

BAB VI ANALISIS HIDROLIKA

6.1 Tinjauan Umum

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Sebagaimana telah dijelaskan dalam bab III, bahwa salah satu penyebab banjir adalah karena ketidakmampuan penampang dalam menampung debit banjir yang terjadi.

Berdasarkan perhitungan pada bab V, debit banjir rencana yang digunakan dalam menganalisa penampang adalah sebagai berikut :

Periode Ulang (Tahun)	Q Rencana Ruas Hulu (m ³ / dt)	Q Rencana Ruas Hilir (m ³ / dt)
2	271.247	296.772
5	363.463	395.001
10	435.976	470.220
25	541.467	577.771
50	631.102	667.402
100	730.663	765.639

Tabel 6.1 Debit Banjir Rencana

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Analisis hidrolika ini terdiri dari analisis penampang eksisting sungai dan perencanaan penampang rencana. Analisis penampang eksisting dengan program *HEC-RAS* menggunakan debit sebagai *input*.

6.2 Analisis Penampang Eksisting Sungai Sengkarang

Analisis penampang eksisting dengan menggunakan *HEC-RAS* bertujuan untuk mengetahui kondisi dari Sungai Sengkarang saat ini (eksisting). Dengan menggunakan *HEC-RAS* maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir. *HEC-RAS* akan menampilkan model dari Sungai Sengkarang sesuai dengan input data yang diberikan.

Untuk membuat model aliran Sungai Sengkarang, input data yang digunakan untuk analisa ini adalah:

1. Data Geometri

a. Skema alur Sungai Sengkarang

Skema alur Sungai Sengkarang dimulai dari hulu (Bendung Pesantren Kletak) dan hilirnya yang bermuara ke Laut Jawa.

b. Data penampang memanjang dan melintang sungai

Yaitu potongan memanjang (*cross section*) dan posisi stasioningnya.

2. Data debit Sungai Sengkarang

Digunakan sebagai kondisi awal.

3. Data Hidrolika

Yaitu koefisien *manning* (n) bervariasi merupakan parameter yang menunjukkan kekasaran dasar saluran dan dataran banjir.

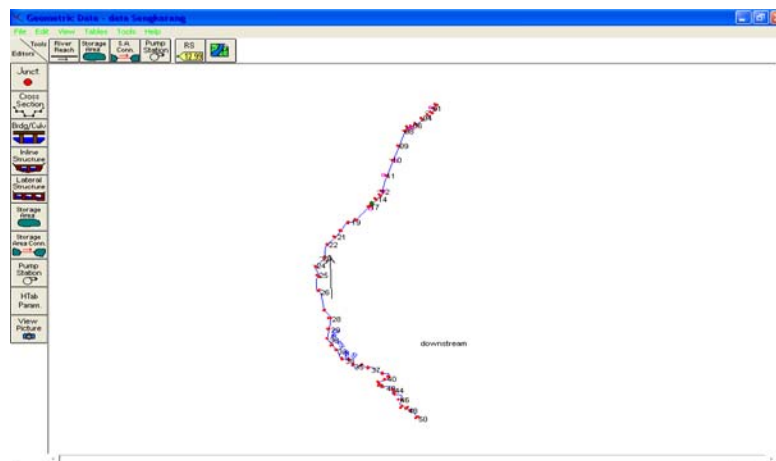
Pada analisis penampang eksisting dengan menggunakan simulasi aliran tetap (*Steady Flow Simulation*) hanya menggunakan satu data debit sebagai input yaitu debit banjir rencana.

Langkah-langkah operasi program *HEC-RAS* adalah:

1. *Input*

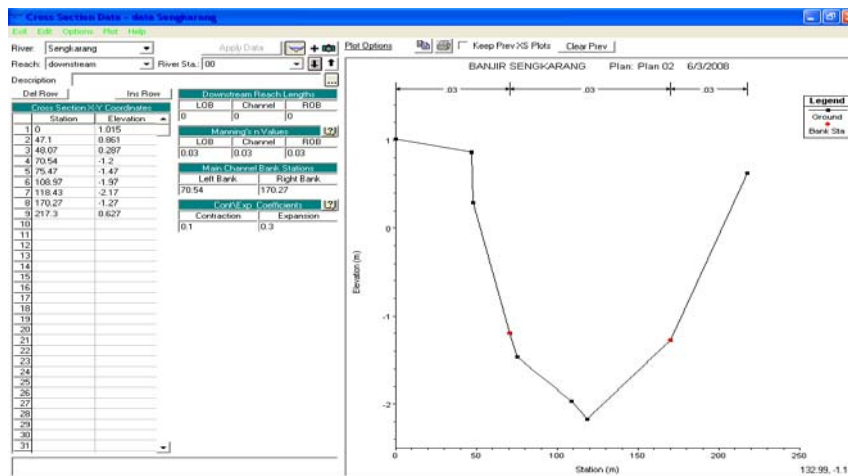
a. Geometrik data

- Membuat gambar alur sungai (*river reach*)



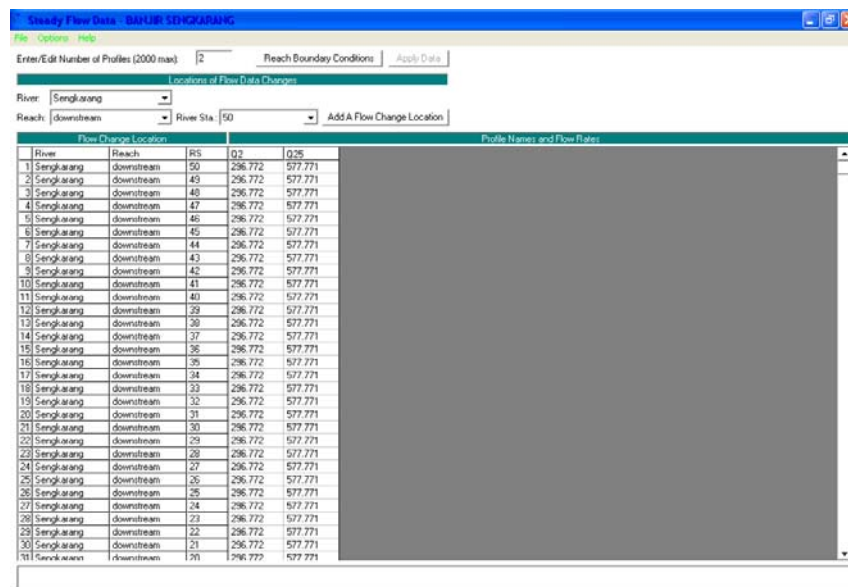
Gambar 6.1 Gambar Alur Sungai Sengkarang

- Memasukan data masing-masing *cross section*
 - Nomor stasiun
 - Stasiun dan elevasi
 - Jarak antar *cross section*
 - Nilai koefisien *manning*
 - Profil saluran utama
 - Nilai koefisien kontraksi dan ekspansi.



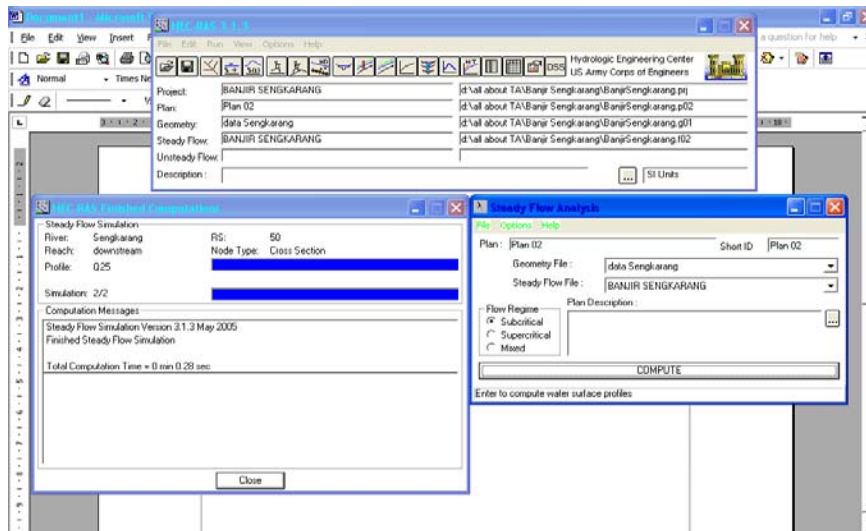
Gambar 6.2 Tabel Input Data Cross section

- b. Memasukan data debit rencana (*steady flow data*)



Gambar 6.3 Tabel Input Data Debit Banjir Rencana

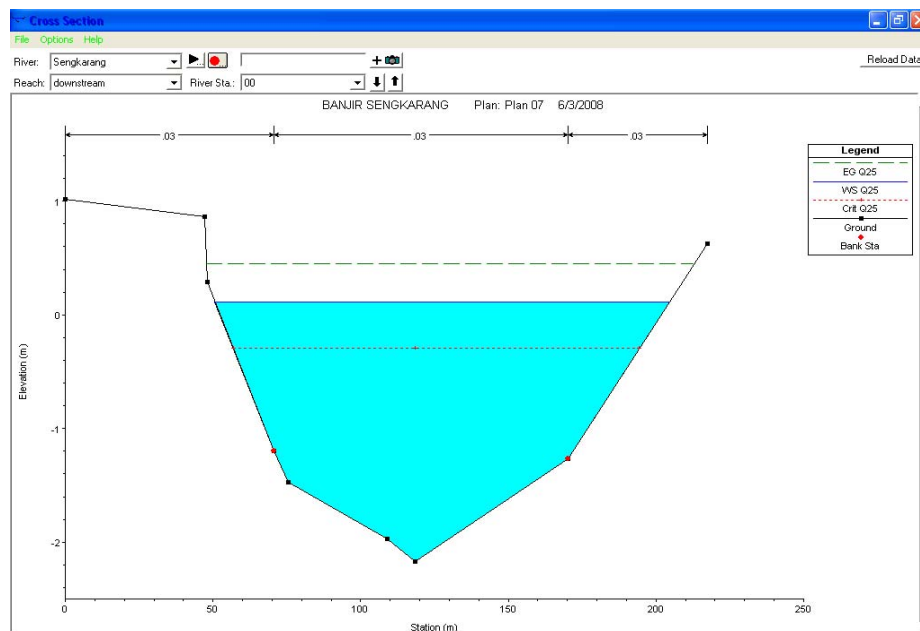
2. *Running* (eksekusi data)



Gambar 6.4 *Gambar Running Program*

3. *Output data*

a. *Profil penampang melintang (cross section)*

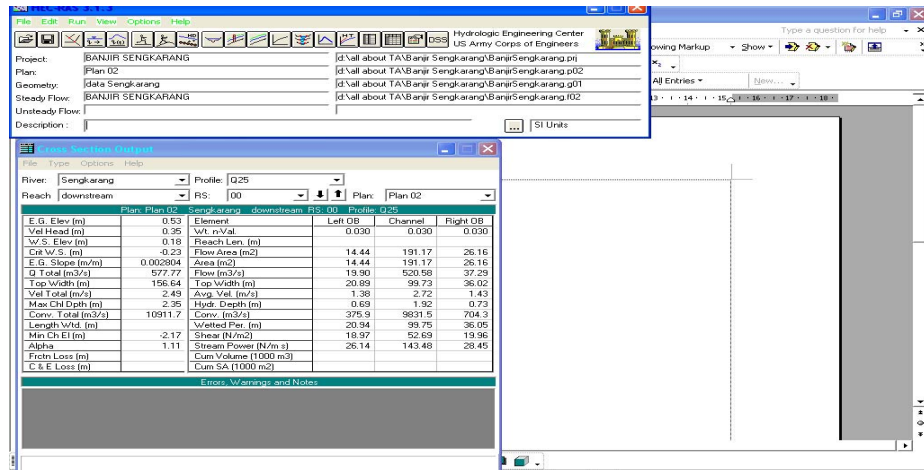


Gambar 6.5 *Profil Penampang Melintang Sungai Sta 0+000*

b. *Tabel Cross Section Output data*

- Debit (Q) m³/det
- Kecepatan (V) m/det

- Tinggi muka air (h) m
- Lebar muka air (l) m
- dll.



Gambar 6.6 Tabel Cross Section Output Q_{25th} Sta 0+000

- Profil muka air *steady* sebelum normalisasi dengan debit rencana 25 tahun (Q_{25th}) bisa dilihat pada Tabel L.T. 6.1
- Profil memanjang sungai sebelum normalisasi dengan debit rencana 25 tahun (Q_{25th}) dapat dilihat pada Gambar L.G. 6.1.

Setelah dilakukan *running* program *HEC-RAS* ternyata penampang eksisting sungai tidak dapat menampung debit banjir yang ada, hal ini dapat dilihat pada Lampiran Tabel LT 6.1 dan Tabel 6.2, maka direncanakan normalisasi sungai. Normalisasi sungai dilakukan untuk mengatasi banjir di Sungai Sengkarang yaitu dengan cara memperbesar atau mendesaian ulang penampang. Desain penampang disini menggunakan rumus Manning sehingga bisa menampung debit banjir yang ada.

6.3 Pertimbangan Perlu Tidaknya Perbaikan Penampang

Setelah didapat data penampang melintang seperti elevasi banjir dan elevasi tanggul, maka dapat diketahui apakah penampang tersebut mampu menampung air yang mengalir atau tidak. Selain itu dipertimbangkan juga

persyaratan tinggi jagaan, seperti disebutkan pada tabel 3.16, dimana untuk debit 541,467 m³/det dan 577,771 m³/det tinggi jagaannya 1 meter.

Tabel 6.2. *Pertimbangan Perlu Tidaknya Perbaikan Penampang (HEC – RAS)*

No Sta	Elev Banjir	Elev Tanggul Kiri	Elev Tanggul Kanan	Elev Tanggul Kiri - Elev Banjir	Elev Tanggul Kanan - Elev Banjir	Persyaratan Tinggi Jagaan 1 meter
50	13.99	17.73	15.49	3.74	1.5	Terpenuhi
49	12.9	15.79	15.5	2.89	2.6	Terpenuhi
48	12.81	14.44	14.39	1.63	1.58	Terpenuhi
47	11.93	14.61	13.81	2.68	1.88	Terpenuhi
46	11.85	14.37	13.24	2.52	1.39	Terpenuhi
45	11.5	12.87	13.26	1.37	1.76	Terpenuhi
44	11.2	13.78	12.57	2.58	1.37	Terpenuhi
43	10.33	13.08	12.56	2.75	2.23	Terpenuhi
42	10.3	12	12	1.7	1.7	Terpenuhi
41	10.04	11.21	12.8	1.17	2.76	Terpenuhi
40	9.62	11	12.8	1.38	3.18	Terpenuhi
39	9.53	11.19	12.5	1.66	2.97	Terpenuhi
38	9.39	11.5	11.61	2.11	2.22	Terpenuhi
37	8.92	11	11.65	2.08	2.73	Terpenuhi
36	8.33	10.48	11	2.15	2.67	Terpenuhi
35	7.96	11.03	10.93	3.07	2.97	Terpenuhi
34	6.78	8.65	8.92	1.87	2.14	Terpenuhi
33	6.76	8.12	10.03	1.36	3.27	Terpenuhi
32	6.17	7.75	8.69	1.58	2.52	Terpenuhi
31	6	7.18	10.63	1.18	4.63	Terpenuhi
30	5.9	10.36	10.42	4.46	4.52	Terpenuhi
29	5.63	6.98	8.55	1.35	2.92	Terpenuhi
28	5.43	9.67	9.74	4.24	4.31	Terpenuhi
27	5.01	6.9	7.32	1.89	2.31	Terpenuhi
26	4.56	6.38	6.96	1.82	2.4	Terpenuhi
25	4.61	6.18	6.34	1.57	1.73	Terpenuhi
24	4.48	5.87	5.7	1.39	1.22	Terpenuhi
23	4.21	5.41	5.39	1.2	1.18	Terpenuhi
22	3.88	4.92	5.33	1.04	1.45	Terpenuhi
21	3.75	4.64	4.63	0.89	0.88	Tidak Terpenuhi
20	3.58	2.8	2.58	-0.78	-1	Tidak Terpenuhi
19	3.43	2.5	2.7	-0.93	-0.73	Tidak Terpenuhi
18	3.3	2.53	2.19	-0.77	-1.11	Tidak Terpenuhi
17	2.78	2.51	2.49	-0.27	-0.29	Tidak Terpenuhi
16	2.78	1.25	1.08	-1.53	-1.7	Tidak Terpenuhi
15.1	2.82	1.98	1.76	-0.84	-1.06	Tidak Terpenuhi
14.9	2.82	1.98	1.76	-0.84	-1.06	Tidak Terpenuhi
14	2.73	0.88	2.85	-1.85	0.12	Tidak Terpenuhi
13	2.67	0.68	2.43	-1.99	-0.24	Tidak Terpenuhi
12	2.61	0.64	1.15	-1.97	-1.46	Tidak Terpenuhi
11	2.43	1.75	1.71	-0.68	-0.72	Tidak Terpenuhi
10	2.24	1.36	1.1	-0.88	-1.14	Tidak Terpenuhi
9	2.03	1.23	0.99	-0.8	-1.04	Tidak Terpenuhi
8	1.83	0.99	0.97	-0.84	-0.86	Tidak Terpenuhi
7	1.78	0.97	0.97	-0.81	-0.81	Tidak Terpenuhi
6	1.23	0.8	0.25	-0.43	-0.98	Tidak Terpenuhi
5	1.28	1.18	0.71	-0.1	-0.57	Tidak Terpenuhi
4	1.14	0.7	0.11	-0.44	-1.03	Tidak Terpenuhi
3	1.04	0.05	0.99	-0.99	-0.05	Tidak Terpenuhi
2	0.95	0.73	0.81	-0.22	-0.14	Tidak Terpenuhi
1	0.68	0.67	0.84	-0.01	0.16	Tidak Terpenuhi
0	0.12	0.86	0.63	0.74	0.51	Tidak Terpenuhi

(Simber :Hasil HEC RAS)

Dari Tabel 6.2. dapat diketahui bahwa penampang 0 – 21 tidak memenuhi persyaratan tinggi jagaan dan memerlukan penanganan, baik dengan perbaikan penampang maupun dengan peninggian tanggul kiri dan kanan, yang akan dijelaskan di sub bab berikutnya.

6.4 Perencanaan Penampang

Dalam perencanaan normalisasi Sungai Sengkarang ini harus didasarkan pada pertimbangan teknis maupun non teknis sehingga pelaksanaannya efektif dan efisien baik dari segi kualitas, manfaat dan biaya. Perencanaan normalisasi Sungai Sengkarang didasarkan pada hasil analisa kondisi eksisting sungai dengan program HEC RAS dimana pada beberapa titik, penampang yang ada tidak mampu menampung debit rencana Q_{25} yang lewat, seperti pada Sta 0-21.

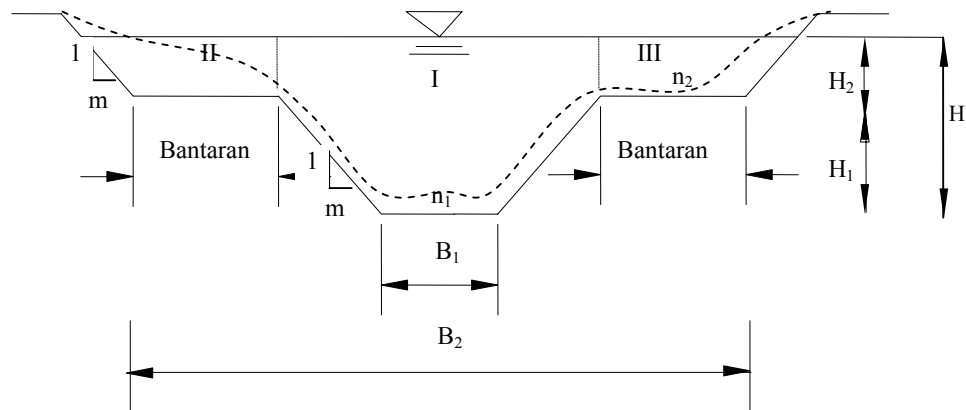
Normalisasi Sungai Sengkarang dengan penampang ganda direncanakan dengan Rumus Manning. Jenis penampang ganda digunakan untuk mendapatkan kapasitas saluran yang lebih besar, sehingga debit yang dialirkan melalui saluran tersebut dapat lebih besar. Penampang ini digunakan jika lahan yang tersedia cukup luas.

Urutan perhitungan pada penampang ganda dalam menentukan H , H_1 , H_2 , B_1 , B_2 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Debit banjir yaitu Q_{2th} untuk saluran utama dan Q_{25th} untuk penampang ganda.
2. Menentukan slope dasar saluran dan elevasi dasar saluran.
3. Menentukan H , tinggi H pada perencanaan penampang ganda disini dengan cara ditentukan terlebih dahulu yaitu diambil Elevasi muka air rata - rata di Sungai Sengkarang, dimana elevasi dasarnya dibuat sama dengan elevasi dasar Sungai Sengkarang. Elevasi muka air banjir rencana didapatkan berdasarkan perhitungan hidrolis banjir sungai. Dari perhitungan tersebut dapat digambarkan potongan memanjang muka air banjir sepanjang sungai dan dipakai untuk menentukan elevasi tanggul. (*Robert J Kodoatie, Sugiyanto, "Banjir"*)

4. Setelah tinggi H diperoleh kemudian baru ditentukan H_1 dimana tingginya tidak boleh lebih tinggi dari permukaan tanah disekitarnya. H_1 disini merupakan beda tinggi dasar saluran dengan muka tanah terendah. Untuk daerah hilir, dalam menentukan H_1 harus memperhatikan tinggi muka air rencana dari debit banjir rencana dan tinggi gelombang pasang. Dari kedua hal tersebut dipilih mana yang paling tinggi untuk digunakan sebagai tinggi muka air rencana. Tinggi muka air rencana dari debit banjir rencana diperoleh dari selisih elevasi muka air rencana dengan elevasi dasar saluran di muara (penentuan elevasi dasar memperhatikan elevasi dasar laut). Selanjutnya penentuan elevasi bantaran, elevasi bantaran biasanya sama dengan elevasi daerah di tepi sungai, selain itu dalam menentukan elevasi bantaran juga memperhatikan aliran banjir dan luas profil saluran tunggalnya. (Suyono Sosrodarsono, Masateru Tominaga, "Perbaikan dan Pengaturan Sungai").
5. Tinggi H_2 diperoleh dari tinggi H dikurangi tinggi H_1 ($H_2 = H - H_1$).
6. Menentukan kemiringan lereng saluran (m)
7. Untuk menentukan B_1 dan B_2 diperoleh dengan cara coba-coba dimana B_1 ditentukan terlebih dahulu sebelum B_2 .
8. B_1 disini merupakan lebar saluran pada debit banjir rencana Q_{2th} .
9. B_2 merupakan lebar saluran pada debit banjir rencana Q_{25th} .

Setelah H , H_1 , H_2 , B_1 , dan B_2 semuanya diperoleh maka perencanaan penampang ganda bisa dihitung dengan menggunakan rumus *manning*.



Gambar 6.7 Sungai Penampang Ganda

Rumus Manning.

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

Dimana :

Q = Debit aliran (m^3/s)

A = Luas Penampang Basah (m^2)

n = Koefisien kekasaran manning

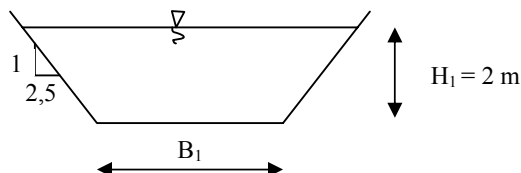
R = Jari - Jari Hidrolis Sungai (m)

I = Kemiringan hidraulik sungai

Normalisasi Sungai Sengkarang penampang ganda direncanakan dengan bantuan Rumus *Manning*, dengan debit banjir Q 2th untuk penampang tunggalnya yaitu 271,247 m³/det untuk penampang Sta 21 sampai dengan Sta 02 dan dengan debit banjir 296,772 m³/det untuk penampang Sta 02 sampai dengan Sta 00. dan dengan debit banjir Q 25th untuk penampang gandanya yaitu 541,467 m³/det untuk penampang Sta 21 sampai dengan Sta 02 dan dengan debit banjir 577,771 m³/det untuk penampang Sta 02 sampai dengan Sta 00. Perhitungan normalisasi sungai sebagai berikut:

6.4.1 Perencanaan Penampang Sungai Ruas Hilir

1. Perhitungan B₁ dengan Q = 296,772 m³/det



Gambar 6.8 Sungai Penampang Tunggal untuk Saluran Utama Ruas Hilir

$$B_1 = 80 \text{ m (coba-coba)}$$

$$H_1 = 2 \text{ m}$$

$$m = 2,5$$

$$I = 0,002804$$

$$n = 0,030$$

$$A_1 = (B + m \times H)H$$

$$A_1 = (80 + 2,5 \times 2)2 = 170 \text{ m}^2$$

$$P_1 = B + 2H \sqrt{1 + m^2}$$

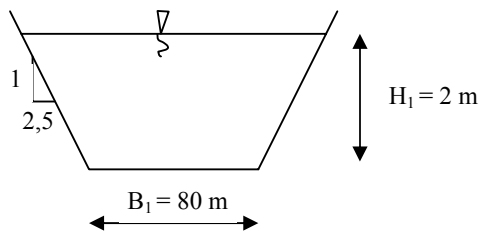
$$P_1 = 80 + 2 \times 2 \sqrt{1 + 2,5^2} = 90,77 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A}{P} = \frac{170}{90,77} = 1,836 \text{ m}$$

$$Q_{2\text{th rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times A$$

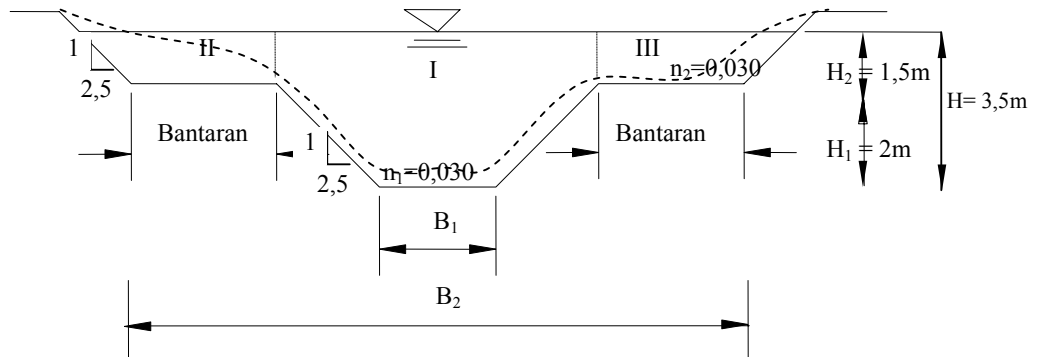
$$Q_{2\text{th rencana}} = \frac{1}{0,03} \times 1,836^{\frac{2}{3}} \times 0,002804^{\frac{1}{2}} \times 190 = 344,054 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{2\text{th rencana}} = 344,054 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{2\text{th eksisting}} = 296,772 \text{ m}^3/\text{det} \quad (\text{Aman})$$



Gambar 6.9 Rencana Penampang Tunggal Saluran Utama Ruas Hilir

2. Perhitungan B₂ dengan Q = 577.771 m³/det



Gambar 6.10 Sungai Penampang Ganda Ruas Hilir

$$H_1 = 2 \text{ m (ditentukan)}$$

$$H_2 = H - H_1 = 3,5 - 2 = 1,5 \text{ m}$$

$$B_1 = 80 \text{ m (coba-coba)}$$

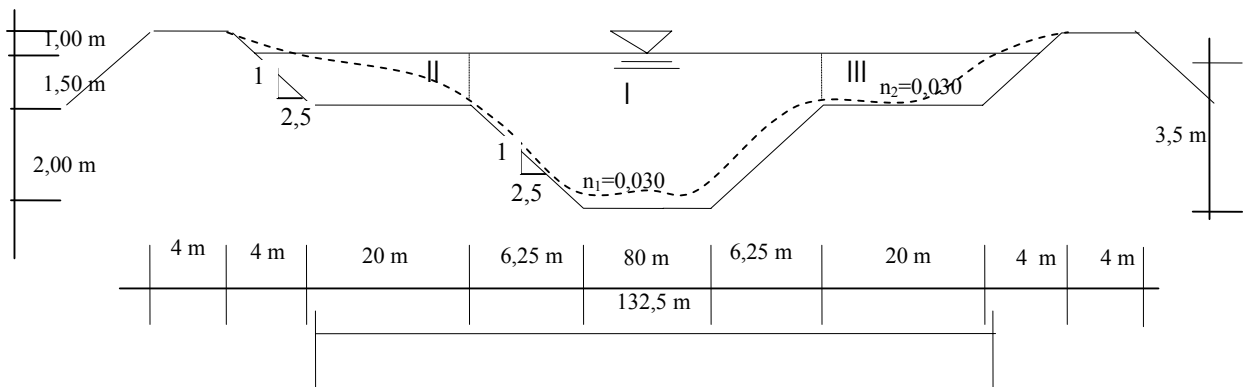
$$B_2 = 132,50 \text{ m (coba-coba)}$$

$$m = 2,5$$

$$I = 0,002804$$

$$n = 0,030$$

$$\begin{aligned}
A_1 &= ((B_1 \times 2 \times m \times H_1) \times H) - ((\frac{1}{2} \times m \times H_1 \times H_1) \times 2) \\
A_1 &= ((80 + 2 \times 2,5 \times 2) \times 3,5) - ((\frac{1}{2} \times 2,5 \times 2 \times 2) \times 2) = 305 \text{ m}^2 \\
A_{2+3} &= ((B_2 - (B_1 + 2 \times m \times H_1)) + m \times H_2) \times H_2 \\
A_{2+3} &= ((132,50 - (80 + 2 \times 2,5 \times 2)) + 2,5 \times 1,5) \times 1,5 = 67,5 \text{ m}^2 \\
A_{\text{tot}} &= A_1 + A_{2+3} \\
A_{\text{tot}} &= 305 + 67,5 = 372,5 \text{ m}^2 \\
P_1 &= B_1 + 2 \times H_1 \times \sqrt{1 + m^2} \\
P_1 &= 80 + 2 \times 2 \times \sqrt{1 + 2,5^2} = 90,77 \text{ m} \\
P_{2+3} &= B_2 - (B_1 + 2 \times m \times H_1) + (2 \times H_2 \times \sqrt{1 + m^2}) \\
P_{2+3} &= 132,5 - (80 + 2 \times 2,5 \times 2) + (2 \times 1,5 \times \sqrt{1 + 2,5^2}) = 50,577 \text{ m} \\
P_{\text{tot}} &= P_1 + P_{2+3} = 90,77 + 50,77 = 141,347 \text{ m} \\
R &= A_{\text{tot}} / P_{\text{tot}} \\
R &= 372,50 / 141,347 = 2,737 \text{ m} \\
V &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,030} \times 2,737^{\frac{2}{3}} \times 0,002804^{\frac{1}{2}} = 2,705 \text{ m/det} \\
Q &= A_{\text{tot}} \times V_s = 372,50 \times 2,705 = 813,6125 \text{ m}^3/\text{det} \\
Q_{\text{normalisasi}} &= 813,6125 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{\text{banjir}} = 577,771 \text{ m}^3/\text{det} \quad (\text{Aman})
\end{aligned}$$

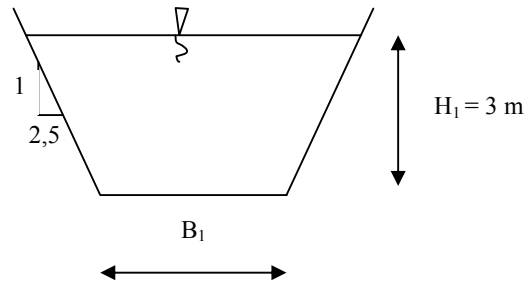


Gambar 6.11 Bentuk potongan penampang melintang saluran rencana Ruas

Hilir

6.4.2 Perencanaan Penampang Sungai Ruas Hulu

1. Perhitungan B_1 dengan $Q = 271,247 \text{ m}^3/\text{det}$



Gambar 6.12 Sungai Penampang Tunggal untuk Saluran Utama Hulu

$$B_1 = 60 \text{ m (coba-coba)}$$

$$H_1 = 3 \text{ m (ditentukan)}$$

$$m = 2,5$$

$$I = 0,002804$$

$$n = 0,030$$

$$A_1 = (B + m \times H)H$$

$$A_1 = (60 + 2,5 \times 3)3 = 202,5 \text{ m}^2$$

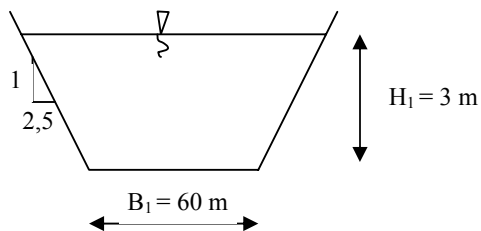
$$P_1 = B + 2H \sqrt{1+m^2} = 60 + 2 \times 3 \sqrt{1+2,5^2} = 76,155 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A}{P} = 202,5 / 76,155 = 2,659 \text{ m}$$

$$Q_{2\text{th rencana}} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times A$$

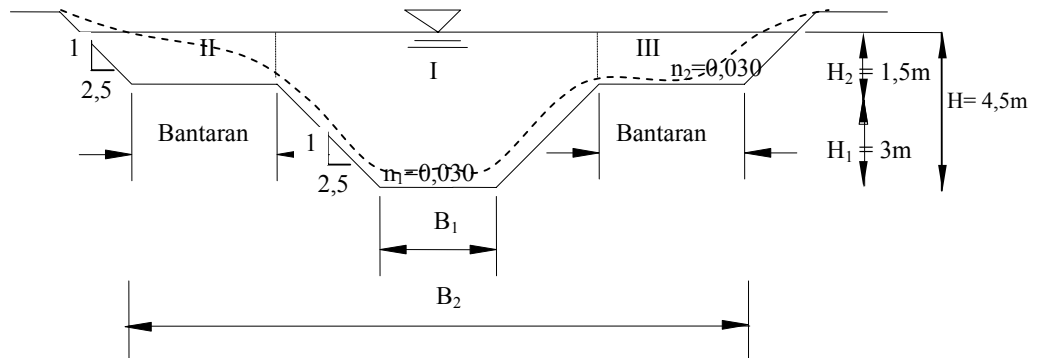
$$Q_{2\text{th rencana}} = \frac{1}{0,03} \times 2,659^{\frac{2}{3}} \times 0,002804^{\frac{1}{2}} \times 202,5 = 368,022 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{2\text{th rencana}} = 368,022 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{2\text{th eksisting}} = 271,247 \text{ m}^3/\text{det} \quad (\text{Aman})$$



Gambar 6.13 Rencana Penampang Tunggal Saluran Utama Hulu

3. Perhitungan B_2 dengan $Q = 541,467 \text{ m}^3/\text{det}$



Gambar 6.14 Sungai Penampang Ganda Ruas Hulu

$$H_1 = 2,5 \text{ m (determined)}$$

$$H_2 = H - H_1 = 4,5 - 3 = 1,5 \text{ m}$$

$$B_1 = 60 \text{ m (trial)}$$

$$B_2 = 103,5 \text{ m (trial)}$$

$$m = 2,5$$

$$I = 0,002804$$

$$n = 0,030$$

$$A_1 = ((B_1 \times 2 \times m \times H_1) \times H) - ((\frac{1}{2} \times m \times H_1 \times H_1) \times 2)$$

$$A_1 = ((60 + 2 \times 2,5 \times 3) \times 4,5) - ((\frac{1}{2} \times 2,5 \times 3 \times 3) \times 2) = 315 \text{ m}^2$$

$$A_{2+3} = ((B_2 - (B_1 + 2 \times m \times H_1)) + m \times H_2) \times H_2$$

$$A_{2+3} = ((103,5 - (60 + 2 \times 2,5 \times 3)) + 2,5 \times 1,5) \times 1,5 = 48,375 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_{2+3}$$

$$A_{\text{tot}} = 315 + 48,375 = 363,375 \text{ m}^2$$

$$P_1 = B_1 + 2 \times H_1 \times \sqrt{1 + m^2}$$

$$P_1 = 60 + 2 \times 3 \times \sqrt{1 + 2,5^2} = 76,155 \text{ m}$$

$$P_{2+3} = B_2 - (B_1 + 2 \times m \times H_1) + (2 \times H_2 \times \sqrt{1 + m^2})$$

$$P_{2+3} = 103,5 - (60 + 2 \times 2,5 \times 3) + (2 \times 1,5 \times \sqrt{1 + 2,5^2}) = 36,578 \text{ m}$$

$$P_{\text{tot}} = P_1 + P_{2+3} = 76,155 + 36,578 = 112,733 \text{ m}$$

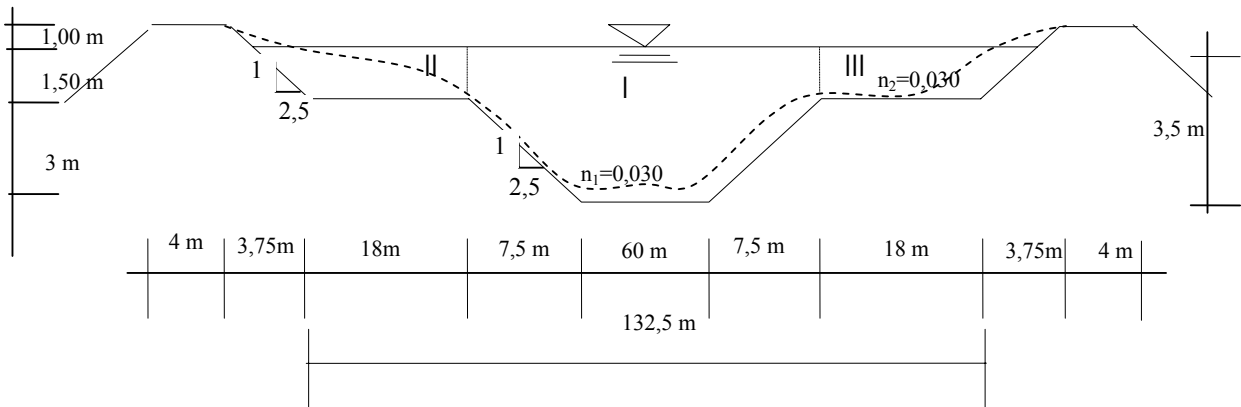
$$R = A_{\text{tot}} / P_{\text{tot}}$$

$$R = 363,375 / 112,733 = 3,223 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} = \frac{1}{0,030} \times 3,223^{2/3} \times 0,002804^{1/2} = 2,851 \text{ m/det}$$

$$Q = A_{\text{tot}} \times V_s = 835,982 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{\text{normalisasi}} = 835,982 \text{ m}^3/\text{det} > Q_{\text{banjir}} = 541,467 \text{ m}^3/\text{det} \quad (\text{Aman})$$

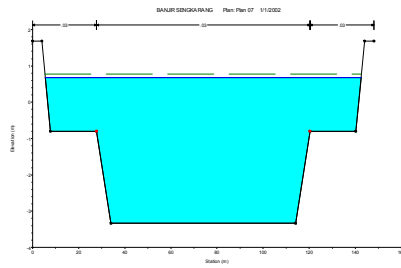


Gambar 6.15 Bentuk potongan penampang melintang saluran rencana Ruas Hulu

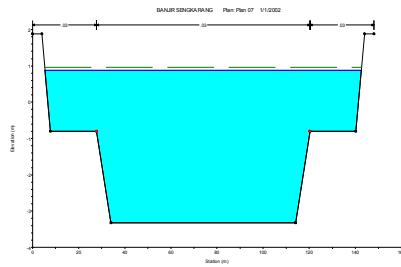
Perencanaan perbaikan Sungai Sengkarang dengan Program *HEC RAS* dapat dilihat pada Tabel 6.3.

No. Sta	Penampang Melintang	No. Sta	Penampang Melintang
00.		04.	

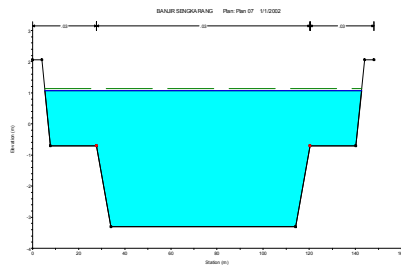
09.



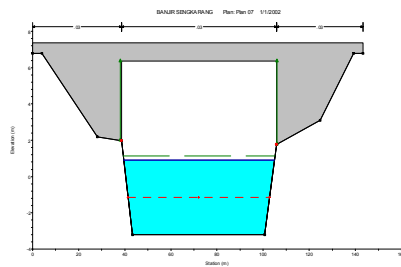
10.



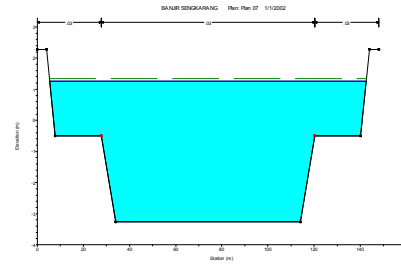
11.



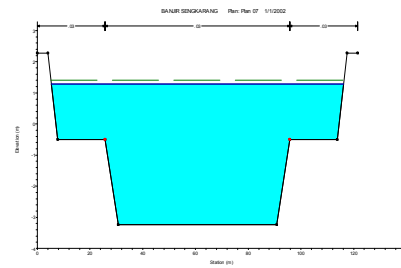
15.
BR
D



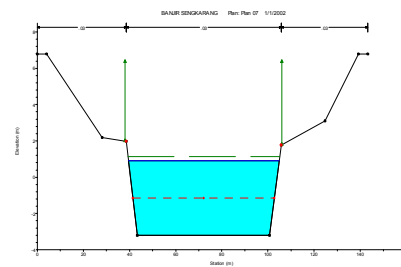
13.



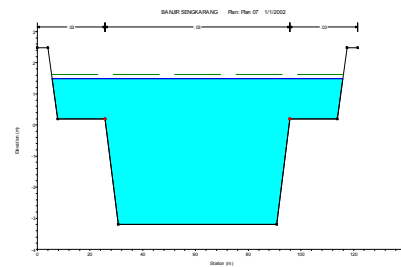
14.

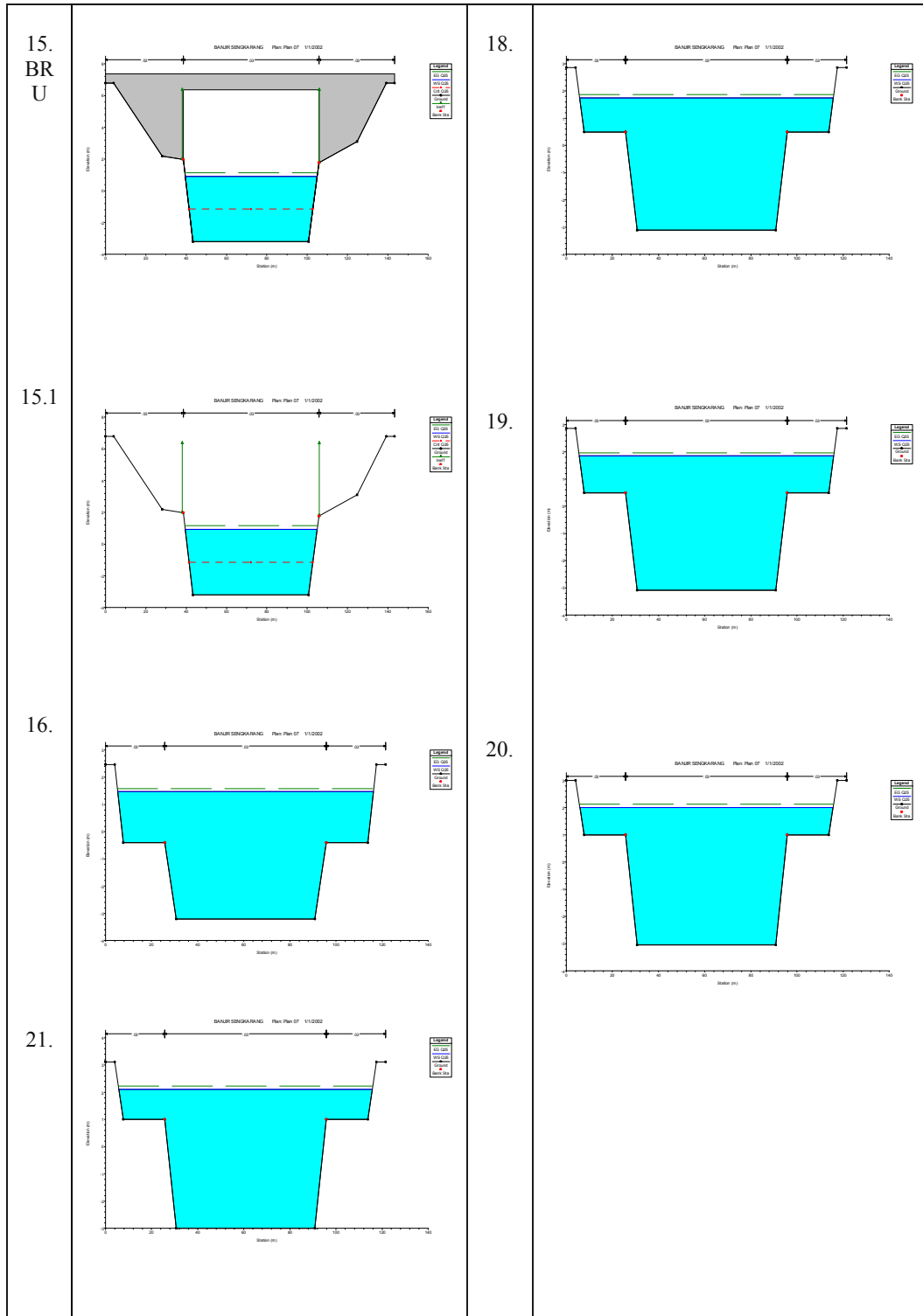


14.9



17.





Tabel 6.3 Perencanaan Penampang Normalisasi dengan HEC – RAS

(Sumber : Program HEC RAS)