

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Lereng

2.1.1 Macam lereng

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kearah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor.

Adapun jenis lereng yang sering dijumpai antara lain:

- Lereng alami, yaitu lereng yang terdapat pada bukit dan tebing sungai.
- Lereng buatan ada 2 tipe:
 - Lereng akibat penggalian, baik itu berupa saluran maupun pemotongan lahan biasa disebut *cut slopes*.
 - Lereng akibat timbunan, misalnya untuk urugan ataupun sebagai bendungan, biasa disebut *fill slopes*.

Sedangkan menurut metode analisis yang dipakai, maka macam lereng dapat dibedakan menjadi sebagai berikut:

- Lereng tak berhingga (*infinite slopes*), atau lereng yang dapat dianggap tidak terhingga ketinggiannya.
- Lereng berhingga (*finite slopes*) atau lereng dengan tinggi yang terbatas.

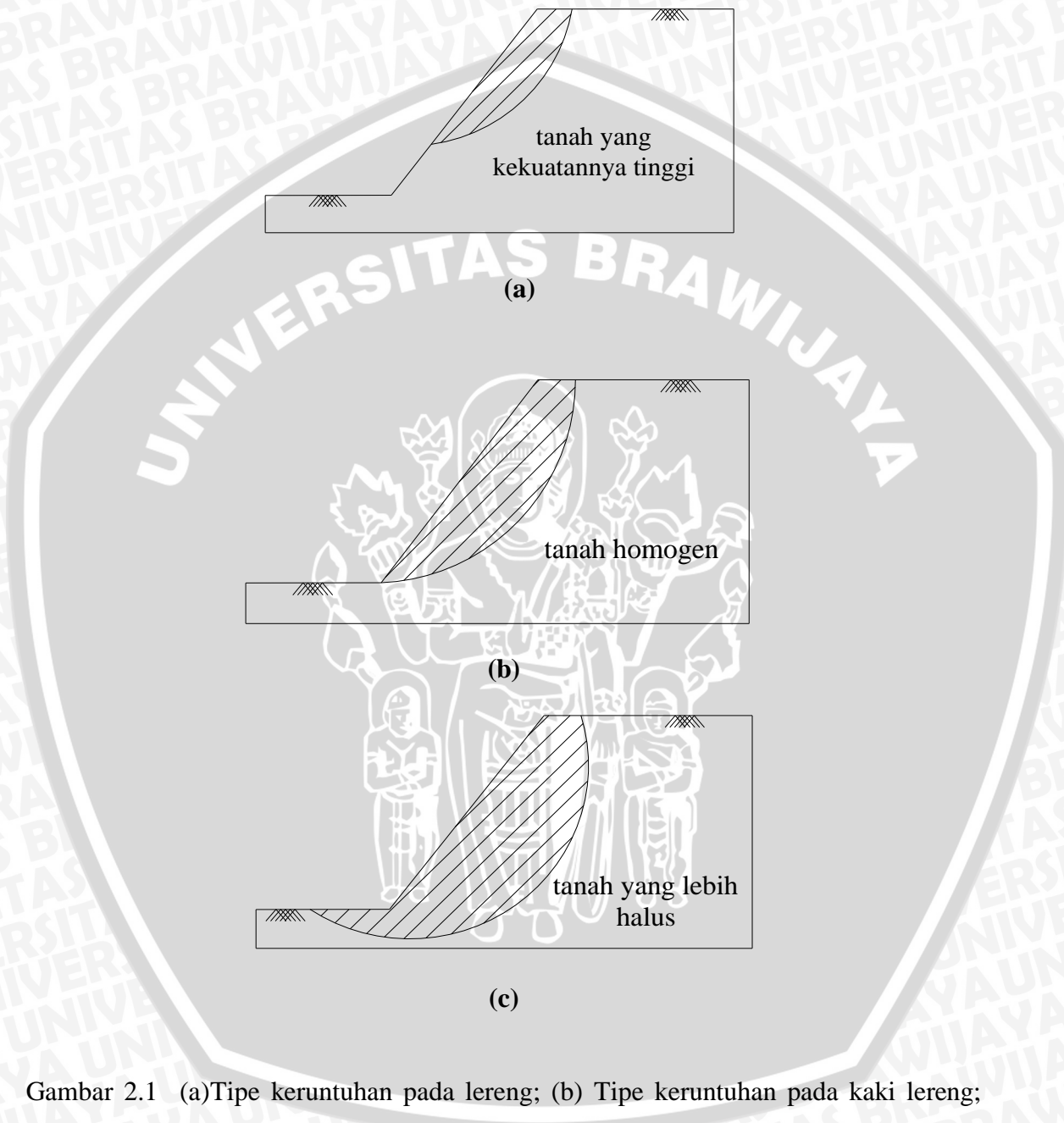
2.1.2 Macam keruntuhan lereng

Penyelidikan yang pernah diadakan di Swedia menegaskan bahwa bidang keruntuhan lereng tanah menyerupai bentuk busur lingkaran. Tipe keruntuhan lereng yang normal terjadi dapat dibagi atas:

1. Keruntuhan pada lereng (*slope failure*)
2. Keruntuhan pada kaki lereng (*toe failure*)
3. Keruntuhan dibawah kaki lereng (*base failure*)

Keruntuhan pada lereng terjadi karena sudut lereng sangat besar dan tanah yang dekat dengan kaki lereng tersebut memiliki kekuatan yang tinggi. Keruntuhan pada kaki lereng terjadi ketika tanah yang berada di atas dan di bawah kaki lereng bersifat

homogen. Sedangkan keruntuhan dasar lereng terutama diakibatkan sudut lereng yang kecil dan tanah yang berada di bawah kaki lereng lebih halus dan lebih plastis daripada tanah di atasnya. Lebih jelasnya seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.1** berikut.



Gambar 2.1 (a) Tipe keruntuhan pada lereng; (b) Tipe keruntuhan pada kaki lereng; (c) Tipe keruntuhan pada dasar lereng (Sumber : Penulis)

2.2 Daya Dukung

2.2.1 Daya Dukung Tanah (Bearing Capacity)

Apabila tanah mengalami pembebanan seperti beban pondasi, tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Apabila beban ini berangsur-angsur ditambah, penurunan pun akan bertambah hingga terjadi kondisi dimana pada beban yang tetap pondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi inilah yang menunjukkan bahwa keruntuhan daya dukung telah terjadi.

Daya dukung tanah menyatakan kuat geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu kuat geser yang dapat dibangkitkan oleh tanah sepanjang bidang gesernya. Sehingga dalam perencanaan pondasi harus memperhitungkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Dalam teori daya dukung (*Bearing Capacity*) dikenal istilah daya dukung ijin (q_{all}) yang merupakan tekanan maksimum yang dapat dibebankan pada tanah. Sedangkan daya dukung ultimit (*ultimit bearing capacity atau q_u*) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Dan bila dinyatakan dalam sebuah persamaan, maka dapat dinyatakan :

$$q_u = \frac{P_u}{A} \quad (2-1)$$

$$q_{all} = \frac{q_u}{FS} \quad (2-2)$$

dengan :

q_u = daya dukung ultimit (kN/m^2)

P_u = beban ultimit (kN)

A = luas beban (m^2)

q_{all} = daya dukung ijin (Kn/m^2)

FS = Faktor Keamanan

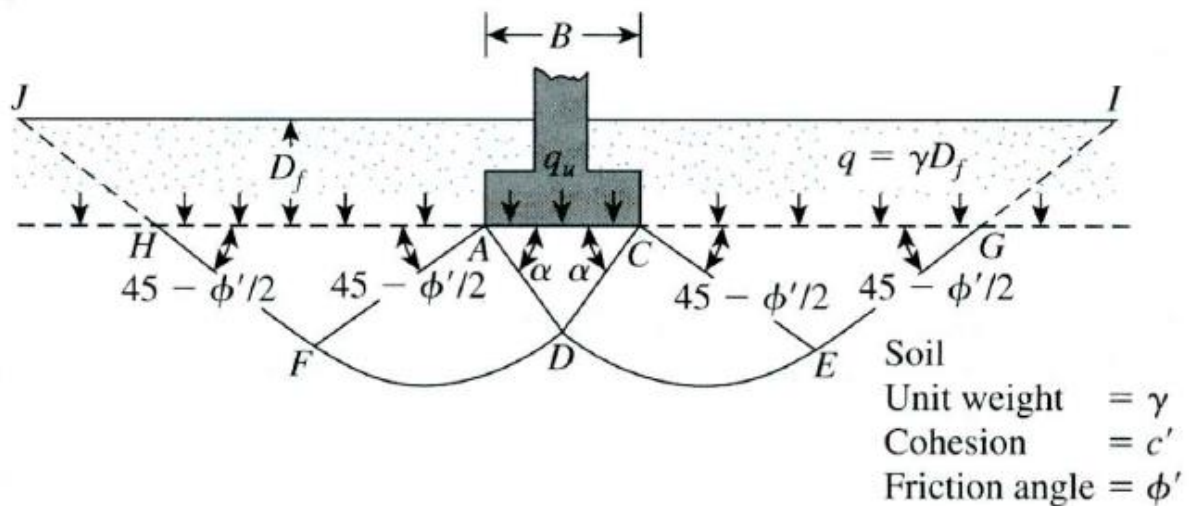
2.3 Analisa Daya Dukung pada Tanah Datar

Daya dukung pondasi pada permukaan tanah horizontal dapat dihitung dengan menggunakan metode superposisi.

2.3.1 Metode Terzaghi

Metode Terzaghi (1943) merupakan teori awal yang ditemukan untuk menentukan daya dukung pondasi. Persamaan –persamaan yang dibuat dalam metode ini dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhannya.

Persamaan – persamaan daya dukung Terzaghi dimaksudkan untuk pondasi-pondasi dangkal dimana $D_f/B \leq 1$ dan berupa pondasi menerus dengan panjang tak hingga. Menurut Terzaghi, ketika pondasi dibebani, pada tanah tepat di bawah dasar pondasi terbentuk tiga zona geser seperti yang terlihat pada **gambar 2.2** berikut :



Gambar 2.2 : Zona Geser Berdasarkan Teori Terzaghi

Dimana ketiga zona itu terdiri atas :

1. Zona *Triangular* ACD yang berada tepat dibawah pondasi
2. *Radial Shear Zone* ADF dan CDE
3. Dua *triangular Rankine Passive Zone* AFH dan CEG

Persamaan daya dukung ultimit Terzaghi sebagai berikut :

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0.5 \gamma BN\gamma \quad (2-3)$$

Keterangan :

C = Kohesi (kN/m^2)

D_f = Kedalam Pondasi (m)

γ = Berat Volume Tanah (kN/m^3)

B = Lebar Pondasi (m)

N_γ = Faktor daya dukung yang disebabkan oleh berat tanah yang merupakan fungsi dari sudut geser dalam tanah (ϕ)

N_c, N_q = Faktor daya dukung akibat pengaruh kohesi dan beban terbagi rata yang keduanya merupakan fungsi dari sudut geser dalam (ϕ)

2.3.2 Metode Mayerhof

Analisis daya dukung berdasarkan teori mayerhof merupakan salah satu analisis tentang daya dukung yang sedikit berbeda dengan teori lainnya. Mayerhof (1963) memberikan persamaan untuk daya dukung pondasi dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, eksentrisitas beban, kemiringan beban, dan kuat geser tanah di atas dasar pondasinya yang dijelaskan dalam rumus persamaan daya dukung ultimit Mayerhof sebagai berikut :

$$q_u = cN_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + D_f \cdot \gamma \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

(2-4)

dengan :

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = Faktor bentuk pondasi

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

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

Selain kedua metode yang sudah dijelaskan diatas, masih ada teori daya dukung pondasi pada tanah datar juga dikembangkan oleh peneliti – peneliti lain seperti Skempton (1951), Hansen (1961) dan Vesic (1973).

2.4 Analisis Daya Dukung Tanah Pada Lereng Tanpa Perkuatan

Banyak penemuan yang dilakukan oleh para peneliti untuk menganalisis daya dukung dari sebuah lereng tanpa perkuatan dengan menggunakan metode analitik seperti yang digunakan oleh F.Castelli et al (2010), Zongyuan Ma, Kunitomo Narita et al (1990), Osamu Kusakabe et al (1981) dan Ching-Chuan Huang (2008). Metode analitik tersebut memasukkan faktor reduksi akibat adanya lereng pada rumus daya dukung dan menggambarkan bidang keruntuhan. Pada penelitian yang bertujuan untuk

mengetahui daya dukung tanah pada lereng tanpa perkuatan atas pengaruh variasi sudut dan faktor bentuk dan jarak pondasi ini digunakan metode Hansen, Vesic, Mayerhof (1957) dan metode Shields (1990) yang lebih mudah untuk diterapkan.

2.4.1 Brinch Hansen (1970)

Persamaan yang dikembangkan oleh Hansen (1970) menunjukkan hasil temuan teoritis maupun eksperimental baik yang didapatkan maupun kontribusi dari penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan Terzaghi. Dalam persamaan yang dikembangkan oleh Hansen memperhatikan pengaruh-pengaruh bentuk pondasi, kedalaman, kemiringan beban, kemiringan dasar dan kemiringan permukaan tanah.

$$q_u = cN_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot g_{\gamma} \cdot b_{\gamma}$$

(2 – 8)

Keterangan :

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_{\gamma} = 1.5 (N_q - 1) \tan \phi$$

$$s_c, s_q, s_{\gamma} = \text{faktor bentuk pondasi}$$

$$d_c, d_q, d_{\gamma} = \text{faktor kedalaman}$$

$$i_c, i_q, i_{\gamma} = \text{faktor kemiringan beban}$$

$$g_c, g_q, g_{\gamma} = \text{faktor kemiringan permukaan tanah}$$

$$b_c, b_q, b_{\gamma} = \text{faktor kemiringan alas}$$

Teori Hansen menjelaskan bahwa untuk kasus pondasi yang terletak diatas lereng, maka faktor yang sangat berpengaruh adalah faktor kemiringan permukaan tanah. Penentuan nilai daya dukung pondasi yang terletak didekat puncak lereng dapat digunakan cara interpolasi linier.

Didalam kasus *unstable slope* ini metode yang dikembangkan oleh Brinch Hansen merupakan metode yang paling rasional dari pada metode yang dikembangkan oleh Mayerhof (1963) dan Shield (1990). Hal ini dikarenakan metode yang lainya tidak memiliki parameter untuk faktor daya dukung tanah pada kasus *unstable slope*. Untuk kasus lereng, Hansen menyatakan bahwa kemiringan lereng sangat berpengaruh terhadap nilai daya dukung, serta faktor kedalaman pondasi, faktor dasar pondasi juga

berpengaruh dalam nilai daya dukung yang dihasilkan. Berikut disajikan tabel koreksi yang dikembangkan Hansen (1970).

Tabel 2. 1 Faktor bentuk dan kedalaman pondasi menurut Hansen (1970)

Shape factors	Depth factors
$s'_{c(H)} = 0.2 \frac{B'}{L'} \quad (\phi = 0^\circ)$ $s_{c(H)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$ $s_{c(V)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$ $s_c = 1.0$ for strip	$d'_c = 0.4k \quad (\phi = 0^\circ)$ $d_c = 1.0 + 0.4k$ $k = D/B$ for $D/B \leq 1$ $k = \tan^{-1}(D/B)$ for $D/B > 1$ k in radians
$s_{q(H)} = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$ $s_{q(V)} = 1.0 + \frac{B}{L} \tan \phi$ for all ϕ	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$ k defined above
$s_{\gamma(H)} = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \quad \geq 0.6$ $s_{\gamma(V)} = 1.0 - 0.4 \frac{B}{L} \quad \geq 0.6$	$d_\gamma = 1.00$ for all ϕ



Tabel 2. 2 Faktor inklinasi , bentuk dan dasar pondasi menurut Hansen (1970)

Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_q = \left[1 - \frac{0.5H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^\delta$
	Base factors (tilted base)
$i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$
$i_\gamma = \left[1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ)H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$ $b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$ $b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$ $\eta \text{ in radians}$

2.5 Hubungan Jarak dan Kedalaman Pondasi dari Tepi Lereng Terhadap Daya Dukung

Pembangunan sebuah konstruksi di atas atau didekat lereng membutuhkan ketepatan penempatan pondasi sebagai elemen yang akan meneruskan beban di atasnya kedalam tanah pada lereng tersebut. Tegangan yang tinggi diakibatkan beban dan perbedaan elevasi permukaan tanah menjadi masalah utama untuk mengatasi faktor keamanan dan daya dukung dari lereng, sehingga penempatan pondasi harus diperhitungkan dengan cermat, disinilah letak pengaruh variasi Jarak dan kedalaman pondasi dari lereng untuk mendapatkan posisi yang tepat guna mendapatkan nilai daya dukung yang optimum dari variasi angka yang ada

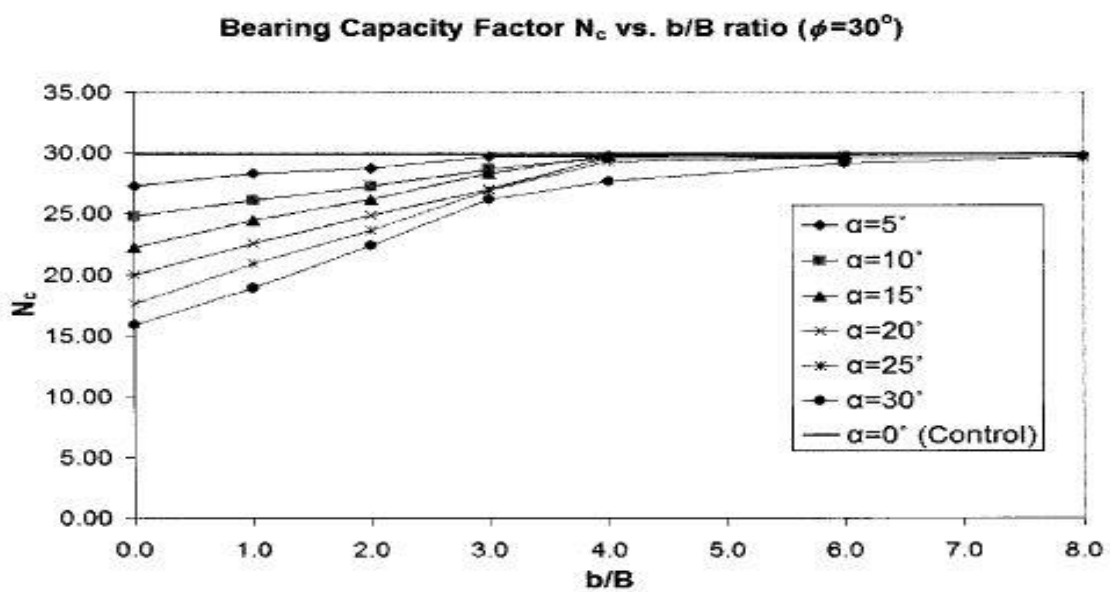
Objek dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter penempatan pondasi yang tepat untuk mendapatkan daya dukung yang paling optimum pada lereng

dengan menggunakan pendekatan-pendekatan rumus yang ada. Telah banyak penelitian yang berkaitan dengan daya dukung lereng dilakukan, seperti yang dilakukan oleh **Shields, Bauer, Deschenes dan Barsvary (1977)**, mereka melakukan penelitian terhadap daya dukung lereng dengan perbandingan kemiringan 2 :1, dari data yang mereka dapatkan mereka menyimpulkan ada beberapa parameter yang sangat signifikan berpengaruh pada daya dukung, yaitu rasio D/B pondasi serta jarak pondasi dari puncak lereng.

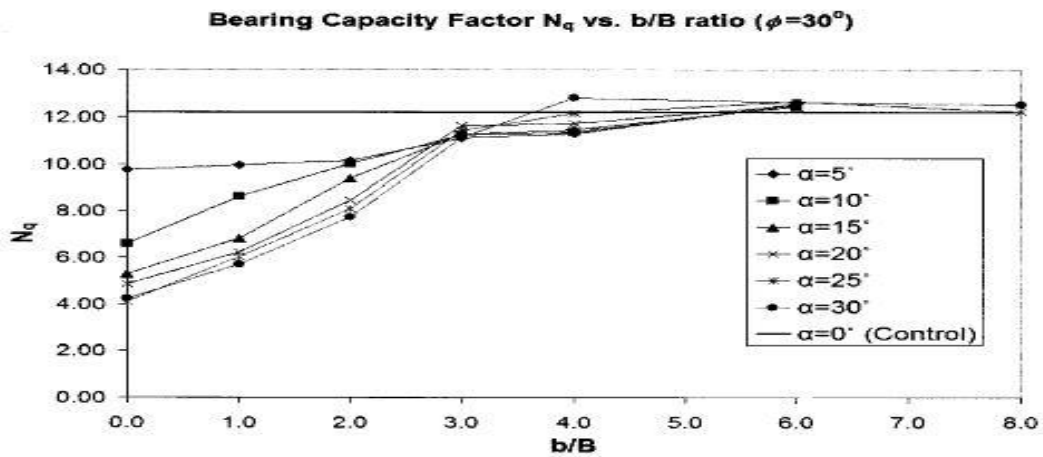
Dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, didapatkan 2 kesimpulan utama berkaitan dengan variasi jarak dan kedalam pondasi dari puncak lereng yaitu :

1. Variasi D/B dan kemiringan lereng tersebut memiliki karakteristik eksponensial
2. Variasi ini merupakan fungsi konvergen

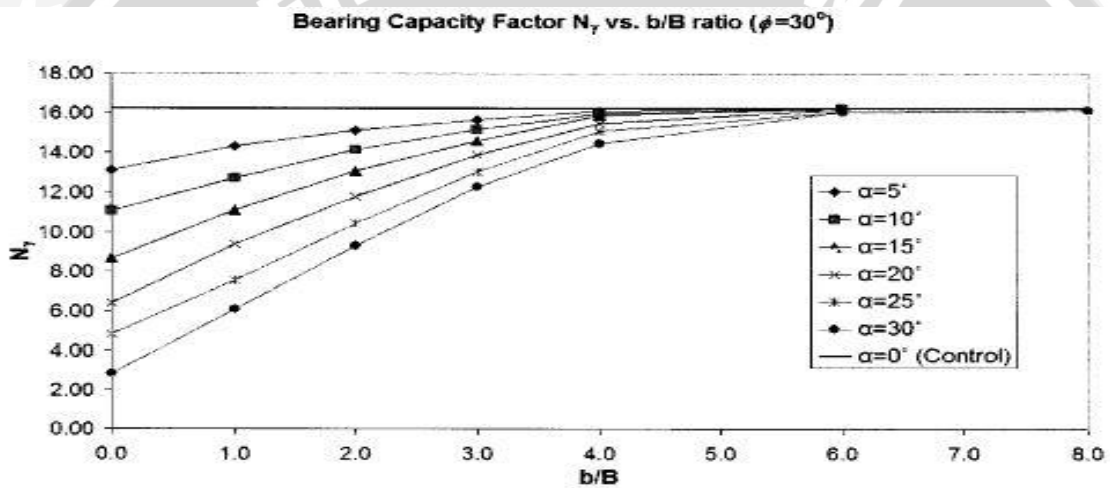
Kedua hal diatas disimpulkan berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, dimana didapatkan variasi tersebut berpengaruh terhadap faktor-faktor daya dukung N_c, N_q, N_γ .



Gambar 2. 3 Hubungan faktor daya dukung N_c terhadap rasio b/B menurut Kai Wing Ip (2005)

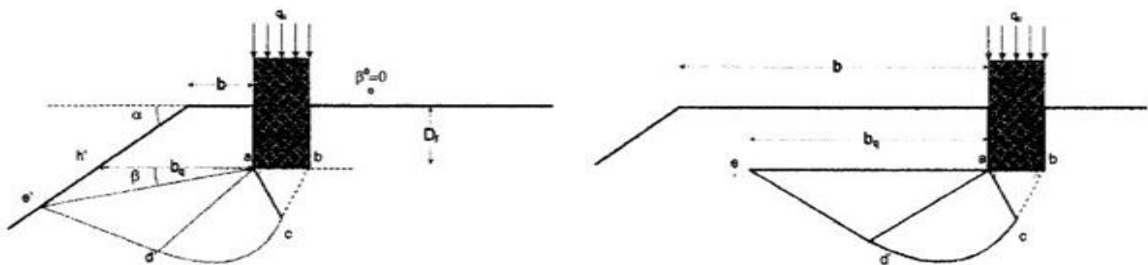


Gambar 2. 4 Hubungan faktor N_q terhadap rasio b/B menurut Kai Wing Ip (2005)



Gambar 2. 5 Hubungan faktor N_y terhadap rasio b/B menurut Kai Wing Ip (2005)

Dilihat dari hasil analisa yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dapat digambarkan *planning* dari keruntuhan lereng yang erat kaitannya dengan daya dukung. Berikut beberapa rencana keruntuhan lereng akibat variasi rasio D/B :



Gambar 2. 6 Mekanisme rencana keruntuhan lereng akibat pengaruh variasi rasio D/B

Sumber : Kai Wing ip, 2005