

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA SUNGAI WAY HUI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN

Rizki Abadian Nur¹⁾

Gatot Eko Susilo²⁾

Sumiharni³⁾

Abstract

Flooding is an event that occurs when water flows water on the land, the EU defines flooding as a temporary immersion by water on land that is not normally submerged in water. Based on water sources that become reservoirs on earth, the type of flood is divided into three, namely river flood, lake flood, and flood tides. Floods that occur in some areas in Lampung are caused by overflow of water from rivers such as Way Hui rivers triggered by several things, namely garbage, river narrowing and drainage, and high rainfall. This study aims to analyze rainfall data in the study area. In addition, the plan also aims to calculate the design of rain and flood design in the study area and conduct retaining wall planning in the study area. In this study, the procedures used are data collection of rainfall and river basin data, calculation and rainfall analysis, calculation and analysis of rainfall design, calculation and analysis of rainfall intensity, calculation and design of debit analysis, calculation and analysis of slope stability, And Plan budget (RAB) budget. The results showed that the calculation of slope stability using Fellenius Method and Bishop Method. After the calculation, the security number (FK) of 1,317 for the Fellenius Method, and the security number (FK) for the Bishop Method is 1.351. With these results, the $FK > 1$ qualified safe is for the planning of retaining wall in Way Hui river. Then the authors calculate the cost budget plan (RAB) to build the retaining wall of the land and obtained a price of about Rp. 428.215.506,00.

Keywords: flood, slope stability, flood discharge

Abstrak

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air merendam daratan, Uni Eropa mendefinisikan banjir sebagai perendaman sementara oleh air pada daratan yang biasanya tidak terendam air. Berdasarkan sumber air yang menjadi penampung di bumi, jenis banjir dibedakan menjadi tiga, yaitu banjir sungai, banjir danau, dan banjir laut pasang. Banjir yang terjadi di sejumlah daerah di Lampung yang disebabkan oleh meluapnya air-air dari sungai seperti sungai Way Hui yang dipicu oleh beberapa hal, yaitu sampah, penyempitan sungai dan drainase, serta curah hujan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa data hujan pada daerah studi. Selain itu, perencanaan ini juga bertujuan untuk melakukan perhitungan hujan rancangan dan banjir rancangan pada daerah studi dan melakukan perencanaan dinding penahan tanah pada daerah studi tersebut. Pada penelitian ini prosedur yang digunakan adalah pengumpulan data hujan dan data DAS, perhitungan dan analisa hujan kawasan, perhitungan dan analisa hujan rancangan, perhitungan dan analisa intensitas hujan, perhitungan dan analisa debit rancangan, perhitungan dan analisa stabilitas lereng, dan rencana anggaran biaya (RAB). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perhitungan stabilitas lereng menggunakan Metode Fellenius dan Metode Bishop. Setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh angka keamanan (FK) sebesar 1,317 untuk Metode Fellenius, dan angka keamanan (FK) untuk Metode Bishop sebesar 1,351. Dengan hasil tersebut maka memenuhi syarat aman yaitu $FK > 1$ untuk perencanaan dinding penahan tanah pada sungai Way Hui. Kemudian penulis menghitung rencana anggaran biaya (RAB) untuk membangun dinding penahan tanah tersebut dan diperoleh harga sekitar Rp. 428.215.506,00

Kata kunci : banjir, stabilitas lereng, debit banjir

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel: rizkyabed@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: gatot89@yahoo.ca

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: anisumiharni@yahoo.co.id

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air merendam daratan, Uni Eropa mendefinisikan banjir sebagai perendaman sementara oleh air pada daratan yang biasanya tidak terendam air. Banjir diakibatkan oleh volume air di suatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap atau menjebol bendungan sehingga air keluar dari batasan alaminya.

Ukuran danau atau badan air terus berubah-ubah sesuai perubahan curah hujan dan pencairan salju musiman, namun banjir yang terjadi tidak besar kecuali jika air mencapai daerah yang dimanfaatkan manusia seperti desa, kota, dan permukiman lain. Banjir dapat menyebabkan kerugian yg besar baik secara moril maupun materiil. Berdasarkan sumber air yang menjadi penampung di bumi, jenis banjir dibedakan menjadi tiga, yaitu banjir sungai, banjir danau, dan banjir laut pasang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

Bagaimanakah prosedur perhitungan perencanaan dinding penahan tanah pada sungai Way Hui?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Menganalisa data hujan pada daerah studi
2. Melakukan perhitungan hujan rancangan dan banjir rancangan pada daerah studi.
3. Melakukan perencanaan dinding penahan tanah pada daerah studi.

D. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang ada, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisa debit banjir pada Sungai Way Hui agar nantinya dapat memberikan solusi bagaimana cara menanggulangi banjir yang ada di Kabupaten Lampung Selatan.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Daerah yang di studi adalah DAS Way Hui.
2. Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan hujan rancangan dan banjir rancangan pada DAS Way Hui.
3. Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan stabilitas lereng dan rencana anggaran biaya (RAB) pada Sungai Way Hui

2. TINJAUAN PUSTAKA

Hujan (presipitasi)

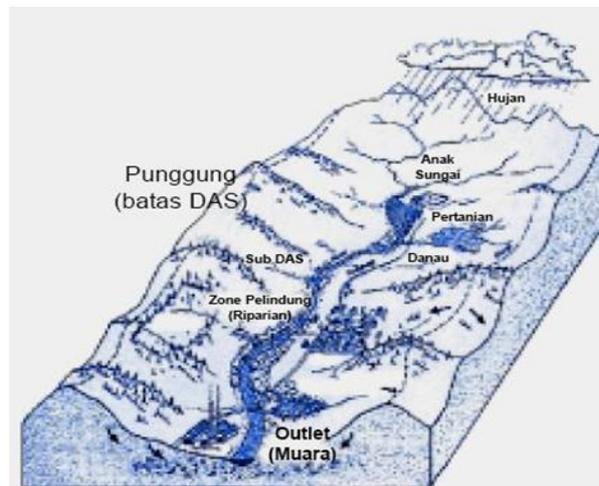
Presipitasi adalah istilah umum untuk menyatakan uap air yang mengkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi. Salah satu bentuk presipitasi yang terpenting di Indonesia adalah hujan, maka pembahasan mengenai presipitasi ini selanjutnya hanya dibatasi pada hujan saja.

Curah hujan harian adalah hujan yang terjadi dan tercatat pada stasiun pengamatan curah hujan setiap hari (selama 24 jam). Data curah hujan harian biasanya dipakai untuk simulasi kebutuhan air tanaman, simulasi operasi waduk. Curah hujan harian maksimum adalah curah hujan harian tertinggi dalam tahun pengamatan pada suatu stasiun tertentu. Data ini biasanya dipergunakan untuk perancangan bangunan hidrolis sungai seperti bendung, bendungan, tanggul, pengaman sungai dan drainase.

Curah hujan bulanan adalah jumlah curah hujan harian dalam satu bulan pengamatan pada suatu stasiun curah hujan tertentu. Data ini biasanya dipergunakan untuk simulasi kebutuhan air dan menentukan pola tanam. Curah hujan tahunan adalah jumlah curah hujan bulanan dalam satu tahun pengamatan pada suatu stasiun curah hujan tertentu.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai atau DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh batas topografi yang tinggi, di mana hujan yang jatuh ke dalam daerah tersebut akan terkumpul di badan-badan airnya dan dialirkan ke arah hilir melalui jaringan pelepasan atau outlet. Komponen-komponen dari suatu DAS adalah: batas-batas DAS, sungai utama beserta badan air yang lainnya, outlet, dan daerah DAS itu sendiri. Ilustrasi sederhana dari sebuah DAS dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Debit

Menurut Soemarto (1987) debit diartikan sebagai volume air yang mengalir per satuan waktu melewati suatu penampang melintang palung sungai, pipa, pelimpah, akuifer dan

sebagainya. Data debit diperlukan untuk menentukan volume aliran atau perubahan-perubahannya dalam suatu sistem DAS.

Menurut Soewarno (1991), pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung (*direct*) atau tidak langsung (*indirect*). Pengukuran debit dikatakan langsung apabila kecepatan alirannya diukur secara langsung dengan alat ukur kecepatan aliran. Debit di lokasi sungai yang ditinjau, dihitung berdasarkan perbandingan luas DAS yang ditinjau dan DAS stasiun referensi.

Analisa Hujan Kawasan

Pengukuran hujan di stasiun-stasiun hujan merupakan titik (*point rainfall*), sedangkan informasi yang dibutuhkan dalam analisis adalah hujan yang terjadi dalam suatu DAS tertentu (*catchment rainfall*). Untuk memperkirakan hujan rata-rata DAS dapat dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut ini (Chow and Maidment, 1988; Harto, 2000).

1. Metode Aritmatik

$$\bar{R} = \frac{R_1 + \dots + R_n}{n} \quad (2.1)$$

dimana :

\bar{R} = hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm)

$R_1 \dots R_n$ = hujan yang tercatat di stasiun n pada hari yang sama (mm)

n = jumlah stasiun hujan

2. Metode Poligon Thiesen

$$\bar{R} = \frac{R_1 \cdot A_1 + \dots + R_n \cdot A_n}{A} \quad (2.2)$$

dimana :

\bar{R} = hujan rata-rata DAS pada suatu hari (mm)

$R_1 \dots R_n$ = hujan yang tercatat di stasiun n pada hari yang sama (mm)

n = jumlah stasiun hujan

$A_1 \dots A_n$ = luas daerah hujan 1 sampai n (km²)

A = luas total DAS (km²)

3. Metode Garis Isohyet

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=0}^n R_{n, n-1, t} \cdot A_{n, n-1}}{A} \quad (2.3)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata wilayah atau daerah

R_n = curah hujan di stasiun pengamatan ke-n

R_{n-1} = curah hujan di stasiun pengamatan ke-(n-1)

Analisa Hujan Rancangan

Hujan rancangan adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Untuk mendapatkan curah hujan digunakan dengan cara analisis frekuensi. Terdapat beberapa metode analisis frekuensi, dalam studi ini dipergunakan metode Distribusi Gumbel, Distribusi Log Pearson Tipe III, dan Log Normal.

Analisa Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah perbandingan antara besarnya curah hujan dengan waktu (dinyatakan dalam satuan mm/jam). Kegunaan dari perhitungan intensitas hujan ini adalah untuk perhitungan hidrograf debit banjir rencana. Terdapat banyak rumus untuk menghitung intensitas hujan dalam durasi dan kala tertentu. Rumus-rumus empiris yang dapat digunakan untuk menghitung intensitas hujan sebagai berikut, rumus Mononobe jika curah hujan yang ada adalah data curah hujan harian, maka untuk menghitung intensitas hujan dapat digunakan metode Mononobe (Loebis, 1992).

Analisa Debit Rancangan

Analisis dilakukan dengan menggunakan data banjir terbesar tahunan atau curah hujan terbesar tahunan yang sudah terjadi. HSS merupakan metode yang tepat untuk menghitung debit banjir karena dari perhitungan HSS akan menghasilkan nilai debit tiap jam dan pada saat hujan mulai turun, waktu puncak banjir hingga akhir banjir, dibanding dengan metode Empiris. Terdapat beberapa metode HSS yang dapat digunakan dalam menghitung debit banjir yaitu metode Snyder, GAMA I, dan Nakayasu. Menurut Triatmodjo (2006), Metode Snyder memiliki empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS.

Analisa Perhitungan Tebing Sungai

Menurut Hoek (1981), kemantapan lereng biasanya dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

F = Gaya penahan / Gaya penggerak, dimana:

$F_k > 1$ berarti lereng aman

$F_k = 1$ berarti lereng dalam keadaan seimbang

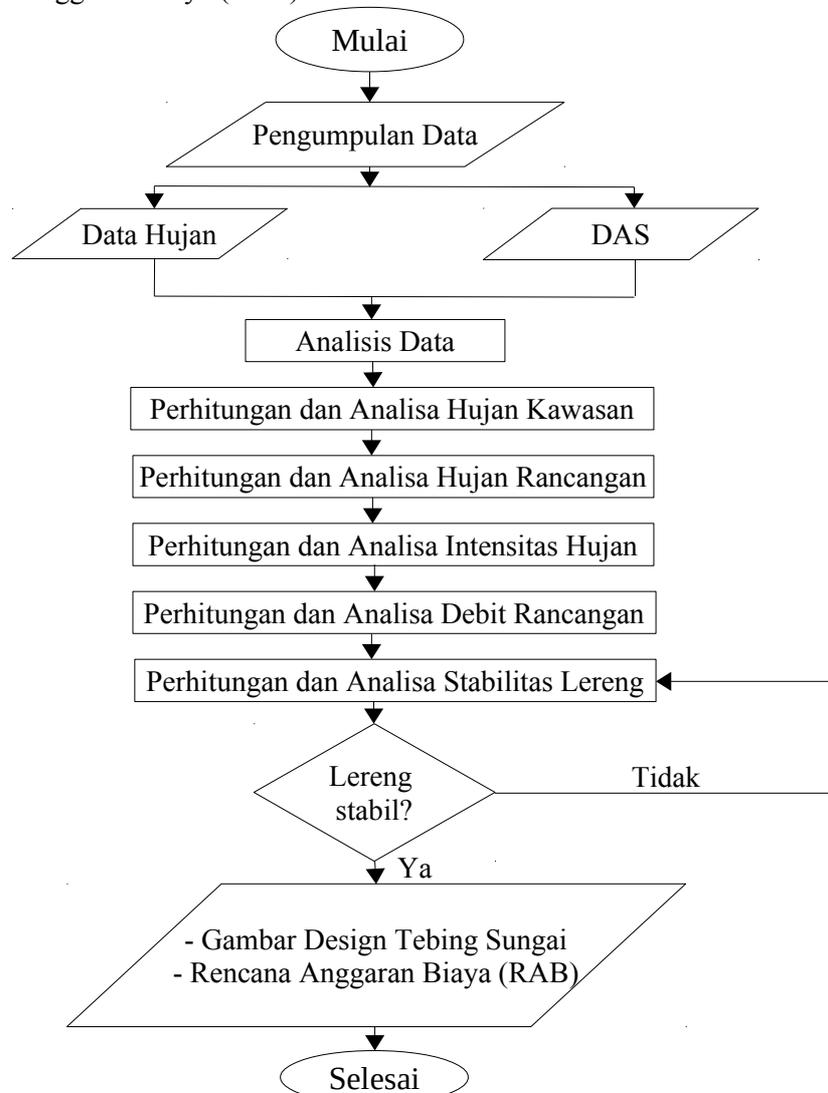
$F_k < 1$ berarti lereng dianggap tidak stabil

Penelitian terhadap kemantapan suatu lereng harus dilakukan bila longsor lereng yang mungkin terjadi akan menimbulkan bencana. Cara analisis yang dibuat oleh Bishop (1955), menggunakan cara elemen dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen

3. METODE PENELITIAN

Persiapan Penelitian

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data Hujan dan Data DAS
3. Perhitungan dan Analisa Hujan Kawasan
4. Perhitungan dan Analisa Hujan Rancangan
5. Perhitungan dan Analisa Intensitas Hujan
6. Perhitungan dan Analisa Debit Rancangan
7. Perhitungan dan Analisa Stabilitas Lereng
8. Rencana Anggaran Biaya (RAB)



Gambar 3.2. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

DAS Way Hui

DAS Way Hui dan Way Kandis terletak di 2 kabupaten dan 1 kota, Provinsi Lampung yaitu sebagian besar terletak di wilayah administratif kabupaten Lampung Selatan, Kabupaten Lampung Timur dan Kota Bandar Lampung. Sungai Way Hui merupakan anak Sungai Way Kandis, dan kedua sungai ini bermuara pada sungai utama yaitu Sungai Way Sekampung.

Analisis Hidrologi

1. Perhitungan Hujan Kawasan

Berdasarkan data curah hujan harian yang dimiliki dari tahun 1994 sampai tahun 2014, penulis melakukan analisis perhitungan curah hujan harian maksimum disetiap stasiun hujan yang berpengaruh terhadap pengaruh banjir pada sungai Way Hui.

Perhitungan mencari hujan rata rata:

$$R = (R_A \alpha_A + R_B \alpha_B + R_C \alpha_C) / (\alpha_A + \alpha_B + \alpha_C)$$

$$R = (783,058) + (375,03) + (222,34) / (6,81 + 5,00 + 3,07)$$

$$R = 92,79 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Hujan Rancangan

Perhitungan hujan rancangan dilakukan dengan 3 (tiga) Metode yaitu Metode Gumbel, Metode Log Pearson III dan Metode Probabilitas Normal dengan kala ulang 2 (dua) tahun, 5 (lima) tahun, 10 (sepuluh) tahun, 25 (dua puluh lima) tahun, 50 (lima puluh) tahun dan 100 (seratus) tahun.

Perhitungan dengan Metode Log Pearson III :

1. Hujan rata – rata

$$\text{Curah Hujan Rata Rata } (\log R) = \frac{\sum \log R}{n}$$

$$= 1,98 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$$

2. Standar deviasi data :

$$\text{Std } (\log (R)) = 0,09$$

3. Koefisien kemencengan (Cs) / *skewness* data :

$$Cs = 1,03$$

4. Hujan Rancangan (R_T) :

$$\text{Log } t = \log R + \text{std}(\log(R)).G$$

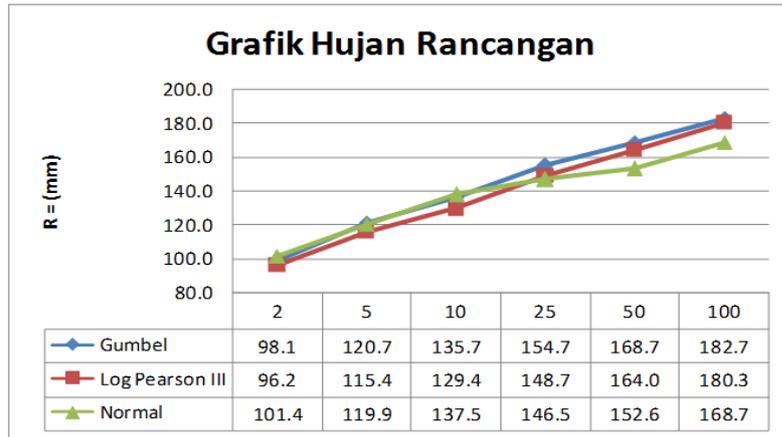
$$R_T = 10^{\log t}$$

Dari Tabel, didapat:

Untuk T = 2	dan, Cs = 1,03	maka G = -0,164
Untuk T = 5	dan, Cs = 1,03	maka G = 0,758
Untuk T = 10	dan, Cs = 1,03	maka G = 1,340
Untuk T = 25	dan, Cs = 1,03	maka G = 2,043
Untuk T = 50	dan, Cs = 1,03	maka G = 2,542
Untuk T = 100	dan, Cs = 1,03	maka G = 3,022

ü Hujan Rancangan 5 tahunan
 $\text{Log } t = 2,00 + 0,09 \cdot 0,758$
 $= 2,062$

$R_5 = 10^{2,062}$
 $= 115,4 \text{ mm}$



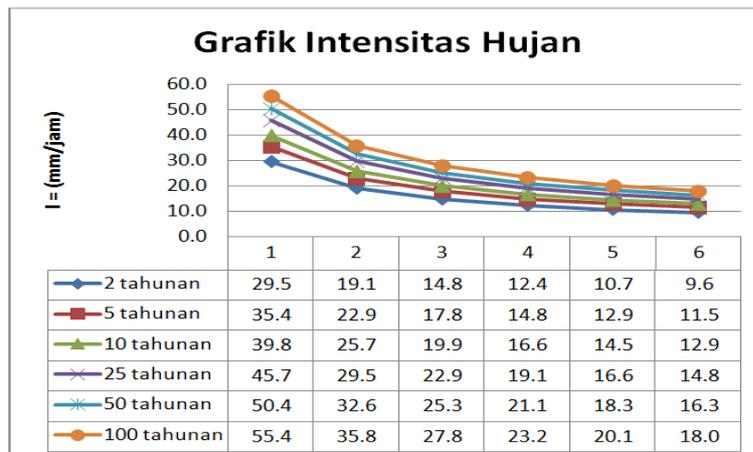
Gambar 4.3. Hujan Rancangan

3. Perhitungan Intensitas Hujan

Untuk menghitung intensitas hujan penulis menggunakan Metode Mononobe, karena metode ini adalah metode termudah untuk mencari intensitas hujan dan hasil yang didapat tidak jauh berbeda dengan metode lainnya.

$I = 12,9 \text{ mm/jam}$

Grafik ini merupakan grafik intensitas hujan dengan kala ulang sampai 100 (seratus) tahun dengan metode Mononobe.

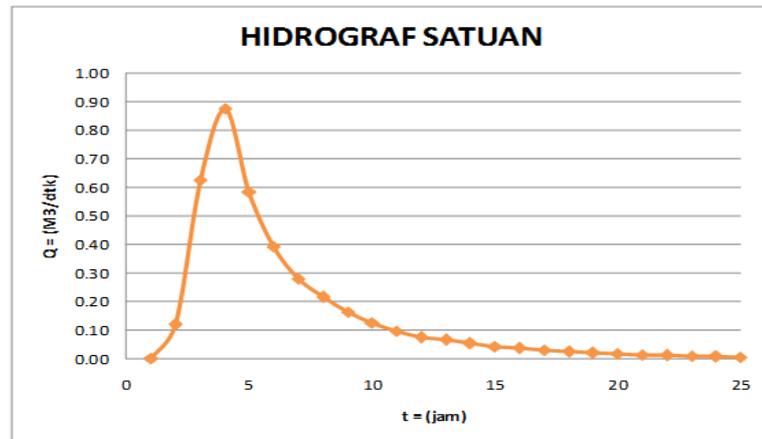


Gambar 4.4. Intensitas Hujan

4. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik

Dalam perhitungan debit rancangan menggunakan Metode HSS Nakayasu. Metode HSS Nakayasu merupakan metode yang diciptakan oleh orang Jepang, Metode HSS Nakayasu

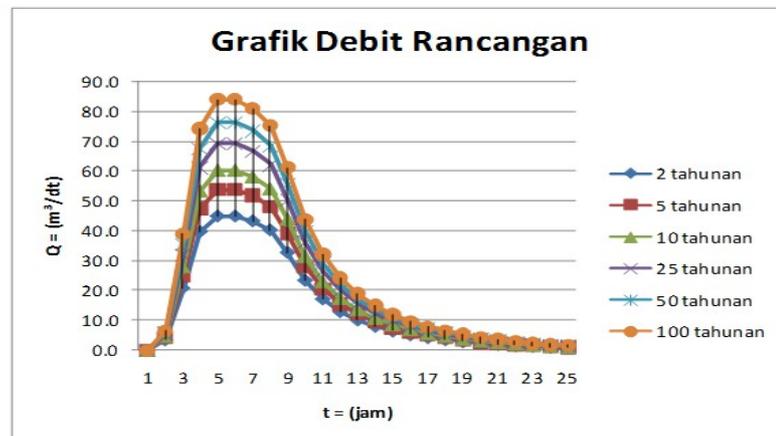
telah umum digunakan di Indonesia, karena hasil perhitungan dari metode ini dinilai cukup akurat dan parameter yang digunakan tidak terlalu banyak.



Gambar 4.5. Hidrograf Satuan

Grafik diatas menunjukkan bahwa selama 24 jam debit puncak terjadi pada jam ke 3 (tiga) dengan debit sebesar $0,87 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Setelah dilakukan perhitungan HSS Nakayasu, penulis menyajikan hasil perhitungan debit pada setiap kala ulang nya agar pembaca dapat melihat dengan baik kapan terjadi debit puncak



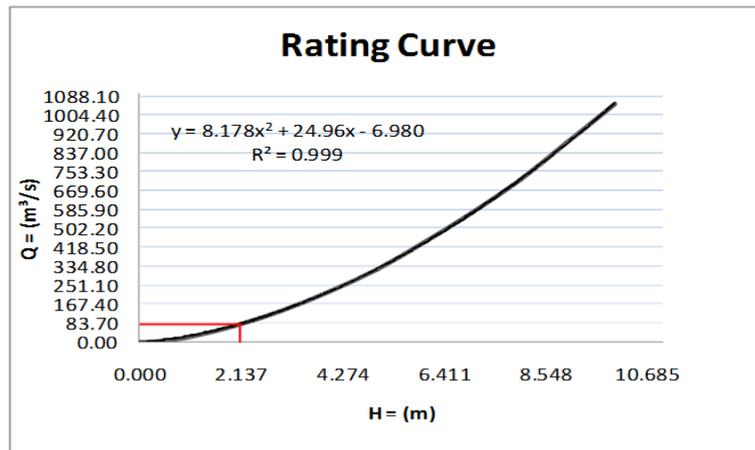
Gambar 4.6. Debit Rancangan

Grafik diatas menunjukkan hasil perhitungan debit rancangan dengan kala ulang sampai 100 (seratus) tahun. Pada kala ulang 2 (dua) tahun debit rancangan tertinggi terjadi pada jam ke 4 (empat) sebesar $44,7 \text{ m}^3/\text{detik}$, pada kala ulang 5 (lima) tahun debit rancangan tertinggi terjadi pada jam ke 4 (empat) dan jam ke 5 (lima) sebesar $53,6 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan seterusnya.

5. Lengkung Debit Aliran (*Rating Curve*)

Setelah didapatkan hasil perhitungan debit rancangan, maka dilakukan perhitungan lengkung debit aliran untuk digunakan sebagai dasar penentuan besarnya debit sungai di

lokasi penelitian dan tinggi muka air pada periode waktu tertentu. Setelah dilakukan perhitungan debit, maka penulis dapat membuat grafik sebagai berikut :



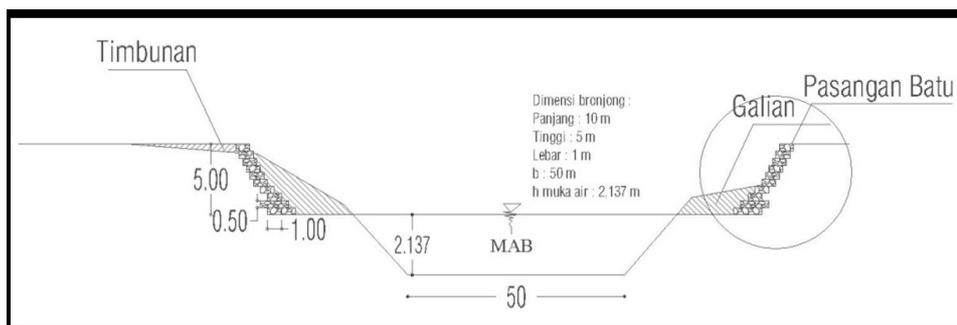
Gambar 4.7. Rating Curve

Untuk mencari ketinggian air pada debit sebesar 83,7 m³/detik, dilakukan dengan menggunakan rumus pada program Microsoft excel yaitu :

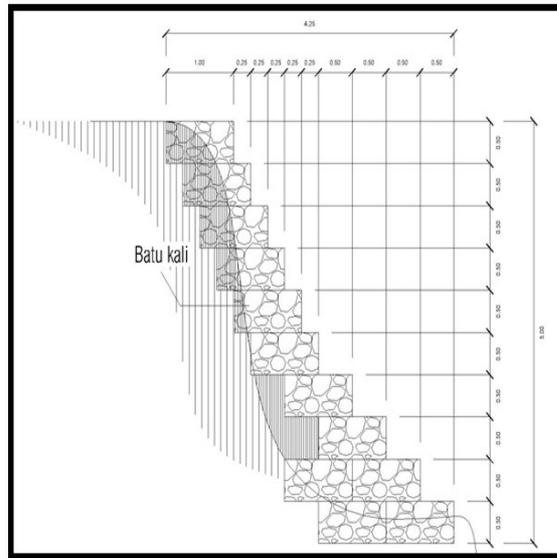
$$y = (8,178x^2) + (24,96x) - 6,980,$$

maka ketinggian air pada debit sebesar 83,7 m³/detik adalah 2,137 meter. Setelah didapat ketinggian muka air, maka kita dapat merencanakan dinding penahan tanah dengan debit banjir rancangan maksimum sebesar :

83,7 m³/detik pada ketinggian 2,137 meter. Dengan hasil perhitungan di atas dapat digambarkan potongan melintang dinding penahan tanah pada sungai Way Hui pada gambar.



Gambar 4.8. Potongan Melintang Dinding Penahan Tanah



Gambar 4.9. Detail Dinding Penahan Tanah

Untuk mengetahui angka keamanan (FK) dalam membuat dinding penahan tanah pada sungai Way Hui, maka perlu dilakukan perhitungan stabilitas lereng. Dengan demikian setelah dilakukan perhitungan analisis stabilitas lereng dengan Metode Fellenius didapatkan angka keamanan stabilitas lereng sebesar 1,317 dan hasil perhitungan analisis stabilitas lereng dengan Metode Bishop diketahui bahwa angka keamanan stabilitas lereng sebesar 1,351.

Adapun rincian Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Dinding Penahan Tanah

No.	Pekerjaan	Volume	Harga Satuan Bahan	Total Harga
1	Galian Tanah	22	Rp3.853.080	Rp 70.511.364,00
2	Timbunan Tanah	3.4	Rp1.343.540	Rp 3.090.142,00
3	Pasangan Batu Kali	31.2	Rp7.092.280	Rp354.614.000,00
			Total	Rp428.215.506.00

Setelah dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) maka diperoleh harga sekitar Rp. 428.215.506.00.

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Pada perhitungan hujan rancangan dalam penelitian ini menggunakan metode Log Pearson III dengan kala ulang sampai 100 (seratus) tahun, diperoleh hasil perhitungan pada kala ulang 2 (dua) tahun sebesar 96,2 mm, kala ulang 5 (lima) tahun sebesar 115,4 mm, kala ulang 10 (sepuluh) tahun sebesar 129,4 mm, kala ulang 25 (dua puluh lima) tahun sebesar 148,7 mm, kala ulang 50 (lima puluh) tahun sebesar 164 mm dan kala ulang 100 (seratus) tahun sebesar 180,3 mm.

2. Pada perhitungan debit banjir rancangan penulis menggunakan metode HSS Nakayasu, didapatkan debit rancangan tertinggi pada kala ulang 2 (dua) tahun sebesar 44,7 m³/detik, pada kala ulang 5 (lima) tahun sebesar 53,6 m³/detik, pada kala ulang 10 (sepuluh) tahun sebesar 60,2 m³/detik, pada kala ulang 25 (dua puluh lima) tahun sebesar 69 m³/detik, pada kala ulang 50 (lima puluh) tahun sebesar 76,2 m³/detik, dan pada kala ulang 100 (seratus) tahun sebesar 83,7 m³/detik.

3. Dalam perhitungan stabilitas lereng menggunakan Metode Fellenius dan Metode Bishop, setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh angka keamanan (FK) sebesar 1,317 untuk Metode Fellenius, dan angka keamanan (FK) untuk Metode Bishop sebesar 1,351. Dengan hasil tersebut dapat kita ketahui bahwa angka keamanan stabilitas lereng yang dihitung memenuhi syarat aman yaitu $FK > 1$ untuk membangun dinding penahan sungai atau perkuatan lereng sungai pada area-area tertentu pada sungai Way Hui.

4. Setelah dilakukan perencanaan dinding penahan tanah pada sungai Way Hui, penulis menghitung rencana anggaran biaya (RAB) untuk membangun dinding penahan tanah tersebut, maka diperoleh harga sekitar Rp. 428.215.506,00 (empat ratus dua puluh delapan juta, dua ratus lima belas ribu, lima ratus enam rupiah).

Saran

1. Pada akhirnya hasil dari penelitian ini dapat menjadi salah satu solusi bagaimana cara menanggulangi banjir yang ada di daerah sekitar sungai Way Hui Kabupaten Lampung Selatan.

2. Setelah diketahui hasil debit banjir sungai Way Hui maka penulis menyarankan kepada masyarakat sekitar sungai Way Hui dan pemerintah Kabupaten Lampung Selatan agar tidak membuang sampah sembarangan, memperbaiki saluran drainase dan menindaklanjuti segala sesuatu pembangunan infrastruktur yang dapat membuat penyempitan sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Soemarto, C.D, 1987, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
Soewarno, 1991, *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*, Nova, Bandung.
Chow and Maidment, 1988, *Applied Hydrology*, Tata Mc Graw-Hill Education.
Harto, Sri, 2000, *Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian.*, Nafiri, Jakarta.
Loebis, Joesron, 1992, *Hidrologi Sungai*, Badan Penerbit PU, Jakarta.
Triatmodjo, Bambang, 2006, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta
Hoek, E and Bray, J.W, 1981, *Rock Slope Engineering*, Institution of Mining and Metallurgy, London.
Bishop, A.W, 1955, *The Use the Slip Circle in the Stability Analisis of Slopes*, Geotechnique, Vol 5, No.1, hal 7-17.