

JURNAL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE
KANTILEVER PADA SALURAN II BUDAR DI DESA
KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA
KABUPATEN JEMBER**



Disusun oleh :

SURIPTO

1610612013

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER
2019**

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER PADA SALURAN II BUDAR DI DESA KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA KABUPATEN JEMBER

Suripto

Dosen Pembimbing :

Arief Alihudin, S.T., M.T. ; Ir. Pujo Priyono, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember.

Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia.

Email : suripdzaki@gmail.com

ABSTRAK

Dinding penahan tanah merupakan salah satu teknik pengendalian tanah yang sangat diperlukan untuk menanggulangi kelongsoran. Kondisi lereng yang dianggap kurang stabil serta daerah longsor yang cukup terjal pada lokasi saluran II budar di desa kemuning lor kabupaten jember ini mengakibatkan longsor rotasi sehingga lokasi ini memerlukan dinding penahan tanah.

Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisa perencanaan dinding penahan tanah di lokasi tersebut dengan menggunakan tipe dinding penahan tanah kantilever dan perhitungan manual. Teknik pengumpulan data dengan menggunakan studi literatur.

Hasil analisa menunjukkan bahwa dinding penahan tanah kantilever dengan dimensi $H = 7$, $B = 5$, $T = 0,5$, T_t dan $T_h = 0,7$, $L_t = 0,7$ dan $L_h = 3,3$, kantilever tersebut dinyatakan aman dengan nilai faktor aman untuk tanah kohesi sebesar $FS_{guling} = 3,26$, $FS_{geser} = 2,05$, $FS_{DDT} = 5,44$ dan $FS_{kelongsoran} = 1,20$. Dari hitungan tersebut dapat diperoleh penulangan D19-150, D19-75, dengan tulangan bagi Ø14-250.

Kata kunci : dinding penahan tanah, dinding kantilever, stabilitas tanah.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi. Karena pada tanahlah berdiri satu bangunan. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan faktor kestabilan tanah. Salah satu cara yang digunakan untuk melakukan pengendalian kestabilan tanah agar tak mengalami kelongsoran adalah dengan membangun dinding penahan tanah.

Berdasarkan letak geografisnya, saluran II budar berada di daerah lereng dan mengalir persawahan dengan luas baku sawah ± 36 Ha, sehingga dikhawatirkan saat musim hujan, dengan intensitas hujan yang lebih dari biasanya akan menyebabkan tanah menjadi jenuh air yang mana tanah sudah tidak mampu lagi menampung air ke dalam porinya sehingga air pori akan naik yang mengakibatkan kuat geser tanah menjadi kecil sehingga tanah menjadi labil dan rawan longsor.

Oleh karena itu pada penelitian ini kami bermaksud untuk merencanakan

judul : “ **PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER PADA SALURAN II BUDAR DI DESA KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA KABUPATEN JEMBER** ”.

1.2 Rumusan masalah

Sesuai dengan uraian diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan dimensi dan stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya pergeseran, penggulingan, dan amblas pada dinding penahan tanah pada saluran II budar desa kemuning lor kecamatan arjasa kabupaten jember.
2. Bagaimana menentukan nilai faktor aman (*Safety Factor*) pada dinding penahan tanah saluran II budar desa kemuning lor kecamatan arjasa kabupaten jember.

3. Bagaimana perencanaan penulangan untuk dinding penahan tanah tipe kantilever.
4. Bagaimana menentukan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dinding penahan tanah tipe kantilever tanpa schedule pelaksanaan.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Perencanaan ini dilakukan di saluran II budar desa kemuning lor kecamatan arjasa kabupaten jemmer.
2. Dalam penelitian ini menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever (*kantilever retaining wall*).
3. Perhitungan secara manual.
4. Beban gempa diabaikan.
5. Kuat tekan beton rencana (f_c') = 24 Mpa.
6. Kuat tarik baja (f_y) = 400 Mpa.
7. Penulangan mengacu pada SNI03-2874-2002

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui dimensi dan stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya pergeseran, penggulingan, dan ambles pada dinding penahan tanah pada saluran II budar desa kemuning lor kecamatan arjasa kabupaten jemmer.
2. Untuk mengetahui nilai faktor aman (*Safety Factor*) pada dinding penahan tanah saluran II budar desa kemuning lor kecamatan arjasa kabupaten jemmer.
3. Untuk mengetahui perencanaan penulangan pada dinding penahan tanah tipe kantilever.
4. Untuk mengetahui rencana anggaran biaya (RAB) pada dinding penahan tanah tipe kantilever.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil uraian diatas secara garis besar diharapkan dengan adanya penelitian perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever pada saluran II budar di desa kemuning lor kecamatan arjasa akan memberikan manfaat adalah sebagai berikut :

1. Untuk memberikan rasa nyaman dan aman kepada masyarakat sekitar dengan dibangunnya dinding penahan tanah tersebut.
2. Untuk merencanakan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan aman.
3. Sebagai referensi perencanaan pada proyek instansi Pemerintah khususnya Kabupaten Jember jika dibutuhkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi tanah tertentu yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Jenis konstruksi antara lain pasangan batu dengan mortar, pasangan batu kosong, beton, kayu dan sebagainya. Fungsi utama dari konstruksi penahan tanah adalah menahan tanah yang berada dibelakangnya dari bahaya longsor akibat :

1. Benda-benda yang ada diatas tanah (perkerasan dan konstruksi jalan, jembatan, kendaraan, dll).

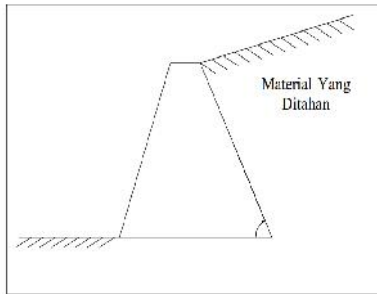
2. Berat tanah

3. Berat air

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah digolongkan sebagai berikut (Braja M. Das, 1991) :

❖ Dinding Gravitasi (*gravity wall*)

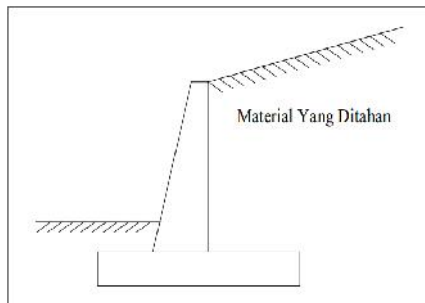
Dinding ini biasanya dibuat dari beton murni (tanpa tulangan) atau dari pasangan batu kali. Stabilitas konstruksinya diperoleh hanya dengan mengandalkan berat sendiri konstruksi. Biasanya tinggi dinding tidak lebih dari 4 meter.



Gambar 2.1 Gravity Wall
sumber : Braja M. Das, 1991

❖ Dinding penahan kantilever (cantilever retaining wall)

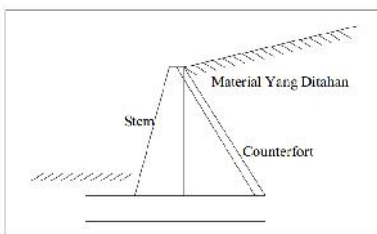
Dinding penahan kantilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai. Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter.



Gambar 2.2 Cantilever Wall
sumber : Braja M. Das, 1991

❖ Dinding conterfort (counterfort wall)

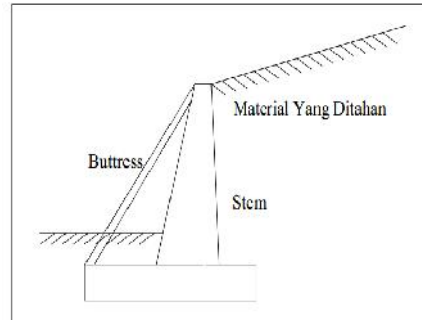
Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.



Gambar 2.3 Counterfort Wall
sumber : Braja M. Das, 1991

❖ Dinding butters (batters wall)

Dinding butters hampir sama dengan dinding conterfort, hanya bedanya bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter.



Gambar 2.4 Butress Wall
sumber : Braja M. Das, 1991

2.2 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi, dinding penahan dan konstruksi-konstruksi lain yang ada di bawah tanah.

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu :

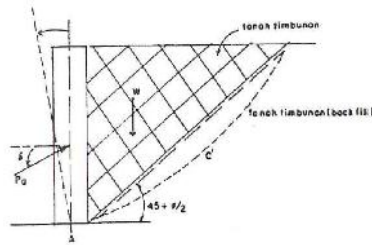
- Dalam Keadaan Diam (K_0)
- Dalam Keadaan Aktif (K_a)
- Dalam Keadaan Pasif (K_p)

2.2.2 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Permasalahan disini hanyalah semata-mata untuk menentukan faktor keamanan terhadap keruntuhan yang disebabkan oleh gaya lateral.

❖ Tekanan Tanah Aktif

Seperti ditunjukkan pada gambar 2.7, akibat dinding penahan berotasi kekiri terhadap titik A, maka tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan akan berkurang perlahan-lahan sampai mencapai suatu harga yang seimbang. Tekanan tanah yang mempunyai harga tetap atau seimbang dalam kondisi ini disebut tekanan tanah aktif.



Gambar 2.7 Dinding yang berotasi akibat tekanan aktif tanah

sumber : Braja M. Das, 1993

Menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$P_a = 1/2 \gamma H^2 K_a$$

Dimana harga K_a untuk tanah datar adalah.

$$K_a = \text{Koefisien tanah aktif} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma = \text{Berat isi tanah (g/cm}^3\text{)}$$

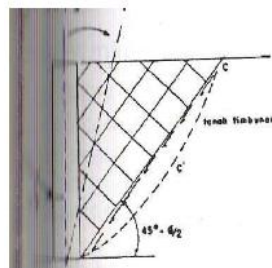
$$H = \text{Tinggi dinding (m)}$$

$$\Phi = \text{Sudut geser tanah (}^\circ\text{)}$$

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah urugan dibelakang tembok apabila berkohesi (Kohesi adalah lekatan antara butiran-butiran tanah, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$, maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi aktif adalah :

$$P_a = 1/2 \gamma H^2 K_a - 2c\sqrt{K_a} H$$

❖ Tekanan Tanah Pasif



Gambar 2.8 Dinding yang berotasi melawan tekanan aktif

sumber : Braja M. Das, 1991

Menurut teori Rankine, untuk tanah pasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada dinding akibat tekanan tanah pasif setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$P_p = 1/2 \gamma H^2 K_p$$

Dimana harga K_p untuk tanah datar adalah

$$K_p = \text{Koefisien tanah pasif} = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\gamma = \text{Berat isi tanah (g/cm}^3\text{)}$$

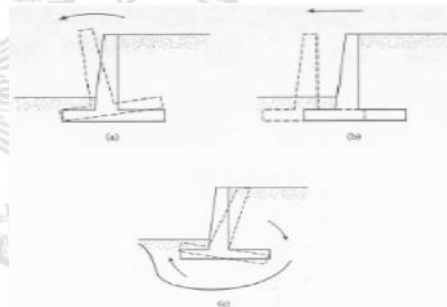
$$H = \text{Tinggi dinding (m)}$$

$$\Phi = \text{Sudut geser tanah (}^\circ\text{)}$$

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah berkohesi, maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi pasif adalah :

$$P_p = 1/2 \gamma H^2 K_p + 2c\sqrt{K_p} H$$

2.3 Stabilitas Dinding Penahan Tanah



Gambar 2.9 Jenis-jenis keruntuhan dinding penahan tanah

Sumber : Braja M. Das, 1991

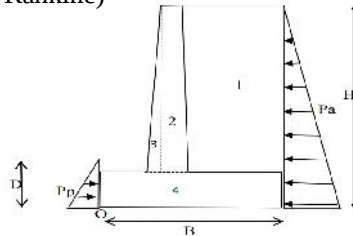
Seperti yang terlihat pada gambar 2.9 diatas, ada beberapa hal yang dapat keruntuhan pada dinding penahan tanah, antara lain oleh :

- Penggulingan
- Penggeseran
- Keruntuhan daya dukung

2.3.1 Stabilitas Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung depan kaki pondasi.

Pada gambar 2.10 dibawah ini, diperlihatkan diagram tekanan tanah pada dinding penahan tanah yang akan ditinjau, dalam hal ini adalah dinding penahan tanah tipe gravitasi (asumsi tekanan tanah dihitung dengan rumus Rankine)



Gambar 2.10 Diagram tekanan tanah untuk dinding kantilever

Sumber : Braja M. Das, 1991

Faktor keamanan terhadap guling didefinisikan sebagai (ditinjau dari kaki/titik O pada gambar) :

$$FS_{\text{guling}} = \frac{\sum M_R}{\sum M_o}$$

Dimana :

- M_o = jumlah momen dari gaya-gaya yang menyebabkan momen pada titik O.
- M_R = jumlah momen yang menahan guling terhadap titik O.

Momen yang menghasilkan guling :

$$\square M_o = P_h \left[\frac{H}{3} \right]$$

Dimana tekanan tanah horisontal, $P_h = P_a$, tekanan tanah aktif (apabila permukaan tanah datar)

jadi, faktor keamanannya adalah :

$$FS_{\text{guling}} = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4}{P_a \left(\frac{H}{3} \right)}$$

Faktor aman terhadap guling, bergantung pada jenis tanah, yaitu :

- ✓ $\geq 1,5$ untuk tanah dasar berbutir.
- ✓ $\geq 2,5$ untuk tanah dasar kohesif.

2.3.2 Stabilitas Terhadap Pergeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

- ✓ Gesekan antara tanah dan dasar pondasi
- ✓ Tekanan tanah pasif didepan dinding penahan

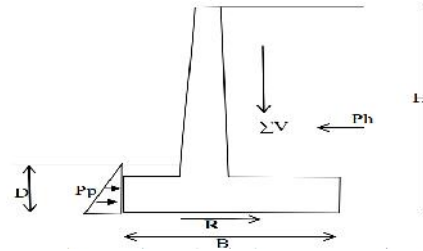
Faktor keamanan terhadap stabilitas geser dapat dinyatakan dengan rumus :

$$FS_{\text{geser}} = \frac{\sum F_R}{\sum F_d}$$

Dimana :

$\sum F_R$ = jumlah gaya-gaya yang menahan gaya-gaya horizontal

$\sum F_d$ = jumlah gaya-gaya yang mendorong



Gambar 2.11 kontrol terhadap pergeseran dasar dinding

Sumber : Braja M. Das, 1991

Gambar 2.11 menunjukkan bahwa P_p juga merupakan gaya menahan horizontal, sehingga :

$$\sum F_R = (\sum V) \tan \delta + Bc_a + P_p$$

Dan

$$F_d = P_h$$

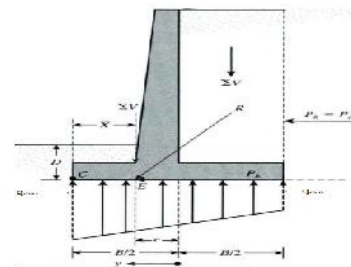
$$FS_{\text{geser}} = \frac{(\sum V) \tan \delta + Bc_a + P_p}{P_h}$$

Batas minimum yang diijinkan untuk faktor keamanan geser adalah 1,5 pada banyak kasus, P_p digunakan untuk menghitung faktor keamanan terhadap geser, dimana sudut geser ϕ dan kohesi c juga direduksi $k_1 = 1/2 \phi - 2/3 \phi$, dan $k_2 = 1/2 c - 2/3 c$.

$$\delta = k_1 \phi \text{ dan } c_a = k_2 c$$

$$FS_{\text{geser}} = \frac{(\sum V) \tan k_1 \phi + Bk_2 c + P_p}{P_h}$$

2.3.3 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Daya Dukung



Gambar 2.12 kontrol terhadap keruntuhan daya dukung

Sumber : Braja M. Das, 1991

Momen pada titik C.

$M_{net} = \sum M_R - \sum M_o$ ($\sum M_R$ dan $\sum M_o$ diperoleh dari stabilitas penggulingan).

Jika resultan pada dasar dinding berada pada titik E

$$\overline{CE} = \bar{X} = \frac{M_{net}}{\sum V}$$

✓ Eksentrisitas dapat diperoleh dari

$$e = \frac{B}{2} - \overline{CE}$$

atau

$$e = \frac{B}{2} = \frac{\sum MR - \sum Mo}{\sum V}$$

Distribusi tekanan pada dasar dinding penahan dapat dihitung sebagai berikut :

$$q = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{M_{net} y}{I}$$

Dimana :

$$M_{net} = (\sum V)e$$

$$I = (1/12)(1)(B^3)$$

✓ Untuk nilai maksimum dan minimum, $y = B/2$

$$q_{max} = \frac{\sum V}{B} \left[1 + \frac{6e}{B} \right]$$

$$q_{min} = \frac{\sum V}{B} \left[1 - \frac{6e}{B} \right]$$

Kapasitas dukung tanah dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2014), didefinisikan sebagai berikut :

$$q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

dimana :

c = Kohesi tanah (kN/m^2)

D_f = Kedalaman pondasi (m)

γ = Berat volume tanah (kN/m^3)

B = Lebar pondasi dinding penahan tanah (m)

Tabel 2.2 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung

Φ	Keruntuhan geser umum		
	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.0	0.0
5	7.3	1.6	0.5
10	9.6	2.7	1.2
15	12.9	4.4	2.5
20	17.7	7.4	5.0
25	25.1	12.7	9.7
30	37.2	22.5	19.7
34	52.6	36.5	35.0
35	57.8	41.4	42.4
40	95.7	82.1	100.4
45	172.3	173.3	297.5
48	258.3	287.9	780.1
50	347.6	415.1	1153.2

Sumber : Terzaghi, 1943

Catatan :

N_c, N_q, N_γ = Faktor kapasitas dukung Terzaghi

Faktor keamanan terhadap keruntuhan kapasitas dukung (F), didefinisikan sebagai berikut :

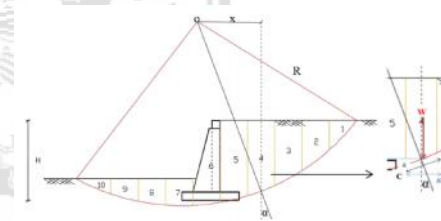
$$FS_{DDT} = \frac{q_u}{q_{max}} \geq 3 \quad (2.20)$$

Apabila faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah tidak terpenuhi atau kurang dari FS_{DDT} maka dapat dilakukan penambahan pondasi dalam (tiang pancang).

2.3.4 Analisa Kestabilan Lereng

Untuk melakukan perhitungan control terhadap kelongsoran yang terjadi, maka digunakan metode irisan. Metode irisan sendiri membagi bidang kelongsoran menjadi bagian-bagian yang lebih kecil secara vertikal dan keseimbangan tiap irisan diperhatikan.

Untuk itu Hardiyatmo, C.H merekomendasikan angka aman (SF) ≥ 1 sehingga kondisi lereng kritis tidak terjadi.



Gambar 2.13 Analisa kestabilan lereng
sumber :Hardiyatmo H.C, 2010

Faktor aman didefinisikan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\text{jumlah momen penahan}}{\text{jumlah momen penggerak}}$$

$$FK = \frac{\sum MR}{\sum ME}$$

$$FK = \frac{\sum [(c \Delta L).R] + [(W \cos \alpha \tan \phi).R]}{\sum (W \sin \alpha).R}$$

Dimana :

$$\Delta L = \frac{\Delta x}{\cos \theta}$$

$$FK > SF$$

Keterangan :

FK = Faktor aman

SF = > 1 (Hardiyatmo, H.C, 010)

c = Kohesi tanah (kN/m^2)

- ΔL = Panjang bagian lingkaran pada irisan ke-i (m)
 Δx = Lebar per pias (m)
 A = Besar sudut per pias ($^{\circ}$)
 ϕ = Sudut gesek dalam tanah ($^{\circ}$)
 R = Jari-jari lingkaran bidang longsor (m)
 W = Berat massa (kN)

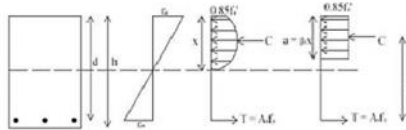
2.4 Penulangan Dinding Penahan Tanah

Beton bertulang adalah dimana dua jenis bahan yaitu baja tulang dan beton dipakai bersamaan dengan demikian prinsip-prinsip yang mengatur perencanaan struktur dari beton bertulang di dalam beberapa hal berbeda dengan prinsip-prinsip yang menggunakan satu macam bahan saja.

Rancangan tulangan pondasi mengacu pada peraturan "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung" (SNI 03-2847-2002) menurut pasal yang sesuai.

2.4.1 Diagram Tegangan dan Regangan

Distribusi tegangan beton tekan pada penampang bentuknya setara dengan kurva tegangan-regangan beton tekan. Seperti tampak pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.14 Diagram tegangan dan regangan

sumber : SNI03-2847-2002

2.4.2 Tebal Selimut Beton

Menurut Tathagati (2007), selimut beton berfungsi seperti lapisan coating yang memberikan proteksi yang sangat baik pada baja tulangan. Ketahanan terhadap korosi yang dihasilkan selimut beton akan tetap terjaga selama selimut beton dapat menahan masuknya udara dan air. Menurut SNI 03-2847-2002 tebal

selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tebal selimut beton (SNI 03-2847-2002)

	Tebal selimut minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang 13-16 hingga 13-50 Batang D-10, jaring kawat polos F-10 atau kawat ulir D-10 dan yang lebih kecil	50
c) Tulang yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton corak langsung berhubungan dengan tanah: Tiang, dinding, pelat bersik: Batang D-44 dan D-50 Batang D-30 dan yang lebih kecil Bata, kolom Tulangan ulir, pengikat, penyangga, lilitan spiral Komponen struktur lainnya, pelat lantai Batang 13-16 dan yang lebih besar Batang 13-16, jaring kawat polos F-10 atau ulir D-10 dan yang lebih kecil	40 40 20 40 20 20 20

sumber : SNI03-2847-2002

2.4.3 Reduksi f (Geser)

Gaya geser pada umumnya tidak bekerja sendiri, tetapi terjadi bersamaan dengan gaya lentur/momen, torsi atau normal/aksial. Dari percobaan yang telah dilakukan diketahui bahwa keruntuhan akibat gaya geser bersifat *brittle*/getas atau tidak bersifat *dactail*/liat, sehingga keruntuhannya terjadi secara tiba-tiba.

Tabel 2.4 Reduksi ϕ (SNI03-2847-2002)

ϕ	Urutan
0,75	Reduksi standar
0,55	Untuk struktur penahan gempa
0,80	Untuk hubungan baok kolom
0,65	Untuk tumpuan beton kecuali daerah pengangkutan pasca Tarik
0,85	Untuk daerah pasca Tarik

2.4.4 Penulangan Dinding Vertikal

a. Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor momen :

Momen :

$$M_u = 0,5 \cdot \gamma \cdot y^2 \cdot K_a \cdot \left(\frac{y}{3}\right) \cdot (1,6)$$

Gaya lintang terfaktor

$$V_u = 0,5 \cdot \gamma \cdot y \cdot (1,6) \cdot (2,33)$$

b. Hitungan kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'}\right) \cdot b_w \cdot d \quad (2.34)$$

$$V_n = \phi \cdot V_c > V_u$$

$$= 0,75 \cdot V_c > V_u \quad (\text{tidak memerlukan tulangan geser})$$

c. Hitungan kebutuhan tulangan geser

$$\left(-\frac{1}{2} \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b\right) \cdot a^2 + 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \cdot a -$$

$$M_u \cdot 10^6 / \phi = 0 \quad (2.27)$$

$$a_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Luas penampang

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_s}$$

Rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{\text{jarak per meter}}{n-1}$$

2.4.5 Penulangan Plat Kaki

- a. Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor momen :

Momen :

$$M_u = 0,5 \cdot \gamma \cdot y^2 \cdot K_a \cdot \left(\frac{V}{3}\right) \cdot (1,6)$$

Gaya lintang terfaktor

$$V_u = 0,5 \cdot \gamma \cdot y^2 \cdot (1,6) \cdot (2.33)$$

- b. Hitungan kebutuhan tulangan geser

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'}\right) \cdot b_w \cdot d \quad (2.34)$$

$$\begin{aligned} V_n &= \phi \cdot V_c > V_u \\ &= 0,75 \cdot V_c > V_u \quad (\text{tidak memerlukan tulangan geser}) \end{aligned}$$

- c. Hitungan kebutuhan tulangan geser

$$\left(-\frac{1}{2} \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b\right) \cdot a^2 + (0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d) \cdot a -$$

$$(M_u \cdot 10^6 / \phi) = 0 \quad (2.35)$$

$$a_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Luas penampang

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_s}$$

Rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{\text{jarak per meter}}{n-1}$$

Keterangan :

M_u = Momen ultimate akibat beban terfaktor (kN.m)

V_u = Gaya geser terfaktor (kN)

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

f_y = Kuat tarik baja (MPa)

ρ = Prosentase tulangan

V_c = Kuat geser yang diberikan untuk beton (kN)

V_n = Kuat geser nominal (kN)

A_s = Luasan tulangan (mm²)

s = Jarak (mm)

n = Jumlah tulangan

b = Lebar penampang (mm)

d = Tinggi efektif penampang (mm)

2.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB adalah Suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan, biaya alat (Sewa atau beli), Upah Pekerja, dan biaya lainnya yang diperlukan.

Dalam perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever ini Analisa Harga Satuan Pekerjaan mengacu pada Permen PUPR No.28/PRT/M/2016 dan juga mengacu harga satuan pekerjaan kabupaten jember tahun 2019.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir perencanaan dinding penahan digambarkan pada Gambar 3.1.

3.2 Lokasi Penelitian

Perencanaan dinding penahan pada penulisan ini bertempat pada saluran II budar desa kemuning lor kecamatan arjasa kabupaten jember peta lokasi dan foto longsor pada gambar 3.2 dan 3.3.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan meliputi data sekunder, yang diprioritaskan adalah dengan cara mengambil data hasil pengujian tanah yang dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.

3.4 Metode Analisis

Setelah data-data yang diperlukan diperoleh, kemudian dengan literatur yang relevan dan berhubungan dengan pembahasan pada tugas akhir ini serta masukan-masukan dari dosen pembimbing, maka data tersebut diolah dan dianalisis dengan menggunakan

program Microsoft excel untuk mengetahui dimensi dan stabilitas terhadap bahaya penggulingan, penggeseran dan amblas pada perencanaan dinding penahan serta angka faktor keamanannya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Tanah

Dalam penelitian ini digunakan data tanah yang terletak di Saluran II Budar Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember.

Adapun data tanah yang didapatkan dari pengujian laboratorium adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data tanah hasil pengujian Laboratorium.

$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$c(\text{kN/m}^2)$	$\phi(^{\circ})$
6,86	0,98	27,38
6,96	0,98	25,72
17,00	0,00	20,00

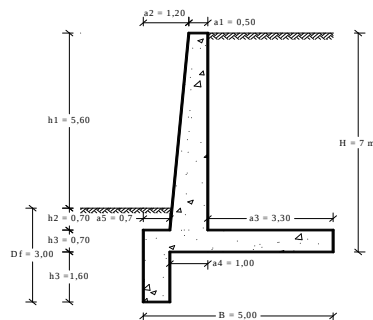
sumber : Laboratorium UMJ, 2019

4.2 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

4.2.1 Menentukan dimensi dinding penahan tanah.

Berdasarkan standar ukuran pada gambar 4.1 diatas, maka dilakukanlah perencanaan dinding penahan tanah dengan memasukkan nilai lebar alas sampai mendapatkan lebar alas yang paling efisien. Adapun perhitungan sebagai berikut :

*** Percobaan 3 dengan mengambil nilai L : 3,30 meter.**



Gambar 4.4 Dinding penahan tanah sesuai faktor aman

sumber : Hasil percobaan, 2019

Dari beberapa kali percobaan dimensi dinding penahan tanah tipe kantilever, sehingga didapatkan dimensi yang sesuai seperti pada gambar 4.4, data-data tersebut adalah sebagai berikut

- Tinggi tembok (H) : 7,00 m
- Tinggi h_1 : 5,60 m
- Tinggi h_2 : 0,70 m
- Tinggi h_3 : 0,70 m
- Tinggi h_4 : 1,60 m
- Tinggi h_5 (Df) : 3,00 m
- Lebar B : 5,00 m
- Untuk lebar a_1 : 0,50 m
- Untuk lebar a_2 : 1,20 m
- Untuk lebar a_4 : 1,00 m
- Untuk lebar a_5 : 0,70 m
- Untuk lebar a_3 : 3,30 m

4.2.2 Menghitung Tekanan Tanah

Diketahui data tanah sebagai berikut :

- Berat isi tanah (γ) : 17,00 kN/m³
- Sudut geser (ϕ) : 20,00 kN/m²
- Kohesi (c) : 0,00 °
- Berat isi beton (γ_b) : 24,00 kN/m³

Dari data tanah yang telah diketahui diatas, maka proses perhitungannya adalah sebagai berikut :

Koefisien Tekanan Tanah

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$K_a : \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) : \tan^2 \left(45 - \frac{20}{2} \right)$$

$$: \tan^2 35 : 0,49$$

Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$K_p : \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) : \tan^2 \left(45 + \frac{20}{2} \right)$$

$$: \tan^2 55 : 2,04$$

Tekanan Tanah Aktif

$$P_a : 0,5 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$: 0,5 \times 0,49 \times 17,00 \times 7^2$$

$$: 204,09 \text{ kN/m}$$

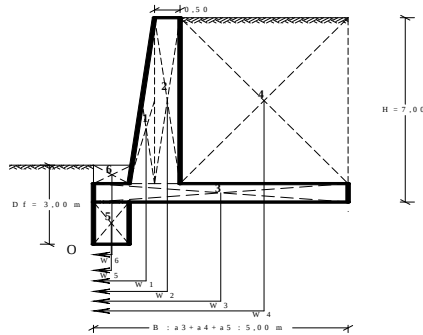
Tekanan Tanah Pasif

$$P_p : 0,5 \cdot K_p \cdot \gamma \cdot D^2$$

$$: 0,5 \times 2,04 \times 17,00 \times 3^2$$

$$: 156,06 \text{ kN/m}$$

4.2.3 Menghitung Gaya Vertikal dan Momen Yang Bekerja



Tabel 4.2 Gaya Vertikal dan Momen Yang Bekerja

Ba gia n	Luas (m ²)	Berat/S atuan Panjang (kN)	Jarak Mome n dari titik O (m)	Momen Terhada p titik O (kN/m)
1	2	3	4	5
1	1,58	37,92	1,03	39,06
2	3,15	75,60	1,45	109,62
3	3,50	84,00	2,50	210,00
4	20,79	353,43	3,35	1183,99
5	1,12	26,88	0,35	9,408
6	0,51	8,67	0,35	3,045
$\Sigma V =$		586,50	$\Sigma M_R =$	1555,11

sumber : hasil perhitungan, 2019

Catatan : $\gamma_{\text{urug}} : 17,00 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{\text{beton}} : 24,00 \text{ kN/m}^3$

4.2.4 Menghitung Stabilitas Terhadap Penggulingan

Momen yang menghasilkan guling M_o , karena permukaan tanah datar ($\alpha=0$), maka $Ph = Pa = 204,09 \text{ kN/m}$

$$M_o = Ph \times H/3 = 204,09 \times 2,33 = 475,53 \text{ kN/m}$$

$$FS_{\text{guling}} = \frac{\Sigma M_R}{M_o} = \frac{1555,11}{475,53}$$

$$= 3,27 > 2 \text{ (aman)}$$

4.2.5 Menghitung Stabilitas Terhadap Penggeseran

$$FS_{\text{geser}} = \frac{(\Sigma V) \cdot \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) + (B \cdot \frac{2}{3}c) + Pp}{Pa}$$

$$= \frac{(586,50) \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot 27,38\right) + (5,0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,98) + 156,06}{204,0}$$

$$= \frac{423,26}{204,09}$$

$$= 2,07 > 2 \text{ (aman)}$$

4.2.6 Menghitung Stabilitas Terhadap Kapasitas Dukung Tanah eksentrisitas (e) :

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

$$= \frac{5,0}{2} - \frac{1555,11 - 475,53}{586,50}$$

$$= 2,5 - 1,84 = 0,66 < \frac{B}{6} = \frac{5,0}{6}$$

$$= 0,83 \text{ (oke)}$$

q_{max} dan q_{min}

$$q_{\text{max}} = q_{\text{kaki}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{586,50}{5,0} \left(1 + \frac{6 \times 0,66}{5,0}\right) = 209,97 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{min}} = q_{\text{tumpit}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{586,50}{5,0} \left(1 - \frac{6 \times 0,66}{5,0}\right) = 24,63 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas daya dukung tanah

$$q_u = (c \cdot N_c) + (Df \cdot \gamma_{\text{urug}} \cdot N_q) + (0,5 \cdot \gamma_{\text{asli}} \cdot B \cdot N_\gamma)$$

Berdasarkan tabel dengan $\phi = 27,38^\circ$

$$N_c = 29,94$$

$$N_q = 16,62$$

$$N_\gamma = 13,70$$

Sehingga

$$q_u = (c \cdot N_c) + (Df \cdot \gamma_{\text{urug}} \cdot N_q) + (0,5 \cdot \gamma_{\text{asli}} \cdot B \cdot N_\gamma)$$

$$= (0,98 \times 29,94) + (3,00 \times 17,00 \times 16,62) + (0,50 \times 6,86 \times 5,00 \times 13,70)$$

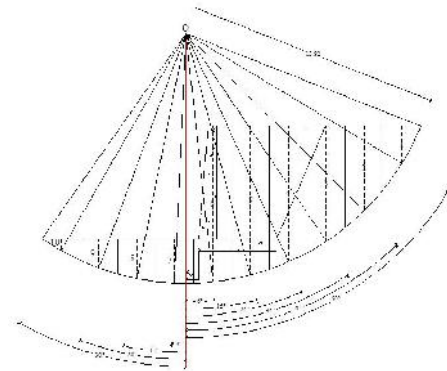
$$= 1111,92 \text{ kN/m}^2$$

$$FS_{\text{daya dukung}} = \frac{q_u}{q_{\text{max}}} = \frac{1111,92}{209,97}$$

$$= 5,30 > 3 \text{ (aman)}$$

4.2.7 Menghitung Stabilitas Terhadap Kelongsoran

Berikut adalah analisa dengan metode irisan :



Gambar 4.7 Analisa longsor dengan metode irisan

sumber : hasil perhitungan, 2019

Potongan 1

$$\text{Luas tanah lapis 1} = 4,37 \text{ m}^2$$

(dihitung dari aplikasi autocad)

$$\gamma_{\text{tanah}} = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Berat tanah (Wt)} = \text{Luas tanah lapis}$$

$$1 \times \gamma_{\text{tanah}}$$

$$= 4,37 \times 17,00$$

$$= 74,29 \text{ kN}$$

Sudut longsor (α) = 59° (dihitung dari aplikasi autocad)

Tinjau momen terhadap titik O

$$\begin{aligned} M_D &= (W \times \sin \alpha) \times R \\ &= 74,29 \times \sin 59^\circ \times 13,92 \\ &= 886,41 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= \frac{\Delta x}{\cos \alpha} \\ &= \frac{2,09}{\cos 59} \\ &= 4,06 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_R &= [(c \times \Delta L) \times R] + [(W \times \cos \alpha \times \tan \phi) \times R] \\ &= [(0,98 \times 4,06) \times 13,92] + [(74,29 \times \cos 59 \times \tan 27,38) \times 13,92] \\ &= 55,38 + 275,84 \\ &= 331,22 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan :

$$FK = \frac{\sum MR}{\sum MD} = \frac{12.217,09}{10.265,81}$$

$$= 1,20 > 1,00 \text{ (Aman)}$$

4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya untuk perkuatan lereng dengan

menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever (*retaining wall*) didesain mengacu kepada Analisa Harga Satuan Pekerjaan Umum tahun 2016 yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28/PRT/M/2016 dan juga mengacu pada satuan pekerjaan Kabupaten Jember Tahun 2019 (KemenPUPR, 2016).

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)
PERENCANAAN HIMPUN PEKERJAAN TANAH TIPE KANTILEVER
PADA SALURAN BIRU
DI DESA KEMENDUNG LERENG KECAMATAN ARJASARI KABUPATEN JEMBER

Tabel 4.18 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

NO	JENIS PEKERJAAN	SAT	VOLUME	BIAYA SATUAN	JUMLAH BIAYA
1	PEKERJAAN TANAH				
1	Cut dan tanah urug (dipadatkan)	m ³	400,00	36.000,00	14.400.000,00
2	Penanaman rumput (tanah urug)	m ²	1.200,00	150.000,00	180.000.000,00
2	PEKERJAAN PASANGAN				
1	Pemasangan relai 1 cm dengan camp. 1 PC : 3 PP	m ²	700,00	50.000,00	35.000.000,00
2	Pemasangan beton 20 cm tebal 20 cm	m ²	800,00	1.100.000,00	880.000.000,00
3	Pemasangan dengan besi perkuatan	m ²	84.114,55	18.700,00	1.562.942.295,00
4	Pemasangan 1 meter beton	m ³	840,00	1.100.000,00	924.000.000,00
5	Perkuatan dengan beton	m ³	1.820,00	2.250.000,00	4.095.000.000,00
Jumlah 1-5					5.527.342.295,00
P.P. 20 10%					552.734.229,50
Total 1-5					6.080.076.524,50
Jumlah 1-5					6.080.076.524,50

Sumber: Kajian Teknik Sipil dan Perencanaan Infrastruktur Jalan dan Jalan Ribu Regional

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat ditarik sebuah kesimpulan :

1. Dinding penahan tanah tipe Kantilever dengan dimensi :
 - Tinggi dinding penahan tanah = 7,00 m
 - Tebal plat atas dinding penahan tanah = 0,50 m
 - Tebal plat dasar dinding penahan tanah = 1,00 m
 - Lebar plat dasar dinding penahan tanah = 5,00 m
 - Tinggi kaki untuk menahan tekanan horizontal = 1,60 m
2. Diperoleh angka keamanan kontrol stabilitas :
 - Guling (SF > 2) = 3,26
 - Geser (SF > 2) = 2,05
 - Daya Dukung (SF > 3) = 5,44
 - Kelongsoran (SF > 1) = 1,20
3. Perhitungan penulangan
 - Mutu beton f'_c = 24 Mpa
 - Mutu tulangan f_y = 400 Mpa
 - Penulangan dinding vertikal

Pada potongan 1-1 didapatkan tulangan pokok D19-150, potongan 2-2 didapatkan tulangan pokok D19-75 dan tulangan bagi potongan 1-2 didapatkan Ø14-250.

- Penulangan plat kaki
Pada potongan 3-3 dan 4-4 didapatkan tulangan pokok D19-150, serta tulangan bagi Ø14-250.
 - 4. Rencana Anggaran Biaya
Anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dinding penahan tanah tipe kantilever yang meliputi pekerjaan tanah dan pekerjaan pasangan yaitu pekerjaan beton mutu K.275 adalah sebesar Rp. 1.675.191.000 (Satu Milyar Enam Ratus Tujuh Puluh Lima Juta Seratus Sembilan Puluh Satu Ribu Rupiah)
- Das, Braja M (1993), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*, Jakarta : Erlangga
- Hardiyatmo, H.C (2010), *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H.C (2010), *Analisis dan Perancangan Fondasi 2*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press

5.2 Saran

Dalam merancang suatu struktur dinding penahan tanah harus memperhatikan keamanan dari struktur yang akan dirancang, yaitu :

1. Tipe dinding penahan tanah yang sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Beban-beban yang bekerja pada dinding penahan tanah harus sangat diperhatikan agar mendapat rancangan yang sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Lebih teliti dalam menghitung kontrol stabilitas terhadap geser, guling, daya dukung tanah dan analisa kelongsoran.
3. Perlu adanya peraturan terkait pelarangan mendirikan suatu bangunan/pemukiman disekitar dinding penahan tanah sebagai bentuk pengamanan kepada penduduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-1729-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Gedung, PP18*.
- Departemen Pekerjaan Umum, SNI 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung, PP41*.
- Das, Braja M (1988), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Jakarta : Erlangga