

Normalisasi Sungai Ciliwung Menggunakan Program HEC-RAS 4.1 (Studi Kasus Cililitan – Bidara Cina)

Restu Wigati¹, Soedarsono², Pribadi³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman KM 03 Cilegon, Banten

pribadibadi92@gmail.com

INTISARI

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang melintasi wilayah Kota Jakarta. Sungai Ciliwung yang melintasi banyak pemukiman penduduk seringkali dikaitkan dengan masalah banjir yang terjadi di Kota Jakarta.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi terjadinya banjir di Sungai Ciliwung pada ruas Cililitan sampai dengan Bidara Cina dengan Q_{50} dan Q_{100} . Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data tinggi muka air selama 11 tahun dari Stasiun M.T. Haryono, peta DAS Ciliwung serta gambar penampang melintang dan memanjang Sungai Ciliwung. Analisis debit banjir rencana menggunakan Metode *Rating Curve* dan Analisis Regional. Perhitungan debit rencana tersebut digunakan untuk menganalisis banjir menggunakan program HEC-RAS pada 150 profil.

Hasil penelitian menunjukkan besar debit banjir Q_{50} sebesar $261,397 \text{ m}^3/\text{s}$ dan Q_{100} sebesar $307,012 \text{ m}^3/\text{s}$ dimana pada semua lokasi titik tinjauan mengalami banjir. Berdasarkan hasil analisis dari program HEC-RAS pada lokasi yang terjadi banjir, maka perlu adanya pendimensian ulang atau normalisasi pada penampang sungai dan peninggian tanggul sungai.

Kata Kunci: Analisis Banjir, Sungai Ciliwung, HEC-RAS, Normalisasi Sungai

ABSTRACT

Ciliwung River is a river that crosses Jakarta City's areas. Ciliwung River that crosses many settlements are often associated with the problem of flooding that occurred in Jakarta City.

The purpose of this research was to identify the occurrence of flooding in Ciliwung River on segment Cililitan until Bidara Cina with Q_{50} and Q_{100} . This research uses secondary data, water level for 11 years from M.T. Haryono Station, a watershed Ciliwung as well as cross-sectional and longitudinal images Ciliwung River. Analysis of flood discharge plan using Rating Curve Method and Regional Analysis. Calculation of the design discharge used to analyze the flood using HEC-RAS program at 150 profiles.

Results showed flood discharge Q_{50} is $261,397 \text{ m}^3/\text{s}$ and Q_{100} is $307,012 \text{ m}^3/\text{s}$ at all locations where the point of reviews were flooded. Based on the analysis of the HEC-RAS program on the location of flooding, it is necessary to redimension or normalization of the cross-section and elevation of the river embankment.

Keywords: Flood Analysis, Ciliwung River, HEC-RAS, Normalization River

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai memiliki fungsi dasar sebagai tempat mengalirnya air secara alami. Di samping itu, sungai juga mempunyai peran penting dalam aspek lingkungan. Sungai merupakan salah satu faktor lingkungan yang dapat mengatur munculnya banjir. Sudah banyak sekali kasus banjir yang terjadi akibat dari meluapnya sungai. Maka dari itu, kondisi sungai yang baik dan terawat dapat membantu mencegah terjadinya banjir. Sebaliknya, jika

kondisi sungai dalam keadaan yang kurang baik maka kemungkinan banjir akan terjadi.

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang berada di wilayah Kota Jakarta. Sungai Ciliwung seringkali dikaitkan dengan banjir yang terjadi di Kota Jakarta. Pada saat musim hujan datang hampir dipastikan akan terjadi banjir di sebagian besar wilayah Kota Jakarta. Banjir merupakan suatu permasalahan yang sudah dianggap biasa dan hampir setiap tahun melanda Kota Jakarta. Jika dilihat dari kondisi topografinya,

Kota Jakarta memang berada pada daerah dataran rendah yang menyebabkan kawasan rawan banjir tersebar hampir di seluruh wilayah Kota Jakarta.

Sungai Ciliwung saat ini sudah banyak mengalami kerusakan mulai dari pemukiman yang berada di bantaran sungai, banyaknya sampah di pinggir aliran sungai sampai dengan pendangkalan sungai yang menyebabkan kenaikan elevasi muka air. Karena itu, perlu adanya normalisasi Sungai Ciliwung khususnya di daerah hilir yang melintasi Kota Jakarta agar saat musim hujan datang tidak terjadi lagi banjir yang diakibatkan oleh Sungai Ciliwung.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya debit banjir yang mengalir di Sungai Ciliwung dan untuk mengetahui apakah Sungai Ciliwung ini masih mampu untuk menampung kelebihan air dari debit yang direncanakan serta memperkirakan solusi alternatif bagi penanganan Sungai Ciliwung baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang sungai adalah sebagai berikut:

1. Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.
2. Wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 Km² (dua ribu kilo meter persegi).
3. Daerah pengaliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

4. Bantaran sungai adalah ruang antara tepi palung sungai dan kaki tanggul sebelah dalam yang terletak di kiri dan/atau kanan palung sungai.

B. Debit

Debit aliran sungai, diberi notasi Q adalah jumlah air yang mengalir melalui tampang lintang sungai tiap satu satuan waktu yang biasanya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m^3/s). Debit sungai, dengan distribusinya dalam ruang dan waktu merupakan informasi penting yang diperlukan dalam perencanaan bangunan air dan pemanfaatan sumber daya air. Mengingat bahwa debit aliran sangat bervariasi dari waktu ke waktu, maka diperlukan data pengamatan debit dalam waktu panjang. (Bambang Triatmodjo, 2008, hal. 107).

C. Banjir

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Banjir diakibatkan oleh volume air di suatu badan air seperti sungai atau danau yang meluap atau menjebol bendungan sehingga air keluar dari batasan alaminya.

D. Perhitungan Debit *Rating Curve*

Monitoring debit sungai secara kontinyu sangat diperlukan untuk melakukan evaluasi DAS dalam jangka panjang. Metode yang digunakan dalam monitoring debit adalah metode lengkung debit atau *Rating Curve*. *Rating Curve* merupakan persamaan garis yang menghubungkan tinggi muka air sungai (m) dengan besarnya debit air, sehingga debit dapat diduga melalui ukuran tinggi muka air sungai.

Metode *Rating Curve* bermanfaat sebagai dasar penentuan besarnya debit sungai di lokasi dan tinggi muka air pada periode waktu tertentu, juga dapat digunakan untuk mengetahui adanya perubahan sifat fisik dan sifat hidraulis dari lokasi penampang sungai yang bersangkutan. Pada kehidupan sehari-hari, manfaat dari *rating curve* ini adalah untuk mengetahui besarnya debit aliran sungai pada tiap-tiap perbedaan ketinggian muka air sungai yang diukur. Dengan membuat *rating curve*, debit di suatu sungai dapat diketahui dengan menggunakan tinggi muka air sungai.

Ada dua metode yang dapat digunakan untuk menentukan *Rating Curve*:

1. Metode Logaritmik

Dalam metode logaritmik digunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q=a (H-H_0)^b \dots (1)$$

dengan:

Q : debit (m³/s)

H : tinggi muka air (m)

H₀ : tinggi muka air pada saat aliran sama dengan nol (saat Q = 0)(m)

a , b : konstanta

Data titik aliran nol (H₀), berguna untuk menentukan arah lengkung aliran pada tinggi muka air rendah. Cara yang baik untuk menentukan nilai H₀ adalah dengan cara mengukur langsung pada lokasi penampang sungai yang bersangkutan. Nilai H₀ dapat juga diperkirakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$H_0 = \frac{H_1 \times H_3 - H_2^2}{H_1 + H_3 - 2H_2}$$

Nilai H₁ dan H₃ ditentukan berdasarkan Q₁ dan Q₃ yang dipilih dari grafik, sedangkan nilai H₂ adalah tinggi muka air pada nilai debit sama dengan Q₂ dengan syarat Q₂²=Q₁×Q₃.

Untuk mencari a dan b dapat dibantu oleh tabel dan dua buah persamaan di bawah ini.

$$\sum (y) - n \log a - b \sum (x)$$

$$\sum (xy) - \sum (x) \log a - b \sum (x^2)$$

dengan:

$\sum (y)$: jumlah nilai log Q

$\sum (x)$: jumlah nilai log (H - H₀)

$\sum (x^2)$: jumlah nilai kuadrat dari x

$\sum (xy)$: jumlah nilai x dikalikan y

n : banyaknya data yang digunakan

2. Metode Analitik

Dengan metode ini penentuan lengkung aliran ditentukan dengan cara kuadrat terkecil (*least square*), pada cara ini diusahakan agar jumlah kuadrat penyimpangan harga debit hasil pengukuran aliran terhadap debit lengkung aliran menjadi minimum (terkecil). Biasanya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q=AH^2+BH+C \dots (2)$$

Dimana nilai A, B dan C adalah suatu bilangan yang dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sum (Q)=nC+B\sum (H)+A\sum (H^2)$$

$$\sum (HQ)=C\sum (H)+B\sum (H^2)+A\sum (H^3)$$

$$\sum (H^2Q)=C\sum (H^2)+B\sum (H^3)+A\sum (H^4)$$

dengan:

\sum : tanda jumlah

n : banyaknya data yang digunakan

E. Analisis Regional

Data debit yang kurang dari 20 tahun tidak boleh langsung digunakan untuk analisis frekuensi. Lengkung frekuensi banjir dibentuk oleh hubungan besarnya berbagai banjir tahunan dengan kala ulangnya. Apabila lengkung frekuensi banjir tersebut dibagi dengan besarnya banjir rata-rata tahunan, maka dapat menghasilkan lengkung frekuensi banjir tanpa dimensi. Dengan menggabungkan seluruh data dan stasiun duga air dalam satu regional yang telah dibagi oleh indeks banjir rata-rata tahunan (\bar{Q}), maka didapat lengkung frekuensi banjir regional baru. Untuk mendapatkan besaran probabilitas yang dilampaui puncak banjir yang terjadi setiap tahunnya, Q/\bar{Q} dari N tahun data harus disusun dari harga terendah (Q₁) sampai tertinggi (Q_n), kemudian m ditentukan dari urutan Q₁ dan harga terbesar adalah Q_n.

Posisi penggambaran (p) yang berdasarkan urutan m dirumuskan oleh Gringorten sebagai berikut.

$$p = \frac{m-0,44}{N+0,12}$$

Apabila kertas Gumbel tidak tersedia sehingga harga Q/\bar{Q} tidak langsung tergambar, maka harus dihitung dahulu faktor reduksi Y_m dari harga p.

$$Y_m = -\ln (-\ln(p))$$

Sedangkan harga faktor reduksi Y, dihitung dari faktor kala ulang.

$$Y = -\ln -\ln \left(\frac{T-1}{T} \right)$$

dengan:

T : kala ulang (tahun)

Dengan menggunakan proses persamaan di atas, untuk Pulau Sumatera dan Jawa didapat persamaan lengkung banjir frekuensi banjir sebagai berikut.

$$\frac{Q_T}{\bar{Q}} = u + a \left(\frac{1-e^{-kY}}{k} \right) \dots (3)$$

dengan:

u : 0,848

a : 0,219

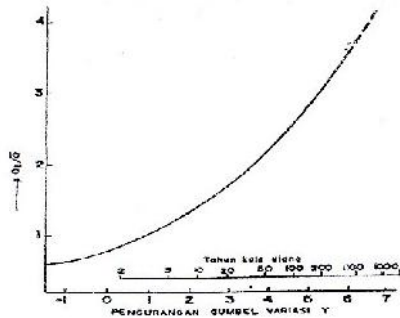
k : -0,2148

Y : faktor reduksi

Q_T : debit banjir untuk kala ulang T tahun(m³/s)

\bar{Q} : debit banjir rata-rata tahunan (m^3/s)

Untuk mempermudah pemakaiannya, disajikan dalam bentuk grafik lengkung gabungan frekuensi banjir yang dikumpulkan dari 92 pos duga air Jawa dan Sumatera dari kala ulang 2 tahun hingga 1000 tahun. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Lengkung Frekuensi Banjir Regional

Sumber: SNI 03-2415-1991

“Tata Cara Perhitungan Debit Banjir”, 1991

F. Penelusuran Hidraulik

Penelusuran hidraulik bertujuan untuk memperhitungkan dimensi saluran yang dapat menampung debit puncak yang terjadi. Perhitungan dimensi sungai didasarkan pada debit yang harus ditampung oleh saluran (Q_s) lebih besar atau sama dengan debit rencana untuk periode kala ulang tertentu (Q_T). Kondisi tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$Q_s \geq Q_T \dots (4)$$

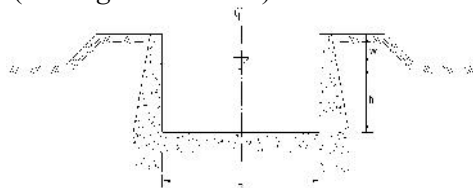
Debit yang mampu ditampung oleh saluran (Q_s) didapat dengan rumus.

$$Q_s = A_s \times V \dots (5)$$

1. Penampang Melintang Saluran

Penampang melintang sungai perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Berdasarkan karakter-teristik bentuk penampang sungai yang ada dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

a. Penampang tunggal bentuk persegi (*rectangular channel*)



Gambar 2. Penampang Tunggal Bentuk Persegi
Sumber: Hasil Analisa, 2016

Analisis hidraulika pada sungai penampang tunggal bentuk persegi dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$Q = A \times V \dots (6)$$

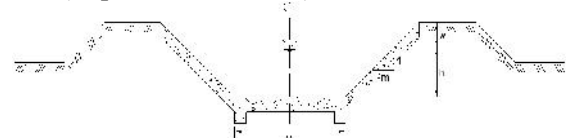
dengan:

Q : debit aliran (m^3/s)

A : luas penampang saluran (m^2)

V : kecepatan aliran (m/s)

b. Penampang tunggal bentuk trapesium (*trapezoidal channel*)



Gambar 3. Penampang Tunggal Bentuk Trapesium

Sumber: Hasil Analisa, 2016

Analisis hidraulika pada sungai penampang tunggal bentuk trapesium dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$Q = A \times V$$

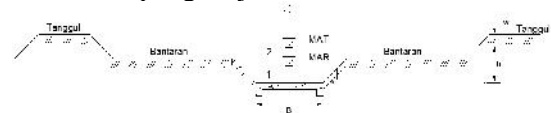
dengan:

Q : debit aliran (m^3/s)

A : luas penampang saluran (m^2)

V : kecepatan aliran (m/s)

c. Penampang majemuk



Gambar 4. Penampang Majemuk

Sumber: Hasil Analisa, 2016

Analisis hidraulika pada sungai penampang majemuk dapat digunakan rumus sebagai berikut.

$$A = (B + mh) \times h$$

$$V = C \sqrt{R \times I}$$

$$Q_1 = A_1 \times V_1$$

$$Q_2 = A_2 \times V_2$$

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 \dots (7)$$

dengan:

$A = A_1 = A_2$: luas penampang saluran (m^2)

$V = V_1 = V_2$: kecepatan aliran (m/s)

$Q_{tot} = Q_1 = Q_2$: debit aliran (m^3/s)

2. Tinggi Jagaan dan Lebar Tanggul

Besarnya tinggi jagaan yang baik adalah berkisar antara 0,75 sampai 1,5 meter atau disesuaikan dengan besar kecilnya debit rencana.

G. HEC-RAS

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, River

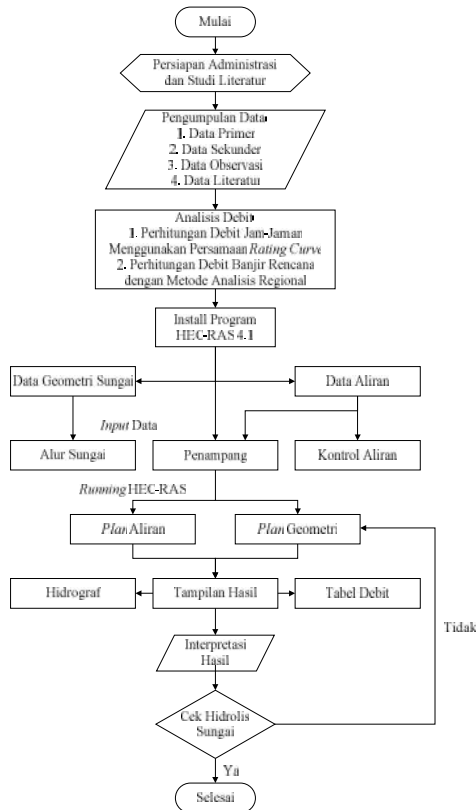
Analysis System (RAS) yang dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam Institute for Water Resource (IWR), di bawah US Army Corps of Engineers (USACE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*).

HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi: 1) hitungan profil muka air aliran permanen, 2) simulasi aliran tak permanen, 3) hitungan transpor sedimen dan 4) hitungan kualitas air. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan.

Data-data yang diperlukan dalam menganalisis penampang sungai dengan menggunakan software HEC-RAS adalah:

1. Penampang memanjang sungai
2. Penampang melintang sungai
3. Data debit yang melalui sungai
4. Angka koefisien kekasaran *manning* penampang sungai

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian
Sumber : ISO 1028

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Debit Banjir Rencana

Debit rencana (Q_T) adalah debit dengan periode tertentu (T) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air (Kamiana, 2011, hal. 7).

1. Pemilihan Data Menggunakan *Rating Curve*

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan yang dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung-Cisadane, didapatkan persamaan *rating curve* sebagai berikut.

$$Q = 7,6113h^2 - 11,62h + 13,385$$

Setelah didapatkan persamaan garis lengkung debit (*rating curve*) dapat dihitung nilai debit jam-jaman dengan menggunakan data tinggi muka air jam-jaman pada stasiun M.T. Haryono selama 11 tahun. Berikut contoh perhitungan debit menggunakan persamaan *rating curve* dengan tinggi muka air terbesar yaitu 7,6 meter.

$$Q = 7,6113h^2 - 11,62h + 13,385$$

$$Q = (7,6113 \times 7,6^2) - (11,62 \times 7,6) + 13,385$$

$$Q = 364,702 \text{ m}^3$$

Kemudian dari data debit yang telah didapatkan selama 11 tahun dipilih data debit terbesar yaitu data debit pada bulan Januari tahun 2014. Data debit inilah yang kemudian akan digunakan untuk menghitung debit rencana kala ulang 50 tahun dan 100 tahun menggunakan metode analisis regional.

2. Analisis Regional

Dalam penelitian ini, digunakan metode analisis regional untuk mendapatkan nilai debit rencana karena data debit yang digunakan kurang dari 20 tahun. Berdasarkan analisis *rating curve* sebelumnya menggunakan data debit selama 11 tahun, didapatkan nilai debit terbesar yang akan digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana yaitu data debit pada bulan Januari tahun 2014.

Tahapan-tahapan dalam perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode analisis regional adalah sebagai berikut.

- a. Mengurutkan nilai debit

Nilai debit yang akan digunakan dalam perhitungan debit rencana menggunakan metode analisis regional harus diurutkan terlebih dahulu dari terkecil sampai terbesar (nilai m).

b. Menghitung nilai p dan Y_m
 Berikut contoh perhitungan nilai p dan Y_m pada $m = 2$ dengan nilai $Q = 18,272 \text{ m}^3/\text{s}$.

1) Menghitung nilai p

$$p = \frac{m-0,44}{N+0,12}$$

$$p = \frac{2-0,44}{744+0,12} \approx 0,002096$$

2) Menghitung nilai Y_m

$$Y_m = -\ln[-\ln(p)]$$

$$Y_m = -\ln[-\ln(0,002096)] = -1,8193$$

c. Membuat lengkung frekuensi banjir regional

Sebelum membuat lengkung frekuensi banjir regional, harus dihitung terlebih dahulu nilai Y dan Q_T/\bar{Q} .

Berikut perhitungannya untuk periode kala ulang 50 tahun dan 100 tahun.

1) Kala ulang 50 tahun ($T = 50$ tahun)

$$Y = -\ln - \ln\left(\frac{T-1}{T}\right)$$

$$Y = -\ln - \ln\left(\frac{50-1}{50}\right) = 3,902$$

$$\frac{Q_T}{\bar{Q}} = u + a \left(\frac{1-e^{-kY}}{k}\right)$$

$$\frac{Q_T}{\bar{Q}} = 0,848 + 0,219 \left(\frac{1-e^{-(0,2148 \times 3,902)}}{-0,2148}\right) \frac{Q_T}{\bar{Q}} = 2,186$$

2) Kala ulang 100 tahun ($T = 100$ tahun)

$$Y = -\ln - \ln\left(\frac{T-1}{T}\right)$$

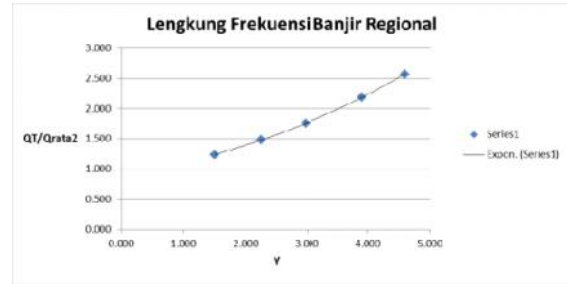
$$Y = -\ln - \ln\left(\frac{100-1}{100}\right) = 4,6$$

$$\frac{Q_T}{\bar{Q}} = u + a \left(\frac{1-e^{-kY}}{k}\right)$$

$$\frac{Q_T}{\bar{Q}} = 0,848 + 0,219 \left(\frac{1-e^{-(0,2148 \times 4,6)}}{-0,2148}\right)$$

$$\frac{Q_T}{\bar{Q}} = 2,567$$

Lengkung frekuensi banjir regional adalah grafik yang menghubungkan antara nilai faktor reduksi Y dengan nilai Q_T/\bar{Q} . Untuk lebih jelasnya, lengkung frekuensi banjir regional dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Lengkung Frekuensi Banjir Regional

Sumber: Hasil Analisa, 2016

d. Menghitung nilai debit banjir rencana (Q_T)

Berikut adalah perhitungan debit banjir rencana (Q_T) dengan periode kala ulang 50 tahun dan 100 tahun. Nilai \bar{Q} didapat dari rata-rata debit yang terjadi pada bulan Januari tahun 2014.

1) Debit banjir rencana kala ulang 50 tahun (Q_{50})

$$Q_{50} = \frac{Q_{50}}{Q} \times \bar{Q}$$

$$Q_{50} = 2,186 \times 119,594$$

$$Q_{50} = 261,397 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Debit banjir rencana kala ulang 100 tahun (Q_{100})

$$Q_{100} = \frac{Q_{100}}{Q} \times \bar{Q}$$

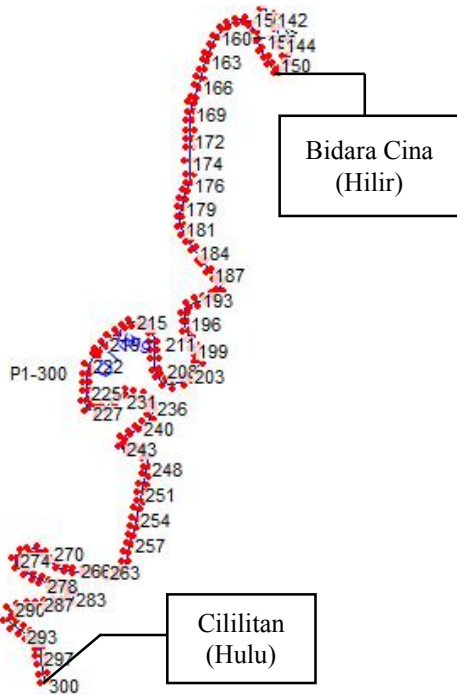
$$Q_{100} = 2,567 \times 119,594$$

$$Q_{100} = 307,012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi, dengan menggunakan analisis regional didapatkan nilai debit banjir rencana periode kala ulang 50 tahun dan 100 tahun sebesar $Q_{50} = 261,397 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $Q_{100} = 307,012 \text{ m}^3/\text{s}$.

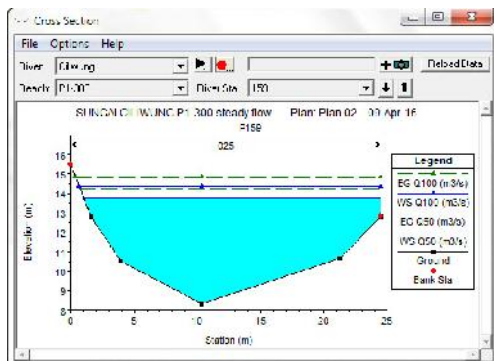
B. Analisis Penampang Sungai Ciliwung Menggunakan Program HEC-RAS 4.1

Dalam menganalisis penampang sungai menggunakan program HEC-RAS, data yang diinput ke dalam program HEC-RAS yaitu debit hasil perhitungan dengan menggunakan metode analisis regional untuk *steady flow* sedangkan untuk *unsteady flow* data yang diinput adalah data tinggi muka air dan data debit terbesar yang didapat dari *rating curve*. Lokasi penampang sungai yang ditinjau terdiri dari 150 titik dimulai dari Cililitan sampai dengan Bidara Cina. Berikut skema alur sungai Ciliwung yang ditinjau.

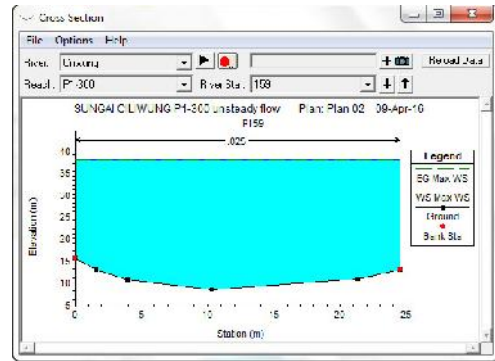


Gambar 7. Skema Alur Sungai Ciliwung Dan Titik Lokasi Yang Ditinjau (Cililitan – Bidara Cina)
 Sumber: Program HEC-RAS 4.1, 2016

Berikut ini merupakan contoh hasil analisis penampang melintang sungai dengan program HEC-RAS pada profil 159 untuk *steady flow* dan *unsteady flow*.



Gambar 8. Tampilan Hasil Analisis Cross Section Steady Flow Profil 159
 Sumber: Program HEC-RAS 4.1, 2016



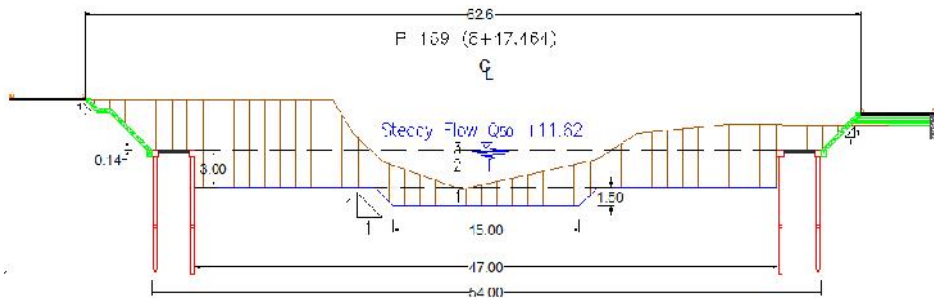
Gambar 9. Tampilan Hasil Analisis Cross Section Unsteady Flow Profil 159
 Sumber: Program HEC-RAS 4.1, 2016

Dari hasil analisis penampang melintang Sungai Ciliwung, dapat diketahui bahwa 150 titik lokasi yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir rencana dengan kala ulang 50 tahun dan 100 tahun karena elevasi tanggul lebih kecil dari elevasi muka air sehingga di semua titik lokasi yang ditinjau mengalami banjir.

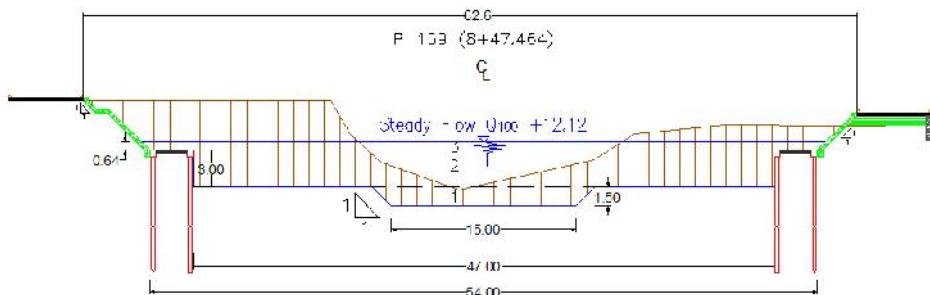
C. Perhitungan Dimensi Sungai

Dengan hasil dari analisis HEC-RAS pada Sungai Ciliwung sebelumnya, pada 150 titik *cross section* yang ditinjau tidak dapat menampung debit banjir rencana. Oleh karena itu, dicoba memperhitungkan dimensi sungai alternatif untuk dapat menampung debit banjir rencana mulai dari titik tinjau di hulu sampai ke hilir secara berurutan. Dalam perhitungan dimensi sungai ini, debit aliran yang terjadi pada dimensi sungai yang telah dinormalisasi (Q_s) harus lebih besar dari debit rencana (Q_T) pada periode ulang yang sudah ditentukan.

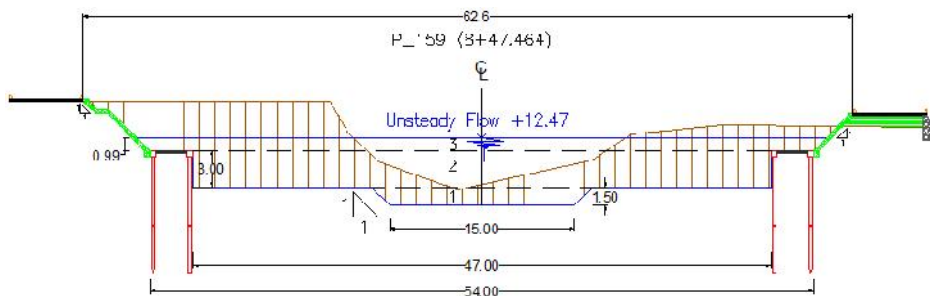
Berikut ini merupakan contoh pen-dimensian ulang (normalisasi) pada penampang melintang sungai pada profil 159 untuk *steady flow* dan *unsteady flow*.



Gambar 10. Penampang Sungai Yang Direncanakan Pada Profil 159(Steady Flow Q_{50})
Sumber: Hasil Analisa, 2016

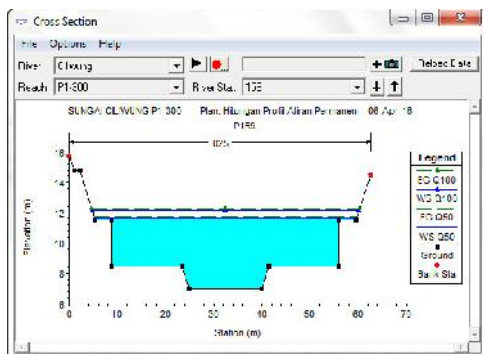


Gambar 11. Penampang Sungai Yang Direncanakan Pada Profil 159 (Steady Flow Q_{100})
Sumber: Hasil Analisa, 2016

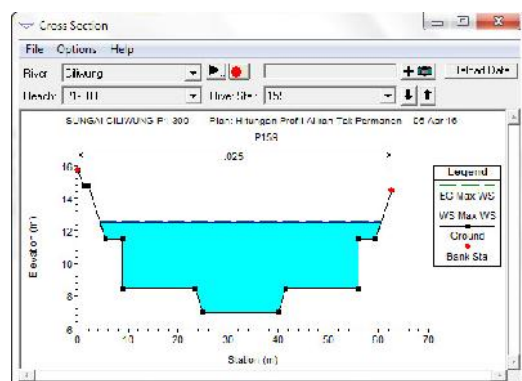


Gambar 12. Penampang Sungai Yang Direncanakan Pada Profil 159 (Unsteady Flow)
Sumber: Hasil Analisa, 2016

Setelah melakukan perhitungan manual kemudian dilakukan pengecekan dengan program HEC-RAS. Berikut hasil analisis penampang melintang yang sudah aman pada program HEC-RAS pada profil 159 untuk *steady flow* dan *unsteady flow*.



Gambar 13. Tampilan Hasil Analisis Cross Section Steady Flow Profil 159
Sumber: Program HEC-RAS 4.1, 2016



Gambar 14. Tampilan Hasil Analisis Cross Section Unsteady Flow Profil 159
Sumber: Program HEC-RAS 4.1, 2016

Dalam perhitungan dimensi penampang sungai, didapat debit yang berbeda antara perhitungan debit secara manual dan debit yang didapat dari program. Berikut adalah

tabel deviasi atau selisih nilai debit yang didapat dari perhitungan secara manual dengan program pada contoh tiga profil yang ditinjau.

Tabel 1. Nilai Deviasi Antara Perhitungan Debit Secara Manual Dengan Program

<i>Steady Flow</i>								
Profil	Lebar Sungai (m)	T (Tahun)	Tinggi Muka Air (m)	Kedalaman Air (m)	Luas Penampang Saluran (m ²)	Debit (m ³ /s)		Deviasi (%)
						Manual	Program	
159	62.6	50	11.62	4.64	173.33	306.937	261.397	17.42
		100	12.12	5.14	200.72	370.688	307.012	20.74
188	65.6	50	12.19	4.52	166.83	301.851	261.397	15.48
		100	12.63	4.96	190.80	342.028	307.012	11.41
206	65	50	12.52	4.42	161.99	289.739	261.397	10.84
		100	12.95	4.85	184.77	327.285	307.012	6.60
230	63.6	50	12.97	4.32	157.29	275.018	261.397	5.21
		100	13.43	4.78	180.95	319.229	307.012	3.98
246	60.5	50	13.29	4.27	154.94	267.760	261.397	2.43
		100	13.76	4.74	178.77	315.155	307.012	2.65
299	40.3	50	15.85	6.10	144.45	303.534	261.397	16.12
		100	16.23	6.49	157.91	351.553	307.012	14.51
<i>Unsteady Flow</i>								
Profil	Lebar Sungai (m)	T (Tahun)	Tinggi Muka Air (m)	Kedalaman Air (m)	Luas Penampang Saluran (m ²)	Debit (m ³ /s)		Deviasi (%)
						Manual	Program	
159	62.6	50	12.47	5.49	220.19	438.656	364.7	20.28
		100						
188	65.6	50	12.98	5.31	210.15	401.948	362.85	10.78
		100						
206	65	50	13.29	5.19	203.49	379.499	362.9	4.57
		100						
230	63.6	50	13.76	5.11	199.06	365.567	364.34	0.34
		100						
246	60.5	50	14.10	5.08	197.41	360.576	364.53	1.08
		100						
299	40.3	50	16.57	6.85	170.33	399.069	362.7	10.03
		100						

Sumber: Hasil Analisa, 2016

Berikut hasil analisis penampang (cek banjir) dengan debit rencana periode ulang 50 tahun dan 100 tahun pada kondisi eksisting dan setelah normalisasi pada contoh 14 profil.

Tabel 2. Hasil Analisis Penampang Menggunakan Program HEC-RAS

Profil	T (Tahun)	Kondisi Eksisting						Kondisi Setelah Normalisasi					
		Elevasi Tanggul (m)		Elevasi Muka Air (m)				Elevasi Tanggul (m)		Elevasi Muka Air (m)			
		Kiri	Kanan	Steady Flow	Keterangan	Unsteady Flow	Keterangan	Kiri	Kanan	Steady Flow	Keterangan	Unsteady Flow	Keterangan
300	50	19.62	17.51	18.14	Tidak Aman	37.74	Tidak Aman	19.66	18.47	15.84	Aman	16.57	Aman
	100			18.63	Tidak Aman					16.23	Aman		
299	50	19.61	17.25	18.05	Tidak Aman	37.74	Tidak Aman	19.85	17.95	15.85	Aman	16.6	Aman
	100			18.54	Tidak Aman					16.24	Aman		
280	50	20	18.07	17.32	Aman	37.74	Tidak Aman	20.48	18.4	15.14	Aman	15.85	Aman
	100			17.87	Aman					15.51	Aman		
265	50	16.75	16.93	16.99	Tidak Aman	37.73	Tidak Aman	17.17	17.17	14.43	Aman	15.13	Aman
	100			17.52	Tidak Aman					14.82	Aman		
251	50	19.44	15.66	16.75	Tidak Aman	37.73	Tidak Aman	19.63	16.85	13.33	Aman	14	Aman
	100			17.31	Tidak Aman					13.77	Aman		
246	50	15.24	16	16.46	Tidak Aman	37.73	Tidak Aman	15.88	17.2	13.29	Aman	14.1	Aman
	100			17	Tidak Aman					13.76	Aman		
230	50	18.54	15.45	16.15	Tidak Aman	37.69	Tidak Aman	18.83	15.65	12.97	Aman	13.76	Aman
	100			16.71	Tidak Aman					13.43	Aman		
210	50	15.02	15.8	15.54	Tidak Aman	37.69	Tidak Aman	15.38	16.04	12.59	Aman	13.37	Aman
	100			16.09	Tidak Aman					13.04	Aman		
206	50	15.02	18.76	15.43	Tidak Aman	37.69	Tidak Aman	15.24	19.5	12.52	Aman	13.29	Aman
	100			15.98	Tidak Aman					12.95	Aman		
193	50	15	18.17	15.23	Tidak Aman	37.69	Tidak Aman	15.21	18.71	12.32	Aman	13.1	Aman
	100			15.79	Tidak Aman					12.75	Aman		
188	50	15.52	18	15.04	Aman	37.69	Tidak Aman	15.86	18.6	12.19	Aman	12.98	Aman
	100			15.59	Tidak Aman					12.63	Aman		
176	50	14.24	14.68	14.77	Tidak Aman	37.69	Tidak Aman	16.17	16.65	11.96	Aman	12.77	Aman
	100			15.33	Tidak Aman					12.42	Aman		
159	50	15.47	12.82	13.77	Tidak Aman	37.69	Tidak Aman	15.68	14.47	11.62	Aman	12.47	Aman
	100			14.35	Tidak Aman					12.12	Aman		
151	50	15	15.02	13.83	Aman	37.69	Tidak Aman	15.2	16.45	11.51	Aman	12.39	Aman
	100			14.41	Aman					12.02	Aman		

Sumber: Hasil Analisa, 2016

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil perhitungan didapat debit rencana periode ulang 50 tahun adalah $261,397 \text{ m}^3/\text{s}$ dan periode ulang 100 tahun adalah $307,012 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Dalam analisis penampang Sungai Ciliwung menggunakan program HEC-RAS, dimensi yang telah direncanakan mampu menampung debit rencana, contohnya pada profil 159 untuk *steady flow* kala ulang 100 tahun didapat $Q_s = 370,688 \text{ m}^3/\text{s} \geq Q_{100} = 307,012 \text{ m}^3/\text{s}$ atau debit yang diperlukan lebih besar dari debit rencana ($Q_{\text{perlu}} \geq Q_{\text{rencana}}$).
3. Berdasarkan perbandingan antara perhitungan debit secara manual dengan debit dari program HEC-RAS, didapatkan nilai deviasi rata-rata pada kondisi *steady flow* sebesar 10,62 % dan pada kondisi *unsteady flow* sebesar 7,85 %.

B. Saran

Berikut solusi yang dapat ditawarkan untuk normalisasi Sungai Ciliwung baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

1. Peninggian tanggul sungai.
2. Merelokasi penduduk di sekitar bantaran sungai.
3. Penanaman pohon di sekitar Sungai Ciliwung.

Selain solusi di atas, diperlukan juga sebuah regulasi maupun himbuan dalam mendukung rencana normalisasi Sungai Ciliwung ini, yaitu sebagai berikut.

1. Regulasi:
 - a. Adanya sanksi bagi siapa saja yang membuang sampah di sungai, dapat berupa denda maupun ancaman pidana.
 - b. Perlu adanya kejelasan mengenai relokasi penduduk di bantaran sungai, seperti biaya ganti rugi dan tempat tinggal yang layak bagi warga yang direlokasi.
2. Himbuan:
 - a. Jangan membuang sampah di sungai.
 - b. Jangan melakukan kegiatan yang dapat membuat sungai menjadi kotor, seperti mandi dan mencuci di sungai.

- c. Jangan tinggalkan air mata untuk anak cucu kita tapi wariskan mata air agar sumber air sungai terjaga kelestariannya.

Sedangkan saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebelum melakukan penelitian ini, sebaiknya dipastikan terlebih dahulu mengenai kelengkapan data yang akan dianalisis.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memperhitungkan sedimentasi yang terjadi di Sungai Ciliwung.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, Ai Nur. (2013), *Normalisasi Sungai Cibeber Dari HM 21 + 00 Sampai Dengan HM 36 + 00 (Panjang 1500 Meter)*, Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- BSN-ICS. (1994), *SNI03-3424-1994 Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- . (2004), *RSNI 03-2415-1991 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Chow, Ven Te. (1992), *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1991), *SKSNI07-1991-03 Metode Pembuatan Lengkung Debit Dan Tabel Sungai/Saluran Terbuka Dengan Analisa Grafis*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kamiana, I Made. (2011), *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Limantara, Lily Montarich. (2010), *Hidrologi Praktis*, CV. Lubuk Agung, Bandung.
- Martin. (2013), *Normalisasi Sungai Rantauan Sebagai Alternatif Penanggulangan Banjir Di Kecamatan Jelimpo Kabupaten Landak*, Teknik Sipil Universitas Tanjungpura.
- Maryono, Agus. (2005), *Menangani Banjir, Kekeringan, Dan Lingkungan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Presiden RI. (2011), *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun*

2011 *Tentang Sungai*, Menteri Sekretaris Negara, Jakarta.

- Radhiyah, Amatullah. (2014), *Analisis Banjir Sungai Cisadane Studi Kasus Ruas Sungai Jalan Tol Jakarta – Merak KM 19 Sampai Dengan Bendung Pasar Baru*, Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Sosrodarsono, Suyono. (2005), *Perbaikan Dan Pengaturan Sungai*, Pradya Paramita, Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (2008), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wahyudin. (2013). *Analisa Banjir Sungai Ciliwung (Studi Kasus Ruas Sungai Lenteng Agung – Manggarai)*, Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Wigati, Restu. (2014), *Step By Step Pemodelan Hidraulik Dengan HEC-RAS Pada Saluran Sederhana*, Bahan Ajar, Cilegon.