

# PERENCANAAN DRAINASE SUB DAS KALI BALONG, SUB DAS KALI KANDANGAN, DAN SUB DAS KALI SEMEMI

Harfiah Rachmayanti, Umboro Lasminto, Yang Ratri Savitri  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
E-mail: umboro\_hydro@yahoo.com, Ratri Savitri@gmail.com

**Abstrak** – Salah satu kawasan kota Surabaya yang sering terjadi banjir adalah pada DAS Gunungsari yang berada pada wilayah Surabaya Barat yang terbagi menjadi tiga sub DAS, yaitu sub DAS Kali Balong, sub DAS Kali Kandangan, dan sub DAS Kali Sememi. Kondisi topografi wilayahnya merupakan dataran rendah dan kondisi geografis yang berbatasan dengan laut menjadikan saluran ini dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

Oleh sebab itu perlu direncanakan dimensi saluran yang mampu menampung debit yang mengalir agar tidak terjadi limpasan (banjir). Dalam studi ini untuk analisa hidrologi menggunakan program bantu HEC-HMS.. Sedangkan untuk analisa hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS.

Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa lebar saluran primer Margomulyo bagian hulu sebesar 10 m dan bagian hilir sebesar 15 m. Untuk lebar bagian hulu Kali Balong sebesar 20 m, dan 48 m pada bagian hilir. Untuk lebar Kali Kandangan bagian hulu sebesar 20 m, dan 30 m pada bagian hilir. Sedangkan untuk Kali Sememi lebar pada bagian hulu sebesar 20 m dan bagian hilir sebesar 38 m.

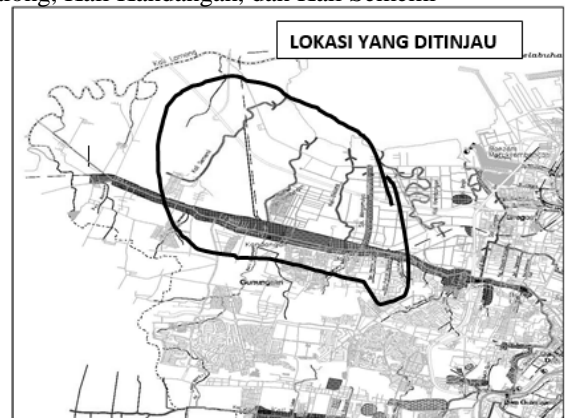
**Kata kunci** : Kali Kandangan, Kali Sememi, Kali Balong, HEC-HMS, HEC-RAS, Drainase

## I. PENDAHULUAN

**S**URABAYA sebagai ibukota Provinsi Jawa Timur berkembang menjadi kota perdagangan dan industri yang mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan sosial ekonomi Indonesia. Perkembangan ini menarik minat orang untuk bermigrasi ke Kota Surabaya, sehingga menyebabkan laju pertumbuhan penduduk kota Surabaya meningkat sangat pesat. Karena pertumbuhan penduduk berkembang semakin pesat maka kebutuhan lahan pemukiman juga meningkat. Hal ini mengakibatkan perubahan tata guna lahan yang tidak terencana dan mengurangi daerah konservasi sebagai tempat peresapan air hujan, sehingga menyebabkan banjir di beberapa daerah di Surabaya

Salah satu kawasan kota Surabaya yang sering terjadi banjir adalah DAS Gunungsari yang berada pada wilayah Surabaya barat. Maka pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan dimensi saluran primer pada DAS Gunungsari bagian hilir. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-HMS dan HEC-RAS. HEC-HMS digunakan untuk analisa hidrologi sedangkan HEC-RAS digunakan untuk analisa hidrolika.

Lokasi yang ditinjau adalah di DAS Gunungsari bagian hilir, yaitu di saluran primer Margomulyo, Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi



Gambar 1. Peta Lokasi

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Berapa debit banjir rencana saluran primer Margomulyo, Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi?
2. Berapakah dimensi penampang saluran yang mampu mengalirkan debit yang mengalir?
3. Apakah ada pengaruh dari *backwater* di Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi?
4. Bagaimana perbedaan profil muka air antara kondisi eksisting dan setelah normalisasi?

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui debit banjir rencana saluran primer Margomulyo, Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi.
2. Memperoleh dimensi penampang saluran yang mampu menampung debit yang mengalir.
3. Menganalisa pengaruh *backwater* dan cara mengatasinya.
4. Mendapatkan perbandingan profil muka air antara kondisi eksisting dan setelah normalisasi.

Adapun batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah:

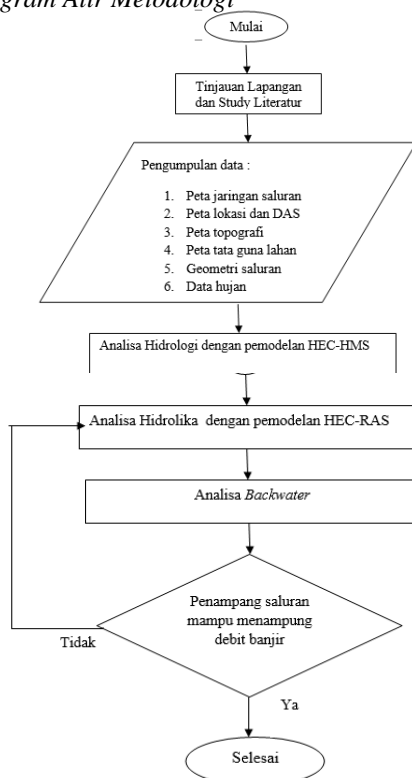
1. Debit air yang diperhitungkan hanya debit limpasan air hujan dan tidak memperhitungkan debit saluran dari limbah rumah tangga maupun perkotaan.
2. Tidak memperhitungkan sedimentasi pada saluran drainase.
3. Tidak memperhitungkan rencana anggaran biaya dari perencanaan drainase.

Adapun manfaat dari penulisan ini yaitu :

1. Diharapkan dari penyelesaian tugas akhir ini dapat memberikan masukan dan pertimbangan kepada Pemerintah Kota Surabaya dalam perencanaan perbaikan sistem drainase pada kawasan saluran primer Margomulyo, sub DAS Kali Sememi, sub DAS Kali Kandangan, dan sub DAS Kali Balong.
2. Sebagai bahan acuan bagi pihak tertentu yang ingin melakukan perbaikan pada jaringan drainase di lokasi yang ditinjau.
3. Sebagai bahan referensi atau literatur bagi mahasiswa yang ingin mempelajari evaluasi drainase menggunakan program bantu HEC-HMS dan HEC-RAS.

## II. METODOLOGI

### A. Diagram Alir Metodologi



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Perencanaan

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi diperlukan untuk mengetahui secara detail parameter-parameter hidrologi : karakteristik hujan, menganalisis hujan rancangan dan analisa debit untuk dapat merancang saluran air.

### B. Analisa Curah Hujan

Terdapat empat stasiun hujan yang berpengaruh terhadap kawasan DAS Gunungsari yaitu stasiun hujan Kandangan, stasiun hujan Gubeng, stasiun hujan Gunungsari, dan stasiun hujan Banyu Urip. Untuk luas daerah pengaruh tiap stasiun dan koefisien Thiessen ada pada **Tabel 1**. Kemudian dicari curah hujan rata-rata maksimum.

**Tabel 1.** Luas Daerah Pengaruh dan Koefisien Thiessen Stasiun Hujan

Stasiun Hujan	Luas Pengaruh Stasiun (m <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen
Kandangan	40591341	0.827
Gunungsari	3416286	0.070
Gubeng	69329	0.001
Banyu Urip	5002627	0.102
Luas Total	49079583	

**Tabel 2.** Curah Hujan Rata-Rata Maksimum

No	Tahun	R maks (mm)
1	2003	104.95
2	2004	75.59
3	2005	65.34
4	2006	72.82
5	2007	93.76
6	2008	110.64
7	2009	79.27
8	2010	111.59
9	2012	80.92
10	2014	72.04

### C. Perhitungan Parameter Statistik

Perhitungan ini digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi yang akan digunakan. Dalam perhitungan parameter dasar statistik ini akan dicari nilai Cs, Ck, Cv, Standar deviasi, dan Xrata-rata. Adapun perhitungan terlampir pada 3.

**Tabel 3.** Perhitungan Parameter Statistik

Tahun	R (mm)	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2003	104.95	18.26	333.35	6086.39	111125.27
2004	75.59	-11.10	123.25	-1368.37	15191.65
2005	65.34	-21.35	455.91	-9734.55	207852.02
2006	72.82	-13.87	192.43	-2669.42	37030.22
2007	93.76	7.07	49.96	353.09	2495.66
2008	110.64	23.95	573.51	13734.34	328909.94
2009	79.27	-7.42	55.09	-408.85	3034.48
2010	111.59	24.90	619.91	15434.53	384288.91
2012	80.92	-5.77	33.32	-192.30	1109.95
2014	72.04	-14.65	214.68	-3145.51	46087.98
jumlah	866.92		2651.41	18089.35	1137126.07
rata-rata	86.69				

### ➤ Metode Normal dan Gumbel

Perhitungan Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2651,41}{10}} = 17,16 \text{ mm}$$

Perhitungan Nilai Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$Cs = \frac{10}{9 \times 8 \times 17,16^3} \times 18089,35 = 0,50$$

Perhitungan Nilai Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)s^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$Ck = \frac{100}{9 \times 8 \times 17,16^4} \times 1137126,07$$

$$Ck = 2,60$$

Perhitungan Nilai Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$Cv = \frac{17,16}{86,69} = 0,20$$

➤ Metode Log Normal

$$Cs = Cv^3 + 3(Cv)$$

$$Cs = 0,20^3 + 3(0,20)$$

$$Cs = 0,60$$

$$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$$

$$Ck = 0,20^8 + 6(0,20^6) + 15(0,20^4) + 16(0,20^2) + 3$$

$$Ck = 3,65$$

Setiap distribusi memiliki syarat-syarat parameter statistik. Pada Tabel 4 akan dipaparkan penentuan distribusi hujan berdasarkan syarat-syarat parameter statistik

**Tabel 4** Penentuan Distribusi Curah Hujan

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	keterangan
1	Normal	Cs = 0	0.50	tidak diterima
		Ck = 3	2.60	
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> +3Cv	0.60	tidak diterima
		Ck = Cv <sup>8</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> + 16Cv <sup>2</sup> + 3	3.65	
3	Gumbel	Cs = 1,14	0.50	tidak diterima
		Ck = 5,4	2.60	
4	log pearson III	Selain dari nilai diatas/flexiblel		Diterima

sumber : Triatmodjo, 2010

Dari perhitungan parameter statistik diatas dan ditinjau dari persyaratannya, maka distribusi yang sesuai adalah distribusi *Log Pearson tipe III*. Kemudian distribusi tersebut dilakukan uji kecocokan yaitu uji Chi Kuadrat dan uji *Smirnov-Kolmogorov*. Rekapitulasi uji Chi Kuadrat dan uji *Smirnov Kolmogorov* dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Uji Kecocokan

Jenis Distribusi	Chi Kuadrat				Smirnov Kolmogorov			
	Xh <sup>2</sup>	<	X <sup>2</sup> kr	Ket	Xh <sup>2</sup>	>	X <sup>2</sup> kr	Ket
Log Pearson Tipe III	1.2	<	3,841	OK	0.13	>	0,41	OK

Kesimpulan yang didapat dari tabel 5 bahwa distribusi *Log Pearson Tipe III* bisa digunakan untuk perhitungan hujan rencana. Hal ini karena distribusi *Log Pearson Tipe III* memenuhi dari Uji Chi Kuadrat maupun Uji *Smirnov-Kolmogorov*. Berikut pada tabel 6 adalah hasil perhitungan hujan rencana dengan menggunakan *Log Pearson Tipe III*.

**Tabel 6.** Tinggi Hujan pada jam ke-t

Rt	PUH			Rt'	PUH		
	2	5	10		2	5	10
jam	mm			jam	mm		
1	53,16	62.99	69.21	1	53.16	62.99	69.21
2	26.79	39.68	43.60	2	0.42	16.37	17.99
3	25.56	30.28	33.27	3	23.09	11.49	12.62
4	21.10	25.00	27.47	4	7.72	9.14	10.05

**D. Analisa Debit**

Setelah diketahui nilai hujan per jam, selanjutnya adalah melakukan analisa dbit. Analisa debit dimaksudkan untuk menghitung besarnya debit banjir rencana yang nantinya akan digunakan untuk perencanaan kapasitas saluran. Dalam tugas akhir ini, digunakan program bantu HEC-HMS untuk memperoleh debit banjir pada setiap saluran.

Parameter yang dibutuhkan sebagai data inputan HEC-HMS meliputi tinggi hujan, nilai impervious, nilai curve number, nilai rata-rata kemiringan lahan, dan *time lag*. Output dari program HEC-HMS adalah debit banjir pada masing-masing saluran digunakan periode ulang 10 tahun untuk merencanakan saluran primer. Berikut beberapa contoh debit puncak saluran primer di Kali Kandangan, Kali Sememi, Kali Balong, dan saluran primer Margomulyo.

**Tabel 7.** Debit Puncak pada DAS Gunungsari bagian hulu

River Sta	Saluran	Debit Puncak (m3/dt)
18	Margomulyo	31,03
34	Kali Balong	73,74
36	Kali Kandangan	62,50
53	Kali Sememi	100,80

**E. Analisa Hidrolika**

Analisa hidrolika adalah analisa kapasitas penampang saluran terhadap debit banjir yang terjadi. Dlam tugas akhir ini perhitungan analisa hidrolika akan dibantu dengan program HEC-RAS. Analisa hidolika ini terdiri dari analisa penampang eksisting, analisa penampang rencana, dan analisa *backwater*.

**1) Analisa penampang eksisting saluran**

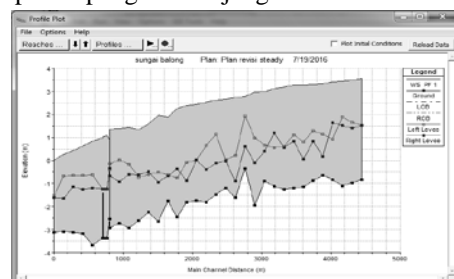
Analisa penampang eksisting dengan menggunakan HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui kondisi dari saluran primer Margomulyo, Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi saat ini (eksisting). Dengan mengunakan HEC-RAS maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir.

Untuk membuat model aliran eksisting, input data yang digunakan adalah :

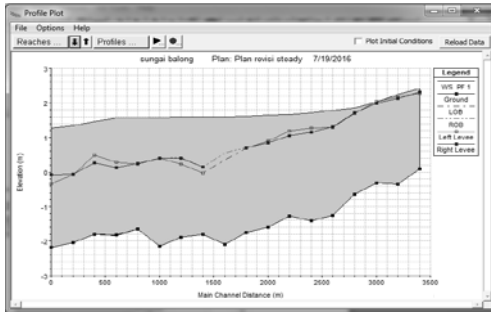
1. Data Geometri
  - a. Skema alur saluran primer Margomulyo, Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi. Skema eksisting 4 saluran primer dimulai dari hulu (saluran primer Gunungsari) dan hilirnya yang bermuara ke Selat Madura.
  - b. Data penampang memanjang dan melintang sungai
2. Data debit yang masuk ke setiap saluran. Data debit ini dari pemodelan menggunakan HEC-HMS
3. Data Hidrolika  
Yaitu koefisien *manning* (n) merupakan parameter yang menunjukkan kekasaran dasar saluran dan tanggul kanan kiri.

Output dari analisa eksisting ini sebagai berikut :

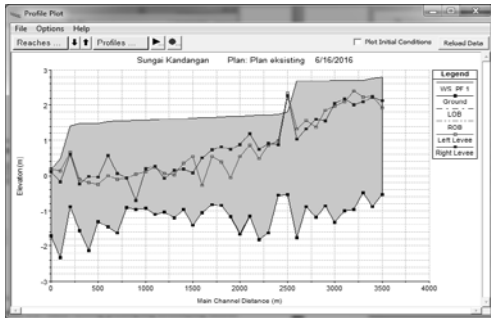
a. Profil penampang memanjang



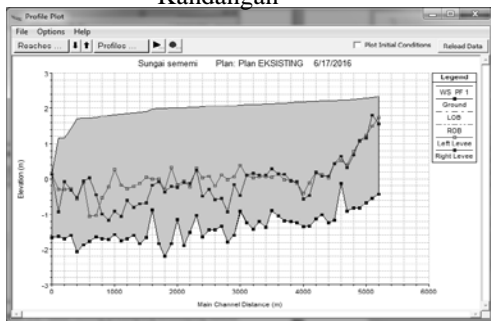
Gambar 3. Hasil *running* penampang memanjang Kali Balong



Gambar 4. Hasil *running* penampang memanjang saluran primer Margomulyo



Gambar 5. Hasil *running* penampang memanjang Kali Kandangan



Gambar 6. Hasil *running* penampang memanjang Kali Sememi

Berdasarkan hasil output HEC-RAS ternyata penampang eksisting saluran tidak dapat menampung debit banjir yang ada, maka direncanakan normalisasi dengan cara mendesain ulang penampang.

## 2) Analisa penampang rencana

Normalisasi pada saluran primer Margomulyo direncanakan dengan penampang persegi dan tepi saluran terbuat dari pasangan batu kosong seperti kondisi eksisting yang ada. Sedangkan untuk Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi merupakan saluran alam, sehingga untuk normalisasi ini bentuk penampang akan di buat trapesium dan juga persegi sesuai dengan lahan yang tersedia di lapangan. Langkah-langkah untuk normalisasi yaitu:

1. Perencanaan kemiringan dasar saluran rencana
2. Perhitungan dimensi rencana
3. Pemodelan pada HEC-RAS

## 3) Perencanaan Kapasitas Pompa dan Pintu Air Pada Kali Balong bagian hilir

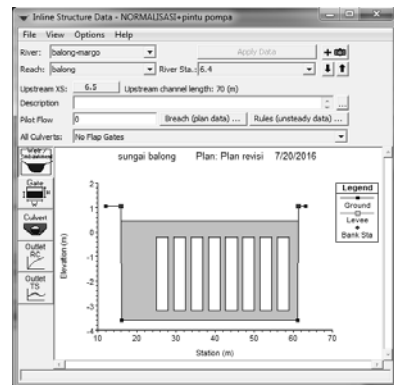
Kondisi eksisting pada Kali Balong terdapat pintu air dan juga pompa, maka pada tugas akhir ini juga akan di rencanakan pintu air dan pompa dengan program

bantu HEC-RAS. Pompa pada Kali Balong ada 5 unit dimana setiap unit memiliki kapasitas pompa sebesar  $2\text{m}^3/\text{dt}$ , maka total kapasitas keseluruhan adalah  $10\text{m}^3/\text{dt}$ .

Pump Name	WS Elev (m)	WS Elev (ft)
1	-3.2	0
2	-2.0	0
3	-2	0
4	-1	0
5	-1	0

Gambar 7. Data Operasional Pompa

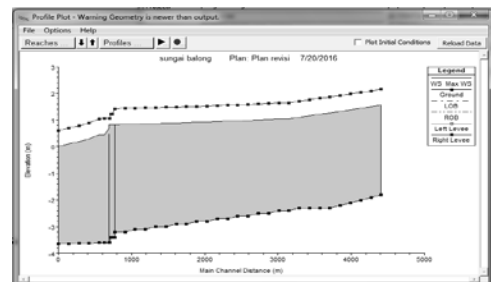
Untuk perencanaan pintu pada Kali Balong akan di rencanakan dengan 8 pintu dimana setiap pintu memiliki lebar 3m, dan lebar pilar 1,1 m.



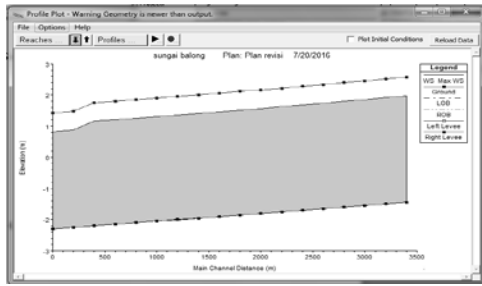
Gambar 8. Tampilan Konstruksi Pintu

Pada gambar diatas ada ruang di sebelah kiri pintu dengan lebar 9 m. Ruang tersebut nantinya akan digunakan sebagai pondasi rumah pompa balong.

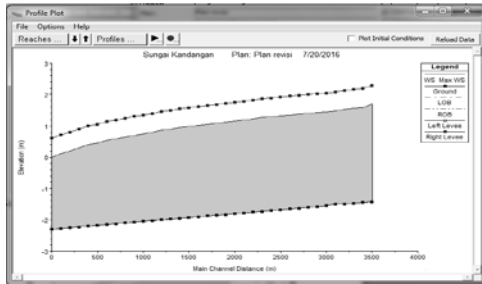
Hasil dari analisa penampang rencana seperti pada gambar berikut:



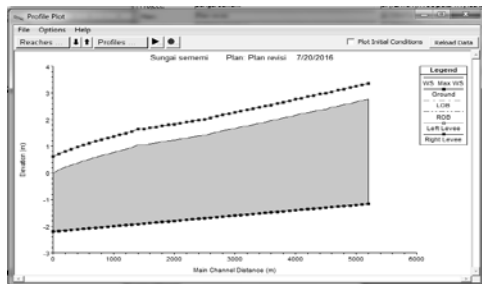
Gambar 9. Profil Muka Air Kali Balong Setelah Normalisasi



Gambar 10. Profil Muka Air Saluran Primer Margomulyo Setelah Normalisasi



Gambar 11. Profil Muka Air Kali Kandangan Setelah Normalisasi



Gambar 12. Profil Muka Air Kali Sememi Setelah Normalisasi

Dari profil muka air setelah normalisasi diatas menunjukkan bahwa penampang dimensi rencana mampu menampung debit yang mengalir.

#### 4) *Analisa backwater*

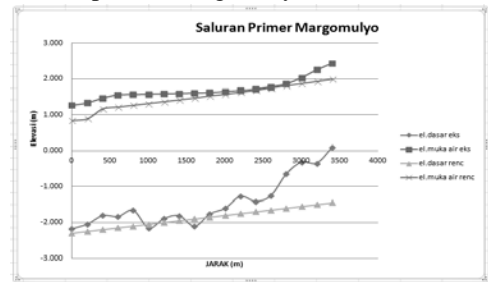
*Backwater* terjadi karena ada pengaruh pasang surut air laut. Dengan adanya *backwater* bisa menyebabkan aliran air berbalik dari laut menuju sungai sehingga akan terjadi banjir di hilir sungai. Akan tetapi karena nilai pasang pada Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi tidak terlalu tinggi dimana nilai pasang di elevasi 0 m, maka dari itu salah satu upaya pencegahan adanya *backwater* ini adalah dengan membuat tanggul di hilir.

Tinggi tanggul yang direncanakan untuk Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi adalah 0,6 m.

#### 5) *Perbandingan Profil Muka Air Penampang Eksisting dan Setelah Normalisasi.*

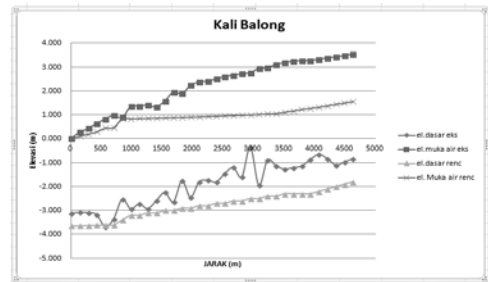
Dari hasil analisa penampang eksisting dan analisa penampang rencana didapatkan profil muka air yang berbeda, yang dimaksud adalah tinggi elevasi muka air dan elevasi dasar saluran seperti grafik dibawah ini:

#### a) Saluran primer Margomulyo



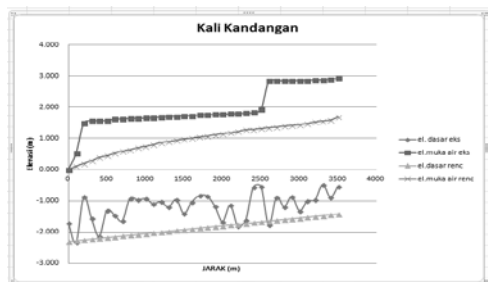
Grafik 5.5 Perbandingan Profil Muka Air Saluran Eksisting dan Perencanaan Saluran Primer Margomulyo

#### b) Kali Balong



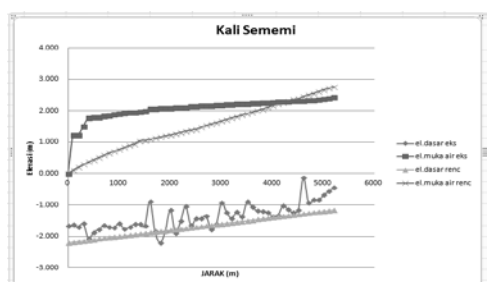
Grafik 5.6 Perbandingan Profil Muka Air Eksisting dan Perencanaan Kali Balong

#### c) Kali Kandangan



Grafik 5.7 Perbandingan Profil Muka Air Saluran Eksisting dan Perencanaan Kali Kandangan

#### d) Kali Sememi



Grafik 5.8 Perbandingan Profil Muka Air Saluran Eksisting dan Perencanaan Kali Sememi

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Debit banjir rencana periode ulang 10tahun yang masuk ke saluran primer Margomulyo adalah  $30,37 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada bagian hulu dan  $82,33 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada bagian hilir. Untuk debit yang masuk ke Kali Balong adalah  $69,29 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada

bagian hulu dan 185,82 m<sup>3</sup>/dt pada bagian hilir. Untuk debit perencanaan yang masuk ke Kali Kandangan adalah 63,59 m<sup>3</sup>/dt pada bagian hulu dan 108,08 m<sup>3</sup>/dt pada bagian hilir. Sedangkan debit perencanaan yang masuk ke Kali Sememi adalah 104,49 m<sup>3</sup>/dt pada bagian hulu dan 144,08 m<sup>3</sup>/dt pada bagian hilir.

2. Dari hasil analisa hidrolika disimpulkan bahwa penampang eksisting tidak dapat menampung debit perencanaan yang mengalir, sehingga dilakukan normalisasi saluran. Dari normalisasi saluran didapatkan dimensi untuk:
  - a) Saluran primer Margomulyo dengan b = 10 m dan h=3,43 m pada bagian hulu saluran, sedangkan untuk di hilir saluran direncanakan dengan b= 15 m dan h=3,13 m.
  - b) Kali Balong dengan b=20 m dan h=3,36 m pada bagian hulu saluran, sedangkan untuk di hilir saluran direncanakan dengan b=48 m dan h=3,65 m.
  - c) Kali Kandangan dengan b=20 m dan h=3,12 m pada bagian hulu saluran, sedangkan untuk di hilir saluran direncanakan dengan b=30 m dan h=2,30 m.
  - d) Kali Sememi dengan b=20m dan h=3,92 m pada bagian hulu saluran, sedangkan untuk di hilir saluran direncanakan dengan b=38m dan h=2,20 m.
3. Ada pengaruh *backwater* pada Kali Balong, Kali Kandangan dan Kali Sememi. *Backwater* terjadi karena adanya pengaruh pasang surut air laut, dimana menurut SDMP Surabaya ketinggian pasang pada Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi pada elevasi 0 m. Karena pengaruh *backwater* tidak terlalu tinggi, maka alternatif yang digunakan untuk mengatasi pengaruh *backwater* adalah dengan perencanaan tanggul. Tinggi tanggul pada Kali Balong, Kali Kandangan, dan Kali Sememi direncanakan dengan ketinggian 0,6 m.
4. Dari hasil analisa penampang eksisting dan analisa penampang rencana didapatkan profil muka air saluran yang berbeda. Dimana elevasi muka air rencana lebih rendah daripada elevasi muka air eksisting. Ini dikarenakan kondisi eksisting sudah di normalisasi dengan cara dilebarkan dan elevasi dasar eksisting sudah mengalami pengerukan dan beberapa ditimbun, sehingga menghasilkan elevasi rencana yang lebih landai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fadli, Dicky. 2016. *Evaluasi Penanggulangan Banjir Saluran Primer Gunungsari DAS Rayon 5 Tandes Bagian Hulu*. Tugas Akhir Sarjana pada Teknik Sipil ITS Surabaya: tidak diterbitkan.
- [2] Hidrologic Engineering Center. 2008. "*HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Version 4.0*". U.S. Army Corps of Engineers. Davis CA.
- [3] Hidrologic Engineering Center. 2010. "*HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 4.1*". U.S. Army Corps of Engineers. Davis CA.
- [4] Hidrologic Modeling System. 2000. "*HEC-HMS Technical Reference Manual Version 4.1*". U.S. Army Corps of Engineers. Davis CA.
- [5] Hidrologic Modeling System. 2015. "*HEC-HMS User's Manual Version 4.1*". U.S. Army Corps of Engineers. Davis CA.
- [6] Istiarto. 2014. "*Modul Pelatihan HEC-RAS*". Yogyakarta: UGM.
- [7] MacDonald Cambridge UK dan PT. Tricon Jaya 2000. "*Surabaya Drainase Master Plan 2018*". Surabaya.
- [8] Soemarto. 1999. "*Hidrologi Teknik*". Jakarta: Erlangga.
- [9] Soewarno. 1995. "*Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)*". Bandung: Nova.
- [10] Suripin. 1998. "*Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*". Yogyakarta: Andi.
- [11] Suyono. 2006. "*Hidrologi Untuk Pengairan*". Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [12] Triatmojo B. 2010. "*Hidrologi Terapan*". Yogyakarta: Beta Offset.