

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Dalam suatu desain bendung, maka perlu diketahui gambaran keadaan debit sungai yang akan di kembangkan terutama pada desain lokasi bendung. Karena hal tersebut erat kaitannya dengan penetapan suatu debit banjir rencana pada suatu periode ulang tertentu sebagai dasar desain bendung. Untuk keperluan tersebut perlu tersedia data pengamatan yang cukup dengan periode yang memadai. Dalam analisa debit sungai sudah tentu data tersebut akan sangat akurat bilamana digunakan data pengamatan debit sungai tetapi sering kali data tersebut tidak tersedia sehingga analisa debit dilakukan didasarkan pada data pengamatan curah hujan.

Desain debit banjir rencana dapat dilakukan dengan bermacam metode, tergantung dari ketersediaan data di lapangan. Debit banjir dipertimbangkan dari segi Hidroekonomis dan keamanan bendung, karena itu hendaknya debit tidak perlu diambil terlalu besar ataupun terlalu kecil. Debit maksimum sungai biasanya terjadi pada hujan yang berlangsung lama dan sangat dipengaruhi oleh bentuk dari daerah pengaliran, kemiringan permukaan tanah, kemiringan dasar sungai. Hubungan antara ketersediaan data dengan metode yang dipakai serta parameter desainnya dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel .3.1 Metode Banjir Rencana

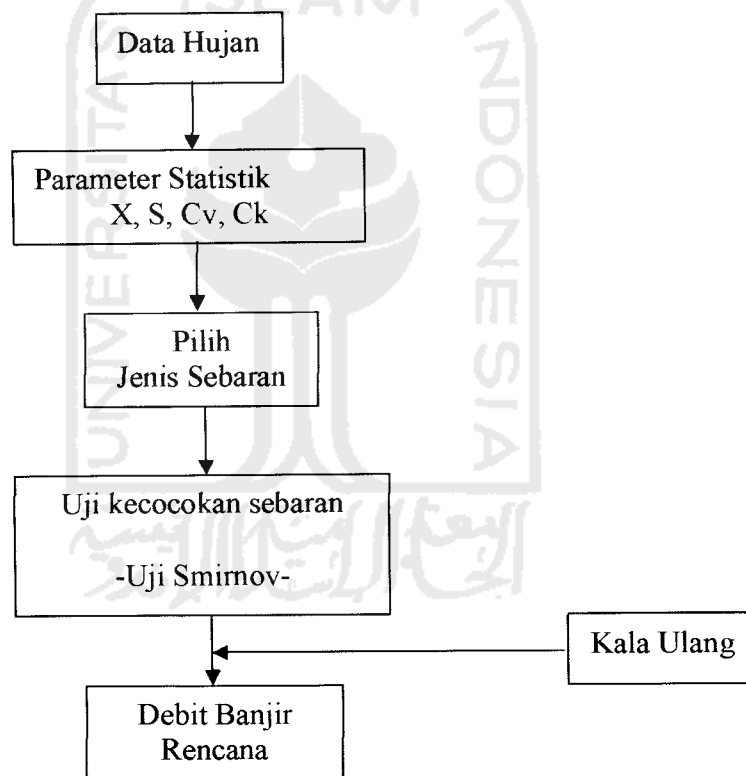
Catatan Banjir	Metode	Parameter Perencanaan
1. a. Data cukup 20 th atau lebih > 20 th	Analisa Frekuensi dengan distribusi frekuensi ekstrim	Debit puncak dengan kemungkinan tak terpenuhi
1 b. Data terbatas (kurang dari 20 th)	Analisa Frekuensi dengan metode debit di atas ambang (<i>“Peak over threshold method”</i>)	Seperti 1. a, dengan ketepatan kurang dari itu
2. Data tidak ada	Hubungan empiris antara curah hujan – limpasan air hujan gunakan metode der Weduyen untuk daerah aliran < 100 km ² metode Melchior, Hasper Rational untuk daerah aliran > 100 km ²	Seperti 1. a, dengan ketepatan kurang dari itu
3. Data tidak ada	Metode kapasitas saluran. Hitung banjir puncak dari tinggi air maksimum, potongan melintang dan kemiringan sungai yang	Debit puncak mungkin tidak terpenuhi.

	sudah diketahui. Metode tidak tepat hanya untuk mencek 1.b dan 2 atau untuk memaksudkan data histories banjir dalam 1.a	
--	---	--

Sumber : Standar perencanaan Irigasi, 1986, halaman 79

3.2 Analisis Curah Hujan Pada Daerah Aliran Sungai

Bagan alir Perhitungan Analisis Curah Hujan Rencana



Gambar 3.1 Bagan alir Perhitungan Analisis Curah Hujan Rencana

Data curah hujan yang diperoleh pada stasiun penangkap hujan hanya mendapat data curah hujan disuatu titik tertentu (*point Rainfal*) dan daerah sekitar yang tidak begitu luas untuk dapat mewakili daerah yang luas maka data hujan tersebut harus dirubah menjadi hujan area rerata atau hujan kawasan. Untuk menentukan besar hujan kawasan atau hujan rerata pada daerah aliran sungai pada desain bendung Boro ini dipakai beberapa pendekatan di bawah ini:

a). Cara Rata-Rata Aljabar

Cara rata-rata Aljabar digunakan pada DAS yang homogen, jumlah stasiun hujan cukup banyak dan lokasi tersebar merata. Pada prinsipnya untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dengan cara menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran curah hujan yang berada dalam DAS selama periode tertentu yang di bagi dengan banyaknya stasiun pengukuran.

Rumus:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

Keterangan:

\bar{R} = Tinggi Hujan rerata (mm)

n = Jumlah Stasiun

R_i = Tinggi Hujan titik di stasiun (mm)

b.) ARF (Areal Reduction Faktor)

Untuk mendapatkan rata – rata tahunan dari hujan maximum di daerah aliran, dapat di hitung dari rata – rata tahunan curah hujan maksimum pada

stasiun pengukuran yang mewakili daerah aliran dikalikan dengan factor reduksi areal (ARF).

$$R = R_i \times ARF$$

ARF = Areal reduction factor

3.3 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu peramalan suatu kejadian yang mungkin terjadi dalam kala ulang tertentu, sehingga alat utamanya teori kemungkinan (analisis statistic), karena merupakan teori kemungkinan maka akan memiliki suatu resiko tertentu, semakin besar kala ulangnya maka semakin kecil risikonya, semakin besar pula nilai ekstrimnya. Dan tujuan dari Analisis Frekuensi adalah menentukan nilai ekstrim yang mungkin dapat terjadi dalam frekuensi tertentu jika data banjir tidak ada maka digunakan data curah hujan untuk menentukan besarnya debit rencana dan debit rencana tersebut digunakan untuk mendapat debit banjir rencana.

1. Pemilihan Sebaran

Pada perencanaan bendung Boro dipakai analisa frekuensi dengan metode Log pearson III dan metode Hasfer.

Hal – hal yang perlu diketahui terlebih dahulu sebelum menentukan jenis sebaran yang digunakan yaitu:

$$\text{Mean} \quad : \bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (3.1)$$

$$\text{Deviasi Standar} : S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

$$\text{Koef. Variasi} : Cv = \frac{1}{\bar{X}} \quad (3.3)$$

$$\text{Koef. Asimetri} : \frac{n(X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (3.4)$$

Tabel 3.3 Pemilihan sebaran

Sebaran	Syarat
Normal	$Cs = 0$
Gumbel	$Cs = 1,14, Ck = 5$
Log Normal 2 Parameter	$\frac{Cs}{Cv} = 3$
Log pearson III	$Cs < 0$

Keterangan: Syarat diambil dari "Menganai Dasar Hidrologi Terapan" Ir. Sri Harto. 1983

a. Metode Log Person III

Distribusi ini banyak digunakan dalam analisa hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir). Bentuk distribusi ini merupakan hasil dari transformasi dari distribusi person III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik.

Rumus umum:

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + k(S\overline{\text{Log}X}) \quad (3.1)$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \log X}{n} \quad (3.2)$$

$$\overline{(SLogX)} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times \overline{(SLogX)}^3} \quad (3.4)$$

Keterangan:

$\overline{\log X}$ = Nilai rata-rata

$\overline{(SLogX)}$ = deviasi standart

C_s = koefisien kemencengan

n = jumlah data

k = karakteristik dari distribusi log pearson 3 (lampiran 3)

b. Metode Haspers

Rumus: $R_i = R + S.U$

Keterangan:

R_i = Hujan rencana dengan kala ulang tertentu (mm)

R = Hujan rata –rata diambil (mm)

S = Standart deviasi

U = Variabel standart untuk kala ulang tertentu

2. Uji Kecocokan Sebaran

Setelah ditentukan jenis sebaran yang dipakai maka diuji kecocokan (the goodness of fit test) distribusi frekuensi dari sample data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili

distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Uji Chi Kuadrat (Chi-Square)
- b) Uji Smirnov-Kolmogrov

A. Uji Chi Kuadrat (Chi-Square)

Uji Chi Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sample data yang dianalisis, pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2_{cr} .

$$X^2_{cr} = \sum_{p=1}^p \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

Keterangan:

X^2_{cr} = Parameter chi-kuadrat terhitung

P = Jumlah sub – kelompok

Of = Jumlah nilai pengamatan pada sub – kelompok ke-i

Ef = Jumlah nilai teoritis pada sub - kelompok ke-1

Parameter X^2_{cr} merupakan variable acak. Peluang untuk mencapai nilai X^2_{cr} sama atau lebih besar dari pada nilai chi – kuadrat yang sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada lampiran 1 untuk suatu derajat nyata tertentu yang sering diambil 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dapat di hitung dengan

$$DK = K - (P+1)$$

Keterangan:

DK= Drajat kebebasan

$P =$ Banyaknya keterikatan $= 2$ (untuk distribusi normal)

Uji ini memenuhi bila $X^2 < X^2$.

B Uji Smirnov-Kormonov

Uji kecocokan Smirnov-Kormonov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji ini dilakukan dengan sederhana, yaitu dengan membandingkan (*probability*) untuk setiap uji ini memenuhi bila α maksimum terbaca $< \alpha$ kritik. Drajat kebebasan α kritik dapat dilihat pada lampiran 2.

3.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan besaran debit yang digunakan untuk pertimbangan dalam desain bangunan hidrolis dan juga untuk mengetahui besarnya banjir yang harus diperhitungkan. Dalam penepatan debit banjir hendaknya ditetapkan tidak terlalu kecil, agar jangan terjadi bahaya banjir yang dapat merusak bangunan atau daerah sekitarnya. Untuk itu besarnya debit banjir rencana ditetapkan dengan kala ulang tertentu.

Analisis ini dipakai untuk debit banjir rencana dengan kala ulang tertentu yaitu dengan kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Pemilihan kala ulang harus dengan pertimbangan pertimbangan hidro ekonomis, yaitu:

- Besarnya kerugian yang akan terjadi bila bangunan rusak
- Umur ekonomis bangunan
- Biaya pembangunan

Metode-metode yang dapat digunakan dalam penentuan debit banjir rencana pada redesain bendung Boro ini adalah:

3.4.1 Metode Haspers

$$Q_T = C \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

Penemuan koefisien aliran reduksi hujan maksimum dicari dengan metode

Haspers. Rumus yang digunakan adalah:

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 f^{0,7}}{1 + 0,075 f^{0,7}}$$

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times J^{-0,3}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,7 \times 10^{-0,4t})}{t^2 + 15} \times \frac{f^{3/4}}{12}$$

$$q = \frac{Rt}{3,6t}$$

Keterangan:

Q_t = Debit maksimum (m³/det)

α = Koefisien aliran

β = Koefisien reduksi

q = Hujan maksimum (m³/det/km²)

A = Luas daerah pengaliran sungai (km²)

t = Lamanya hujan (jam)

3.4.2 Metode Manual Banjir Rencana Jawa – Sumatera

Rumus umum

$$Q_t = GF_5 \times MAF_5$$

$$MAF = 8 \times 10^{-6} \times AREA^v \times APBAR^{2,445} \times SIMS^{0,117} \times (1+LAKE)^{-0,85}$$

Keterangan:

Q_t = Debit banjir untuk periode T (m^3/det)

MAF = Debit puncak tahunan rata-rata (m^3/det)

GF = Nilai faktor pembesar untuk kala ulang T (lampiran 5)

AREA = Luas daerah aliran sungai (km^2)

PBAR = Hujan terpusat maksimum rata-rata tahunan (mm)

APBAR = Hujan maksimum rata-rata tahunan yang mewakili daerah aliran (APBAR = PBAR x AFR)

ARF = Faktor reduksi luas

$$= 1,152 - 0,1233 \text{ AREA}$$

SIMS = Kemiringan aliran sungai

LAKE = Indeks danau (untuk perancangan bendung LAKE = 0)

3.4.3 Metode Rational Jepang

$$Q_{\max} = \frac{1}{3,6} \times Rm \times f \times A \quad (3.5)$$

$$Rm = Ro \times \left(\frac{1}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.6)$$

$$Ro = \frac{R_{24}}{t} \quad (3.7)$$

$$W = 72 \times (i)^{0,6} \quad (3.8)$$

$$T = \frac{L}{W} = \frac{65}{7,872} = 8,275 \quad (3.9)$$

Keterangan:

R_m = Intensitas hujan jam – jaman maksimum selama banjir
(mm/jam)

f = Koefisien run of atau pengaliran = 0,75

A = Luas DAS (km^2)

R_o = Hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

W = Kecepatan perambatan banjir (km/jam)

L = Panjang sungai (km)

I = Kemiringan sungai

3.4.4 Penentuan Tinggi Muka Air Sungai

Untuk penentuan tinggi muka air sungai di hulu dan di hilir bendung maka digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times V \quad (3.10)$$

Keterangan:

Q = Debit sungai (m^3/det)

A = Luas tampang basah (m^2)

V = Kecepatan Aliran (m/det)

Dianggap bahwa besarnya kecepatan aliran sungai dapat dicari pendekatan dngan menggunakan rumus “De-Chezy”

$$V = C\sqrt{RI} \quad (3.11)$$

sedangkan untuk menghitung koefisien Chezy, digunakan rumus Basin

$$C = \frac{87}{1 + \frac{Jb}{\sqrt{R}}} \quad (3.12)$$

Keterangan:

C = Koefisien Chezy ($m^{1/2}/det$)

R = Jari-jari Hidraulis (m)

P = Keliling basah tampang sungai (m)

Jb = Kekasaran dinding Basin = 0,85

I = Kemiringan rata-rata dasar sungai

Dalam analisa hidrologi, atau khususnya hidrograf aliran ada 2 (dua) data dasar yang diperlukan yaitu : debit dan tinggi muka air, untuk mencatat tinggi muka air, dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu

1). Dengan papan duga (staf gauge)

Papan duga merupakan batang papan yang diberi skala ukuran (dalam cm)

dipasang pada lokasi yang telah dipilih

- a. Pemasangan papan duga agar dikaitkan dengan titik ketinggian yang telah ada.
- b. Harus dipasang pada penyangga yang kokoh, misalnya pangkat jembatan yang tidak berubah/ bergerak.
- c. Diusahakan agar tidak langsung pada arah arus, karena dapat menimbulkan pembacaan kemungkinan rusak akibat benturan/ gesekan akibat sampah/ sedimen yang terbawa arus.

- d. Papan duga agar dapat mencakup tinggi muka air minimal sampai muka air maksimal yang mungkin terjadi.

Pemasangan papan duga dapat dilakukan dengan cara vertikal, miring atau bertingkat tergantung pada keadaan stasiun pengukuran, pada sungai yang sangat sensitif, kalau interval pembacaan terlalu panjang maka akan banyak informasi yang hilang, misalnya pada saat puncak banjir atau debit-debit yang rendah.

2). Dengan alat ukur otomatis (Automatic water level recorder)

Dipergunakan meskipun biayanya lebih tinggi, akan tetapi ketelitian pengukuran cukup tinggi. Akibat perubahan tinggi muka air, diteruskan oleh pelampung langsung pada sungai, karena sangat tidak teratur.

Akibat pengaruh gelombang akibat sampah atau kotoran sering kali pencatatan menjadi tidak baik maka pengapung dipasang di dalam sumur (*stilling well*) yang dihubungkan dengan sungai melalui pipa, dengan cara ini maka pengaruh gelombang air dapat dihindarkan.

3.5 Pemilihan Lokasi Bendung dan Pangunan Bendung

Pemilihan lokasi bendung hendaknya saling menguntungkan dari beberapa segi, baik itu perencanaan, pengamanaan, pelaksanaan, pengoperasian, dampak pembangunan, dan sebagainya, sehingga diperlukan persyaratan yang dominan dengan mempertimbangkan beberapa aspek (Moch. Memad, 2002) yaitu:

- a. Aspek topografi,
- b. Aspek hidrolis dan morfologi,
- c. Aspek geologi,

- d. Aspek mekanika tanah,
- e. Aspek biaya pelaksanaan,
- f. Aspek hidrologi

Untuk lebih jelasnya akan dibahas masing-masing aspek pada sub-bab dibawah ini:

3.5.1 Aspek topografi

Keadaan topografi dari rencana daerah irigasi yang akan dialiri adalah semua rencana daerah irigasi dengan melihat elivasi tanah tertinggi senga dapat menentukan mercu bendung,

Kondisi topografi harus mempertimbangkan hal-hal antara lain.

- a. Bendung jangan terlalu tinggi, bila dibangun di palung sungai tidak boleh lebih dari 7 meter, agar tidak menyulitkan pelaksanaan.
- b. Trase saluran induk ditempatkan di tempat yang paling baik yaitu:
 - 1. penggalian tidak terlalu dalam maksimal 8 meter, dan saluaran tidak terlalu panjang,
 - 2. tanggul tidak terlalu tinggi.
- c. Penempatan *intake* yang tepat dilihat dari segi hidrolik dan angkutan sedimen.

Menurut Kreteria Perencanaan 02 tahun 1986 data topografi yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Peta dasar lebih disukai dengan skala 1 :50.000, dan garis-garis tinggi (kontur) harus di berikan setiap 25 m.

- b. Pada situasi sungai di mana bangunan utama dibuat dengan skala 1:2000, jarak 1 km ke hulu dan 1 km ke hilir dari bangunan utama, dan melebar 250 m dari masing-masing tepi sungai. Peta itu juga tercakup batas-batas penting seperti batas-batas desa, sawah dan saluran prasarananya.
- c. Gambar potongan memanjang sungai dengan potongan melintang setiap 50 m, skala vertikalnya 1 : 200. skala untuk potongan melintang 1 : 200 horizontal dan 1 : 200 vertikal, letak pencatat muka air otomatis (AWLR) dan papan duga harus ditunjukkan.
- d. Pengukuran detail terhadap setuasi Bandung yang sebenarnya harus dipersiapkan, yang menghasilkan peta berskala 1 : 200 atau 1 : 500. peta memperlihatkan bagian-bagian lokasi bangunan utama secara lengkap.

3.5.2 Aspek hidrolis dan morfologi

Dalam aspek hidrolis ini adalah faktor yang harus dipertimbangkan yaitu meliputi:

- a. Pola aliaran sungai: kecepatan, arah debit banjir hendaknya sedang dan kecil .
- b. Kedalaman dan lebar muka air debit banjir hendaknya sedang dan kecil.
- c. Tinggi muka air sesuai dengan debit rencana.
- d. Potensi dan distribusi angkutan sedimen juga harus diperhatikan.

Data-data sungai fisik yang di perlukan dari sungai adalah:

- a. Kandungan dan ukuran sedimen
- b. Tipe dan ukuran sedimen besar,

- a
- c. Distribusi ukuran batir,
- d. Banyaknya sedimen dalam waktu tertentu,
- e. Pembagian sedimen secara vertikal dalam sedimen.

Selain data-data ini, data historis potongan memanjang sungai dan gejala terjadinya degradasi dan aggradasi sungai juga harus dikumpulkan.

Apabila ternyata sungai terdiri dari batu, maka dapat dikatakan bahwa sungai itu stabil.

3.5.3 Aspek Geologi

Peta geologi permukaan harus meliputi geologi permukaan pada suatu daerah. Skala peta yang harus dipakai adalah (Kriteria Perencanaan 02, 1986):

- a. Peta daerah dengan skala 1:100000 atau 1:50000,
- b. Peta semi detail dengan skala 1:25000 atau 1:5000,
- c. Peta detail dengan skala 1:2000 atau 1:100.

Peta-peta tersebut harus menunjukkan geologi daerah yang bersangkutan, daerah pengambilan bahan bangunan, detail-detail geologis yang harus diketahui berdasarkan pengamatan dari sumuran dan paretan uji, perubahan-perubahan yang terjadi dalam formasi tanah mau pun tebal dan derajat pelapukan tanah penutup (*overburden*) harus diperkirakan. Dalam banyak hal pembedaan mungkin diperlukan untuk secara tepat mengetahui lapisan dari tipe batuan (Kriteria Perencanaan 02, 1986).

Penyelidikan geologi dilakukan ditempat sekitar bendung. Adapun hal-hal yang diperlukan dari penyelidikan geologi ini antara lain adalah (Soenomo, 1972):

- a. Macam dasar serta tebal lapisan-lapisannya. Hal ini diperlukan untuk Mengetahui bentuk pondasi bendung dan dalamnya koperan (*footing*). Macam tanah dasarnya dapat di perkirakan besarnya *weighted creep ratio* yang akan digunakan untuk menentukan panjangnya lantai muka dan besarnya muka *up-lift pressure*.
- b. Letaknya lapisan yang rapat air.
- c. Ada atau tidaknya gejala-gejala rekahan yang membahayakan stabilitas bendung.

3.5.4 Aspek Mekanika Tanah

Mekanika tanah ini dilakukan disekitar rencana bendung. Hal-hal yang diperlukan dari penyelidikan tanah ini antara lain (Soenarno, 1972):

- a. Jenis lapisan tanah hubungan tiap lapis serta jenis tanah seta jenis batuan dasar dengan cara uji *slump*,
- b. Harga koefisien permabilitas (k) dengan cara sumur uji (*test pit*).
- c. Berat volume tanah,
- d. Sudut geser dalam dengan uji tekanan bebas antara dasar bendungan dan dasar,
- e. Tegangan izin tekanan tanah.

Bendung yang ditenpatkan harus mempunyai pondasi yang cukup baik sehingga bangunan akan stabil. Faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah potensi kegempaan, potensi gusuran. Cara terbaik untuk memperoleh data tanah pada lokasi bangunan pengelak ialah dengan menggali sumur dan perit uji, karena sumuran dan paritan akan memungkinkan diadakan pemeriksaan visual

dan diperolehnya contoh tanah yang tidak terganggu. Kelulusan tanah harus diketahui agar gaya angkat dan perembesan dapat diperhitungkan (Kriteria Perencanaan 02, 1986).

3.5.5 Biaya Pelaksanaan

Beberapa alternatif lokasi harus dipertimbangkan sehingga biaya pelaksanaan dapat ditentukan dan cara pelaksanaan peralatan dan tenaga kerja, yang kesemuanya ini ditinjau dari segi biaya yang paling murah dan pelaksanaan yang tidak terlalu sulit.

3.5.6 Aspek Hidrologi

a. Data Banjir Rencana

Data banjir rencana adalah debit maksimum sungai dengan periode ulang tertentu dan dapat dialirkan tanpa membahayakan stabilitas bangunan. Data-data yang diperlukan untuk merencanakan bangunan utama adalah (Kriteria Perencanaan 02, 1986):

- a. Data yang menghitung berbagai harga banjir rencana,
- b. Data untuk meniali debit rendah andalan,
- c. Data untuk membuat neraca air sungai secara keseluruhan.

Banjir dengan periode 100 tahun atau maksimal digunakan untuk bangunan pengelak, banjir dengan periode ulang 100 tahun diperlukan untuk mengetahui tinggi tanggul banjir dan mengontrol keamanan bangunan utama (kriteria Perencanaan 02, 1986).

Banjir dengan periode 100 tahun dari daerah dam sampai bangunan pengelak di gunakan untuk bangunan dihilir waduk dan aliran waduk. Banjir

dengan periode 5 sampai 25 tahun digunakan elevasi tanggul hilir sesuai dari bangunan utama. Banjir dengan periode 25 tahun digunakan untuk saluran pengelak jika diperlukan selama pelaksanaan (kriteria Perencanaan 02, 1986).

Data hidrologi untuk perencanaan semakin lama waktu pengamatan data hidrologi ini semakin baik (sekitar 20 tahun) jika data tersebut tidak tersedia digunakan cara debit curah hujan daerah aliran atau daerah terdekat (kriteria Perencanaan 02, 1986).

b. Data Debit Rendah Andalan

Perhitungan debit rendah andalan dengan periode ulang yang diperlukan (biasanya 5 tahun) cara terbaik untuk memenuhi persyaratan ini adalah dengan melakukan pengukuran debit (atau membaca papan duga) tiap hari. Jika tidak tersedia data mengenai muka air dan debit, maka debit rendah harus dihitung berdasarkan curah hujan dan data limpasan air hujan daerah aliran sungai (kriteria Perencanaan 02, 1986).

c. Neraca Air

Neraca air adalah hak atas air, penyadapan air di hulu dan di hilir sungai pada bangunan pengelak serta kebutuhan air dimasa datang, harus ditinjau kembali (kriteria Perencanaan 02, 1986). Neraca air (*water balance*) seluruh sungai harus dibuat guna mempertimbangkan perubahan alokasi/penjatahan akibat dibuatnya bangunan utama.

3.6 Bendung

Yang dimaksud dengan bendung adalah suatu bangunan yang siletakan melintang pada suatu aliran sungai yang menggalrdari tempat yang letaknya lebih tinggidari dasar aliran sungai tersebut (Soenarno, 1972).

Dapat kita ketahui berbagai macam bendung berdasarkan pengklasifikasinya diantaranya adalah:

1. Bendung berdasarkan fungsinya;

- a. Bendung penyadap; digunakan sebagai penyadap aliran sungai untuk keperluan seperti irigasi.
- b. Bendung pembagi banjir; dibangun dipercabangan sungai untuk mengatur muka air sungai.
- c. Bendung penahan pasang; dibangun dibangian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut.

2. Bendung berdasarkan sifatnya;

- a. Bendung permanen,
- b. Bendung semi permanen,
- c. Bendung darurat.

3. Bendung berdasarkan tipe strukturnya;

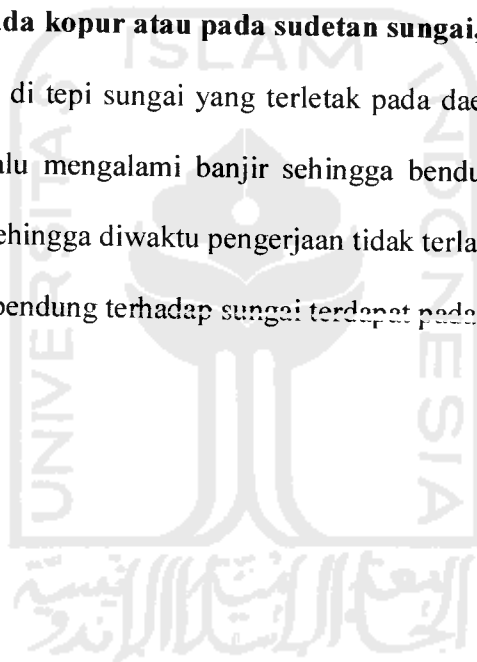
- a. **Bendung Gerak**, dibangun dengan maksut agar muka muka air sungai dapat diatur dengan cara merubah-rubah tinggi rendahnya pengempangan. Bendung ini biasanya terdiri dari pintu sorong (*lifting gate*) atau pintu busur (*radial gate*) (soenarno, 1972).

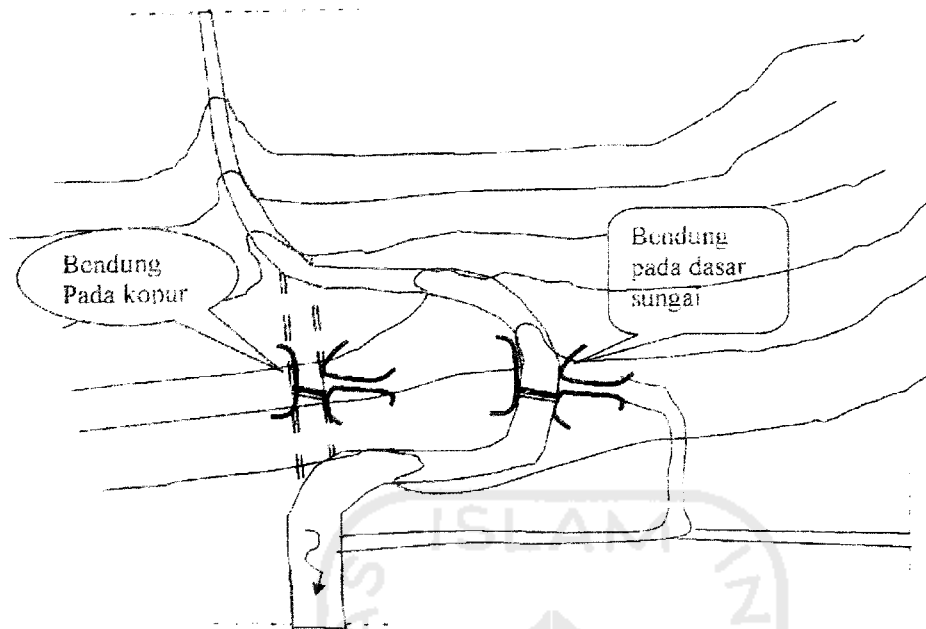
- b. **Bendung tetap**, disebut juga dengan bendung peluap, yaitu berfungsi menaikan permukaan air sungai atau air saluran sehingga dapat mengalir ke daerah irigasi (Soenarni, 1972).

Jika ditinjau dari letak dimana bendung tersebut dibangun terhadap sungai (Harbi hadi 2000):

1. **Bendung tetap pada dasar sungai**, yaitu bendung tetap yang dibangun pada dasar aliran sungai
2. **Bendung tetap pada kopur atau pada sudetan sungai**, yaitu bendung tetap yang dilaksanakan di tepi sungai yang terletak pada daerah palung sungai, karena sungai selalu mengalami banjir sehingga bendung dibangun pada pelurusan sungai sehingga diwaktu pengerjaan tidak terlalu banjir.

Gambar tentang letak bendung terhadap sungai terdapat pada gambar 3.1





Gambar 3.1 Sketsa letak bendung pada sungai dan bendung pada kopur.

Tabel 3.1 Perbedaan bendung tetap pada dasar dan pada kopur

Bendung Pada dasar sungai	Bendung Pada kopur
1. Mercu bendung lebih tinggi terhadap lantai muka.	1. Mercu bendung lebih rendah terhadap lantai muka.
2. Elevasi lantai muka tidak terlalu tinggi terhadap lantai belakang (kolam olah).	2. Elevasi lantai muka lebih tinggi terhadap lantai belakang (kolam olah)
3. Dalam pelaksanaan memerlukan <i>cofferdam</i> /tanggul sementara untuk melindungi pekerjaan dari banjir.	3. Dalam pelaksanaan harus membuat sudetan sungai dan membuat tanggul penutup sungai.
4. Dalam Pelaksanaan dapat terganggu adanya banjir	4. Dapat dikerjakan terus menerus sepanjang tahun.

Sumber . Harbi Hadi 2000

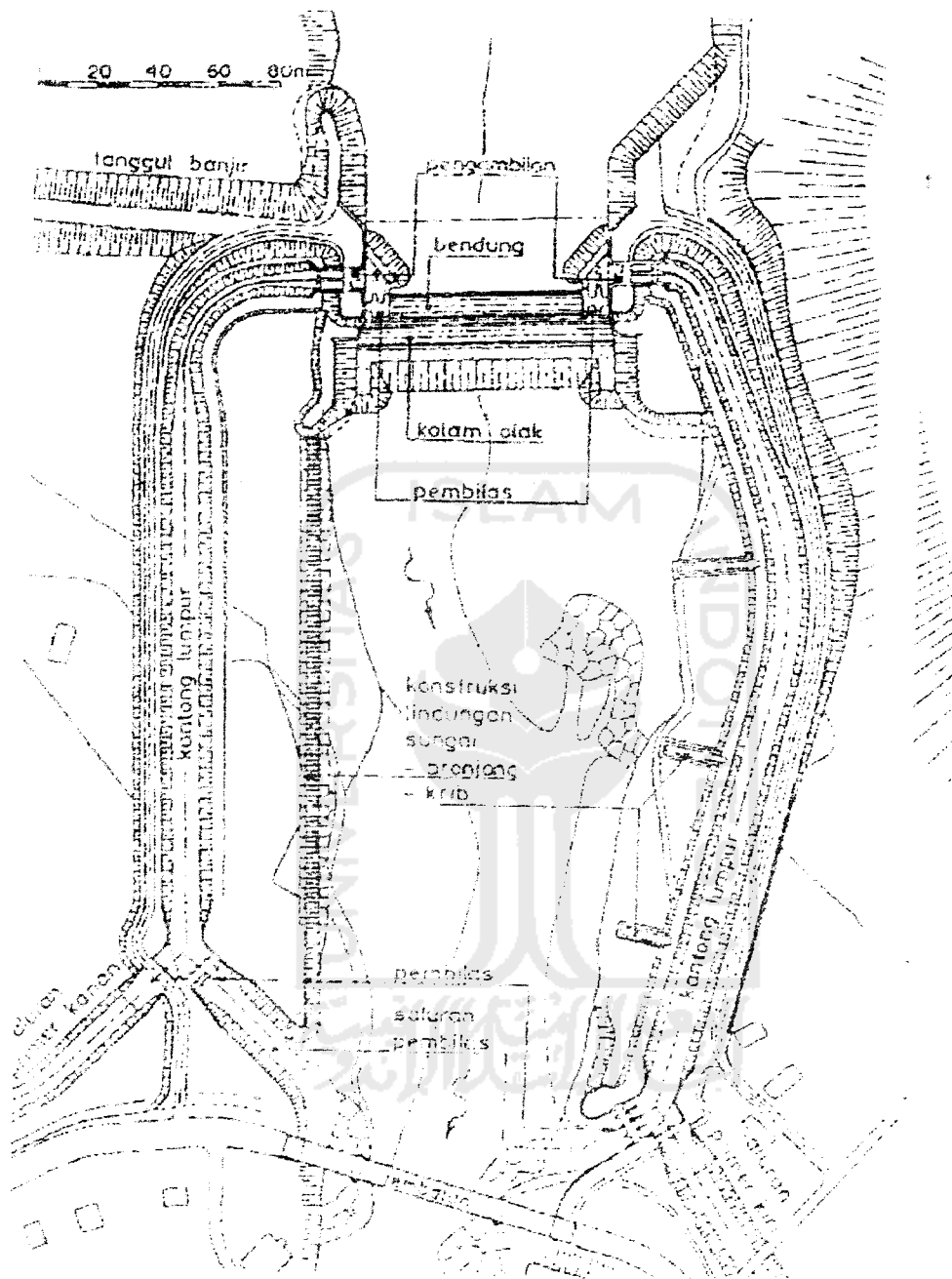
3.7 Tata Letak Bendung dan Pelengkapya

3.7.1 Tata Letak Bendung

Berdasarkan tata letak bendung terdiri dari:

- a. **Tubuh bendung** : yaitu terdiri dari ambang tetap dan mercu bendung dengan bangunan peredam energinya.
- b. **Bangunn intake/pengambilan** : yaitu terdiri dari lantai/ambang dasar, pintu dinding banjir, pilar penempatan pintu,saringan sampah, jembatan pelayanan, rumah pintu dan perlengkapan lainnya.
- c. **Bangunan pembilas** : dengan *undersluice* atau tanpa *undersluice*, pilar penempatan pintu, pintu bilas, jembatan pelayan, rumah pintu, saringan bau, dan perlengkapan lainnya.
- d. **Bangunan perlengkapan** : yaitu tembok pangkal,sayap bendung, lantai udik dan dinding tirai, pengaruh arus tanggul banjir dan tanggul penutup atau tanpa tanggul, penemngkap sedimen atau tanpa penangkap sedimen, tangga, penduga muka air, dan sebagainya.
- e. **Tanggul banjir** : Tanggul dipakai untu melindungidaerah irigasi dari banjir yang disebabkan oleh sungai, pembuang yang besar atau laut.

Gambar sketsa bangunan utama diilustrasikan pada gambar 3.2:



Gambar 3.2 Sketsa bangunann utama
(sumber : Kreteria Perencanaan 02, 1986)

3.7.2 Bentuk Bendung Pelimpah

Bendung untuk melimpahkan aliran sungai tubuh bendungnya harus kuat dan stabil. Untuk itu bentuk tubuh bendung bagian hulunya dapat dibuat tegak atau miring, sedangkan bagian hilirnya dengan kemiringan. Selain bentuk lurus pelimpah bendung dapat pula berbentuk lengkung, gergaji, bentuk U, kurva lancip, dan sebagainya seperti contoh dibawah ini (Moch Memed, 2006):

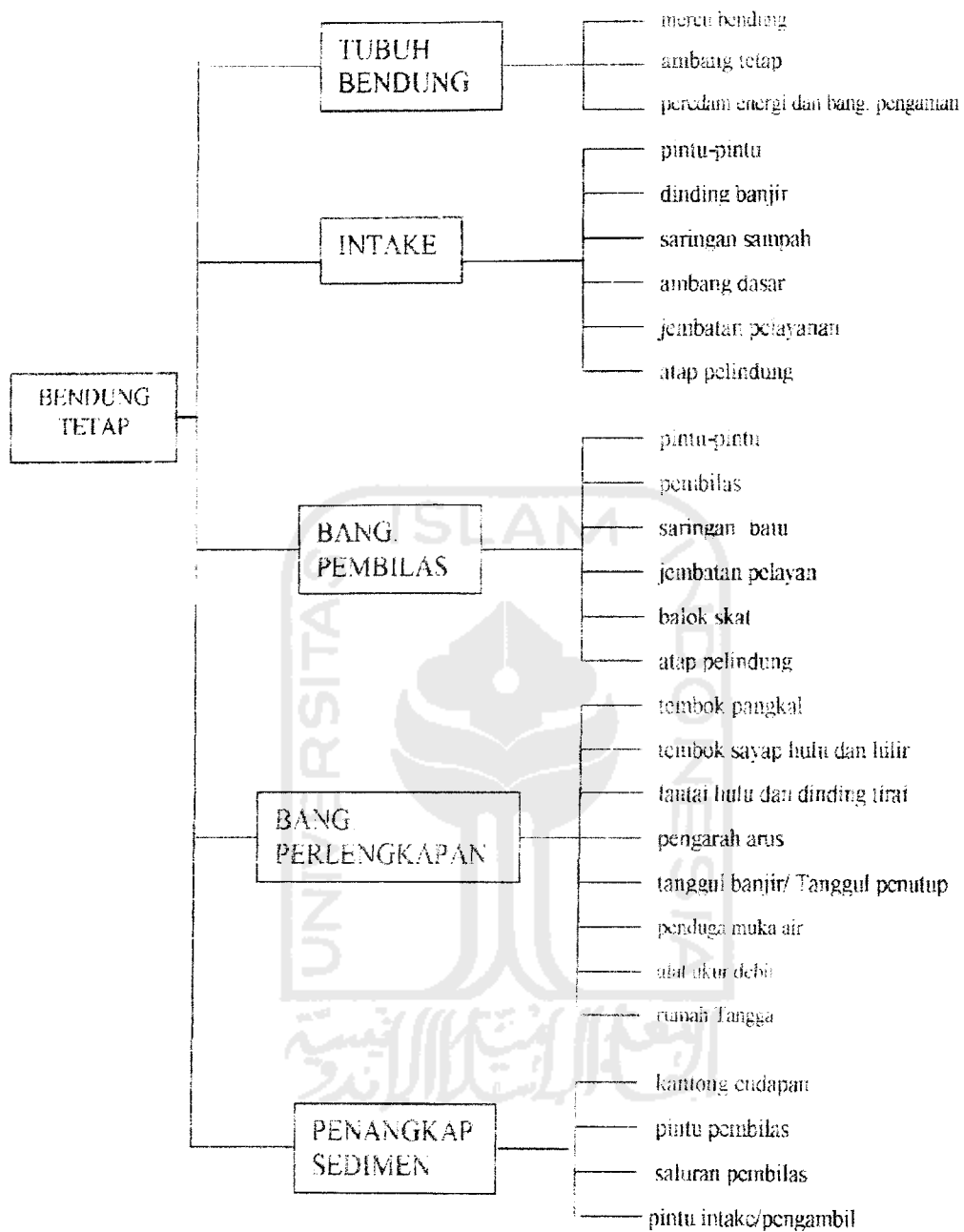
- a. **Pelimpah Lurus** : yaitu aliran sungai yang keluar dari bendung ke hilir akan merata dan tidak terkonsentrasi pada satu bagian, sehingga penggerusan setempat di hilir bendug tidak terpusat pada suatu tempat.
- b. **Pelimpah Lengkung** : yaitu alternatif lain dari bentuk lurus. Bentuk ini akan melimpahkan aliran sungai lebih besar dibandingkan dengan bentuk lurus karena bentangnya lebih panjang. Umumnya dibangun di daerah dasar sungai dari jenis batuan keras sehingga penggerusan setempat di hilir tidak perlu dikhawatirkan.
- c. **Pelimpah bentuk U** : yaitu dimaksudkan agar dapat melimpahkan aliran sungai dari sisi yang lain, karena di hulu bendung terdapat percabangan sungai.
- d. **Pelimpah bentuk kurva lancip** : yaitu di maksudkan untuk menyesuaikan letak mulut *intake*, arah aliran utama sungai dan penempatan bendung maka di tata penempatannya.

Pelimpah bentuk gergaji: yaitu kapasitas pelimpah akan menjadikan jauh lebih besar dan dapat dikembangkan di daerah dataran untuk mengurangi daerag genangan banjir di bagian hulu bendung.

3.7.3 Komponen Bendung Tetap

Komponen bendung tetap terdiri lima bagian utama seperti diilustrasikan pada gambar 3.3 berikut:





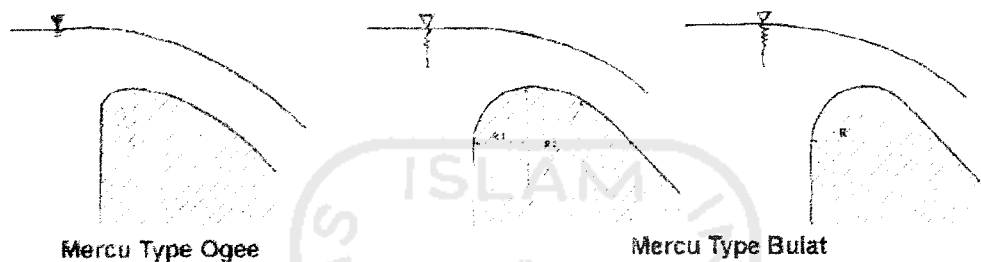
Gambar 3.3 Skema komponen bendung tetap

(Sumber: Moch. Memed, 2002)

3.8 Perencanaan Tubuh Bendung

3.8.1 Perencanaan Bentuk Mercu Bendung

Di Indonesia pada umumnya digunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah yaitu tipe *ogee* dan tipe bulat, contoh gambar bentuk mercu bendung dapat dilihat pada gambar 3.4

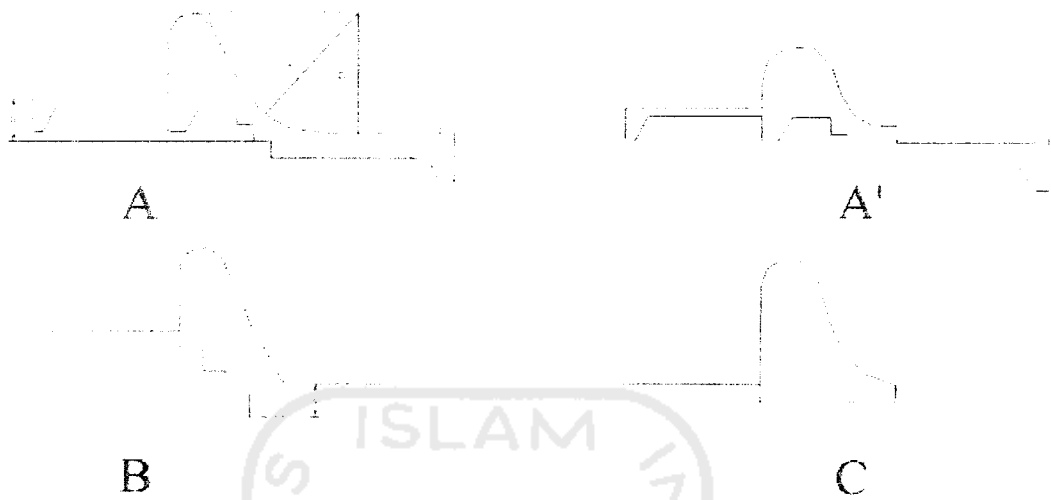


Gambar 3.4 Bentuk-bentuk mercu

Perbedaan dari masing-masing jenis mercu tersebut adalah sebagai berikut:

- a. **Mercu bulat:** bendung dengan mercu bulat memiliki harga koefisien debit yang jauh lebih tinggi (44%) dibandingkan dengan koefisien bendung ambang lebar, keuntungan bendung ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir, harga koefisien debit menjadi lebih tinggi karena lengkung *streamline* dan tekanan negatif pada mercu.
- b. **Mercu *ogee*:** mercu *ogee* berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi, mercu tidak akan memberikan tekanan sub atmosfer pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana, untuk debit yang lebih rendah, air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu.

Beberapa tipe bendung yang dikenal antara lain seperti Gambar 3.5



Gambar 3.5 Tipe-tipe bendung
(Sumber: Soenarno, 1972)+

Pemakaian bendung menurut buku soenarno 1972:

- a. **Tipe A (tipe *vlugter*):** tipe ini dipakai pada tanah dasar alluvial dengan sungai yang tidak banyak membawa batu-batu yang besar. Tipe ini adalah tipe yang paling banyak digunakan di Indonesia dan ternyata dari beberapa konstruksi yang telah dibangun menunjukan hasil yang baik.
- b. **Tipe A' (tipe *schoklitach*):** tipe ini adalah sama sifatnya dengan tipe *vlugter*, dan dipakai apabila pada tipe *vlugter* harga R atau D terlalu besar, sehingga untuk penggalian untuk lantai ruang olakan beserta koperanya terlalu dalam. Apabila R kira-kira sekitar 8 m atau lebih, atau apabila Δh sekitar 4,5 m atau lebih, dipakai tipe *schoklitach* ini.

- c. **Tipe B:** tipe ini di gunakan pada tanah yang lebih baik dari pada aluvia, dengan sungai yang banyak membawa batu-batu. Agar tidak cepat tergerus, maka koperanya harus masuk kedalam tanah dasar minimal 4 m. Jika nantinya setelah bendung tersebut dipakai dan ternyata terjadi gurusan sehingga koperan yang tinggal didalam tanah tinggal sepertiganya, maka dibelakang koperan lama dibuat koperan baru sedalam 4 m lagi, dengan bidang kontak setengahnya atau sepertiganya.
- d. **Tipe C:** tipe ini biasanya digunakan pada waduk-waduk sebagai *spillway*, yakni *spillway* dari *high-dam*, dengan terjunan yang tinggi dan dengan air yang bersih.

Tipe yang sudah banyak digunakan di Indonesia adalah tipe A. Mercu bendung direncanakan dengan bentuk bulat dengan pasanga batu yang kokoh dengan bak tenggelam, karena mampu membendung air sampai tinggi air minimum yang diperlukan serta dapat mempengaruhi muka air hulu, bendung ini dibangun di palung sungai (soenarno 1972).

3.8.2 Elevasi Mercu Bendung.

Penentuan elevasi mercu bendung adalah berdasarkan hal-hal sebagai berikut: elevasi sawah tertinggi yagakan diairi ditambah tinggi muka air disawah kemudian ditambahkan dengan nilai-nilai keamanan dibawah ini.

- a. Kehilangan tekanan dari mercu ke hulu intake
- b. Kehilangan tekanan dari saluran induk ke intake
- c. Kehilangan tekanan dari saluran sekunder ke tersier
- d. Kehilangan tekanan dari saluran tersier ke sawah

- e. Kehilangan tekanan akibat kemiringan saluran sekunder
- f. Kehilangan tekanan akibat bangunan ukur
- g. Kehilangan tekanan akibat bangunan gorong-gorong, siphon, dan lain-lain
- h. Kehilangan tekanan untuk eksploitasi
- i. keamanan

3.8.3 Lebar Efektif Mercu Bendung.

$$B = S - \sum b - \sum t \quad (3.13)$$

$$Be = B - 2(n \cdot Kp + Ka)H_1$$

Keterangan:

B = Lebar mercu bendung (m)

S = Lebar sungai (m)

$\sum b$ = Lebar total pintu pembilas (m)

$\sum t$ = Lebar total pilar (m)

Be = Lebar efektif mercu (m)

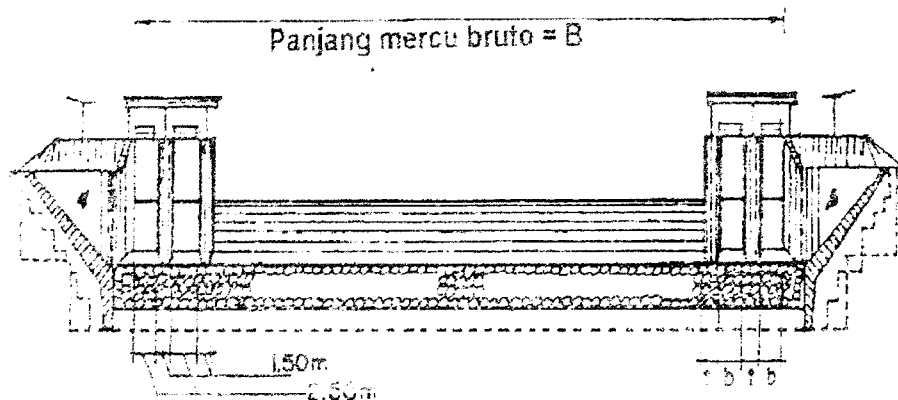
N = Jumlah pilar

Kp = Koefisien kontraksi pilar.

Ka = Koefisien kontraksi pangkal bendung.

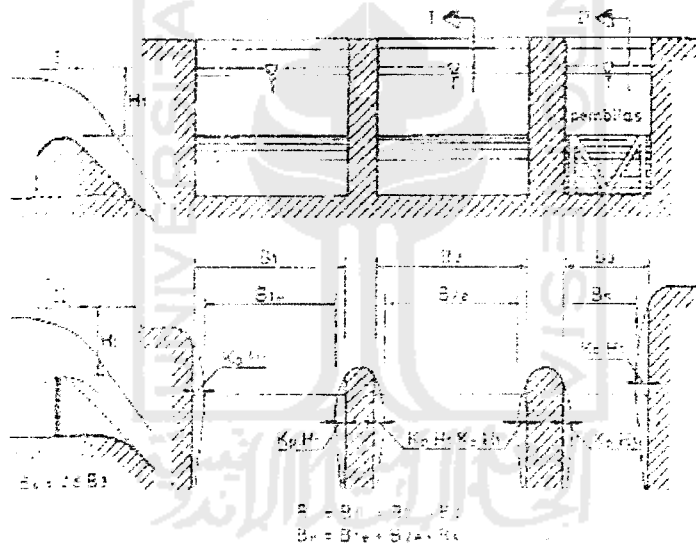
H₁ = Tinggi energi (m)

Contoh gambar yang menunjukkan lebar bendung dan lebar efektif bendung terdapat pada gambar 3.6 dan Gambar 3.7 di bawah ini:



Gambar 3.6 LK lebar efektif mercu bendung

(Sumber: Kriteria Perencanaan 02, 1986)



Gambar 3.7 Lebar efektif mercu bendung

(sumber: Kriteria Perencanaan 02, 1986)

3.8.4 Jari-jari Mercu

Dipakai rumus "Bunshu" (Harbi Hadi 2000)

$$Q = m \times b \times d^2 \times g^2 \quad (3.14)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran yang lewat mercu (m^3/det)

m = Koefisien peluapan (1,33)

b = Lebar efektif bendung (m)

d = Tinggi air diatas mercu $= 2/3 H$ (m)

H = Tinggi air dibagian hulu bendung (m)

$$= h + k$$

k = Besarnya energi kecepatan aliran diatas mercu bendung (m)

$$k = \frac{4}{27} m^2 h^3 \left\{ \frac{1}{(h+p)} \right\}^2 \quad (3.15)$$

$$m = 1,49 - 0,0118 \left\{ 5 - \frac{h}{R} \right\}^2 \quad (3.16)$$

Untuk menetapkan R_1 dipakai metode "krenghthen" sebagai rumus pendekatan

bila : $\frac{H_1}{R_1} = 3,8$ dan $R_1 < 1m$, maka: $R_1 = 0,5 H$ dan $R_2 = 2 H$

Keterangan:

P = Tinggi bendung dari dasar sungai (m)

R_1 dan R_2 = Jari-jari mercu bendung (m)

Contoh Gambar yang menunjukkan letak R_1 dan R_2 Terdapat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Jari-jari mercu

3.8.5 Tinggi Muka Air Sebelum Ada Bendung

Yang dimaksud disini adalah muka air minimum disungai. Ini akan sama dengan tingginya air banjir dihilir bendung setelah adanya bendung, karena profil selalu disitu tidak pernah berubah.

Rumus yang dipakai:

- rumus (3.1),(3.2),(3.3), serta rumus

$$A = (b + m \cdot h) h \quad (3.17)$$

$$P = B + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (3.18)$$

Keterangan:

A = Luas tampang basah sungai (m^2)

P = Keliling basah sungai (m)

3.8.6 Tinggi Muka Sungai Setelah Ada Bendung.

Rumus yang dipakai adalah:

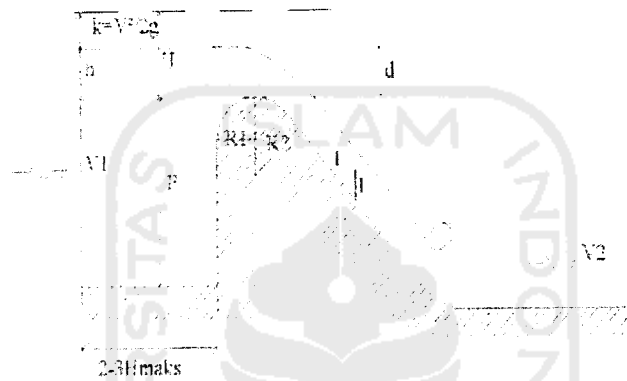
- rumus (3.14),(3.15) dan (3.16) yaitu (Harbi Hadi, 2000) (3.19)

$$Q = m \cdot b \cdot d^{2/3} \cdot g^{1/2}$$

$$m = 1,49 - 0,0118 \left\{ 5 - \frac{h}{R} \right\}^2$$

$$k = \frac{4}{27} m^2 h^3 \left\{ \frac{1}{(h+p)} \right\}^2$$

Contoh sketsa tinggi muka air setelah ada bendung ada pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Penentuan muka air sungai setelah ada bendung

3.8.7 Perencanaan Kolam Olak

Untuk mengatasi terjadinya kerusakan pada lantai kolam olak, maka diperlukan peredam energi. Pada perencanaan bendung Boro ini menggunakan kolam Vlugter. Peyelidikan menunjukkan bahwa tipe kolam Vlugter, yang perencanaannya mirip dengan tipe bak tengalam. (buku Kereteria Perencanaan, 02, 1986)

$$q = \frac{Q}{be} \quad (3.20)$$

$$\text{Jika } 0,5 < \frac{z}{hc} < 2 \rightarrow t = 2,4 hc + 0,4 z$$

$$\text{Jika } 2,0 < \frac{z}{hc} < 15 \quad t = 3 hc + 0,1 z$$

$$a = 0,28hc \sqrt{\frac{hc}{z}} \quad (3.21)$$

Keterangan:

hc = Kedalaman air kritis (m)

q = Debit perlebaran saluran (m³/dt m)

Q = Debit banjir rencana (m³/dt)

be = Lebar efektif mercu bandung (m)

Untuk menentukan tinggi muka air di belakang bendung (kolam Olak) diadakan analisa secara pendekatan dengan rumus-rumus hidrolika yang biasa di pakai antara lain:

$$V_1 = \sqrt{2g \cdot 0,5 \cdot H + p} \quad (3.22)$$

$$Y_1 = \frac{q}{V_1} \quad (3.23)$$

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot Y_1}} \quad (3.23)$$

$$Y_2 = Y_1 \times 0,5 \times \sqrt{1 + 8Fr^2} - 1$$

$$LW = 6 (Y_2 - Y_1)$$

$$LB = LW - a (\sin 45^\circ \times R) \times 2$$

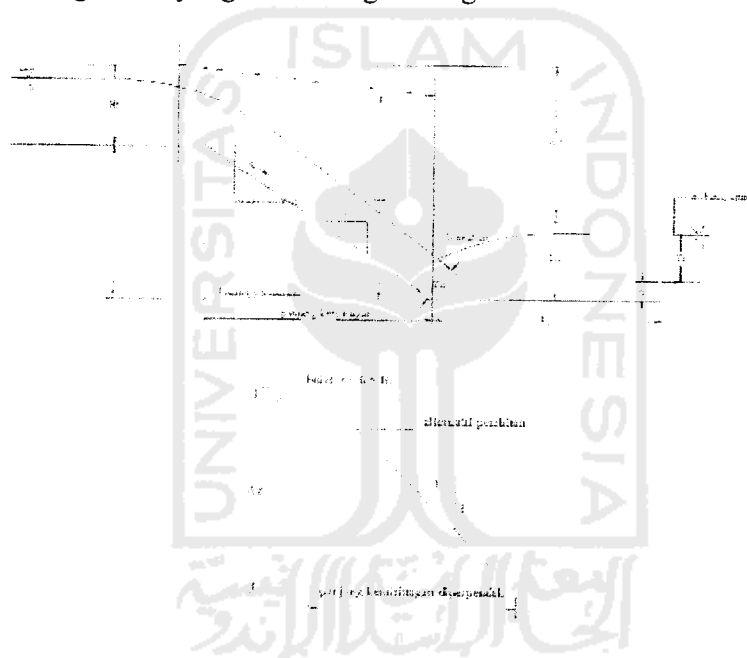
Keterangan:

V₁ = Kecepatan awal loncatan 9m/dt)

Y₁ = Tinggi tenaga potensial (m)

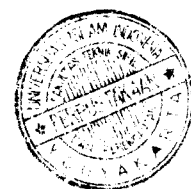
- Y2 = Tinggi loncatan air (m)
- Fr = Angka friksi
- P = Tinggi mercu bendung (m)
- LW = Panjang loncatan air (m)
- LB = Panjang gerusan yang terjadi (m)
- A = Tinggi ambang akhir sebelah hilir
- R = Jari-jari mercu bendung

Berikut adalah gambar yang berhubungan dengan loncat air



Gambar 3.10 Parametr loncat air

Berikut ini adalah contoh gambar kolam olak loncat air tipe USBR III (Gambar 3.11)



3.8.8 Perencanaan Lantai Muka

Untuk merencanakan panjang lantai muka, dipakai teori Bligh dan cara Lane.

1. Teori Bligh

Berpendapat bahwa besarnya perbedaan tekanan dijalur pengaliran adalah sebanding dengan panjang jalan air (creep line).

$$CR \leq \frac{L}{\Delta H} \quad (3.24)$$

Keterangan:

CR = Creep ratio untuk Bligh (lampiran 12)

L = Panjang garis aliran minimum (m)

H = Selisih tinggi muka air pada kondisi normal (m)

$L_m = L - L'$ (3.21)

Keterangan:

L_m = Panjang lantai muka yang dibutuhkan (m)

L = Panjang garis aliran minimum (m)

L' = Panjang garis aliran yang terjadi ditubuh bendung (m)

2. Teori Lane

Memberikan koreksi terhadap koreksi Bligh dengan menyatakan bahwa energi yang dibutuhkan oleh air untuk melewati jalan yang vertikal lebih besar dari yang horizontal, dengan perbandingan 3:1, jadi dianggap bahwa $L_v = 3 L_h$ untuk suatu panjang yang sama sehingga rumus menurut Bligh berubah menjadi.

Dengan syarat yang dikehendaki oleh Lane adalah:

$$L = LV + \frac{1}{3}L_H \geq C_L \times \Delta H \quad (3.25)$$

Keterangan:

CL = Angka rembesan Lane

$\sum L_V$ = Jumlah panjang vertikal (m)

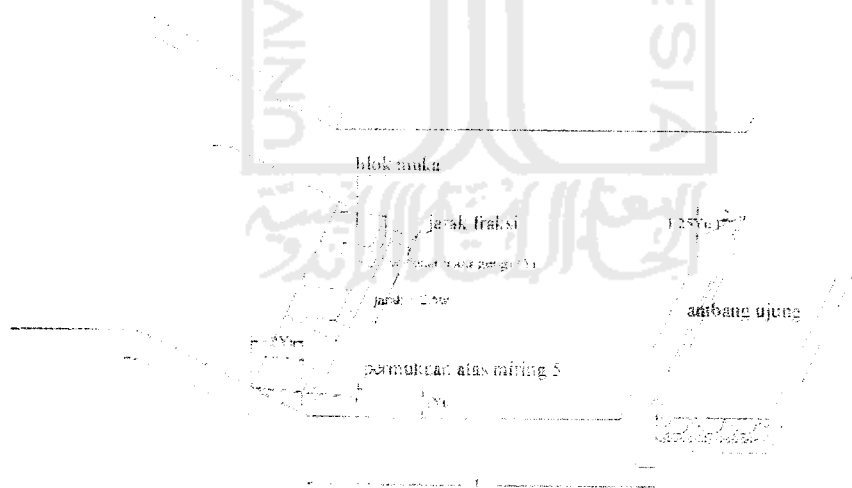
$\sum L_H$ = Jumlah panjang horizontal (m)

ΔH = Beda tinggi muka air (m)

Jika $C_L \leq CL$ yang diijinkan maka dibutuhkan lantai muka, rumus yang dipakai

$$3.21 L_m = L - L'$$

L_m antara *bligh* dan *lane* diambil yang terbesar sebagai nilai L_m unyuk perencanaan koperan. Contoh Gambar lantai muka seperti gambar 3.13 di bawah ini:



Gambar 3.132 Perencanaa lantai muka

3.8.9 Efek “Back water”

Karena adanya pembendungan maka tentunya akan terjadi pengaruh pengenaan akibat air banjir (*Back Water*) di hulu bendung. Untuk mengetahui pengenaan akibat air banjir akan di coba dihitung dengan dua cara yaitu (Harbi hadi, 2000);

1. Cara pendekatan

Rumus Empiris yang di gunakan adalah:

$$L = 2h/i \quad (3.26)$$

Keterangan:

L = Panjang pengaruh pembendungan (m)

h = Tinggi muka air banjir hulu bendung sebelum ada bendung (m)

i = Kemiringan dasar sungai di hulu bendung

2. Cara integrasi grafis

Rumus yang digunakan adalah:

$$s = \frac{\left| 1 - \frac{aQ^2 B}{gA^3} \right|}{\left| 1 - \frac{n^2 Q^2 P^3}{A^{10/3}} \right|} \times h \quad (3.27)$$

$$S = F(h).H \quad (3.28)$$

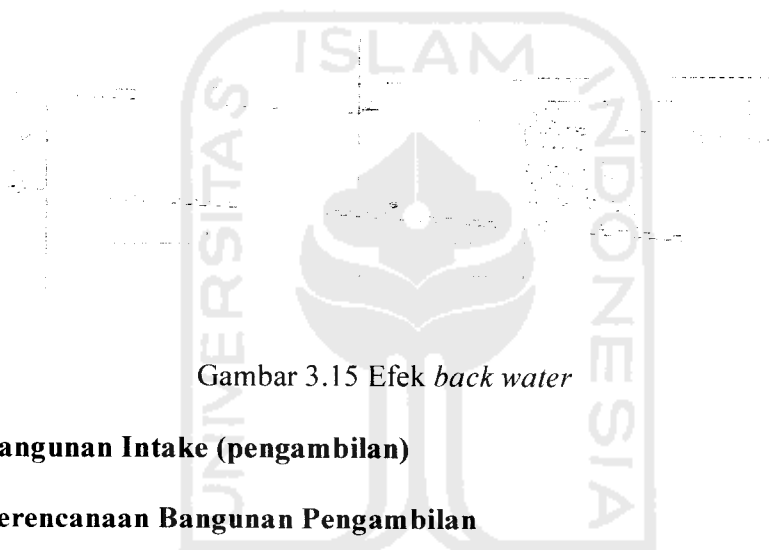
Keterangan:

S = Jarak antara dua penampang yang di tinjau (m)

h = Selisih dalam air antara 2 tampang yang ditinjau (m)

- a = Koefisien korolis (l)
 Q = Debit rencana (m³/dt)
 n = koefisien maning
 P = Keliling basah (m)
 I = Kemiringan dasar sungai/saluran
 B = Lebar permukaan air (m)

Dibawah ini terdapat contoh gambar efek back water yaitu pada gambar 3.14



Gambar 3.15 Efek *back water*

3.9 Bangunan Intake (pengambilan)

3.9.1 Perencanaan Bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan adalah sebuah bangunan berupa pintu air yang berfungsi mengatur banyaknya air yang masuk ke saluran dan mencegah masuk benda-benda padat ke saluran.

$$Q = \mu \times B \times a \sqrt{2 \times g \times z} \quad (3.29)$$

Keterangan:

Q = Debit rencana pengambilan = 120 % . Q_p (m³xdet)

μ = Koefisien debit = 0,8

- b = Lebar bersih bukaan (m)
 a = Tinggi bersih bukaan (m)
 z = Kehilangan tinggi energi (m)

3.9.2 Ambang Pengambilan

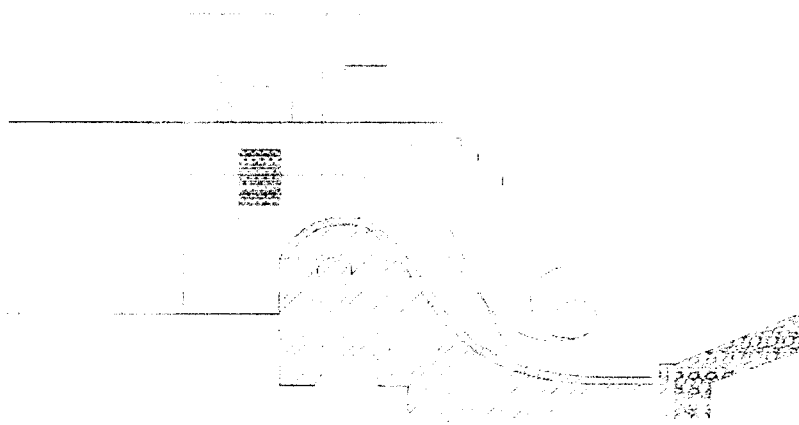
Ambang pengambilan dibuat lebih lebar dari lebar pintu pengambilan untuk memudahkan aliran air masuk kesaluran dengan kecepatan yang lebih kecil. Dengan lebih kecilnya kecepatan aliran, diharapkan sedimen yang terangkut akan lebih banyak diendapkan pada saluran pembilas utama, yang berarti mengurangi sedimen yang terangkut kesaluran.

$$Q_n = \mu \times B \times a \sqrt{2 \times g \times z} \quad (3.30)$$

Keterangan:

- Q_n = Debit rencana pengambilan = 120 % . Q_p ($m^3 \times det$)
 μ = Koefisien debit = 0,8
 b = Lebar bersih bukaan (m)
 a = Tinggi bersih bukaan (m)
 z = Kehilangan tinggi energi (m) = 0,05 (m)

Contoh gambar pintu pengambilan seperti pada gambar 3.16 dibawah ini:



Gambar 3.15 Sketsa potongan badan bendung pada dasar suagai

3.9.3 Perencanaan Bangunan Pembilasan Utama

Lantai pembilasan merupakan kantong tempat mengendapnya bahan-bahan kasar didepan pengambilan. Sedimen yang terkumpul dapat dibilas dengan jalan membuka pintu pembilas secara berkala guna menciptakan aliran tepat didepan pengambilan.

Pembilasan pada bendung dikelompokkan 2 macam yaitu:

1. Pembilasan tidak kontinyu (periode)

$$Q \text{ pembilasan} = Q \text{ minimum sungai}$$

Jika Q minimum sungai tidak diketahui maka Q pembilasan = Q pengambilan

2. Pengambilan Kontinyu

Apabila debit minimum sungai $>$ debit pengambilan

$$Q \text{ pembilasan} = Q \text{ minimum sungai} - Q \text{ pengambilan}$$

3.10

Jika debit minimum sungai < debit pengambilan, maka dilaksanakan pembilasan tidak penuh, dengan Q pembilasan = $\frac{1}{2}$ Q pengambilan

maka

Lebar pintu pembilas yang dibutuhkan adalah:

mengen

$$Q_b = v \cdot b_b \cdot h_b \quad (3.31)$$

Lan

Keterangan:

a.

b_b = Lebar pintu pembilas

h_b = Kedalaman air dari atas endapan sedimen ke pangkal bendung (m)

b.

Q_b = Debit pembilas (m^3/det)

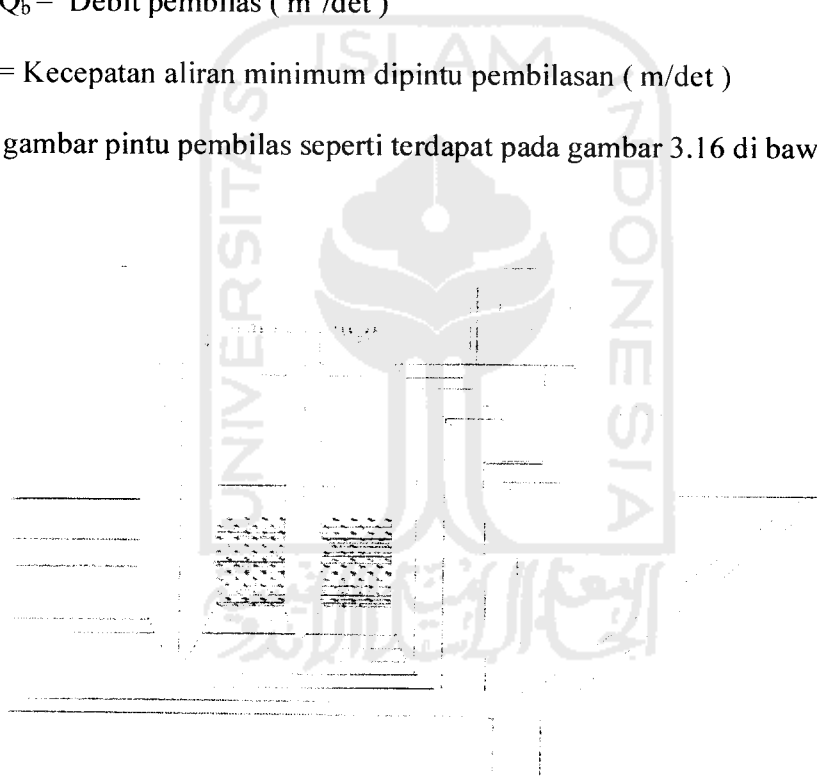
v = Kecepatan aliran minimum dipintu pembilasan (m/det)

Contoh gambar pintu pembilas seperti terdapat pada gambar 3.16 di bawah ini:

c. I

c

I



Gambar 3.16 Sketsa potongan bangunan pembilas utama

3.10 Perencanaan Saluran Penangkap Pasir

Agar air pada saluran induk tidak membawa pasir atau pun lumpur, maka dibuat saluran penangkap pasir dengan dimensi tertentu untuk mengendapkan pasir atau pun lumpur tersebut.

Langkah pertama :

- a. Menentukan ukuran partikel rencana yang akan diangkut jaringan irigasi (data morfologi sungai)
- b. Menentukan volume (V) kantong lumpur yang diperlukan dengan asumsi bahwa air yang dialirkan mengandung 0,5% sedimen yang harus diendapkan dalam kantong lumpur.

$$\text{Rumus: } V = 0,0005 \cdot Q_n \cdot T \quad (3.32)$$

Keterangan:

V = Volume kantong lumpur (m³)

Q_n = Debit pengambilan (m³/dt)

T = Jarak waktu pembilasan (dt)

- c. Membuat perkiraan awal luas permukaan rata-rata kantong lumpur dengan menggunakan rumus : (KP.02, hal 141)

$$L \cdot B = Q_n / w$$

Keterangan:

L = Panjang kantong (m)

B = Lebar profil pembawa (m)

Q_n = Kebutuhan pengambilan rencana (m³/dt)

w = Kecepatan endap partikel rencana (m/dt)

- d. Menentukan kemiringan energi dikantong lumpur selama eksploitasi normal. Untuk ini di gunakan rumus Strickler :

$$V_n = K_s \cdot R_n^{2/3} \cdot I_n^{1/2} \quad (3.33)$$

$$Q_n = V_n \cdot A_n \quad (3.34)$$

Keterangan:

V_n = Kecepatan rata-rata selama eksploitasi normal = 0,4 m/det

K_s = Koefesien kekasaran = 35 ($m^{1/2}/dt$)

R_n = Jari-jari hidroulic (m)

I_n = Kemiringan energi selama eksploitasi normal

Q_n = Kebutuhan air rencana (m^3/dt)

A_n = Luas basah eksploitasi normal (m^2)

- e. Menentukan kemiringan energi selama pembilasan dengan kantong dalam keadan kosong dengan rumus Strickler:

$$V_s = K_s \cdot R_s^{2/3} \cdot I_s^{1/2} \quad (3.35)$$

$$Q_s = V_s \cdot A_s \quad (3.36)$$

Keterangan:

V_s = Kecepatan rata-rata selama pembilasan (m/dt)

K_s = Koefesien kekasaran = 35 ($m^{1/2}/dt$)

R_s = Jari-jari hidroulic (m)

I_s = Kemiringan energi selama pembilasan

Q_s = Debit untuk pembilas = 1,2 x Q_n , (m^3/dt)

A_s = Luas basah selama pembilasan (m^2)

- f. Panjang kantong lumpur dicari dengan rumus:

$$V = 0,5 \times b \times L + 0,5 (I_s - I_n) L^2 \cdot b \quad (3.37)$$

Keterangan:

V = Volume kantong (m³)

b = Lebar dasr (m)

L = Panjang kantong lumpur (m)

3.10.1 Bangunan Pembilas Kantong Lumpur

Selama pembilasan dilakukan bangunan pembilas tidak boleh menjadi gangguan. Oleh karena itu aliran pada pintu pembilas harus tidak tenggelam, karena jika aliran tenggelam akan menurunkan kapasitas angkutan sedimen.

$$B \times h_s = b_{nf} \times h_f$$

Keterangan:

b = lebar total bangunan pembilas = lebar dasar kantong (m)

h_s = Kedalaman air pembilas (m)

b_{nf} = Lebar bersih bukaan pembilas (m)

h_f = Kedalaman air pada bukaan pembilas (m)

3.11 Demensi Bangunan Primer

Bangunan pengambilan saluran primer dilengkapi dengan pintu mencegah agar selama pembilasan air tidak mengalir kembali ke saluran primer dan mencegah masuknya air pembilas yang mengandung sedimen ke saluran.

$$Q_n = \mu \cdot b_i \cdot h_i \cdot \sqrt{2 \times g \times z} \quad (3.38)$$

Keterangan:

: Q_n = Debit pengambilan (m³/dt)

h_1 : Kedalaman air hulu terhadap ambang bangunan ukur (m)

C_d : $0,93 + 0,10 H_1/L$ atau $0,1 < H_1 < L < 1,0$

H_1 : Adalah tinggi energi hulu (m)

L : Adalah panjang mercu (m)

3.13 Stabilitas bendung.

Stabilitas bendung dapat di cek pada selama debit sungai rendah yakni dengan melihat muka air hulu (elevasi mercu), dan muka air hilir (elevasi ambang kolam olak). Gaya- gaya yang bekerja pada bendung adalah.

1). Tekanan air : Aktif = W_a

Pasif = W_p

2). Beban sendiri bendung = G

3). Gaya Up Lift = W_u

Gaya pada momen Horizontal
 $\sum h(kn)$ dan $\sum Mh(Kn - m)$

Gaya dan Momen Vertikal
 $\sum v(Kn)$ dan $\sum Mv(Kn - m)$

1. Gaya "Up-Lift Pressure"

Adalah tahanan yang bekerja didasarkan bidang kontak bendung disebabkan adanya aliran air tanah. Besarnya tahanan dipengaruhi oleh beda tinggi air dan elevasi bidang kontak yang di tinjau serta panjang garis aliran.

$$U_x = H_x - \frac{l_x}{\sum L} \Delta H \quad (3.38)$$

Keterangan:

U_x = Tekanan yang terjadi pada titik yang ditinjau (T/m^2)

H_x = Tinggi air dari mercu bendung ke titik yang ditinjau (m)

L_x = Panjang creep line sampai ketitik x (m)

$\sum L$ = Jumlah panjang creep line (m)

ΔH = Beda tekanan (m)

2. Kontrol terhadap patah tarik

Guna menghindari terjadinya patah tarik pada bagian hilir bendung dimana tebal kolam olak di hitung dengan rumus

$$dx \geq S \frac{U_x - W_x \times \gamma_w}{\gamma_b t} \quad (3.39)$$

Keterangan:

dx = Tebal lantai kolam pada nilai X (m)

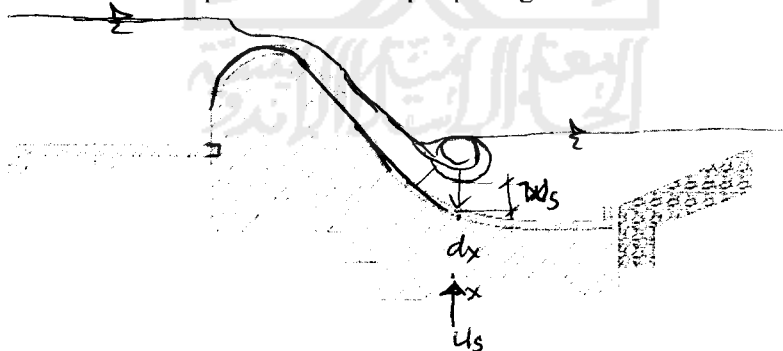
U_s = Gaya angkat akibat air pada titik X (T/m^2)

W_s = Kedalaman air pada titik X (m)

$\gamma_b t$ = Berat jenis bahan (t/m^3)

S = Faktor keamanan

Gambar ilustrasi kontrol patah tarik terdapat pada gambar 3.18 di bawah ini:



Gambar 3.18 Sketsa kontrol terhadap patah tarik

3.13.1 Syarat – syarat Stabilitas

1. Tidak mengalami penggulingan

Dengan adanya gaya horizontal total ($\sum h$) akan menyebabkan tendensi terjadi penggulingan pada titik A dengan momen ini akan di tahan oleh momen pelawan sebagai akibat gaya vertikal yaitu M_{AV} jadi agar momen M_{AV} ditambah angka keamanan haruslah lebih besar dibandingkan dengan M_{Ah} .

$$SF = \frac{\sum M_{Av}}{\sum M_{Ah}} \geq 1,5 \quad (3.40)$$

Keterangan:

M_{AV} = Momen vertikal total terhadap titik A (KN-m)

M_{Ah} = Momen horizontal total terhadap titik A (KN-m)

SF = Angka keamanan terhadap penggulingan = 1,5

2. Tidak mengalami penggeseran (sliding)

Untuk kontrol terhadap bahaya geser rumus yang digunakan adalah:

$$n = \frac{\sum (V - U) \cdot f}{\sum (H)} \geq 1,5 \quad (3.41)$$

Keterangan:

$\sum (H)$ = Gaya horizontal total (KN)

$\sum (V - U)$ = Gaya vertikal total (KN)

f = Koefisien gesekan

n = Angka keamanan = 1,5

3. Terhadap penurunan pondasi/erosi bawah tanah (piping)

Untuk mencegah pecahnya bagiam hilir bangunan, harga keamanan terhadap erosi tanah harus sekurang – kurangnya 2. Keamanan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$SF = \frac{s(1 + a/s)}{h_x} \quad (3.42)$$

Keterangan:

SF = Faktor kemanan = 2

s = Kedalaman tanah (m)

a = Tebal lapisan pelindung (m)

h_x = Tekanan air pada kedalaman (A, Kg/m²)

4. Kontrol terhadap kern/eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M}{V} < \frac{1}{6}B \quad (3.43)$$

Keterangan:

B = Panjang bendung pada titik A (m)

M = Momen vertikal total pada terhadap titik A (KN-m)

V = Gaya vertikal total (KN)