

# Evaluasi Penanggulangan Banjir Saluran Primer Gunungsari Das Rayon 5 Tandes Bagian Hulu

Dicky Muhamad Fadli dan Dr.Techn. Umboro Lasminto,ST.,M.Sc , Yang Ratri Savitri ST.,MT.  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: [umboro\\_hydro@yahoo.com](mailto:umboro_hydro@yahoo.com) , [ratrihafitri@gmail.com](mailto:ratrihafitri@gmail.com)

**Abstrak** — Terjadinya banjir / genangan wilayah Gunungsari disebabkan salah satunya oleh perkembangan pembangunan di kota Surabaya, khususnya Rayon Tandes bagian hulu. Pembangunan tersebut mengakibatkan perubahan *land use* (tata guna lahan) yang sebelumnya berfungsi sebagai daerah konservasi (resapan) menjadi daerah perumahan dan industri. Sehingga merubah koefisien pengaliran menjadi lebih besar, serta berpengaruh terhadap air limpasan yang masuk kedalam jaringan drainase menjadi semakin besar.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan evaluasi terkait sistem primer Gunungsari dengan DAS Rayon Tandes bagian hulu. Solusinya ialah perencanaan ulang saluran Primer Gunungsari dengan meninjau rencana tata ruang wilayah Surabaya 2034. Serta pembagian debit melalui kali - kali di sekitar saluran Gunungsari. Analisa dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-HMS untuk analisa hidrologi dan program bantu HEC-RAS untuk analisa hidrolika

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, didapat dimensi pada bagian hulu selebar 7 meter dengan material beton. Serta dihilir menggunakan *box culvert* dengan lebar efektif 8 m dan 12 m. Pembagian debit terhadap kali di modelkan dengan penggunaan pintu air.

**Kata Kunci**— drainase, Gunungsari, HEC-HMS, HEC-RAS.

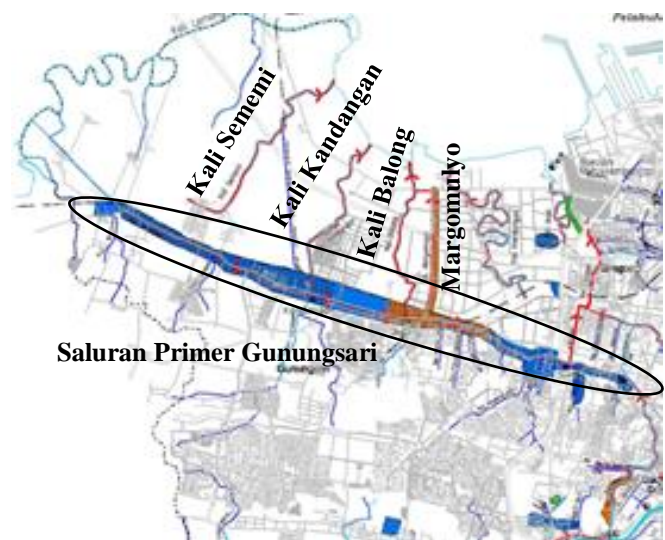
## I. PENDAHULUAN

**B**ANJIR merupakan masalah yang selalu ada di kota-kota besar di Indonesia, termasuk kota Surabaya. Kota Surabaya memiliki lima sistem drainase, yaitu Rayon 1 (Genteng), Rayon 2 (Gubeng), Rayon 3 (Jambangan), Rayon 4 (Wiyung), dan Rayon 5 (Tandes). Dari kelima sistem tersebut, Rayon 5 (Tandes) merupakan wilayah dengan banjir/genangan cukup besar.

Terjadinya banjir/genangan disebabkan salah satunya oleh perkembangan pembangunan di kota Surabaya, khususnya Rayon Tandes bagian hulu. Pembangunan tersebut mengakibatkan perubahan *land use* (tata guna lahan) yang sebelumnya berfungsi sebagai daerah konservasi (resapan) menjadi daerah perumahan dan industri. Sehingga merubah koefisien pengaliran menjadi lebih besar, serta berpengaruh terhadap air limpasan yang masuk kedalam jaringan drainase menjadi semakin besar.

Sistem drainase Gunungsari primer memiliki hulu di Kali Mas dan hilir di Kali Lamong. Pada awalnya saluran ini di desain sebagai saluran irigasi namun dengan perkembangan di wilayah ini saluran tersebut dirubah dan dimanfaatkan sebagai saluran drainase..

Sistem ini memiliki panjang 15623,89 m dan melewati beberapa kali yang bermuara di laut Jawa. Kali tersebut ialah Kali Sememi, Kali Kandangan, Kali Balong dan Kali Margomulyo. Pada awalnya arah aliran sistem primer Gunungsari direncanakan menuju Kali Mas. Sehingga terjadi genangan di sepanjang saluran primer Gunungsari karena terlalu panjangnya saluran dan lamanya pengaliran, sehingga debit yang diterima menjadi besar dan saluran tidak mampu menampungnya.



Gambar. 1.1 Denah genangan Surabaya Barat

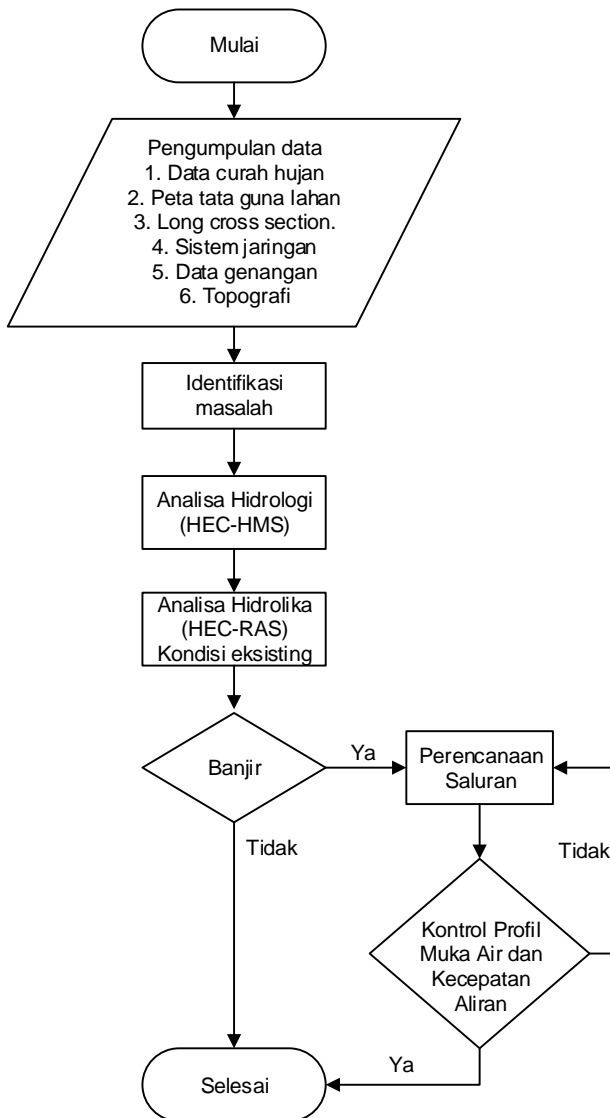
Oleh sebab itu penyusunan tugas akhir ini akan mengevaluasi dan merencanakan dimensi saluran primer Gunungsari serta mengurangi debit aliran dengan cara membagi debit aliran dari saluran Gunungsari ke kali terdekat yaitu Margomulyo, Kali Balong, Kali Kandangan dan Kali Sememi.

Adapun analisa yang dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-HMS dan HEC-RAS. Program bantu HEC-HMS digunakan untuk analisa hidrologi dengan data masukan berupa data curah hujan, luasan wilayah, topografi, *curve number*, *impervious* dan nilai *manning* tiap saluran. Output dari HEC-HMS berupa *direct flow*, *base flow*, dan *total inflow*. Sedangkan HEC-RAS digunakan untuk analisa hidrolika dengan data masukan berupa data *inflow* dari HEC-HMS dan geometri dari penampang baik *cross section* maupun *long section*. Output dari HEC-RAS berupa profil muka air dan

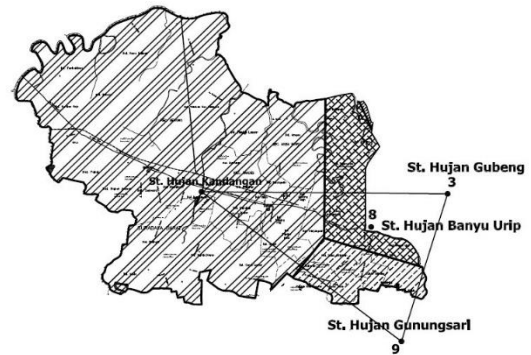
kecepatan aliran sebagai kontrol.

merupakan peta DAS Gunungsari beserta stasiun hujan yang berpengaruh.

II. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2.1 Metodologi Perencanaan



Gambar 3.1 Polygon Thiessen DAS Rayon Tandes

Tabel 3.1 Koef Thiessen

Stasiun	Area	Koefisien
Kandangan	40591341	0.827
Gunungsari	3416286	0.070
Gubeng	69329	0.001
Banyu Urip	5002627	0.102
<b>Total</b>	<b>49079583</b>	<b>1</b>

Tabel 3.2 Curah Hujan Rata-rata maksimum

No	Tahun	Rmax (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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan untuk mengetahui secara detail mengenai parameter – parameter hidrologi di DAS Rayon Tandes. Yang dihasilkan dari analisa hidrologi ini berupa debit eksisting maupun rencana untuk merencanakan suatu dimensi saluran.

3.1.1 Analisa Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk acuan dalam perencanaan drainase adalah curah hujan wilayah dari stasiun hujan yang berpengaruh di DAS Gunungsari. St. hujan yang berpengaruh ialah st. hujan Kandangan, st. hujan Banyu urip, st. hujan Gunungsari dan st. hujan Gubeng. Data yang digunakan adalah data dari tahun 2005 hingga 2014. Berikut

3.1.2 Perhitungan Parameter Statistik

Pemilihan fungsi distribusi yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi didasarkan pada nilai parameter-parameter statistik dari data lapangan yang cocok atau mendekati fungsi distribusi yang berkaitan.

Nilai parameter statistik meliputi parameter nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), simpangan baku (Sd), koefisien variasi (Cv), Koefisien kemiringan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck).

Tabel 3.3 Parameter statistik distribusi Normal dan Gumbel

Tahun	CH max	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
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				

$$\bar{X} = \frac{866,92}{10} = 86,69$$

$$S = \sqrt{\frac{2651,41}{10-1}} = 17,16$$

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{17,16}{86,69} = 0,2$$

$$Cs = \frac{10 \times 18089,35}{(10-1) \times (10-2) \times 17,16^3} = 0,5$$

$$Ck = \frac{10^2 \times 1137126,07}{(10-1) \times (10-2) \times (10-3) \times 17,16^4} = 2,6$$

Tabel 3.4 Parameter statistik distribusi Log Normal dan Log Pearson tipe III

Tahun	CH Max	log Xi	Xi log - Xi log	(Xi log - Xi log) <sup>2</sup>	(Xi log - Xi log) <sup>3</sup>	(Xi log - Xi log) <sup>4</sup>
2010	111.59	2.05	0.1171	0.0137	0.00161	0.000188
2003	104.95	2.02	0.0905	0.0082	0.00074	0.000067
2008	110.64	2.04	0.1134	0.0129	0.00146	0.000165
2007	93.76	1.97	0.0415	0.0017	0.00007	0.000003
2006	72.82	1.86	-0.0683	0.0047	-0.00032	0.000022
2004	75.59	1.88	-0.0521	0.0027	-0.00014	0.000007
2005	65.34	1.82	-0.1153	0.0133	-0.00153	0.000177
2012	80.92	1.91	-0.0225	0.0005	-0.00001	0.000000
2014	72.04	1.86	-0.0729	0.0053	-0.00039	0.000028
2009	79.27	1.90	-0.0314	0.0010	-0.00003	0.000001
<b>Jumlah</b>		19.31	0.00000	0.0640	0.00145	0.000659
<b>Rata-rata</b>		1.93				

$$\log \bar{X} = \frac{19,31}{10} = 1,93$$

$$S = \sqrt{\frac{0,0640}{10-1}} = 0,08$$

$$Cv = \frac{0,08}{1,93} = 0,041$$

$$Cs = \frac{10 \times 0,00145}{(10-1) \times (10-2) \times 0,08^3} = 0,6$$

$$Ck = \frac{10^2 \times 0,000659}{(10-1) \times (10-2) \times (10-3) \times 0,08^4} = 3,19$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat kesimpulan sebagai berikut.

Tabel 3.5 Hasil perhitungan Parameter Statistik

No	Parameter	Parameter Statistik	Parameter Statistik Logaritma
1	Cv	0.20	0.041
2	Cs	0.50	0.34
3	Ck	2.60	3.19

Dari parameter diatas, dipilih jenis distribusi yang sesuai untuk digunakan dalam tugas akhir ini.

Tabel 3.6 Syarat dan pemilihan jenis distribusi

No	Distribusi	Syarat	Hasil Hitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	0.50 2.60	Tidak Diterima
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> +3Cv=3 Ck = 5,383	0.34 3.19	Tidak Diterima
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4	0.50 2.60	Tidak Diterima
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0	0.34	Diterima

Dari tabel 3.6 didapat kesimpulan bahwa distribusi yang diterima ialah Log Pearson Tipe III. Selanjutnya dilakukan uji kecocokan. Uji kecocokan yang dilakukan ialah uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Berikut rekapitulasi dari uji tersebut.

Tabel 3.7 Rekapitulasi uji kecocokan

Uji Kecocokan	Syarat	Hasil	Keterangan
Chi Square	3,841	2	OKE
Smirnov-Kolmogorov	0,41	0,1304	OKE

Kesimpulan dari tabel diatas ialah dapat digunakannya metoda distribusi Log Perason Tipe III untuk menghitung hujan rencana. Berikut merupakan hasil perhitungan curah hujan rencana menggunakan Log Pearson Tipe III.

Tabel 3.8 Tinggi Curah Hujan Rencana pada jam ke-t

Rt	PUH			Rt'	PUH		
	2	5	10		2	5	10
jam	mm			jam	mm		
1	61.38	62.99	69.21	1	61.38	62.99	69.21
2	38.67	39.68	43.60	2	15.95	16.37	17.99
3	29.51	30.28	33.27	3	11.19	11.49	12.62
4	24.36	25.00	27.47	4	8.91	9.14	10.05
<b>Total</b>					97.44	100.00	109.87

### 3.1.3 Analisa Debit

Setelah diketahui nilai hujan per jam, selanjutnya ialah melakukan analisa debit. Analisa ini difungsikan untuk menghitung besarnya debit yang terjadi yang akan digunakan untuk evaluasi dan perencanaan saluran. Analisa ini menggunakan program bantu HEC-HMS untuk memodelkannya. Adapun data yang dibutuhkan ialah

- Catchment area
- Overland flow
- Kemiringan lahan
- Nilai impervious (RTRW dan google maps)
- Curve number (RTRW dan google maps)
- Panjang saluran
- Nilai Manning
- Lebar saluran
- Tutupan lahan (initial abstraction)

Untuk evaluasi saluran eksisting, digunakan curve number dan impervious dari googlemaps. Sedangkan untuk perencanaan digunakan Rencana Tata Ruang Wilayah Surabaya. Dalam perencanaan saluran primer Gunungsari digunakan periode ulang 10 tahunan. Ketentuan ini berdasarkan Surabaya Drainage Master Plan.

Output dari HEC-HMS berupa Unit Hydrograph. Adapun rekapitulasi dari debit puncak di tiap cross section untuk eksisting dan perencanaan sbagai data masukan HEC-RAS adalah sebagai berikut.

Tabel 3.9 Debit Puncak Eksisting

Cross Section	Debit	Cross Section	Debit	Cross Section	Debit
	m3/dtk		m3/dtk		m3/dtk
51	1.873	31	1.258	11	0.000
50	3.663	30	18.143	10	5.540
49	0.927	29	0.769	9	67.422
48	2.900	28	0.457	8	0.964
47	0.000	27	2.616	7	0.000
46	0.000	26	0.621	6	0.000
45	2.310	25	1.247	5	1.015
44	1.323	24	2.516	4	3.262
43	5.121	23	4.480	3	2.532
42	1.147	22	0.712	2	13.380
41	1.167	21	10.191	1	27.712
40	1.444	20	0.483	9s	0.000
39	0.239	19	4.056	8s	0.000
38	0.153	18	0.000	7s	0.000
37	10.010	17	0.865	6s	0.000
36	0.000	16	0.746	5s	41.806
35	2.123	15	32.415	4s	1.158
34	0.303	14	1.135	3s	0.000
33	0.662	13	3.272	2s	2.142
32	19.974	12	5.277	1s	31.953

Tabel 3.9 Debit Puncak Rencana

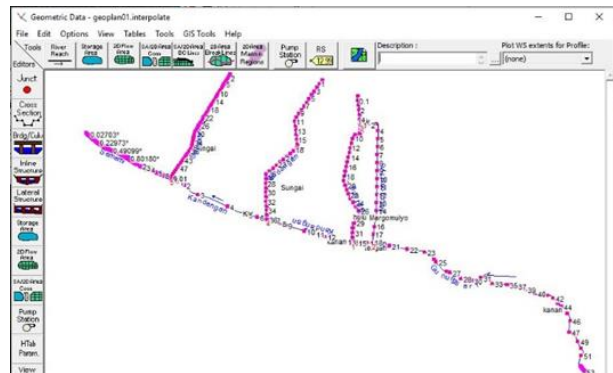
Cross Section	Debit	Cross Section	Debit	Cross Section	Debit
	m3/dtk		m3/dtk		m3/dtk
51	1.882	31	1.110	11	0.000
50	3.576	30	15.973	10	5.251
49	1.127	29	0.749	9	79.698
48	2.790	28	0.457	8	0.994
47	0.000	27	2.591	7	0.000
46	0.000	26	0.679	6	0.000
45	2.787	25	1.116	5	0.977
44	1.334	24	0.222	4	3.228
43	6.035	23	4.568	3	2.568
42	0.943	22	0.714	2	19.076
41	1.444	21	9.569	1	35.548
40	0.251	20	0.665	9s	0.000
39	0.251	19	4.511	8s	0.000
38	0.148	18	0.000	7s	0.000
37	7.730	17	0.865	6s	0.000
36	0.000	16	0.685	5s	40.014
35	2.096	15	36.636	4s	1.948
34	0.288	14	1.169	3s	0.000
33	0.708	13	3.281	2s	5.469
32	17.180	12	4.971	1s	30.992

3.2. Analisa Hidrolika

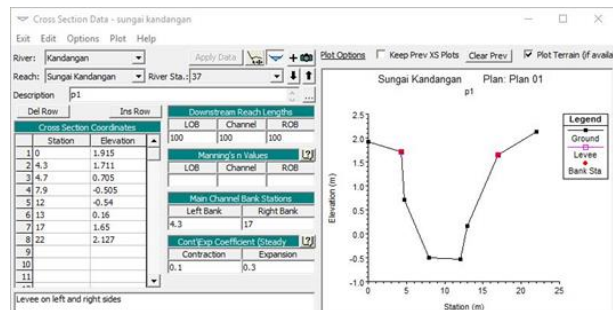
Analisa hidrolika ialah analisa kapasitas penampang yang akan di alirkan debit eksisting maupun rencana. Adapun untuk menganalisanya digunakan program bantu HEC-RAS. Data masukannya berupa *long-cross section*, nilai *manning*, debit dari HEC-HMS.

3.2.1 Analisa Kapasitas Eksisting

Analisa ini untuk mengetahui kondisi eksisting dari saluran primer Gunungsari. Berikut geometri dari saluran primer Gunungsari.

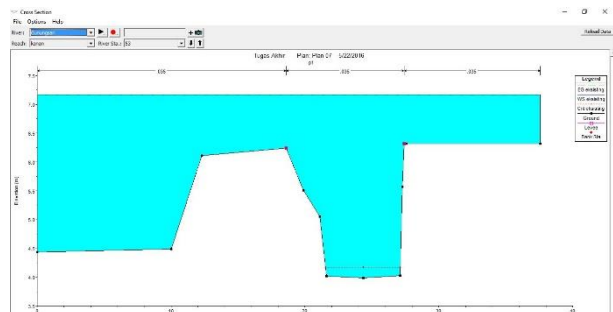


Gambar 3.2 Skema Jaringan Saluran Primer Gunungsari

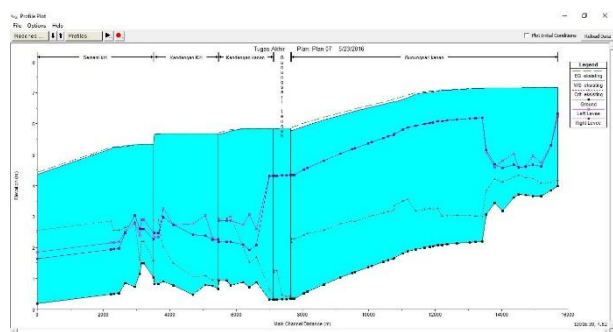


Gambar 3.3 Cross section saluran primer Gunungsari

Setelah input geometri dan debit selesai, berikut merupakan hasil *running* program tersebut.



Gambar 3.4 Output cross section



Gambar 3.4 Output long section

Berdasarkan hasil analisa penampang secara manual dan menggunakan HEC-RAS, didapat kesimpulan bahwa saluran eksisting tidak dapat menampung debit yang ada. Sehingga perlu adanya alternatif perbaikan. Keterbatasan lahan untuk pelebaran saluran drainase menjadi kendala. Dari berbagai alternatif perbaikan, normalisasi saluran dan pembagian debit Gunungsari bagian hulu terhadap sungai yang ada dapat dijadikan solusi terhadap masalah ini.

3.2.1 Perencanaan Dimensi Saluran

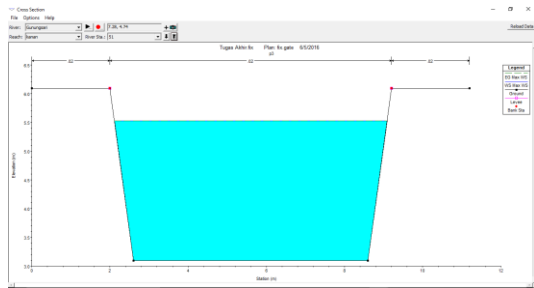
Perencanaan dimensi saluran primer Gunungsari ini berdasarkan debit yang akan dialirkan dan lebar saluran yang dapat digunakan. Lebar rata rata dari saluran eksisting untuk hulu ialah 7-9 m. Untuk perencanaan tinggi saluran memperhitungkan adanya tinggi jagaan dan sedimentasi.

Tinggi jagaan digunakan 0,3 m untuk saluran di hulu, sedangkan untuk saluran *box culvert* digunakan 0,5 m. Tingginya diambil berdasarkan debit yang direncanakan di suatu penampang. Untuk sedimentasi diasumsikan 5% dari debit yang ada.

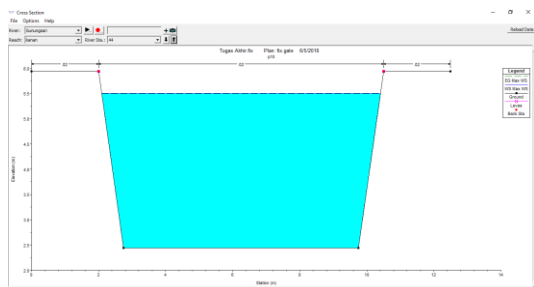
Setelah di analisa manual, penampang dibagi kedalam 4 tipe saluran yaitu :

- a. Tipe 1, perkuatan beton dengan  $b = 6m$ ,  $h = 2m$ ,  $z = 0,3$
- b. Tipe 2, perkuatan beton dengan  $b = 7m$ ,  $h = 2.5m$ ,  $z = 0,3$
- c. Box Culvert,  $8m \times 4m \times 1.2m$
- d. Box Culvert,  $12m \times 4m \times 1.2m$

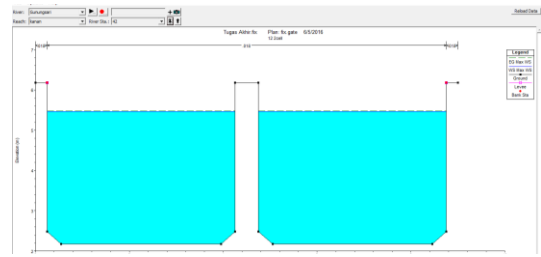
Masukan data geometri perencanaan dalam HEC-RAS, lalu masukan debit yang direncanakan untuk periode ulang 10 tahun. Setelah itu masukan debit dengan metoda *unsteady flow*. Maka akan didapat hasil *running* sebagai berikut.



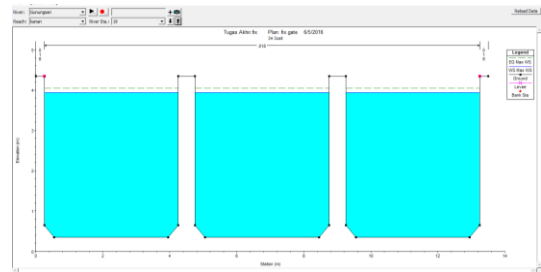
Gambar 3.5 Output cross section type 1



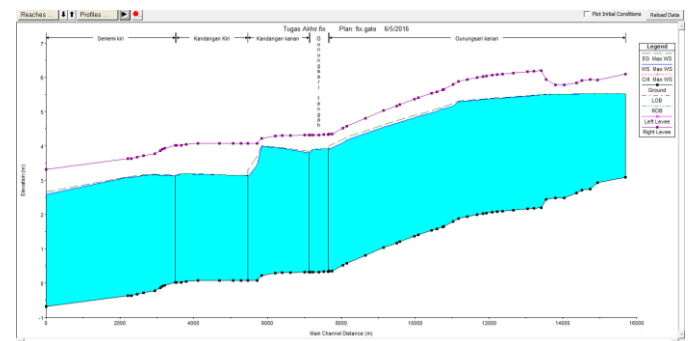
Gambar 3.6 Output cross section type 2



Gambar 3.7 Output cross section type 3



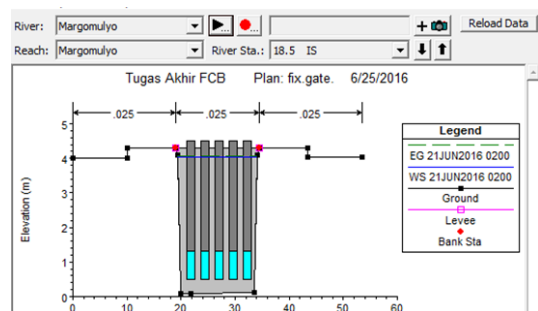
Gambar 3.8 Output cross section type 4



Gambar 3.9 Output long section

Setelah dilakukan pemodelan, didapat kesimpulan bahwa dimensi perencanaan saluran primer Gunungsari dapat menampung debit yang berasal DAS Rayon Tandes bagian hulu. Akan tetapi, kali-kali yang menerima debit dari Gunungsari tidak dapat menampung debit yang ada.

Sehingga perlu adanya normalisasi di tiap sungai dan disesuaikan dengan kondisi yang ada. Dari semua kali yang ada, Mergomulyo memiliki keterbatasan lahan. Sehingga debit yang masuk perlu diatur. Debit maksimal yang diperbolehkan di Margomulyo sebesar  $\pm 30 m^3/dtk$ . Oleh karena itu diperlukan adanya pintu air di Mergomulyo untuk mengatur itu.



Gambar 3.10 cross section gate



Dengan adanya pintu menyebabkan profil muka air di Margomulyo turun sebesar **100** cm. adapun tabel selengkapnya seperti berikut.

Tabel 3.10 Debit Margomulyo

Profile	Plan	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
Max WS	fixgate	30.2	2.06	2.12	0.0004	1.08	0.25
Max WS	fix	66.8	3.53	3.55	0.000111	0.82	0.14
1:00	fixgate	22.95	1.55	1.62	0.000598	1.12	0.3
1:00	fix	37.63	2.16	2.24	0.000542	1.28	0.29
2:00	fixgate	30.19	1.97	2.04	0.000464	1.14	0.27
2:00	fix	67.65	3.38	3.42	0.000142	0.9	0.16
3:00	fixgate	30.37	2.06	2.12	0.000406	1.09	0.25
3:00	fix	61.1	3.44	3.47	0.000106	0.78	0.14
4:00	fixgate	28.55	2.02	2.08	0.000383	1.05	0.25
4:00	fix	48.98	3.05	3.07	0.000135	0.81	0.16
5:00	fixgate	25.34	1.88	1.93	0.000384	1.01	0.24
5:00	fix	36.03	2.51	2.55	0.000231	0.92	0.2

Sumber : hasil analisa

Dengan ditambahkan pintu air di Margomulyo sehingga pembagian debit terhadap kali-kali terjadi perubahan, berikut merupakan tabel perubahan dalam kondisi *water surface maximum*.

Tabel 3.10 Debit Margomulyo

River	Profile	Plan	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
Margomulyo	Max WS	fixgate	30.2	2.06	2.12	0.0004	1.08	0.25
Margomulyo	Max WS	fix	66.8	3.53	3.55	0.000111	0.82	0.14
Balong	Max WS	fixgate	69.29	3.75	3.88	0.000718	1.64	0.25
Balong	Max WS	fix	58.41	3.34	3.46	0.000721	1.54	0.25
Kandangan	Max WS	fixgate	63.59	3.25	3.33	0.000526	1.3	0.24
Kandangan	Max WS	fix	51.67	3.04	3.1	0.000465	1.16	0.22
Sememi	Max WS	fixgate	104.49	2.3	2.34	0.000196	0.52	0.1
Sememi	Max WS	fix	92.8	2.18	2.21	0.000187	0.49	0.1

Sumber : hasil analisa

#### IV. KESIMPULAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dalam Tugas Akhir ini, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit yang terjadi pada kondisi eksisting tiap subdas berkisar antara 0,171 m<sup>3</sup>/dik hingga 13.828 m<sup>3</sup>/dik. Sedangkan debit maksimal pada saluran primer Gunungsari ialah 98,96 m<sup>3</sup>/dik.
2. Sistem saluran drainase yang direncanakan ialah normalisasi dengan memperdalam saluran menggunakan perkuatan dinding dengan beton, menggunakan *box culvert* ukuran 8mx4mx1.2m, 12mx4mx1.2m, serta membagi debit limpasan melalui kali Margosari, kali Balong, kali Kandangan, kali Sememi dan kali Lamong. Pembagian debit berdasarkan pada kapasitas kali tersebut dengan menggunakan pintu air untuk Margomulyo. Berikut besaran debit tiap sungai.

3. Dimensi yang digunakan dibagi kedalam 4 tipe saluran yaitu :
  - a. Tipe 1, perkuatan beton dengan b = 6m, h = 2m, z = 3
  - b. Tipe 2, perkuatan beton dengan b = 7m, h = 2.5m, z = 3
  - c. Box Culvert, 8m x 4m x 1.2m
  - d. Box Culvert, 12m x 4m x 1.2m

##### 4.2 Saran

1. Setelah normalisasi disaluran primer selesai, diperlukan normalisasi di Margomulyo, Kali Balong, Kali Kandangan, Kali Sememi agar air yang berasal dari Gunungsari tidak tertahan dan menyebabkan banjir.
2. Pada tugas akhir ini sedimentasi diasumsikan 5%. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai sedimentasi di saluran primer Gunungsari.
3. Pada tugas akhir ini *boundary condition* pada bagian hilir menggunakan data *full bank capacity*. Dikarenakan keterbatasan data untuk pasang surut air laut. Sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk menganalisa *backwater* akibat pasang surut air laut terhadap saluran primer Gunungsari.

##### .DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hydrologic Engineering Center, 2010, HEC-RAS River Analysis System, **User's Manual**, Version 4.1, January 2010, U. S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- [2] MacDonald Cambridge UK dan PT. Tricon Jaya. 2000. **Surabaya Drainage Master Plan 2018**. Surabaya
- [3] Soemarto, C.D. 1999. **Hidrologi Teknik**. Jakarta : Erlangga
- [4] Soewarno. 1995. **Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)**. Bandung: Nova.
- [5] Suripin, 2004, **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**, Andi Offset, Yogyakarta.
- [6] Triatmojo, Bambang. 2008. **Hidrologi Terapan**. Jakarta: Beta Offset.
- [7] USACE. 2000. Hydrologic Modelling System HEC-HMS Technical, **Reference Manual**. Maret 2000. U. S. Army Corps of Engineers, Davis, CA.