

PERENCANAAN BENDUNG UNTUK DAERAH IRIGASI SULU

Vicky Richard Mangore

E. M. Wuisan, L. Kawet, H. Tangkudung

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: vicky_mangore@yahoo.com

ABSTRAK

Di desa Sulu Kecamatan Tatapaan Kabupaten Minahasa Selatan terdapat daerah irigasi yang sangat berpengaruh terhadap perekonomian daerah. Dalam 3 tahun terakhir sebagian besar dari daerah irigasi tidak lagi diolah oleh petani karena kebutuhan air untuk daerah irigasi sudah tidak mencukupi. Hal ini disebabkan oleh rusaknya bendung yang menjadi sumber pengambilan air untuk daerah irigasi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan bendung baru untuk daerah irigasi Sulu.

Langkah awal dalam penelitian ini adalah analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana. Hasil analisis debit banjir rencana selanjutnya digunakan untuk perencanaan konstruksi bendung yang meliputi perencanaan dimensi, mercu, kolam olakan, lantai muka, pintu pengambilan dan pintu pembilas. Setelah perencanaan konstruksi bendung, dilakukan kontrol stabilitas bendung terhadap guling, geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah.

Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan bendung diperoleh dimensi bendung dengan tinggi 2,5 m, lebar 64 m, tipe mercu bulat, kolam olakan tipe Vlugter dengan panjang 10 m, panjang lantai muka bendung 25 m, 2 pintu pembilas dengan ukuran masing-masing pintu (2,20m x 2,50m), dan 1 pintu pengambilan dengan ukuran (1,20m x 1,0m) yang terletak di sebelah kiri bendung. Pintu pembilas dan pintu pengambilan konstruksinya menggunakan pintu sorong dari kayu kelas II.

Kata kunci : Daerah Irigasi, Debit, Perencanaan Bendung

PENDAHULUAN

Bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang tentu saja bangunan ini dapat digunakan pula untuk kepentingan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk pengendalian banjir. Menurut macamnya bendung dibagi dua, yaitu bendung tetap dan bendung sementara, bendung tetap adalah bangunan yang sebagian besar konstruksi terdiri dari pintu yang dapat digerakkan untuk mengatur ketinggian muka air sungai sedangkan bendung tidak tetap adalah bangunan yang dipergunakan untuk menaikkan muka air di sungai, sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier.

Di desa Sulu Kecamatan Tatapaan Kabupaten Minahasa Selatan terdapat daerah irigasi yang sangat berpengaruh terhadap perekonomian daerah. Namun, sudah 3 tahun

terakhir ini sebagian besar dari daerah irigasi tersebut tidak lagi diolah oleh petani dikarenakan kebutuhan air untuk daerah irigasi sudah tidak mencukupi. Hal ini disebabkan oleh rusaknya bendung yang menjadi sumber pengambilan air untuk daerah irigasi tersebut.

Berdasarkan observasi yang dilakukan di lapangan, kondisi bendung yang ada masih berupa bendung yang terbuat dari bronjong yang dilengkapi dengan dua pintu penguras dan dua pintu pengambilan yang masih berfungsi namun sebagian besar dari tubuh bendung sudah mengalami kerusakan/kebocoran. Hal ini disebabkan karena struktur bendung yang belum permanen dan meningkatnya debit air di sungai.

Melihat permasalahan yang terjadi diatas dan kaitannya dengan kebutuhan air untuk irigasi yang sudah tidak mencukupi, maka dalam penelitian ini penulis akan mengkaji lebih lanjut lagi dengan judul penelitian "Perencanaan Bendung Untuk Daerah Irigasi Sulu".

Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat dilihat bahwa kebutuhan air untuk daerah irigasi Sulu sudah tidak tercukupi akibat dari rusaknya bendung yang ada, sehingga pada penelitian ini akan direncanakan bendung baru untuk daerah irigasi Sulu.

Batasan Masalah

1. Lokasi studi adalah Daerah Aliran Sungai Nimanga.
2. Data curah hujan yang digunakan diambil dari stasiun hujan yang tersedia di DAS Nimanga minimal 10 tahun pengamatan.
3. Pada penelitian ini pembagian air ke area irigasi melalui saluran irigasi tidak akan dihitung.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan dimensi dari bendung, pintu pengambilan dan pintu penguras.

Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan alternatif bagi pemerintah tentang teknik perencanaan suatu bendung.
2. Hasil kajian dapat dijadikan sebagai sarana pembandingan dalam perencanaan bendung untuk daerah irigasi Sulu maupun di tempat lain.

LANDASAN TEORI

Pengertian dan Fungsi Bendung

Bendung adalah suatu bangunan air dengan kelengkapan yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke tempat yang membutuhkannya. (Mawardi dan Memed, 2002)

Bendung berfungsi antara lain untuk meninggikan taraf muka air, agar air sungai dapat disadap sesuai dengan kebutuhan dan untuk mengendalikan aliran, angkutan sedimen dan geometri sungai sehingga air dapat dimanfaatkan secara aman, efektif, efisien dan optimal. (Mawardi dan Memed, 2002)

Klasifikasi Bendung

1. Bendung berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :
 - Bendung penadap
 - Bendung pembagi banjir
 - Bendung penahan pasang
2. Berdasarkan tipe strukturnya bendung dibagi atas :
 - Bendung tetap,
 - Bendung gerak,
 - Bendung kombinasi,
 - Bendung kembang-kempis,
 - Bendung *bottom intake*.
3. Ditinjau dari segi sifatnya bendung dapat pula dibedakan :
 - Bendung permanen.
 - Bendung semi permanen.
 - Bendung darurat

Perencanaan Konstruksi Bendung

Perencanaan Hidraulis Bendung

Tinggi muka air banjir sebelum ada bendung

Perhitungan tinggi muka air banjir sebelum ada bendung dilakukan dengan cara coba-coba (*Trial and Error*) sebagai berikut :

1. Coba-coba beberapa nilai ketinggian elevasi muka air dari dasar sungai (h_i).
2. Hitung luas penampang basah (A) dan keliling basahnya (P), untuk setiap nilai h pada langkah 1.
3. Hitung jari-jari hidrolis penampang dengan rumus :

$$R = \frac{A}{P} \quad (1)$$

4. Hitung besarnya kecepatan aliran dengan rumus :

$$\text{- Chezy : } V = c \cdot \sqrt{R \cdot S_0} \quad (2)$$

Nilai koefisien kecepatan (c) dihitung dengan rumus :

$$\text{- Bazin : } c = \frac{87}{1 + \frac{\alpha}{\sqrt{R}}} \quad (3)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/det)

C = Koefisien kecepatan (fungsi dari bentuk profil dan kekasarannya)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S_0 = Kemiringan sungai rata-rata (m)

α = Koefisien kekasaran (untuk sungai, harga α dapat diambil antara 1,5 – 1,75)

5. Hitung debit (Q_{hitung}) dengan rumus :

$$Q = A \cdot V \quad (4)$$

Lebar Efektif Bendung

Lebar efektif bendung adalah lebar bendung yang bekerja secara efektif untuk melewati debit di sungai. Lebar efektif bendung akan dipengaruhi oleh kemungkinan adanya pilar-pilar dan pintu pembilas.

Berikut adalah persamaan untuk menentukan lebar efektif bendung :

$$B_{\text{eff}} = B - \sum t - 0,2 \sum b \quad (5)$$

Dimana :

- B_{eff} = Lebar efektif bendung (m)
- B = Lebar total bendung (m)
- $\sum t$ = Jumlah tebal pilar bendung (m)
- $\sum b$ = Jumlah lebar pintu pembilas (m)

Elevasi Mercu Bendung

Elevasi mercu bendung ditentukan berdasarkan muka air rencana pada bangunan sadap. Tinggi bendung yang dimaksud adalah jarak dari lantai muka bendung sampai pada puncak bendung. Untuk menentukan elevasi mercu bendung ditinjau dari beberapa macam faktor, antara lain elevasi sawah tertinggi yang akan dialiri, tinggi air di sawah, kehilangan tekanan pada pemasukkan ke saluran-saluran, pada alat-alat ukur, pada bangunan-bangunan lain yang terdapat di saluran-saluran dan sebagainya. (Mawardi dan Memed, 2002)

Tinggi muka air banjir sesudah ada bendung

Sampai saat ini belum ada ketentuan yang pasti mengenai tinggi muka air maksimum di atas mercu. Tapi dilihat dari segi keamanan stabilitas bendung, ukuran pintu-pintu, tinggi tanggul banjir dan sebagainya, maka dianjurkan tidak melebihi 4,5 meter. Rumus pengaliran yang digunakan untuk menghitung tinggi muka air di atas mercu tergantung dari tipe mercu yang direncanakan.

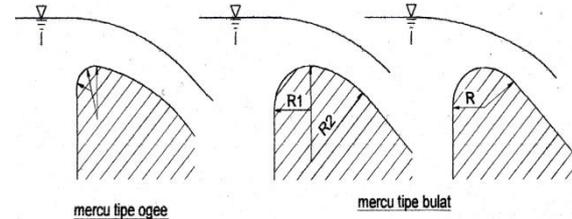
Perencanaan mercu bendung

Di Indonesia pada umumnya digunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah: tipe ogee dan tipe bulat (lihat Gambar 1). Kedua bentuk mercu tersebut dapat dipakai untuk konstruksi beton maupun pasangan batu atau kombinasi dari keduanya. (KP – 02, 2010)

Mercu Bulat

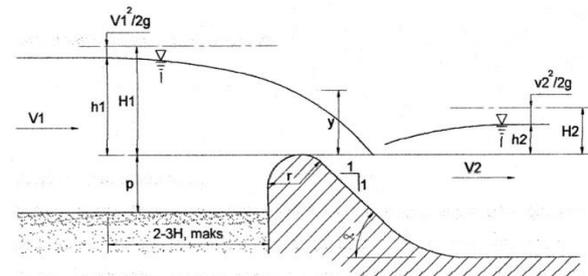
Bendung dengan mercu bulat (lihat Gambar 1) memiliki harga koefisien debit lebih tinggi (44%) dibandingkan dengan koefisien bendung ambang lebar. Pada

sungai, ini akan banyak memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir. (KP – 02, 2010)



Gambar 1. Bentuk mercu bendung

Tekanan pada mercu adalah fungsi perbandingan antara H_1 dan r (H_1/r). Untuk bendung dengan dua jari-jari (R_2) (lihat gambar 1), jari-jari hilir akan digunakan untuk menentukan harga koefisien debit. Untuk menghindari bahaya kapitasi lokal, tekanan pada mercu bendung harus dibatasi sampai -4 m tekanan air jika mercu terbuat dari beton; untuk pasangan batu tekanan subatmosfir sebaiknya dibatasi sampai -1 tekanan air. (KP – 02, 2010)



Gambar 2. Bendung dengan mercu bulat

Rumus pengaliran diambil dari Bundschu sebagai berikut:

$$Q = m \cdot b \cdot d \sqrt{g \cdot d} \quad (6)$$

$$d = \frac{2}{3} H \quad (7)$$

$$H = h + k \quad (8)$$

Harga-harga k dan m dihitung dengan rumus Verwoerd :

$$K = \frac{4}{27} \cdot m^2 \cdot h^3 \left(\frac{1}{h+p} \right)^2 \quad (9)$$

$$m = 1,49 - 0,018 \left(5 - \frac{h}{r} \right)^2 \quad (10)$$

dimana :

- Q = Debit yang lewat di atas mercu (m^3/det)
- b = Lebar efektif bendung (m)
- h = Tinggi air di atas mercu (m)
- g = Percepatan gravitasi (m/det^2)
- m = Koefisien pengaliran

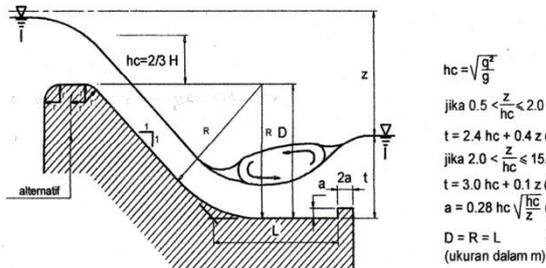
p = Tinggi bendung (m)
 r = Jari-jari bulatan mercu (m)

Untuk menentukan harga r , dipakai cara Kregten (sebagai pendekatan) yaitu : dengan mengambil harga $m = 1,34$ dan harga yang baik untuk $H/r = 3,80$. Setelah didapat harga d maka harga H didapat dan r didapat pula. Harga r sebaiknya dibulatkan keatas sampai mendapatkan ukuran yang sesuai.

Kolam olakan Vlugter

Kolam olakan ini khusus dikembangkan untuk bangunan terjun di saluran irigasi. Batas-batas yang diberikan yaitu untuk z/hc 0,5; 2,0 dan 15,0 dihubungkan dengan bilangan Froude 1,0; 2,8 dan 12,8. Bilangan-bilangan Froude itu diambil pada kadalaman z di bawah tinggi energi hulu, bukan pada lantai kolam seperti kolam loncat air.

Gambar 3. memberikan data-data yang diperlukan untuk perencanaan kolam olakan Vlugter. Kolam Vlugter bisa dipakai sampai beda tinggi energi z tidak lebih dari 4,5 meter atau dalam lantai ruang olak sampai mercu (D) tidak lebih dari 8 meter serta pertimbangan kondisi porositas tanah lokasi bendung dalam rangka pekerjaan pengeringan. (KP – 04, 2010)



Gambar 3. Kolam Olakan menurut Vlugter

Tinjauan Gerusan di Hilir Bendung

Perhitungan ini bertujuan untuk menghitung berapa dalamnya gerusan yang dapat terjadi pada ujung kolam olakan. Penentuan dalamnya gerusan ini didasarkan pada rumus-rumus yang menggambarkan besarnya (dalamnya) penggerusan di hilir bendung akibat adanya aliran. Untuk menghitung kedalaman gerusan digunakan rumus-rumus sebagai berikut :

- Kennedy : $m = 1,11 \cdot q^{0,61}$ (11)
 - Lacey : $m = 0,90 \cdot q^{2/3}$ (12)

dimana :

m = dalamnya penggerusan (ft)
 q = debit aliran per satuan lebar (ft³/det)

Lantai Muka Bendung

Lantai muka bendung adalah lantai yang berfungsi untuk mengurangi tekanan air ke atas pada bidang kontak antara pondasi bangunan dan dasar pondasi. Dalam menentukan panjang lantai muka, ada beberapa metode empiris yang sering digunakan yaitu :

1. Metode Bligh

Dalam menentukan panjang lantai muka dengan metode Bligh menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_V + L_H \geq C_r \cdot \Delta H \tag{13}$$

dengan :

L_V = Panjang vertikal bidang kontak (m)
 L_H = Panjang horisontal bidang kontak (m)
 C_r = Creep ratio
 ΔH = Beda tekanan (m)

2. Metode Lane

Dalam menentukan panjang lantai muka dengan metode Lane menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_T = L_V + \frac{1}{3} \cdot L_H \tag{14}$$

dengan :

L_T = Panjang total (m)
 L_V = Panjang vertikal bidang kontak (m)
 L_H = Panjang horisontal bidang kontak (m)

Perencanaan pintu pengambilan

Pada perencanaan bendung ini direncanakan intake kiri dengan pintu berlubang satu, lebar satu pintu tidak lebih dari 2,5 meter dan diletakkan di bagian hulu. Pengaliran melalui bawah pintu intake, sedangkan besarnya debit dapat diatur melalui tinggi bukaan pintu. Kapasitas pengambilan harus sekurang-kurangnya 120% dari kebutuhan pengambilan (*dimention requirement*), guna menambah fleksibilitas dan agar dapat memenuhi kebutuhan yang lebih tinggi selama umur proyek, sehingga rumus pengaliran yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_n = \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \tag{15}$$

Dimana :

Q_n = Debit rencana (m³/det)
 μ = Koefisien pengaliran
 h = Tinggi pintu intake (m)
 b = Lebar pintu intake (m)
 g = Gaya gravitasi = 9,81 m/det²
 z = Kehilangan tinggi energi pada bukaan antara 0,15 - 0,3 m

Perencanaan pintu pembilas

Lantai pembilas merupakan kantong tempat mengendapnya bahan-bahan kasar di depan pembilas. Sedimen yang terkumpul dapat dibilas dengan jalan membuka pintu pembilas secara berkala guna menciptakan aliran terkonsentrasi tepat di depan pengambilan. Penurunan kecepatan aliran akan mengakibatkan menurunnya kapasitas angkutan sedimen, oleh karena itu kecepatan aliran tidak boleh berkurang. Untuk menambah kecepatan aliran maka dibuat kemiringan saluran yang memungkinkan untuk kemudahan dalam transport sedimen. Rumus pengaliran yang dipakai untuk pintu pembilas sama dengan pengaliran pada pintu pengambilan sebagai berikut :

$$Q_n = \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \quad (16)$$

Dimana :

- Q_n = Debit rencana (m³/det)
- μ = Koefisien pengaliran
- h = Tinggi pintu intake (m)
- b = Lebar pintu intake (m)
- g = Gaya gravitasi = 9,81 m/det²
- z = Kehilangan tinggi energi pada bukaan antara 0,15 - 0,3 m

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Daerah irigasi Sulu terletak di Desa Sulu, Kecamatan Tatapaan Kabupaten Minahasa Selatan. Desa Sulu berjarak sekitar 10 km dari ibukota kabupaten Minahasa Selatan. Secara geografis daerah irigasi Sulu terletak pada 01°27,6' – 01°28,5' LU dan 124°59' – 124°61' BT dan memiliki luas sebesar 540 ha. Daerah irigasi Sulu terbentang di sepanjang desa Sulu sampai di desa Paslaten, dimana sumber air untuk areal irigasi memanfaatkan air dari sungai Nimanga, yang mempunyai luas daerah aliran sebesar 263,25 km².

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey, dimana peneliti melakukan observasi dan survey di lokasi penelitian yaitu di daerah irigasi yang sudah kering dan juga di lokasi bendung.

Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

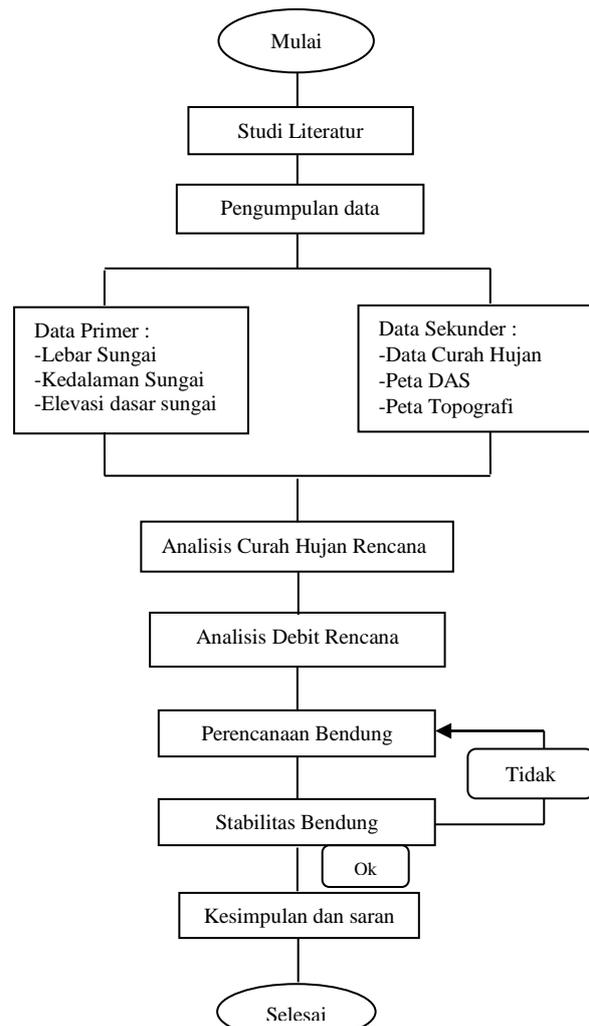
1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapat pengetahuan dan landasan teori serta metode-metode yang akan digunakan dalam penulisan skripsi.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu pengumpulan data primer yang diambil dari tempat penelitian dan pengumpulan data sekunder yang diambil dari instansi terkait. Adapun data-data yang diperlukan adalah :

- Data primer yang didapat langsung dari lapangan yaitu lebar sungai, kedalaman sungai, dan elevasi dasar sungai
- Data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun yang diperoleh dari BMKG Kayuwatu dan BWS Sulawesi I.
- Peta DAS yang diambil dari BP DAS Tondano untuk mendapatkan luas daerah aliran sungai (DAS)
- Peta Topografi yang diambil dari BP DAS Tondano untuk mendapatkan data elevasi lokasi bendung



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

ANALISIS DATA

Untuk mendapatkan debit banjir rencana pada setiap periode ulang tertentu, yang nantinya akan dipakai dalam perencanaan bendung maka dilakukan analisis hidrologi. Langkah awal dalam analisis hidrologi adalah analisis curah hujan rata-rata DAS. Analisis curah hujan rata-rata diambil dari empat pos hujan yang berada disekitar DAS Nimanga, yaitu pos Noongan, Pinaling, Tambala dan Tumatantang.

Setelah itu data curah hujan tersebut dianalisis menggunakan metode Poligon Thiessen untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dari DAS. Dari data curah hujan rata-rata kemudian dilakukan perhitungan nilai-nilai parameter statistik untuk menentukan pola sebaran yang sesuai dengan pola sebaran curah hujan rata-rata DAS.

Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik diperoleh bahwa parameter statistik dari data tidak ada yang sesuai untuk distribusi normal, Log normal dan Gumbel, sehingga kemungkinan data yang ada mengikuti distribusi Log Pearson III. Namun mengingat perbedaan antara parameter statistik hasil hitungan dan nilai persyaratan tidak begitu besar, maka lebih meyakinkan dilakukan penggambaran pada kertas probabilitas dan diuji keselarasan distribusi menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov.

Dari hasil uji keselarasan distribusi diperoleh bahwa metode Log Pearson III memberikan nilai Δ_{max} (selisih peluang terbesar antara distribusi data dan teoritisnya) paling kecil yaitu 0,091. Sehingga curah hujan rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun menggunakan hasil analisis curah hujan rencana dari distribusi Log Person III.

Analisis debit banjir rencana menggunakan 3 metode yaitu metode Der Weduwen, Melchior dan Haspers. Dari

ketiga metode yang dipilih, debit banjir yang akan digunakan adalah debit banjir dengan periode ulang 100 tahun (Q_{100}) yang terbesar yaitu debit dari metode Melchior sebesar $Q = 513 \text{ m}^3/\text{det}$.

Perencanaan hidraulis bendung

- Kemiringan dasar sungai rata-rata sejauh 2 km dari lokasi bendung.

Dari peta diperoleh :

1. Elv. dasar sungai dilokasi bendung = 19 m
2. Elv. sungai sejauh 2 km ke hulu bendung = 28 m
3. Panjang sungai yang ditinjau (L) = 2000 m
4. Panjang sungai teoritis = $0,9L = 1800 \text{ m}$

Kemiringan sungai rata-rata (S_o) :

$$S_o = \frac{\Delta H}{0,9L} = \frac{(28 - 19)}{0,9 \times 2000} = 0,0050$$

- Tinggi muka air banjir sebelum ada bendung

Perhitungan tinggi muka air banjir sebelum ada bendung dilakukan dengan cara coba-coba (*Trial and Error*) dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel perhitungan tersebut diperoleh tinggi air banjir sebelum ada bendung (h) = 2,01 m; menghasilkan debit banjir sebesar $Q = 512,71 \text{ m}^3/\text{det} \approx Q_{desain} = 513 \text{ m}^3/\text{det}$.

$$k = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{3,8643^2}{2 \times 9,81} = 0,76 \text{ m}$$

- Lebar Efektif Bendung

- Lebar bendung (B) di sungai ditetapkan 64 meter sama dengan lebar dasar sungai.
- Lebar pintu pembilas diambil $1/10 \times$ lebar bendung yaitu :

$$b = \frac{B}{10} = \frac{64}{10} = 6,4 \text{ m}$$

Sementara lebar minimum pintu pembilas, $b = 2 \text{ m}$.

Tabel 1. Analisis tinggi muka air banjir sebelum ada bendung

hi (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	S_o	c	V (m/det)	Q (m ³ /det)
1	65	67,61	0,961	0,0050	33,0578	2,29205	148,98
1,75	115,063	70,31	1,637		38,6543	3,49657	402,32
1,90	125,210	70,85	1,767		39,4814	3,71129	464,69
2,01	132,680	71,25	1,862		40,0466	3,86429	512,71

Berdasarkan kedua harga b tersebut, maka direncanakan 2 buah pintu pembilas dengan lebar masing-masing pintu, $b = 2,2$ m
Tebal minimum pilar (t) = 1 meter.

Direncanakan menggunakan 2 buah pilar dengan tebal masing-masing pilar, $t = 1,3$ m
Sehingga lebar efektif bendung :

$$B_{\text{eff}} = 64 - (2 \times 2,2) - (2 \times 1,3) = 57 \text{ m}$$

- Penetapan elevasi mercu dan tinggi mercu bendung

Penetapan elevasi mercu bendung ditentukan oleh beberapa faktor. Berdasarkan faktor-faktor tersebut diperoleh elevasi puncak mercu bendung = + 21,50 m, sedangkan elevasi dasar sungai di lokasi bendung = + 19,00 m. Jadi tinggi mercu :

$$P = (+21,50) - (+19,00) = 2,50 \text{ meter.}$$

- Tinggi muka air banjir sesudah ada bendung

Rumus pengaliran yang digunakan untuk menghitung tinggi muka air di atas mercu tergantung dari tipe mercu yang akan direncanakan. Tipe mercu yang akan direncanakan adalah mercu bulat. Dimana aliran dianggap sempurna dengan rumus pengaliran menggunakan Persamaan (6) sebagai berikut :

$$Q = 1,34 \cdot 57 \cdot d \sqrt{9,81 \cdot d}$$

$$d = \left(\frac{513}{1,34 \cdot 57 \cdot \sqrt{9,81}} \right)^{2/3} = 1,66 \text{ m}$$

$$d = \frac{2}{3} H \rightarrow H = \frac{3}{2} d = \frac{3}{2} \times 1,67 = 2,49 \text{ m}$$

$$\frac{H}{r} = 3,80 \rightarrow r = \frac{H}{3,80} = \frac{2,51}{3,80} = 0,66 \text{ m}$$

$$\rightarrow r = H = 2,49 \text{ m}$$

Dari kedua harga r di atas ditetapkan : jari-jari bulatan mercu, $r = 2$ meter

Analisis tinggi air banjir di atas mercu menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

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

$$m = 1,49 - 0,018 \left(5 - \frac{h}{r} \right)^2$$

Berdasarkan rumus-rumus di atas dengan tinggi mercu $P = 2,5$ meter, dan jari-jari bulatan mercu $r = 2$ meter, dihitung besarnya nilai Q untuk berbagai harga h sehingga mendapatkan nilai $Q_{\text{hitung}} \approx Q_{\text{desain}}$ seperti pada Tabel 2. Dari tabel analisis tersebut diperoleh tinggi muka air banjir sesudah ada bendung (h) = 2,64 m ; menghasilkan debit banjir sebesar $Q = 515,897 \text{ m}^3/\text{det} \approx Q_{\text{desain}} = 513 \text{ m}^3/\text{det}$.

- Kolam olakan

Kolam olakan yang direncanakan adalah kolam olakan tipe Vlugter

$$Z = (+24,27) - (+21,52) = 2,75 \text{ m}$$

$$H = h + k = 2,64 + 0,136$$

$$Z/H = 2,75 / 2,776 = 0,993$$

$$1/3 < Z/H < 4/3$$

$$1/3 < 0,993 < 4/3$$

$$D = R = 0,6 H + 1,4 Z$$

$$= 0,6 \cdot 2,776 + 1,4 \cdot 2,75 = 5,520 \text{ m}$$

$$a = 0,20 H \sqrt{H/Z} = 0,20 \cdot 2,776 \sqrt{2,776 / 2,75} = 0,556 \text{ m}$$

--- → Ditetapkan : $D = R = 6,0 \text{ m}$
 $a = 1,0 \text{ m}$

- Dalam penggerusan (*Cut Off*)

Analisis ini dimaksudkan untuk menentukan berapa dalam penggerusan yang dapat terjadi pada ujung ruang olakan. Analisis dalamnya penggerusan menggunakan persamaan (11) dan (12) sebagai berikut :

- Kennedy : $m = 1,11 \left(\frac{Q_d}{B_{\text{eff}}} \right)^{0,61}$

Tabel 2. Analisis tinggi muka air banjir sesudah ada bendung

H (m)	m	K (m)	H = h + k (m)	d (m)	Q (m ³ /det)
1	0,842	0,009	1,009	0,672	82,879
2	1,040	0,063	2,063	1,376	299,537
2,5	1,126	0,117	2,617	1,745	463,123
2,64	1,148	0,136	2,776	1,851	515,897

$$= 1,11 \left(\frac{513 \times (3,3)^3}{57 \times 3,3} \right)^{0,61}$$

$$= 18,18 \text{ ft} \approx 5,51 \text{ m}$$

- Lacey : m = $0,90 \left(\frac{Q_d}{B_{\text{eff}}} \right)^{2/3}$

$$= 0,90 \left(\frac{513 \times (3,3)^3}{57 \times 3,3} \right)^{2/3}$$

$$= 19,11 \text{ ft} \approx 5,79 \text{ m}$$

Dari analisis di atas diperoleh dalamnya penggerusan = 5,79 m, dihitung dari taraf muka air hilir = + 20,76 m. Jadi ujung pondasi ruang olakan minimal harus berada pada elevasi = $\{(+20,76 - 5,79)\} = 14,97 \text{ m}$.

• Panjang rantai muka bendung

1. Teori Bligh

Total panjang vertikal, $\Sigma L_v = 15,26 \text{ m}$
 Total panjang horizontal, $\Sigma L_h = 16,33 \text{ m}$
 Beda tinggi tekanan, $\Delta H = 21,50 - 15,50 = 6,00 \text{ m}$
 Panjang creep line, $L_c = C \cdot \Delta H = 9 \cdot 6,0 = 54 \text{ m}$
 Panjang rantai muka, $L_m = L_c - \Sigma L_v - \Sigma L_h$
 $= 54 - 15,26 - 16,33$
 $= 22,41 \text{ m}$

2. Lane

Panjang creep line,
 $L_c = C \cdot \Delta H = 3,0 \cdot 6,0 = 18,00 \text{ m}$
 Panjang rantai muka,
 $L_m = L_c - \Sigma L_v - \frac{1}{3} \cdot \Sigma L_H$
 $= 18,00 - 15,26 - \frac{1}{3} \cdot 16,33$
 $= -2,70 \text{ m}$
 (tidak dibutuhkan rantai muka)

Jadi panjang rantai muka (L_m) minimum adalah 22,41 m (dari perhitungan cara Bligh). Sehingga direncanakan panjang rantai muka bendung, $L_m = 25 \text{ m}$.
 Total creep line menjadi :

$$\Sigma L_c = 15,26 + 16,33 + (3,04 + 3 + 3 \times 5,5 + 6 \times 0,6 + 4 \times 0,5 + 1,12 + 1,5)$$

$$= 62,35 \text{ m} > \text{creep line min}$$

$$= 54,00 \text{ m} \dots \text{OK}$$

Pintu pengambilan

Dari rencana jaringan irigasi, keseluruhan areal sawah terletak di sebelah kiri bendung dengan luas areal sawah yang akan dialiri 540 ha, dengan kebutuhan air normal a = 2,50 l/det/ha.

Debit yang diperlukan untuk mengairi sawah dihitung dengan rumus :

$$Q = c \cdot a \cdot A$$

$$= 0,85 \cdot 2,50 \cdot 540$$

$$= 1,15 \text{ m}^3/\text{det}$$

Kapasitas debit yang diperlukan harus 120% dari debit pengaliran yaitu :

$$Q_n = 1,2 Q$$

$$= 1,2 \times 1,15$$

$$= 1,38 \text{ m}^3/\text{det}$$

• Analisis dimensi pintu pengambilan

Untuk menghitung dimensi pintu pengambilan digunakan persamaan (15) :

$$Q_n = \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2 \cdot g \cdot z}$$

Berhubung debit yang dibutuhkan relatif kecil, maka pintu pengambilan direncanakan 1 buah. Kehilangan tekanan diperhitungkan $z = 0,20$ dan lebar pintu diambil $b = 1,20 \text{ m}$ dengan koefisien pengaliran $\mu = 0,80$. Sehingga tinggi pintu pengambilan :

$$h = \frac{Q_n}{\mu \cdot b \sqrt{2 \cdot g \cdot z}} = \frac{1,38}{0,8 \cdot 1,2 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,20}} = 0,726 \text{ m}$$

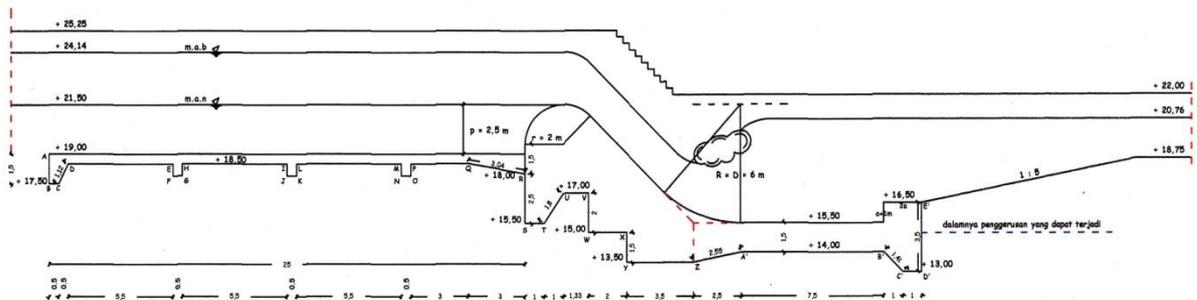
diambil tinggi pintu intake, $h = 1,0 \text{ m}$

Kecepatan aliran di pintu pengambilan :

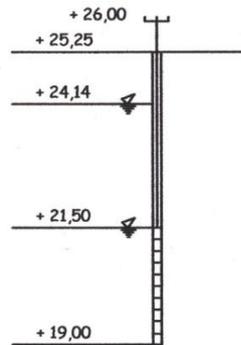
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1,38}{1,20 \times 1,0} = 1,15 \text{ m/det}$$

Pintu pembilas

Ukuran pintu pembilas direncanakan seperti pada Gambar 6.



Gambar 5. Konstruksi Bendung



Gambar 6. Ukuran pintu pembilas

Tinggi pintu diambil sama dengan tinggi bendung = 2,5 m

Lebar pintu pembilas (L) = 2,20 m

Dalam coakan/takikan = 0,20 m

Lebar teoritis pintu pembilas

$$= 2,2 + 2 \left(\frac{1}{2} \times 0,20 \right) = 2,40 \text{ m}$$

Ukuran balok kayu 25x20 cm.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perencanaan bendung untuk daerah irigasi Sulu diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Bendung direncanakan dengan dimensi sebagai berikut : lebar bendung 64 m, tinggi bendung 2,5 m, tipe mercu bulat dengan jari-jari bulatan mercu 2 m, kolam olakan tipe Vlugter dengan panjang 10 m dan panjang lantai muka bendung 25 m.
2. Bendung ini menggunakan 2 buah pintu pembilas dengan dimensi dari masing-masing pintu (2,2m x 2,5m) dan 1 buah pintu pengambilan dengan dimensi pintu (1,2m x 1,0m), yang terletak di sebelah kiri bendung.
3. Pintu pengambilan dan pintu penguras konstruksinya menggunakan pintu sorong dari kayu kelas II.

Saran

1. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan agar kerusakan-kerusakan yang terjadi pada bendung dapat ditangani dengan cepat dan tepat.
2. Untuk memenuhi kebutuhan air areal irigasi di tahun-tahun yang akan datang, maka perlu dibuat peraturan mengenai pengoperasian pintu pengambilan dan pintu penguras agar dapat mencegah kerusakan yang terjadi pada pintu.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 02*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan 04*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Mawardi E., dan Moch. Memed,. 2002. *Desain Hidraulik Bendung Tetap*. Alfabeta. Bandung.