

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KALI KENDAL

Sukma Adji Nugrahedi, Adi Saputra, Suripin^{*)}, Priyo Nugroho P.^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Kali Kendal merupakan sungai yang selalu meluap dan menggenangi daerah sekitarnya, khususnya di daerah perkotaan dan pemukiman padat. Pada kawasan tersebut terjadi genangan setinggi sekitar 40–60 cm dengan lama genangan 4-8 jam yang diakibatkan air dari saluran sekunder tertahan untuk masuk ke saluran primer. Hal ini disebabkan berkurangnya kapasitas penampang saluran Kali Kendal. Dengan adanya permasalahan diatas, Tugas Akhir ini bertujuan untuk merencanakan ulang sistem drainase eksisting Kali Kendal berdasarkan kapasitas dan fungsinya. Yang pertama dilakukan pada perencanaan ulang sistem drainase ini adalah analisa untuk mengetahui debit rencana, kemudian dilakukan analisa hidrolika dengan *software* HEC RAS dan mengevaluasi kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana. Analisa ini untuk mengetahui apakah saluran eksisting dapat menampung debit rencana sehingga dapat dilakukan tindak lanjut untuk mengatasinya. Hasil evaluasi dapat disimpulkan bahwa peningkatan kapasitas saluran maksimum hanya dapat menampung debit rencana 10 tahunan ($34,94 \text{ m}^3/\text{s}$). Peningkatan kapasitas saluran tersebut meliputi pekerjaan pengerukan sedimen untuk sepanjang aliran sungai (11,75 km), serta penambahan Revetment sepanjang 2.300 m pada P.5+050 – P.10, P.11 – P.12, P.13+050 – P.15, P.44+050 – P.45+050, P.65 – P.80. Pada saluran persegi menggunakan konstruksi jenis *anchored wall* sebagai dinding penahan tanah sepanjang 2.050 m pada P.24 – P.44+050. Dan apabila direncanakan untuk menampung debit rencana 25 tahunan ($45,43 \text{ m}^3/\text{s}$) maka diperlukan bangunan kolam retensi seluas 7 Ha. Jumlah anggaran untuk menampung debit rencana 10 tahunan sebesar Rp. 63.847.420.000,00.

kata kunci : *Sistem Drainase, Banjir, Kendal*

ABSTRACT

Kendal river is always overtopped during rainy day, certainly in central city and densely populated area. The flood duration around 4-8 hours with 40-60 cm depth caused the secondary channel can't flow into the primary channel. The problem of flooding caused by the capacity of Kendal River is decreasing. Base on that condition, this final project was aimed to redesign Kendal River system based on capacity and functionality. The first step on redesign drainage system is hidrology analysis for determining a flood discharge, analysis hidrolic analysis by HEC-RAS software to evaluate the capacity exsisting channel. The conclusion of the evaluation result is the maximum channel capacity could be

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

increased to 10 years discharge flood only (34,94 m³/s). Increase the capacity of the trapezium channel by enlarge a basis channel along 10 m at Kendal River (11,750 m), include the revetment construction (2,300 m) on P.5+050 – P.10, P.11 - P.12, P.13+050 - P.15, P.44+050 - P.45+050, P.65 - P.80. Anchored wall construction decided as a retaining wall for a rectangular channel type (2,050 m) at P.24 - P.4+050. And then, for accomodate 25 years flood discharge (45,43 m³/s) need 7 ha retention pond. Total cost is Rp. 63,847,420,000,00 for 10 years discharge desain.

keywords: *Drainage System, Flood, Kendal*

PENDAHULUAN

Banjir bisa terjadi karena intensitas hujan yang tinggi. Meluapnya Kali Kendal saat hujan dengan intensitas tinggi menyebabkan terjadinya genangan. Bertambahnya luas genangan tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh ulah manusia di DAS Kendal tersebut, yaitu berupa perubahan dalam penggunaan lahannya. Sedangkan intensitas hujan yang mempunyai siklus teratur tersebut sebenarnya dapat dianggap konstan, sehingga meluasnya genangan banjir lebih banyak dipengaruhi oleh ulah manusia.



Gambar 1. Kejadian Banjir Kali Kendal di Kota Kendal tanggal 2 Februari 2014

Mengelolaan DAS Kendal yang tidak memperhatikan aspek konservasi mengakibatkan daya dukung DAS mengalami penurunan. Dapat diamati pada waktu terjadi hujan, di mana lahan-lahan permukiman dan persawahan di wilayah DAS Kendal khususnya bagian hilir mengalami genangan banjir sehingga mengganggu kegiatan perekonomian warga, selain itu air sungai menjadi keruh karena kandungan sedimen tinggi yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya sedimentasi hampir di sepanjang tepian badan sungai bagian hilir.

Daerah sekitar Kali Kendal dari Bendung Trompo ke arah hilir sampai ke muara sering terjadi genangan banjir. Keadaan ini di sebabkan oleh naiknya muka air sungai akibat tertahan oleh Bendung Trompo, serta morfologi Sungai Kendal di bagian hulu Bendung Trompo yang merupakan pertemuan dari beberapa anak sungai yaitu Sungai Bedo dan Sungai Penut serta mempunyai kemiringan dasar yang relatif datar dan di beberapa tempat terjadi *meandering*.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan identifikasi di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Analisis kapasitas Kali Kendal dari pertemuan Kali Penut dan Kali Bedo hingga ke muara
2. Alternatif pemecahannya melalui pendekatan sipil teknis.

TUJUAN PERENCANAAN

Tujuan dari Perencanaan Sistem Drainase Kali Kendal ini adalah membebaskan genangan / banjir pada wilayah Sungai Kendal terutama sekitar daerah sempadan Kali Kendal dari Bendung Trompo hingga ke muara sungai sepanjang $\pm 8,4$ km.

STUDI PUSTAKA

Sistem drainase

Sistem drainase dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin 2004).

1. Drainase Sistem Folder

Merupakan sistem penanganan drainase dengan cara mengisolasi daerah yang dilayani (*catchment area*) terhadap masuknya air dari luar sistem baik berupa limpasan (*over flow*) maupun aliran dibawah permukaan tanah (gorong-gorong dan rembesan), serta mengendalikan ketinggian muka air banjir didalam sistem sesuai dengan rencana.

Komponen drainase sistem polder terdiri dari pintu air, tanggul, stasiun pompa, kolam retensi, jaringan saluran drainase dan saluran kolektor.

2. Drainase Sistem Gravitasi

Drainase sistem gravitasi adalah sistem drainase dengan cara menampung dan membuang limpasan air hujan ke badan air (*receiving waters*) terdekat lewat sistem pembawa terdiri dari saluran tersier, sekunder, dan primer, berfungsi untuk menyalurkan genangan yang terjadi pada daerah tangkapan yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah (Suripin, 2004).

Jenis drainase

1. Menurut Letak Bangunan

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

b. Drainase Bawah Permukaan tanah (*Subsurface Drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan tertentu

Analisa Hidrologi

Tujuan pembahasan hidrologi adalah untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana yang merupakan pegangan pokok dalam merencanakan/mendesain bangunan air. Pekerjaan hidrologi meliputi pengumpulan data curah hujan pada daerah *catchment area*, metode analisa data tersebut, kemudian perhitungan debit banjir.

1. Analisa Intensitas Hujan Metode Tiessen.

Metode ini dikenal juga sebagai metode rata-rata timbang (*weighted mean*). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.

2. Analisa Frekuensi

- Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi *Gauss*.

$$X_t = \bar{X} + z S_x$$

dimana :

X_t = Curah hujan rencana (mm/hari)

\bar{X} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

$$S_x = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

z = Nilai koefisien

- Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal, merupakan hasil transformasi dari distribusi Normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X .

Rumus yang digunakan dalam perhitungan metode ini adalah sebagai berikut (CD. Soemarto, 1999):

$$X_t = \bar{X} + K_t \cdot S_x$$

Dimana:

X_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun (mm/hari)

$$S_x = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

Kt = Standar variabel untuk periode ulang tahun (Tabel 1)

Tabel 1. Nilai Koefisien Untuk Distribusi Log Normal

Periode Ulang (tahun)					
2	5	10	25	50	100
0,00	0,84	1,28	1,71	2,05	2,33

- Distribusi Log Person Tipe III

Bentuk distribusi log-Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik (CD. Soemarto, 1999).

Nilai rata-rata : $\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log} x}{n}$

Standar deviasi : $S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log} x - \overline{\text{Log}X})^2}{n - 1}}$

Koefisien kemencengan :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus :

$$\text{Log} Q = \overline{\text{Log}X} + G.S$$

$$G = \frac{n \sum (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

dimana :

$\overline{\text{Log}X}_T$ = logaritma curah hujan dalam periode ulang T tahun (mm/hari)

$\overline{\text{Log}X}$ = jumlah pengamatan

n = jumlah pengamatan

Cs = koefisien Kemencengan (Tabel 2)

Tabel 2. Syarat-syarat batas penentuan sebaran

No	Metode	Syarat
1	Normal	Cs ~ 0
		Ck ~ 0
2	Log Normal	Cv ~ x
		Cs ~ 3Cv + Cv ²
3	Gumbel	Cs ~ 1,139
		Ck ~ 5,4002 Cv = 1,2
4	Log Pearson III	Cs = 0
		Cv ~ 0,3

- Distribusi Gumbel I

Distribusi Tipe I Gumbel atau Distribusi Extrim Tipe I (*extreme type I distribution*) digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir (CD. Soemarto, 1999).

$$\text{Rumus : } X_t = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \times S_x$$

Dimana :

X_t = Curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun (mm/hari)

\bar{X} = Curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm/hari)

Y_t = *Reduced variabel*, parameter Gumbel untuk periode T tahun (Tabel 3)

Y_n = *Reduced mean*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n) (Tabel 4)

S_n = *Reduced standar deviasi*, merupakan fungsi dari banyaknya data (n)(Tabel 5)

$$S_x = \text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

X_i = Curah hujan maksimum (mm)

n = Lamanya pengamatan

Tabel 3. *Reduced Mean (Yn)*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,8898	0,5599
100	0,5600									

Sumber: CD. Soemarto, 1999

Tabel 4. *Reduced Standard Deviasi (Sn)*

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,148	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber: CD. Soemarto, 1999

Tabel 5. Reduced Variate (Yt)

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Sumber: CD. Soemarto, 1999

Hidrograf Satuan Sintetik ITB1

Hidrograf Satuan Sintetik ITB1 ini memakai rumus Snyder untuk mencari waktu puncak (Tp). Hidrograf satuan ini ditentukan dengan baik pada tinggi satuan (R) = 1 mm dan dengan ketiga unsur yang lain yaitu Qp (m³/dt), TL serta Tr (jam).

Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan (Natakusumah dkk, 2009) :

- A_{DAS} = Luas daerah pengaliran (km²)
- L = Panjang aliran utama (km)
- Tb = Waktu dasar
- Ct = koefisien waktu

Dengan, menggunakan rumus-rumus :

$$T_p = C_t \cdot 0,81225 L^{0,6}$$

$$\text{Luas } A_{HSS} = \frac{1}{2} (q_p t_b)$$

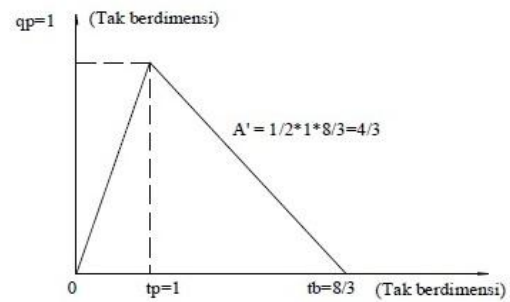
$$Q_p = \frac{3,6 T_p A_{HSS}}{L}$$

$$\text{Volume Hujan } (V_{DAS} = R \cdot A_{DAS} \cdot 1000)$$

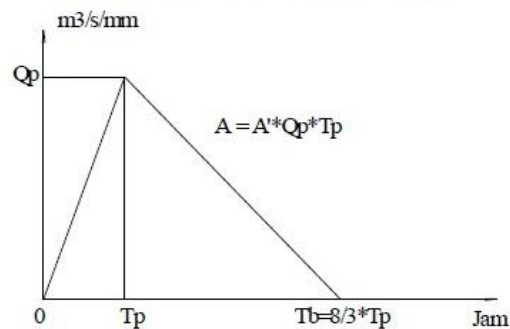
$$V_{HSS} = Q_p \cdot T_p \cdot A_{HSS}$$

Persamaan kurva HSS ITB1

$$q(t) = \exp \left\{ 2 - t - \frac{1}{t} \right\}^{\alpha C_p}$$



Gambar Bentuk dasar HSS SCS segitiga



Gambar SCS Segitiga HSS berdimensi

Gambar 2. Hidrograf HSS ITB1

CURAH HUJAN RENCANA

Tabel 6. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode *Gumbel*

T	Yt	Sn	Yn	S _x	\bar{X}	$\frac{Yt - Yn}{Sn}$	X _T
2	0,367	0,98	0,5	29,65	95,25	0,1388	99,36
5	1,499	0,98	0,5	29,65	95,25	1,0124	125,26
10	2,250	0,98	0,5	29,65	95,25	1,7762	147,91
20	2,970	0,98	0,5	29,65	95,25	2,5084	169,62
25	3,199	0,98	0,5	29,65	95,25	2,7413	176,52
50	3,902	0,98	0,5	29,65	95,25	3,4562	197,72
100	4,600	0,98	0,5	29,65	95,25	4,1661	218,77

Analisa Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Dalam menentukan periode ulang dan metode perhitungan debit banjir dipengaruhi oleh luas DAS.

Untuk luas DAS >500 ha, dimana DAS Kendal (24,45 km²) maka periode ulang rencana adalah 10 tahun dan menggunakan hidrograf satuan untuk metode perhitungan debit banjir rencana.

I. Karakteristik Sub-DAS dan Hujan	
1	Nama Sungai Kendal
2	Luas daerah aliran sungai 13.3 km ²
3	(A _{DAS}) 15,47 km
4	Panjang Sungai Utama (L) 1,00 mm
5	Tinggi Hujan Satuan (R) 1,00 jam
	Durasi Hujan Satuan (Tr)

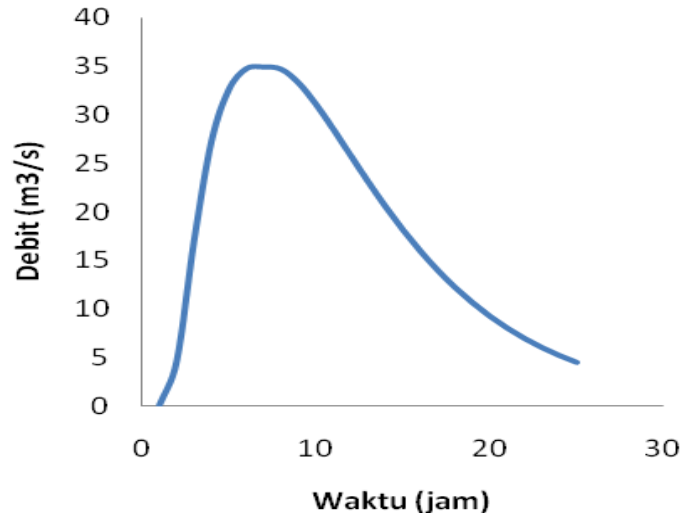
II. Perhitungan Waktu Puncak (Tp) dan Waktu Dasar (Tb)	
1	Koefisien waktu (C _t) 1,50
2	Time Log à Snyder $TL = Ct(L \times Lc)^{0,3}$ $Te = t_p/5,5$ $TP = TL + 0,25(Tr - Te) \text{ à } Te > Tr$ $TP = TL + 0,5Tr$
	Waktu Puncak 6,302 jam
3	Tp = 6,302 jam
	Waktu Dasar
4	T _B /T _P T _B 24 jam

III. Debit Puncak (QP)		
1	Cp. Koefisien Puncak (C _p)	0,70
2	Alpha	1,50
3	Luas A _{HSS}	2,071
4	QP=1/3,6*Rp)*(A _{DAS} /A _{HSS})	0,303
5	Volume Hujan (V _{DAS} =R*A _{DAS} *1000)	1330 m ³
	V _{HSS}	14374,56 m ³
	DRO=V _{HSS} /A _{DAS} /1000	1,08 mm

Tabel 7. Hasil Superposisi HSS ITB-1 untuk Kali Kendal Periode ulang 10 tahun

T	HSS	Hidrograf Penyusun				Hidrograf total	Vol.
Jam	ITB-1	33,00	52,57	31,05	7,29	123,91	Total
0	0,000	0,00				0,00	0,00
1	0,001	0,05				0,06	105
2	0,057	1,77	2,83			4,61	8409
3	0,157	4,82	7,691	4,54		17,06	39016
4	0,237	7,27	11,58	6,84	1,60	27,31	79868
5	0,283	8,69	13,84	8,17	1,92	32,63	107886
6	0,301	9,25	14,75	8,71	2,04	34,77	121309
6,3	0,303	9,30	14,82	8,75	2,05	34,94	125471
7	0,301	9,24	14,73	8,70	2,04	34,72	125388
8	0,289	8,87	14,13	8,34	1,960	33,31	122449
9	0,270	8,28	13,20	7,79	1,83	31,11	115959
10	0,247	7,59	12,10	7,15	1,67	28,53	107362
11	0,224	6,87	10,95	6,46	1,51	25,82	97825
12	0,200	6,15	9,81	5,79	1,36	23,13	88094
13	0,178	5,47	8,72	5,1	1,20	20,56	78631
14	0,157	4,83	7,70	4,52	1,06	18,17	69704
15	0,138	4,25	6,77	4,03	0,94	15,98	61457
16	0,121	3,72	5,93	3,50	0,82	14,00	53951
17	0,106	3,25	5,18	3,06	0,71	12,22	47194
18	0,092	2,83	4,51	2,66	0,62	10,65	41163
19	0,080	2,46	3,92	2,318	0,544	9,25	35815
20	0,069	2,13	3,40	2,011	0,472	8,03	31098
21	0,060	1,85	2,94	1,742	0,409	6,95	26955
22	0,052	1,60	2,5	1,506	0,354	6,01	23329
23	0,045	1,38	2,20	1,301	0,305	5,19	20165
24	0,038	1,19	1,90	1,123	0,264	4,48	17410
Volume limpasan (m ³)							1646025
Luas DAS (km ²)							13,30
Limpasan (DRO) (mm)							123,76
Rasio Limpasan/Hujan (%)							107,93

Sumber: perhitungan, 2014

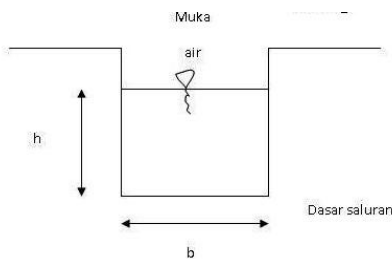


Gambar 3. Hidrograf Kali kendal periode ulang 10 tahun

Perencanaan Dimensi Saluran.

Kondisi eksisting saluran ada saluran trapesium dengan lebar saluran 10 m dan direncanakan untuk peningkatan kapasitas saluran di Kali Kendal ada dua jenis yaitu saluran persegi dengan lebar saluran 10 dan saluran trapesium dengan lebar 15 m dengan menambah lebar saluran sebesar 50%.

a. Saluran Persegi



Gambar 4. Penampang saluran rencana (persegi)

Yang direncanakan :

Lebar Saluran (B) = 10 m
 Tinggi Saluran (H) = 3,5 m
 Luas Saluran (A) = B x H
 = 10 x 3,5 = 35 m²
 Keliling Saluran (P) = B + (2 x H)
 = 10 + (2 x 3,5) = 17 m

R = A / P
 = 35 / 17
 = 2,05 m

Kemiringan Saluran (S) = 0,0006

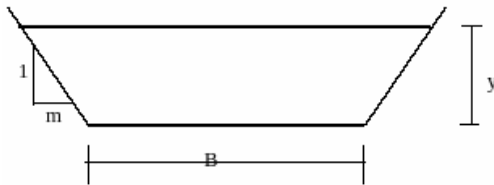
Kecepatan Saluran (V)
 = 1/n x R^{2/3} x S^{1/2}
 = 1/0,02 x 2,05^{2/3} x 0,0006^{1/2}

= 1,98 m/s

$$\begin{aligned} \text{Debit saluran (Q)} &= V \times A \\ &= 2,11 \times 48 \\ &= 81,48 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$(Q) = 81,48 \text{ m}^3/\text{s} \geq (Q_{\text{max}} 10 \text{ thn}) = 35 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Saluran Trapezium



Gambar 5. Penampang saluran rencana (trapesium)

Lebar Saluran (B) = 10 m

Tinggi Saluran (y) = 3,5 m

Luas Saluran (A) = $y(B + my)$ = 3,5 (10 + 1,75) = 41,13 m²

Keliling Saluran (P) = $B + 2y\sqrt{1 + m^2}$ = 10 + (7 x 1,22) = 18,54 m

R = A / P = 41,13 / 18,54 = 2,22 m

Kemiringan Saluran (S) = 0,0006

Kecepatan Saluran (V) = $1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$ = 1/0,02 x 2,22^{2/3} x 0,0006^{1/2} = 2,22 m/s

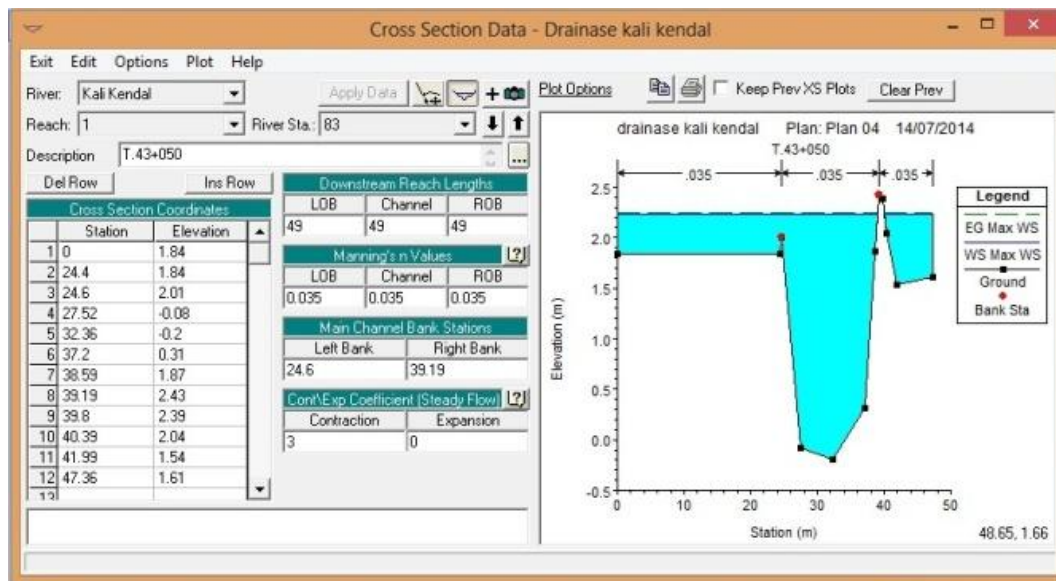
Debit saluran (Q) = V x A = 2,22 x 41,13 = 85,95 m³/s

(Q) = 85,95 m³/s ≥ (Q_{max} 10thn) = 35 m³/s

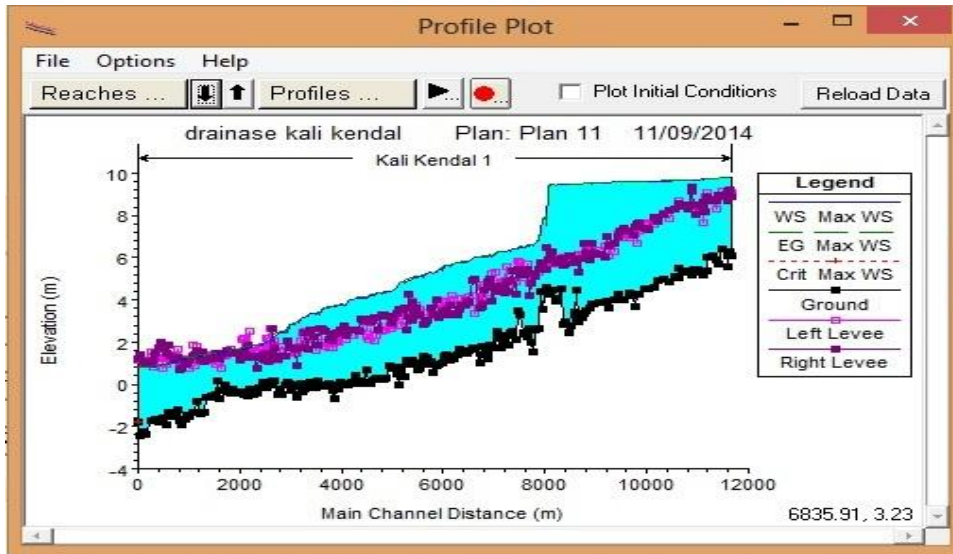
ANALISA HIDROLIKA METODE HEC-RAS

Analisis Penampang Rencana Sungai dengan Program HEC –RAS (Q₁₀ tahun)

a. Output Data sebelum normalisasi

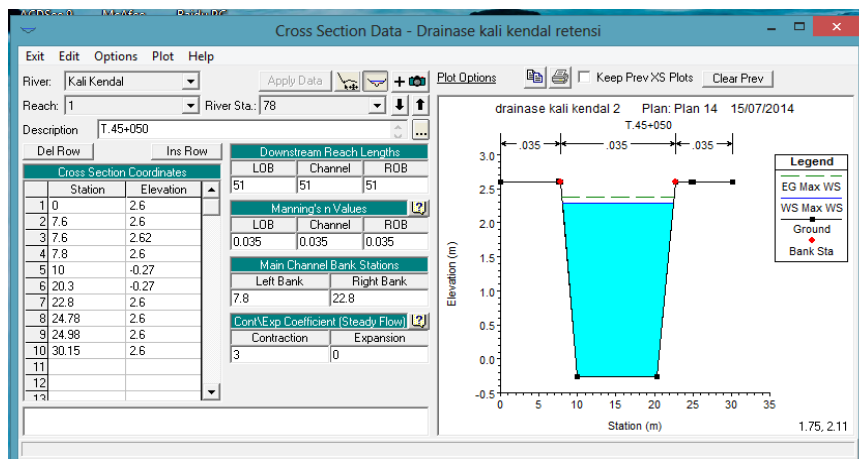


Gambar 6. Penampang melintang STA 83 sebelum normalisasi

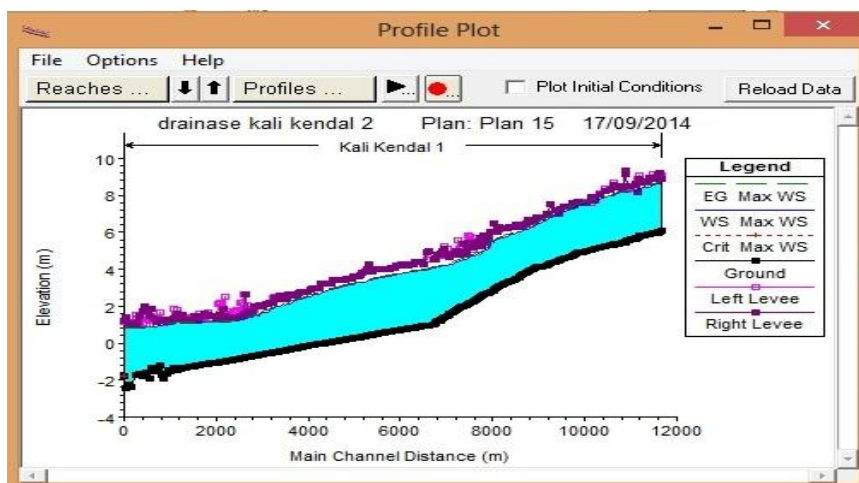


Gambar 7. Penampang memanjang sebelum normalisasi

- b. Output Data setelah setelah pendalaman dasar saluran dan peninggian tanggul debit rencana Q_{10} tahun.



Gambar 8. Penampang melintang STA 78 setelah normalisasi



Gambar 9. Penampang memanjang setelah normalisasi

KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah dan Analisa perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil suatu kesimpulan pada Perencanaan Sistem Drainase Kali Kendal sebagai berikut:

1. Perencanaan peningkatan kapasitas saluran maksimal pada Kali Kendal hanya dapat menampung debit banjir rencana periode ulang 10 tahun.
2. Dari hasil perhitungan diperoleh Rencana Anggaran Biaya sebesar Rp. 63.847.420.000,00

SARAN

Pekerjaan penambahan kapasitas saluran Kali kendal sebaiknya segera dilaksanakan dalam waktu dekat agar kawasan pemukiman dan area perkantoran Kabupaten Kendal tidak lagi banjir akibat luapan dengan sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- CV. Gading Fajar Perkasa, 2009. *Perencanaan Normalisasi Sungai Kendal (Paket P-14)*. Semarang.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI
- Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik (Edisi Ke-2)*. Jakarta: Erlangga.
- Triatmodjo, B., 2008, *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Natakusumah, D.K., Hatmoko, W., Harlan, D., 2011, *Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya*. Bandung: *Jurnal Teknik Sipil*.
- P.J. Sabatini, D.G. Pass, R.C. Bachus. 1999. *Geotechnical Engineering Circular No.4 Ground Anchors and Anchored Systems*. Washington DC.: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration