

ANALISIS KAPASITAS SUNGAI MAKAK MENGGUNAKAN STANDART STEP METHOD

[Makak River Capacity Analysis Using Standart Step Method]

Salehudin^{1)*}, Hasyim²⁾

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram

saleh.salehudin@unram.ac.id (corresponding)

ABSTRAK

Sungai Makak terletak di Desa Gria Kecamatan Lingsar Kabupaten Lombok Barat dengan Koordinat 8033'19.7"S 116008'01.4"E. Sungai Makak tidak mampu mengalirkan debit air limpasan karna adanya perubahan alih fungsi lahan, sehingga berdampak terhadap kapasitas sungai. Tujuan analisis mengecek kapasitas sungai terhadap dampak perubahan Pelebaran, Bangunan Pelimpah, Kedalaman, Kemiringan, Sedimentasi dan Tebing Sungai, dengan tinjauan simulasi debit kala ulang yang melampaui kapasitas sungai. Banjir kala ulang simulasi digunakan untuk menentukan kapasitas sungai Metode Nakayasu, Gama Satu dan Metode Muskingum. Hasil analisis Hidrogra Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu; kulang 25 tahun 25.52 m³/dt, kala ulang 50 tahun 28.474 m³/det, kala ulang 100 tahun 31.228 m³/dt, Metode Gama; kala uang 25 tahun 26.523 m³/det., kala ulang 50 tahun 27.641 m³/dt, kala ulang 100 tahun 28.705 m³/det, Debit Out-flow Muskingum 8.744 m³/det, Inflo 28.705 m³/det. Analisis Standart Step Method; Elevasi Cres Pelimpah ± 29, Elevasi muka air di spillway ± 29.5. Elevasi Pengelak ± 30 m, Elevasi Intake ± 28.5 cm , elevasi penguras ± 28.00, pelebaran sungai 250 meter, lebar dasar 8 meter, ketinggian tebing 2 meter, kemiringan sungai (I) 0.0015. Sedimentasi sungai Makak sebesar 200ton pertahun dikuras satu kali dalam dua bulan.

Kata kunci: Kapasitas; Bangunan Pelimpah; Intake; Sedimen; Standart Step Methode.

ABSTRACT

Makak river is located in gria village, lingsar district, west lombok regency with coordinates 8033'19.7"s 116008'01.4"e. makak river is unable to drain runoff water discharge due to changes in land use, which has an impact on river capacity. the purpose of the analysis is to check river capacity against the impact of changes in widening, spillway structure, depth, slope, sedimentation and river cliffs, with a review of the simulation of return period discharge that exceeds river capacity. simulated return period floods are used to determine river capacity using the nakayasu method, gama satu and muskingum methods. the results of the nakayasu synthetic unit hydrography (hss) analysis; less than 25 years 25.52 m³/sec, 50-year return period 28,474 m³/sec, 100-year return period 31,228 m³/sec, gama method; 25-year return period 26,523 m³/sec., 50-year return period 27,641 m³/sec., 100-year return period 28,705 m³/sec., muskingum out-flow discharge 8,744 m³/sec., inflo 28,705 m³/sec. standard step method analysis; spillway cres elevation ± 29, water surface elevation at spillway ± 29.5. diversion elevation ± 30 m, intake elevation ± 28.5 cm, drain elevation ± 28.00, river widening 250 meters, bed width 8 meters, cliff height 2 meters, river slope (i) 0.0015. sedimentation of makak river of 200 tons per year is drained once in two months.

Keywords: Capacity; Spillway Structure; Intake; Sediment; Standard Step Method.

PENDAHULUAN

Secara alamiah fungsi sungai adalah untuk menjaga keseimbangan baik disaat terjadi banjir maupun dalam kondisi air normal . Sungai dikatakan telah mencapai keseimbangan dinamis apabila secara rata-rata dalam jangka waktu dan jarak tertentu tidak mengalami perubahan bila ditinjau dari perubahan bentuk fisiknya yaitu ; alur, lebar dasar, kemiringan tebing dan lereng alur yang berfungsi sebagai menjaga keseimbangan kecepatan dalam menggelontorkan sedimen bedload dan

suspendedload. Dalam perencanaan perbaikan dan pengaturan sungai yang diutamakan adalah konsep pengaliran banjir secara amam, guna mencegah terjadinya luapan-luapan yang dapat menyebabkan terjadinya banjir (Suyono S, 1984).

Sungai Makak merupakan salah satu anak sungai Meninting yang berada di kabupaten Lombok Barat di koordinat 8033'19.7"S 116008'01.4"E dengan panjang sungai lebih dari 25 km. Dibagian ujung sungai tepatnya menuju sungai utama yaitu sungai Meninting, dibangun sebuah kompleks perumahan Vila yang berwawasan lingkungan, asri dan nyaman. Banjir kiriman yang datang di disaat musim penghujan menyebabkan sungai Makak sepanjang 200 meter mengalami perubahan dimensi, kondisi tersebut memperparah sungai Makak semakin tidak seimbang, sehingga dibutuhkan analisi penanganan secara komprehensif. Perbandingan limpasan langsung terhadap curah hujan kontiyu disebut angka limpasan banjir yang merupakan salah satu data yang paling penting untuk perencanaan pengendalian banjir (Suyono S, 1984).

Dimensi sungai Makak sebelum diperlebar rata rata lebar dasar sungainya 3 meter dengan kemiringan sungai 0,003 dan tinggi sungai 1,5 meter, rata rata tingi air saat terjadi banjir selalu melimpas. Dengan tingkat sidimentasi yang sangat tinggi di sungai makak, sebelum di perlebar tinggi air yang tersisa hanya 1 meter dari dasar sungai, yang mana artiya bahwa tinggi sedimentasi sebelum direnovasi sebesar 0,5 meter. Debit sungai adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang lintang pada titik tertentu per-satuan waktu yang dinyatakan dalam m^3/det (Suyono S, 1984).

Dintinjau dari segi hidrolis, sungai makak dari hulu sampai kearah hilir mengalami peyempitan alur sungai di beberapa bagian alur sungai sehingga meyebabkan sedimen tersuspensi mengalami pengendapan yang cukup tinggi, dibeberapa bagian belokan sungai yang nampak jelas terlihat bahwa sedimen yang menumpuk sangat banyak, dari latar belakang permasalahan ini juga di sekitar bantaran sungai di bagian kiri dan kanan ditumbuhi tanaman liar berupa ilalang dan rumput gajah, dan disekitar lokasi pelebaran sungai akan dijakan kompleks perumahan yang berwawasan lingkungan dengan ketentuan dan persyaratan bahwa luas areal persawahan yang akan dijadikan perumahan harus menyisakan areal sebesar 30% sebagai kawasan hijau. Karakteristik hidrologis dari daerah tangkapan air dipengaruhi oleh luas, bentuk, relief, panjang sungai, dan pola drainase daerah tangkapan (Bambang Triatmodjo, 2008). Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Chay Asdak, 2001)

Berdasarkan data curah hujan sepanjang tahun, sungai Makak memiliki tingkat curah hujan yang cukup tinggi, dimana dari data yang di peroleh tingkat intensitas curah hujan harian rata rata berkisar antara 200 mm/ jam sampai dengan 350 mm/ jam, dengan tingkat curah hujan yang cukup tinggi tersebut, sungai Makak sepanjang tahun mengalami limpasan air secara berlebihan. Intensitas hujan adalah jumlah hujan dalam satu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam satuan mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya yang berturut-turut sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan dan tahunan dan sebagainya (Bambang Triatmodjo, 2008). Ditinjau dari karakteristik dan jenis tanah yang ada dilokasi kajian sebagian besar tanah berupa lempung kepasiran, batuan masiip, kerikil dan kerakal. Karakteristik sedimen yang dimaksudkan meliputi : ukuran (size) dan berat jenis kering (bulk density) (Priyantoro, 1987).

Rumusan masalah dari analisis kajian penelitian sungai Makak adalah menelusuri hasil analisis sebelum dan sesudah renovasi atau setelah terjadi pelebaran sungai dengan tingkat keakuratan yang di ukur dari kala ulang Banjir Rancangan beberapa tingkat periodik kala ulang banjir berdasarkan teori Nakayasu, Gama Satu Sriharto dan skenario penelusuran Banjir berdasarkan teori Muskingum dengan penggalan 200 meter. Dalam analisis kajian penelitian ini menitik beratkan pada suatu permasalahan pelebaran sungai Makak terhadap kapasitas sungai Makak dengan debit rancangan kala ulang 100 tahun dengan menggunakan data hujan dari stasiun terdekat yaitu stasiun hujan Gunung Sari dan stasiun hujan Sesaot. dalam analisis keandalan data hidrologi stasiun Gunung Sari dan Stasiun Sesaot menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). Dari hasil analisis hidrologi nantinya akan menghasilkan debit kala ulang banjir rancangan 100 tahun dengan menggunakan Nakayasu, Gama Srihato dan Muskingum.

Dalam analisis kajian Hidrolis struktur sungai Makak digunakan rumusu-rumus hidrolika yang disajikan dalam buku Hidrolika saluran terbuka dan dari berbagai refrensi yang bersumber

dari jurnal penelitian yang sudah diterbitkan di Internet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: 1) Debit banjir sungai Makak dengan periode kala ulang 25 th, 50 th dan 100 th. 2) Volume Sedimen yang mengendap di dasar Anak Sungai Makak. 3) Kontrol dimensi Existing Anak Sungai Makak dengan debit banjir kala Ulang 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun sebelum dan sesudah terjadi perubahan. 4) Kontrol dimensi Existing Bangunan Pelimpah Samping, dan 5) Kontrol Existing dimensi Pintu Penguras dan Pintu Intake.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di sungai Makak yang merupakan anak sungai meninting yang berlokasi didesa Geria kecamatan Lingsar Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan kordinat titik brada di 80.33'19.7" Lintang Utara dan 116. 08'01.4" Lintang selatan.

Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer didapatkan dengan cara pengukuran langsung di sungai sepanjang 200 meter kearah hulu , dimana data yang didapatkan berupa data topografi sungai meliputi pengukuran Longsection dan Cros section, kondisi jenis tanah setempat yang penyebarannya di sekitar samping kiri dan kanan sungai dengan radius 500 m darih hulu ke hilir sepanjang 200 meter. Jenis tumbuhan yang ada disekitar lokasi sawah dan pinggiran sungai. Pengambilan sampel sedimen sungai sepanjang 200 meter dengan penggalan pengukuran sampel per 50 meter. Lebar Existing anak sungai Makak, data ketinggian air normal dan banjir yang pernah terjadi dan Foto-foto dokumentasi lapangan tentang Anak sungai Makak.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi lain, atau dari lembaga-lembaga terkait berupa Peta topografi, Data curah hujan dari stasiun Gunung Sari dan stasiun hujan Sesaot dari tahun 1993 sampai 2021, dan data geologi disekitar lokasi pembangunan Perumahan

Dalam menentukan hasil besaran banjir kala ulang sungai Makak digunakan berberapa formula dalam ilmu hidrolgi, diantaranya adalah formula Nakayasu, formula Gama Sriharto, dan formula metode Muskingum. Sedangkan dalam menganalisi dimensi sungai dan bentuk infra struktur sungai formula yang digunakan dalam ilmu hidrolika yaitu formula *Standart Step Methode*. Dimana dalam tahapan proses analisis penelitian ini meliputi analisis hidrologi, analisis sedimentasi sungai, pengukuran profil sungai dan analisis hidrolika.

Analisis Data

Proses analisis data dalam penelitian ini melalui tahapan sebagai berikut :

- a. Menentukan batas dan luas DAS (catchment area) Sungai Makak, dari peta topografi yang sudah diperoleh.
- b. Melakukan pengujian konsistensi terhadap data hujan yang diperoleh dari stasiun hujan yang berpengaruh (Stasiun Hujan Sesaot dan Gunung Sari), dari tahun 1993 sampai tahun 2021 dengan metode Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)
- c. Menghitung hujan harian maksimum rata-rata dari stasiun hujan yang berpengaruh terhadap DAS (catchment area).
- d. Melakukan analisis frekuensi terhadap data hujan yang sudah konsisten, untuk memperoleh hujan rancangan kala ulang 25 , 50 dan 100 tahun.
- e. Menghitung banjir rancangan kala ulang 25 , 50 dan 100 tahun di DAS (catchment area) Sungai Makak dengan HSS Nakayasu, Gama 1.
- f. Melakukan penelusuran banjir melalui saluran / sungai (flood routing). Menggunakan Metode Muskingum
- g. Menentukan jumlah volume sedimentasi di Sungai Makak
- h. Melakukan analisis tinggi progfil sungai menggunakan Standart Steep Method.
- i. Melakukan analisi terhadap bangunan Pelimpah Sungai Makak
- j. Mengecek bangunan pintu intake bangunan Bagi dan Pintu Penguras Sungai Makak

Analisis Data Hidrologi

Intensitas curah hujan adalah jumlah presipitasi atau curah hujan dalam waktu relatif singkat. Dimana Intensitas curah hujan ini dapat diperoleh atau dibaca dari kemiringan kurva (tangen kurva) yang diukur oleh alat ukur hujan otomatis. (Sosrodarsono S., Takeda K, 1985). Data curah hujan yang digunakan sebagai dasar analisis meliputi data curah hujan dari tahun 1994 sampai tahun 2023. Uji konsistensi data hujan dilakukan dengan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Dengan formula sebagai berikut :

$$S_0^* = 0$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y) \quad (1)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{Dy} \quad (2)$$

dengan:

Y_i = Data hujan ke-i

Y = Data hujan rata-rata

Dy = simpangan rata-rata

n = Jumlah data

Metode RAPS dilakukan dengan membandingkan nilai hitung Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} dengan nilai statistiknya (Sriharto, Br. 2000).

Tabel 1. Nilai kritis Q dan R

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
∞	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Analisis Debit Banjir Rancangan

Dalam perencanaan bangunan air, debit banjir rancangan dianalisis dengan beberapa metode yaitu :

a. Metode Nakayasu

Debit total terdiri atas limpasan langsung dan limpasan air tanah. Jika bagian dari hujan total semuanya menjadi *recharger* (pengisi) diketahui, maka hidrograf air tanah dapat dihitung (Soemarto, 1986). Untuk membuat Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu di Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai Makak, dibutuhkan data parameter DAS, dimana parameter DAS dibutuhkan untuk menentukan jenis karakteristik DAS . Analisis debit banjir rancangan dengan HSS Nakayasu dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1986).

$$Q_P = (C \cdot A \cdot R_0) / (3,6 (0,3 \cdot T_P + T_{0,3}))$$

dengan:

Q_p = Debit puncak banjir

C = Koefisien pengaliran

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

R_0 = Hujan satuan

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak.

b. Metode Gama satu Sriharto (Gama Satu)

Metode Gama satu pertama kali dikembangkan oleh Sri Harto pada tahun 1993, 2000 dengan mempertimbangkan perilaku hidrologi beberapa DAS di Pulau Jawa. Meskipun pengembangannya dilakukan hanya berdasarkan 30 DAS di Pulau Jawa, metode ini masih dapat berfungsi dengan baik saat digunakan di berbagai daerah lain (Bambang Triatmodjo, 2008). Pada dasarnya hidrograf terdiri dari tiga komponen pokok yaitu sisi naik (*rising limb/segment*), puncak (*crest*) dan sisi-resesi/turun (*recesiesion limb/segment*) Sriharto Br (2000).

Menurut Bambang Tiatmojo (2008), persamaan-persamaan yang digunakan dalam HSS Gama 1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} TR &= 0,43 \times L^3 / (100 \times SF)^3 + 1,0665 \times SIM + 1,2775 \\ Tb &= 27,4132 \times (Tr)^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2574} \\ Qp &= 0,1836 \times A^{0,5886} \times TR^{-0,4008} \times JN^{0,2381} \\ K &= 0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times SF^{-1,0897} \times D^{0,0452} \\ Qt &= Qp \times e^{(-t/K)} \\ QB &= 0,475 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430} \end{aligned}$$

dengan:

$$\begin{aligned} TR &= \text{Waktu puncak (jam)} \\ TB &= \text{Waktu dasar (jam)} \\ Qp &= \text{Debit puncak hidrograf (m}^3/\text{dt)} \\ Qt &= \text{Debit pada bagian turun hidrograf (m}^3/\text{dt)} \\ K &= \text{Tampungan (jam)} \\ JN &= \text{Jumlah pertemuan sungai} \\ QB &= \text{Aliran dasar sungai (m}^3/\text{dt)} \end{aligned}$$

c. Penelusuran banjir melalui Sungai

Penelusuran banjir melalui sungai Makak dilakukan dengan prinsip bahwa debit air yang masuk ke dalam sungai Makak sebagian tertahan (menggenang) dan sebagian lainnya mengalir dan tidak memiliki percabangan anak sungai. Dengan demikian, perhitungan dengan penelusuran banjir ini merupakan keseimbangan antara inflow = storage + outflow. Dalam penelusuran banjir melalui sungai, digunakan persamaan Muskingum Konvensional sebagai berikut (Sumarto, CD, 1986).

$$I - Q = ds/dt$$

Penjabaran rumus di atas adalah sebagai berikut.

$$I = (I_1 + I_2) / 2$$

$$Q = (Q_1 + Q_2) / 2$$

$$[(I_1 + I_2) / 2] + [(Q_1 + Q_2) / 2] = [S_2 - S_1]$$

$$[(I_1 + I_2) / 2] \Delta t + [S_1 - Q_1 / 2] \Delta t = [(S_2 - Q_2 / 2) \Delta t]$$

$$[(I_1 + I_2) / 2] + [S_1 / \Delta t - Q_1 / 2] = [S_2 / \Delta t - Q_2 / 2] \Delta t$$

$$\text{Jika } [S_1 / \Delta t - Q_1 / 2] = \Psi \text{ dan } [S_2 / \Delta t - Q_2 / 2] = \phi$$

$$\text{Maka : } (I_1 + I_2) / 2 + \Psi = \phi$$

dengan:

$$I_1 = \text{Inflow pada awal } \Delta t$$

$$I_2 = \text{Inflow pada akhir } \Delta t$$

$$Q_1 = \text{Outflow pada awal } \Delta t$$

$$Q_2 = \text{Outflow pada akhir } \Delta t$$

$$S_1 = \text{Tampungan pada awal } \Delta t$$

S_2 = Tampungan pada akhir Δt

Δt = Periode penelusuran banjir (3600 detik)

Analisis Sedimentasi

Bahaya erosi di suatu wilayah dapat dilakukan pemetaan menggunakan beberapa metode antara lain adalah metode Universal Soil Loss Equation (USLE). Metode USLE merupakan prediksi erosi model parametrik berdasarkan dari hubungan antara faktor-faktor penentu erosi dengan besarnya erosi. Metode USLE adalah salah satu metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah Volume Angkutan sedimen. Dalam menentukan nilai prediksi jumlah volum laju erosi sedimentasi berdasarkan parameter persamaan USLE yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978). dimana pengukuran atau pengamatan dilakukan pada faktor-faktor yang mempengaruhi erosi, kemudian erosi dihitung dari faktor-faktor panjang lereng, kemiringan lereng, penutup permukaan tanah, pengelolaan tanah, tipe tanah, curah hujan (Hardiyatmo, C.H 2012).

Dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_a = R \cdot K \cdot L_s \cdot C \cdot P,$$

Dengan :

E_a = besar kehilangan tanah ton/kJ

R = factor erosivitas hujan kJ/ha

K = erodibilitas tanah (ton/kJ)

L_s = Faktor panjang lereng dan kemiringan lereng

C = Faktor tanaman penutup lahan

P = factor tindakan konservasi tanah

Analisis Hidrolika

Dengan dilakukan perubahan dimensi sungai Makak menjadi lebih besar dan dengan Kemiringan alur sungai menjadi lebih curam, maka aliran air yang melalui sungai Makak diperhitungkan terhadap kondisi aliran bebas dimana aliran bebas tersebut didefinisikan sebagai aliran yang terjadi saat seluruh panjang penggalan sungai berupa aliran yang bersifat terbuka dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Ven Te Chow, 1985), (Rangga Raju, K.G 1986):

$$Q = A \times V$$

$$v = 1/n \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$$

Dengan:

Q = Debit yang lewat melalui sungai (m³/dt)

v = Kecepatan aliran di dalam sungai (m/dt)

n = Angka kekasaran

R = Jari-jari hidraulik (m)

I = Kemiringan sungai

Perhitungan Profil Muka Aliran Pada Sungai sungai makak dalam analisis kajian ini menggunakan Metoda tahapan langsung (*Direct Step Method*) , Metoda tahapan langsung adalah cara yang mudah dan simpel untuk menghitung profil muka air pada aliran tidak permanen. Metoda ini dikembangkan dari persamaan energi dengan persamaan sebagai berikut (Bambang Triatmojo 1996) :

$$Z_1 + h_1 + \frac{(V_1^2)}{(2.g)} = Z_2 + h_2 + \frac{(V_2^2)}{(2.g)} + h_f$$

Dengan :

Z = Ketinggian dasar saluran dari garis referensi.

- h = kedalaman air dari dasar saluran.
- V = Kecepatan air
- g = Percepatan gravitasi .
- hf = Kehilangan Energi Karna gesekan dasar saluran.

Selanjutnya dalam menganalisis profil muka air di sungai makak menggunakan persamaan sebagai berikut setelah melakukan pengukuran secara langsung dengan data yang cukup lengkap maka persamaan lanjutannya menggunakan persamaan sebagai berikut (Bambang Triatmojo 1996):

a. Debit sungai dihitung menggunakan persamaan

$$(Q)=A \times 1/n \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)} = 1/n \times \left[\frac{(B+myn)y}{(B+2\sqrt{(1+m^2) \times yn})} \right]^{(5/3)} \times I^{(1/2)}$$

b. Menghitung kedalam aliran kritis digunakan persamaan

$$(Y_c) = \sqrt[3]{\frac{Q^2(B+2m y_c)}{g(B+m y_c)^3}}$$

c. Menghitung bilangan *Froude* (F) dengan persamaan

$$(F) = \frac{V}{\sqrt{(g \cdot h)}}$$

Dengan :

- Q = debit sungai (m³/det)
- y = tinggi air dalam kondisi normal (m)
- yc = tinggi air kritis (m)
- m = kemiringan talud sungai
- B = Lebar dasar sungai (m)
- F = bilangan Froude
- G = percepatan gravitasi (m/det²)
- n = angka kekasaran Manning
- R = Radius hidrolik (m)
- I = kemiringan dasar sungai
- A = Luas tampang basah sungai (m²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Hidrologi

Dalam analisis Hidrologi meliputi pengujian konsistensi data dengan metode Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS). Hasil pengujian konsistensi data pada Stasiun Hujan Gunung Sari dan sesaot dengan metode RAPS dapat dilihat dalam table 2 dan table 3 dibawah, dimana kedua stasiun meunjukkan Stasioner dan dapat digunakan dalam analisis selanjutnya.

Tabel 2. Pengujian konsistensi data hujan Stasiun Hujan Gunung Sari.

No,	Tahun	Hujan Tahunan (Yi) (mm)	(Yi- \bar{Y}) ²	sk*	Dy ²	sk**	sk**
25	2017	2205,20	430234,67	-32,89	14835,68	-0,07	0,07
26	2018	994,10	308221,77	-588,07	10628,34	-1,27	1,27
27	2019	948,30	361173,64	-1189,05	12454,26	-2,56	2,56
28	2020	1781,30	53834,56	-957,02	1856,36	-2,06	2,06
29	2021	2506,30	915892,56	0,00	31582,50	0,00	0,00
Jumlah		44929,04	6264610,63		216021,06		
Rata-rata		1549,28		Dy =	221,72		
sk** maks						2,94	
sk** min						-3.65	
Q = sk** maks						3,65	

No, Tahun	Hujan Tahunan (Yi) (mm)	(Yi- \bar{Y}) ²	sk*	Dy ²	sk**	sk**
	sk** min				0,00	
	R = sk** maks - sk** min				6,59	
	Q/ \sqrt{n}				0,68	
	R/ \sqrt{n}				1,22	
Kontrol 99%						
	$\frac{Q}{\sqrt{n}} = 0,68 < \frac{Q}{\sqrt{n}}$ tabel = 1,46 (OK)					
	$\frac{R}{\sqrt{n}} = 1,22 < \frac{R}{\sqrt{n}}$ tabel = 1,69 (OK)					

Tabel 3. Pengujian konsistensi data hujan Stasiun Hujan Sesaot.

No.	Tahun	Hujan Tahunan (Yi) (mm)	(Yi- \bar{Y}) ²	sk*	Dy ²	sk**	sk**
25	2017	3013,50	256717,28	-1653,29	8852,32	-2,55	2,55
26	2018	2939,30	187032,69	-1220,82	6449,40	-1,89	1,89
27	2019	1714,00	628575,03	-2013,65	21675,00	-3,11	3,11
28	2020	3128,10	385979,84	-1392,37	13309,65	-2,15	2,15
29	2021	3899,20	1938701,90	0,00	66851,79	0,00	0,00
Jumlah		72697,99	12151108,21		419003,73		
Rata-rata		2506,83		Dy =	647,30		
sk** maks							1,72
sk** min							-7,02
Q = sk** maks							7,02
sk** min							0,00
R = sk** maks - sk** min							8,74
Q/ \sqrt{n}							1,30
R/ \sqrt{n}							1,62
Kontrol 99%							
	$\frac{Q}{\sqrt{n}} = 1,30 < \frac{Q}{\sqrt{n}}$ tabel = 1,46 (OK)						
	$\frac{R}{\sqrt{n}} = 1,62 < \frac{R}{\sqrt{n}}$ tabel = 1,69 (OK)						

Untuk mengetahui jenis distribusi probabilitas dilakukan jenis uji Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson Tipe III dengan hasil analisis sebagai berikut seperti dalam tabl 4 dan Tabel 5 dibawah, dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang paling sesuai adalah distribusi Gumbel, dengan hujan rancangan sebesar 176,039 mm.

Tabel 4. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi probabilitas.

No.	Jenis Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan
1	Normal	Cs \approx 0 Ck \approx 3	Cs = 0,98 Ck = 3,42
2	Log Normal	Cs \approx 3 Cs \approx 3Cv	Cs = 0,49 3Cv = 0,18
3	Gumbel	Cs \approx 1,139 Ck \approx 5,4002	Cs = 0,98 Ck = 3,42
4	Log Pearson Tipe III	Selain kriteria-kriteria di atas	

Tabel 5. Rekapitulasi hasil perhitungan hujan rancangan kala ulang 25 tahun dengan distribusi normal, log normal, Gumbel, dan log Pearson tipe III

Jenis Distribusi	Curah Hujan Rancangan Kala Ulang 25 Tahun (mm)	Pengujian Chi-Kuadrat	Pengujian Smirnov-Kolmogorov
Distribusi Normal	155,311	$\chi^2 = 0,14 < \chi^2_{cr} = 4,08$ (Diterima)	$\Delta p \text{ maks} = 0,16 < \Delta \text{ kritik} = 0,19$ (Diterima)
Distribusi Log	159,256	$\chi^2 = 0,14 < \chi^2_{cr} = 4,08$	$\Delta p \text{ maks} = 0,270 > \Delta \text{ kritik} = 0,19$

Jenis Distribusi	Curah Hujan Rancangan Kala Ulang 25 Tahun (mm)	Pengujian Chi-Kuadrat	Pengujian Smirnov-Kolmogorov
Normal		(Diterima)	(Tidak diterima)
Distribusi Gumbel	176,039	$x^2 = 0,14 < x^2_{cr} = 4,08$ (Diterima)	$\Delta p \text{ maks} = 0,095 < \Delta \text{kritik} = 0,19$ (Diterima)
Distribusi Log Pearson Tipe III	168,057	$x^2 = 0,14 < x^2_{cr} = 4,08$ (Diterima)	$\Delta p \text{ maks} = 0,222 > \Delta \text{kritik} = 0,19$ (Tidak Diterima)

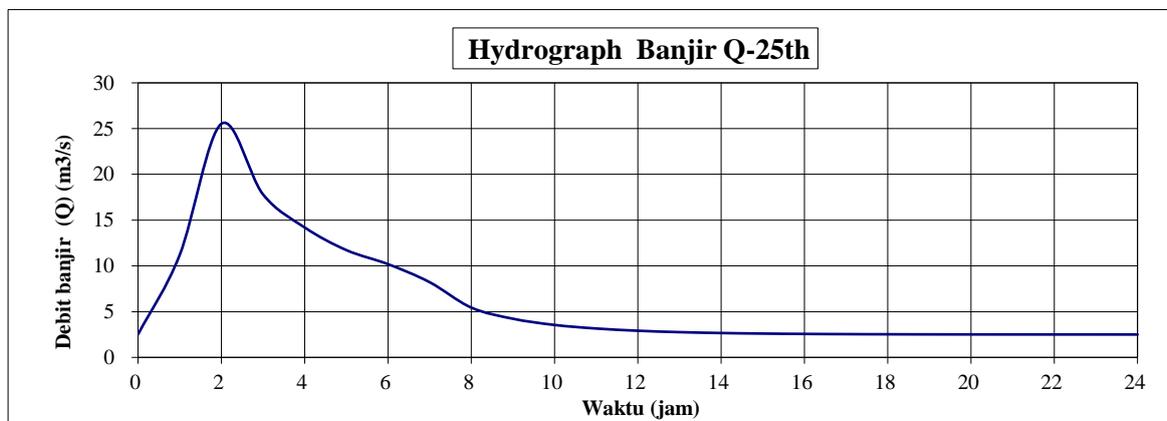
Analisis Banjir Rancangan

Hasil analisis banjir rancangan kala ulang masing-masing metodologi hidrograf satuan sintetis (HSS) yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Analisis Banjir Kala Ulang HSS Nakayasu

Tabel 6. Hasil analisis Hidrogra Kala Ulang 25 tahun

No Waktu	Unit Hidrograf q (Jam)	Unit (m3/det/mm)	Q Hujan Rancangan						Base Flow (m3/det)	Q Total (m3/sdet)
			R1	R2	R3	R4	R5	R6		
			90.987	23.644	16.584	13.211	11.160	9.755		
1	0	0.000	0.000	***	***	***	***	***	2.500	2.500
2	1	0.095	8.685	0.000	***	***	***	***	2.500	11.185
3	2	0.228	20.765	2.257	0.000	***	***	***	2.500	25.522
4	3	0.092	8.344	5.396	1.583	0.000	***	***	2.500	17.823
24	23	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	2.500	2.502
25	24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.500	2.502



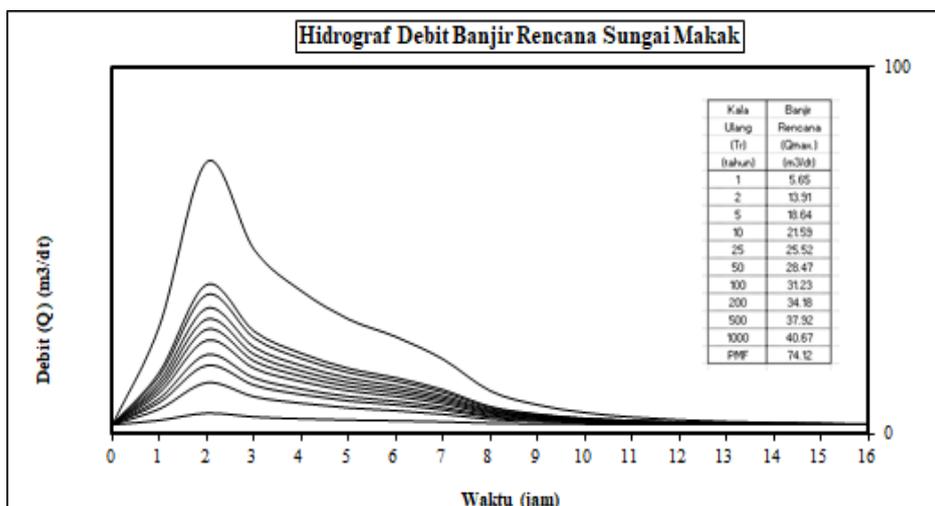
Gambar 1. Hydrograph Banjir Kala Ulang 25 Tahun HSS Nakayasu (Salehudin, 2025)

Dari hasil analisis debit banjir kala ulang 25 tahun sungai Makak menggunakan metode Nakayasu di dapatkan sebesar 25.522 m³/det. Sedangkan rekapitulasi hasil analisis Hidrograp metode Nakatasu disajikan pada table 7 dibaah.

Tabel 7. Rekapituulasi Hidrograp Kala Ulang

Kala Ulang (Tr) (tahun)	Banjir Rencana (Qmax.) (m3/dt)
1	5.65
2	13.91
5	18.64
10	21.59
25	25.52
50	28.47
100	31.23
200	34.18

Kala Ulang (Tr) (tahun)	Banjir Rencana (Qmax.) m ³ /dt)
500	37.92
1000	40.67
PMF	74.12



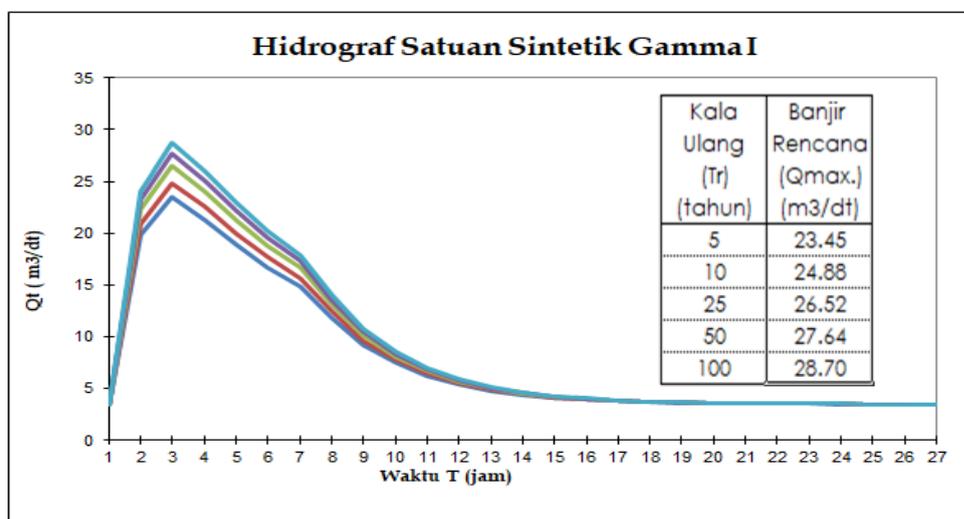
Gambar 2. Rejapitulasi hidrograf kala ulang HSS Nakayasu (Salehudin, 2025)

b. Analisis Banjir Kala Ulang Metode Gama I.

Hasil analisis data menggunakan HSS Gama satu (1) didapat besaran banjir kala ulang periode 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun untuk perencanaan bangunan infra stuktur bangunan di Sungai kecil didapatkan seperti table 8 dan gambar 3 grafik hidrograf dibawah.

Tabel 8. Rekapitulasi hidrograf kala Ulang metode Gama satu (1)

T (jam)	Q5 (m ³ /dt)	Q10 (m ³ /dt)	Q25 (m ³ /dt)	Q50 (m ³ /dt)	Q100 (m ³ /dt)
0.	3.496	3.496	3.496	3.496	3.496
1.	19.779	20.937	22.274	23.181	24.044
2.	23.449	24.876	26.523	27.641	28.705
3.	21.316	22.597	24.075	25.078	26.033
4.	18.908	20.019	21.302	22.173	23.001
23.	3.509	3.510	3.511	3.512	3.512
24.	3.503	3.504	3.504	3.505	3.505
25.	3.500	3.500	3.500	3.500	3.501
26.	3.497	3.497	3.498	3.498	3.498



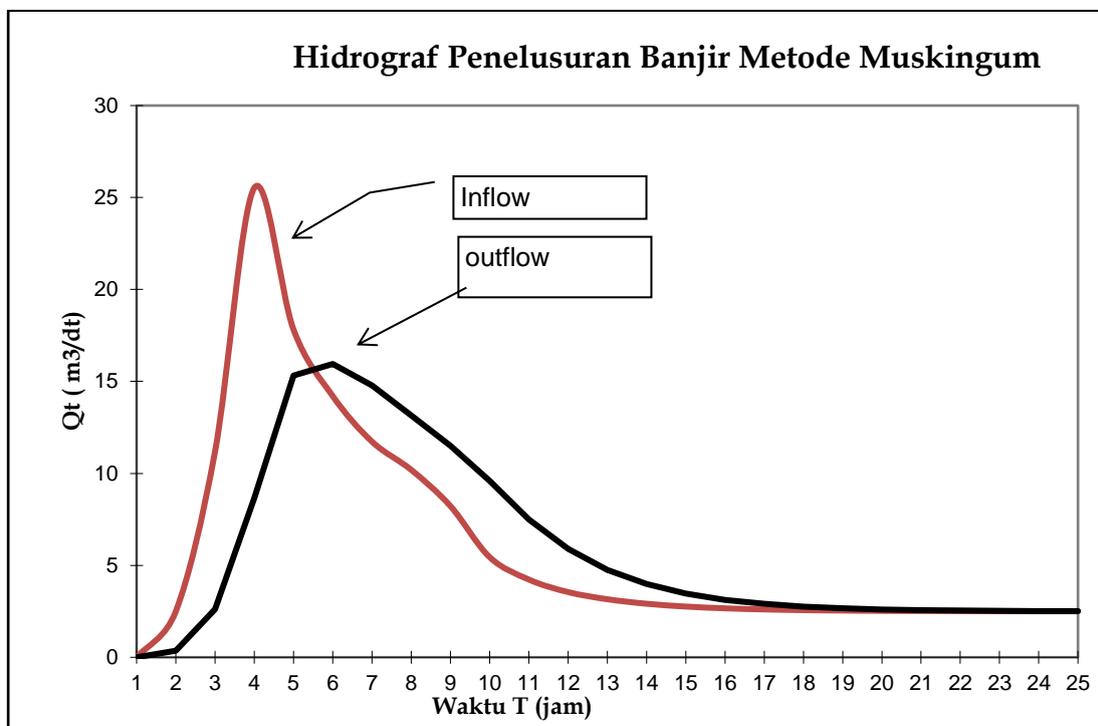
Gambar 3. Rejapitulasi hidrograf kala ulang HSS Gama Satu (Salehudin, 2025)

c. Analisis Penelusuran Banjir Metode Muskingum.

Dari hasil penelusuran Debit banjir yang masuk dan keluar melalui Sungai Makak dengan menggunakan Metode Muskingum didapatkan debit Banjir Inflow sebesar 25,52 m³/det untuk kala ulang 25 tahun dan out-flow sebesar 15.319 m³/det dengan koefisien nilai $x = 0.1$, $k = 1.852$, $t = 1$ jam, $L = 200$ m, dan $V = 0.3$ m/det, seperti yang ada dalam table Tabel 9 dan Gambar 4 Graik Hidrograf dibawah:

Tabel 9. Penelusuran Banjir sungai Makak Metode Muskingum

t	I	1	2	3	1+2+3
		$c_0 \cdot I_2$	$c_1 \cdot I_1$	$C_2 \cdot O_1$	Out Flow
0	0	-	-	-	0
1	2.5	0.363	0.000	0.000	0.363
2	11.1855	1.625	0.791	0.196	2.611
3	25.52199	3.708	3.537	1.406	8.652
4	17.82319	2.590	8.071	4.659	15.319
21	2.510047	0.365	0.796	1.382	2.543
22	2.506314	0.364	0.794	1.369	2.527
23	2.503968	0.364	0.793	1.361	2.517
24	2.502493	0.364	0.792	1.355	2.511



Gambar 4. Rekapitulasi hidrograf Inlow dan Outt-low kala ulang 25 th Metode Muskingum (Salehudin, 2025)

Analisis Desain Hidraulis Sungai Makak

Analisis data mnggunakan standart Steep Method

Data dari hasil pengukuran dan survey Lapangan keudian diolah sesuai dengan Proil long-cros sungai Makak, dimana dari hasil pengukuran lapangan sepanjang 200 meter didapatkan lebar pnampang sungai dari hulu ke hilir $p_1 = 3$ m , $p_2 = 4$ m, $p_3 = 4$ m $p_5 = 6$ m dan $p_7 = 8$ m, dengan debit besflow sebsar 2.5 m³/det. Ketinggian air di $P_1 = 1.8.$, $p_2 = 1,6$., $p_3 = 1.4$ m, $p_4 = 1.2$ m , $p_5 = 1$ m $p_7 = 0.8$. dengan kemiringan sungai rata-rata 0.0015. selanjutnya data tersebut di olah dengan metode Standart Steep Metode seperti yang ada dalam Tabel 10 di bawah.

Tabel 10. Hasil analisis penggalan 200 meter metode Standart Step-Method

Q	y	B	m	A	O/P	R	S	n	V	V ² /2g	E= Y + V ² /2g	Del E	Sf=(V ² x n ²)/R ^{1.333}	Sf	So -Sf	Del X m
25	0.3	8	0	2.4	8.6000	0.2791	0.006945	0.014	10.4167	5.530	5.8304		0.1165678			
25	0.5	8	0	4	9.0000	0.4444	0.006945	0.014	6.2500	1.991	2.4910	-3.3395	0.0225671	0.0695674	-0.0626224	53.3271
25	0.7	8	0	5.6	9.4000	0.5957	0.006945	0.014	4.4643	1.016	1.7158	-0.7752	0.0077912	0.0151791	-0.0082341	94.1398
25	0.9	8	0	7.2	9.8000	0.7347	0.006945	0.014	3.4722	0.614	1.5145	-0.2013	0.0035641	0.0056777	0.0012673	-158.8371
25	1.1	8	0	8.8	10.2000	0.8627	0.006945	0.014	2.8409	0.411	1.5114	-0.0031	0.0019259	0.0027450	0.0042000	-0.7471
25	1.3	8	0	10.4	10.6000	0.9811	0.006945	0.014	2.4038	0.295	1.5945	0.0832	0.0011617	0.0015438	0.0054012	15.3977
25	1.5	8	0	12	11.0000	1.0909	0.006945	0.014	2.0833	0.221	1.7212	0.1267	0.0007575	0.0009596	0.0059854	21.1678
25	1.7	8	0	13.6	11.4000	1.1930	0.006945	0.014	1.8382	0.172	1.8722	0.1510	0.0005235	0.0006405	0.0063045	23.9529
25	1.9	8	0	15.2	11.8000	1.2881	0.006945	0.014	1.6447	0.138	2.0379	0.1656	0.0003783	0.0004509	0.0064941	25.5078
25	2.1	8	0	16.8	12.2000	1.3770	0.006945	0.014	1.4881	0.113	2.2129	0.1750	0.0002833	0.0003308	0.0066142	26.4566
															100.3654	
															Panjang Bronjong yang harus di perbaiki	100

Hasil analisis menunjukkan dengan kemiringan sungai 0.00695 , B = 8 m dan m = 0 .; menghasilkan panjang bronjong yang harus diperbaiki 100 m

Dari hasil analisis yang ada ditabel 9, didapatkan lebar sungai 8 m, kemiringan sungai = 0.0015, dengan panjang konstruksi bronjong 200 m. Dengan kapasitas debit banjir kala ulang 25 tahun sebesar 25 m³/det.

Analisis data Sedimentasi

Dalam menentukan Karakteristik distribusi ukuran sedimen analisis dilakukan menggunakan saringan (sieving analysis) menggunakan sieve shaker dengan ukuran no 1, 3/4, 1/2, 3/8, 1/4, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 140, dan 200. Dari hasil uji analisis didapatkan hasil komposisi gradasi butiran sedimen termasuk dalam kategori kerikil dengan ukuran butiran ≥ 2 mm memiliki persentase sebesar 16,50%. Sedangkan, untuk material pasir dengan ukuran butiran yaitu < 2 mm, persentasenya mencapai 86,20%. Komposisi ini memberikan gambaran tentang distribusi ukuran butiran di Sungai Makak didominasi oleh butiran sedimen pasir dan sedimen halus, untuk sedimen dengan katagori kerikil sangat sedikit. Sedimen yang tertahan di Panci Pan berupa sedimen Lanau dengan Prsentasi sebesar 16.49 %.

PENUTUP

Simpulan

1. Dari hasil analisis kajian yang dilakukan, besar debit banjir kala ulang Sungai Makak dengan Nakayasu dengan kala ulang 25 th sebesar 25.522 m³/det, kala ulang 50 th sebesar 28.474 m³/det dan 100 th sebesar 31.228 m³/det. Analisa menggunakan metode Gama 1 untuk kala ulang 25 th sebesar 26.523 m³/det, kala ulang 50 tahun sebesar 27.641 m³/det dan kala ulang 100 th sebesar 28.700 m³/det.
2. Hasil analisis perubahan deminsi tampang sungai yang sesuai dengan Kala Ulang banjir 25 Tahun, 50 tahun dan 100 tahun menggunakan Standart Steep Method dengan pelebaran sungai sebesar 8 meter, tinggi (h) sungai 2 meter dan dengan kemiringan sungai 0.0015 cukup aman.
3. Besar volume sedimen yang mengendap sesuai dengan ukuran dimensi profil sungai dengan data sedimen yang didapatkan, besar Volume sedimen kantong lumpur selama 14 hari 200 m³, dibutuhkan waktu pengurasan sedimen satu kali dalam dua minggu.
4. Dengan ukuran dimensi Existing Bangunan Pelimpah Samping yang sudah terpasang di Sungai Makak dengan Lebar 16 meter dengan tinggi Pelimpah 50 cm didapatkan tinggi air diatas pelimpah sebesar 40 cm, Koesien Cd 2.158 Lebar Efektif total 15.87.
5. Dinding sungai sepanjang 200 meter sebagai pengaman tebing kiri dan kanan sungai menggunakan pasangan Bronjong.

Saran

Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan analisis yang sama dilokasi sungai yang berbeda, dimana sungai-sungai yang ada di Kabupaten Lombok Barat banyak yang

memiliki kasus yang sama, sehingga perlu diteliti lebih jauh dengan tingkat keakuratan data lapangan yang handal.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C (2001). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Sungai*. Gajah Mada University Press.
- Hardiatmo, H.C (2012). *Tanah Longsor & Erosi Kejadian Dan Penanganan*. Yogyakarta.
- Makrup, L. (2001). *Dasar-Dasar Analisis Aliran di Sungai dan Muara*. UII Pres Jogjakarta.
- Mawardi, E. Memet, M. (2002). *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis*. Alfabeta Bandung.
- Priyantoro, D. (1987). *Teknik Pengangkutan Sedimen*, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Ray, K Linsly, JR. Max A. Kohler, Joseph L.H. Paulhus, Yandi.H (1989). *Hidrologi Untuk Insinyur*, Edisi Ketiga. Erlangga Jakarta.
- Rangga Raju, K.G. (1986). *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Erlangga Jakarta.
- Soemarto, C. D. (1986). *Hidrologi Teknik*. Erlangga Jakarta.
- Sosrodarsono S., Takeda K., 1985, *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Suyono, S. Tominaga, M. Yusup Gayo, M. (1984). *Perbaikan Dan Pengaturan Sungai*. PT. Pradnya Paramita Jakarta.
- Sri Harto Br. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Yogyakarta
- Sri Harto Br. (2000). *Hidrologi, Teori-Masalah-Penyelesaian*. Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Swarno. (1995). *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Nova Bandung.
- Swarno. (1991). *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data liran Sungai*. Nova Bandung.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta
- Triatmodjo, B. (1996). *Hidrolika II*. Beta Offset Yogyakarta.
- Ven Te Chow, (1985). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga Jakarta.
- Wilson, E.M. (1993). *Hidrologi teknik*. ITB Bandung