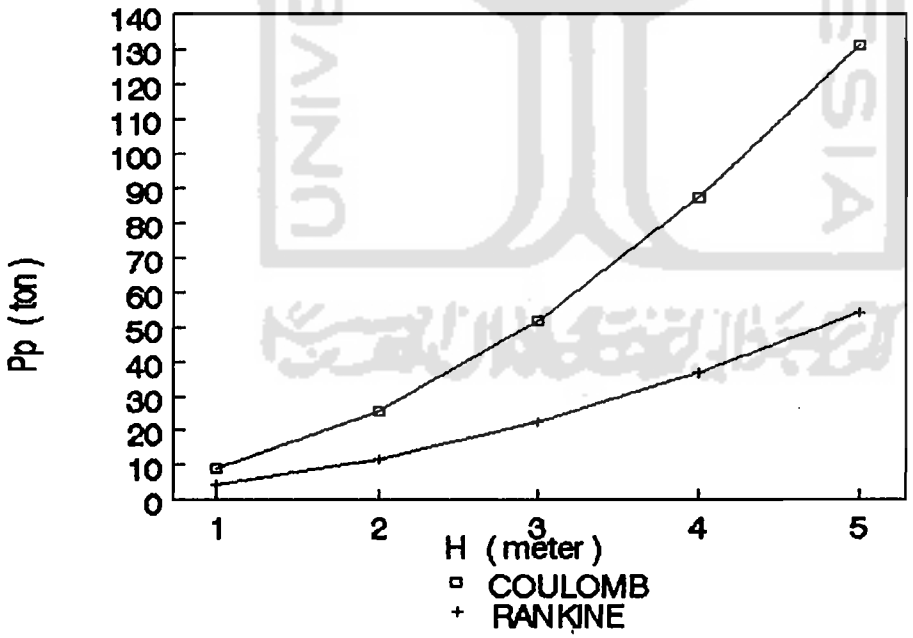
Grafik 5.7 c = 0,97 t/m²



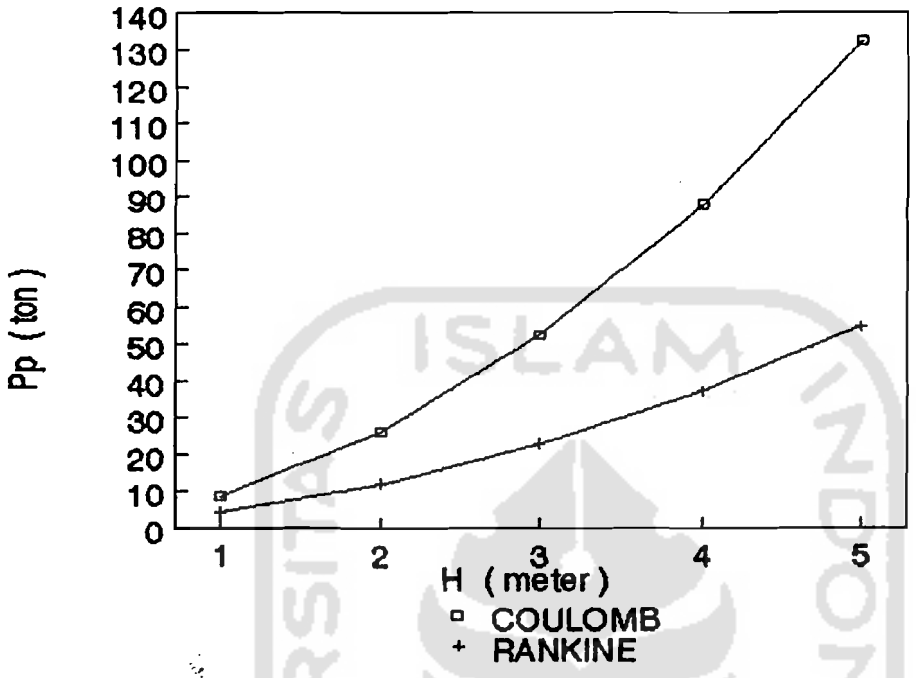
Grafik 5.8 c = 1,03 t/m²



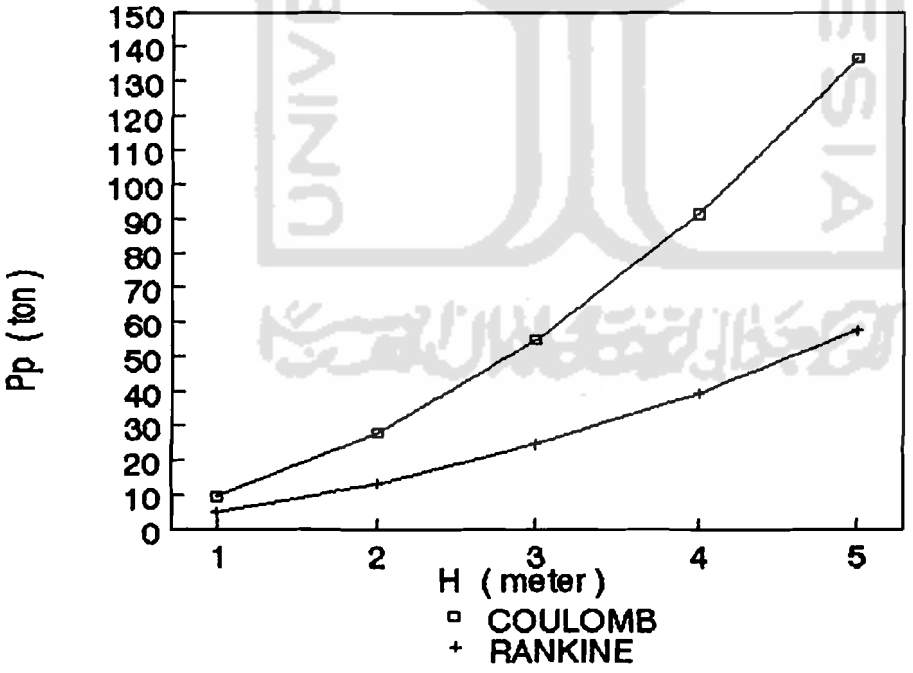
Grafik 5.9 c = 1,24 t/m²



Grafik 5.10 c = 0,97 t/m²



Grafik 5.11 c = 1,03 t/m²



Grafik 5.12 c = 1,24 t/m²

Nilai tekanan tanah teori Coulomb memberikan distribusi yang lebih besar dari pada teori Rankine, ini disebabkan nilai Ka Coulomb yang lebih besar dari Rankine. Selisih nilai tekanan aktif kedua teori sekitar 30% hal ini disebabkan nilai ø yang kecil, semakin kecil ø selisih nilai tekanan lateral semakin besar.

5.2.3 Pengaruh Kemiringan Permukaan Tanah Urugan (β).

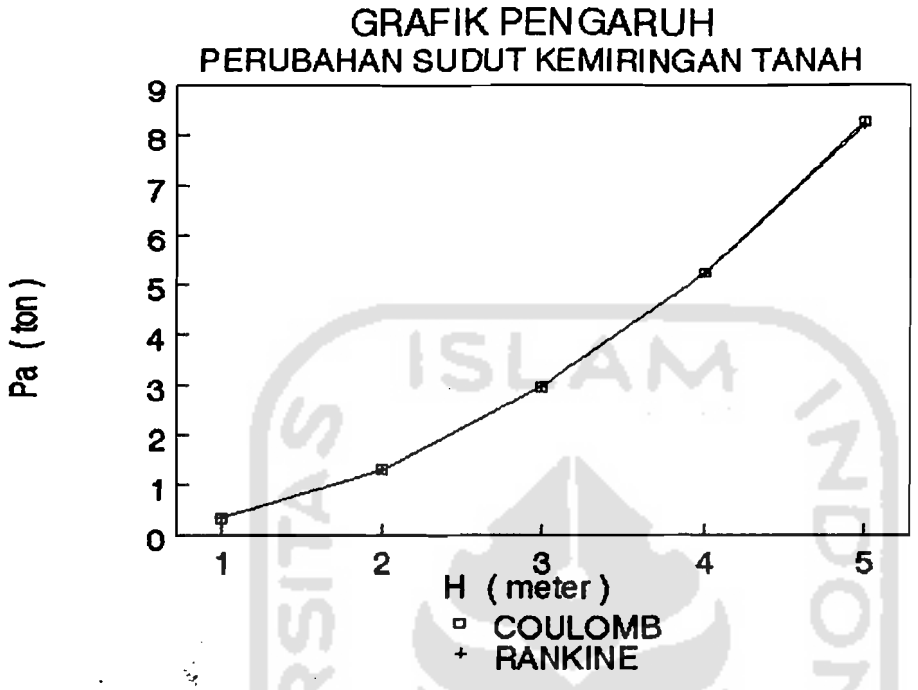
Pada kenyataanya permukaaan tanah urugan tidak selalu datar tetapi juga mempunyai kemiringan (β). Nilai sudut β maximum tergantung dari jenis tanah yang ada, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran. Sudut β berpengaruh pada nilai distribusi tekanan tanah lateral pada dinding, bahkan pada teori Rankine sudut β mempengaruhi arah kerja tekanan tanah lateral.Untuk melihat pengaruh sudut β terhadap tekanan tanah dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5.3 Perhitungan Pengaruh Perubahan Sudut Kemiringan Tanah (β)

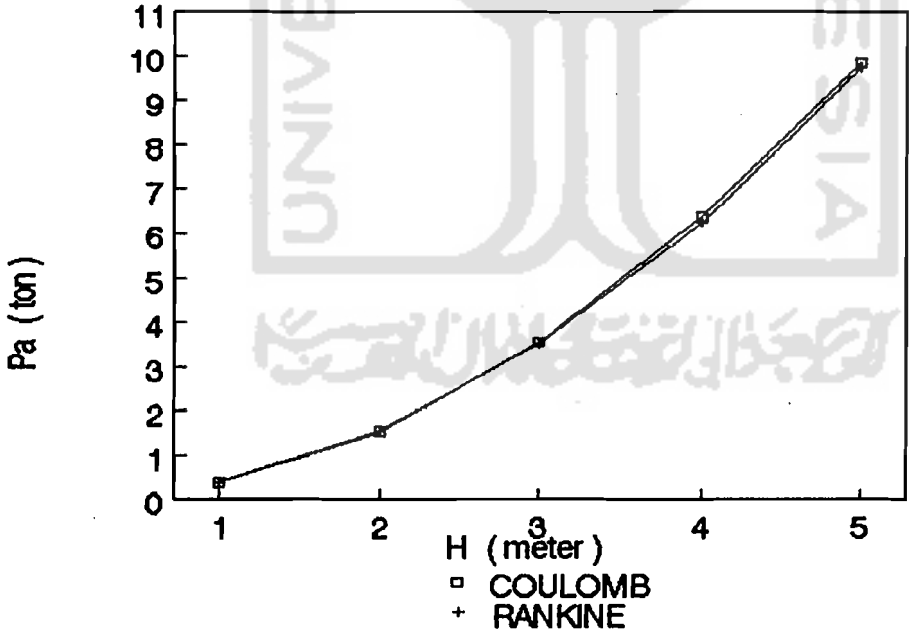
ø=30°	α=90°	β=10°	δ=10°	
	Coulomb		Rankine	
	Ka=0,349	Kp=6,314	Ka=0,349	Kp=2,775
H(m)	Pa(t)	Pp(t)	Pa(t)	Pp(t)
1	0,328	5,935	0,328	2,608
2	1,312	23,741	1,312	10,433
3	2,953	53,416	2,953	23,475

4	5,248	94,963	5,248	41,733
5	8,262	148,379	8,202	65,208
	ø=30°	α=90°	β=20°	δ=10°
H	Ka=0,419	Kp=10,404	Ka=0,4142	Kp=2,132
1	0,394	9,800	0,389	2,004
2	1,536	39,119	1,557	8,016
3	3,545	88,018	3,504	18,037
4	6,362	156,476	6,229	32,653
5	9,846	244,494	9,734	50,102
	ø=30°	α=90°	β=30°	δ=10°
H	Ka=0,762	Kp=20,637	Ka=0,866	Kp=0,866
1	0,716	19,398	0,814	0,814
2	2,865	77,595	3,256	3,256
3	6,446	174,589	7,326	7,326
4	11,461	310,381	13,025	13,025
5	17,907	484,970	20,351	20,350

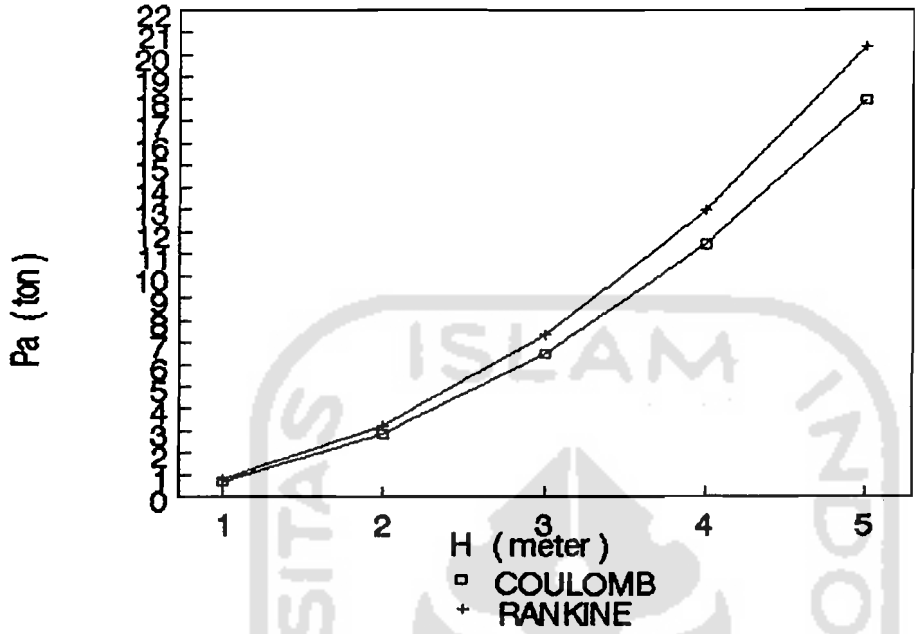
Semakin besar sudut β semakin besar nilai tekanan tanah lateral yang didistribusikan. Tekanan tanah aktif antara teori Rankine dan Coulomb besarnya tidak jauh berbeda untuk sudut β yang kecil, tetapi untuk sudut yang besar perbedaan menjadi lebih jelas, nilai tekanan aktif Rankine lebih besar dari pada Coulomb.Hal ini dapat dilihat jelas pada grafik. Untuk tekanan tanah pasif nilai tekanan menurut Coulomb jauh lebih besar dari pada Rankine.



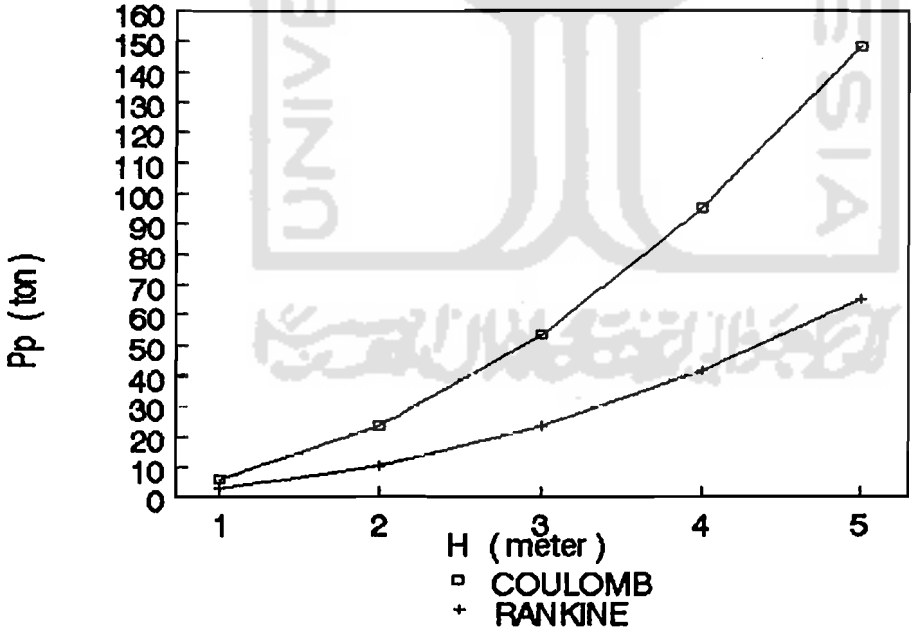
Grafik 5.13 β = 10°



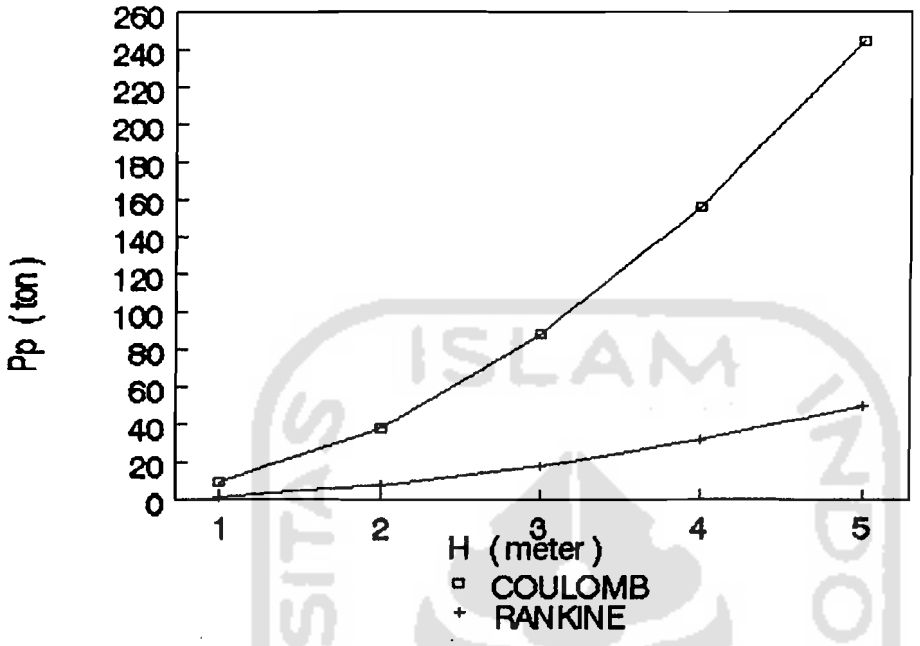
Grafik 5.14 β = 20°



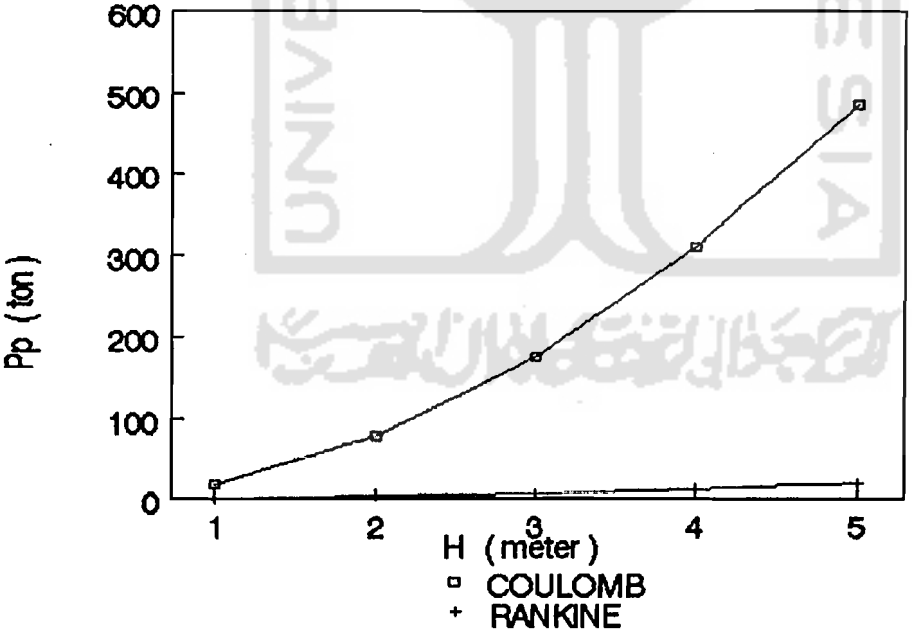
Grafik 5.15 β = 30°



Grafik 5.16 β = 10°



Grafik 5.17 β = 20°



Grafik 5.18 β = 30°

Pada teori rankine jika sudut β dan ø sama maka 1nilai tekanan tanah aktif dan pasif sama besarnya, ini disebabkan oleh nilai koefisien tekanan tanah yang sama.

5.3 Pengaruh Bentuk Bangunan dan Material.

Bentuk dan bangunan dan material yang digunakan dalam kasus ini yaitu bentuk trapesium dengan bahan pasangan batu kali. Dimensi dan ukurannya telah ditentukan dan direncanakan sesuai dengan ketentuan yang ada. Nilai desak pasangan batu kali yang digunakan adalah 1/3 dari nilai desak pasangan batu kali yang disarankan pada umur 28 hari yaitu 30 kg/cm2.

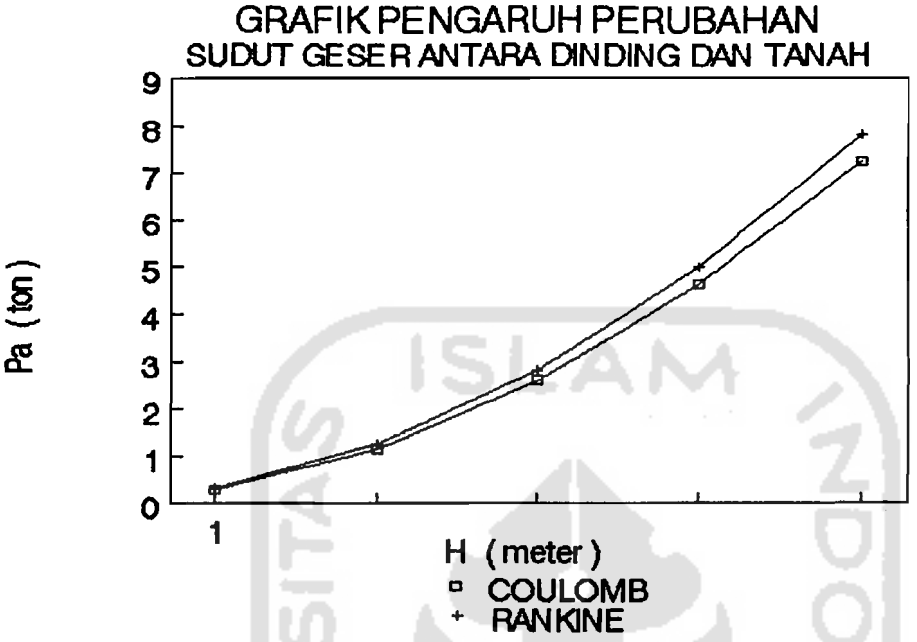
5.3.1 Pengaruh Material.

Material yang digunakan akan berpengaruh pada besar kecilnya nilai sudut gesek antara dinding dan tanah (δ). Adanya pergerakan segitiga keruntuhan menimbulkan gaya gesekan yang mengakibatkan tekanan tanah aktif dan pasif bekerja dengan sudut δ terhadap dinding. Hal ini yang mendasari perbedaan teori Coulomb dan Rankine. Rankine beranggapan bahwa resultan gaya bekerja tegak lurus dinding, sedangkan Coulomb membentuk sebesar δ. Nilai δ untuk jenis dinding dan tanah yang berbeda dapat dilihat pada lampiran. Pengaruh sudut δ dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan berikut ini.

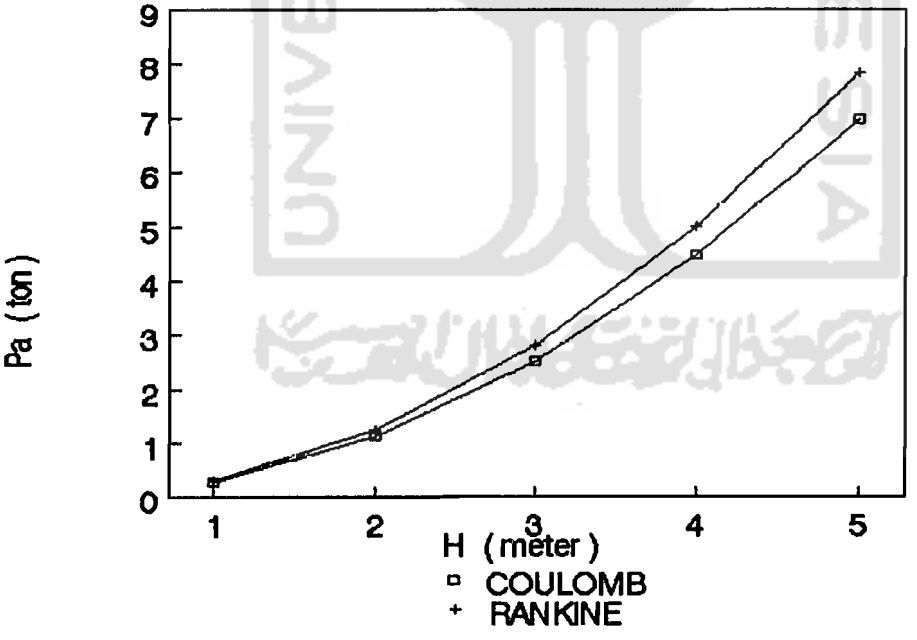
Tabel 5.4 Perhitungan Pengaruh Perubahan Sudut Geser Antara Dinding dan Tanah (δ)

ø=30°	α=90°	β=0°	δ=10°	
	Coulomb		Rankine	
	Ka=0,308	Kp=4,143	Ka=0,333	Kp=3,000
H(m)	Pa(t)	Pp(t)	Pa(t)	Pp(t)
1	0,289	3,894	0,313	2,82
2	1,158	15,378	1,252	11,280
3	2,606	35,506	2,817	25,380
4	4,632	62,311	5,000	45,200
5	7,238	97,361	7,826	70,500
ø=30°		α=90°	β=0°	δ=20°
H	Ka=0,297	Kp=6,105	Ka=0,333	Kp=3,000
1	0,279	5,740	0,313	2,820
2	1,117	22,955	1,252	11,280
3	2,513	51,648	2,817	25,380
4	4,467	91,819	5,000	45,120
5	6,980	143,468	7,826	70,500
ø=30°		α=90°	β=0°	δ=30°
H	Ka=0,297	Kp=10,095	Ka=0,333	Kp=3,000
1	0,195	9,489	0,313	2,820
2	0,778	37,957	1,252	11,280
3	1,751	85,404	2,817	25,380
4	3,113	151,829	5,000	45,200
5	4,860	237,233	7,826	70,500

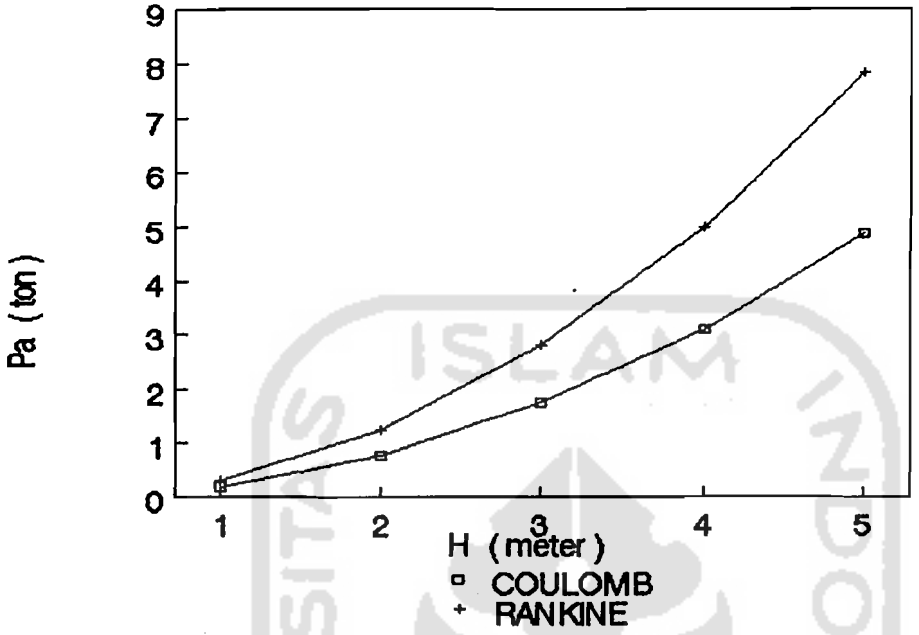
Dari tabel diatas terlihat bahwa pengaruh sudut gesek antara tanah dan dinding cukup besar. Hal ini dapat dilihat pada grafik.



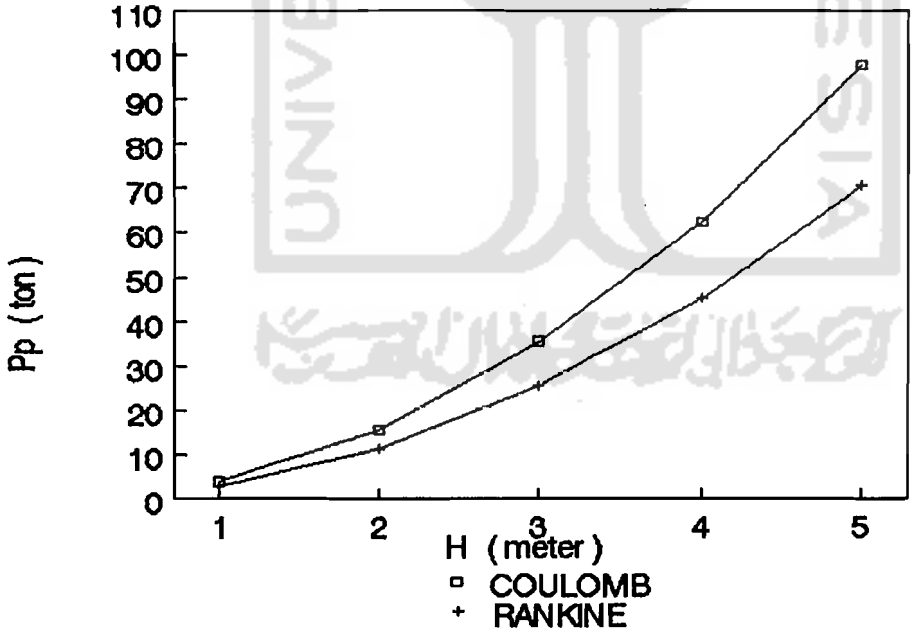
Grafik 5.19 δ = 10



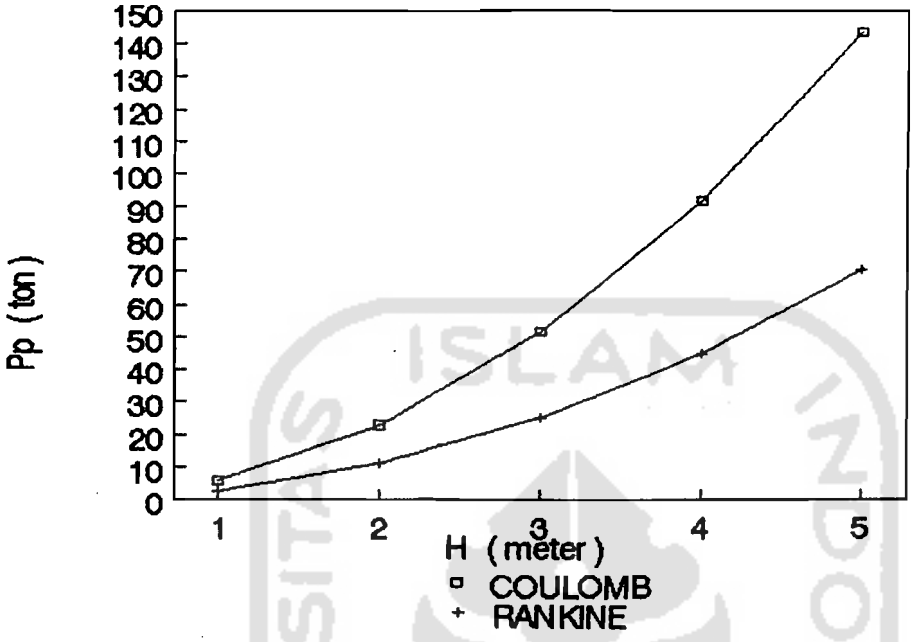
Grafik 5.20 δ = 20°



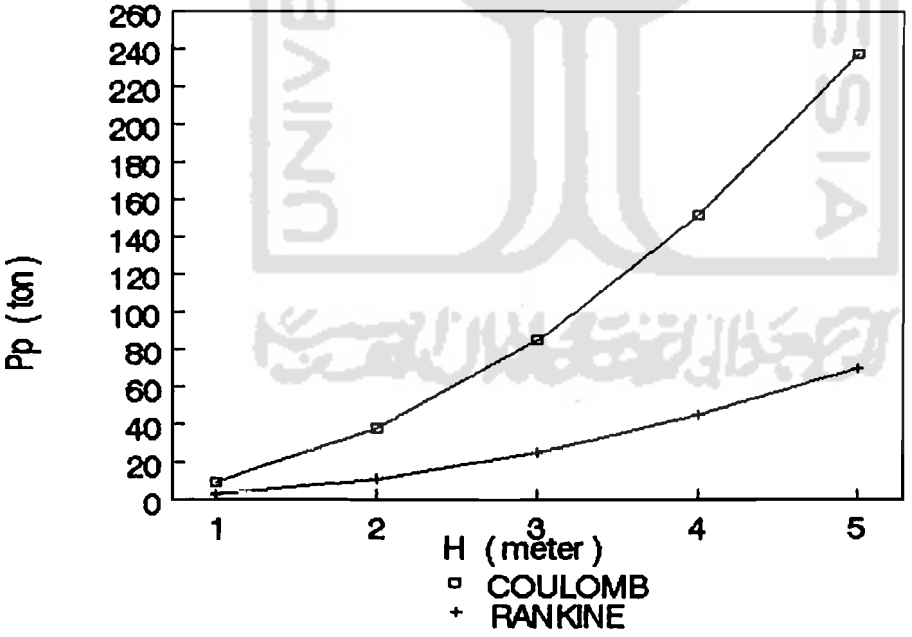
Grafik 5.21 δ = 30°



Grafik 5.22 δ = 10°



Grafik 5.23 $\delta = 20°$

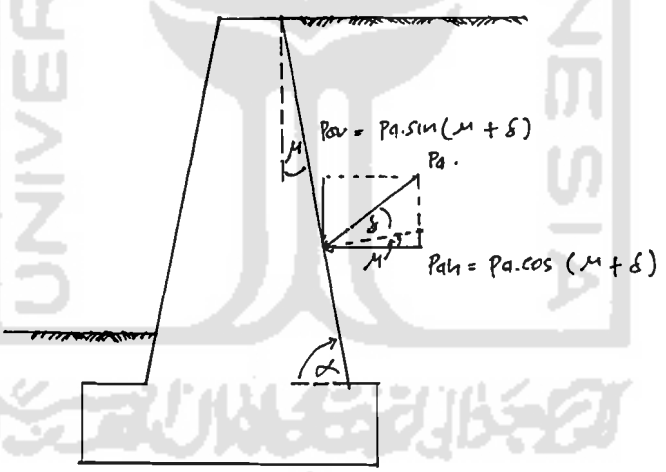


Grafik 5.24 $\delta = 30°$

Untuk teori Coulomb semakin besar nilai sudut δ maka nilai tekanan tanah aktif semakin kecil sebaliknya untuk nilai tekanan tanah pasif. Dalam teori Rankine sudut δ tidak berpengaruh terhadap nilai tekanan tanah lateralnya.

5.3.2 Pengaruh Dimensi Bangunan.

Dalam kasus ini yang dimaksud adalah kemiringan dinding sebelah dalam struktur penahan (α). Khusus untuk teori Coulomb sudut ini akan berpengaruh pada pada arah tekanan tanah lateral disamping sudut δ. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.1 Sudut α dan δ pada struktur

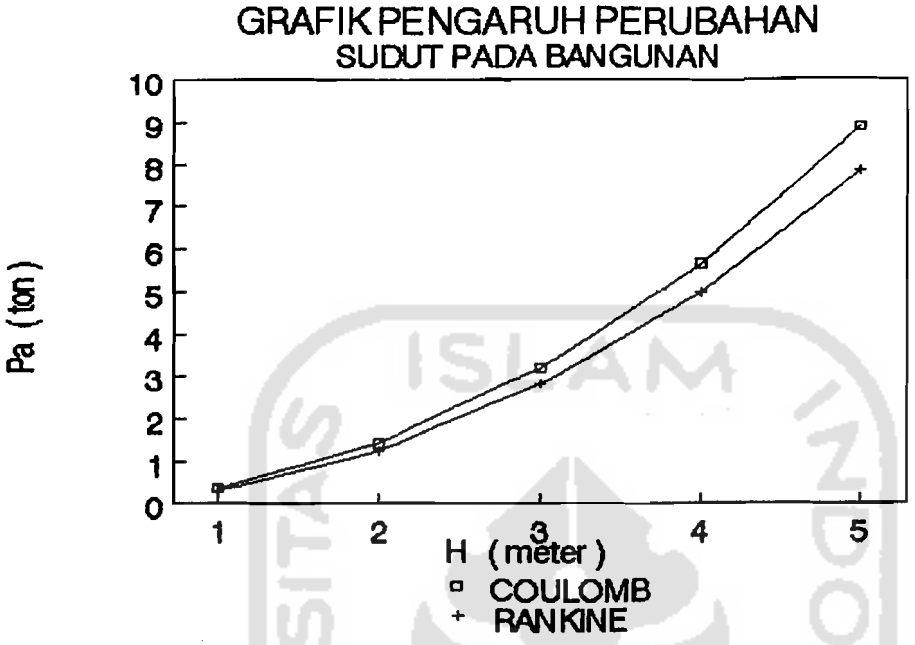
Ini berarti nilai tekanan horisontal tanah akan semakin kecil karena gaya akan diuraikan kearah vertikal dan horisontal dengan sudut sebesar (δ+μ). Selanjutnya pengaruh nilai α dapat dilihat pada tabel perhitungan berikut.

Tabel 5.5 Perhitungan Pengaruh

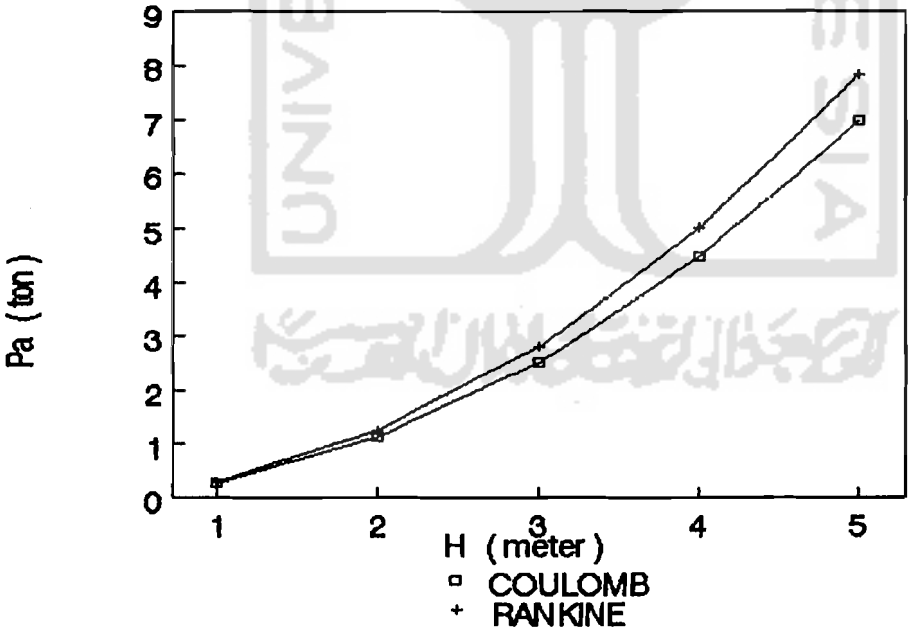
Perubahan Sudut (α) Pada Struktur

ø=30°	α=80°	β=0°	δ=20°
Coulomb		Rankine	
	Ka=0,377 Kp=4,450	Ka=0,333	Kp=3,000
H(m)	Pa(t) Pp(t)	Pa(t)	Pp(t)
1	0,354 4,183	0,313	2,82
2	1,417 16,733	1,252	11,280
3	3,189 37,648	2,817	25,380
4	5,670 69,931	5,000	45,200
5	8,866 104,579	7,826	70,500
ø=30°	α=90°	β=0°	δ=20°
H	Ka=0,297 Kp=6,105	Ka=0,333	Kp=3,000
1	0,279 5,738	0,313	2,820
2	1,117 22,955	1,252	11,280
3	2,513 51,648	2,817	25,380
4	4,467 91,819	5,000	45,120
5	6,980 143,468	7,826	70,500
ø=30°	α=100°	β=0°	δ=20°
H	Ka=0,232 Kp=9,663	Ka=0,333	Kp=3,000
1	0,218 9,083	0,313	2,820
2	0,872 36,333	1,252	11,280
3	1,962 81,748	2,817	25,380
4	3,489 145,323	5,000	45,200
5	5,452 237,081	7,826	70,500

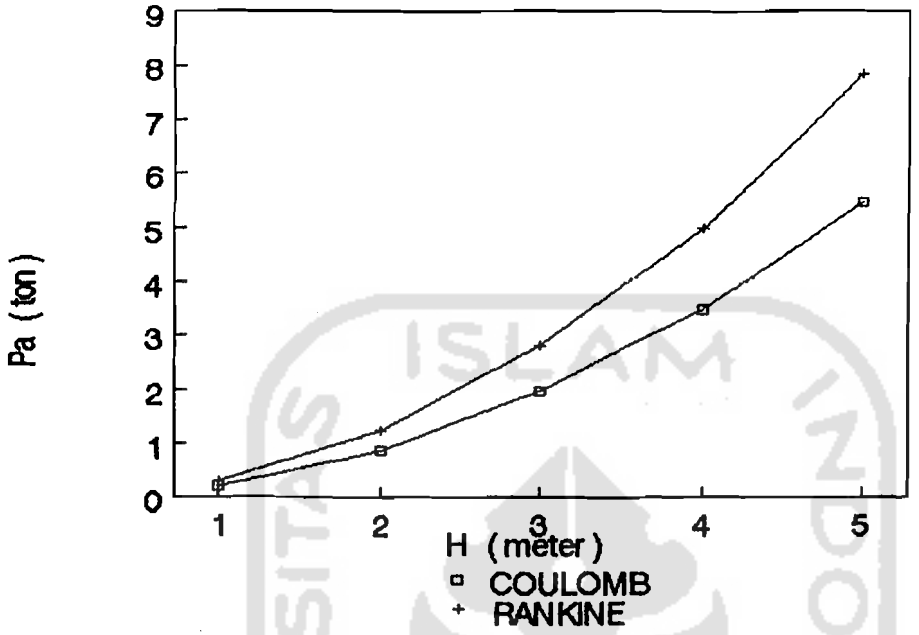
Pada teori Rankine terlihat bahwa tidak ada pengaruh α pada nilai tekanan tanah lateral. Dari grafik berikut hal ini dapat terlihat.



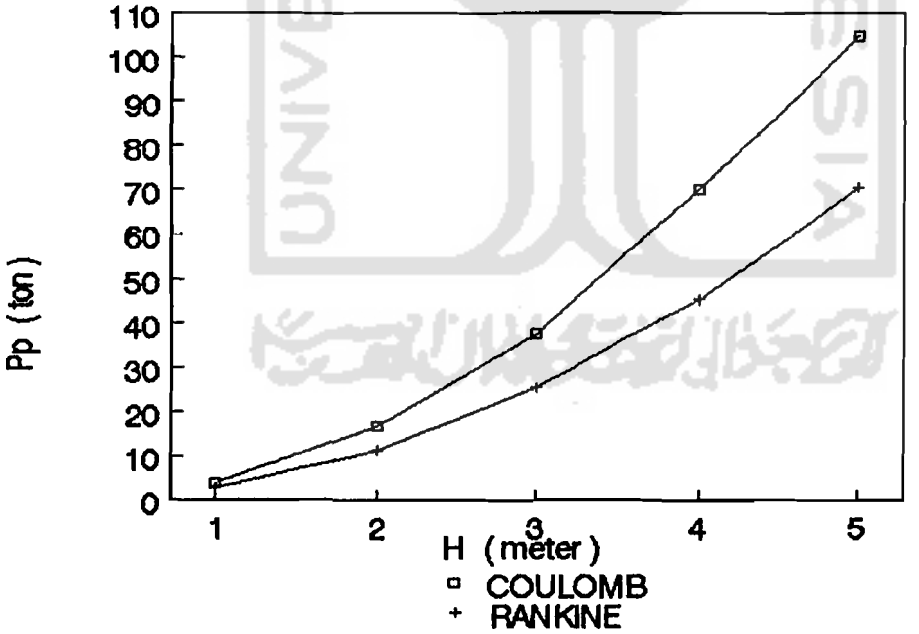
Grafik 5.25 $\alpha = 80°$



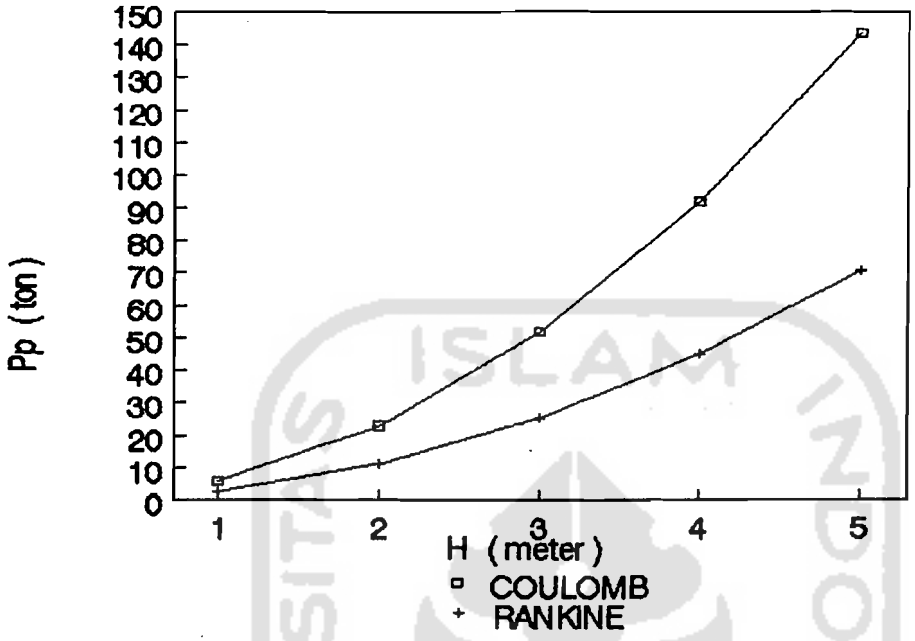
Grafik 5.26 $\alpha = 90°$



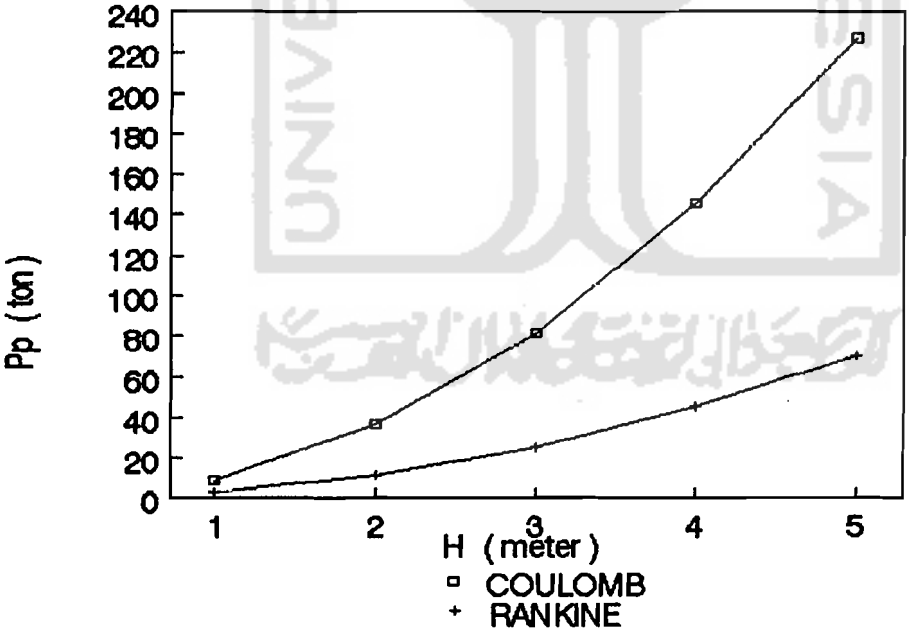
Grafik 5.27 α = 100°



Grafik 5.28 α = 80°



Grafik 5.29 $\alpha = 90°$



Grafik 5.30 $\alpha = 100°$

Pada teori Coulomb semakin besar sudut α maka untuk tekanan tanah aktif semakin kecil tetapi untuk tekanan pasif nilainya menjadi semakin besar.

5.4 Stabilitas Dinding.

Sebagai tahapan akhir untuk perencanaan struktur dinding penahan tanah yaitu dilakukan tinjauan keamanan atau stabilitas terhadap kemungkinan bahaya yang akan merusak struktur. Stabilitas yang ditinjau adalah stabilitas terhadap geser dan guling akibat tekanan tanah lateral.

Untuk stabilitas geser dinding gravitasi mengandalkan beratnya dan tekanan tanah pasif untuk menahan tekanan tanah aktif serta gesekan dasar dinding dengan tanah, apabila tanah dasar tidak berkohesi maka diusahakan dimensi diperbesar untuk menambah beratnya. Untuk lebih jelas nya dapat dilihat pada rumus berikut.

$$\text{Tahanan geser} = V.\tan \phi + Pp + c'.B$$

dimana,

V : Berat dinding dan gaya vertikal tanah

Pp : Nilai tekanan tanah pasif

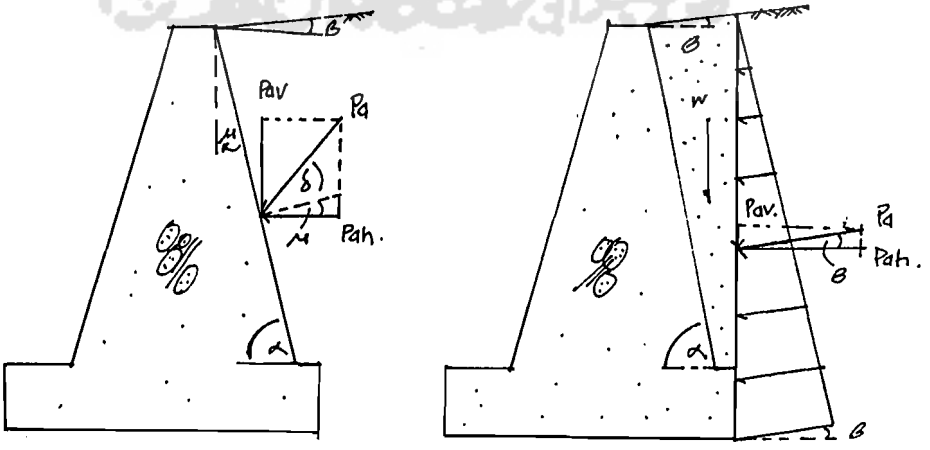
c' : Nilai kohesi tanah pada dasar dinding

B : Lebar dasar dinding

Dalam praktek tekanan tanah pasif sering diabaikann karena dikhawatirkan akan tergerus. Jadi untuk keamanan biasanya nilai tekanan pasif diabaikan. Tanah dasar dinding harus mempunyai daya dukung yang baik jika tidak

struktur akan labil, biasanya digunakan pasir untuk menambah daya dukung tanah, sedangkan pasir tidak memilki nilai kohesi, jadi nilai c jika benar-benar tidak diperlukan dapat diabaikan.

Dari kedua kasus pada analisa komparatif terlihat bahwa geser aman terhadap tekanan lateral aktif berdasarkan perhitungan dengan menggunakan teori Coulomb dan Rankine tetapi memiliki angka keamanan yang berbeda. Ini disebabkan oleh nilai tekanan lateral aktif berdasarkan teori Rankine lebih besar nilainya karena tidak dipengaruhi oleh sudut gesek antara dinding dan tanah. Menurut Coulomb sudut geser diperhitungkan sehingga tekanan lateral aktif menjadi lebih kecil akibat penguraian gaya kearah vertikal dan horisontal. Gaya vertikal sebagai akibat penguraian diperhitungkan, sehingga berat struktur menjadi bertambah sebagai akibatnya gaya tahanan geser menjadi lebih besar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.2 Aplikasi gaya pada dinding.

Sama halnya dengan geser, angka keamanan untuk guling aman untuk kedua teori, tetapi angka keamanan untuk Coulomb nilainya lebih besar dibandingkan Rankine hal ini disebabkan karena banyaknya gaya yang bekerja yang turut diperhitungkan untuk melawan guling akibat tekanan tanah. Jadi untuk perencanaan dinding gravitasi sebaiknya direncanakan berdasarkan tahanan geser.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.

Dari analisa komparatif dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai Koefisien tekanan tanah aktif Rankine lebih besar dari Teori Coulomb, tetapi nilai koefisien tekanan tanah pasif Coulomb lebih besar dari pada dalam teori Rankine.
2. Nilai tekanan tanah aktif (Pa) menggunakan teori Coulomb lebih kecil dibanding menggunakan Teori Rankine. Nilai tekanan tanah pasif (Pp) menggunakan teori Coulomb jauh lebih besar dari pada teori Rankine.
3. Semakin besar nilai sudut geser dalam (ø) nilai tekanan tanah aktif semakin kecil,sedangkan untuk tekanan pasifnya semakin bertambah.
4. Nilai kohesi (c) dapat memperkecil nilai tekanan aktif dan memperbesar nilai tekanan pasif.
5. Nilai kemiringan tanah dibelakang dinding (β) dapat memperbesar tekanan aktif. Untuk sudut yang kecil selisih antara kedua teori tidak terlalu besar, tetapi untuk sudut β yang besar perbedaan-nya semakin jelas.

6. Sudut geser antara dinding dan tanah (δ) yang menyebabkan kedua teori berbeda. Sudut δ menyebabkan nilai tekanan lateral aktif semakin kecil dan memperbesar nilai tekanan lateral pasif.
7. Sudut kemiringan dinding sebelah dalam (α) tidak mempengaruhi nilai tekanan aktif Rankine tetapi mempengaruhi nilai tekanan aktif Coulomb. Semakin besar sudut α maka tekanan aktif semakin kecil dan tekanan pasif semakin besar.
8. Stabilitas dinding aman menurut Coulomb belum tentu aman menurut Rankine, karena adanya pengaruh sudut kemiringan dinding (α) dan sudut gesek antara dinding dan tanah (δ).
9. Nilai tekanan tanah pasif dapat memperkecil dimensi ukuran dinding penahan tanah jika diperhitungkan.

6.2 Saran.

1. Dalam perencanaan dinding penahan tanah disarankan menggunakan teori Coulomb untuk mencari tekanan tanah lateral aktif agar didapatkan dimensi yang relatif ekonomis.
2. Dalam perencanaan dinding penahan tanah khusus gravity wall gaya-gaya penahan yang diperhitungkan harus benar-benar dipertimbangkan penggunaannya disesuaikan dengan kondisi yang ada hal ini untuk menjaga terjadinya hal-hal yang tidak terduga. Seperti terjadinya penggerusan tanah, yang dapat

mengurangi nilai tekanan tanah pasip.

3. Sudut kemiringan dinding sebelah dalam dapat dibuat lebih besar dari 90° untuk mengurangi besar tekanan tanah aktif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, Joseph.E, 1984, ***Analisa dan Disain Pondasi jilid 2***, Erlangga, Jakarta Pusat.
2. Christady.H, Hary, 1994, ***Mekanika Tanah jilid 2***, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta Pusat.
3. Cernica, John.N, 1982, ***Geotechnical Engineering***, CBS College Publishing, United States of America.
4. Craig, R.F, 1989, ***Mekanika Tanah***, Erlangga, Jakarta Pusat.
5. Huntington, Whitney Clark, 1961, ***Earth Pressures and Retaining Wall***, John Wiley and Sons Inc. Publishers, New York.
6. M. Das, Braja, 1994, ***Mekanika Tanah jilid 2***, Erlangga, Jakarta Pusat.
7. Nakazawa, Kazuto dan Sosrodarsono, Suyono, 1990, ***Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi***, Pradnya Paramita, Jakarta.
8. Terzaghi, Karl, 1987, ***Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa jilid 1***, Erlangga, Jakarta Pusat.
9. --------, 1983, ***Buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang Untuk Gedung 1983***, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

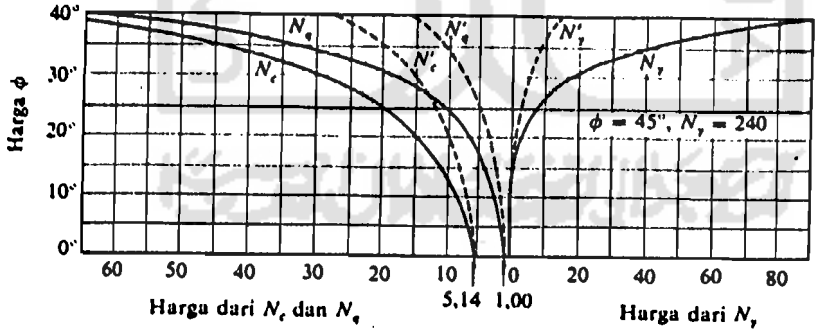
LAMPIRAN I

TABEL NILAI ø PADA PASIR DAN LANAU KONDISI "DRAINED"

Tipe Tanah	ø°
Pasir : Butiran Bulat	
Lepas Menengah Padat	27–30 30–35 35–38
Pasir : Butiran Bersudut	
Lepas Menengah Padat	30–35 35–40 40–45
Kerikil Bercampur Pasir	34–48
Lanau	26–35

LAMPIRAN II

GRAFIK DAN TABEL KOEFISIEN DAYA DUKUNG TANAH TERZAGHI



σ	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0°	5,71	1,00	0	3,81	1,00	0
5°	7,32	1,64	0	4,48	1,39	0
10°	9,64	2,70	1,2	5,34	1,94	0
15°	12,8	4,44	2,4	6,46	2,73	1,2
20°	17,7	7,43	4,6	7,90	3,88	2,0
25°	25,1	12,7	9,2	9,86	5,60	3,3
30°	37,2	22,5	20,0	12,7	8,32	5,4
35°	57,8	41,4	44,0	16,8	12,8	9,6
40°	95,6	81,2	114,0	23,2	20,5	19,1
45°	172	173	320	34,1	35,1	27,0

Untuk menghindari interpolasi dapat digunakan rumus "Vesic" berikut:

$$N_q = e^{\pi.\tan\phi} \cdot \tan^2(45°+\phi/2)$$

$$N_c = (N_q-1).c.\tan\phi = (N_q-1)/\tan\phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q+1).\tan\phi$$

dengan,
e = 2,71828
c = kohesi tanah (t/m^2), tergantung satuan yang digunakan

LAMPIRAN III
DATA SONDIR

Tabel Hasil Pengujian Laboratorium.

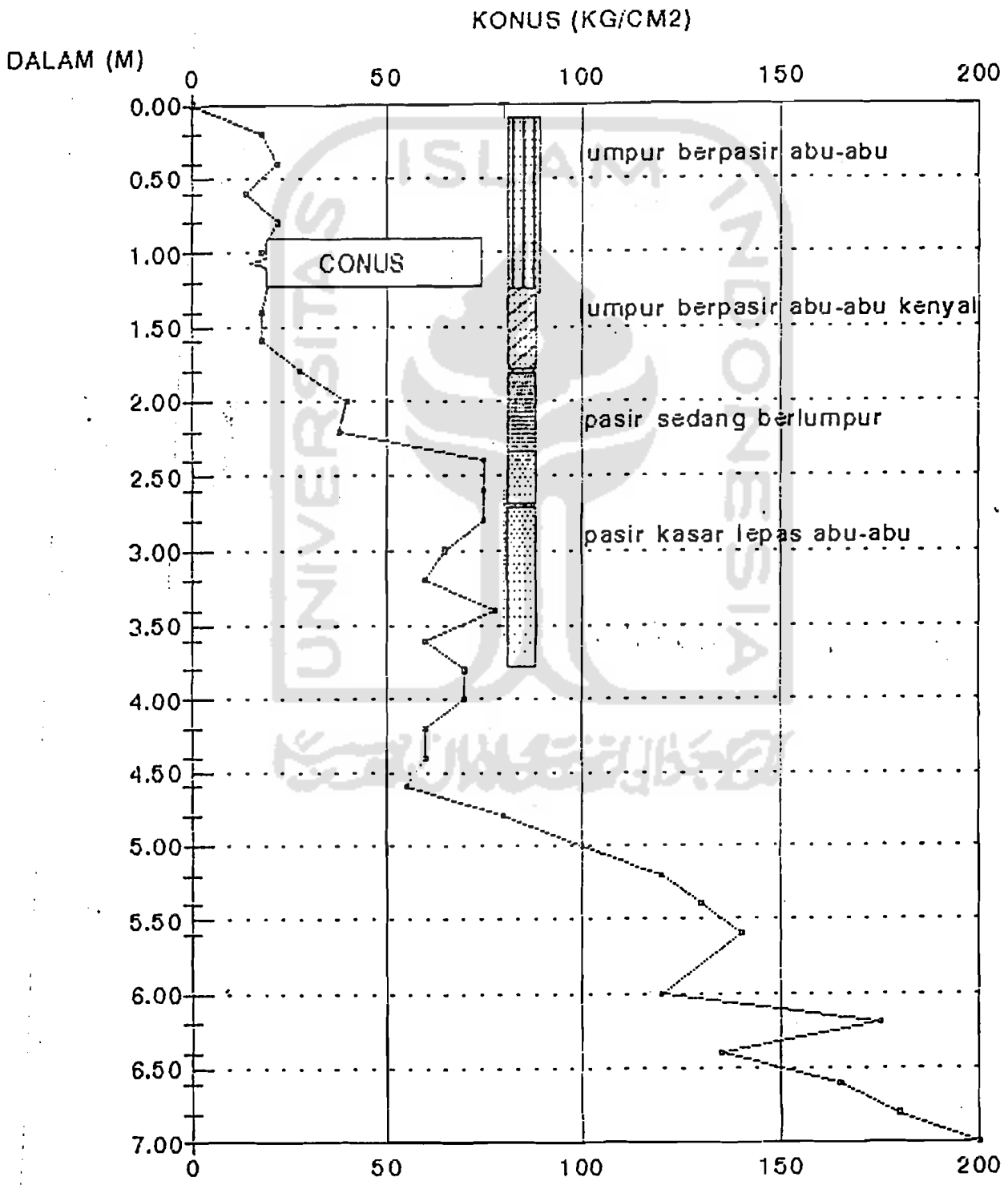
No. Titik	Kadar air (W) %	berat volume basah (γb) g/cm^3	berat volume kering (γb) g/cm^3	berat jenis (Gs)	sudut geser (φ)	Kohesi (C) kg/cm^2
Ts1 Tb2 -2,00	13,74	1,896	1,667	2,57	31	0,063
Ts1 Tb2 -3,25	9,02	1,787	1,685	2,64	32	0,013
Ts3 Tb1 -2,00	13,15	1,906	1,684	2,61	31	0,057
Ts3 Tb1 -3,00	7,98	1,804	1,670	2,67	33	0,014

Keterangan :

Ts. Titik Sondir

Tb. Titik Boring

GRAFIK PENYONDIRAN
PROYEK GEDUNG LAB. KIMIA IKIP
NO TITIK Ts 1 Tb2



Tabel Hasil Pengujian Laboratorium.

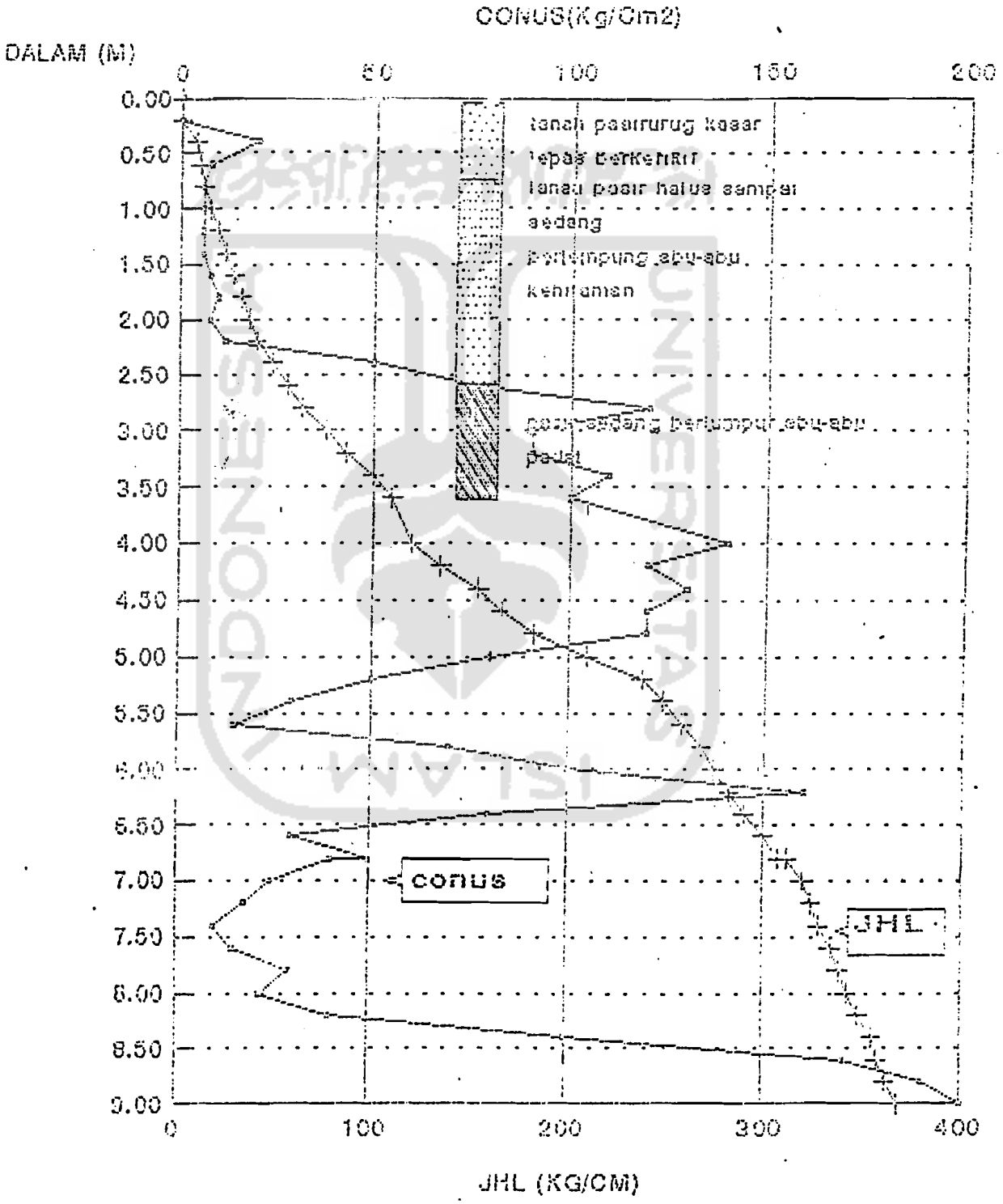
No. Titik	Kadar air (W) %	berat volume basah (γb) g/cm^3	berat volume kering (γb) g/cm^3	berat jenis (Gs)	sudut geser (φ)	Kohesi (C) kg/cm^2
Ts1 Tb1 -2,00	34,62	1,89	1,40	2,64	20	0,124
Ts2 Tb1 -3,00	38,42	2,00	1,445	2,68	22	0,097
Ts2 Tb1 -3,25	42,16	1,95	1,372	2,62	23	0,103

Keterangan :

Ts. Titik Sondir

Tb. Titik Boring

GRAFIK PENYONDIRAN
PROYEK RUKO GODEAN YK
Titik 01, 0,00 m



NILAI SUDUT GESEK ANTARA DINDING DAN TANAH (δ)

ıhan-bahan yang mempunyai *permukaan antara* (interface)	Sudut gesekan δ, derajat ‡
ton massa atau batuan pada benda-benda berikut :	
tuan asli yang bersih	35
rikil bersih, campuran pasir kerikil, pasir kasar	29–31
sir halus yang bersih dengan pasir sedang, medium endapan dengan pasir kasar, dapan kerikil yang bersifat pekat	24–29
sir halus yang bersih, yang berupa endapan atau bersifat halus pekat ngan pasir sedang	19–24
dapan berpasir halus, endapan tak bersifat plastik	17–19
han residu yang sangat kaku dengan bahan residu yang keras atau ıah liat yang terkonsolidasi sebelumnya	22–26
nah liat kaku sedang dengan tanah liat kaku dan tanah liat endapan	17–19
ıng pancang lempengan baja terhadap : rikil bersih, campuran pasir kerikil, batuan yang telah diolah dengan baik dan yang si dengan batu serpih	22
sir bersih, campuran kerikil pasir yang mengendap, batuan keras isian yang ukuran sejenis	17
sir endapan, kerikil atau pasir yang bercampur endapan, atau tanah liat	14
dapan berbentuk pasir halus, endapan yang tak bersifat plastik	11
ton berbentuk atau tiang pancang baja beton terhadap : rikil bersih, campuran pasir-kerikil, batuan yang telah diolah dan diisi ıgan batu serpih	22–26
ir bersih, campuran pasir kerikil yang mengendap, batuan keras yang ukuran semacam	17–22
ir endapan, kerikil atau pasir yang bercampur dengan endapan atau tanah liat	17
dapan pasir halus, endapat tak bersifat plastik	14
bagai bahan bangunan : uan pada batuan, batu api atau batu metamorf :	
uan lembek yang dilapis pada batuan lembek yang dilapis	35
uan keras yang dilapis pada batuan halus yang dilapis	33
uan keras yang dilapis pada batuan keras yang dilapis	29
u bangunan pada kayu (serat bersilang)	26
a pada baja di titik temu tiang pancang baja	17
/u pada tanah	14–16 §

NILAI SUDUT KEMIRINGAN TANAH URUGAN (β)

