

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Embung

Embung merupakan cekungan yang dalam di suatu daerah perbukitan. Air embung berasal dari limpasan air hujan yang jatuh di daerah tangkapan. Ukuran embung di klasifikasikan sangat kecil, sedang, besar dan sangat besar. Berdasarkan lama embung menampung air, diklasifikasikan menjadi embung dengan tampungan sebentar (kemampuan menyimpan air antara 0-2 bulan), embung dengan tampungan menengah (kemampuan menyimpan air antara 3-5 bulan), dan embung dengan tampungan panjang/lestari (kemampuan menyimpan air antara 6-8 bulan).

Untuk menjamin fungsi dan keamanannya, desain rencana pengembangan embung mempunyai beberapa bagian yang perlu dipertimbangkan meliputi hal-hal seperti berikut ini.

1. Tubuh embung berfungsi untuk menutup lembah atau cekungan, sehingga air dapat tertampung di sebelah hulunya.
2. Kolam embung berfungsi untuk menampung air hujan yang masuk.
3. Bangunan sadap berfungsi untuk mengeluarkan air di kolam bila diperlukan.
4. Bangunan pelimpah berfungsi untuk mengalirkan air banjir dari kolam ke lembah dan untuk mengamankan tubuh embung terhadap peluapan.
5. Kolam jebakan air berfungsi untuk menangkap air yang tersisa pada musim kemarau, agar air terkumpul pada kolam embung.
6. Kolam jebakan lumpur digunakan untuk menangkap sedimentasi yang masuk ke kolam embung, agar efektifitas embung tetap terjaga.

7. Jaringan irigasi atau distribusi dapat berupa rangkaian saluran terbuka atau pipa yang berfungsi membawa air dari kolam embung ke daerah irigasi atau ke bak penampung air harian yang terletak dekat pemukiman (bila hal ini memungkinkan) secara gravitasi dan bertekanan dengan cara pemberian air tidak kontinyu.

B. Perencanaan Rehabilitasi Embung

Fungsi utama dari rehabilitasi embung adalah menyediakan air baku bagi masyarakat disekitar embung tersebut. Oleh sebab itu embung yang direncanakan harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut :

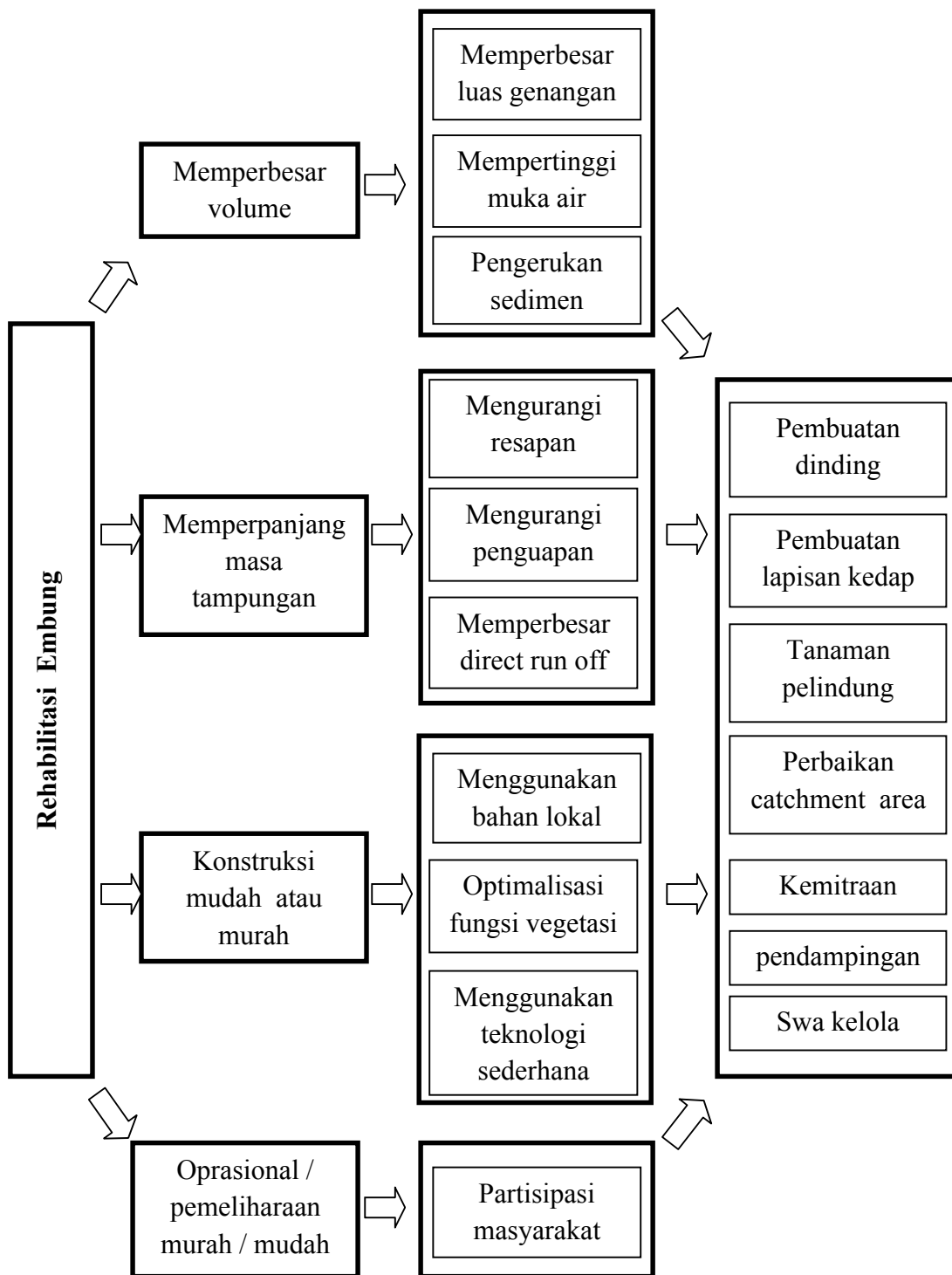
1. Mampu menampung air, sehingga tercipta suatu kolam air dengan volume dan lama masa tampung yang optimal.
2. Konstruksi mudah di laksanakan.
3. Biaya pembuatan konstruksi embung minimal.
4. Sedapat mungkin memanfaatkan sumber daya yang terdapat disekitar lokasi embung.

Untuk dapat memenuhi kriteria-kriteria fungsi embung yang disebutkan diatas, maka diperlukan pengenalan yang akurat berbagai komponen pendukung embung yang merupakan fungsi dari keberlanjutan sistem embung.

Sistem pendukung embung mencakup tiga komponen yang berpengaruh besar terhadap keberlanjutan fungsi embung. Tiga komponen tersebut meliputi kondisi dari kolam embung, kondisi dari lahan tangkapan hujan di sekeliling embung dan kondisi penduduk disekitar embung. Pengenalan yang akurat akan

ketiga faktor penentu yang sangat berpengaruh terhadap keberadaan embung tersebut akan sangat bermanfaat bagi keberhasilan rehabilitasi embung secara keseluruhan.

Berdasarkan uraian-uraian yang dipaparkan pada bagian terdahulu maka perencanaan rehabilitasi embung disusun berdasarkan bagan seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan Konsep Perencanaan Rehabilitasi Embung

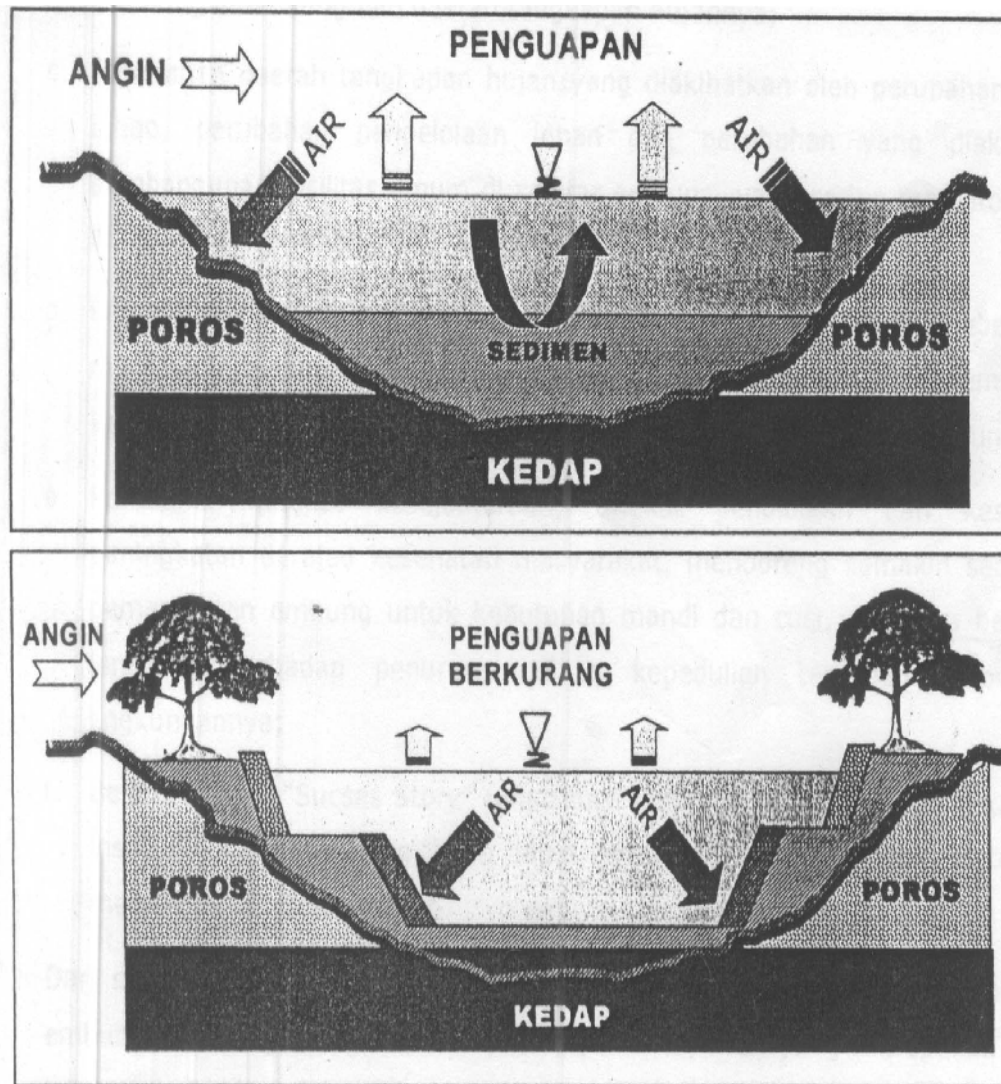
Rehabilitasi dan pengembangan embung yang selama ini diterapkan masih dominan menggunakan pendekatan teknik hidrolis, dengan titik berat pada pekerjaan struktur dikolam tampungan embung. Kegiatan rehabilitasi ini antara lain dilakukan dengan :

1. Membuat talud dan pengerukan untuk meningkatkan daya tampung.
2. Memberikan lapis kedap air untuk mengurangi kehilangan-kehilangan air.
3. Meningkatkan kualitas air, dengan membuat fasilitas pengolah air sederhana.
4. Membuat bangunan untuk mempermudah pengambilan air.

Pemilihan metode struktural seperti tersebut diatas memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing dengan cara-cara tersebut tidak dapat digeneralisir untuk diterapkan pada semua embung.

Banyaknya jumlah sedimentasi yang berasal dari daerah tangkapan menjadikan pendangkalan pada dasar embung yang selanjutnya mengurangi kapasitas tampung embung. Selain problem sedimentasi, masalah yang timbul adalah kehilangan air yang besar oleh penguapan dan kebocoran-kebocoran baik pada dasar maupun pada dinding embung. Temperatur udara yang tinggi dilokasi tersebut menyebabkan penguapan pada embung juga tinggi.

Dari serangkaian paparan konsep perencanaan rehabilitasi embung diatas maka secara sederhana persoalan yang terjadi dalam rehabilitasi embung dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Permasalahan Kerusakan Dan Konsep Rehabilitasi Embung

C. Bangunan Pelimpah

bangunan pelimpah merupakan bangunan pelengkap pada sebuah groundsill (bendung), untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam waduk agar tidak membahayakan keamanan groundsill (bendung). Apabila terjadi kecepatan aliran air yang besar akan terjadi olakan (turbulensi) yang dapat mengganggu jalannya air sehingga menyebabkan berkurangnya aliran air

yang masuk ke dalam bangunan pelimpah. Oleh sebab itu, kecepatan aliran air harus dibatasi agar tidak melebihi kecepatan kritisnya.

Terdapat dua tipe umum ambang, yaitu ambang datar (*bed gidle work*) dan ambang pelimpah (*head work*). Ambang datar hampir tidak mempunyai terjunan dan elevasi mercunya hampir sama dengan permukaan dasar sungai dan berfungsi untuk menjaga agar permukaan dasar sungai tidak turun lagi. Sedangkan ambang pelimpah mempunyai terjunan, sehingga elevasi permukaan dasar sungai disebelah hulu ambang lebih tinggi dari elevasi permukaan dasar sungai disebelah hilirnya dan tujuannya adalah untuk melandaikan kemiringan dasar sungai. (Suyono Sosrodarsono, 1994). suatu pelimpah dapat dikatakan sempurna bila pelimpah air bagian hulu tidak terpengaruh air bagian hilir. Sedangkan pelimpah dikatakan tidak sempurna jika pelimpah air bagian hulu terpengaruh dengan air bagian hilir (Agus Maryono, 2003).

D. Jenis-jenis Tanah

Tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Tanah terbentuk dari proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di permukaan bumi. Pembentukan tanah dari batuan induk, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik adalah proses mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi karena pengaruh alam dan manusia, partikel-partikel yang dihasilkan oleh

proses ini berbentuk tidak teratur. Sedangkan proses pembentukan tanah secara kimia diakibatkan adanya unsur-unsur kimia seperti oksigen, karbondioksida, air dan unsur lain yang mengandung asam. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempat disebut tanah terangkut (*transported soil*).

Unifield class system	1,7 mm		0,38		0,075						
	kasar	sedang	halus	Butiran halus (lanau / lempung)							
	pasir										
ASTM	2,0 mm		0,420	0,075	0,005	0,001					
	Pasir sedang	Pasir halus	lanau	lempung	Lempung koloidal						
MIT noman- clature	2,0mm	0,6	0,2	0,06	0,006	0,002	0,0006	0,0002mm			
	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus		
	pasir			lanau		lempung					
International noman clature	2,0mm	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002
	Sgt kasar	kasar	sedang	halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar	halus	Sgt halus
	pasir				Mo	lanau		lempung			

Gambar 3. Klasifikasi Butiran Tanah Menurut *Unified Soil Classification System, ASTM, MIT, dan International Nomenclature (Hardiyatmo: 2006)*

Kondisi tanah diberbagai daerah berbeda-beda. Sifat-sifat tanah seperti kuat tekan dan gaya geser tanah tergantung kepada komposisi tanah itu sendiri, lihat pada Gambar 3. apakah tanah tersebut berpori, banyak mengandung air dan sebagainya. Komposisi tanah terdiri dari butiran tanah, air dan udara.

Berikut adalah jenis-jenis tanah yang biasa dikenal untuk klasifikasi tanah di lapangan, menurut Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck (1993):

1. Pasir (*sand*) dan Kerikil (*gravel*)

Disebut pasir apabila masih bisa dilihat oleh mata, tetapi berukuran kurang dari 2 mm. Pasir sendiri dibedakan menjadi tiga berdasarkan ukuran butirannya yaitu pasir kasar dengan diameter butiran berkisar antara 2-0,6 mm, pasir sedang dengan diameter butiran berkisar antar 0,6-0,2 mm dan pasir halus bila diameter butirannya antara 0,2-0,06 mm. Sedangkan yang disebut kerikil adalah butiran yang berdiameter lebih besar dari 2 mm.

2. Hardpan (*hardpan*)

Merupakan tanah yang memiliki tahanan terhadap penetrasi alat pemboran sangat besar. Sebagian besar *hardpan* memiliki gradasi yang baik, luar biasa padat dan merupakan agregat partikel mineral yang kohesif.

3. Lanau anorganik (*inorganic silt*)

Merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau sama sekali tidak ada. Jenis yang plastisitasnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimen, yang sering disebut tepung batuan (*rock flour*), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis.

4. Lanau organik (*organic silt*)

Merupakan tanah agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus. Lanau organik

memiliki permeabilitas yang sangat rendah dan memiliki kompresibilitas yang sangat tinggi.

5. Lempung (*clay*)

Butiran lempung lebih halus dari lanau, merupakan kumpulan butiran mineral kristalin yang bersifat mikroskopis dan berbentuk serpihan-serpihan atau pelat-pelat. Material ini bersifat plastis, kohesif dan mempunyai kemampuan menyerap ion-ion. Sifat-sifat tersebut sangat dipengaruhi oleh kandungan air dalam tanah.

6. Lempung organik (*organic clay*)

Merupakan lempung yang sifat-sifat fisisnya dipengaruhi oleh bahan organik yang tersusun di dalamnya.

7. Gambut (*peat*)

Merupakan agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan.

E. Debit Rembesan di Dasar Embung

Air di dalam kolam embung akan meresap masuk kedalam pori atau rongga di dasar dan dinding kolam embung. Besarnya resapan ini tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam. Sedangkan sifat ini tergantung pada jenis butiran tanah atau struktur batu pembentuk dasar dan dinding kolam.

Besarnya rembesan dapat diperkirakan dengan menggunakan sekelompok garis aliran dan garis ekuipotensial disebut *jaring arus (flow-net)*.

garis ekipotensial adalah garis-garis yang mempunyai tinggi energi potensial yang sama (*h konstan*). Permeabilitas lapisan lolos air dianggap isotropis ($k_x = k_z = k$). Dalam penggambaran jaring arus, garis aliran dan garis ekipotensial di gambarkan secara coba-coba (*trial and error*).

Flow net mempunyai sifat sebagai berikut :

1. Semua garis aliran dan semua garis ekipotensial saling berpotongan tegak lurus membentuk kotak-kotak bujur sangkar.
2. Selisih potensial antara 2 garis ekipotensial yang berurutan selalu sama (Δh).

Debit yang lewat setiap alur satuan meter lebar menjadi :

$$q = k \cdot h \cdot \frac{N_f}{N_d} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

q = debit rembesan persatuan lebar

k = permeabilitas

h = kedalaman air

N_f = jumlah garis aliran

N_d = jumlah penurunan dari garis ekipotensial

F. Keamanan Bangunan Terhadap Bahaya Piping

Piping merupakan rembesan yang terjadi akibat perbedaan muka air di hulu dengan di hilir sehingga menyebabkan tekanan air dan terangkutnya butir-butir tanah halus. Bahaya dari *piping* adalah dapat mengakibatkan terganggunya stabilitas bendung (Hardiyatmo: 2002).

Dengan adanya erosi bawah tanah, dapat mengakibatkan terjadinya rongga-rongga di bawah pondasi sehingga dapat menyebabkan pondasi bangunan mengalami penurunan. Untuk mempermudah pengecekan bangunan-bangunan utama agar dapat mengetahui adanya piping bawah tanah, metode Lane atau yang biasa disebut metode angka rembesan Lane dapat digunakan, agar memberikan hasil yang aman dan mudah dipakai. digunakan rumus:

$$L_w = \frac{\sum}{1} + \sum L_v \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

L_w = *weighted - creep - distance* (m)

$\sum L_h$ = jumlah jarak horizontal menurut lintasan terpendek (m)

$\sum L_v$ = jumlah jarak vertikal menurut lintasan terpendek (m)

Setelah *weighted - creep - distance* dihitung, *weighted creep ratio* (WCR) dapat ditentukan dengan persamaan :

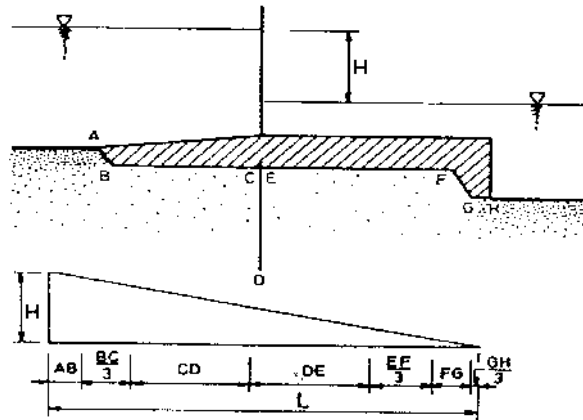
$$WCR = \frac{\sum}{1 \quad 2} \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

WCR = *weighted creep ratio*

H₁ = Tinggi muka air di hulu (m)

H₂ = Tinggi muka air di hilir (m)



Gambar 4. Metode angka rembesan Lane(KP-02 Dirjen Pengairan:1986)

Tabel 1. Nilai angka aman untuk weighted-creep-ratio, WCR (Lane 1935)

Tanah	Angka aman WCR (weighted - creep - ratio)
Pasir sangat halus atau lanau	8,5
Pasir halus	7,0
Pasir sedang	6,0
Pasir kasar	5,0
Kerikil halus	4,0
Kerikil kasar	3,0
Lempung lunak sampai sedang	2,0 - 3,0
Lempung keras	1,8
Cadas	1,6

Dalam Standar Perencanaan Irigasi KP-02 (1986), bahwa angka-angka rembesan di Tabel 2.1 tersebut di atas sebaiknya dipakai :

1. 100 % jika tidak dipakai pembuang, tidak dibuat jaringan aliran dan tidak dilakukan penyelidikan dengan model;
2. 80 % kalau ada pembuangan air, tapi tidak ada penyelidikan maupun jaringan aliran;
3. 70 % bila semua bagian tercakup;

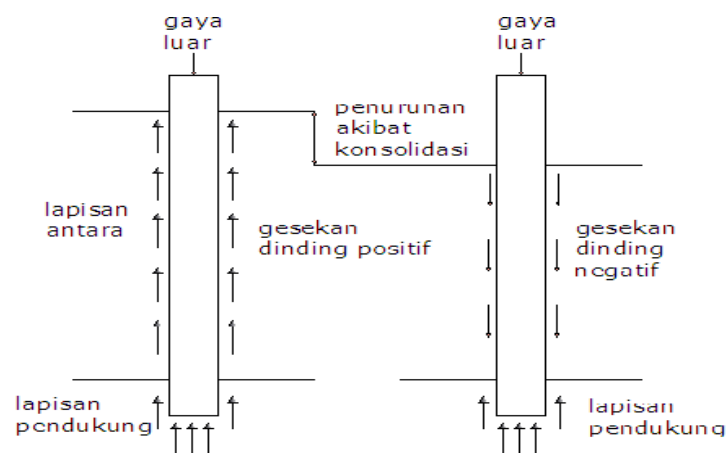
G. Kapasitas Dukung Tanah

Jika tanah mengalami pembebanan, maka tanah tersebut akan mengalami settlement atau penurunan. Apabila beban ini bertambah terus-menerus, maka penurunan pun bertambah. Akhirnya pada suatu saat terjadi kondisi dimana pada beban tetap, pondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Hal seperti ini menunjukkan bahwa keruntuhan kapasitas dukung telah terjadi. Kapasitas dukung tanah didefinisikan sebagai beban maksimum tanah dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. (Hardiyatmo: 2002).

Terdapat 2 persyaratan yang harus dipenuhi dalam merancang pondasi, yaitu:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah yang harus dipenuhi.
2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas toleransi.

Untuk menghitung stabilitas bendung terdapat beberapa persamaan kapasitas dukung tanah yang dapat digunakan, seperti persamaan-persamaan kapasitas dukung Terzaghi, Meyerhof dan Hansen.



Gambar 5. Tinjauan stabilitas terhadap daya dukung tanah (Suyono: 2005)

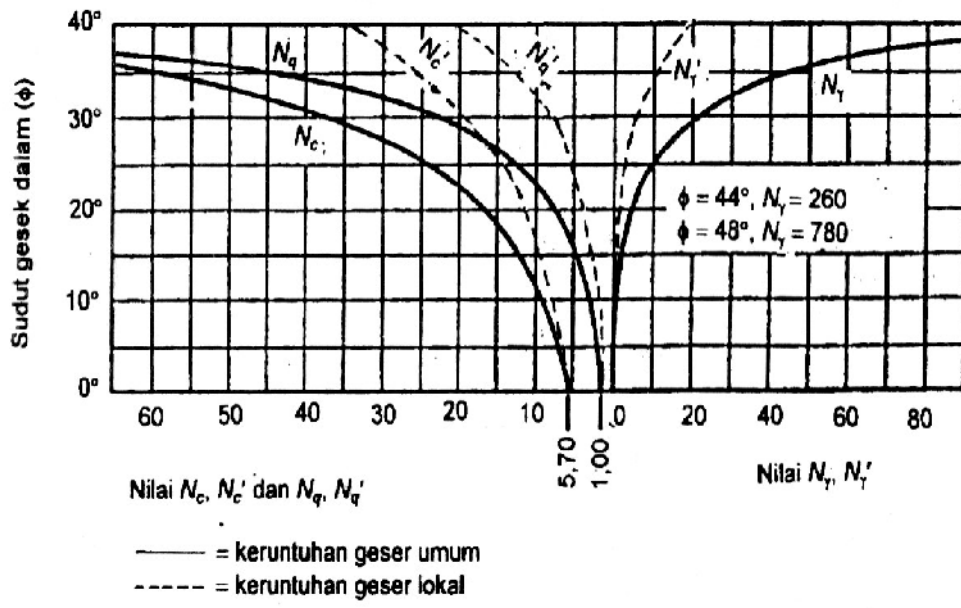
Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang dinyatakan oleh persamaan :

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + z \cdot \gamma \cdot N_q + \beta \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \quad \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

- q_u = daya dukung batas, kN/m^2
- c = kohesi, tegangan kohesif, kN/m^2
- N_c, N_q dan N_γ = faktor-faktor daya dukung tak berdimensi
- γ = berat volume tanah, kN/m^3
- B = lebar telapak pondasi, m
- α dan β = faktor tak berdimensi
- z = kedalaman pondasi di bawah permukaan, m.

Nilai-nilai dari N_γ, N_c, N_q dalam bentuk grafik yang diberikan Terzaghi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan ϕ dengan N_c, N_q , dan N_γ (Terzaghi, 1943)

Tabel 2. Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

(Hardiatmo,2002)

Tabel 3. Bentuk telapak pondasi (KP-06 Dirjen Pengairan: 1986)

Bentuk	α	β
Jalur/strip	1	0,5
Bujur sangkar	1,3	0,4
segi empat (L x B)	$1,09 + 0,21 B/L$	0,4
Lingkaran (diameter =B)	1,3	0,3

Persamaan Terzaghi untuk menghitung kapasitas dukung tanah hanya berlaku untuk pondasi yang dibebani secara vertikal dan sentries. Kedudukan pondasi konstruksi haruslah pada tanah keras yang dapat mendukung bobot

konstruksi di atasnya. Oleh sebab itu perlu diadakan kontrol terhadap daya dukung tanah. Dalam KP-02 (1986) digunakan rumus :

$$\sigma_{1(\text{maks})} = \frac{\Sigma V}{A} \left(1 + \frac{6.e}{B}\right) < \sigma \text{ izin } (q_a) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\sigma_{2(\text{min})} = \frac{\Sigma V}{A} \left(1 - \frac{6.e}{B}\right) < 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

Besarnya daya dukung ijin bisa dicari dari :

$$q_a = \frac{q_u}{F} + \gamma \cdot z \quad \dots\dots\dots(7)$$

dengan :

- q_a = daya dukung ijin, kN/m^2
- q_u = daya dukung batas, kN/m^2
- F = faktor keamanan 2 sampai 3 (Terzaghi dalam KP 06)