

PERENCANAAN PERBAIKAN SUNGAI BABON KOTA SEMARANG

Bramantyo Yuda Perdana, Setyo Bagus Panuntun, Sumbogo Pranoto, Hary Budienny

Jurusan Teknik Sipil S-I, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239,

Telp/Fax: (024)-7474770/(024)-7460060

Abstrak

Banjir adalah sebuah keadaan dimana daerah yang biasanya tidak tergenang oleh air menjadi tergenang. Dan keadaan seperti ini sangat merugikan baik secara moril maupun material seperti terhambatnya jalur transportasi yang berimbas pada laju roda perekonomian suatu daerah.

Permasalahan banjir yang terjadi di Kota Semarang antara lain disebabkan karena meluapnya, salah satu sungai yaitu Sungai Babon. Sungai Babon memiliki panjang sekitar 17 km yang dimulai dari hilir Bendung Pucang Gading hingga ke muara melewati Bendung Karang Roto. Kondisi Sungai Babon yang mengalami penyempitan alur serta pendangkalan menyebabkan berkurangnya kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit banjir. Sungai Babon tidak dapat lagi menampung debit banjir khususnya yang terjadi pada musim penghujan sehingga menggenangi wilayah di sekitar Sungai Babon. Selain itu, banjir juga disebabkan karena tanggul sungai yang dibuka untuk jalan akses sehingga air dari sungai dapat dengan mudah meluap.

Dari studi dan perhitungan yang telah dilakukan, pemecahan masalah ini adalah mengadakan perbaikan pada Sungai Babon, dengan melakukan perbaikan alur dan penampang Sungai Babon serta melakukan perkuatan pada lereng / tebing sungai yang rawan terhadap longsor. Sehingga dapat mengurangi tingkat bencana banjir di kota Semarang.

Kata Kunci : *Perbaikan Alur dan penampang Sungai Babon di Kota Semarang*

ABSTRACT

Flooding is a situation where areas not normally inundated with water becomes stagnant. And very adverse circumstances moriil both material as well as inhibition of transport impact on the rate of the economy of a region.

Flooding problems that occurred in the city of Semarang is partly due to overflowing, one of the river is the river layer. Babon river have a length of about 17 km starting from Pucang Gading Dam downstream to the estuary through Karang Roto Dam. Babon river conditions experienced narrowing and shallowing flow leads to reduced capacity to cross the river flood discharge flow. Babon river can no longer accommodate the flood discharge that occurs especially in the rainy season so that commemorate the area around the river layer. In addition, the floods also caused the creek bank that opened for the access road so the water from the river could easily overflow.

From studies and calculations have been done, solving this problem is to conduct repairs on the Babon River, by improving the flow and cross the river and make retrofitting Babon River on slopes / riverbanks prone to landslides. So as to reduce the level of flooding in the city of Semarang.

Key Words : *improvements to the rivers and streams cross Babon River in the city Semarang*

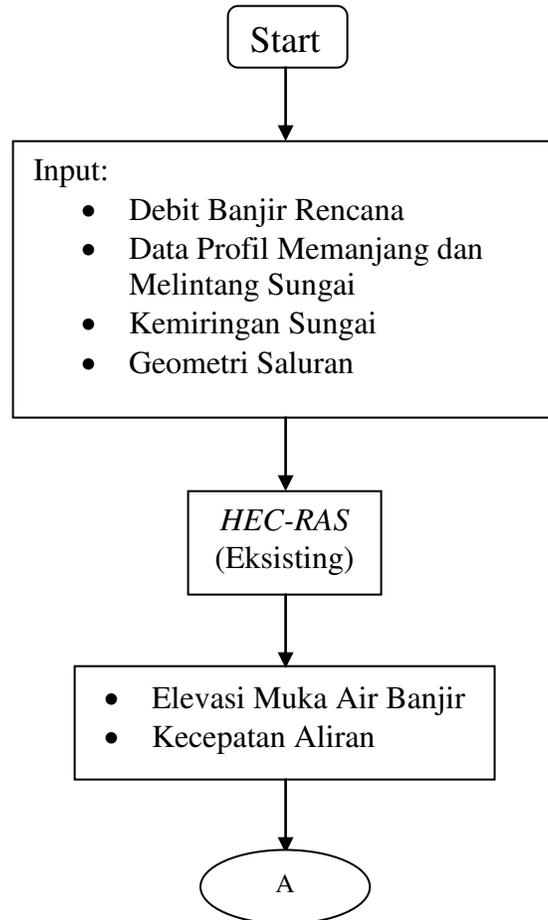
1. Pendahuluan

Banjir sudah menjadi masalah klasik di Kota Semarang. Hampir setiap musim penghujan tiba, luapan air senantiasa menggenangi beberapa kawasan, terutama daerah Semarang bawah. Kota Semarang yang terletak antara garis 6° 50' - 7° 10' Lintang Selatan dan 109° 35' - 110° 50' Bujur Timur, menempatkan Semarang sebagai kota pantai di dataran rendah yang juga dikelilingi oleh adanya daerah perbukitan. Sebagian besar penduduknya bertempat tinggal di wilayah dataran rendah. Dengan kondisi ini, banjir yang terjadi akan cukup mengganggu aktivitas kehidupan yang ada.

Banjir dapat disebabkan oleh adanya air limpasan dari kota bagian atas (daerah perbukitan), perubahan tata guna lahan untuk daerah resapan menjadi daerah pemukiman yang padat, adanya pengaruh air laut (rob), banjir lokal yang dipengaruhi oleh rendahnya elevasi daerah Semarang bawah, serta kurang berfungsinya saluran drainase yang telah ada.

2. Metodologi

Metodologi Perencanaan Perbaikan Sungai Babon dijelaskan pada diagram alir sebagai berikut :

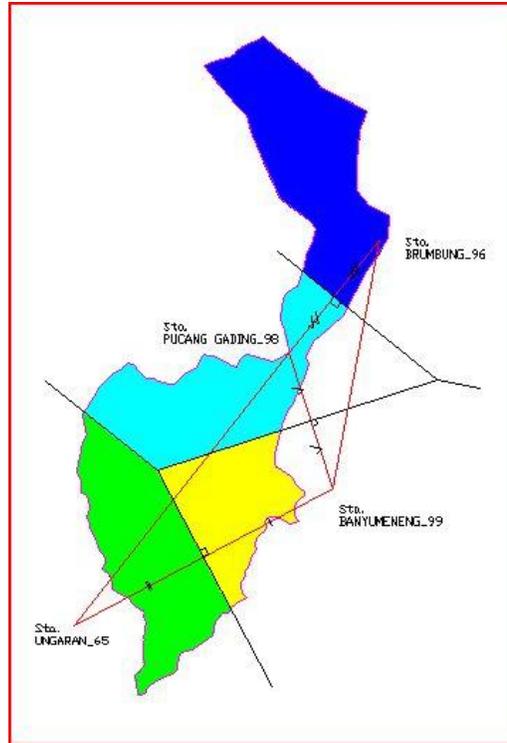


3. Analisis Hidrologi

3.1. Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Besarnya curah hujan rata-rata daerah dihitung dengan metode *Thiessen*. Metode ini menghasilkan nilai yang lebih teliti jika dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar, karena ikut memperhitungkan luas daerah pengaruh dari tiap-tiap stasiun yang digunakan.

Gambar poligon *Thiessen* dari stasiun pengamatan curah hujan pada daerah aliran sungai Babon Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan DAS Sungai Babon

Berdasarkan hasil pengukuran dengan AutoCAD, luas pengaruh dari tiap stasiun ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan DAS Sungai Babon

No.	Nama Stasiun	Luas DPS (km ²)	Koef. Thiessen
1	Ungaran	32,214	0,270
2	Banyumeneng	20,347	0,170
3	Brumbung	31,838	0,267
4	Pucang Gading	35,018	0,293
	total Luas DPS	119,417	1,000

Sumber : Perhitungan Penulis

3.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum

Data curah hujan yang dipakai dalam perencanaan perbaikan sungai Babon Kota Semarang adalah data curah hujan harian maksimal tahunan dari 4 stasiun, yaitu stasiun Pucang Gading (98), stasiun Brumbung (96), stasiun Ungaran (65), stasiun Banyumeneng (99).

3.3. Analisis Curah hujan dengan Metode Thiessen

Besarnya curah hujan maksimum harian rata-rata DAS yang dihitung dengan Metode *Thiessen*, mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Metode *Thiessen* digunakan karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat.

Cara yang ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata DAS adalah sebagai berikut :

- Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
- Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- Ulangi langkah 2 dan 3 untuk setiap tahun.
- Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.

Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan.

Tabel 2. Curah Hujan Maksimum Harian Rata – rata DAS dengan Metode *Polygon Thiessen*

No.	Tahun	Tanggal	Stasiun pencatat hujan								Hujan Rata-rata Harian (mm)	Hujan Max Harian Rata-rata (mm)
			Ungaran		Banyumeneng		Brumbung		Pucang Gading			
			Bobot									
			Curah Hujan	0,27	Curah Hujan	0,17	Curah Hujan	0,27	Curah Hujan	0,293		
1	1996	06-Mar	125	34	0	0	10	3	8	2	39	39
		14-Des	5	1	57	10	75	20	0	0	31	
		29-Okt	11	3	8	1	91	24	27	8	37	
		10-Sep	0	0	6	1	52	14	72	21	36	
2	1997	02-Jan	152	41	17	3	0	0	46	13	57	60
		09-Mar	7	2	62	11	0	0	0	0	12	
		21-Jan	22	6	30	5	80	21	95	28	60	
		21-Jan	22	6	30	5	80	21	95	28	60	
3	1998	01-Nop	111	30	0	0	0	0	0	0	30	34
		24-Feb	3	1	100	17	0	0	0	0	18	

		02-Mar	0	0	3	1	126	34	0	0	34	
		20-Feb	26	7	6	1	0	0	90	26	34	
4	1999	21-Sep	125	34	0	0	0	0	0	0	34	39
		21-Okt	0	0	80	14	0	0	0	0	14	
		15-Apr	38	10	0	0	99	26	9	3	39	
		20-Jun	0	0	42	7	0	0	97	28	36	
5	2000	11-Des	138	37	0	0	26	7	0	0	44	44
		19-Apr	27	7	78	13	0	0	0	0	21	
		16-Nop	26	7	15	3	102	27	0	0	37	
		22-Jan	13	4	0	0	86	23	53	16	42	
6	2001	20-Mar	80	22	0	0	0	0	0	0	22	57
		06-Mar	68	18	100	17	0	0	65	19	54	
		12-Apr	17	5	10	2	117	31	67	20	57	
		03-Jan	0	0	48	8	0	0	100	29	37	
7	2002	22-Des	127	34	16	3	0	0	50	15	52	189
		15-Des	0	0	96	16	6	2	37	11	29	
		12-Mar	51	14	67	11	600	160	12	4	189	
		01-Apr	3	1	60	10	60	16	75	22	49	
8	2003	22-Apr	80	22	6	1	7	2	0	0	24	43
		09-Des	8	2	128	22	25	7	15	4	35	
		28-Mar	0	0	3	1	91	24	37	11	36	
		16-Feb	35	9	26	4	25	7	75	22	43	
9	2004	04-Feb	112	30	44	7	40	11	75	22	70	111
		27-Jan	28	8	72	12	13	3	300	88	111	
		03-Feb	4	1	3	1	80	21	65	19	42	
		27-Jan	28	8	72	12	13	3	300	88	111	
10	2005	15-Des	77	21	16	3	0	0	0	0	24	44
		03-Agust	47	13	110	19	46	12	0	0	44	
		31-Des	20	5	52	9	105	28	0	0	42	
		12-Jan	19	5	0	0	0	0	75	22	27	
11	2006	05-Jan	67	18	48	8	65	17	7	2	46	81
		28-Jan	9	2	95	16	85	23	135	40	81	
		20-Apr	17	5	50	9	95	25	68	20	58	
		28-Jan	9	2	95	16	85	23	135	40	81	
12	2007	30-Des	68	18	80	14	23	6	23	7	45	71
		30-Des	68	18	80	14	23	6	23	7	45	
		05-Mar	3	1	68	12	80	21	107	31	65	
		19-Des	18	5	65	11	75	20	120	35	71	
13	2008	30-Jan	151	41	100	17	65	17	100	29	104	104
		30-Jan	151	41	100	17	65	17	100	29	104	
		19-Feb	0	0	41	7	95	25	90	26	59	

		17-Nop	15	4	60	10	50	13	100	29	57	
14	2009	11-Jan	167	45	7	1	36	10	50	15	71	100
		09-Jun	6	2	160	27	4	1	67	20	50	
		25-Des	9	2	63	11	100	27	62	18	58	
		08-Feb	71	19	60	10	100	27	150	44	100	
15	2010	11-Jan	89	24	0	0	36	10	3	1	35	48
		19-Okt	0	0	150	26	0	0	0	0	26	
		08-Feb	1	0	0	0	100	27	0	0	27	
		15-Des	28	8	85	14	0	0	87	25	48	

Sumber : Perhitungan Penulis

3.4. Pemilihan Debit Banjir Rencana

Analisis hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai, terutama di lokasi Sungai Babon. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perencanaan perbaikan Sungai Babon. Dalam perencanaan debit banjir rencana dapat menggunakan Metode Rasional, Metode *Weduwen*, dan Metode *Haspers*, Metode HSS Gama-I, dan Metode *Passing Capacity*. Rekapitulasi hasil perhitungan kelima metode dapat dilihat pada Tabel 3. sebagai berikut :

Tabel 3. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana

periode ulang	Rasional (m ³ /dtk)	Weduwen (m ³ /dtk)	Haspers (m ³ /dtk)	HSS Gama-I (m ³ /dtk)	Passing Capacity (m ³ /dtk)
2	183.70	242,45	58,80	55,12	
5	288.14	255,82	92,22	127,81	93,5
10	379.12	264,28	121,34	202,97	
25	524.33	274,58	167,81	325,72	
50	657.97	281,98	210,59	444,65	
100	816.75	289,19	261,41	589,67	

Sumber : Perhitungan Penulis

Dari beberapa metode tersebut dipilih debit banjir untuk periode ulang 5 tahun (Q_5) yang mendekati dengan metode *Passing Capacity* yaitu metode *Haspers*. Digunakan metode *Haspers* untuk debit banjir rencana dengan periode ulang 25 tahun (Q_{25}) sebesar 167,81 m³/dtk..

4. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit banjir rencana. Sebagaimana. Berdasarkan perhitungan pada analisa hidrologi,

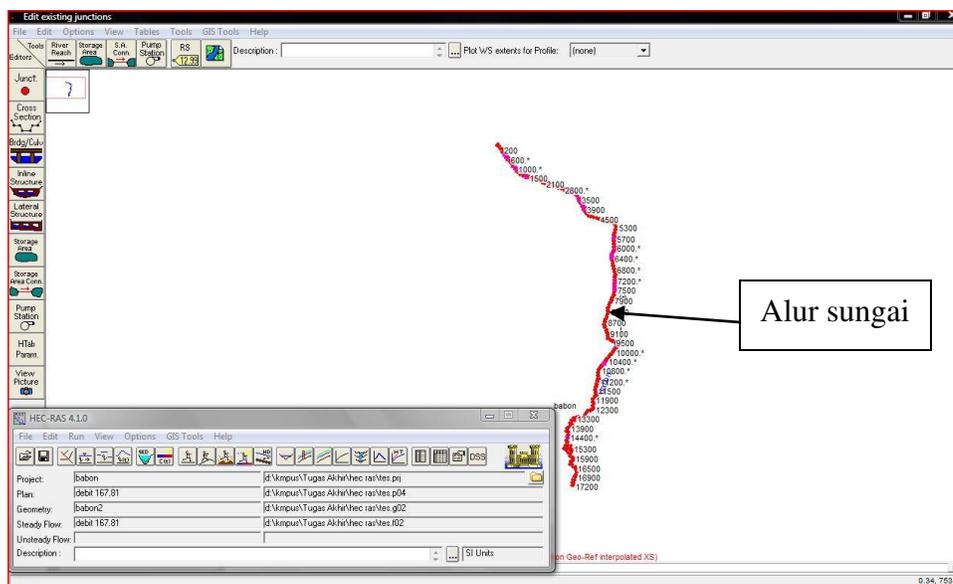
debit banjir rencana yang digunakan dalam menganalisa penampang adalah $Q = 167,81 \text{ m}^3/\text{dt}$. Analisa hidrolika ini terdiri dari analisa penampang eksisting sungai dan perencanaan penampang rencana. Analisa penampang eksisting dengan program *HEC-RAS* menggunakan debit rencana sebagai *input*.

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

1. *Input*

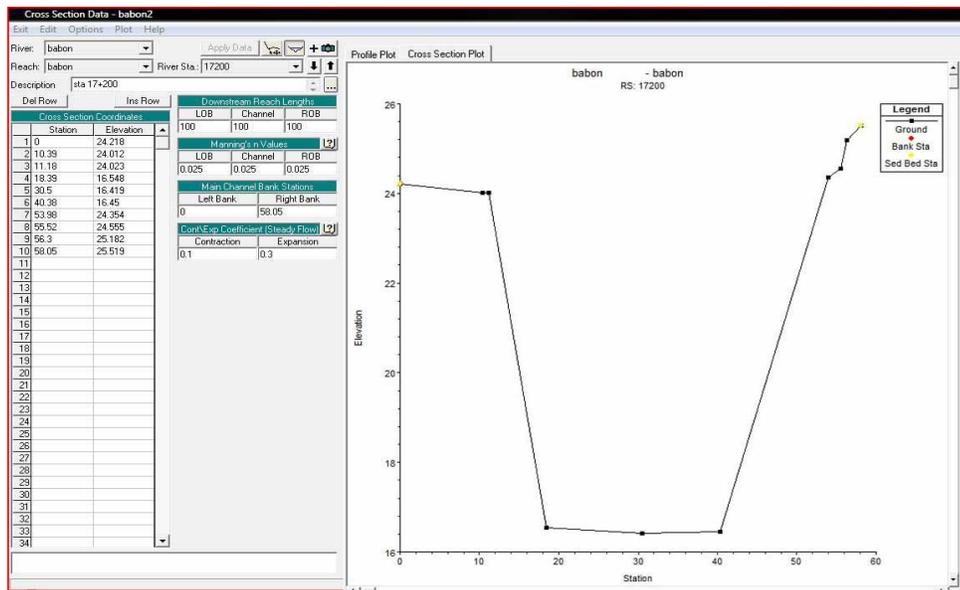
a. Geometric data

- Membuat gambar alur sungai (*river reach*)



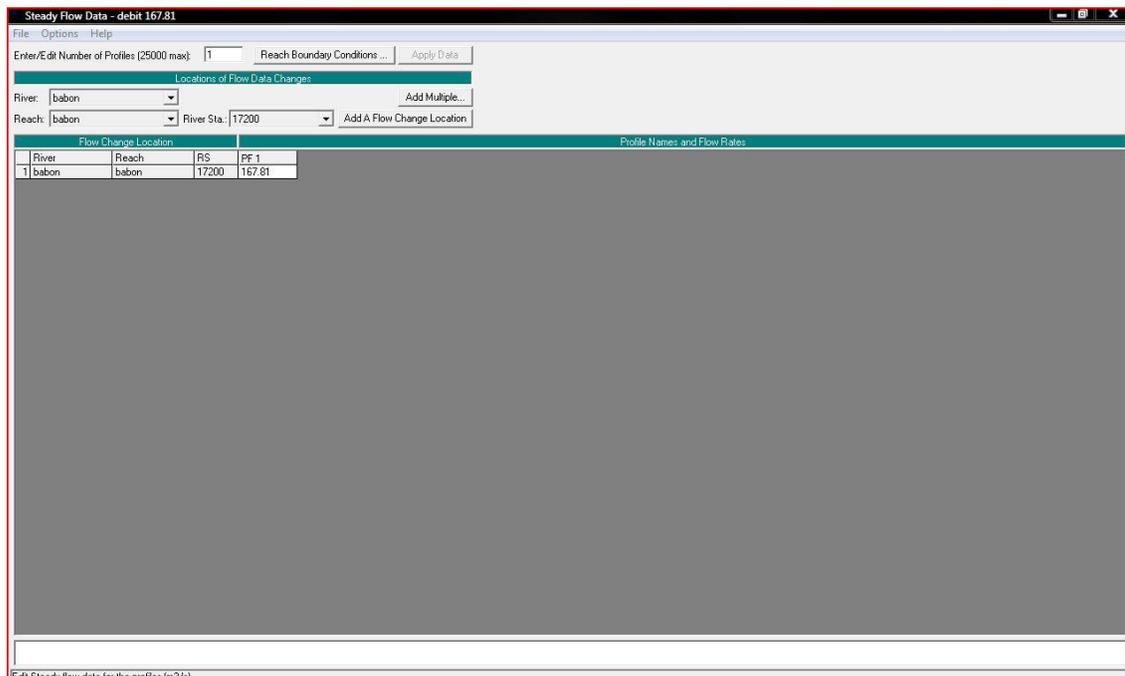
Gambar 2. Alur Sungai Babon Kota Semarang

- 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



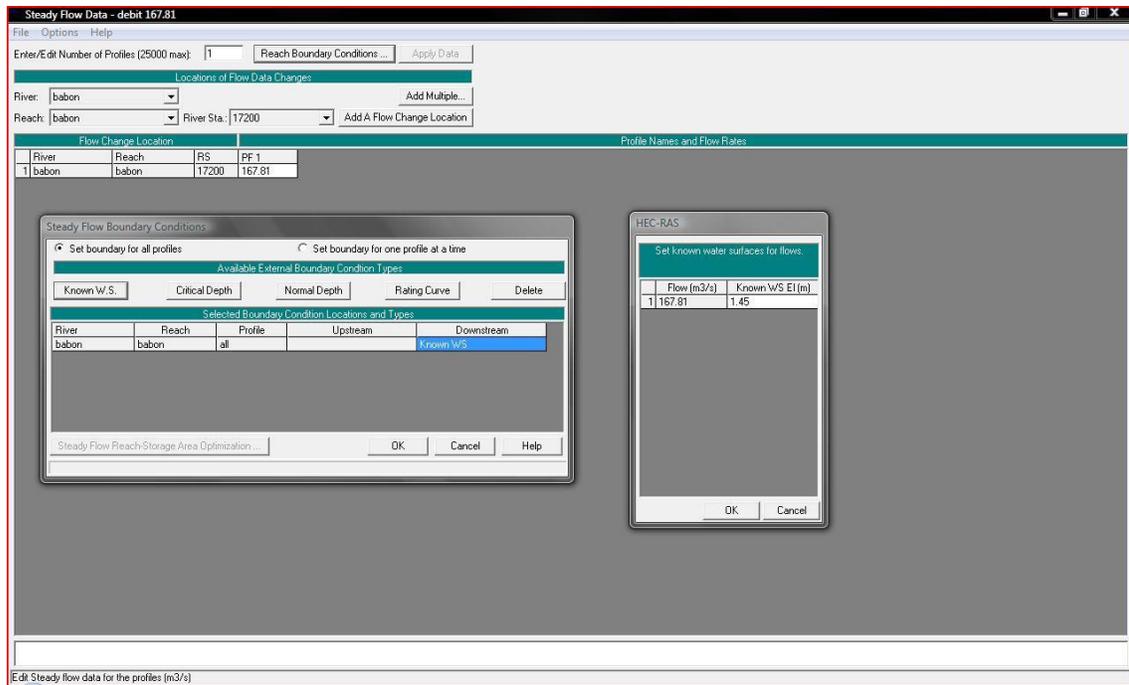
Gambar 3. Tabel Input Data Cross Section

- b. Memasukan data debit rencana (*steady flow data*) dengan debit rencana 25 tahun (Q_{25th})



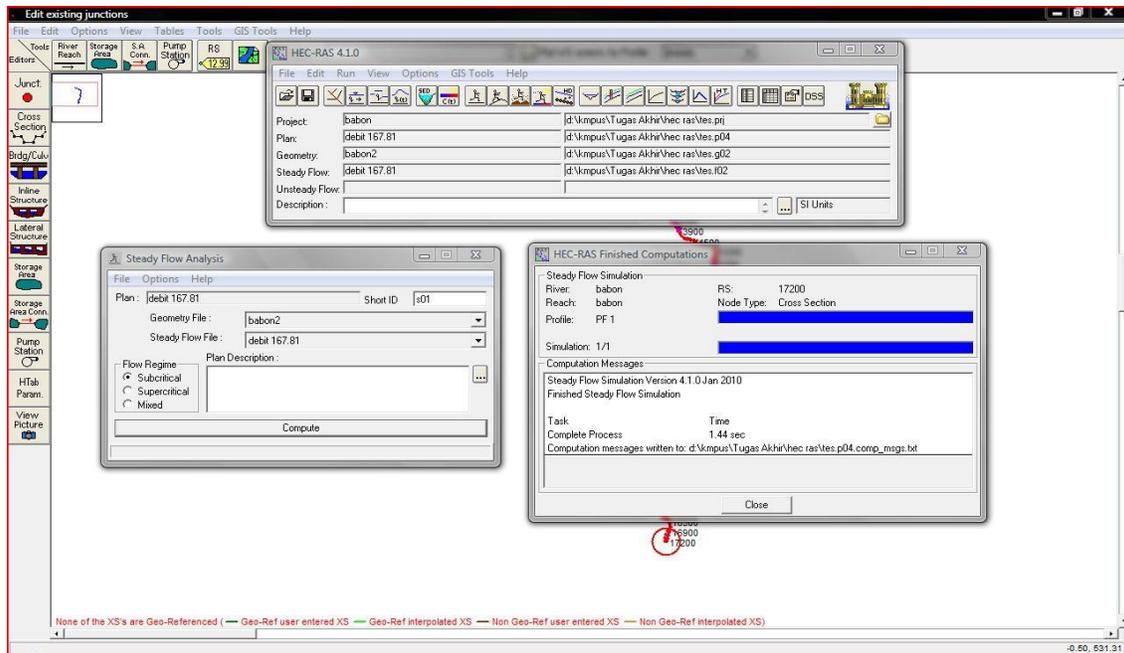
Gambar 4. Tabel Input Data Debit Rencana

- c. Memasukkan ketinggian muka air laut tertinggi (HWL) untuk perhitungan pengaruh *back-water*.



Gambar 5. Input Data Ketinggian Air Laut Tertinggi (HWL)

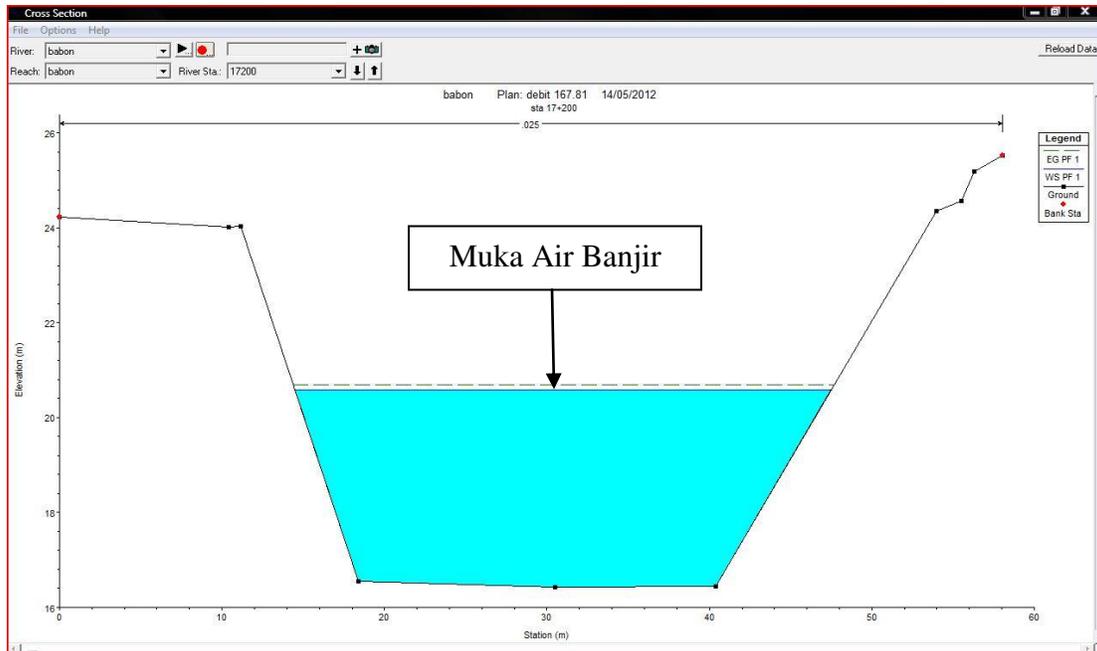
2. *Running* (eksekusi data)



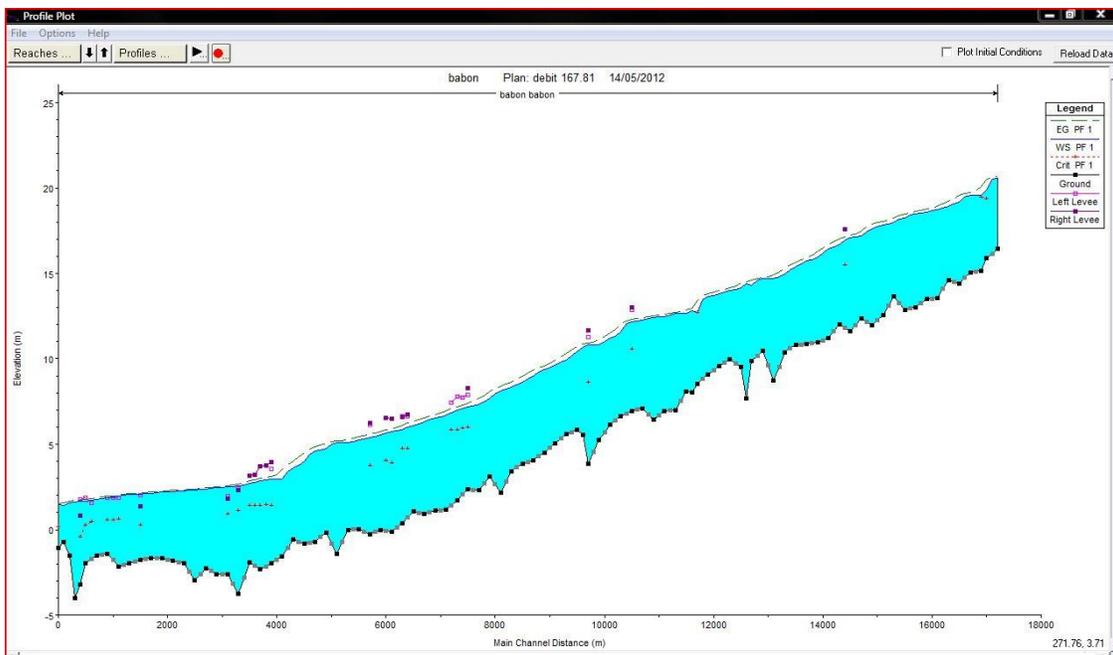
Gambar 6. Running Program

3. Output data

- a. Profil penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang (*long section*)



Gambar 7. Profil Penampang Melintang Sungai Sta 17+200



Gambar 8. Profil Penampang Memanjang Sungai Babon

b. Tabel *Cross Section Output* data

- Debit (Q) m³/dt
- Kecepatan (V) m/dt
- Tinggi muka air (h) m
- Lebar muka air (l) m
- dll.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Cut W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chnl
babon	17200	FF 1	167.81	16.42	20.58		20.70	0.000296	1.48	113.20	32.88	0.26
babon	17100*	FF 1	167.81	16.16	20.58		20.65	0.000572	1.71	98.23	39.54	0.35
babon	17000	FF 1	167.81	15.91	19.87	19.36	20.49	0.002933	3.49	48.05	21.86	0.75
babon	16900	FF 1	167.81	15.15	19.60	19.47	20.10	0.004519	3.15	53.35	39.87	0.87
babon	16800*	FF 1	167.81	15.11	19.59		19.83	0.001047	2.18	77.11	33.65	0.46
babon	16700	FF 1	167.81	15.06	19.56		19.74	0.000529	1.87	89.61	28.28	0.34
babon	16600*	FF 1	167.81	14.73	19.50		19.68	0.000757	1.88	89.39	38.32	0.38
babon	16500	FF 1	167.81	14.40	19.20		19.56	0.001468	2.63	63.77	26.25	0.54
babon	16400*	FF 1	167.81	14.51	19.07		19.39	0.001711	2.51	66.99	34.35	0.57
babon	16300	FF 1	167.81	14.63	18.92		19.21	0.001662	2.40	69.78	37.16	0.56
babon	16200*	FF 1	167.81	14.08	18.84		19.06	0.000994	2.07	81.10	36.64	0.44
babon	16100	FF 1	167.81	13.53	18.74		18.95	0.001127	2.04	82.45	40.20	0.45
babon	16000*	FF 1	167.81	13.52	18.67		18.85	0.000852	1.85	90.51	41.18	0.40
babon	15900	FF 1	167.81	13.51	18.60		18.76	0.000746	1.75	95.99	42.17	0.37
babon	15800*	FF 1	167.81	13.25	18.54		18.68	0.000704	1.64	102.22	49.94	0.37
babon	15700	FF 1	167.81	13.00	18.49		18.61	0.000589	1.52	110.51	53.21	0.34
babon	15600*	FF 1	167.81	12.94	18.41		18.55	0.000575	1.65	101.74	43.04	0.34
babon	15500	FF 1	167.81	12.88	18.23		18.47	0.001038	2.14	78.37	33.03	0.44
babon	15400*	FF 1	167.81	13.26	18.16		18.36	0.000625	1.99	84.26	35.23	0.41
babon	15300	FF 1	167.81	13.65	17.97		18.26	0.001269	2.38	70.56	31.00	0.50
babon	15200*	FF 1	167.81	13.12	17.90		18.14	0.000873	2.18	77.03	28.83	0.43
babon	15100	FF 1	167.81	12.59	17.84		18.06	0.000631	2.08	80.74	23.54	0.36
babon	15000*	FF 1	167.81	12.27	17.74		17.98	0.000893	2.18	76.83	28.77	0.43
babon	14900	FF 1	167.81	11.96	17.58		17.87	0.001133	2.42	69.33	26.23	0.48
babon	14800*	FF 1	167.81	12.15	17.44		17.72	0.000309	2.25	71.37	45.91	0.60
babon	14700	FF 1	167.81	12.35	17.17		17.47	0.003015	2.44	68.67	56.37	0.71
babon	14600*	FF 1	167.81	11.98	17.16		17.30	0.000689	1.67	100.58	47.73	0.37
babon	14500	FF 1	167.81	11.60	17.10		17.23	0.000515	1.60	105.12	40.79	0.32
babon	14400*	FF 1	167.81	11.80	16.94	15.49	17.16	0.000803	2.10	79.82	29.38	0.41
babon	14300	FF 1	167.81	12.00	16.68		17.03	0.001782	2.63	63.69	30.36	0.58
babon	14200*	FF 1	167.81	11.60	16.54		16.86	0.001462	2.52	66.65	29.40	0.63
babon	14100	FF 1	167.81	11.20	16.44		16.70	0.001473	2.24	74.93	39.69	0.52
babon	14000*	FF 1	167.81	11.08	16.18		16.51	0.002142	2.54	66.11	38.96	0.62
babon	13900	FF 1	167.81	10.96	15.93		16.29	0.002304	2.66	63.02	35.55	0.64
babon	13800*	FF 1	167.81	10.92	15.82		16.07	0.001960	2.22	75.95	42.01	0.53
babon	13700	FF 1	167.81	10.67	15.74		15.92	0.001076	1.87	89.77	48.74	0.44
babon	13600*	FF 1	167.81	10.84	15.54		15.79	0.001342	2.20	76.25	39.54	0.51
babon	13500	FF 1	167.81	10.81	15.39		15.66	0.001191	2.31	72.69	31.77	0.49
babon	13400*	FF 1	167.81	10.60	15.22		15.51	0.001833	2.41	69.51	39.61	0.58
babon	13300	FF 1	167.81	10.38	14.96		15.30	0.002345	2.64	65.65	36.66	0.69

Cross Section Output			
File	Type	Options	Help
River	babon	Profile	FF 1
Reach	babon	RS	17200
Plan	s01		
Plan: s01 babon babon RS: 17200 Profile: FF 1			
E.G. Elev (m)	20.70	Element	Left OB
Vel Head (m)	0.11	Wt mVal	Channel
W.S. Elev (m)	20.58	Reach Len. (m)	100.00
Cut W.S. (m)		Flow Area (m ²)	113.2
E.G. Slope (m/m)	0.000296	Area (m ²)	113.2
Q Total (m ³ /s)	167.81	Flow (m ³ /s)	167.8
Top Width (m)	32.99	Top Width (m)	32.9
Vel Total (m/s)	1.48	Avg Vel (m/s)	1.4
Max Chl Dpth (m)	4.16	Hydr. Depth (m)	3.4
Conv. Total (m ³ /s)	9749.9	Conv. (m ³ /s)	9749.9
Length Wtd. (m)	100.00	Wetted Per. (m)	36.8
Min Ch El (m)	16.42	Shear (N/m ²)	9.11
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	2779.31
Frih Loss (m)	0.04	Cum Volume (1000 m ³)	1646.5
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	747.0

Gambar 9. Tabel *Cross Section Output* Q_{25th}

c. Profil muka air *steady* sebelum normalisasi dengan debit rencana 25 tahun (Q_{25th})

d. Profil memanjang sungai sebelum normalisasi dengan debit rencana 25 tahun (Q_{25th})

Setelah dilakukan running program *HEC-RAS* dengan debit rencana 25 tahun (Q_{25th} = 167,81 m³/dt) ternyata penampang eksisting sungai tidak dapat menampung debit banjir yang ada, maka di rencanakan perbaikan sungai. Adapun perbaikan sungai yang dilakukan untuk mengatasi banjir di sungai Babon yaitu dengan perbaikan alur yang mengalami luapan.

5. Perencanaan Teknis

5.1. Stabilitas Lereng

Penentuan kestabilan lereng tanggul merupakan hal yang penting dalam perencanaan tanggul dan berhubungan erat dengan karakteristik mekanika tanah tubuh tanggul. Perhitungan stabilitasnya merupakan perbandingan antara gaya dorong dengan gaya penahan. Metode irisan dengan permukaan vertikal dapat menghasilkan hasil yang baik.

Persamaan stabilitas dengan metode irisan menggunakan rumus sebagai berikut:

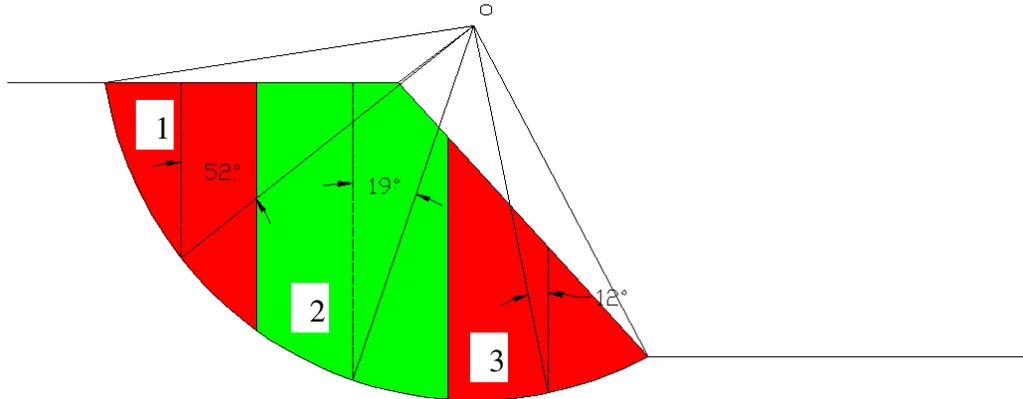
$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \cdot \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n}$$

Sumber : Braja M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*

Dimana :

U_n	= $h_n \times \gamma_w$
F_s	= Faktor Keamanan
$W_n \cos \alpha$	= Beban Komponen Vertikal
$W_n \sin \alpha$	= Beban Komponen Tangensial
ΔL_n	= $\frac{\theta}{360} \times 2\pi R$
W	= $A \times \gamma$ = Berat
A	= Luas Bidang Irisan
γ	= Berat Jenis
c	= kohesi

Stabilitas Lereng pada Sta 11+000



Gambar 10. Stabilitas Lereng Kiri Sta. 11+000

Tabel 5. Perhitungan Stabilitas Lereng Kiri Sta. 11+000

No.	A (m ²)	γ (t/m ²)	L (m)	C (t/m ²)	W = γ . A (t)	α (°)	C . L (t/m)	T = W . sin α (t/m ²)	N = W . cos α (t/m ²)	N . tan θ
1	3.846	1.574	8.92	0.18	6.05	52	1.61	4.77	3.73	1.36
2	8.56				13.47	19		4.39	12.74	4.64
3	4.42				6.96	-12		-1.45	6.81	2.48
Total								7.71		8.47

Sumber : Perhitungan Penulis

$$\gamma = 1.574 \text{ t/m}^3$$

$$\Phi = 20^0$$

$$C = 0.18 \text{ t/m}^2$$

$$R = 4.67 \text{ m}$$

$$\theta = 109^0$$

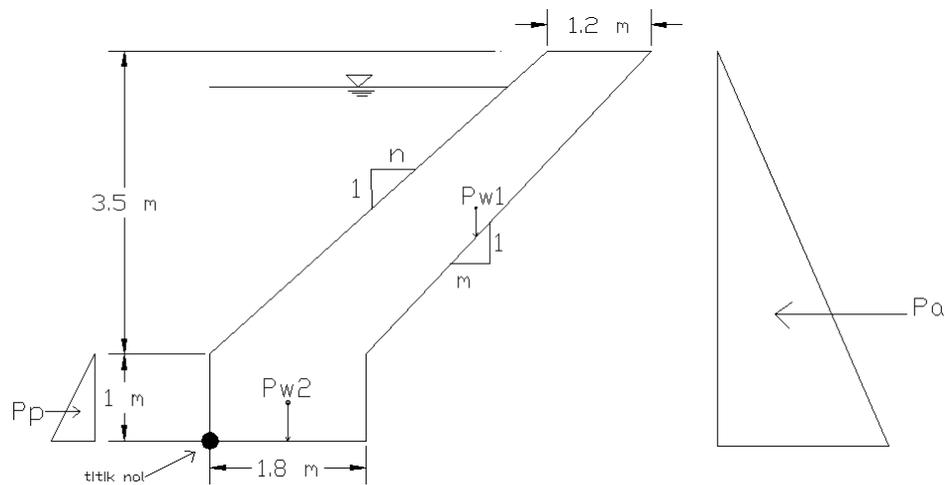
$$L = \frac{\theta}{360} \times 2\pi R = \frac{109}{360} \times 2\pi \times 4.67 = 8.92 \text{ m}$$

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \cdot \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n} = \frac{\sum [(8.92 \times 0.18) + (8.47)]}{7.71} = 1.10$$

$$F_s = 1.10 < 1,2 \rightarrow \text{Tidak Aman}$$

5.2. Perkuatan Lereng

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah



Gambar 11. Gaya – gaya yang Bekerja pada dinding penahan tanah

Dimana:

$P_{w1,2}$ = Berat sendiri (ton)

P_a = Tekanan tanah aktif (ton)

H = Tinggi dinding penahan tanah (m) = 4,5 m

\emptyset = 20°

n = 1,12

m = 1

- Koefisien tekanan aktif

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$= \tan^2 \left(45 - \frac{20}{2} \right)$$

$$= 0,49 \text{ m}$$

$$L_w = \left(\frac{B_2 + B_2 \cdot B_1 + B_1^2}{3(B_2 + B_1)} \right) + \frac{n \cdot H}{3} \left(\frac{B_2 + 2B_1}{B_2 + B_1} \right)$$

$$= \left(\frac{1,8 + (1,8 \times 1,2) + (1,2)^2}{3(1,8 + 1,2)} \right) + \frac{1,12 \times 3,5}{3} \left(\frac{1,8 + (2 \times 1,2)}{1,8 + 1,2} \right)$$

$$= 2,429 \text{ m}$$

- Koefisien tekanan pasif

$$\begin{aligned}
 K_p &= \tan^2\left(45 + \frac{\theta}{2}\right) \\
 &= \tan^2\left(45 + \frac{20}{2}\right) \\
 &= 2,039 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Gaya – gaya Yang Terjadi Pada Dinding Penahan Tanah

Notasi	Gaya yang Bekerja (ton)	Panjang Lengan Terhadap Titik O (m)
Pw ₁	$\frac{1}{2} \cdot 2,2 \cdot 3,5 (1,8 + 1,2) = 11,55$	2,429
Pw ₂	$1,8 \cdot 1 \cdot 2,2 = 3,96$	$\frac{1}{2} \cdot 1,8 = 0,9$
Pa	$\frac{1}{2} \cdot 1,517 \cdot 4,5^2 \cdot 0,49 = 7,526$	$\frac{1}{3} (4,5) = 1,5$
Pp	$3,607 \cdot 1 \cdot 0,5 = 1.803$	$\frac{1}{3} (1) = \frac{1}{3}$

Sumber : Perhitungan Penulis

- Momen Terjadi pada dinding penahan tanah

$$P_{w_1} = 7.7 \times 3.066 = 23.61m$$

$$P_{w_2} = 2.64 \times 0.6 = 1.1m$$

$$P_a = 7.814 \times \left(\frac{1}{3} \times 4.5\right) = 11.721m$$

$$P_p = 1.803 \times \frac{1}{3} = 0.601m$$

Stabilitas Terhadap Guling

Untuk menghitung stabilitas tubuh dinding penahan tanah terhadap guling menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 FK \text{ Guling} &= \frac{\sum M_v}{\sum M_h} \\
 &= \frac{28.055 + 3.564 + 0.601}{11.289} \\
 &= 2.85 \geq 2 \text{ (AMAN)}
 \end{aligned}$$

Stabilitas Terhadap Geser

Untuk menghitung stabilitas terhadap geser menggunakan rumus sebagai berikut :

$$FK \text{ Geser} = \frac{f \sum V}{\sum H}$$

dimana :

FK Geser = Angka keamanan terhadap geser yang ditentukan
= 1,2

$\sum V$ = Jumlah gaya vertikal yang bekerja (ton)

$\sum H$ = Jumlah gaya horizontal yang bekerja (ton)

$$\begin{aligned} FK \text{ Geser} &= \frac{f \sum V}{\sum H} \\ &= \frac{0.65 \cdot (11.55 + 3.96)}{7.526 - 1.803} \\ &= 1.76 \geq 1,2 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

6. Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

Permasalahan banjir yang terjadi di Kota Semarang antara lain disebabkan karena meluapnya, salah satu sungai yaitu Sungai Babon. Sungai Babon memiliki panjang sekitar 17 km yang dimulai dari hilir Bendung Pucang Gading hingga ke muara melewati Bendung Karang Roto. Kondisi Sungai Babon yang mengalami penyempitan alur serta pendangkalan menyebabkan berkurangnya kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit banjir. Sungai Babon tidak dapat lagi menampung debit banjir khususnya yang terjadi pada musim penghujan sehingga menggenangi wilayah di sekitar Sungai Babon.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini dapat disimpulkan untuk mengurangi banjir di Kota Semarang khususnya akibat luapan Sungai Babon adalah sebagai berikut:

1. Teknik pelaksanaan yang diterapkan adalah perbaikan penampang sungai, perbaikan kemiringan alur sungai, perkuatan lereng serta perbaikan dan pembuatan tanggul.
2. Rencana perbaikan penampang dan kemiringan alur sungai yang dilakukan hampir di sepanjang alur Sungai Babon dengan memperdalam, memperlebar dan memperbaiki kemiringan lereng / tebing (untuk mencegah longsoran) penampang eksisting Sungai Babon serta menstabilkan kemiringan dasar sungai untuk mencegah erosi pada dasar sungai dan sedimentasi dengan metode melakukan penggalian pada penampang dan dasar alur sungai hingga didapat perbedaan tinggi elevasi dasar sungai tiap STA yang tidak terlalu ekstrim.
3. Rencana peninggian tanggul kiri dan kanan pada STA 0+000 – 3+500 yang kondisi eksistingnya sudah tidak memenuhi persyaratan tinggi jagaan, sehingga memerlukan penanganan karena sudah tidak mampu menampung debit banjir rencana.
4. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan pada STA 9+200 hingga STA 12+300 direncanakan perkuatan lereng dengan menggunakan pasangan batu kali untuk menanggulangi terjadinya erosi akibat gerusan arus Sungai Babon..

6.2. Saran

Berdasarkan pada Laporan Tugas Akhir “Perencanaan Perbaikan Sungai Babon Kota Semarang”, penyusun ingin memberikan beberapa saran. Adapun saran yang dapat kami berikan antara lain :

1. Perlu adanya perbaikan fungsi DAS yang berada di hulu Bendung Pucang Gading sebagai upaya penanganan banjir di hilir Bendung Pucang Gading.
2. Perlu adanya operasi yang terkoordinasi dengan baik dan pemeliharaan yang menerus dalam mengatasi banjir Sungai Babon tersebut.
3. Partisipasi masyarakat dalam pembinaan, pengendalian dan penanggulangan terhadap banjir secara intensif dan terkoordinasi secara terpadu dengan meningkatkan kesadaran masyarakat misalnya dengan mengadakan penghijauan dan tata guna lahan yang ada sehinggadapat mengatasi permasalahan banjir di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Braja, M. Das. 1996, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
2. Kamiana, I M., 2011, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
3. Kodoatie, RJ, dan Sugiyanto. 2001, *Banjir (Beberapa Penyebab dan metode Pengendalian Banjir dalam Perspektif Lingkungan)*, Pustaka Belajar, Yogyakarta.
4. Kodoatie, R. J. , Sjarief, R. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya air Terpadu*. Penerbit Andi, Yogyakarta
5. Loebis, Joesron. 1987. *Banjir Rencana untuk bangunan Air*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Bandung.
6. Soewarno. 1995. *Hidrologi Untuk Teknik*. Penerbit Nova, Bandung.
7. Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*, Edisi Dua, Erlangga, Jakarta.
8. Sri Harto Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
9. Subarkah, Iman. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Penerbit Idea Dharma, Bandung.
10. Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi, Yogyakarta
11. *User's Manual HEC-RAS*.