

TANGGUL SUNGAI SERAYU HILIR DARI MUARA HINGGA BENDUNG GERAK SERAYU

Riade Yusuf Hernanda, Robert M. Nainggolan, Suseno Darsono^{*)}, Dwi Kurniani^{*)}

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

ABSTRAK

Banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (sungai) yang disebabkan oleh ketidakmampuan penampang sungai dalam menampung debit banjir. Sungai Serayu setiap tahun selalu membawa bencana banjir khususnya di daerah Banyumas dan Cilacap. Debit banjir rencana yang digunakan dalam analisis penampang Sungai Serayu dari Bendung Gerak Serayu hingga Muara di Kabupaten Cilacap, menggunakan periode ulang 50 tahunan. Debit banjir rencana dianalisis dengan menggunakan metode SCS-CN (Soil Conservation Service – Curve Number) dengan menggunakan bantuan software HEC-HMS. Dari hasil analisis didapatkan nilai debit banjir rencana, yaitu : Junction 12 sebesar 2088.4 m³/dt, junction 13 sebesar 2417.1 m³/dt, dan junction 15 sebesar 1386.9 m³/dt. Analisis penampang eksisting Sungai Serayu dilakukan dengan menggunakan software HEC-RAS. Output dari software HEC-RAS digunakan untuk menentukan lokasi perencanaan tanggul, yaitu pada daerah yang mengalami peluapan air sungai. Perencanaan Tanggul Sungai Serayu Hilir Jawa Tengah dilaksanakan dengan perkiraan nilai biaya konstruksi Rp. 63,131,000,000.00 (enam puluh tiga milyar seratus tiga puluh satu juta rupiah) dengan durasi pekerjaan 18 minggu.

kata kunci : banjir, sungai, perencanaan tanggul

ABSTRACT

Flood is a condition where water is overflowing in the discharge channel (river) caused by the inability of the cross section of the river in accommodating the flood discharge. Serayu river always brings floods every year, especially in the area of Banyumas and Cilacap. Flood debit plan used in the analysis of a cross section of Serayu river from the moving weir Serayu to estuary in Cilacap uses a return period of 50 years. Flood debit plan was analyzed by using SCS-CN method (Soil Conservation Service - Curve Number) with the help of software HEC-HMS. From the analysis of flood debit value of the plan, namely: Junction 12 amounted to 2088.4 m³/second, the junction 13 at 2417.1 m³ second, and 15th junction of 1386.9 m³/second. Existing cross-sectional analysis of Serayu river was done by using HEC-RAS software. The output of the HEC-RAS software is used to determine the location of planning the embankment, which is in areas experiencing river water overflowing. Central Java Serayu Downstream Embankment planning will be done with an estimated construction cost of Rp. 63,131,000,000.00 (sixty three billion one hundred and thirty one million rupiah) with a duration of work for 18 weeks.

keywords: flood, river, embankment planning

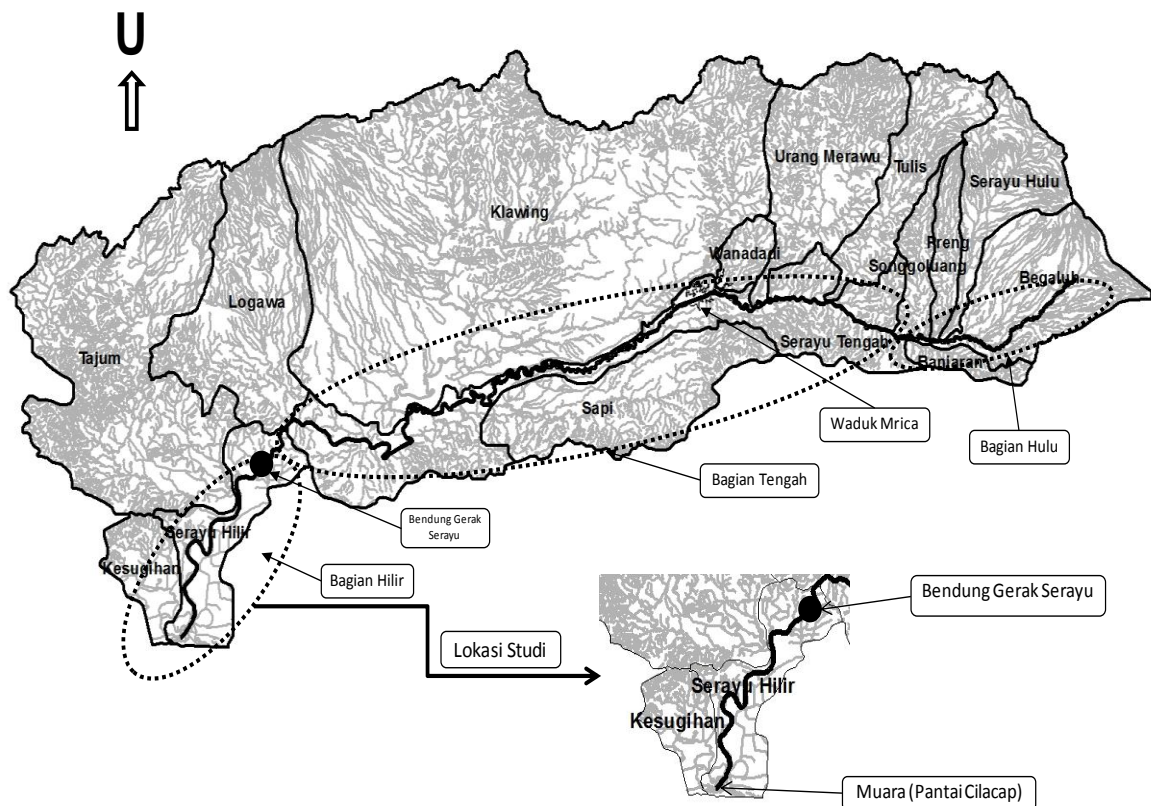
^{*)} Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Sungai Serayu adalah salah satu sungai yang terletak di Jawa Tengah. Sungai ini melintasi lima kabupaten yaitu Kabupaten Wonosobo, Kabupaten Banjarnegara, Kabupaten Purbalingga, Kabupaten Banyumas, hingga bermuara di Kabupaten Cilacap. Sungai ini setiap tahun selalu membawa bencana banjir khususnya di daerah Banyumas dan Cilacap. Kedua daerah ini setiap tahun menderita kerugian puluhan miliar rupiah akibat rusaknya rumah penduduk, lahan pertanian, jalan, dan jembatan serta sarana kepentingan umum lainnya.

Banjir disebabkan oleh perubahan tata guna lahan yang tidak terkendali sehingga mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air. Curah hujan yang tinggi menimbulkan aliran permukaan (*Run Off*) yang besar. Permasalahan muncul ketika kapasitas sungai yang ada tidak mampu untuk menampung aliran permukaan tersebut.

Maksud dari Perencanaan Tanggul Sungai Serayu Hilir Jawa Tengah yaitu membuat solusi penanganan banjir di Sungai Serayu untuk mengurangi kerugian akibat banjir. Tujuannya adalah untuk menghitung debit banjir sehingga diperoleh nilai debit banjir rencana, menganalisis kapasitas sungai eksisting terhadap debit banjir rencana, meningkatkan kapasitas alur Sungai Serayu agar tidak terjadi luapan banjir dengan melakukan perencanaan tanggul, dan menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan, *time schedule*, dan gambar perencanaan untuk pelaksanaan konstruksi tanggul.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Tanggul Sungai Serayu Hilir
(Sumber : Wilayah Sungai Serayu Bogowonto)

TINJAUAN PUSTAKA

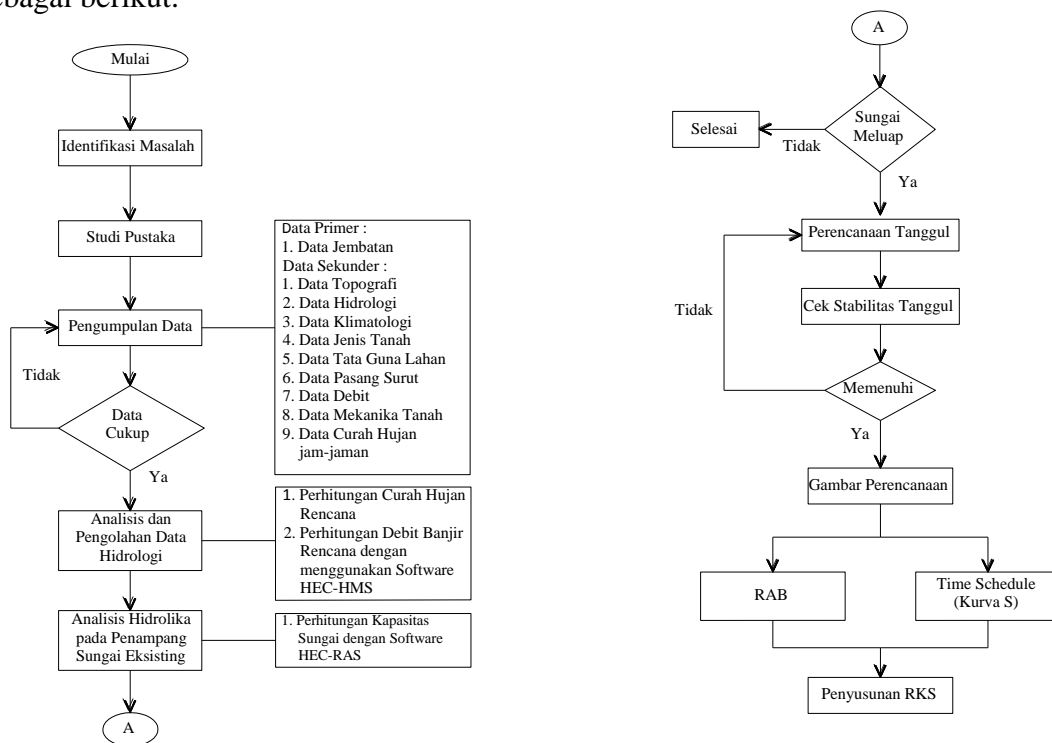
Banjir merupakan peristiwa alam yang tidak dapat dicegah namun bisa dikendalikan. Perencanaan tanggul merupakan salah satu cara yang tepat guna menangani permasalahan banjir di Sungai Serayu.

Untuk merencanakan pembuatan tanggul pertama-tama dibutuhkan data curah hujan dari stasiun yang telah ditentukan, biasanya terletak dekat dengan DAS yang ada. Data curah hujan tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode statistik dan lalu dilakukan penggambaran pada kertas probabilitas untuk menentukan jenis sebarannya. Jenis sebaran tersebut kemudian digunakan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana berdasarkan masing-masing periode ulang. Setelah itu dilakukan uji keselarasan sebaran dengan Uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Curah hujan rencana kemudian dianalisis untuk mendapatkan nilai curah hujan jam-jaman.

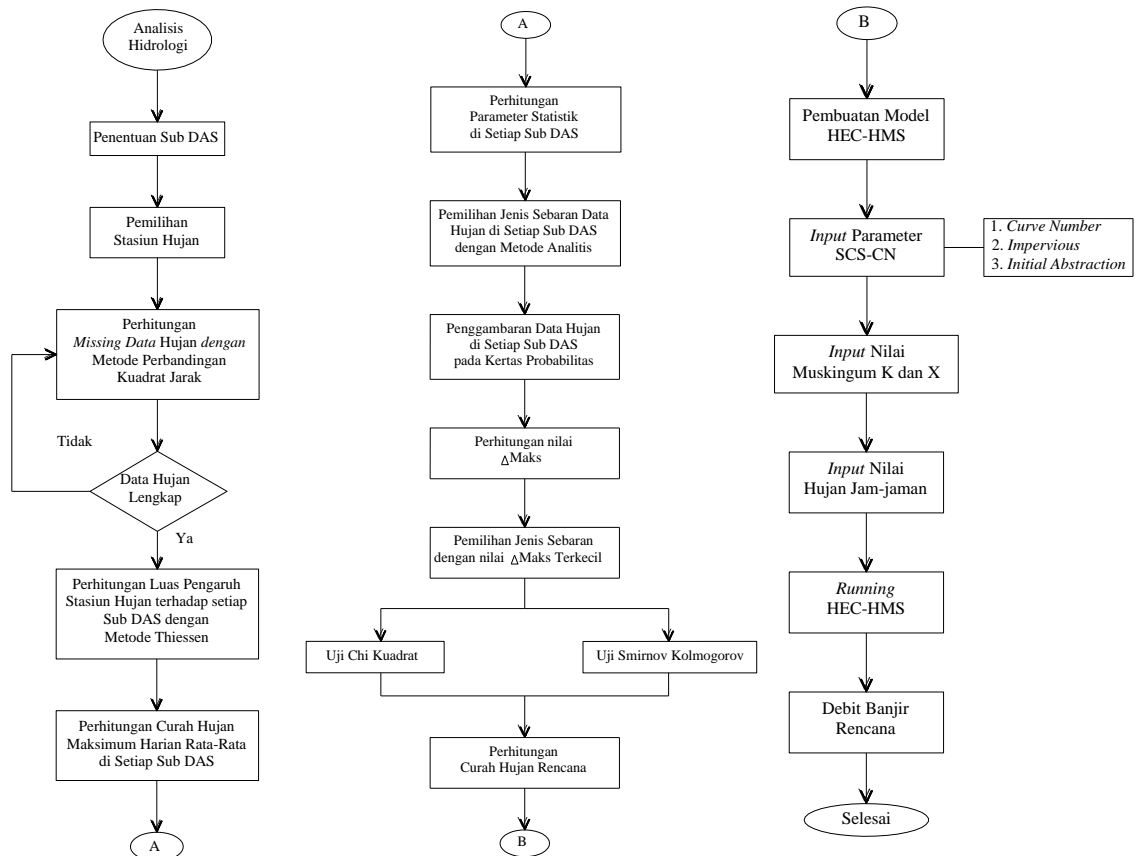
Analisis perhitungan debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan *software* HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*). Metode yang digunakan dalam analisis debit banjir rencana adalah metode SCS-CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*) yang dikembangkan oleh *U.S Department of Agriculture* dengan menggunakan nilai *curve number* untuk mengestimasi limpasan atau *runoff*. Metode ini telah banyak digunakan secara luas untuk pengolahan dan perencanaan sumber daya air. Selanjutnya dapat dievaluasi penampang Sungai Serayu yang memerlukan perencanaan tanggul dengan menggunakan *software* HEC-RAS (*River Analysis System*).

METODOLOGI

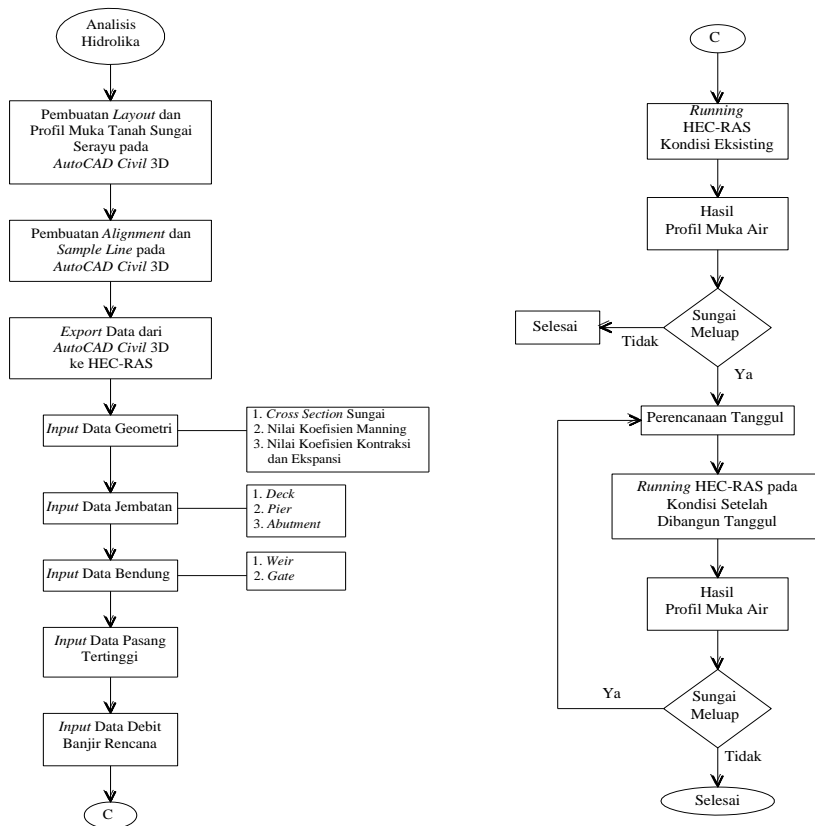
Dalam penulisan diperlukan adanya suatu metode yang menjelaskan tahapan-tahapan proses dari awal hingga akhir, bagan alir penulisan ini dapat dilihat pada Gambar 2, 3, dan 4 sebagai berikut.



Gambar 2. Bagan Alir Metodologi Perencanaan Tanggul



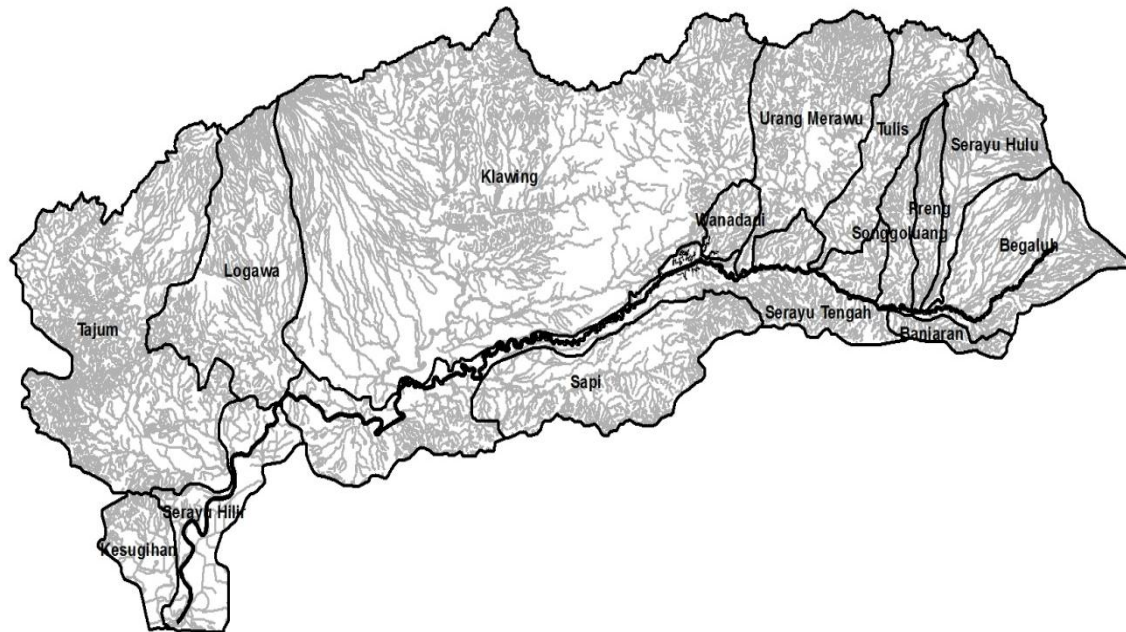
Gambar 3. Bagan Alir Analisis Hidrologi



Gambar 4. Bagan Alir Analisis Hidrolika

ANALISIS HIDROLOGI

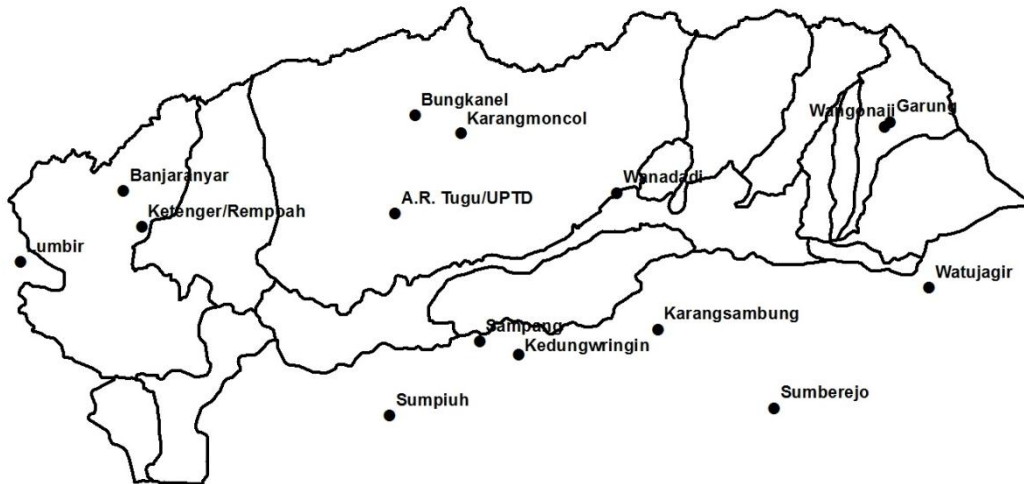
Analisis hidrologi dibutuhkan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan curah hujan rencana yang terjadi di suatu wilayah berdasarkan periode ulang yang diinginkan. Dari nilai curah hujan rencana tersebut kemudian dilakukan analisis untuk memperoleh nilai debit banjir rencana. Besarnya curah hujan maksimum harian rata-rata dihitung dengan metode Thiessen pada setiap sub DAS. Penentuan sub DAS, stasiun hujan, dan poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7 serta Tabel 1 dan 2.



Gambar 5. Sub DAS Serayu

Tabel 1. Data Sub DAS Serayu

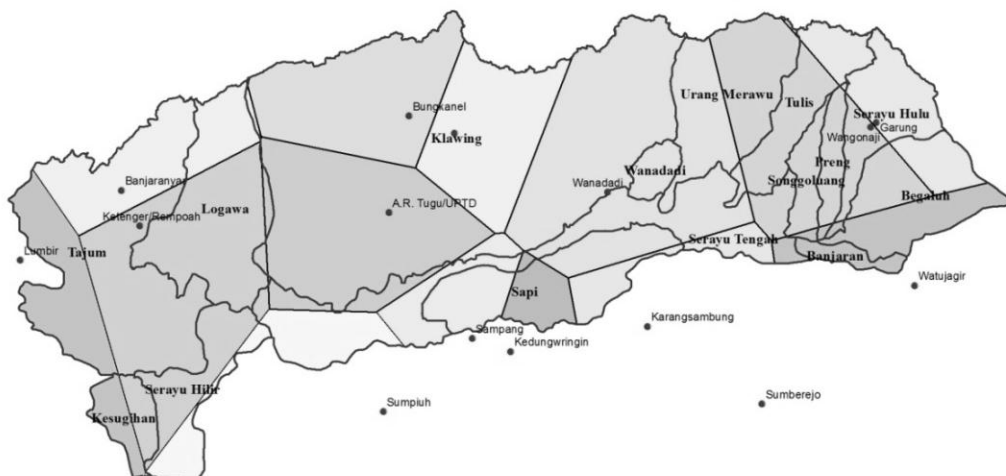
No	Sub DAS	Luas (km ²)
1	Tajum	517.297
2	Serayu Hilir	139.882
3	Kesugihan	68.575
4	Logawa	277.809
5	Begaluh	197.660
6	Banjaran	27.567
7	Serayu Hulu	137.366
8	Preng	47.387
9	Songgoluang	50.076
10	Tulis	135.732
11	Urang Merawu	232.995
12	Wanadadi	33.628
13	Sapi	222.582
14	Serayu Tengah	377.387
15	Klawing	1293.016



Gambar 6. Stasiun Hujan yang Digunakan

Tabel 2. Data Stasiun Hujan

No	Stasiun Hujan	Longitude	Latitude
1	Sumpiuh	109.36670	-7.61670
2	Sumberejo	109.79330	-7.60950
3	Kedungwringin	109.51033	-7.54973
4	Sampang	109.46689	-7.53514
5	Karangsambung	109.66667	-7.55000
6	Watujagir	109.96548	-7.47693
7	Ketenger	109.09320	-7.40720
8	A.R. Tugu	109.37397	-7.39338
9	Wanadadi	109.61981	-7.37139
10	Banyaranyar	109.07275	-7.36738
11	Karangmoncol	109.44755	-7.30445
12	Wangonaji	109.91667	-7.29925
13	Garung	109.92290	-7.29390
14	Bungkanel	109.39643	-7.28492
15	Lumbir	108.95850	-7.44520



Gambar 7. Poligon Thiessen di DAS Serayu

Setelah didapat nilai koefisien Thiessen di setiap sub DAS, dihitung curah hujan maksimum harian rata-rata. Dari hasil perhitungan curah hujan maksimum rata-rata perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan maksimum guna menentukan debit banjir rencana, maka dilakukan analisis sebaran dengan metode statistik. Terdapat 4 distribusi dalam perhitungan parameter statistik curah hujan yaitu Distribusi Normal, Gumbel, Log Normal dan Log Pearson III. Pemilihan sebaran data dilakukan dengan penggambaran data hujan maksimum di kertas probabilitas dengan pemilihan jenis sebaran berdasarkan nilai Δ maks terkecil. Setelah itu dilakukan uji keselarasan sebaran dengan Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Rekap hasil pemilihan jenis sebaran dan nilai hujan rencana di setiap sub DAS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekap Curah Hujan Rencana di Setiap Sub DAS

No	Sub DAS	Distribusi yang Digunakan	Curah Hujan Rencana (mm)					
			2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
1	Tajum	Log Pearson III	97.242	116.130	127.028	139.626	147.734	155.527
2	Serayu Hulu	Log Pearson III	89.018	110.577	121.524	133.252	139.371	145.107
3	Kesugihan	Normal	106.944	127.067	137.607	147.860	156.053	162.760
4	Urang Merawu	Normal	91.214	107.139	115.481	123.595	130.079	135.387
5	Serayu Hilir	Normal	116.545	139.784	151.957	163.797	173.259	181.005
6	Banjaran	Log Pearson III	142.224	163.034	174.773	188.226	196.471	204.475
7	Sapi	Log Pearson III	103.262	124.349	136.479	150.220	159.542	168.209
8	Klawing	Normal	82.596	95.200	101.802	108.224	113.355	117.557
9	Begaluh	Log Pearson III	82.600	100.181	110.851	122.355	130.109	138.192
10	Preng	Gumbel	115.045	152.645	177.541	208.995	232.329	255.494
11	Tulis	Gumbel	85.411	110.623	127.318	148.410	164.056	179.590
12	Logawa	Log Normal	90.887	104.727	112.798	121.246	128.449	134.663
13	Wanadadi	Log Pearson III	116.119	142.885	159.455	180.478	191.777	204.388
14	Songgoluang	Log Normal	114.958	142.197	158.951	177.141	193.160	207.349
15	Serayu Tengah	Normal	79.410	97.917	107.611	117.041	124.576	130.745

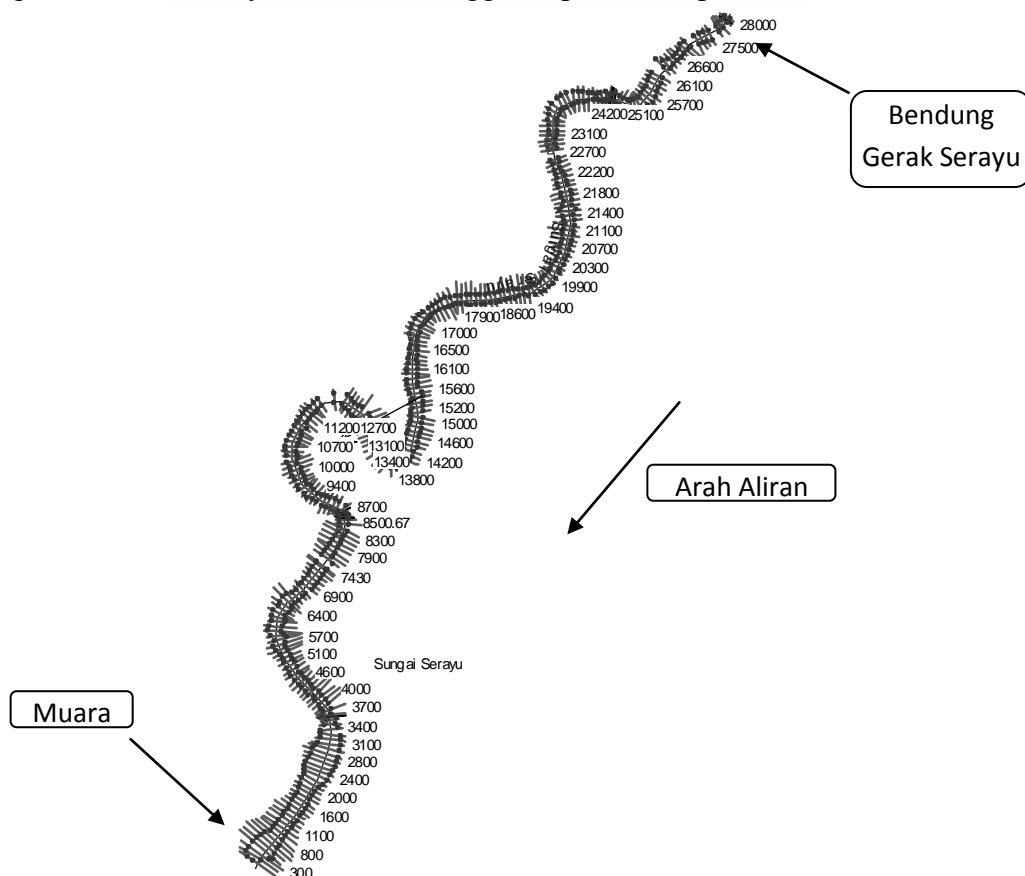
Analisis debit banjir rencana dilakukan dengan program HEC-HMS menggunakan metode SCS-CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*). Dalam penggunaan program HEC-HMS terlebih dahulu harus dilakukan pembuatan model DAS Serayu yang terdiri dari *element subbasin, junction, reach, dan reservoir*. Setelah itu dilakukan *input* data parameter SCS-CN di setiap sub DAS, nilai Muskingum K dan X, *lag time*, dan nilai hujan jam-jaman. Dalam Perencanaan Tanggul Sungai Serayu Hilir Jawa Tengah digunakan debit banjir rencana 50 tahunan. Berikut pada Tabel 4 disajikan hasil perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang 50 tahun.

Tabel 4. Rekap Perhitungan Debit Banjir Rencana Periode Ulang 50 tahun

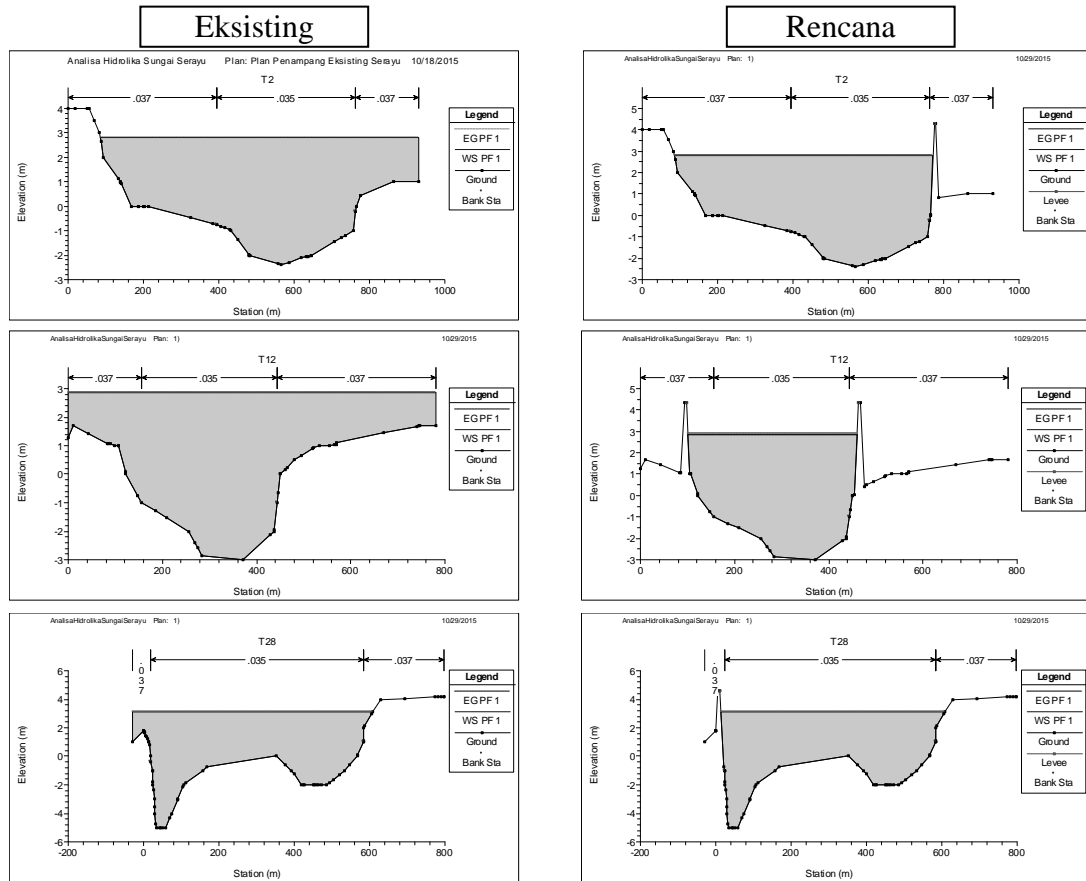
No	Elemen Hidrologi	Luas (km ²)	Debit (m ³ /s)	No	Elemen Hidrologi	Luas (km ²)	Debit (m ³ /s)	No	Elemen Hidrologi	Luas (km ²)	Debit (m ³ /s)
1	Klawing	1293.016	1494	17	Tulis	135.7315	611.8	33	Serayu Tengah	377.3866	418.7
2	Begaluh	197.660	1163.2	18	Junction-6	595.7864	3040.7	34	Junction-11	2755.394	1869.9
3	Junction-1	197.660	1163.2	19	Reach-6	595.7864	2808.9	35	Reach-11	2755.394	1870
4	Reach-1	197.660	1197.9	20	Urang Merawu	232.9946	969.1	36	Logawa	277.8093	1276.9
5	Serayu Hulu	137.366	657.1	21	Junction-7	828.781	3204.8	37	Junction-12	3033.203	1878.5
6	Junction-2	335.026	1769.5	22	Reach-7	828.781	2911.9	38	Reach-12	3033.203	1798.8
7	Reach-2	335.026	1697.8	23	Wanadadi	33.62752	660.5	39	Tajum	517.2976	1496.8
8	Preng	47.387	570.5	24	Junction-8	862.4085	2936.9	40	Junction-13	3550.5	2178.7
9	Junction-3	382.412	2268.3	25	Reach-8	862.4085	2837.5	41	Reach-13	3550.5	1091.7
10	Reach-3	382.412	2243.2	26	Reservoir-1	862.4085	1609.2	42	Serayu Hilir	139.8822	222.3
11	Banjaran	27.567	269.4	27	Reach-15	862.4085	1129	43	Kesugihan	68.57517	414.9
12	Junction-4	409.979	2422.7	28	Sapi	222.5824	736.9	44	Junction-14	68.57517	414.9
13	Reach-4	409.979	2380	29	Junction-9	1084.991	1233.1	45	Reach-14	68.57517	398.7
14	Songgoluang	50.076	473.8	30	Reach-9	1084.991	1066.3	46	Junction-15	3758.958	1254.2
15	Junction-5	460.055	2690.2	31	Junction-10	2378.007	2165.7				
16	Reach-5	460.055	2428.8	32	Reach-10	2378.007	1543.3				

ANALISIS HIDROLIKA

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit banjir rencana. Nilai kekasaran penampang yang dimasukkan pada analisis hidrolika ini sebesar 0.037 pada *Right Over Bank* dan *Left Over Bank* penampang, 0.035 pada *Main Channel* penampang, serta 0.05 pada tanah tanggul. Setelah dilakukan *running* program HEC-RAS dengan debit rencana $Q_1 = 2088.4 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada *junction* 12 di sta 28+000, $Q_2 = 2417.1 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada *junction* 13 di sta 22+000, $Q_3 = 1386.9 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada *junction* 15 di sta 1+500 ternyata sebagian penampang eksisting sungai tidak dapat menampung debit banjir yang ada, maka direncanakan perbaikan sungai dengan perencanaan tanggul pada penampang yang mengalami luapan. Dari hasil *running* 278 penampang, hanya 136 penampang yang mampu menampung air, sedangkan 142 penampang lainnya tidak mampu menampung air dan memerlukan penanganan dengan cara perencanaan tanggul. Efek berbagai penghalang seperti jembatan dan bendung turut dipertimbangkan di dalam perhitungan ini. Penampang Sungai Serayu diperbaiki dengan tiga jenis perbaikan penampang, yaitu merencanakan tanggul pada bagian kiri penampang, merencanakan tanggul pada bagian kanan penampang, dan merencanakan tanggul pada kedua sisi penampang. Gambar *layout* dari Sungai Serayu dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan *output* HEC-RAS untuk kondisi eksisting dan setelah adanya tanggul dapat dilihat pada Gambar 9. Pada tulisan ini hanya ditampilkan *output* untuk Sta 0+200, Sta 1+200, dan Sta 2+800. Untuk jenis perbaikan serta penampang yang memerlukan perencanaan tanggul dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan untuk penggambaran EGL dan HGL pada kondisi eksisting dan setelah adanya konstruksi tanggul dapat dilihat pada Gambar 10.



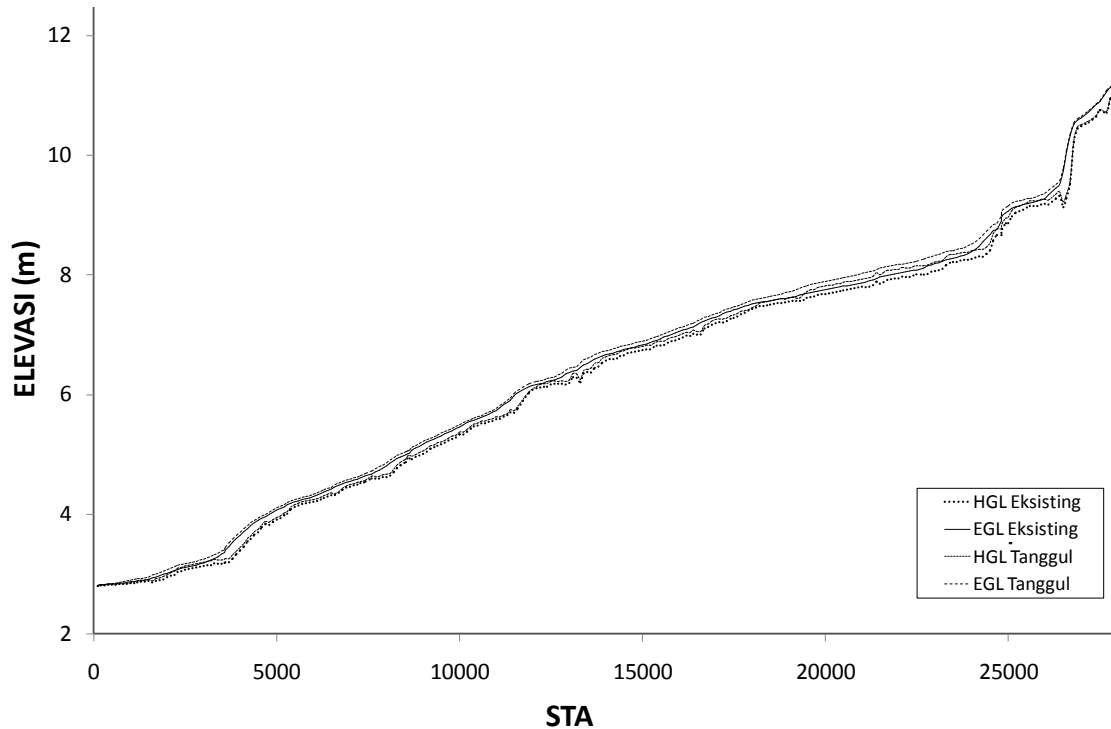
Gambar 8. *Layout* Sungai Serayu dari Muara Hingga Bendung Gerak Serayu



Gambar 9. Kondisi Eksisting dan Setelah Adanya Tanggul pada Sta 0+200, Sta 1+200, dan Sta 2+800

Tabel 6. Jenis Perbaikan Penampang Melintang Sungai Serayu

No	Penampang Eksisting	Jenis Perbaikan	Stasiun
1	Tidak Memiliki Tanggul	Merencanakan Tanggul Kanan dan Tanggul Kiri	0+400, 0+500, 0+600, 0+700, 0+800, 0+900, 0+1000
			1+100, 1+200, 1+300, 1+400, 1+500, 1+600 1+700, 1+800, 1+900, 2+000, 2+100, 2+200
2	Tidak Memiliki Tanggul	Merencanakan Tanggul Kanan	0+100, 0+200, 0+300, 5+200, 5+300, 5+400, 5+500, 5+600, 5+700, 5+800, 5+900, 6+000, 6+100, 6+200, 6+300, 6+400, 6+500, 6+600, 6+700, 6+800, 6+900, 7+000, 7+100, 7+200, 7+300, 7+400, 7+500, 7+600, 7+700, 7+800, 7+900, 8+000, 8+100, 8+200, 11+900, 12+100, 12+200, 12+300, 12+400, 12+500, 12+600, 12+700, 12+800, 12+900, 13+000, 13+100, 13+200, 13+300, 13+400, 13+500, 17+800, 17+900, 18+000, 18+100, 18+200, 18+300, 18+400, 18+500, 18+600, 18+700, 18+900, 19+000, 19+100, 19+200, 19+300, 19+400, 19+500, 19+600, 19+700, 19+800, 19+900, 20+000, 20+100, 20+200, 20+300, 20+400, 20+500, 20+600, 20+700, 20+800, 20+900, 21+000, 21+100, 21+200, 21+300, 21+400, 21+500, 21+600, 21+700, 21+800, 21+900, 22+000, 22+100, 22+200, 22+300, 22+400, 22+500
			2+300, 2+400, 2+500, 2+600, 2+700, 2+800, 2+900, 3+000, 3+100, 3+200, 22+700, 22+800, 22+900, 23+000, 23+100, 22+700, 22+800, 22+900, 23+000, 23+100, 23+200 23+300, 23+400, 23+500, 25+400, 25+500, 25+600 25+700, 25+800, 25+900, 26+000, 26+100, 27+500 27+700
3	Tidak Memiliki Tanggul	Merencanakan Tanggul Kiri	



Gambar 10. EGL dan HGL pada Kondisi Eksisting dan Setelah Adanya Konstruksi Tanggul

PERENCANAAN TEKNIS

Konstruksi tanggul direncanakan dengan kemiringan 1 : 2 pada sisi miringnya, dan dengan lebar mercu tanggul (B) sama dengan 5 m. Untuk tinggi tanggul (H) direncanakan bervariasi pada setiap lokasi. Tanggul yang akan direncanakan perlu dihitung stabilitasnya terhadap kemungkinan longsor. Perhitungan stabilitas diambil pada penampang dengan tanggul yang paling tinggi. Tanggul paling tinggi terdapat pada penampang STA 19+100 dengan tinggi tanggul sebesar 7.717 m. Pada perhitungan stabilitas tanggul terhadap longsor, perencanaan tanggul akan dihitung dalam tiga kondisi yaitu:

1. Pada kondisi *After Construction* (setelah konstruksi).
2. Pada kondisi muka air banjir.
3. Pada kondisi *Sudden Drowdown*.

Perhitungan longsor atau bidang gelincir (*slip surface*) dilakukan dengan dua metode yaitu metode *software* dengan menggunakan program *GEO-SLOPE*, *GeoStudio 2004 Slope/W Analysis* dan dengan metode analitis dengan ketentuan faktor keamanan kritis (FS) > 1. Hasil perhitungan stabilitas tanggul dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekap Perhitungan Stabilitas Tanggul

No	Kondisi	Faktor Keamanan		Keterangan
		Analitis (Fellenius)	Geo Slope	
1	<i>After Construction</i>	1.142	1.195	Aman
2	Muka Air Banjir	1.025	1.114	Aman
3	<i>Sudden Drowdown</i>	1.141	1.011	Aman

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Setelah perncanaan teknis maka dihitung anggaran biaya. Biaya keseluruhan untuk perencanaan tanggul banjir Sungai Serayu adalah sebesar Rp 63.131.000.000,00 (Enam Puluh Tiga Milyar Seratus Tiga Puluh Satu Juta Rupiah) dengan waktu pengerjaan 18 minggu.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam perencanaan tanggul banjir Sungai Serayu hilir, sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis diperoleh debit banjir rencana : $Q_1 = 2088.4 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada *junction* 12 di sta 28+000, $Q_2 = 2417.1 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada *junction* 13 di sta 22+000, $Q_3 = 1386.9 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada *junction* 15 di sta 1+500.
2. Tanggul direncanakan dengan tinggi jagaan 1.5 meter.
3. Peninjauan terhadap stabilitas, yaitu Stabilitas lereng pada tanggul memenuhi persyaratan angka keamanan yaitu $FS > 1,0$.
4. Keseluruhan perencanaan tanggul Sungai Serayu hilir dihitung berdasarkan analisa harga satuan dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp 63.131.000.000,00 (Enam Puluh Tiga Milyar Seratus Tiga Puluh Satu Juta Rupiah) dengan waktu pengerjaan 18 minggu.

SARAN

Berikut saran dari perencanaan tanggul banjir Sungai Serayu hilir, sebagai berikut:

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

DAFTAR PUSTAKA

- Br.,Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Bradja, M. Das, 1996. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Chow, Ven Te, 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Christady, 2007. *Mekanika Tanah II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hydraulic Reference Manual HEC-RAS version 4.1.0 River Analysis System*, US.
- Hydrologic Refrence Manual HEC-HMS version 4.0 Hydrologic Modeling System*, US.
- Soemarto, CD, 1999. *Hidrologi Teknik Edisi Dua*, Erlangga, Jakarta.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Nova, Bandung.
- Triatmodjo, Bambang, 2009. *Hidrologi Tearapan*, Beta Offset, Yogyakarta.