

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG BANJIR KANAL BARAT KOTA SEMARANG UNTUK PERENCANAAN PENGENDALIAN BANJIR

Reza Juan Prakasa, Ridho Anggoro, Abdul Kadir, Al Falah
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Abstract : Overflow in the West Floodway is a natural event caused by inadequate river capacity to flow the existing discharge. Based on the analysis of hydrological West Floodway with the help of software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) obtained discharge plan (Q50) of 951.9 m³/s. The hydraulics analysis was carried out by the help of software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) and the result is an overflow along the 8 km (WF 0-WF 97) in the West Floodway Region. To overcome these problems, it is necessary to be taken a solution, that is increasing river capacity. Based on existing field conditions (limited space) then the plan is using 2 type of river profiles, there are at the downstream river is used for single and double crosssection on the upstream, both is planning using manning formula.

Keyword : flood control, HEC-RAS, HEC-HMS

Abstrak : Limpasan di Banjir Kanal Barat merupakan peristiwa alami yang disebabkan oleh tidak memadainya kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit yang ada. Berdasarkan analisis hidrologi DAS Banjir Kanal Barat dengan bantuan *software* HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre-Hydrologic Modelling System*) didapatkan debit rencana (Q50) sebesar 751.9 m³/s. Dari debit rencana tersebut dilakukan analisis hidrolika sungai dengan bantuan *software* HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) dapat diketahui bahwa terjadi limpasan sepanjang 8 Km (WF 0-WF 97). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu diambil solusi penanganan berupa peningkatan kapasitas sungai. Berdasarkan kondisi lapangan yang ada (keterbatasan lahan) maka direncanakan menggunakan 2 profil sungai yaitu pada daerah hilir menggunakan penampang tunggal dan ganda pada daerah hulu, keduanya direncanakan dengan menggunakan rumus manning .

Kata kunci : : pengendalian banjir, HEC-RAS, HEC-HMS

PENDAHULUAN

Banjir sudah menjadi masalah klasik di kota Semarang. Hampir setiap musim penghujan, luapan air senantiasa menggenangi beberapa kawasan, terutama bagian kota bawah. Adanya pengembangan di Semarang atas untuk keperluan pemukiman, industri, penambangan dan lain-lain mengakibatkan meningkatnya debit

banjir kiriman dan erosi lahan dari Semarang atas. Dampak dari meningkatnya erosi lahan di Semarang atas mengakibatkan pendangkalan sungai pengendali banjir (*flood way*) seperti Kali Babon, Banjir Kanal Timur, Banjir Kanal Barat, Kali Silandak, Kali Beringin, Kali Plumbon dan Kali Blorong.

Permasalahan

Kurangnya kapasitas alur sungai untuk mengalirkan debit banjir, sehingga terjadi limpasan. Limpasan tersebut disebabkan oleh perubahan tata guna lahan pada daerah aliran sungai (DAS) Garang yang semula merupakan daerah resapan menjadi pemukiman padat sehingga meningkatkan aliran permukaan (*run off*) yang berpengaruh pada meningkatnya debit banjir dan meningkatkan erosi pada DAS Garang menyebabkan besarnya laju sedimentasi yang terjadi di badan sungai ditambah pula operasional-pemeliharaan (pengerukan) Banjir Kanal Barat yang tidak teratur sehingga volume sedimentasi sudah terlalu besar. Dalam rangka menanggulangi erosi dan limpasan di Banjir Kanal Barat serta mengamankan pemukiman dengan tetap mengacu pada kondisi alur yang ada, maka diperlukan usaha normalisasi sungai yang ada.

Tujuan dan manfaat

Maksud dari penelitian ini adalah untuk membuat perencanaan sistem pengendalian banjir akibat limpasan pada Banjir Kanal Barat dengan menggunakan analisis hidrologi dan hidrolika.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengendalian Banjir

Kebijakan-kebijakan mengenai banjir dan program pengendalian yang ada didasarkan pada asumsi, bahwa banjir adalah akibat dari sifat alam, bukan akibat tindakan manusia. Padahal dalam kenyataannya, kesalahan manusia terutama karena pengolahan tanah yang tidak baik dan strategi pengendalian banjir yang bersifat sederhana (Goldsmith, 1993:174).

Beberapa faktor penyebab banjir dapat ditinjau dari aspek fisik, antara lain:

- a. Berkurangnya kawasan hutan lindung sebagai lahan "Konservasi" yang dikarenakan adanya "Konversi" (beralih fungsi) sebagai kawasan pengembangan pemukiman kota.
- b. Berkurangnya luasan tangkapan air (Catchment area)

- c. Berkurangnya daya serap air sebagian permukaan tanah dikarenakan semakin banyaknya permukaan tanah yang dipadatkan atau tertutup aspal dan bahan perkerasan jalan lainnya.
- d. Kondisi jaringan drainase kurang memadai (adanya pendangkalan dan kurang lancar) atau tidak berfungsi secara optimal.
- e. Terjadinya sedimentasi dan pendangkalan pantai maupun muara sungai (Busro, 1990: IV-2).

Metode pengendalian banjir yang bisa digunakan antara lain adalah terutama pembuatan tanggul-tanggul agar dapat menahan banjir di dalam sungai, pembuatan waduk-waduk agar dapat menampung banjir sebelum disalurkan dalam tingkat aliran yang cukup lambat, untuk mencegah kerusakan karena banjir di bagian hilir. Tanggul-tanggul pengendalian banjir seperti itu sebenarnya meningkatkan bahaya banjir. Hal ini dikarenakan volume air banjir tidak menjadi berkurang. Sebaliknya debit aliran sungai menjadi meningkat (Goldsmith, 1993:162).

Pengendalian banjir pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara. Namun yang penting adalah dipertimbangkan secara keseluruhan dan dicari sistem yang paling optimal. Upaya-upaya yang dilakukan dalam pengendalian banjir adalah:

1. Normalisasi alur sungai dan tanggul.
Normalisasi sungai merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran dari sungai itu sendiri. Penanganan banjir dengan cara ini dapat dilakukan pada hampir seluruh sungai dibagian hilir. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan pada penanganan ini adalah penggunaan penampang ganda dengan debit dominan untuk penampang bawah, perencanaan alur yang stabil terhadap proses erosi dan sedimentasi dasar

sungai maupun erosi tebing dan elevasi muka air banjir.

2. Pembuatan flood way

Pembuatan flood way dimaksudkan untuk mengurangi debit banjir pada alur sungai lama dan mengalirkannya melalui flood way.

Pembuatan flood way dapat dilakukan apabila kondisi setempat sungai mendukung, misalnya tersedianya alur sungai yang akan digunakan untuk jalur flood way.

3. Pembuatan retarding basin

Pada pembuatan retarding basin, daerah cekungan sungai diperlukan untuk menampung volume air banjir yang datang dari hulu, untuk sementara waktu dan kemudian melepaskan kembali saat banjir surut. Penanganan banjir dengan cara ini sangat tergantung dari kondisi lapangan.

4. Pembuatan sudetan (short-cut)

Sudetan hanya dilakukan pada alur sungai yang berkelok-kelok sangat kritis dan dimaksudkan agar banjir dapat mencapai bagian hilir (laut) dengan cepat.

5. Waduk pengendali banjir

Faktor tampungan yang berpengaruh terhadap aliran air di hilir waduk. Maksudnya yaitu waduk dapat merubah pola inflow-outflow hidrograf. Perubahan outflow hidrograf di hilir waduk biasanya menguntungkan terhadap pengendalian banjir yang lebih kecil dan adanya perlambatan banjir. Pengendalian banjir dengan waduk biasanya hanya dapat dilakukan pada bagian hulu dan biasanya dikaitkan dengan pengembangan sumber daya air.

Data Perencanaan Sistem Drainase dan Analisis dalam penelitian ini meliputi:

1. Keadaan topografi

Topografi adalah uraian ataupun keterangan terperinci (dengan peta) tentang daerah atau tempat, mengenai gunung-gunung, lembah-lembah, jalan-jalan dataran tinggi, dataran rendah dan sebagainya. Kondisi elevasi dan gradien dari daerah pengaliran mempunyai pengaruh terhadap sungai dan hidrologi daerah tersebut.

2. Data Debit Aliran Sungai

Debit sungai yang didapat dari pengamatan digambarkan sebagai ordinat pada suatu grafik dan waktu pengamatan sebagai absis, didapatkan suatu hidrograf aliran atau hidrograf muka air. Bentuk dari lengkung hidrografnya tergantung pada karakteristik hujan yang mengakibatkan aliran.

3. Analisa Data Hidrologi

Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh dalam pengendalian banjir adalah curah hujan dan intensitasnya. Curah hujan merupakan salah satu faktor yang menentukan debit banjir bagi daerah tersebut. Semakin besar curah hujan yang terjadi maka besar pula banjir yang akan diterima oleh dataran rendah akibat kiriman dari daerah atas maupun akibat hujan lokal

4. Analisa Data Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mendapatkan kedalaman air dan kecepatan aliran di lokasi perencanaan. Pada perencanaan ini analisa hidrolika dilakukan dengan menggunakan bantuan program *HEC-RAS*. Perhitungan kedalaman dan kecepatan aliran dilakukan setelah besar debit pembanding diperoleh. Debit yang digunakan sebagai *input* program *HEC-RAS* adalah Geometri sungai, debit hasil analisa hidrologi, koefisien Manning, data pasang surut. Kemudian dilakukan analisa *HEC-RAS* hingga menghasilkan

kedalaman air, sehingga dapat diketahui terjadi limpasan atau tidak.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Lokasi studi pada penelitian ini adalah kawasan Semarang yang padat penduduknya. Banjir Kanal Barat melewati 5 kecamatan yaitu kecamatan Semarang Barat, Semarang Utara, Semarang Tengah, Semarang Selatan dan Gajah Mungkur. Kelurahan yang terdapat di sepanjang alur Banjir Kanal Barat yaitu Bendungan, Ngeplak, Simongan, Barusari, Bojong, Salaman, Bulustalan, Cabean, Pindrikan, Krobokan, Bulu lor, Tawangmas, Panggung lor dan Panggung kidul. Di sepanjang alur Banjir Kanal Barat terdapat 4 jembatan jalan raya dan 1 jembatan kereta api. Banjir Kanal Barat memiliki lahan terbatas karena kanan kirinya diapit oleh 4 (empat) jalan raya yaitu antara jembatan Sugijopranoto sampai laut diapit oleh jalan Madukoro raya – jalan Kokroso dan antara jembatan Sugijopranoto sampai bendung Simongan diapit oleh jalan Bodjong Salaman – jalan Basudewo.

Sumber data penelitian

Tabel 1. Sumber data

Data	Macam	Sumber data
Foto	Primer	Langsung di
Data curah hujan	Sekunder	Dinas Pengembangan Sumber Daya
Hidrograf Banjir	Sekunder	BBWS Pemali Jratun
Debit bendung Simongan	Sekunder	BBWS Pemali Jratun dan Dirjen SDA, Dept. Pekerjaan Umum kota Semarang
Tampungan waduk	Sekunder	BBWS Pemali Jratun

Peta Morfologi Banjir Kanal Barat	Sekunder	BBWS Pemali Jratun
Peta Topografi	Sekunder	Bakorsurtanal dan BBWS Pemali Jratun
Data geoteknik	Sekunder	BBWS Pemali Jratun
Data pasang surut	Sekunder	Stasiun Meteorologi Maritim Semarang
Jenis tanah	Sekunder	Bapedas Pemali Jratun
Tata guna lahan	Sekunder	Analisa Data Spasial

Analisa data

1. Analisis Data Hujan Harian.
2. Analisis Frekuensi Curah Hujan.
3. Analisis Curah Hujan Rencana.
4. Analisis Debit Banjir.
5. Analisis Hidrolika

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kondisi wilayah studi

Kondisi curah hujan

Pada DAS Kaligarang digunakan 3 (tiga) stasiun hujan yaitu Stasiun Simongan (CH-42), Stasiun Gunungpati/Bd.Sigotek(CH-65c) dan Stasiun Kaligading(CH-20)

Tabel 2. Data curah hujan Sta.Simongan (CH-42) tahun 1996-2010

No	Tahun	Stasiun Pencatat Hujan		
		Simongan	Gn. Pati	Kaligading
		0.166	0.66	0.166
1	1996	106	3	5
2	1997	150	0	3
3	1998	328	0	0
4	1999	119	70	20
5	2000	203	32	63
6	2001	821	0	0

7	2002	74	57	36
8	2003	122	0	11
9	2004	163	11	57
10	2005	110	0	0
11	2006	198	86	0
12	2007	162	0	28
13	2008	169	34	25
14	2009	216	36	120
15	2010	110	93	0

Tabel 3. Data curah hujan Sta.Gunung Pati (CH-65C) tahun 1996-2010

No	Tahun	Stasiun Pencatat Hujan		
		Simongan	Gn. Pati	Kaligading
		0.166	0.66	0.166
1	1996	24	51	37
2	1997	0	174	18
3	1998	12	79	58
4	1999	3	86	0
5	2000	35	127	114
6	2001	29	87	0
7	2002	82	136	0
8	2003	37	151	0
9	2004	46	147	0
10	2005	0	105	40
11	2006	8	174	106
12	2007	83	205	65
13	2008	14	114	106
14	2009	92	103	0
15	2010	0	165	0

Tabel 4. Data curah hujan Sta.Kaligading (CH-40)tahun 1996-2010

No	Tahun	Stasiun Pencatat Hujan		
		Simongan	Gn. Pati	Kaligading
		0.166	0.66	0.166
1	1996	1	0	83
2	1997	73	13	169
3	1998	0	0	112
4	1999	0	76	92
5	2000	8	85	121
6	2001	3	8	205
7	2002	4	0	197

8	2003	1	8	109
9	2004	0	68	165
10	2005	11	42	114
11	2006	0	29	133
12	2007	22	0	150
13	2008	0	0	140
14	2009	0	34	128
15	2010	0	0	134

Kondisi Hidrograf Banjir

Data hidrograf ini pada tiga kejadian banjir besar yang terjadi dan tercatat yaitu tahun 1990 sebesar 890 m³/s untuk lebih lengkap dilihat pada Tabel

Tabel 5. Hidrograf banjir 25 Januari 1990

jam	hujan di stasiun hujan otomatis kaligading (mm)	DEBIT (m ³ /s)
		data Hidrograf th 1990
17:00	0	-
18:00	2.8	-
19:00	8.3	-
20:00	11.2	-
21:00	21	314
22:00	57	605
23:00	15	697
0:00	26	710
1:00	7.3	737
2:00	0.2	890
3:00	0.5	769.9
4:00	0.4	609.9
5:00	0	383.8
6:00	0	195.7
7:00	0	55.8
8:00	-	-

Tabel 6. Hidrograf banjir 29 Januari 1993

jam	hujan di stasiun hujan otomatis kaligading (mm)	DEBIT (m ³ /s)
		data Hidrograf th 1993

10:00	0	-
11:00	1.4	-
12:00	0.4	-
13:00	0	-
14:00	0.7	-
15:00	1.2	-
16:00	1.2	-
17:00	15.2	-
18:00	9	120.1
19:00	20	314.6
20:00	41	243.2
21:00	10	392
22:00	20	365.6
23:00	40.5	593.3
0:00	15.5	593.3
1:00	30.5	753.2
2:00	4.7	786.7
3:00	4.8	655.7
4:00	7.5	503.7
5:00	7.2	339.8
6:00	1.2	157.9
7:00	0	-

2.5 Kondisi Sub DAS (Daerah Aliran Sungai)

Wilayah Banjir Kanal Barat Kota Semarang termasuk dalam DAS Garang. DAS Garang mempunyai beberapa sub DAS

Tabel 7. SubDAS di wilayah Banjir Kanal Barat

No.	Sub Das	KM ²
1	Sungai Kreo	68.56
2	Sungai Kripik	36.47
3	Sungai Garang Hulu	83.71
4	Sungai Garang hilir	24.14
Total luas das		212.8953

2.6 Kondisi Kondisi Topografi

Kondisi topografi di wilayah DAS Banjir Kanal Barat Kota Semarang cukup beraneka ragam topografinya, dari datar, bergelombang, berbukit sampai bergunung.

Tabel 8. Keadaan topografi DAS

Topografi	Luas (A) Km ²
Datar (0-5%)	121.38
Bergelombang (5-15%)	49.88
Berbukit (15-30%)	19.87
Pegunungan (>30%)	21.56
Total	212.69

2.7 Kondisi Jenis Tanah

Tabel 9. Jenis tanah pada DAS Garang

No.	Jenis Tanah	Luas(A) km ²
1.	Alluvial Hidromorf	13.778
2.	Alluvial kelabu	7.405
3.	Andosol coklat	6.101
4.	Latosol coklat	59.745
5.	Latosol coklat tua kemerahan	79.388
6.	Mediteran coklat	44.35
7.	komplek Mediteran	2.02
Total		212.787

Kondisi Tata Guna Lahan

Tutupan lahan dan pengolahan lahan pada lokasi studi. Semakin bagus tutupan lahannya, maka daya erosi tanah akan semakin kecil, tetapi jika tutupan lahannya semakin terbuka,

Tabel 10. Luas tutupan lahan di lokasi studi

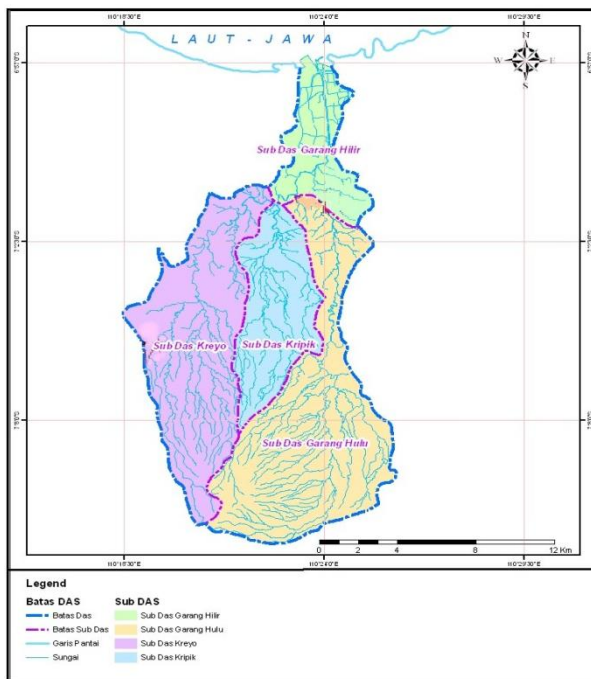
No.	Penggunaan lahan	Luas (KM ²)
-----	------------------	-------------------------

1	Permukiman	94.35
2	Hutan	17.69
3	Perkebunan	11.42
4	Semak/sabana	4.31
5	Tegalan	17.33
6	Sawah	55.05
7	Tambak	3.82
Total		212.78

Analisis curah hujan rata-rata maksimum tahunan dari metode thiesen

Tabel 11. Curah Hujan Rata-rata Maksimum Tahunan

Thn	Stasiun Pencatat Hujan			Yang dipakai
	Simongan	Gn. Pati	Kaligading	
1996	20.406	45.106	13.944	45.106
1997	21.082	117.828	48.752	117.828
1998	54.448	77.62	18.592	77.62
1999	69.274	73.098	65.432	73.098
2000	65.276	108.554	77.514	108.554
2001	24.402	62.234	39.808	62.234
2002	59.532	103.372	33.366	103.372
2003	22.078	105.802	23.54	105.802
2004	43.78	104.656	72.27	104.656
2005	18.26	75.94	48.47	75.94
2006	89.628	127.164	41.218	127.164
2007	31.54	159.868	28.552	159.868
2008	54.644	95.16	23.24	95.16
2009	79.536	86.552	57.3	86.552
2010	79.64	102.3	22.244	102.3



Gambar 1. DAS Banjir Kanal Barat

Analisa Parameter Statistik

Tabel 12. Parameter Statistik Curah Hujan

No	Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
		(mm)				
1	1996	45.106	-49.833	2483.361	-123754.162	6167082.408
2	1997	117.828	22.889	523.891	11991.168	274461.845
3	1998	77.620	-17.319	299.959	-5195.095	89975.586
4	1999	73.098	-21.841	477.044	-10419.274	227570.827
5	2000	108.554	13.615	185.359	2523.603	34358.014
6	2001	62.234	-32.705	1069.639	-34982.894	1144127.223
7	2002	103.372	8.433	71.110	599.646	5056.613

8	2003	105.802	10.863	117.998	1281.768	13923.416
9	2004	104.656	9.717	94.414	917.386	8913.930
10	2005	75.940	-18.999	360.975	-6858.278	130302.710
11	2006	106.000	11.061	122.338	1353.144	14966.671
12	2007	159.868	64.929	4215.732	273721.842	17772394.231
13	2008	95.160	0.221	0.049	0.011	0.002
14	2009	86.552	-8.387	70.347	-590.027	4948.751
15	2010	102.300	7.361	54.179	398.797	2935.409
JUMLAH		1424.090		10146.395	110987.633	25891017.637

Pengukuran Dispersi antara lain Sebagai berikut :

a. Standar Deviasi (Sd)

Perhitungan Standar deviasi digunakan rumus sebagai berikut :

$$Sd = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n |X_1 - X_{rt}|}}{n}$$

$$Sd = \frac{\sqrt{1833,865}}{15}$$

$$Sd = 26.921$$

b. Koefisien Kemencengan (Cs)

Perhitungan Koefisien kemencengan (Coeffisien of Skewness) digunakan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n [X_1 - X_{rt}]$$

$$Cv = 0,284$$

$$Cs = \frac{15}{(15-1)(15-2)26.921^3 - 6935,763}$$

$$Cs = 0.469$$

c. Koefisien Kurtosis (Ck)

Perhitungan Koefisien Kurtosis (Ck) digunakan rumus sebagai berikut :

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [X_1 - X_{rt}]^4}{Sd^4}$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{15} 25891017.637}{26.921^4}$$

$$Ck = 1.648$$

d. Koefisien Variasi (Cv)

Perhitungan Koefisien Variasi (Cv) digunakan rumus sebagai berikut :

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{26.921}{94.939}$$

Tabel 13. Pemilihan Metode Distribusi

No	Jenis sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs ≈ 0	Cs = 0.469	Kurang Mendekati
		Ck ≈ 3	Ck = 1.648	
2	Gumbel Tipe I	Cs ≈ 1,1396	Cs = 0.469	Kurang Mendekati
		Ck ≈ 5,4002	Ck = 1.648	
3	Log Normal	Cs = 1.1396	Cs = 0.469	Kurang Mendekati
		Ck = 2.150	Ck = 1.648	
4	Log Pearson III	Cs ≠ 0	Cs = 0.469	Mendekati
		Cv = 0.3	Cv = 0.284	

Tabel 14. Perhitungan parameter statistik metode Log Pearson Tipe III

No	Curah Hujan	Log X	(Log X - X)	(Log X - X)^2	(Log X - X)^3	(Log X - X)^4
1	159.868	2.204	0.238	0.057	0.014	0.003
2	127.164	2.104	0.139	0.019	0.003	0.000
3	117.828	2.071	0.106	0.011	0.001	0.000
4	108.554	2.036	0.070	0.005	0.000	0.000
5	105.802	2.024	0.059	0.003	0.000	0.000
6	104.656	2.02	0.054	0.003	0.000	0.000
7	103.372	2.014	0.049	0.002	0.000	0.000
8	102.300	2.01	0.044	0.002	0.000	0.000
9	95.160	1.978	0.013	0.000	0.000	0.000
10	86.552	1.937	-0.028	0.001	0.000	0.000
11	77.620	1.89	-0.075	0.006	0.000	0.000
12	75.940	1.88	-0.085	0.007	-0.001	0.000
13	73.098	1.864	-0.102	0.010	-0.001	0.000
14	62.234	1.794	-0.171	0.029	-0.005	0.001
15	45.106	1.654	-0.311	0.097	-0.030	0.009
Jumlah		29.482	0.000	0.253	-0.019	0.014
Rata - Rata		1.965				
Sd		0.135				
CS		-0.642				
Ck		0.997				

Tabel 15. Perhitungan curah hujan rencana metode Log Person Tipe III

T	K	K*Sd	Log R	Curah Hujan
Tahun				(mm)
2	0.107	0.014	1.980	95.47
5	0.857	0.115	2.081	120.44
10	1.192	0.160	2.126	133.61
25	1.509	0.203	2.168	147.40
50	1.694	0.228	2.193	156.09
100	1.855	0.250	2.215	164.08

Analisis Debit banjir Dengan HEC-HMS

Perhitungan debit banjir rencana juga dimodelkan dengan bantuan software HEC-HMS dengan intensitas hujan rencana berbagai periode ulang. Pemodelan menghitung kehilangan air yang terjadi melalui proses infiltrasi (*Loss Rate Method*) dalam program ini

menggunakan metode *SCS Curve Number*. Metode ini terdiri dari beberapa parameter yaitu, *initial loss* atau nilai infiltrasi awal, *SCS Curve Number*, dan *imperviousness* (kekedapan air). SCS mengembangkan parameter curve number empiris yang mengasumsikan berbagai faktor dari

lapisan tanah, tata guna lahan, dan porositas untuk menghitung total limpasan curah hujan. Untuk nilai infiltrasi awal dan SCS *Curve Number* digunakan tabel yang dikeluarkan oleh SCS.

Nilai CN dan I didapatkan dari tabel berdasarkan jenis tanah, tata guna lahan dan kededapan air pada Gambar 2.6 dan Tabel 2.10. Tabel Nilai *impervious* dan *curve number* serta perhitungan tiap Sub DAS setelah dapat dilihat pada Tabel 5.32 dan Tabel 5.33. Perhitungan nilai *impervious* dan *Curve Number* dapat dilihat pada Tabel 5.33

flood routing (penelusuran banjir) dalam program ini menggunakan metode Lag yang diperlukan untuk input *Reach*. Parameter yang dibutuhkan yaitu, beda ketinggian dan panjang alur sungai.

Waktu konsentrasi (t_c) dan T_p (Lag Time) dapat dicari dengan rumus

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

Tabel 17. Perhitungan nilai T_c dan T_p

Reach	PANJANG REACH	ELEVASI (m)		KEMIRINGAN reach (m/m)	T_c (jam)	T_p (Menit)
	m	TERENDAH	TERTINGGI			
Reach-1	9000	100	800	0.077	0.966	34.8

$$T_p(\text{Lag Time}) = 0,6 * t_c$$

dimana,

L = Panjang lintasan maksimum (m)

S = Kemiringan rata-rata (m)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

T_p = Lag Time (jam)

Hasil perhitungan Nilai T_p dapat dilihat pada Tabel 5.34

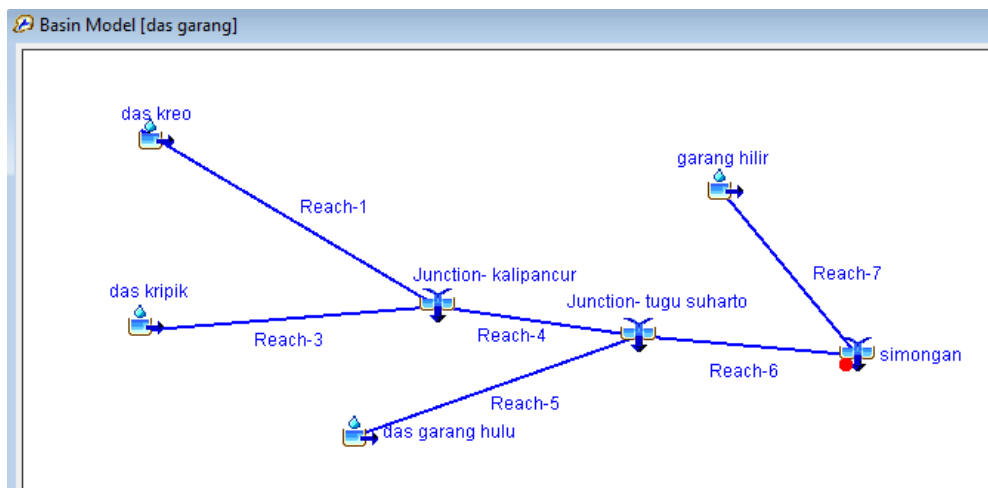
Tabel 16. Perhitungan Nilai *Impervious* dan *Curve Number* tiap Sub DAS

Subdas	Luas (km ²)	CN	I (%)
Das Kreo	83.72	77	5.00
Das Kripik	68.56	77.69	2.50
Das Garang Hulu	41.85	68.42	19.18
Das Garang Hilir	24.09	68.42	22.79

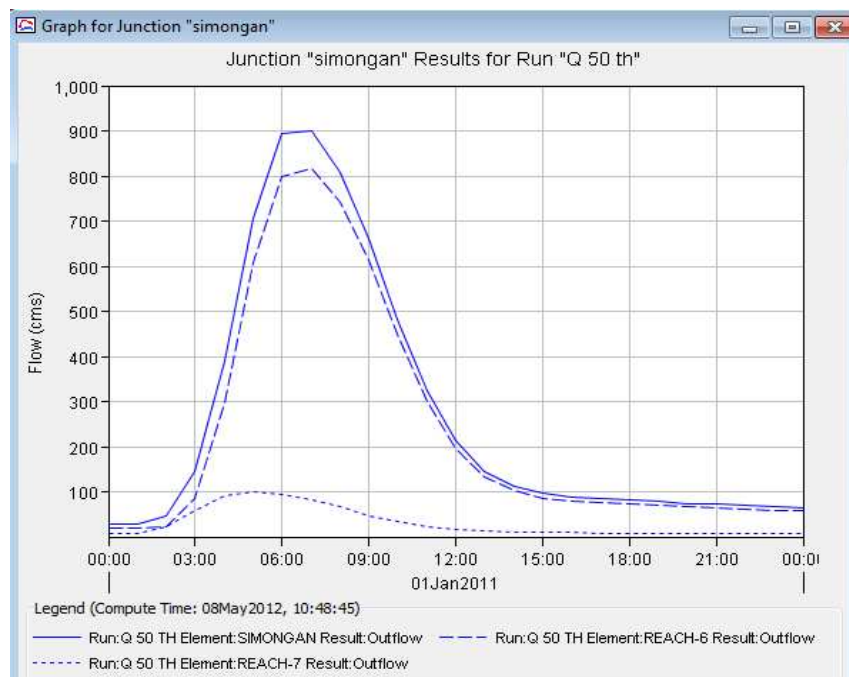
Sumber : Ginting, Segel dan Samuel Jonson Sutanto (2008) dengan modifikasi

Reach-2	3000	25	75	0.0116	0.7598	27.3
Reach-3	4160	25	100	0.018	0.933	33.6
Reach-4	1811	24	25	0.0005	1.956	70.2
Reach-5	16070	38	305	0.016	2.76	99
Reach-6	4250	17.5	38	0.0048	1.57	56.4
Reach-7	4250	17.5	38	0.0048	1.57	56.4

Sumber : perhitungan



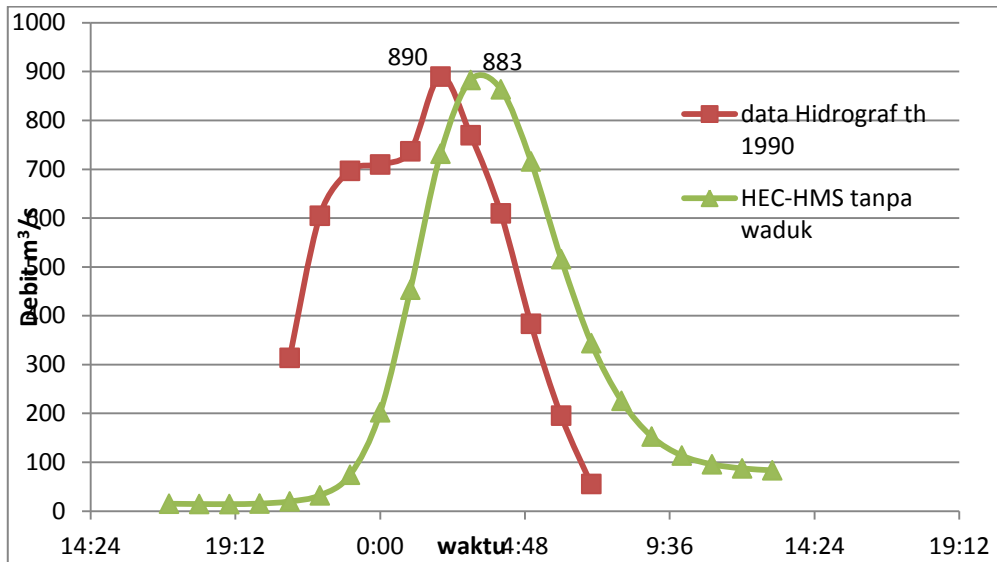
Gambar 2. Input Basin Model



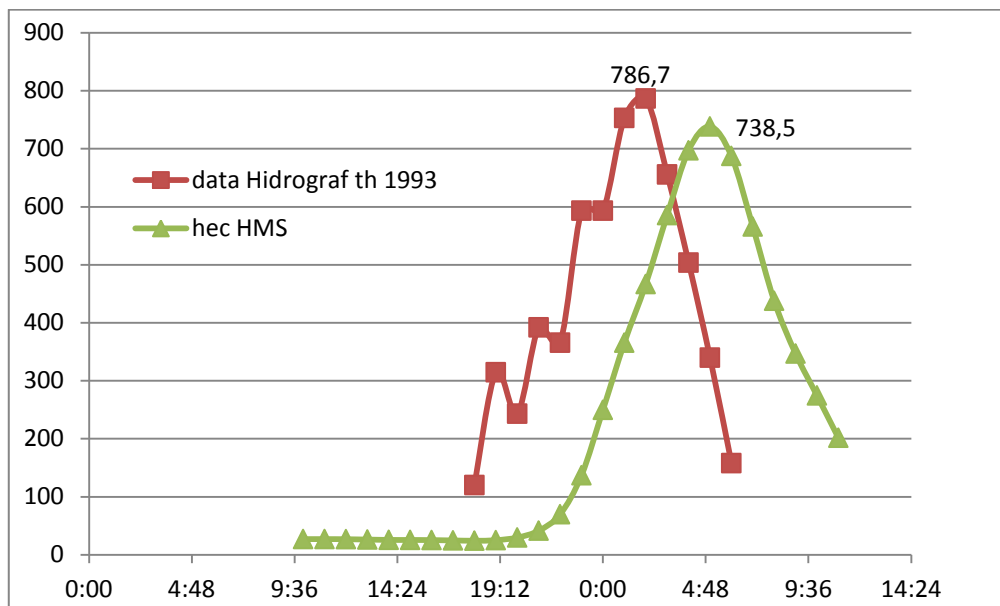
Gambar 3. output untuk Q 50 tahun tanpa waduk

Hasil *output hidrograf* Debit banjir untuk Q50 dapat dilihat pada Gambar 5.14. Pengkalibrasian HEC-HMS dengan data *hidrograf* pada saat 2 banjir terbesar sesuai data yang ada dapat dilihat pada Gambar 5.15 sampai 5.16 Kesimpulan dari hasil pengkalibrasian bahwa pada tahun

1990 pada program HMS hampir sama (- 0.7%) dalam menghasilkan debit puncak dan tahun 1993 dengan HEC-HMS hampir juga hamper sama (berbeda - 2 %), walaupun waktu terjadinya debit puncak tidak sama.



Gambar 4. Pebandingan Hidrograf HEC – HMS dengan Hidrograf Banjir Tahun 1990



Gambar 5. Pebandingan Hidrograf HEC – HMS dengan Hidrograf Banjir Tahun 1993

Analisa Debit Banjir Rencana dengan Waduk

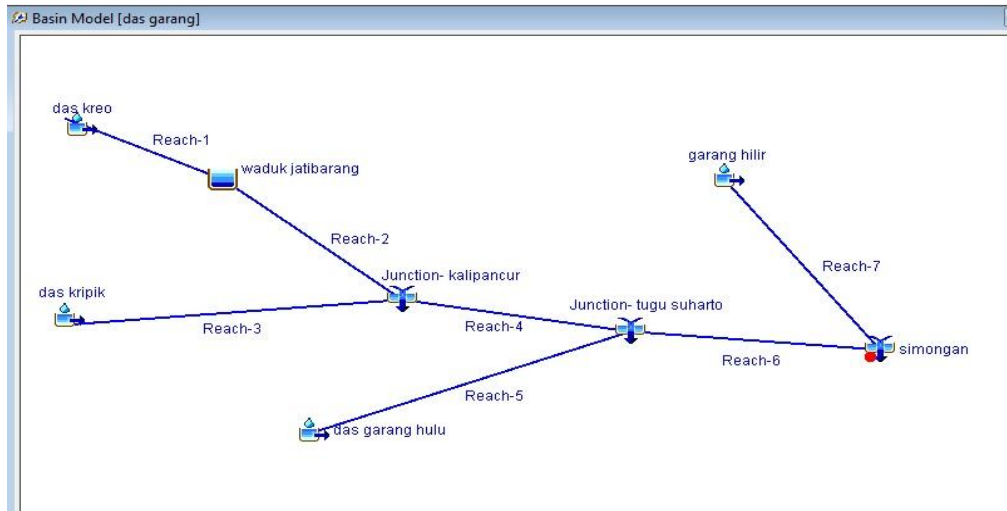
Pada tugas akhir ini perhitungan efek tampungan dari waduk Jatibarang dimodelkan dengan bantuan software HEC-HMS. Pemodelan dilakukan juga sama dengan permodelan yang dilakukan analisa sebelum ada waduk yaitu menghitung kehilangan air yang terjadi melalui proses infiltrasi (*Loss Rate Method*) dalam program ini menggunakan metode *SCS Curve Number* dan ditambah model tampungan waduk.

Reservoir adalah pemodelan tampungan air yang ada di dalam

Subbasin. Perhitungan dilakukan dengan adanya *reservoir* dan tanpa *reservoir*. Terdapat tujuh *reservoir* untuk perhitungan dengan *reservoir*. Metode yang digunakan adalah *Outflow-Structure* yang terdiri dari beberapa parameter yaitu, *elevation* (ketinggian elevasi muka air waduk), *area*, dan *storage* (volume genangan berdasarkan elevasi muka air waduk). Input data yang diperlukan seperti letak, elevasi muka air waduk, luas area dan tampungan waduk yang dapat dilihat pada Tabel 5.44.

Tabel 18. Elevasi, Luas dan Tampungan Waduk Jatibarang

elevasi	tampungan	elevasi	tampungan
148.9	0	153.15	4647
149.15	235	153.4	4891
149.4	561	153.65	5135
149.65	1026	153.9	5378
149.9	1490	154.15	5648
150.15	1815	154.4	5836
150.4	2046	154.65	6227
150.65	2277	154.9	6485
150.9	2508	155.15	6743
151.15	2740	155.4	7001
151.4	2971	155.65	7259
151.65	3202	155.9	7517
151.9	3433	156.15	7775
152.15	3665	156.4	8033
152.4	3916	156.65	8291
152.65	4160	156.9	8549
152.9	4403	157.15	8808



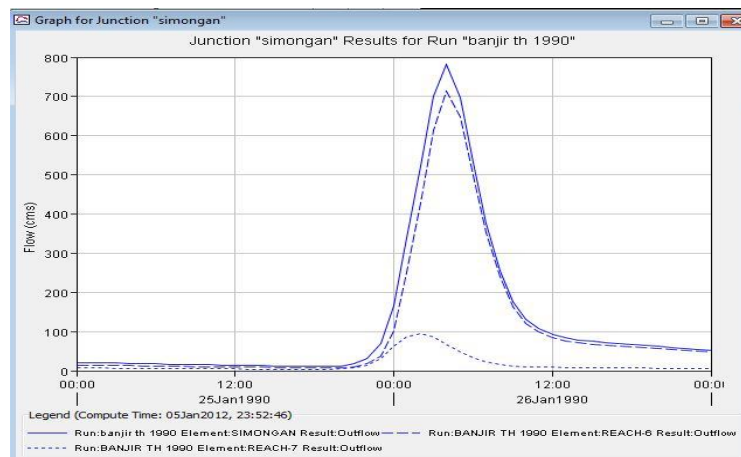
Gambar 6. Input Basin Models

setelah dilakukan *Run* program dihasilkan debit puncak yang dapat dilihat pada Tabel 5.36. , Hidrograf pada saat banjir terbesar pada tahun 1990 dapat dilihat

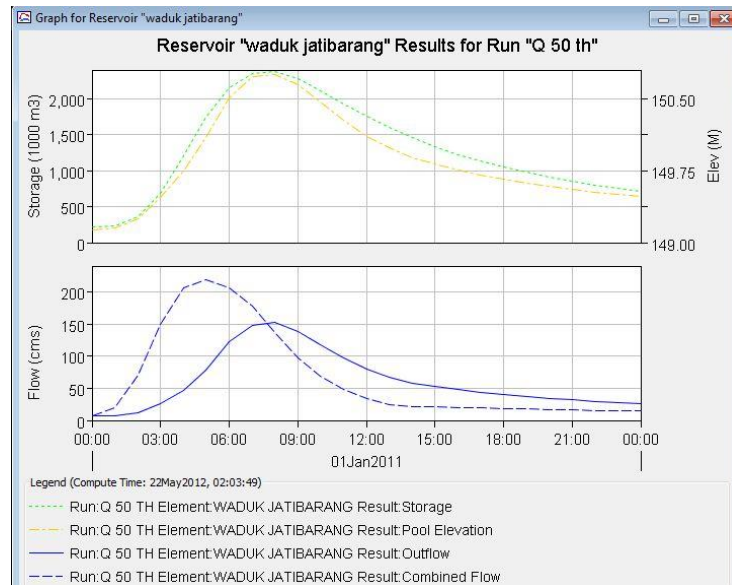
Gambar 5.25 dan Grafik *Inflow* dan *outflow* pada waduk Jatibarang dapat dilihat pada Gambar 5.26

Tabel 19. Debit dengan Pengaruh pengurangan Banjir Oleh Waduk Jatibarang

No.	Periode Ulang	Sebelum Waduk Jatibarang	Sesudah ada Waduk jatibarang
		Debit (M3/s)	Debit (M3/s)
1	2 tahun	429.8	362
2	5 tahun	616	514
3	10 tahun	719	598.9
4	25 tahun	830	691.7
5	50 tahun	901	751.9
6	100 tahun	966.9	808.5



Gambar 7. Hasil simulasi HEC-HMS dengan waduk Jatibarang pada saat Hujan – Banjir pada tanggal 25 januari 1990 (Banjir terbesar yang pernah terjadi)



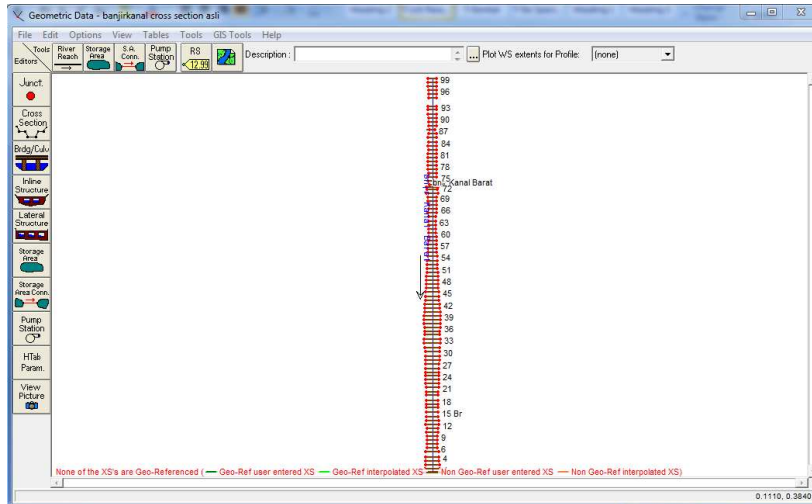
Gambar 8. Grafik *Outflow – Inflow* waduk Jatibarang untuk Q 50 tahun

Analisa hidrolika

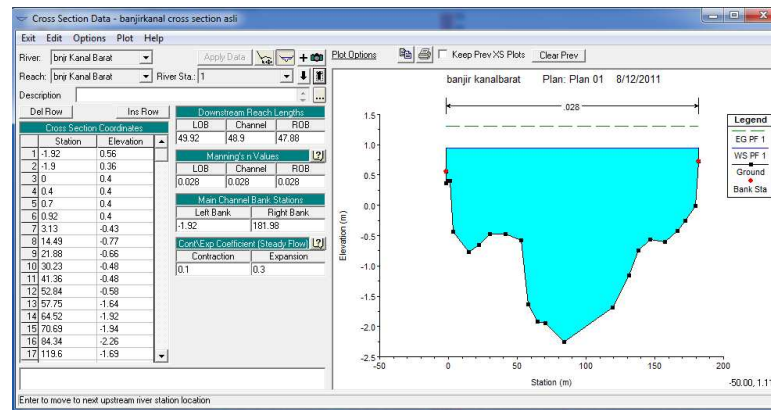
Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang sungai dalam mengalirkan debit banjir rencana dan pengecekan stabilitas alur rencana dengan berdasarkan analisa hidrologi pada bab hidrologi yang dihasilkan debit banjir rencana sebesar $Q_{50} = 751.9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Analisa hidrolika meliputi perhitungan mengetahui muka air banjir rencana berdasarkan debit banjir rencana (Q_{50}) pada profil sungai alami pada Sta 1-

Sta 447 dengan penampang yang tidak beraturan, sehingga untuk mempermudah perhitungan akan menggunakan software HEC-RAS versi 4.1 (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*). Setelah dilakukan simulasi dengan software HEC-RAS apabila penampang sungai alami tidak mampu mengalirkan debit banjir tersebut maka akan dilakukan normalisasi sungai dan selanjutnya penampang saluran hasil normalisasi tersebut dilakukan perhitungan tinggi muka air dengan rumus manning

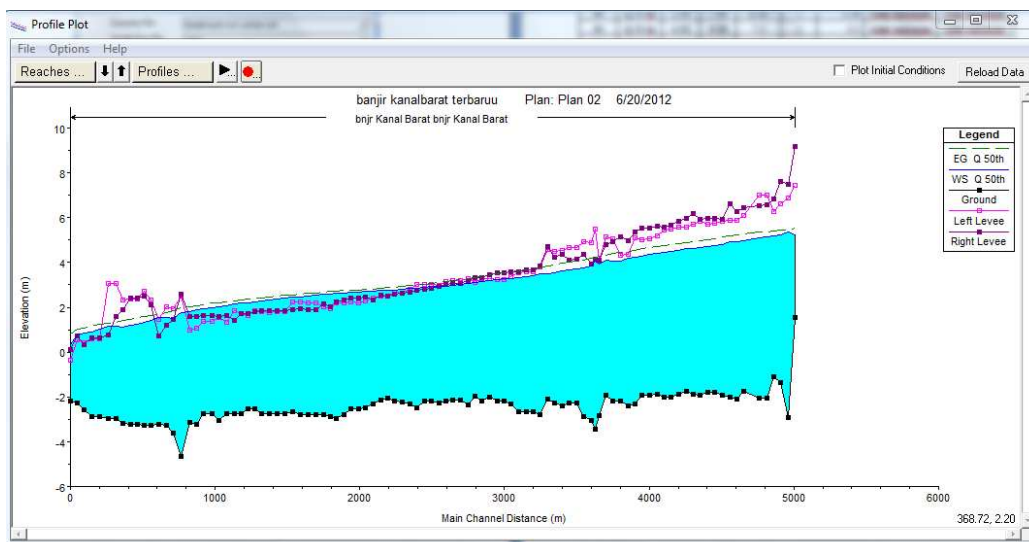


Gambar 9. Tampilan Input Data Geometri Sungai Software HEC RAS



Gambar 10. Input Data Potongan Melintang Sungai Software HEC-RAS pada RS 1

Hasil Analisa Hidrolika Banjir Kanal Barat Kota Semarang



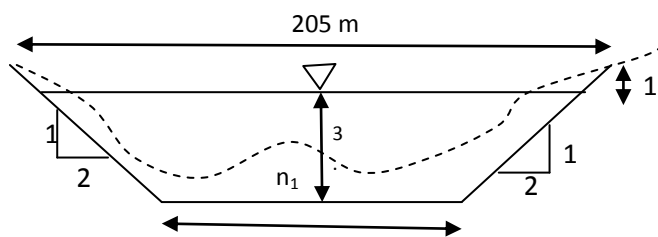
Gambar 11. Gambar profil memanjang permukaan air

Perencanaan Penampang Normalisasi

Dalam perencanaan normalisasi Banjir Kanal Barat ini harus didasarkan pada pertimbangan teknis maupun non teknis(lebar lahan) sehingga pelaksanaannya efektif dan efisien baik dari segi kualitas, manfaat dan biaya. Perencanaan normalisasi Banjir Barat didasarkan pada hasil analisa kondisi eksisting sungai dengan software HEC RAS dimana pada beberapa titik, penampang yang ada tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana Q50th yang dapat dilihat pada tabel 6.3. Normalisasi Banjir Kanal Barat didesain dengan profil penampang yang baru yang menggunakan beberapa tipikal profil saluran, baik penampang ganda dan tunggal yang direncanakan dengan rumus Manning. Dibagian hulu sungai menggunakan penampang ganda karena lebar lahan yang terbatas. Jenis penampang ganda digunakan untuk mendapatkan kapasitas saluran yang lebih besar, sehingga debit yang dialirkan melalui saluran tersebut dapat lebih besar. Bantaran sungai juga menambah stabilitas dinding penahan tanah

Tipe Penampang Saluran Tunggal

a. Tipe 1 untuk WF 0 – WF 2



Gambar 12. Profil saluran tipe 1

Saluran berpenampang tunggal
 Lebar lahan = 205 m
 Kemiringan dinding saluran (m) = 2
 Tinggi muka air (y) = 3.3 m
 ΔElv =
 elevasi dasar RS 50 – elevasi dasar RS 0 =
 $(-3.2) - (-2.25) = 0.95$ m
 Jarak = jarak RS 0 – RS 50 = 2544.43 m

$$\text{Kemiringan dasar saluran (I)} = \left[\frac{\Delta Elv}{\text{Jarak}} \right]$$

$$= \left[\frac{0.95}{2544.43} \right] = 0.0003$$

Debit (Q)

$$= 751.9 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Angka kekasaran Manning (n)

$$= 0.025$$

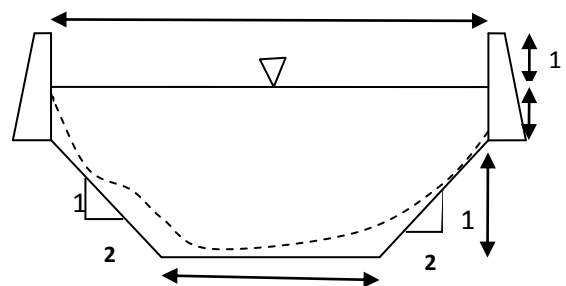
$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A$$

$$751.9 = \frac{1}{0.025} \cdot \left[\frac{(3.3B + 21.78)}{(B + 14.75)} \right]^{2/3} \cdot 0.0003^{1/2} \cdot (B + 2 \times 3.3) \cdot 3.3$$

Dengan metode literasi atau coba-coba, didapat diambil B = 153 m

$$v = \frac{1}{0.025} \cdot \left[\frac{(3.3(153) + 21.78)}{(153 + 14.75)} \right]^{2/3} \cdot 0.0003^{1/2} = 1.48 \text{ m/s}$$

b. Tipe 2 untuk WF 2 – WF 42



Gambar 13. Profil saluran tipe 2

$$= (B + mH) H$$

$$= (140 + 2 \times 3.3) \cdot 3.3$$

$$= 483.78 \text{ m}^2$$

$$P = 140 + 2(7.379) = 154.75 \text{ m}$$

$$R = A/P = 483.78/154.75 = 3.126$$

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

$$= \frac{1}{0.025} \cdot [3.126]^{2/3} \cdot 0.0003^{1/2} \cdot$$

$$483.78 = 715.418 \text{ m}^3/\text{s} < 751.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

(melimpas)

Maka perlu diberi tanggul

$$751.9 = \frac{1}{0.025} \cdot \left[\frac{483.78 + (H \times (140 + 13.2))}{(154.75 + 2H)} \right]^{2/3} \cdot 0.0003^{1/2} \cdot (483.78 + (H \times (140 + 13.2)))$$

$$0.0003^{1/2} \cdot (483.78 + (H \times (140 + 13.2)))$$

Dengan cara trial and error didapat H = 0.12 m \approx 0.2 m

$$V = \frac{1}{0,025} \cdot \left[\frac{483.78 + (0.12 \times (140 + 13.2))}{(154.75 + 2(0.12))} \right]^{2/3} \cdot 0,0003^{1/2} = 1.48$$

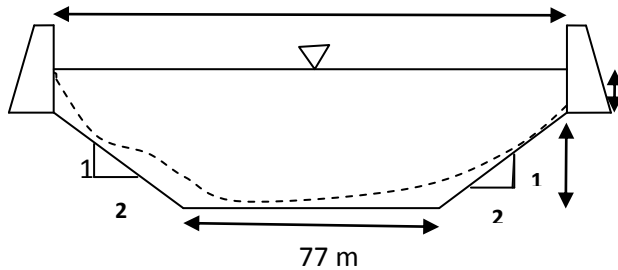
Tinggi tanggul = 0.2 m + 1 m (tinggi jagaan) = 1.2 m

c. Tipe 3 untuk WF 42 – WF 60

$$A = (B + mH) H = (77 + 2 \times 3.3) 3.3 = 275.88 \text{ m}^2$$

$$P = 77 + (7.379 \times 2) = 91.75 \text{ m}$$

$$R = A/P = 275.88/91.75 = 3.006$$



Gambar 14. Profil saluran tipe 4

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A = \frac{1}{0,025} \cdot [3.006]^{2/3} \cdot 0,0003^{1/2} \cdot 275.88 = 413.279 \text{ m}^3/\text{s} < 751.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

(melimpas)

Maka perlu diberi tanggul

$$751.9 = \frac{1}{0,025} \cdot \left[\frac{275.88 + (H \times (77 + 13.2))}{(91.75 + 2H)} \right]^{2/3} \cdot 0,0003^{1/2} \cdot (275.88 + (H \times (77 + 13.2)))$$

Dengan cara trial and error didapat H = 1.475 m ≈ 1.5 m

$$V = \frac{1}{0,025} \cdot \left[\frac{275.88 + (1.475 \times (77 + 13.2))}{(91.75 + 2(1.475))} \right]^{2/3} \cdot 0,0003^{1/2} = 1.83 \text{ m/s}$$

Tinggi tanggul = 1.5 m + 1 m (tinggi jagaan) = 2.5 m

6.3.2 Tipe Penampang Saluran Ganda

a. Tipe 4 untuk WF 60 – WF 98

Saluran utama menggunakan Q = 362 m³/s (Q_{2th}) dan Q total = 751.9 m³/s

$$I = 1.12/2265 = 0.0004$$

$$Y = 3 \text{ m}$$

PENUTUP

Kesimpulan

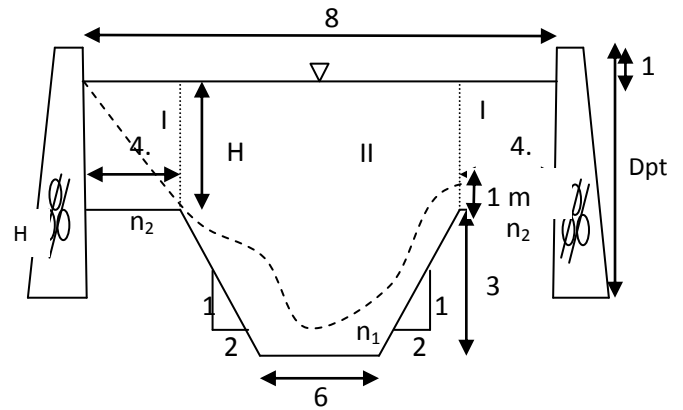
Kesimpulan yang dapat diuraikan dalam penyusunan laporan akhir ini adalah

$$m = 2$$

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

$$362 = \frac{1}{0,025} \cdot \left[\frac{(3B+18)}{(B+13.4)} \right]^{2/3} \cdot 0,0004^{1/2} \cdot (3B+18)$$

B dengan iterasi diambil B = 60 m



Gambar 15. Profil saluran tipe 5

Untuk saluran penampang ganda

$$n_1 = 0.028; n_2 = 0.025$$

$$Q_{tot} = V_1 \times A_1 + V_2 \times A_2 + V_3 \times A_3$$

Karena V₁ = V₃ dan A₁ = A₃

$$Q_{tot} = V_2 \times A_2 + 2(V_1 \times A_1)$$

$$Q_{tot} = \frac{1}{n_2} \cdot R_2^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A_2 + 2 \left(\frac{1}{n_1} \cdot R_1^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A_1 \right)$$

$$751.9 = \frac{1}{0,028} \cdot \left[\frac{(198 + (72xH))}{(73.41)} \right]^{2/3} \cdot 0,0004^{1/2} \cdot (198 + (72xH)) + 2 \left(\frac{1}{0,025} \cdot \left[\frac{(4.5xH)}{(4.5+H)} \right]^{2/3} \cdot 0,0004^{1/2} \cdot (5.5xH) \right)$$

Dengan cara trial and error didapat H₂ = 2.9 m ≈ 3 m

$$V_1 = \frac{1}{0,025} \cdot \left[\frac{(4.5xH)}{(4.5+H)} \right]^{2/3} \cdot 0,0004^{1/2} = 1.16 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{1}{0,028} \cdot \left[\frac{(198 + (72xH))}{(73.41)} \right]^{2/3} \cdot 0,0004^{1/2} = 2.8 \text{ m/s}$$

Tinggi tanggul = 3 m + 1 m (tinggi jagaan) = 4 m

1. Limpasan di Banjir Kanal Barat merupakan peristiwa alami yang disebabkan tidak memadainya

- kapasitas penampang sungai untuk menampung debit yang ada.
2. Analisis hidrologi DAS Banjir Kanal Barat menggunakan HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre-Hydrologic Modelling System*) didapatkan debit rencana (Q50) sebesar 751.9 m³/s.
 3. Melalui analisis morfologi sungai menggunakan HEC-RAS (*Hydraulic Engineering Center-River Analysis System*) dengan debit banjir rencana (Q50) sebesar 751.9 m³/s, diketahui terjadi limpasan air sepanjang 8 Km (WF 0-WF 97). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu diambil solusi penanganan berupa peningkatan kapasitas sungai agar banjir bisa dikendalikan.
 4. Berdasarkan analisis hidrolika direncanakan menggunakan 2 profil

sungai yaitu pada daerah hilir menggunakan penampang tunggal dengan ketinggian dinding penahan banjir sebesar 2,5 meter, sedangkan pada daerah hulu menggunakan penampang ganda dengan ketinggian dinding penahan tanah sebesar 5 meter.

Saran

1. Pengawasan dan pemeliharaan secara kontinyu oleh instansi terkait sangat diperlukan, terutama pemeriksaan tentang kondisi fisik saluran serta sedimentasi yang terjadi.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menganalisis luasan bidang wilayah yang harus disediakan untuk daerah resapan air guna kompensasi penggunaan lahan.