

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sebagai acuan dalam penelitian ini, maka diambil beberapa referensi dari penelitian sebelumnya yaitu :

Menurut Hakam (2011) dalam jurnal yang berjudul “Studi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever pada Ruas Jalan Silaing Padang – Bukittinggi KM 64+500” membahas tentang penggulingan dinding penahan karena hujan deras dan hilangnya daya dukung tanah akibat gempa pada ruas jalan Silaing Padang-Bukittinggi. Dari penelitian ini hasil perencanaan dimensi awal tidak didapatkan hasil yang sesuai, sehingga dinding penahan tanah diganti dimensinya. Berdasarkan hasil perhitungan dengan dimensi yang baru didapat nilai stabilitas dinding penahan tanah dengan kondisi asli adalah *Fs overturning* 3,547, nilai *Fs sliding* 2,559 dan nilai *Fs bearing capacity* 14,676. Nilai penggerusan (*scouring*) pada dasar dinding kantilever adalah 1,02 m. Nilai stabilitas menyeluruh dinding kantilever dengan dimensi baru sebesar 9,053.

Menurut Setiawan (2011) dalam jurnal yang berjudul “Perbandingan Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Gravitasi dengan Variasi Ketinggian Lereng” membahas tentang peningkatan stabilitas lereng dengan menggunakan konstruksi dinding penahan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan faktor keamanan tinggi kemudian membandingkan dua tipe dinding penahan tanah yaitu tipe gravitasi dan dinding penahan tanah tipe kantilever pada ketinggian lereng 6 m untuk perhitungan gravitasi maka analisa stabilitas guling $F_{gl} = 3,5$. Analisa stabilitas geser $F_{gs} = 1,38$ dan analisa keruntuhan dinding penahan tanah $F = 11,93$. Sedangkan untuk tipe kantilever analisa stabilitas guling $F_{gl} = 3,7$. Analisa stabilitas geser $F_{gs} = 1,27$ dan analisa keruntuhan dinding penahan tanah

$F = 18,32$. Dari hasil penelitian di dapatkan faktor keamanan dinding penahan tanah kantilever lebih besar dari pada dinding gravitasi meskipun dimensinya diperkecil. Menurut Dian Safari (2016) dalam jurnal “Perencanaan Struktur Dinding Penahan Tanah Type Cantilever pada Ruas Jalan Samarinda – Bontang STA 0+850” pada daerah Bontang, Samarinda merupakan salah satu daerah yang mempunyai topografi yang bergelombang. Gelombang yang dimaksud adalah keadaan alam yang berupa perbukitan dan lembah, mengakibatkan beberapa segmen ruas jalan harus berada pada lereng. Adanya faktor-faktor alam terutama hujan dan aliran air tanah yang membuat lereng kehilangan kestabilan ataupun kemampuan menahan geseran sehingga terjadi kelongsoran. Maka dinding penahan tanah sangat membantu masalah yang terjadi. Dengan menggunakan metode *Coulomb* didapatkan Stabilitas terhadap guling $1,516 > 1,5$ aman, Stabilitas terhadap geser $0,576 < 2,0$ diperlukan tambahan tiang pancang, Daya keruntuhan terhadap kapasitas daya dukung 29,708. Berdasarkan analisa penambahan pondasi tiang pancang di peroleh $N = 32$, $P_v = 1485$ dan $P_{maks} = 46,489$

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tanah

Menurut Jean Victor Poncelet (1788 – 1867), seorang insinyur militer dan profesor mekanik, memperluas teori *Coulumb* dengan menyediakan metode grafis untuk menentukan besarnya tekanan tanah lateral pada dinding penahan vertikal dan miring dengan sewenang-wenang permukaan tanah poligonal yang rusak. Poncelet juga yang pertama menggunakan simbol f untuk sudut gesekan tanah. Dia juga memberikan teori daya dukung pertama pondasi dangkal (Sumber : Das, 2011).

Menurut Alexandre Collin (1808 – 1890), seorang insinyur, menyediakan detail untuk slip mendalam di lereng tanah liat, pemotongan dan tanggul. Collin berteori bahwa dalam semua kasus kegagalan terjadi ketika kohesi yang digerakkan melebihi kohesi yang ada dari tanah. Dia juga mengamati bahwa permukaan

kegagalan sebenarnya dapat diperkirakan sebagai busur cycloids. (Sumber : Das, 2011)

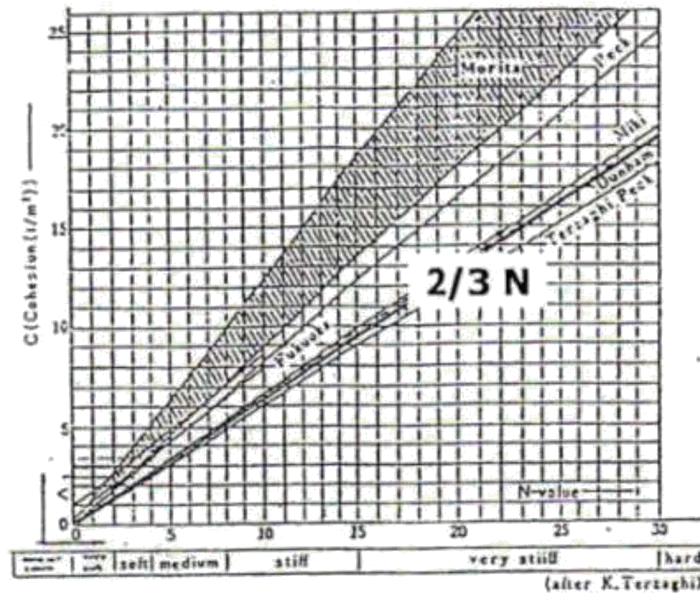
Menurut William John Macquorn Rankine (1820 – 1872), seorang profesor teknik sipil di Universitas Glasgow. Studi ini memberikan sesuatu yang penting teori tentang tekanan bumi dan keseimbangan massa bumi. Teori *Rankine* adalah penyederhanaan teori *Coulomb* (Sumber : Das, 2011).

2.2.2 Parameter Tanah

Dari hasil *Standar Penetration Test (SPT)* di lokasi penelitian, jenis tanah dalam penelitian ini adalah lempung berpasir (*Sandy Clay*) dan sedikit tambahan batu pasir (*Sand Stone*). Berikut ini adalah nilai N-SPT dengan parameter-parameter tanah yang dipakai dalam penelitian :

1. Kohesi

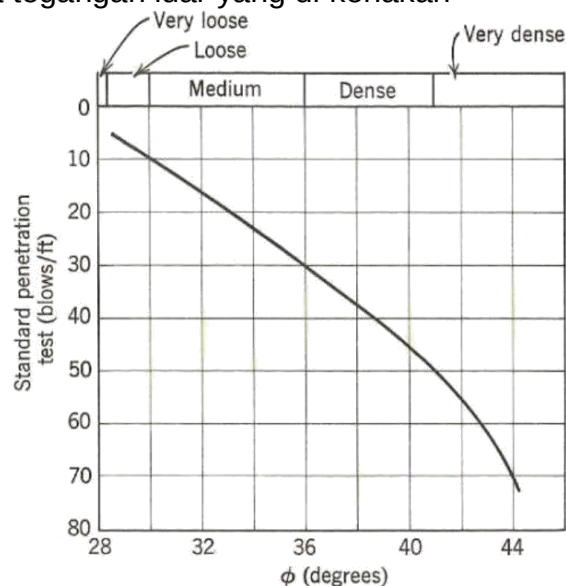
Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam tanah dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan keadaan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah



Gambar 2.1 Hubungan antara kohesi dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif menurut Tarzaghi (1943) (Sumber : Wulan, 2017)

2. Sudut geser tanah (*Friction Angle*)

Friction Angle adalah sudut geser dalam tanah yang terbentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dalam material tanah. Semakin besar sudut geser suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang di kenakan



Gambar 2.2 Korelasi antara friction angle dan N-SPT menurut Peck, Hanson, Thornburn, 1953 (Sumber : Wulan, 2017)

3. Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan massa tanah dengan volume tanah

Tabel 2.1 Korelasi N-SPT dengan berat basah material (γ) Menurut *Soil Mechanics, William T, Whitman, Robert V. 1962*

N	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
Unit Weight γ (Kn/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	18 – 23
Q_u (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
State	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(Sumber : Wulan, 2017)

Tabel 2.2 Korelasi N-SPT dengan berat jenuh tanah (γ_{sat}) Menurut *Soil Mechanics, William T, Whitman, Robert V, 1962*

N-SPT	Konsistensi	Q_u (Unconfined Compressive Strength) ton/ft ²	γ_{sat} (Kn/m ³)
< 2	Very soft	< 0.25	16 – 19
2 – 4	Soft	0.25 – 0.50	16 – 19
4 – 8	Medium	0.50 – 1.00	17 – 20
8 – 15	Stiff	1.00 – 2.00	19 – 22
15 – 30	Very stiff	2.00 – 4.00	19 – 22
> 30	Hard	> 4.00	19 – 22

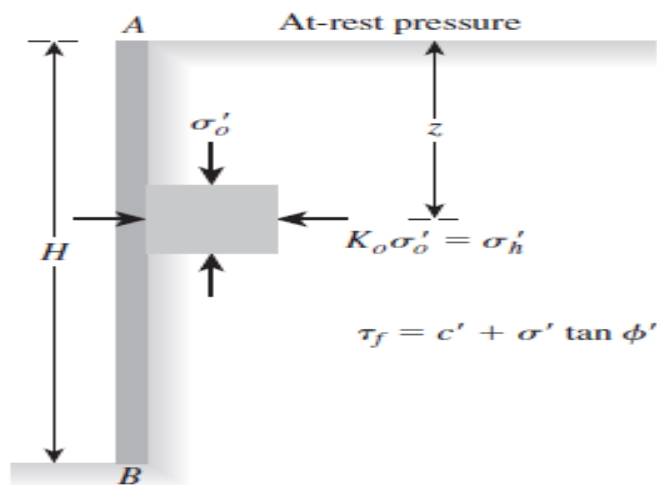
(Sumber : Wulan, 2017)

2.2.3 Tekanan Tanah Lateral

Konstruksi dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tanah dengan lereng vertikal. Untuk merencanakan desain dinding penahan tanah agar dapat menahan tanah agar dapat menahan beban yang bekerja perlu di ketahui gaya horizontal yang bekerja antara konstruksi dinding penahan tanah dengan massa tanah yang di tahanannya. Gaya horizontal tersebut di sebabkan oleh tekanan tanah arah lateral. Tekanan tanah lateral adalah parameter perencanaan yang penting di persoalan dinding penahan tanah. Di perlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitasnya. Berdasarkan pergerakan relatif dinding penahan tanah terhadap massa tanah yang di tahan, maka tekanan tanah lateral di bagi menjadi tiga, yaitu tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*), tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif.

1. Tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*)

Terjadi jika dinding tidak bergerak, massa tanah berada dalam kondisi *elastic equilibrium*

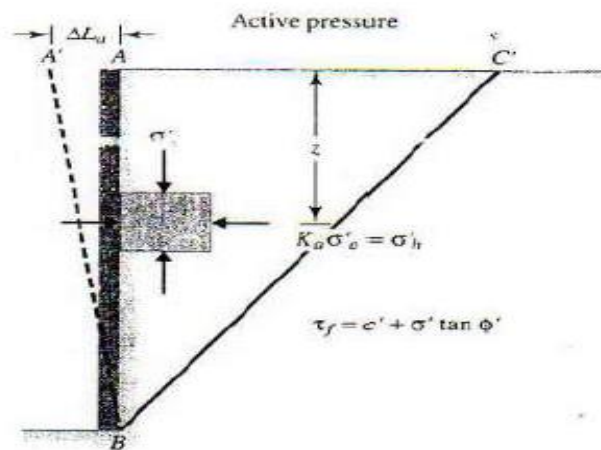


Gambar 2.3 Tekanan dalam keadaan diam (Sumber : Das, 2011)

2. Tekanan tanah aktif

Figure 10.10 consists of two free-body diagrams, (a) and (b). Diagram (a) shows a retaining wall of height H and width B . The wall is subjected to a horizontal force P_a at the base, a vertical force W at the top, and a reaction force F at the base. The wall is inclined at an angle θ to the vertical. The reaction force F is applied at a distance β from the base. The wall is also subjected to a reaction force F at the top, which is applied at a distance $\beta - \alpha$ from the top. The wall is also subjected to a reaction force F at the base, which is applied at a distance β from the base. The wall is also subjected to a reaction force F at the top, which is applied at a distance $\beta - \alpha$ from the top. Diagram (b) shows a tie rod of length L . The tie rod is subjected to a horizontal force P_a at the base, a vertical force W at the top, and a reaction force F at the base. The tie rod is inclined at an angle θ to the vertical. The reaction force F is applied at a distance β from the base. The tie rod is also subjected to a reaction force F at the top, which is applied at a distance $\beta - \alpha$ from the top. The tie rod is also subjected to a reaction force F at the base, which is applied at a distance β from the base. The tie rod is also subjected to a reaction force F at the top, which is applied at a distance $\beta - \alpha$ from the top.

Gambar 2.4 tekanan aktif yang bekerja pada dinding menurut *Coulomb*
(Sumber : Das, 2011)



Gambar 2.5 tekanan aktif yang bekerja pada dinding menurut *Rankine*
(Sumber : Wulan, 2017)

Maka dapat dituliskan :

$$P_A = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana untuk metode *Mohr Coulomb* :

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi)^2}{\sin(\alpha)^2 \sin(\alpha - \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right)^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana untuk metode *Rankine* :

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots(2.4)$$

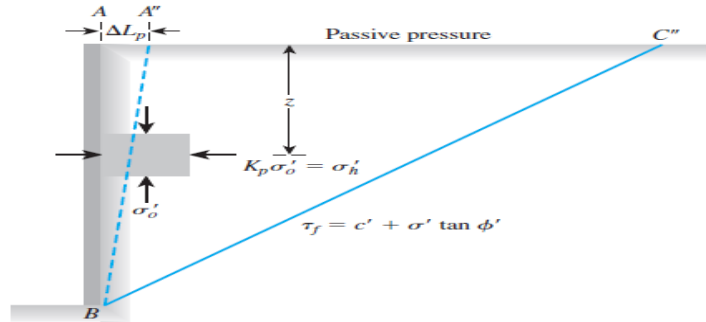
Dimana :

- P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)
- γ = Berat volume tanah (kN/m³)
- H = Tinggi dinding penahan tanah (m)
- K_a = Koefisien tekanan tanah aktif
- α = Sudut bidang longsor terhadap horizontal (°)
- ϕ = Sudut geser dalam dari tanah timbunan efektif (°)
- δ = Sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi efektif (°)
- β = Sudut kemiringan lereng tanah timbunan (°)

3. Tekanan tanah pasif

Terjadi jika dinding bergerak menuju tanah yang di tahan, massa tanah berbeda dalam kondisi *Plastic Equilibrium*.

Massa tanah segitiga ABC akan mencapai keadaan keseimbangan plastik dan akan gagal meluncur keatas di sepanjang BC. Stres efektif horizontal akan disebut tekanan pasif



Gambar 2.6 Tekanan pasif yang bekerja pada dinding (Sumber : Das, 2011)

Maka dapat dituliskan :

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma D^2 + 2C \sqrt{K_p} D \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana untuk metode *Mohr Coulomb* :

$$K_p = \frac{\sin(\alpha - \phi)^2}{\sin(\alpha)^2 \sin(\alpha + \delta) \left[1 - \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana untuk metode *Mohr Coulomb* :

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m²)

γ = Berat Volume tanah (kN/m³)

H = Tinggi dinding penahan tanah (m)

K_p = Koefisien tekanan pasif

α = Sudut bidang longsor terhadap horizontal (°)

ϕ = Sudut geser dalam dari tanah timbunan efektif (°)

δ = Sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi efektif (°)

β = Sudut kemiringan lereng tanah timbunan (°)

2.2.4 Jenis-jenis dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) berfungsi sebagai penahan tanah agar kondisinya terus stabil, tidak longsor atau dapat terlindungi dari erosi.

Dilihat dari klasifikasi, ada tiga jenis dinding penahan tanah, yaitu :

1. *Gravity Retaining Wall*

Salah satu jenis dinding penahan tanah yang menjadikan berat material serta bahan pembuatnya sebagai elemen utama untuk menahan beban tanah. Beban yang sering di gunakan dalam tipe ini yaitu bronjong atau seiring juga di sebut gabion dan beton biasa

2. *Semigravity Retaining Wall*

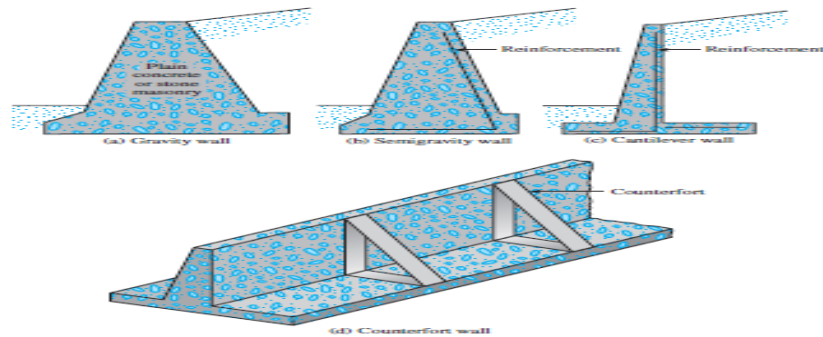
Salah satu jenis dinding penahan tanah yang tidak hanya menjadikan berat material sebagai andalan penahan beban, berat tanah yang di tahan juga berfungsi untuk menjaga struktur agar tetap stabil dan tidak mengalami perubahan dan penurunan. Dalam beberapa kasus, dinding penahan tanah bisa tersusun dari besi-besi untuk mengurangi ukuran dinding

3. *Cantilever Retaining Wall*

Dinding penahan ini terbuat dari beton bertulang, yang tersusun dari batang tipis dan plat lempeng. Tipe dinding ini ekonomis dengan tinggi sekitar 8 m

4. *Counterfour Retaining Wall*

Jenis ini hampir sama dengan *Cantilever Retaining Wall*. Namun, jenis dinding ini memiliki lebar beton tipis vertikal yang biasa di sebut *Counterfort* yang mengikat dinding dan lempengan. Tujuan dari dinding penahan tipe *Counterforts* untuk mengurangi geser dan momen lentur



Gambar 2.7 Jenis-jenis dinding penahan tanah (Sumber : Das, 2011)

2.2.5 Analisis stabilitas dinding penahan tanah

Analisis stabilitas dinding penahan tanah, diuraikan sebagai berikut :

1. Stabilitas dinding penahan terhadap penggulingan

Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling di hitung dengan persamaan berikut :

$$SF_{guling} = \frac{\sum M_R}{\sum M_a} \geq 2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

SF_{guling} = Faktor aman terhadap guling

$\sum M_R$ = Momen yang menyebabkan struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik A (kNm)

$\sum M_a$ = Momen yang mencegah struktur terguling dengan titik Pusat putaran di titik A (kNm)

2. Stabilitas dinding penahan terhadap pergeseran

Gaya perlawanan yang terjadi berupa lekatan antara tanah dasar pondasi dengan alas pondasi dinding penahan tanah, untuk k_1 dan k_2 berada dalam kisaran $\frac{1}{2}$ hingga $\frac{2}{3}$. Untuk jenis tanah campuran (lempung pasir) maka besarnya :

$$SF_{geser} = \frac{(\sum V) \tan(k_1 \phi) + Bk_2 c + P_p}{P_a} \dots\dots\dots (2.8)$$

SF $\geq$ 2 digunakan untuk jenis tanah kohesif

Dimana :

SF_{geser} = Faktor ama terhadap geser

$\sum V$ = Beban total Vertikal (kN/m)

B = Lebar pondasi dinding penahan tanah (m)

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

c = Adhesi antara tanah dan lempengan dasar (kN/m²)

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

ϕ = Sudut bidang longsor terhadap horizontal (°)

3. Stabilitas dinding penahan terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah
Persamaan ini digunakan untuk menghitung kapasitas dukung ultimit pada beban miring dan eksentris, yaitu :

$$q_u = cN_c F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

q_u = Kapasitas dukung ultimit (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

q = Beban merata pada permukaan; dimana $q = \gamma \cdot D$ (kN/m)

B' = Lebar efektif / diameter efektif pondasi (m)

$N_c N_q N_\gamma$ = Faktor kapasitas Mayerhof

$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ = Faktor kedalaman

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = Faktor kemiringan beban

$$N_C = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi \dots\dots\dots (2.10)$$

$$N_q = tg^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{(\pi g \phi)} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) tg(1,4\phi) \dots\dots\dots (2.12)$$

$$q = \gamma \cdot D \dots\dots\dots (2.13)$$

$$B' = B - 2e \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\frac{D_f}{B} \leq 1 \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\text{Untuk } \phi > 0 \dots\dots\dots (2.16)$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \left(\frac{D}{B'} \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi}{90} \right)^2 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi}{\phi} \right)^2 \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{P_a \cos \alpha}{\sum V} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

D = Ketinggian timbunan (m)

B' = Lebar efektif / diameter efektif pondasi (m)

e = Eksentrisitas (m)

ψ = beban miring vertikal ($^\circ$)

ϕ = Sudut geser dalam ($^\circ$)

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

α = Sudut bidang longsor terhadap horizontal (°)

$\sum V$ = Beban total vertikal (kN/m)

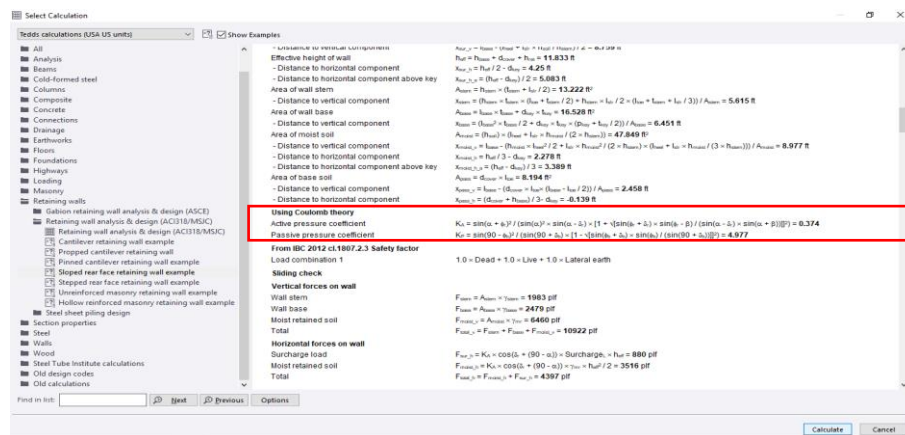
$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ = Faktor kedalaman

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = Faktor kemiringan beban

2.2.6 Analisis stabilitas penahan dengan program Tekla Tedds

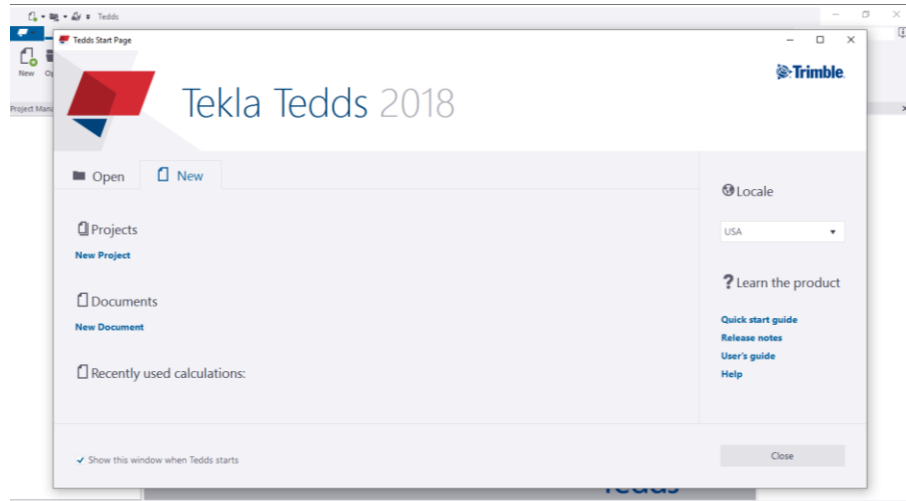
Pada program *Tekla Tedds* adalah sebuah *software modelling, detailing, engineering, drawing dan analysis*, dimana seluruh objek struktur telah di jelaskan lengkap dengan segala informasinya juga dapat digunakan dengan mudah, cepat dan mengurangi *error*. Jadi software ini dapat menghitung dinding penahan tanah dengan memakai teori *Coulomb* dengan modifikasi kondisi gempa teori *Mononobe Okabe*.

Untuk dinding penahan tanah pada *Tekla Tedds* memakai *Internasional Building Code 2012* dengan menganalisis Stabilitas terhadap geser (*Sliding*), Stabilitas terhadap guling (*Overturning*) dan Daya dukung tanah (*Bearing Pressure*). Pada program ini memakai *Sloped Retaining Wall* digunakan teori *Coulomb* sebagai berikut :

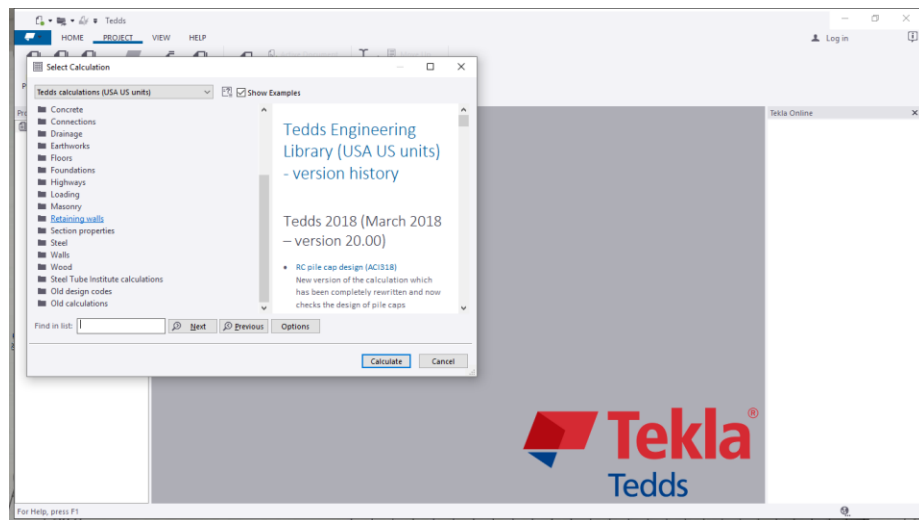


Gambar 2.8 Tekla Tedds tipe *Sloped Retaining Wall* memakai teori *Mohr Coulomb*

Tampilan awal program *Tekla Tedds* seperti gambar di bawah ini



Gambar 2.9 tampilan awal program *Tekla Tedds*



Gambar 2.10 memilih program *Retaining Wall* dalam *Tekla Tedds*