

STUDI PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI REMU KOTA SORONG PROVINSI PAPUA BARAT

Yanuar Hendra Pramana¹, Donny Harisuseno², Very Dermawan²

¹Mahasiswa Teknik Pengairan, ²Dosen Teknik Pengairan
yanuarhendrap@gmail.com, donnyhari@yahoo.com, veryderma@yahoo.com

Abstrak: Kota Sorong yang terletak di Provinsi Papua Barat sering mengalami banjir akibat luapan Sungai Remu. Studi ini bertujuan untuk mencari alternatif penanganan banjir yang tepat melalui pendekatan hidrologi dan hidrolika serta ekonomi. Berdasarkan kajian hidrologi metode Log Pearson III, diketahui bahwa curah hujan historis terbesar yang terjadi adalah hujan dengan kala ulang 16 tahun yaitu sebesar 224.20 mm. Hasil simulasi HEC RAS menghasilkan nilai n sebesar 0.021 dengan kesalahan relatif sebesar 2.64%. Alternatif pengendalian banjir yang digunakan adalah tanggul dan *retarding basin*. Perencanaan kedua alternatif tersebut menggunakan kala ulang 25 tahun. Berdasarkan penentuan skala prioritas dengan metode *analytical hierarchy process* dengan pertimbangan teknis, ekonomi serta kemudahan pelaksanaan dipilih alternatif tanggul dengan total ranking 0.53.

Kata kunci: Banjir, HEC RAS, *Analytical Hierarchy Process*, Tanggul, Retarding Basin

Abstract: Sorong City where is located in West Papua Province has often experiences flooding due to overflow of Remu River. This study aims to find the proper flood management alternatives through hydrology, hydraulic, and economy approach. Based on hydrology analysis with Log Pearson III method, the highest historical rainfall that ever occurred is the rainfall with return period of 16 years, that is 224.2 mm. The HEC RAS 4.1. simulation results n value of 0.021 with relative error of 2.64%. The proper flood managements are dike and retarding basin and the both of the alternatives use return period of 25 years. Dike has been chosen as then proper alternative with total ranking of 0.53 based on priority scale determination using Analytical Hierarchy Process method with technique, economy, and easy implementation considerations.

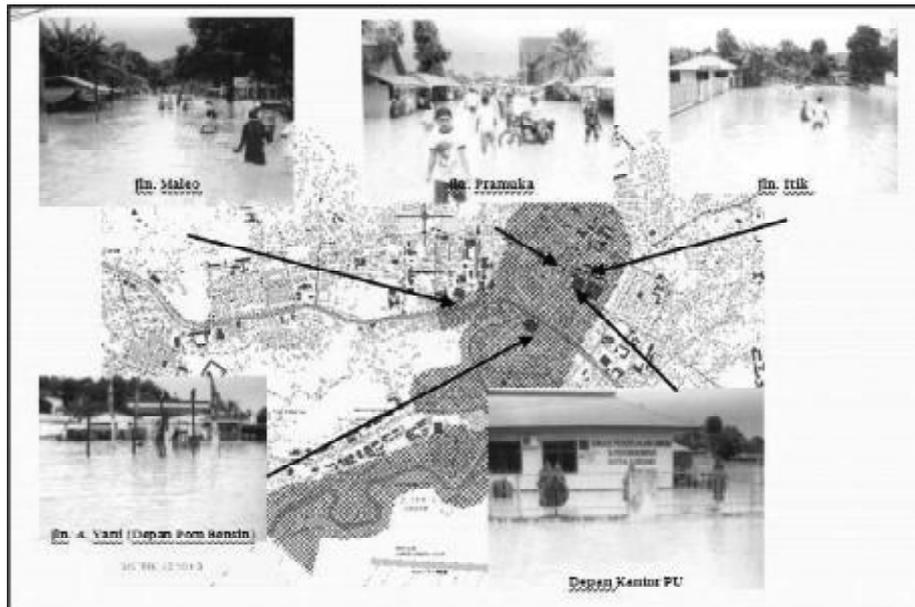
Keywords: Flood, HEC RAS, *Analytical Hierarchy Process*, Dike, Retarding Barsin.

Air merupakan unsur yang penting dalam kehidupan manusia. Berdasarkan undang-undang Sumber Daya Air nomor 7 tahun 2004 air harus dikelola dengan baik dalam beberapa hal, yaitu konservasi, pendayagunaan air dan pengendalian daya rusak air.

Pada aspek pengendalian daya rusak, permasalahan banjir masih menjadi topik utama pada setiap musim penghujan. Salah satu daerah di Indonesia yang mengalami permasalahan banjir adalah Sungai Remu Kota Sorong Propinsi Papua Barat. Gambar 1. menampilkan rekam jejak banjir Sungai Remu Kota Sorong.

Identifikasi masalah terhadap banjir Sungai Remu antara lain. (1) Tingginya curah hujan menjadi salah satu faktor terjadinya luapan Sungai Remu.

Berdasarkan data BMKG curah hujan tahunan di Kota Sorong mencapai 2500 mm/tahun sedangkan hujan maksimum harian dapat mencapai 100 mm. (2) Berdasarkan Sorong dalam angka diketahui tingkat pertumbuhan penduduk mencapai 5,5% per tahun. Pertumbuhan penduduk mendorong munculnya pemukiman baru sehingga terjadi perubahan tata guna lahan pada Kota Sorong. (3) Banyaknya rumah di sempadan sungai yang tentunya melanggar PP 38 Tahun 2011 mengenai sungai. Hal tersebut otomatis mengurangi luas penampang sungai. (4) Adanya kondisi pasang surut di bagian hilir yaitu Selat Dampir yang mempengaruhi aliran Sungai Remu. Pada saat kondisi pasang akan terjadi *back water* yang menyebabkan banjir. Selat Dampir termasuk daerah



Gambar 1. Rekam Jejak Banjir Sungai Remu.

pasang harian ganda dengan dua pasang dan dua surut.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan studi untuk penanganan banjir. Maksud dari studi ini adalah untuk mencari alternatif penanganan banjir yang tepat melalui pendekatan hidrologi dan hidrolika, serta ekonomi.

Tujuan yang diharapkan dari studi ini adalah: (1) Mengetahui debit banjir rancangan pada Sungai Remu. (2) Melakukan perencanaan bangunan pengendali banjir yang dapat dilakukan pada Sungai Remu. (3) Mendapatkan prioritas bangunan pengendali banjir pada Sungai Remu.

KAJIAN PUSTAKA

Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah berupa besaran jumlah hujan yang terjadi selama satu hari dalam satuan milimeter, dalam berbagai kala ulang yang telah direncanakan (Harto, 2009:267).

Beberapa metode yang dapat digunakan adalah: (1) Metode Normal. (2) Metode Log Normal. (3) Metode Gumbel. (4) Metode Log Pearson III.

Untuk pemilihan dari keempat metode di atas dapat digunakan uji kesesuaian distribusi. Metode yang digunakan adalah metode Smirnov Kolmogorov dan Chi Square. Metode analisa frekuensi yang digunakan adalah metode yang memberikan nilai perhitungan terkecil.

Intensitas & Distribusi Hujan

Intensitas hujan dapat diperoleh dari data hujan otomatis sehingga diperoleh hujan dengan durasi singkat. Apabila yang tersedia adalah data hujan harian, Mononobe memberikan persamaan sebagai berikut

$$I_t = \frac{R_{24}}{t} \cdot \left(\frac{t}{T} \right)^2$$

dengan:

I_T = intensitas curah hujan dalam T jam (mm/jam)

R_{24} = curah hujan harian (mm)

T = waktu hujan dari awal sampai jam ke t (jam)

t = lama curah hujan (jam)

Untuk kajian distribusi hujan dapat ditetapkan dengan metode ABM (*alternating block method*). *Alternating block method* adalah cara sederhana untuk membuat hyetograph rencana dari kurva intensitas durasi frekuensi (Triatmodjo, 2010:269). Perambahan hujan (blok-blok), diurutkan kembali ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan Td dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri blok tengah.

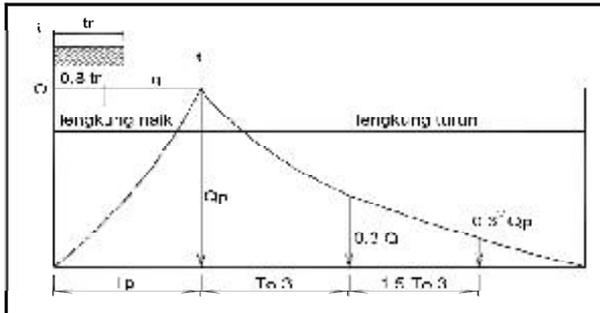
Hidrograf Satuan

Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode Nakayasu. Ilustrasi HSS Nakayasu ditampilkan pada gambar 2. Untuk persamaan debit puncak menggunakan persamaan sebagai berikut (Liman-tara, 2010:150):

$$Q_p = \frac{A \cdot R_o}{3,6 \left(0,3 T_p + T_{0,3} \right)}$$

dengan:

- A = luas DAS (km²)
- T_p = waktu puncak (jam)
- T_{0,3} = nilai Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)



Gambar 2. HSS Metode Nakayasu.

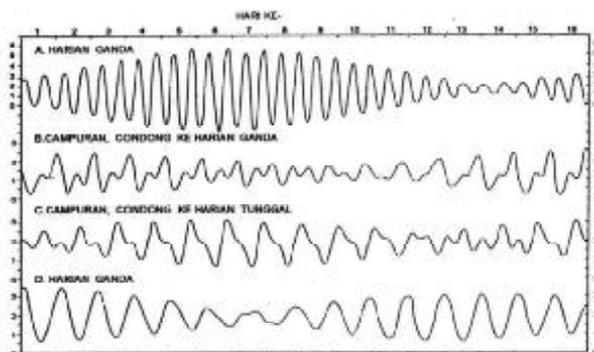
Sumber: Hadisusanto (2010:201)

Pasang Surut

Pasang surut adalah gerakan naik-turunnya air laut, dimana amplitudo dan fasenya berhubungan langsung terhadap gaya geofisika yang periodic, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh gerak regular benda-benda angkasa terutama bumi, bulan dan matahari (Supriin, 2003:106).

Dalam oseanografi, pasang surut dikelompokkan dalam empat tipe, yaitu: (a) Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) (b) Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) (c) Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*). (d) Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*).

Gambar 3. Menampilkan ilustrasi jenis-jenis pasang surut.



Gambar 3. Tipe Pasang Surut.

Sumber: Triadmodjo (1999:123)

Analisa Profil Aliran

Elevasi muka air pada alur sungai perlu dianalisis untuk mengetahui pada sisi mana terjadi luapan pada alur sungai.

Sebagai alat bantu analisa profil muka air digunakan program HEC-RAS 4.1. Prosedur perhitungan didasarkan pada penyelesaian persamaan aliran satu dimensi melalui saluran terbuka. Aliran satu dimensi ditandai dengan besarnya kecepatan yang sama pada seluruh penampang atau digunakan kecepatan rata-rata.

Sistem Pengendalian Banjir

Alternatif yang digunakan adalah *retarding basin* dan tanggul. *Retarding basin* adalah bangunan penampung sementara. Retarding basin memiliki kemampuan memotong puncak banjir.

Tanggul di sepanjang sungai adalah salah satu bangunan yang paling utama dalam usaha melindungi kehidupan dan harta masyarakat terhadap banjir (Sosrodarsono, 1985:83). Pada daerah pemukiman sangat padat, sering kali terdapat permasalahan pembebasan lahan untuk pembangunan tanggul. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah konstruksi dibuat dari pasangan yang disebut dengan tanggul pasangan (*masonry dike*).

Analisa Ekonomi

Proyek adalah suatu kegiatan yang menggunakan modal untuk mencapai suatu tujuan tertentu sedemikian sehingga kegiatan tersebut dapat memberikan manfaat setelah jangka waktu tertentu (Suyanto, 2001:33).

Untuk mengevaluasi secara ekonomi dapat digunakan *benefit cost ratio* serta *net present value*. Selain itu dapat ditambahkan kajian mengenai *internal rate return* dan sensitivitas.

Penentuan Skala Prioritas

Penentuan skala prioritas alternatif berdasarkan 3 aspek, yaitu aspek teknis, kemudahan pelaksanaan dan ekonomi.

Untuk menentukan skala prioritas dapat dilakukan dengan beberapa metode. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode AHP (*analytical hierarchy process*). AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang menguraikan masalah multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Pada metode AHP alternatif beserta dasar aspek penilaian dilakukan secara berpasangan.

METODOLOGI

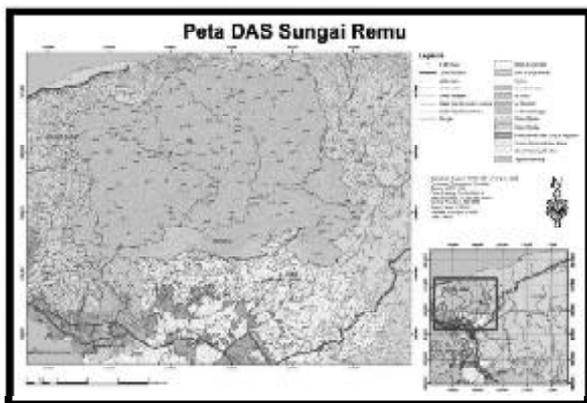
Lokasi Studi

Lokasi studi berada di Sungai Remu Kota Sorong. Secara geografis, Kota Sorong berada pada koordinat $131^{\circ}15'$ BT dan $0^{\circ}54'$ LS dengan luas wilayah 1.105 km^2 . Luas DAS Remu sebesar 54 km^2 dengan panjang sungai 19.44 km .

Peta administrasi Kota Sorong ditampilkan pada Gambar 4, sedangkan Peta DAS Remu ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Peta Administrasi Kota Sorong.



Gambar 5. Peta DAS Remu.

Data Pendukung Kajian

Pada studi ini digunakan beberapa data pendukung sebagai berikut.

Peta Rupa Bumi Indonesia. Peta RBI yang digunakan adalah lembar Kota Sorong (index 2815-22) terbitan Badan Informasi Geospasial. Fungsi dari peta RBI adalah untuk menentukan batas DAS Remu serta tata guna lahan pada lokasi tersebut.

Data curah hujan. Data curah hujan yang digunakan berasal dari Stasiun Meteorologi Kelas II Deo Sorong yang terletak pada $00^{\circ}51'$ LS dan $131^{\circ}15'$ BT. Data hujan yang tersedia mulai 1999 s/d 2011.

Data tersebut digunakan untuk perencanaan hujan rancangan dengan kala ulang tertentu.

Data pengukuran penampang sungai. Data penampang memanjang dan penampang melintang serta situasi sungai sepanjang digunakan untuk pemodelan aliran di Sungai Remu.

Pengukuran banjir maksimum. Pengukuran banjir maksimum dilakukan dengan melakukan wawancara dengan masyarakat setempat. Pengukuran ini digunakan sebagai kontrol pada pemodelan HEC RAS.

Data pengukuran fluktuasi pasang surut. Data pengukuran fluktuasi pasang surut diperlukan sebagai *boundary condition* pada pemodelan aliran Sungai Remu. Pengamatan pasang surut dilakukan secara langsung selama 15 hari.

Peta daerah genangan. Peta daerah genangan digunakan untuk menentukan besarnya kerugian banjir. Peta tersebut didapatkan dari Dinas PU Kota Sorong.

Peta tata ruang Kota Sorong. Peta tata ruang akan di *overlay* untuk mendapatkan detail bangunan yang terkena dampak banjir. Peta tersebut berasal dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Sorong Propinsi Papua Barat.

Daftar harga upah dan bahan. Daftar harga upah dan bahan digunakan pada proses analisa ekonomi terutama pada saat perhitungan analisa satuan pekerjaan. Data tersebut diperoleh dari Dinas PU Kota Sorong.

Tahapan Kajian

Adapun langkah-langkah dalam penyusunan kajian ini secara garis besar adalah: (1) Melakukan kajian hidrologi untuk mendapatkan debit banjir rancangan pada DAS Remu. Metode yang digunakan adalah metode Nakayasu. Metode tersebut dipilih karena parameter yang diperlukan untuk perhitungan tidak terlalu banyak yaitu luas DAS dan panjang sungai. (2) Melakukan kajian pasang surut untuk menentukan elevasi-elevasi acuan. Metode yang digunakan pada kajian pasang surut adalah metode *Least Square*. (3) Menganalisa profil aliran dengan menggunakan program HEC RAS 4.1. (4) Melakukan perencanaan bangunan pengendali banjir. Pada studi ini dipilih alternatif bangunan berupa tanggul dan *retarding basin*. (5) Menganalisa alternatif bangunan pengendalian banjir terhadap aspek ekonomi. (6) Menentukan skala prioritas dari beberapa alternatif pengendalian banjir. Metode yang digunakan adalah metode AHP (*analytical hierarchy process*).

HASIL & PEMBAHASAN

Curah Hujan

Berdasarkan data dari Stasiun Meteorologi Kelas II Deo Sorong diambil data Curah Hujan maksimum dengan metode *annual maximum series*. Tabel 1 menampilkan data hujan tersebut.

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum.

Tahun	Curah Hujan (mm)
1999	90.2
2000	84.3
2001	88.1
2002	106.1
2003	114.4
2004	66.8
2005	169.6
2006	90.2
2007	276.4
2008	110.6
2009	224.2
2010	78.6
2011	112.5

Sumber: Hasil Analisa

Hujan Rencana

Hujan rencana dihitung dengan menggunakan 4 metode. Untuk memilih digunakan uji kesesuaian distribusi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa log pearson memberikan nilai hitung terkecil, sehingga metode tersebut yang dipilih. Tabel 2 menampilkan Rekapitulasi Hujan Rancangan untuk beberapa metode. Tabel 3 menampilkan rekapitulasi uji distribusi.

Tabel 2. Rekapitulasi Hujan Rancangan.

Kala Ulang	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson
2	124.02	113.26	115.24	104.89
5	176.32	160.88	186.03	151.40
10	203.72	193.35	232.89	198.32
25	250.40	251.24	292.11	269.12
50	251.67	266.72	336.01	335.01
100	269.11	299.82	379.65	414.12
200	281.68	332.82	421.09	509.10

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 3. Rekapitulasi Uji Distribusi.

No	Metode Analisa Frekuensi	Smirnov-Kolmogorov		Chi-Square	
		Nilai Kritis	Nilai Hitung	Nilai Kritis	Nilai Hitung
1	Gumbel	56.10	21.80	5.99	8.92
2	Normal	56.10	27.50	5.99	6.02
3	Log Normal	56.10	20.47	5.99	4.31
4	Log Pearson	56.10	14.89	5.99	4.31

Sumber: Hasil Analisa

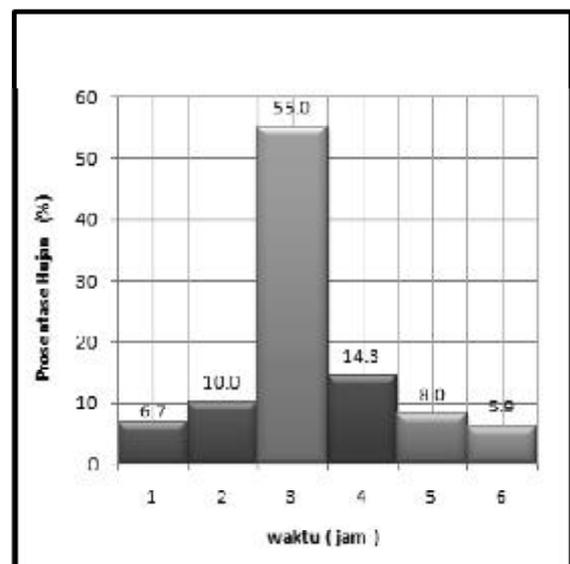
Intensitas & Distribusi Hujan

Perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe. Sedangkan untuk distribusi hujan menggunakan metode ABM. Asumsi yang digunakan adalah lama hujan sebesar 6 jam. Tabel 4 menampilkan Intensitas Hujan Mononobe, sedangkan Gambar 6. Menampilkan distribusi hujan.

Tabel 4. Intensitas Hujan Mononobe.

t (jam)	Δt (jam)	I _t (mm/jam)	I _t t (mm)	Δp (mm)	Pt (%)
1	0-1	0.35	0.35	0.35	55.03
2	1-2	0.22	0.44	0.09	14.30
3	2-3	0.17	0.50	0.06	10.03
4	3-4	0.14	0.55	0.05	7.99
5	4-5	0.12	0.59	0.04	6.75
6	5-6	0.10	0.63	0.04	5.90
Total				0.63	100.00

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 6. Distribusi Hujan Metode ABM.

Debit Banjir

Perhitungan debit banjir menggunakan metode nakayasu. Untuk perhitungan HSS perlu dilakukan koreksi agar nilai volume dibagi luas DAS sama dengan 1. Pada studi ini perhitungan debit banjir rancangan dibagi per pias. Tabel 5 menampilkan debit banjir rancangan untuk bergagai kala ulang pada beberapa titik kontrol.

Pasang Surut

Kajian pasang surut dilakukan untuk mendapatkan nilai pasang tertinggi yang digunakan sebagai *boundary condition* pada downstream.

Berdasarkan analisa dengan metode *Least Square* didapatkan nilai Formzal sebesar 0.61

Tabel 5. Debit banjir Rancangan.

Kala Ulang	Debit Pada Patok (m ³ /detik)		
	0	41,5	81
2	158,35	158,19	149,10
5	230,67	230,44	217,06
10	294,81	294,52	277,33
16	332,44	332,11	312,68
25	398,23	397,84	374,51
50	494,17	493,98	464,94
100	610,03	609,43	573,53
200	748,76	748,02	703,88

Sumber: Hasil Analisa

sehingga termasuk Pasang Surut campuran condong ke ganda (*mixed semidiurnal*). Nilai pasang tertinggi adalah 2.21 m.

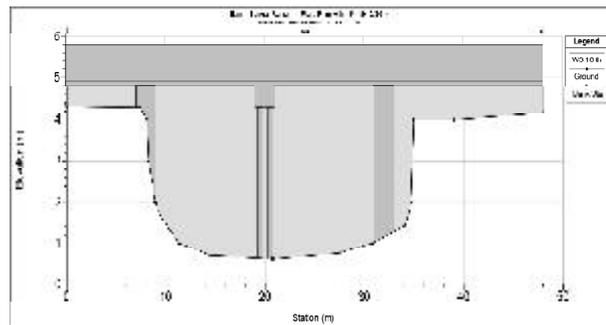
Analisa Profil Aliran

Analisa profil aliran pada studi ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) Memasukkan data geometri berupa *river plan* dan *cross section* pada tiap patok. (2) Menyusun model hidrolika. Pada studi ini digunakan beberapa ketentuan sebagai berikut. (a) Menggunakan Q_{16} dan Q_{25} . (b) *Boundary reach upstream* menggunakan *normal depth* dengan slope 0.00127. (c) *Boundary reach downstream* menggunakan *known water surface*. Pada studi ini digunakan 3 batasan elevasi, yaitu LLW (elevasi +0,37), MSL (elevasi +1,39) dan HHW (elevasi +2,21). (3) Melakukan perhitungan hidrolika (*run*). (4) Melakukan kalibrasi model. Pada studi ini digunakan acuan elevasi *low chord* pada *deck* jembatan. Pada hujan dengan kala ulang 16 tahun muka air berada di sekitar elevasi +5,0. Kalibrasi dilakukan dengan coba-coba nilai “n” (koefisien manning). Percobaan dilakukan pada nilai 0,020 s/d 0,030. Berdasarkan percobaan nilai yang sesuai adalah 0,021 dan termasuk kategori saluran digali. Pada kondisi di lapangan seharusnya termasuk kategori saluran alam dengan n 0,025. Sehingga dilakukan perbandingan untuk mengetahui kesalahan relatif. Tabel 6 menampilkan perhitungan kesalahan relatif. Gambar 7 dan Gambar 8 menampilkan hasil simulasi HEC RAS untuk nilai “n” yang berbeda.

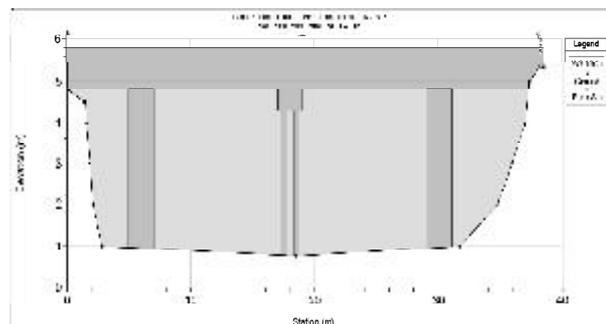
Tabel 6. Perhitungan Kesalahan Relatif.

Nilai n	Slope	Muka Air
0,0021	0,00127	4,92
0,0025	0,00127	5,05
kesalahan relatif (%)		2,64

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 7. Jembatan Patok 41,5 Untuk Kalibrasi Model (n = 0,021)



Gambar 8. Jembatan Patok 41,5 Untuk Kalibrasi Model (n = 0,025)

Tanggul

Pada studi ini direncanakan alternatif pengendalian banjir berupa tanggul jenis *sheet pile*. Alasan penggunaan *sheet pile* adalah: (1) Keterbatasan lahan. Pada bantaran sungai banyak terdapat bangunan terutama rumah warga. Apabila digunakan jenis pasangan batu atau pasangan tanah akan menyulitkan pada saat pembebasan lahan dan pembangunan. (2) Pada lokasi studi ketersediaan batu terbatas. Sehingga jika digunakan pasangan batu akan sulit pada saat pengadaan material. (3) Pemilihan *corrugated PC sheet pile* dilakukan dengan alasan konstruksi tersebut lebih kuat dibanding tipe turap baja. Selain itu tipe *corrugated PC sheet pile* tidak memerlukan angker untuk pemasangannya. (4) Model tanggul dengan jenis konstruksi turap memiliki fungsi ganda selain sebagai tanggul juga sebagai dinding penahan tebing sungai.

Dasar perencanaan menggunakan kala ulang 25 tahun. Berdasarkan analisa gaya pada turap ditentukan profil yang digunakan adalah *corrugated PC sheet pile* dengan type W – 400 – A – 1000. Panjang turap 11 m dengan *cracking moment* sebesar 20.1 t.m.

Retarding Basin

Secara umum retarding basin didefinisikan sebagai kolam tampungan sementara. Pemilihan

alternatif ini dilakukan dengan alasan: (1) Retarding basin memiliki kemampuan memotong puncak banjir sehingga debit di bagian hilir lebih kecil. Apabila debit yang mengalir lebih kecil tentu tingkat erosi sungai akan menurun dan sedimentasi muara akan berkurang. (2) Memiliki nilai lebih karena memberikan manfaat berupa konservasi air dan pendayagunaan. Namun pada studi ini kedua aspek tersebut tidak dibahas.

Pada studi ini direncanakan tampungan dengan inlet berupa pelimpah samping dan outlet berupa pintu klep. Lebar bendung samping yang dihitung dengan metode De Marchi sebesar 13 m dan tinggi 4 m. Pintu klep yang digunakan adalah tipe Pusair- FG1 yang terbuat dari fiber resin.

Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan baik untuk alternatif tanggul maupun retarding basin. Besarnya anggaran biaya untuk tanggul adalah Rp 197.792.982.500 dan retarding basin Rp 279.355.656.000.

Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan dengan menghitung nilai Benefit Cost Ratio serta Internal Rate Return. Pada suku bunga 18% alternatif tanggul memberikan nilai BCR sebesar 1.58 sedangkan retarding basin sebesar 0.89. Pada perhitungan IRR dimana nilai BCR sama dengan 1, alternatif tanggul berada pada suku bunga 28.99% dan retarding basin 17.38%.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan alternatif tanggul lebih memberikan manfaat pada aspek ekonomi.

Untuk analisa sensitivitas hanya dilakukan pada alternatif terpilih yaitu tanggul. Kondisi yang asumsikan adalah: (a) Biaya naik 15% dan manfaat tetap. (b) Biaya tetap benefit turun 15%.

Berdasarkan hasil perhitungan, alternatif tanggul sensitif hingga suku bunga 25% pada asumsi kesatu. Sedangkan pada asumsi kedua alternatif tanggul sensitif hingga suku bunga 24%.

Analisa Skala Prioritas

Penentuan skala prioritas dilakukan dengan metode AHP (*analytical hierarchy process*). Faktor preferensi berdasarkan 3 kriteria yaitu Teknis, Kemudahan Pelaksanaan serta Ekonomis.

Berdasarkan hasil perhitungan, total ranking alternatif untuk tanggul sebesar 0.53, sedangkan alternatif retarding basin sebesar 0.47. Sehingga alternatif tanggul diprioritaskan.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan beberapa hal yaitu.

Debit banjir rancangan pada titik kontrol muara (patok 0) yaitu sebesar:

$$Q_{16} = 332.44 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{25} = 398.23 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Debit banjir rancangan pada titik kontrol sebelum masuk kota (patok 81) yaitu sebesar:

$$Q_{16} = 312.68 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{25} = 374.51 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Alternatif yang dapat dilakukan untuk pengendalian banjir adalah: (a) Tanggul. Berdasarkan pertimbangan ketersediaan lahan di bantaran sungai dipilih corrugated PC sheet pile type W – 400 – A – 1000 dengan panjang 11 m. Pemasangan tanggul diletakkan pada titik-titik dimana terjadi limpasan (berdasarkan simulasi HEC RAS). Panjang tanggul yang dibutuhkan adalah 5 km. (b) Retarding basin. Retarding basin diletakkan sebelum masuk kota, sehingga diharapkan terjadi reduksi banjir di hilirnya. Pada inlet dipilih *side weir* dan pintu outlet digunakan pintu klep tipe Pusair PA-FG1 yang terbuat dari fiber resin.

Penentuan alternatif yang dipilih menggunakan metode AHP (*analytical hierarchy process*). Pada metode tersebut dipilih tiga kriteria yaitu teknis, kemudahan pelaksanaan dan ekonomi. Berdasarkan perhitungan nilai lebih tinggi didapat pada alternatif tanggul yaitu sebesar 0.53 sedangkan *retarding basin* 0.47. Sehingga pada studi ini dipilih alternatif tanggul sebagai alternatif pengendalian banjir.

DAFTAR PUSAKA

- Hadisusanto, Nugroho. 2010. *Aplikasi Hidrologi*. Yogyakarta: Jogja Mediautama
- Harto, Sri. 2009. *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian*. Yogyakarta: Nafiri
- Limantara, Lily Montarich. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung.
- Sosrodarsono, S dan Tominaga, M. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suyanto, Adhi, Trie M. Sunaryo dan Roestam Sjarief. 2001. *Ekonomi Teknik Sumber Daya Air; Suatu Pengantar Praktis*. Jakarta: Masyarakat Hidrologi Indonesia (MHI)
- Triadmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.