

POTENSI KALI PEPE (HILIR) SEBAGAI INFRASTRUKTUR TRANSPORTASI AIR DI DALAM KOTA SOLO

Entar Gilang Romadhoni¹⁾ Siti Qomariyah²⁾ Adi Yusuf Muttaqien³⁾

1) Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

2) 3) Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : entargr@gmail.com

Abstract

Kali Pepe Downstream is one of the rivers in Surakarta, which currently has a function as the city main drainage. Kali Pepe Downstream strategic location, in the center of Surakarta, stretches from Tirtonadi floodgate until Demangan floodgate, has a considerable potential as a water transport infrastructure and water travel. In sequence, Kali Pepe Downstream need to be reviewed and studied so it can be used as a water transportation infrastructure and water level.

Accordingly, this research was conducted underpinning Descriptive Quantitative Method with the object of Kale Pepe Downstream. In addition, this study aimed to determine the exact condition of Kali Pepe Downstream, knowing the water surface profile, on the cross section geometry and master plan, utilizing HEC-RAS V.4.1.0 with the flow design obtained from the result of rational method of analysis. In detail, this study use the data of rainfall from 1991-2013, obtained from Pabelan rainfall recording station. Gaining the data, the study was directed to the planning of Hydraulic simulation on Kali Pepe Downstream, in order to be used as water transport infrastructure by normalizing the river segments and the operation of the floodgates.

Administering the observation and analysis of the existing conditions of Kali Pepe Downstream, this study found that Karet weir and Tirtonadi floodgate were not optimally used and needed for revitalization to regulate the discharge from Kali Pepe Upstream, went into Kali Pepe Downstream or Kali Anyar. Furthermore, the existing condition of Kali Pepe Segment on the sta 5+664 till sta 4+439 showed the high levels of sediment. The surface profile of Kali Pepe Downstream on the existing cross section geometry and master plan geometry, obtained from the analysis using HEC-RAS V.4.1.0 with 5, 10, 20 years of watershed reset time, showed that almost all segments of Kali Pepe Downstream cannot accommodate the flood discharge plan going in. in accordance with, a hydraulic simulation was administered with the focus of cross section normalization by dredging the sediment in some segments of the river as deep as 0.5 m or 1 m, setting the reset time 5, 10, 20 year and optimizing the use of floodgates. By doing so, the river can fully accomodate the incoming flow discharge. From the simulation, it was also known that flood discharge plan that can be accommodated by the river, assuming 25 % of the discharge of 5, 10, 20 year watershed reset time with, are as big as 10, 591 m³/s; 11, 642m³/s; and 12, 478 m³/s. Based on the result of the hydraulic simulation, a ship simulation was administered, with water level of 1.03 m on the average and the river width of 10, 53m on the average, from Jl. Gajah Mada road bridge (sta 4+047) until Jl.Kapten Mulyadi road bridge (sta 1+076). The simulation showed that the ideal width of ship is 2,19m and 0,86m for ship draft, for one lanes ship on river section while, for the two lanes ship, the ideal width is 1.38m and 0,86 for the ship draft.

Keywords: Kali Pepe, Water transport, The capacity of the river, Changes in river functions

Abstrak

Kali Pepe Hilir merupakan salah satu sungai di Kota Surakarta yang saat ini memiliki fungsi sebagai drainase utama kota. Letak Kali Pepe Hilir yang strategis membentang di tengah Kota Surakarta dari Pintu Air Tirtonadi sampai Pintu Air Demangan, memiliki potensi yang cukup tinggi sebagai infrastruktur transportasi air maupun wisata air. Dengan kondisi Kali Pepe Hilir yang ada sekarang perlu di tinjau dan dikaji untuk dapat digunakan sebagai infrastruktur transportasi air maupun wisata air.

Penelitian ini menggunakan metode *Deskriptif Kuantitatif*, dimana objek penelitian ini adalah Kali Pepe Hilir. Penelitian ini untuk mengetahui kondisi eksisting Kali Pepe Hilir, mengetahui profil muka air Kali Pepe Hilir pada penampang geometri eksisting dan *masterplan* dengan bantuan *software HEC-RAS versi 4.1.0* dengan menggunakan debit rancangan yang didapat dari analisis metode Rasional. Data hujan yang digunakan adalah Tahun 1991-2013 dari Stasiun Pencatat Hujan Pabelan. Selanjutnya, merencanakan simulasi hidrolis pada Kali Pepe Hilir untuk dapat digunakan sebagai transportasi air dengan melakukan penormalisasian ruas sungai dan pengoperasian pintu air.

Penelitian ini menghasilkan kondisi eksisting Bendung Karet dan Pintu Air Tirtonadi yang sudah tidak optimal dalam pengoperasiannya dan membutuhkan revitalisasi untuk dapat mengatur debit dari Kali Pepe Hulu yang masuk ke Kali Pepe Hilir maupun ke Kali Anyar. Sedangkan kondisi eksisting sepanjang ruas Kali Pepe Hilir tingkat sedimen relatif tinggi. Profil muka air Kali Pepe Hilir pada penampang geometri eksisting dan geometri *masterplan* hasil analisis program *HEC-RAS versi 4.1.0* dengan debit Kala Ulang 5, 10, 20 Tahun DAS Kali Pepe Hulu, hampir sepanjang ruas sungainya tidak dapat menampung debit banjir rencana yang masuk ke Kali Pepe Hilir. Setelah dilakukan simulasi hidrolis dengan penormalisasian penampang sungai dengan melakukan pengerukan sedimen di beberapa ruas sungai sedalam 0,5 m dan 1 m, pengaturan debit Kala Ulang 5, 10, 20 Tahun dan pengoperasian pintu air. Kali Pepe Hilir sepenuhnya dapat menampung aliran debit yang masuk. Debit banjir rencana yang dapat ditampung Kali Pepe Hilir dengan asumsi 25% dari debit Kala Ulang 5, 10, 20 Tahun DAS Kali Pepe Hulu sebesar 10,591 m³/s, 11,642 m³/s, 12,478 m³/s. Dari hasil simulasi hidrolis dilakukan simulasi kapal dengan tinggi muka air rata-rata 1,03 m dan lebar sungai rata-rata 10,53 m pada jembatan Jl Gajah Mada sta 4+047 sampai jembatan Jl Kapten Mulyadi sta 1+706. Mendapatkan lebar kapal 2,19 m, draft kapal 0,86 m untuk 1 lajur kapal pada ruas sungai dan lebar kapal 1,38 m, draft kapal 0,86 m untuk 2 lajur kapal pada ruas sungai.

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan zaman, sungai mempunyai peranan penting dalam kelangsungan kehidupan, dimana sungai bisa bermanfaat untuk pemenuhan kebutuhan manusia seperti dalam sektor pertanian, perkebunan, industri dan lain-lain. Seiring berjalannya waktu dan teknologi, sungai selain menjadi tumpuan utama konsumsi juga berkembang sebagai sarana transportasi air untuk mengangkut dan mendistribusikan banyak kebutuhan manusia.

Kali Pepe yang berada di wilayah Kota Surakarta yang membentang dari Pintu Air Tirtonadi sampai Pintu Air Demangan juga memiliki peranan dalam hal transportasi air. Pada waktu dulu menjadi urat nadi perdagangan di Pasar Gedhe. Hal itu yang membuat Kali Pepe menjadi bagian penting bagi kehidupan manusia pada masa itu. Namun fungsi utama Kali Pepe untuk saat ini hanya sebagai drainase kota dan penggelontor kota, karena drainase yang cenderung cepat mengalirkan air dan sedimentasi lumpur yang terjadi relatif kecil.

Dalam kurun waktu beberapa tahun Kota Surakarta mengalami perkembangan yang cukup signifikan, yaitu dalam hal segi perekonomian maupun pariwisatanya. Dengan semakin berkembang dan majunya Kota Surakarta, Kali Pepe yang sekarang hanya menjadi drainase kota memiliki potensi sebagai sarana transportasi air maupun wisata air. Dengan meninjau sejarah Kali Pepe sendiri yang pernah dijadikan sebagai sarana transportasi air tempo dulu. Selain itu letak geografis Kali Pepe yang strategis membentang di tengah-tengah Kota Surakarta dan melewati beberapa tempat vital, yang memungkinkan Kali Pepe memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sarana transportasi air oleh Pemerintah Kota Surakarta. Tetapi untuk dapat merealisasikan dan mengembangkan potensi Kali Pepe tersebut terdapat beberapa hal yang perlu di tinjau dan dikaji ulang.

Beberapa permasalahan yang harus di tinjau dan dikaji ulang pada Kali Pepe Hilir sebagai infrastruktur transportasi air adalah kondisi eksisting Kali Pepe Hilir, dimana tingkat sedimentasi sepanjang ruas Kali Pepe Hilir yang cukup tinggi. Kondisi aliran sungai Kali Pepe Hilir termasuk penampang dan hidrolis sungai pada saat musim hujan dan musim kemarau, dimana debit air yang mengalir masih relatif sangat kecil. Kuantitas dan kualitas pencemaran air limbah yang masuk ke Kali Pepe Hilir dari saluran-saluran drainase sepanjang ruas Kali Pepe Hilir dan banyaknya berdiri bangunan di sepanjang bantaran Kali Pepe Hilir, yang menghilangkan fungsi dari sempadan sungai itu sendiri.

Berdasarkan kondisi tersebut maka penelitian ini akan menjawab beberapa permasalahan yang terjadi pada Kali Pepe Hilir. Sehingga akan mendapatkan hasil yang sesuai pada Kali Pepe Hilir untuk dapat digunakan sebagai infrastruktur transportasi air maupun wisata air di dalam Kota Solo.

LANDASAN TEORI

Hujan

Analisis hidrologi diperlukan data hujan yang akurat, bukan hanya hujan kumulatif harian, namun juga diperlukan data hujan jam-jaman. Hal ini dikarenakan hujan sangat bervariasi terhadap waktu dan tempat, dan setiap perubahannya berpengaruh terhadap aliran sungai. Hujan di suatu daerah dapat diukur di beberapa titik yang ditetapkan dengan menggunakan alat pencatat hujan, baik berupa alat pencatat hujan manual (*ordinary raingauge*) maupun berupa alat pencatat hujan otomatis (*automatic raingauge*).

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas teoritis. Ada beberapa bentuk fungsi distribusi teoritis yang sering digunakan dalam analisis frekuensi untuk hidrologi yaitu, distribusi Normal, Log Normal, *Gumbel*, dan *Log Pearson III*. Sebelum menganalisis data hujan dengan salah satu distribusi di atas, perlu pendekatan dengan parameter-parameter statistik seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien variasi, dan koefisien skewness untuk menentukan distribusi yang tepat digunakan. Soewarno (1995) memberikan penentuan jenis analisis distribusi berdasarkan parameter statistik dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi
Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
Distribusi Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Distribusi Gumbel	$C_s = 1,14$ dan $C_k = 5,4$
Distribusi Log-Pearson III	C_s antara 0 – 0,9

Keterangan :

- Cs = koefisien skewness,
- Cv = koefisien variasi,
- Ck = koefisien kurtois,

Untuk memilih distribusi yang sesuai dengan data yang ada, perlu dilakukan uji statistik. Pengujian biasanya dilakukan dengan uji *Smirnov-Kolmogorov* atau *Chi-Kuadrat*.

Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai Δ maksimum, yaitu selisih maksimum antara plot data dengan garis teoritis pada kertas probabilitas. Nilai Δ kritis (Δ_{Cr} , *Smirnov-Kolmogorov Test*) tergantung dari jumlah data (n) dan derajat kepercayaan (α). Nilai Δ_{Cr} ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Δ_{Cr} Uji Smirnov-Kolmogorov

n/ α	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Hujan Rencana

Berdasarkan nilai parameter statistik dari data yang ada dan setelah dipilih jenis distribusi probabilitas hujan yang cocok sesuai hasil uji statistik, hujan rancangan kemudian dihitung dengan persamaan [1] berikut :

$$Y_T = \bar{X} + K_T \cdot S_y \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

- Y_T = hujan rencana,
- \bar{X} = rerata,
- K_T = koefisien faktor frekuensi,
- S_y = standar deviasi,

Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah selang waktu antara permulaan hujan dan saat seluruh area daerah alirannya ikut berperan pada pengaliran sungai yang di tinjau. Menurut Kirpich (1940) mengembangkan rumus dalam memperkirakan waktu konsentrasi, dimana dalam hal ini durasi hujan diasumsikan sama dengan waktu konsentrasi.

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan :

- t_c = waktu konsentrasi (jam),
- L = panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km),
- S = kemiringan rata-rata saluran,

Intensitas Hujan

Dalam perhitungan Q maksimum dengan menggunakan metode rasional diperlukan data intensitas hujan yaitu tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin besar dan makin tinggi periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. (Suripin, 2004). Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus *Mononobe*.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan :

- I = intensitas hujan (mm/jam),
- t_c = lamanya curah hujan (jam),
- R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm),

Metode Rasional

Persamaan Metode Rasional dapat ditulis dalam bentuk :

$$Q_p = 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots [4]$$

Keterangan :

- Q_p = laju aliran permukaan (debit) puncak (m^3/s),
- I = intensitas hujan (mm/jam),
- A = luas DAS (km^2)
- C = koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika digunakan untuk menentukan profil muka air sepanjang sungai untuk setiap debit banjir di hulu sungai yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini simulasi matematik menggunakan program *HEC-RAS*. Program ini dikembangkan oleh Bill S. Eichert dari *The Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers (2003)*, yang memiliki kemampuan untuk melakukan perhitungan profil muka air pada aliran permanen (*steady flow*) dan tidak permanen (*unsteady flow*) serta dilengkapi dengan analisis transportasi sedimen dan desain bangunan air. Persamaan dasar dalam *HEC-RAS* menggunakan persamaan energi yang disebut metode langkah standar (*standard step metode*).

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots [5]$$

Keterangan :

- Y_1, Y_2 = kedalaman air dipenampang 1 dan 2,
- Z_1, Z_2 = elevasi dasar penampang 1 dan 2 terhadap bidang referensi,
- V_1, V_2 = kecepatan rata-rata penampang 1 dan 2,
- α_1, α_2 = koefisien kecepatan penampang 1 dan 2,
- h_e = kehilangan energi,
- g = percepatan gravitasi,

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Deskriptif Kuantitatif. Metode ini berupa pengumpulan data, analisis data, dan mengevaluasi untuk mendapatkan hasil yang terbaik sebagai solusi dalam pemecahan masalah. Lokasi penelitian di sepanjang ruas Kali Pepe Hilir dari Pintu Air Tirtonadi sampai dengan Pintu Air Demangan di Kota Surakarta. Data yang dibutuhkan berupa data hujan dari stasiun hujan yang terpilih dan data geometri sungai. Penelitian ini hanya menggunakan microsoft Excel untuk mengolah data dan *HEC-RAS versi 4.1.0* untuk menganalisis profil muka air.

Penelitian yang pertama dilakukan adalah melakukan survey ke lokasi yang di tinjau untuk mengetahui kondisi yang ada (eksisting) di sepanjang ruas Kali Pepe Hilir. Selanjutnya melakukan pengumpulan data berupa data curah hujan dan geometri Kali Pepe Hilir untuk analisis hidrologi. Data hujan menggunakan satu stasiun hujan Pabelan yang mengasumsikan hujan merata di semua kawasan. Setelah mengetahui hujan rerata kawasan menghitung analisis frekuensi dengan data hujan harian maksimum sehingga dapat diketahui parameter statistik dengan jenis distribusi yang memenuhi uji *Smirnov-Kolmogorov*. Kemudian menghitung hujan rancangan berdasarkan distribusi yang sesuai. Intensitas hujan ditentukan berdasarkan sejumlah data curah hujan dan durasi hujan yang didapat dari hasil hitungan waktu konsentrasi. Kemudian dihitung menggunakan metode *Mononobe* sehingga dapat ditentukan debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang menggunakan metode rasional. Setelah mendapatkan debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang, dilakukan analisis hidrolika menggunakan program *HEC-RAS versi 4.1.0* untuk mendapatkan profil muka air pada geometri eksisting dan geometri *masterplan* Kali Pepe Hilir. Dari hasil perhitungan analisis hidrolika yang didapat kemudian dilakukan simulasi hidrolis dengan melakukan penormalisasian pada penampang sungai, pengaturan debit rencana dan pengoperasian pintu air untuk mendapatkan debit banjir yang dapat ditampung Kali Pepe Hilir. Setelah mendapatkan debit rencana yang dapat ditampung Kali Pepe Hilir

dilakukan uji simulasi terhadap profil muka air hasil simulasi hidrolis untuk dapat digunakan sebagai sarana infrastruktur transportasi air maupun wisata air di Kota Surakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting

Berdasarkan hasil survey kondisi eksisting untuk Bendung Karet Tirtonadi mengalami kebocoran kecil, jika dikembungkan dalam waktu 2-3 jam tekanannya berkurang bahkan cenderung mengempis habis. Saat dikembungkan daerah bantaran bagian hulu bendung karet tergenang. Bendung Karet Tirtonadi memiliki ukuran 32,23 m, tinggi maksimum bendung jika dikembungkan 3,05 m dan umur efektif 10 tahun. Memiliki 2 pintu penguras dengan tinggi 6,2 m dan lebar 2,5 m untuk membawa aliran air ke Kali Anyar. Kondisi eksisting Pintu Air Tirtonadi yang berfungsi hanya 2 pintu dengan tinggi bukaan 50 cm. Pintu Air Tirtonadi memiliki jumlah pintu air sebanyak 6 pintu dengan bukaan maksimum 2 m dan lebar 1,5 m. Sedangkan untuk Pintu Air Demangan kondisi untuk saat ini masih berfungsi normal dengan jumlah pintu air 10 pintu tipe *sluice gate*. Tinggi bukaan maksimum Pintu Air Demangan 3,34 m dan lebar 1,5 m. Pintu Air Demangan juga memiliki 6 buah pompa yang berfungsi untuk memompa debit air yang tidak dapat di alirkan karena pintu air ditutup untuk menahan luapan banjir sungai Bengawan Solo. Kondisi eksisting di sekitar jembatan sepanjang ruas Kali Pepe Hilir yang di tinjau khususnya terhadap tebal sedimen dengan menganalisis menggunakan data geometri *masterplan* dan geometri eksisting Kali Pepe Hilir, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tebal Sedimen di sekitar Jembatan Sepanjang Ruas Kali Pepe Hilir

Sta	Jembatan	Tebal Sedimen (m)
5+556	Belakang Terminal Tirtonadi	2,28 m
5+213	Gilingan	2,16 m
5+041	Mangkubumen	2,30 m
4+870	Jalan Bido W	2,29 m
4+439	Rel Kereta Api Stasiun Balapan	2,28 m
4+047	Jalan Gadjah Mada	0,72 m
3+660	Grogolan	1,60 m
3+409	Jalan Sutan Syahrir	1,51 m
3+219	Pasar Legi	0,96 m
2+852	Pringgading	1,20 m
2+345	Radio PTPN	0,58 m
2+000	Pasar Gedhe	0,38 m
1+706	Jalan Kapten Mulyadi	-0,81 m
0+837	Jalan Sungai Batanghari	-0,96 m

Sumber : hasil analisis

Analisis Hidrologi

Data hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi berasal dari 1 stasiun hujan Pabelan dengan jumlah data hujan 23 tahun dari tahun 1991-2013. Dari data hujan harian maksimum tahunan stasiun Pabelan kemudian menghitung hujan wilayah dengan analisis frekuensi untuk menentukan nilai Cs, Cv, dan Ck. Hasil perhitungan parameter statistik analisis frekuensi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Statistik Analisis Frekuensi

Parameter	Nilai
Rata-rata (\bar{X})	104,609
Standar Deviasi (S)	21,306
Koefisien Varian (Cv)	0,204
Koefisien Skewness (Cs)	0,023
Koefisien Kurtosis (Ck)	2,102

Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik dari 4 distribusi yang digunakan yaitu distribusi Normal, Log Normal, *Gumbel*, dan *Log Pearson III*. Hanya distribusi *Log Pearson III* yang memenuhi kriteria. Untuk itu, distribusi *Log Pearson III* yang akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Namun untuk lebih meyakinkan hasil perhitungan analisis frekuensi dilakukan uji kecocokan non parametrik dengan uji *Smirnov-Kolmogorov*. Dari hasil perhitungan mendapatkan nilai Δ maks = 0,064 < Δ Cr = 0,278 sehingga hasil perhitungan distribusi *Log Pearson III* dapat diterima.

Setelah mendapatkan distribusi terbaik yaitu distribusi *Log Pearson III* kemudian menentukan hujan rencana dengan data yang ada. Waktu konsentrasi (t_c) menggunakan data panjang sungai Kali Pepe Hulu 2,17 km dan kemiringan rata-rata sungai 0,05. Kemudian menghitung nilai intensitas hujan dengan menggunakan data hasil perhitungan hujan rencana dan waktu konsentrasi. Hasil perhitungan intensitas hujan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Intensitas Hujan dalam Berbagai Periode Ulang

Periode	R24 (mm)	Tc	I (mm/jam)
2	101,886	0,381	67,130
5	121,119	0,381	79,803
10	133,134	0,381	87,719
20	142,695	0,381	94,091
25	147,729	0,381	97,336
50	158,245	0,381	104,265
100	168,559	0,381	111,060

Untuk menentukan debit rencana dengan menggunakan metode rasional. Dalam analisis ini menggunakan 3 *catchment area* (A) yang di tinjau yaitu DAS Kali Pepe Hulu (398,445 ha), DAS Kali Pepe Hilir (1024,608 ha) dan DAS Kali Pepe Hulu Hilir (1423,053). Nilai aliran permukaan (C) diasumsikan sama untuk ketiga *catchment area* yaitu 0,480 hasil perhitungan menggunakan data tata guna lahan Kecamatan Banjarsari Surakarta. Hasil perhitungan debit rencana ketiga DAS dapat dilihat pada Tabel 6.

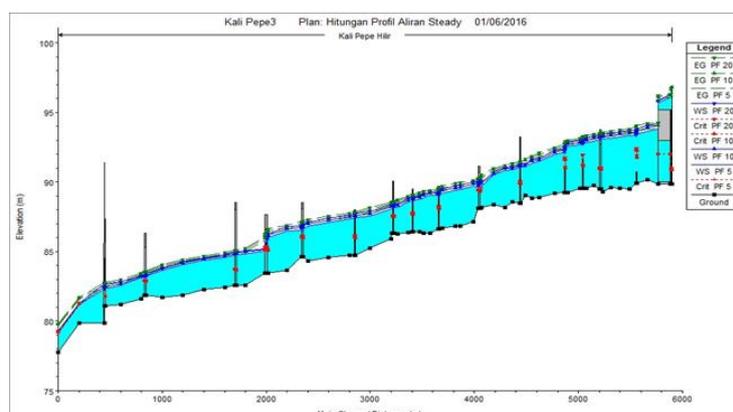
Tabel 6. Debit Rencana DAS Kali Pepe Hulu, DAS Kali Pepe Hilir dan DAS Kali Pepe Hulu Hilir

Periode	Debit Rencana (m ³ /s)		
	DAS Kali Pepe Hulu	DAS Kali Pepe Hilir	DAS Kali Pepe Hulu Hilir
2	35,638	91,643	127,280
5	42,365	108,942	151,307
10	46,568	119,750	166,317
20	49,912	128,349	178,261
25	51,673	132,877	184,550
50	55,351	142,336	197,687
100	58,958	151,613	210,571

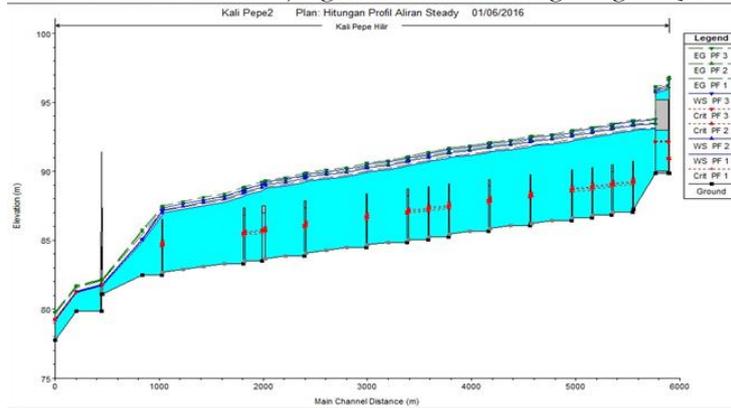
Sumber : hasil analisis

Analisis Hidrolika

Untuk mengetahui profil muka air Kali Pepe Hilir dalam analisis hidrolika menggunakan *software HEC-RAS versi 4.1.0*. Data yang digunakan dalam analisis ini adalah data debit rencana DAS Kali Pepe Hulu dengan periode ulang 5, 10, 20 tahun sesuai Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tahun 2014. Profil geometri menggunakan data geometri kondisi eksisting dan *masterplan* untuk membandingkan profil muka air pada kondisi penampang saat ini dan penampang rencana awal sungai sebelum adanya penormalisasian. Analisis menggunakan kondisi *steady flow* (aliran permanen) dan panjang ruas sungai 5,897 km dari Pintu Air Tirtonadi sampai Pintu Air Demangan. Selanjutnya melakukan penggambaran geometri melintang sungai, geometri bangunan air sepanjang ruas sungai dan melakukan pengoperasian pintu air. Hasil analisis hidrolika geometri eksisting dan *masterplan* dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

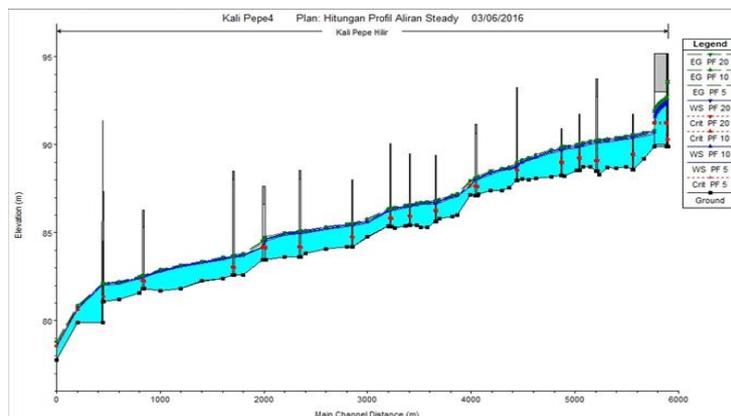


Gambar 1. Profil Muka Air Memanjang Geometri Eksisting dengan Q 5, 10, 20 Tahun



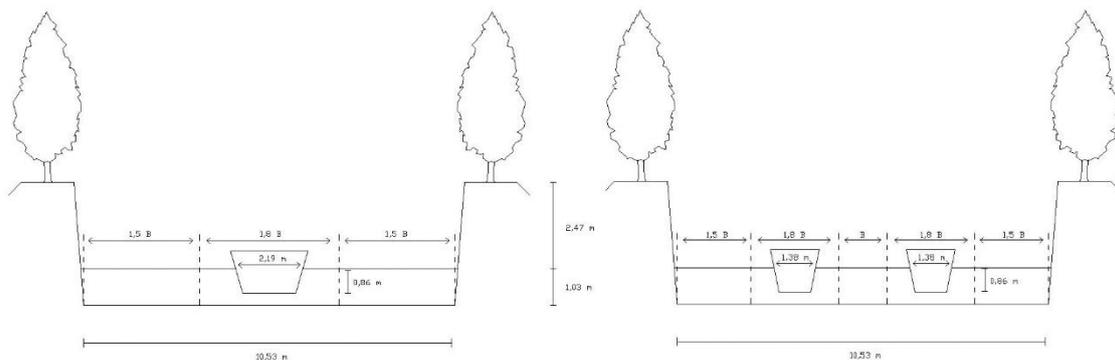
Gambar 2. Profil Muka Air Memanjang Geometri *Masterplan* dengan Q 5, 10, 20 Tahun

Gambar 1 dan Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa dengan debit rencana 5, 10, 20 tahun DAS Kali Pepe Hulu untuk geometri eksisting dan *masterplan* hampir sepanjang ruas sungainya tidak dapat menampung debit rencana yang masuk ke Kali Pepe Hilir. Selanjutnya melakukan simulasi hidrolis sepanjang ruas Kali Pepe Hilir dengan melakukan penormalisasian penampang sungai profil geometri eksisting. Pengaturan debit rencana 5, 10, 20 tahun yang diasumsikan 25% yang masuk ke Kali Pepe Hilir dan melakukan skema pengoperasian pintu air. Hasil analisis simulasi hidrolis sungai dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Profil Muka Air Memanjang Simulasi Hidrolis dengan Q 5, 10, 20 Tahun

Gambar 3 diatas menunjukkan hasil analisis simulasi hidrolis Kali Pepe Hilir sepenuhnya dapat menampung debit rencana yang masuk ke Kali Pepe Hilir. Besarnya debit rencana yang dapat ditampung Kali Pepe hilir untuk periode ulang 5, 10, 20 tahun berturut-turut sebesar 10,591 m³/s, 11,642 m³/s dan 12,478 m³/s. Kemudian dengan hasil analisis hidrolis tersebut akan dilakukan uji simulasi kapal yang dapat digunakan untuk sarana transportasi air maupun wisata air. Uji simulasi kapal menggunakan beberapa asumsi hasil dari analisis hidrolis sungai yaitu ruas sungai yang digunakan untuk simulasi kapal dimulai dari jembatan Jl Gajah Mada pada sta 4+047 sampai jembatan Jl Kapten Mulyadi pada sta 1+706. Tinggi muka air rata-rata hasil analisis hidrolis sungai untuk periode ulang 5 tahun adalah 1,03 m dan lebar sungai rata-rata 10,53 m. Selanjutnya menentukan syarat untuk tipe kapal yang dapat digunakan sebagai sarana transportasi air. Hasil uji simulasi kapal dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sketsa Simulasi Kapal dengan 1 dan 2 Lajur Kapal pada Ruas Sungai

Berdasarkan Gambar 4 diatas menunjukkan hasil uji simulasi tipe kapal untuk ruas sungai 1 lajur kapal dapat menggunakan kapal dengan ukuran lebar maksimum kapal 2,19 m dan draft kapal 0,86 m. Sedangkan untuk 2 lajur kapal dapat menggunakan kapal dengan ukuran lebar maksimum kapal 1,38 m dan draft kapal 0,86 m.

SIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi yang ada (eksisting) Kali Pepe Hilir sepanjang ruas sungai yang di tinjau untuk Bendung Karet dan Pintu Air Tirtonadi sudah tidak optimal dalam pengoperasiannya dan membutuhkan revitalisasi untuk dapat mengatur debit dari Kali Pepe Hulu yang masuk ke Kali Pepe Hilir maupun ke Kali Anyar. Sedangkan kondisi eksisting sepanjang ruas Kali Pepe Hilir tingkat sedimen relatif tinggi.
2. Profil muka air Kali Pepe Hilir pada penampang geometri eksisting dan geometri *masterplan* hasil analisis program *HEC-RAS versi 4.1.0* dengan debit Kala Ulang 5, 10 dan 20 Tahun DAS Kali Pepe Hulu hampir sepanjang ruas sungainya tidak dapat menampung debit banjir rencana yang masuk ke Kali Pepe Hilir.
3. Debit banjir rencana yang dapat ditampung Kali Pepe Hilir dengan asumsi 25% dari debit Kala Ulang 5, 10 dan 20 Tahun DAS Kali Pepe Hulu berturut – turut sebesar 10, 591 m³/s, 11,642 m³/s dan 12,478 m³/s.
4. Simulasi hidrolis yang direncanakan pada Kali Pepe Hilir untuk dapat digunakan sebagai transportasi air sebagai berikut :
 - a). Hasil simulasi hidrolis dengan penormalisaian penampang sungai dengan melakukan pengerukan sedimen di beberapa ruas sungai sedalam 0,5 m dan 1 m, pengaturan debit Kala Ulang 5, 10 dan 20 Tahun DAS Kali Pepe Hulu dan pengoperasian Pintu Air Tirtonadi dan Demangan. Kali Pepe Hilir sepenuhnya dapat menampung aliran debit yang masuk.
 - b). Hasil simulasi kapal dengan tinggi muka air rata – rata 1,03 m dan lebar sungai rata – rata 10,53 m pada jembatan Jl Gajah Mada sta 4+047 sampai jembatan Jl Kapten Mulyadi sta 1+706 di peroleh lebar kapal 2,19 m, draft kapal 0,86 m untuk 1 lajur kapal pada ruas sungai dan lebar kapal 1,38 m, draft kapal 0,86 m untuk 2 lajur kapal pada ruas sungai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ibu Ir. Siti Qomariyah, MSc dan Bapak Ir. Adi Yusuf Muttaqien, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung: Nova.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- US Army Corp Engineering, “*HEC-RAS Hydraulic Reference*”, Davis 2003