

ANALISIS KAPASITAS SALURAN PRIMER DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KLANDASAN KECIL KOTA BALIKPAPAN

Rossana Margaret Kadar Yanti¹⁾, Indra Setiawan²⁾, Dyah Wahyu Apriani³⁾

¹⁾³⁾*Dosen Institut Teknologi Kalimantan*

²⁾*Mahasiswa Institut Teknologi Kalimantan*

Email : rossa.margareth@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Kota Balikpapan merupakan kota yang berkembang pesat di Indonesia. Terdapat permasalahan-permasalahan yang timbul akibat dari perkembangan yang ada, salah satunya adalah banjir. Aspek yang berkaitan erat dengan terjadinya banjir di suatu kota adalah kesatuan wilayah yang disebut dengan daerah aliran sungai (DAS). Pada studi ini wilayah yang ditinjau yaitu wilayah DAS Klandasan kecil Kota Balikpapan. Faktor penyebab banjir pada DAS diantaranya adalah kondisi tutupan lahan yang hanya bisa menyerap limpasan sebesar 26.90 % sehingga mempengaruhi besarnya debit limpasan yang terjadi. Faktor lain yaitu kondisi sungai yang tidak memadai sehingga tidak mampu mengalirkan debit limpasan pada DAS. Berdasarkan permasalahan yang ada, maka dilakukan evaluasi terhadap kinerja sistem drainase DAS Klandasan Kecil. Evaluasi yang dilakukan yaitu dengan melakukan analisa hidrologi pada DAS klandasan kecil dan analisa hidrolika terhadap sungai primer yang mengalir pada DAS yaitu sungai klandasan kecil dengan menggunakan aplikasi Hecras. Hasil analisa yang dilakukan, didapatkan besaran debit hidrologi pada DAS Klandasan kecil yaitu sebesar 53.044 m³/det. Kapasitas eksisting sungai yang telah dianalisa menggunakan aplikasi HECRAS pada sungai klandasan kecil terdapat 10 titik sungai yang kapasitasnya tidak memenuhi sehingga terjadi banjir. Tinggi banjir yang terjadi besarnya bervariasi antara 0.30 meter hingga 4.42 meter diatas permukaan penampang sungai.

Kata kunci : Klandasan Kecil, Kapasitas Sungai, Sistem Drainase.

Abstract

Balikpapan City one of the developed cities in Indonesia. This condition causes problems such as flooding. Aspects relating to flooding in cities are watersheds. The study site is located in the Klandasan Kecil River Basin. Factors causing flooding in the watershed include land cover conditions that can only absorb runoff by 26.90% so that it affects the amount of runoff that occurs. Another factor is the inadequate river conditions that are unable to drain runoff discharge in the watershed. Based on the existing problems, an evaluation of the performance of the Klandasan Kecil River Basin drainage system is carried out. The evaluation was carried out by conducting a hydrological analysis on the klandasan kecil watershed and hydraulics analysis of the primary river, klandasan kecil river using the Hecras application. The results of the analysis obtained the magnitude of hydrological discharge in the Klandasan kecil watershed that is equal to 53.044 m³/s. The existing river capacity that has been analyzed using the HECRAS application on klandasan kecil river there are 10 river points whose capacity does not meet so that flooding. The height of the flood that occurred varied from 0.30 meters to 4.42 meters above the river.

Keywords : Klandasan Kecil , River capacity , Drainage System

Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Klandasan Kecil merupakan salah satu DAS yang terletak di tengah Kota Balikpapan yang didalamnya terdiri dari kawasan pemukiman, industri, kantor pemerintahan dan lain-lain. DAS ini memiliki luas sebesar 5.492 km² dan sungai utama yaitu sungai klandasan kecil dengan sepanjang 3.805 km (Bappeda Kota Balikpapan, 2015).

DAS Klandasan Kecil memiliki permasalahan banjir yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kondisi sungai dan tutupan lahan. DAS ini memiliki tutupan lahan yang terdiri dari 10% hutan kota dan 90% sisanya merupakan lahan terbangun yang berpengaruh pada nilai koefisien limpasan (C). Kondisi ini diperparah dengan kondisi sungai yang tidak mampu mengalirkan air tanpa adanya luapan. Terjadinya penyempitan alur sungai Klandasan Kecil di beberapa titik merupakan salah satu penyebab adanya luapan. Penyempitan ini disebabkan adanya bangunan di sempadan sungai seperti pemukiman dan toko. Sedimentasi pasir dan sampah juga ikut berperan dalam pengurangan kapasitas sungai.

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan pada paragraf sebelumnya, perlu dilakukan analisis guna mengetahui kapasitas sungai Klandasan Kecil saat ini. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran besarnya debit banjir yang harus dikendalikan dalam upaya pencegahan banjir di DAS Klandasan Kecil.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kapasitas sungai Klandasan Kecil saat ini dan dibandingkan dengan limpasan yang terjadi di DAS. Hasil ini kemudian dijadikan sebagai acuan dalam upaya pengendalian banjir di DAS Klandasan Kecil.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, dilakukan langkah-langkah analisis dalam proses pelaksanaannya (gambar 1).

Identifikasi Masalah

Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh gambaran permasalahan dan penyebabnya. Berdasarkan hasil identifikasi diperoleh permasalahan banjir di lokasi studi yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kondisi sungai di beberapa titik sudah tidak memadai untuk mengalirkan debit dan perubahan tutupan lahan pada DAS menyebabkan peningkatan debit limpasan.

Tahapan ini dilakukan untuk mengumpulkan studi pustaka yang relevan dengan permasalahan dalam penelitian. Sumber pustaka dapat diperoleh dari buku, penelitian serupa yang telah di publikasikan, dan buku dokumentasi.

Dalam penelitian ini diperlukan data primer dan sekunder. Data primer terdiri diperoleh dari hasil observasi dan survey lapangan. Observasi dan survey lapangan menghasilkan data berupa kondisi DAS serta kondisi penampang melintang dan memanjang sungai Klandasan Kecil. Data sekunder yang digunakan terdiri dari data hujan, tutupan lahan, kontur, dan sebaran titik banjir.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan tahapan awal dalam penelitian ini. Tahapan analisis terdiri dari analisis curah hujan periode ulang, perhitungan koefisien pengaliran (C), dan analisis debit banjir rencana.

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika merupakan analisis lanjutan setelah hidrologi. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas eksisting dari sungai Klandasan.

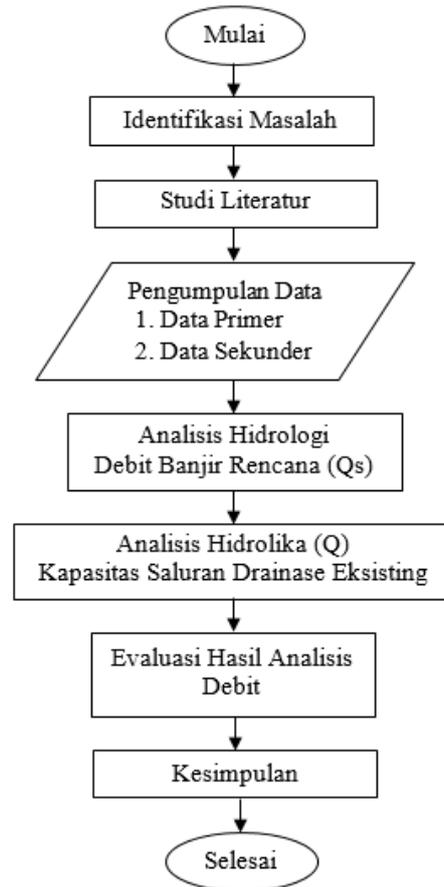
Evaluasi Hasil

Berdasarkan analisis hidrologi dan hidrolika diperoleh gambaran hasil analisis berupa debit hidrologi dan kapasitas pengaliran sungai. Kedua hasil ini kemudian dibandingkan untuk mengetahui permasalahan banjir di sungai Klandasan.

Hasil dan Pembahasan

Sesuai dengan metodologi pengerjaan penelitian ini dimulai dengan analisis hidrologi yang kemudian dilanjutkan dengan

analisis hidrolika dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

Analisis Hujan Periode Ulang

Diperlukan data curah hujan maksimum harian dari stasiun hujan untuk menganalisis tinggi hujan rencana di lokasi penelitian. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian

ini merupakan curah hujan wilayah yang diambil dari stasiun hujan di kota Balikpapan yaitu stasiun meteorologi Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang selama 20 tahun terakhir. (Tabel 1)

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum Harian

No	Tahun	R ₂₄ (mm)
1	1999	115,0
2	2000	106,0
3	2001	194,9
4	2002	223,0
5	2003	181,6
6	2004	100,4
7	2005	107,5
8	2006	133,4
9	2007	154,2
10	2008	164,8

No	Tahun	R ₂₄ (mm)
11	2009	132,0
12	2010	119,7
13	2011	119,6
14	2012	148,0
15	2013	94,0
16	2014	102,5
17	2015	108,1
18	2016	75,6
19	2017	198,0
20	2018	161,4

Sumber : BMKG Kota Balikpapan, 2019

Data pada tabel 1 digunakan untuk menghitung tinggi hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi Normal. Distribusi ini dianggap paling mendekati parameter jenis distribusi yang disyaratkan sesuai dengan perhitungan dan uji parameter statistik. Perhitungan curah hujan periode ulang menggunakan distribusi Normal memiliki persamaan sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + (k \times S) \quad \text{(pers. 3.1)}$$

Dimana:

\bar{X} = nilai rata-rata hujan (mm)

k = faktor frekuensi

S = standar deviasi

(Sumber : Suripin, 2004)

Berdasarkan persamaan distribusi Normal yang ada dilakukan perhitungan curah hujan periode ulang 10 tahun. Nilai periode ulang yang digunakan sesuai dengan kawasan penelitian yang terletak di pusat pemerintahan yang penting, daerah komersil, dan merupakan daerah padat dengan nilai

ekonomi tinggi (Wesli (2008) dalam Sari (2016)). Hasil perhitungan tinggi hujan periode ulang 10 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X &= 136.985 + (1.28 \times 39.857) \\ &= 188.001 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan ini digunakan untuk menganalisis besarnya debit banjir kala ulang 10 tahun.

Koefisien Pengaliran (C)

DAS Klandasan kecil memiliki luas DAS sebesar 5.492 km² dan sungai sepanjang 3.805 km. Setiap kawasan DAS memiliki tutupan lahan dan nilai koefisien pengaliran yang berbeda. Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara hujan yang mengalir pada permukaan bumi atau permukaan lahan dengan hujan yang mengalami infiltrasi atau penyerapan pada lahan. Jenis-jenis tutupan lahan pada DAS Klandasan kecil kemudian diklasifikasikan berdasarkan data tutupan lahan. (Tabel 2)

Tabel 2. Tutupan Lahan DAS Klandasan Kecil

Tutupan Lahan	Luasan A (ha)	C	C x A
Perumahan	423,137	0,80	338,509
Industri	5,893	0,90	5,304
Perdagangan	11,617	0,95	11,036
RTH	1,195	0,25	0,299
Badan Air	9,566	0,15	1,435
Hutan	46,178	0,03	1,385
Jalan	37,301	0,95	35,436

Tutupan Lahan	Luasan A (ha)	C	C x A
Fasum	13,625	0,55	7,494
Tegalan	0,733	0,60	0,440
Total	549,243		401,337

Sumber : Analisis, 2020

Dari masing-masing tutupan lahan diatas, dilakukan perhitungan nilai koefisien c gabungan dengan persamaan:

$$C_{gabungan} = \frac{\sum Ci \times Ai}{\sum A} \quad (\text{pers. 3.2})$$

Dimana:

Ci = nilai koefisien pengaliran daerah yang ditinjau

Ai = luas daerah pengaliran yang ditinjau

(Sumber : Hasmar, 2012)

$$C_{gabungan} = \frac{549.243 \times 401.337}{549.243}$$

$$C_{gabungan} = 0.731$$

Hasil perhitungan nilai koefisien pengaliran pada DAS Klandasan Kecil sebesar 0.731 yang berarti 73.1% air hujan menjadi limpasan dan sisanya mengalami proses infiltrasi.

Analisis Debit Hidrologi

Analisis ini bertujuan untuk memperoleh debit banjir pada DAS berdasarkan tinggi hujan periode ulang 10 tahun sesuai dengan hujan periode ulang. Perhitungan besaran debit hidrologi menggunakan metode rasional.

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad (\text{pers. 3.3})$$

Dimana:

Q = debit hidrologi (m³/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km²)

(Sumber : SNI 2415, 2016)

Diperlukan analisis besaran intensitas hujan sebelum analisis debit banjir. Perhitungan besaran intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe sedangkan untuk menghitung t_c digunakan rumus Kirpich.

Waktu konsentrasi (t_c) dengan menggunakan rumus Kirpich

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

Dimana :

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang pengaliran terjauh (km)

S = kemiringan rata-rata DAS

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Kemiringan lahan (S)

$$S = \frac{19 - 5}{3805} = 0.0037$$

$$t_c = \left(\frac{0.87 \times 3.805^2}{1000 \times 0.0037} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 1.606 \text{ jam}$$

Intensitas curah hujan dengan rumus monobe (I)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

$$I = 47.527 \text{ mm/jam}$$

Setelah diperoleh seluruh variabel penyusun persamaan dalam metode rasional, diperoleh hasil debit banjir dengan perhitungan sebagai berikut.

$$Q = 0.278 \times 0.731 \times 47.527 \times 5.492$$

$$Q = 53.044 \text{ m}^3/\text{det}$$

Hasil besaran debit hidrologi yang didapat dengan rumus rasional akan digunakan pada perhitungan selanjutnya sebagai input pada permodelan aplikasi HECRAS untuk mengetahui kapasitas sungai atau analisa hidrolika.

Analisis Kapasitas Sungai Klandasan Kecil

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui kapasitas penampang sungai yang ada. Pada analisa hidrolika, diperlukan parameter-parameter yang harus diketahui

sebagai penunjang perhitungan seperti dimensi sungai, data kekasaran pada sungai, panjang sungai, dan kemiringan sungai. Pada studi ini, analisa hidrolika dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi HEC-RAS sehingga dapat diketahui kapasitas eksisting sungai. Analisa debit hidrolika yang dilakukan pada masing-masing sungai primer yang telah dibagi menjadi segmen-segmen

berdasarkan titik sekunder yang masuk ke sungai primer.

Dimensi Sungai Klandasan Kecil

Pada sungai klandasan kecil dilakukan pengukuran di 10 titik sungai. Hasil dari pengukuran yang telah dilakukan pada titik masing-masing sungai tersebut dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Dimensi Penampang Eksisting Sungai Klandasan Kecil
 Segmen sungai Lebar atas Lebar bawah Tinggi Penampang

	(m)	(m)	(m)
Titik 1	2.10	1,90	1,78
Titik 2	3.00	3,00	2,22
Titik 3	6.70	4,70	1,84
Titik 4	8.20	6,70	2,00
Titik 5	7.50	6,50	2,23
Titik 6	6.47	4,00	2,34
Titik 7	5.90	3,40	2,48
Titik 8	7.50	5,20	2,50
Titik 9	7.80	5,80	2,98
Titik 10	8.30	7,30	3,12

Sumber : Survey lapangan, 2020

Pengukuran 10 segmen sungai ini dimulai dari bagian hulu menuju ke hilir. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur *waterpass* guna memperoleh elevasi persegmen saluran dari masing-masing titik yang ditinjau. Dari tabel 3.1 diketahui bahwa segmen sungai memiliki lebar dan tinggi penampang yang beragam. Hasil ini kemudian digunakan untuk analisis kapasitas tampungan dalam mengalirkan debit banjir kala ulang 10 tahun.

Perhitungan Kapasitas Sungai Klandasan Kecil

Perhitungan kapasitas sungai dilakukan dengan membandingkan besar nilai debit banjir dengan debit hidrolika sungai. Perhitungan debit hidrolika menggunakan persamaan manning sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times A$$

Dimana :

- Q = debit hidrolika (m³/det)
- n = koefisien manning
- R = jari-jari hidrolis (m)

- I = kemiringan dasar saluran
 - A = luas penampang basah (m²)
- (Sumber : Suripin, 2004)

Dengan menggunakan rumus manning, dilakukan perhitungan masing-masing segmen sungai untuk kemudian dibandingkan dengan debit banjir yang mengalir di sungai. Contoh perhitungan menggunakan segmen sungai bagian 3 dengan tahapan sebagai berikut:

Dari pengukuran lapangan diperoleh data:

- I = 0.0012
- n = 0.022 (tanah)
- b = 4.70 m
- h = 1.84 m
- z = 0.543

Luas penampang (A) = (b+zh)h
 = 6.543 m²

Penampang basah (P) = (b+2h)√(1+z²)
 = 8.894 m

Jari hidrolis (R) = $\frac{A}{P} = 0.736$

Debit hidrolika = 8.995 m³/det

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus manning, diperoleh debit hidrolika pada segmen 3 sungai Klandasan Kecil sebesar 8.995 m³/det. Debit hidrolika memiliki nilai yang jauh lebih kecil dibanding debit banjir yaitu sebesar 53.044 m³/det.

Kondisi ini berarti segmen 3 sungai Klandasan Kecil hanya mampu mengalirkan debit sebesar 8.995 m³/det sedangkan yang mengalir sebesar 53.044 m³/det, terdapat selisih debit banjir sebesar 44.049 m³/det yang menimbulkan terjadinya banjir. Hasil analisis kapasitas sungai Klandasan Kecil di semua segmen ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Kapasitas Sungai Klandasan Kecil
Segmen sungai Q hidrolika Q limpasan

	(m ³ /det)	(m ³ /det)
Titik 1	1.595	53.044
Titik 2	9.765	53.044
Titik 3	8.995	53.044
Titik 4	14.009	53.044
Titik 5	11.647	53.044
Titik 6	11.809	53.044
Titik 7	12.494	53.044
Titik 8	15.125	53.044
Titik 9	18.648	53.044
Titik 10	19.619	53.044

Sumber : Analisis, 2020.

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus manning di 10 segmen sungai diketahui bahwa semua segmen mengalami banjir.

Perhitungan Tinggi Banjir Sungai Klandasan Kecil

Untuk mengetahui tinggi banjir di masing-masing segmen sungai Klandasan Kecil, dilakukan analisis dengan menggunakan program bantu *HEC-RAS*.

Penampang sungai eksisting dimodelkan dalam *HEC-RAS* sesuai dengan kondisi lapangan. Setelah penampang dimodelkan, diinputkan debit hidrologi (Qs) yang telah dihitung kedalam *HEC-RAS* sehingga aplikasi dapat menjalankan sistem yang ada hingga didapatkan output berupa elevasi muka air yang menandakan kapasitas sungai yang ditunjukkan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5 Tinggi Banjir

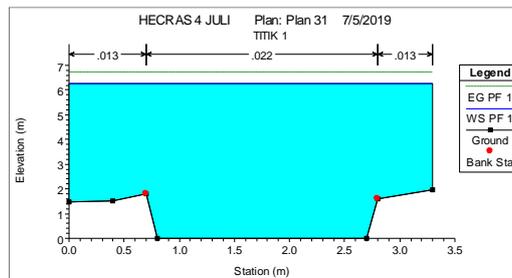
Titik yang ditinjau	Tinggi Sungai (m)	Tinggi Muka Air (m)	Tinggi Banjir (m)
Titik 1	1.78	6.20	4.42
Titik 2	2.22	4.50	2.28
Titik 3	1.84	4.54	2.70
Titik 4	2.00	4.40	2.40
Titik 5	2.23	3.93	1.70
Titik 6	2.34	4.34	2.00
Titik 7	2.48	4.38	1.90
Titik 8	2.50	4.10	1.60

Titik yang ditinjau	Tinggi Sungai (m)	Tinggi Muka Air (m)	Tinggi Banjir (m)
Titik 9	2.98	3.54	0.56
Titik 10	3.12	3.42	0.30

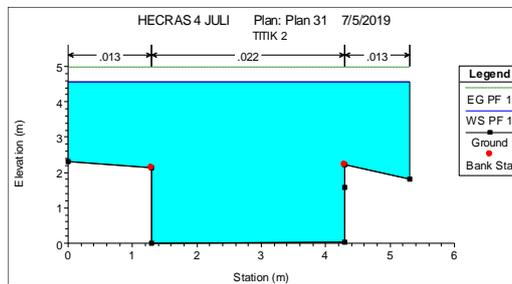
Sumber : Analisis, 2020.

Tinggi banjir memiliki besaran yang beragam di masing-masing segmen. Tinggi banjir berkisar antara 0.30 m sampai 4.42 m (gambar 3.1-3.10). Tinggi banjir terbesar

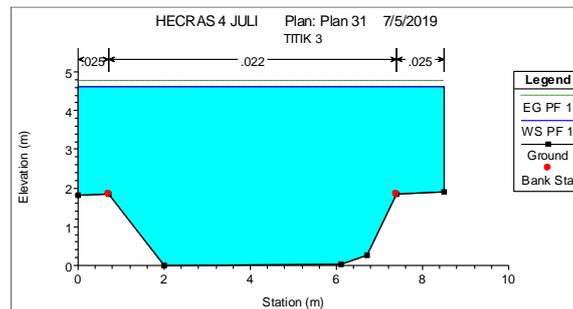
terjadi di segmen 1 yaitu sungai bagian hulu, hal ini terjadi akibat tinggi penampang sungai yang hanya berkisar 1.78 m.



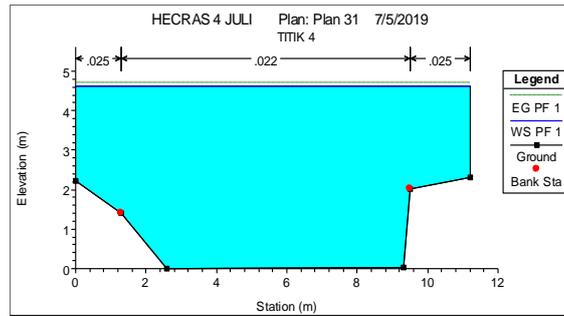
Gambar 2. Penampang melintang Sungai Segmen 1



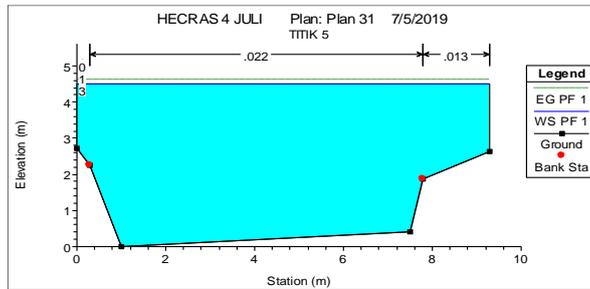
Gambar 3 Penampang melintang Sungai Segmen 2



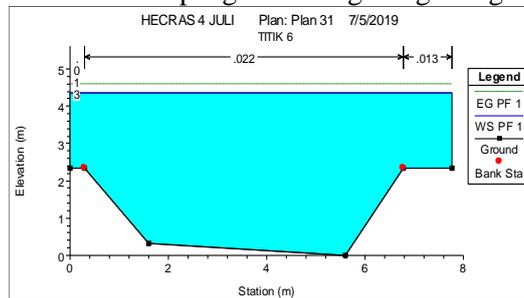
Gambar 4. Penampang melintang Sungai Segmen 3



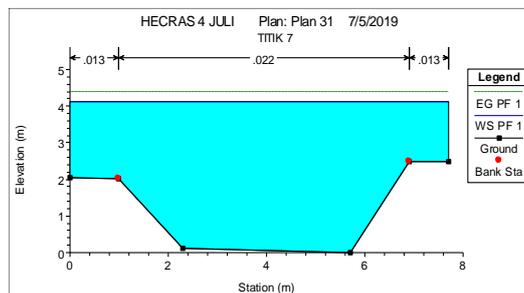
Gambar 5. Penampang melintang Sungai Segmen 4



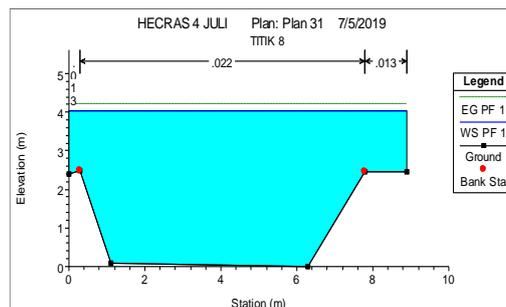
Gambar 6. Penampang melintang Sungai Segmen 5



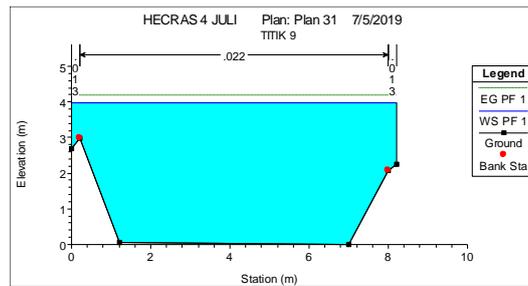
Gambar 7. Penampang melintang Sungai Segmen 6



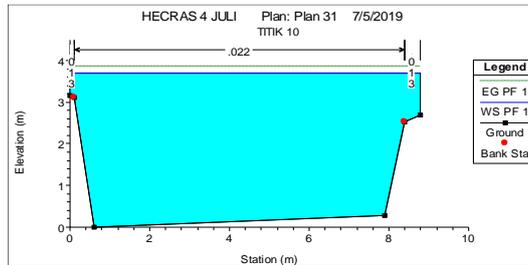
Gambar 8. Penampang melintang Sungai Segmen 7



Gambar 9. Penampang melintang Sungai Segmen 8



Gambar 10. Penampang melintang Sungai Segmen 9



Gambar 11. Penampang melintang Sungai Segmen 10

Hasil perhitungan yang telah dilakukan meliputi analisa hidrologi dan analisa hidrolika dengan output berupa kapasitas sungai didapatkan bahwa 10 titik yang ditinjau pada sungai klandasan kecil kapasitasnya tidak mampu menampung debit hidrologi yang ada. Hal ini dapat dilihat dari tinggi muka air yang lebih besar dari tinggi penampang pada masing-masing titik. Kondisi kapasitas sungai ideal yang diharapkan yaitu tinggi air berada di atas tinggi jagaan yang disyaratkan yaitu 0.5 meter dari atas permukaan penampang menurut kementerian PU untuk sungai dengan pasangan batu atau beton.

Melihat hasil evaluasi yang telah dilakukan bahwa terdapat 10 titik sungai yang ditinjau terjadi banjir. Tinggi banjir yang terjadi besarnya bervariasi antara 0.30 meter hingga 4.42 meter di atas permukaan penampang sungai.

Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan pada studi dapat disimpulkan bahwa :

1. Debit banjir periode ulang 10 tahun yang mengalir pada DAS Klandasan Kecil adalah sebesar 53.044 m³/det.
2. Kapasitas eksisting sungai yang telah dianalisa menggunakan rumus manning

menghasilkan banjir pada 10 segmen sungai dengan debit luapan yang beragam antara 33.425 m³/det hingga 51.449 m³/det.

3. Tinggi banjir yang terjadi besarnya bervariasi antara 0.30 meter hingga 4.42 meter di atas permukaan penampang sungai.

Daftar Pustaka

- FTSP ITS. (2006). Laporan Utama Masterplan Drainase Kota Balikpapan. Balikpapan. Diakses dari Bappeda Kota Balikpapan.
- Hasmar. (2012). Drainase Terapan. Yogyakarta: UII Press
- Standar Nasional Indonesia 2415. (2016). Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan. Yogyakarta: Andi.
- Triatmodjo. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset
- Wesli. (2008). Drainase Perkotaan. Yogyakarta: Graha Ilmu.