



REKAYASA NILAI RENATURALISASI SUNGAI BODRI LAMA TERHADAP SUNGAI PECUT, KABUPATEN KENDAL

Yanuar Danu Wijaya, Devi Fitri Atmaji, Sriyana^{*)}, Frida Kistiani^{*)}

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

ABSTRAK

Sedimentasi di muara Sungai Bodri mempunyai pengaruh besar pada permasalahan banjir di daerah sekitar Sungai Bodri. Untuk mengatasinya dilakukan perencanaan Normalisasi Sungai Pecut yang ternyata pembiayaannya cukup besar, sehingga perlu dilakukan rekayasa nilai. Tujuan penulisan ini adalah mendapatkan solusi permasalahan sedimentasi, abrasi pantai, intrusi air laut dan banjir, mengetahui nilai fungsi dan biaya desain awal (Normalisasi Sungai Pecut), serta mendapatkan desain alternatif (Renaturalisasi Sungai Bodri Lama) sebagai pengganti desain awal, yang selanjutnya dibandingkan nilai fungsi dan biayanya. Segi fungsi pada Normalisasi Sungai Pecut didapatkan hasil perhitungan analisis hidrologi dengan debit banjir kala ulang 25 tahunan, besarnya $Q_{25}=18,236 \text{ m}^3/\text{dt}$. Besarnya angkutan sedimen Sungai Pecut adalah 47,267 Ton/Tahun. Hasil analisis hidrolik dengan program HEC-RAS terjadi limpasan disepanjang alur sungainya, yang berarti terjadi banjir. Untuk Renaturalisasi Sungai Bodri Lama digunakan debit banjir kala ulang 50 tahunan, besarnya $Q_{50}=61,58 \text{ m}^3/\text{dt}$. Dengan adanya Renaturalisasi Sungai Bodri Lama mampu mengurangi debit banjir pada Sungai Bodri sebesar 5,73%. Angkutan sedimen Sungai Bodri Lama sebesar 159,408Ton/Tahun. Hasil pengecekan program HEC-RAS, permukaan air pada Renaturalisasi Sungai Bodri Lama menjadi lebih rendah, sehingga perencanaan ini aman dari banjir. Segi biaya untuk Normalisasi Sungai Pecut didapatkan hasil perhitungan RAB sebesar Rp.34.269.498.000,00 (terbilang : Tiga Puluh Empat Miliar Dua Ratus Enam Puluh Sembilan Juta Empat Ratus Sembilan Puluh Delapan Ribu Rupiah), untuk Renaturalisasi Sungai Bodri Lama sebesar Rp.10.362.242.000,00 (terbilang : Sepuluh Miliar Tiga Ratus Enam Puluh Dua Juta Dua Ratus Empat Puluh Dua Ribu Rupiah). Berdasarkan analisa rekayasa nilai, Renaturalisasi Sungai Bodri Lama menghasilkan penghematan biaya sebesar RP. 23.907.256.000,00 (terbilang : Dua Puluh Tiga Miliar Sembilan Ratus Tujuh Juta Dua Ratus Lima Puluh Enam Ribu Rupiah).

kata kunci : rekayasa nilai, renaturalisasi, sungai bodri lama

ABSTRACT

Sedimentation in the estuary of the Bodri River have a major impact on the flooding problems in the area around the Bodri River. To overcome this by planning Normalization

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

Pecut River which has a large enough funding, so it is necessary to value engineering. The purpose of this paper is to obtain solutions to problems of sedimentation, coastal erosion, seawater intrusion and flooding, know the function and cost of the initial design (Normalization Pecut River), as well as getting the design alternatives (Re-naturalization Bodri Lama River) as a substitute for the initial design, which is further than the value of the function and cost. In terms of the normalization function Pecut River hydrologic analysis of the calculation results obtained by the discharge of floods over 25 years, the amount of $Q_{25}=18.236 \text{ m}^3/\text{sec}$. The amount of sediment transport Pecut River, is 47.267 tons/year. Results hydraulics analysis with HEC-RAS program occurs runoff groove along the river, which means there is a flood. To Re-naturalisation Bodri Lama River flood discharge when re-used 50 years the amount of $Q_{50}=61.58 \text{ m}^3/\text{sec}$. With the Renaturalisation of Bodri Lama River can reduce flood discharge in Bodri River at 5.73%. Old Bodri river sediment transport, amounting to 159.408 tons/ year. The results of the HEC-RAS program checks the water level in the re-naturalization of the Bodri Lama River be lower, so the plan is safe from flooding. In terms of costs for normalization Pecut River RAB calculation results obtained by Rp.34.269.498.000,00 (in words: Three-Four Billion Two Hundred Sixty-Nine Million Four Hundred Ninety Eight Thousand), to Renaturalisasi Bodri Lama River at Rp.10.362.242.000,00 (in words: Ten Billion Three Hundred Sixty-Two Million Two Hundred Forty-Two Thousand). Based on the analysis of value engineering, Renaturalisasi Bodri Lama River generate cost savings of RP. 23,907,256,000.00 (in words: Twenty-Three Billion Nine Hundred and Seven Million Two Hundred Fifty Six Thousand Rupiah).

keywords: value engineering, renaturalisation, bodri lama river

PENDAHULUAN

Aliran Sungai Bodri membawa material sedimen yang berasal dari hulu dan sepanjang daerah aliran sungai yang akan diendapkan di muara sungai. Aliran sungai dari hulu yang mengangkut material sedimen merupakan salah satu sumber sedimen di daerah muara Sungai Bodri yang menjadi dampak terjadinya banjir pada Desa Bangunsari, Desa Wonosari dan Desa Kartikajaya Kecamatan Patebon Kabupaten Kendal. Tahun 2011 direncanakan desain awal (Normalisasi Sungai Pecut) yang bertujuan membantu mengurangi sedimentasi pada muara Sungai Bodri, mengurangi abrasi pantai secara besar-besaran pada sungai yang berada di hilir Sungai Bodri diantaranya Sungai Lingen, Sungai Blong dan Sungai Jaran, yang disebabkan karena tidak ada *supply* sedimen dari Sungai Bodri. Selain itu membantu mengurangi terjadinya instrusi air laut yang menyebabkan sumur penduduk di Desa Wonosari dan Desa Kartikajaya Kecamatan Patebon Kabupaten Kendal rasanya menjadi asin, desa-desa tersebut berada dekat dengan muara Sungai Lingen dan Sungai Blong. Perencanaan Normalisasi Sungai Pecut juga diharapkan dapat membantu permasalahan banjir pada daerah sekitar Sungai Bodri khususnya Desa Bangunsari, Desa Wonosari dan Desa Kartikajaya Kecamatan Patebon Kabupaten Kendal. Aspek pembiayaan Normalisasi Sungai Pecut ternyata cukup besar, maka dilakukan rekayasa nilai dengan perencanaan desain alternatif baru. Rekayasa nilai yang dilakukan adalah dengan perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama. Perencanaan desain alternatif ini diharapkan menghasilkan fungsi perencanaan yang sama dengan desain awalnya yaitu mengatasi permasalahan sedimentasi, abrasi pantai, intrusi air laut dan banjir, serta mendapatkan penghematan biaya namun tetap mempunyai fungsi yang sama dengan

perencanaan awal. *Renaturalisasi* dapat diartikan sebagai upaya untuk menghidupkan kembali suatu alur sungai sesuai dengan fungsinya. Alur Sungai Bodri Lama itu sendiri untuk saat ini telah hilang, terjadi perubahan fungsi lahan menjadi area pertanian dan daerah pemukiman warga. Perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama diharapkan akan menjadi desain yang lebih baik dari segi fungsi dan biaya.

TINJAUAN PUSTAKA

Rekayasa Nilai

Rekayasa Nilai adalah suatu pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan untuk mengurangi atau menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses Rekayasa Nilai antara lain :

1. Tahap Informasi

Tahap informasi dari proses Rekayasa Nilai meliputi merumuskan masalah, mengumpulkan fakta, mengenal objek dengan mengkaji fungsi dan mencatat biaya.

2. Tahap Spekulasi

Tahapan ini memunculkan alternatif-alternatif lain yang dapat memenuhi fungsi atau kegunaan yang sama.

3. Tahap Analisa

Tujuan tahapan ini adalah :

- a) Melakukan analisa dan menguji desain alternatif yang muncul selama tahapan spekulasi.
- b) Memperkirakan nilai uang untuk desain alternatif.
- c) Desain alternatif diharapkan memberikan kemampuan yang paling besar untuk penghematan biaya.

4. Tahap Pengembangan

Langkah-langkah tahapan pengembangan adalah sebagai berikut :

- a) Membandingkan konsep semula dengan desain usulan/ alternatif.
- b) Dalam tahap pengembangan akan dievaluasi lebih lanjut mengenai fungsi dan biaya dari desain alternatif untuk mendukung usulan pemilihan desain tersebut.

5. Tahap Penyajian

Tahap penyajian merupakan tahap akhir proses Rekayasa Nilai, yang berisi penyajian kesimpulan untuk hasil rekayasa nilai.

Analisis Hidrologi

Tujuan dari analisis hidrologi adalah untuk menentukan periode ulang dan mengestimasi desain parameter (hujan, debit atau unsur hidrologi lain).

1. Penentuan Daerah Aliran Sungai

Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS) dilakukan berdasarkan pada peta rupa bumi. Adapun cara yang dapat digunakan untuk menentukan luasan DAS dengan menggunakan program *AutoCad* atau mengeplotkan pada peta kemudian pengukuran selanjutnya menggunakan perataan Poligon Thiessen.

2. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Metode poligon *Thiessen*

Besarnya curah hujan harian maksimum dihitung dengan metode *Thiessen*. Metode ini mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Penggunaan metode *Thiessen* karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat untuk digunakan metode ini. Rumus digunakan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Pemilihan Jenis Distribusi

1) Distribusi Gumbel Tipe I

Distribusi Gumbel Tipe I biasanya digunakan untuk analisis data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir.

2) Distribusi *Log Pearson* Tipe III

Bentuk distribusi *Log Pearson* tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi *Pearson* tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik.

3) Distribusi Normal

Analisis hidrologi Distribusi Normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan.

4) Distribusi *Log Normal*

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari Distribusi Normal yaitu dengan mengubah varian data curah hujan (X) menjadi nilai logaritma varian X.

3. Uji Kecocokan Sebaran

1) Uji Kecocokan Data dengan Metode *Chi-Kuadrat*

Uji Kecocokan *Chi-Kuadrat* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut atau dengan membandingkan Nilai *Chi-Kuadrat* (X_h^2) dengan Nilai *Chi-Kuadrat Kritis* (X_{cr}^2).

2) Uji Kecocokan Data dengan Metode *Smirnov-Kolmogorof*

Uji Kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk tiap-tiap variabel dari Distribusi *Empiris* dan *Teoritis* didapat perbedaan (Δ). Perbedaan maksimum yang dihitung (Δ_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (Δ_{cr}) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya varian tertentu, maka sebaran sesuai jika (Δ_{maks}) < (Δ_{cr}).

4. Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana adalah sebagai berikut:

1) Metode Rasional

2) Metode *Haspers*

3) Metode Hidrograf Satuan Sintetik *GAMMA* I

4) Metode *Nakayasu*

Analisis Sedimentasi

Dalam memperkirakan besarnya hasil sedimen dari suatu daerah aliran sungai (DAS) dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan nisbah pelepasan sedimen (*Sediment Delivery Ratio/ SDR*) dan Analisis sedimen tersuspensi (*Suspended Load Analisys*). Besarnya perkiraan hasil sedimen menurut Asdak C. (2007) dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut: $Y=E \cdot (SDR) \cdot WS$

Muatan layang dapat dihitung dengan menggunakan metode USBR (*United State Beureu Reclamation*) dimana untuk menghitung angkutan muatan layang diperlukan pengukuran debit air Q_w dalam m³/detik, yang dikombinasikan dengan konsentrasi sedimen (C) dalam mg/liter, yang menghasilkan debit sedimen dalam ton/hari dihitung dengan persamaan (Strand, 1982:7).

$$Q_s = 0,0864 \cdot C \cdot Q_w$$

Perencanaan Renaturalisasi dan Bangunan Pelengkap Sungai

1. Perencanaan Renaturalisasi

Penanganan banjir dengan cara *renaturalisasi* dilakukan pada penampang sungai yang kapasitasnya sudah tidak memenuhi terhadap debit banjir yang melewati.

2. Perencanaan Dinding Penahan (*Lining*)

Dinding penahan ini dibangun pada tebing-tebing sungai yang labil.

3. Perencanaan Bangunan *Inlet Drain*

Bangunan *Inlet drain* direncanakan sebagai alur pembuangan warga yang dibuat dan didesain dengan pasangan batu.

4. Perencanaan Bangunan Pelimpah

Bangunan pelimpah merupakan suatu bangunan yang digunakan sebagai saluran pengeluaran air berlebih dari suatu bendungan atau tanggul ke area di hilirnya.

5. Perencanaan Bangunan Bagi

Bangunan bagi adalah bangunan air yang terletak pada pertemuan percabangan sungai.

6. Perencanaan Bangunan *Box Culvert*

Bangunan *box culvert* dibangun sebagai saluran air, yang diatasnya dimanfaatkan sebagai jembatan penghubung untuk sarana transportasi masyarakat sekitar dari pemukiman warga menuju area perkebunan ataupun area tambak.

Analisis Hidrolik

Analisis hidrolik dimaksud untuk mengetahui kapasitas alur sungai dan saluran pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana, yang selanjutnya digunakan untuk mendesain alur sungai dan saluran. Analisis hidrolik digunakan untuk pengecekan agar diketahui posisi letak muka air banjir (MAB). Analisis ini dibuat dengan program *HEC-RAS*, yang sebelumnya untuk masing-masing sungai telah ditentukan lebar dasar penampang sungainya.

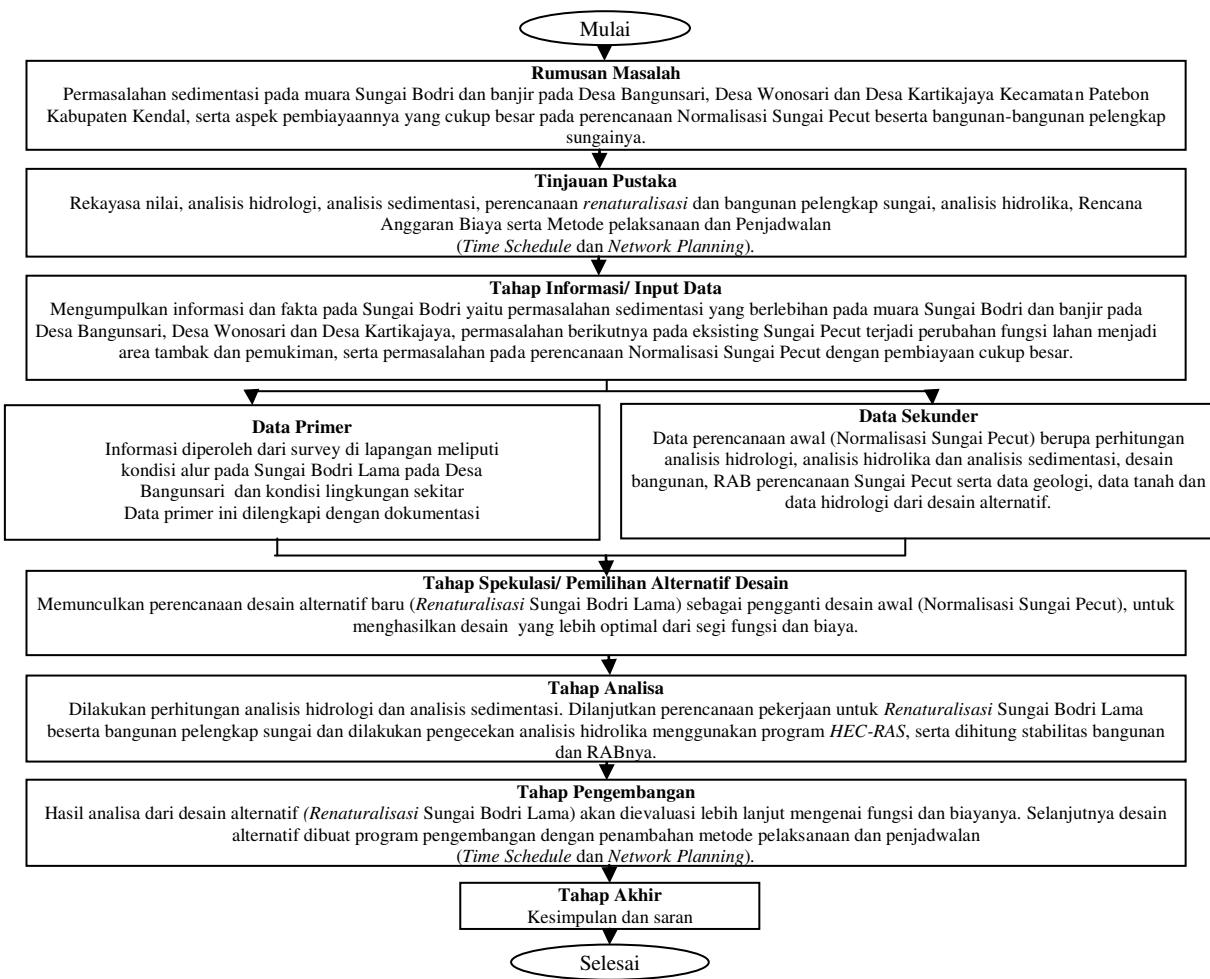
Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya adalah banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah serta biaya-biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan suatu proyek.

Metode Pelaksanaan Pekerjaan dan Penjadwalan

1. Metode Pelaksanaan Pekerjaan
Yaitu metode kerja dari seluruh bagian-bagian kegiatan.
2. Jadwal Waktu Pelaksanaan (*Time Schedule*)
Jadwal waktu pelaksanaan digunakan untuk mengatur pelaksanaan suatu pekerjaan agar dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang tersedia.
3. *Network Planning*
Memberi suatu gambaran dalam hubungan kerja bahwa setiap kegiatan merupakan rangkaian yang tidak dapat dipisahkan antara yang satu dengan yang lainnya.

METODOLOGI PENELITIAN



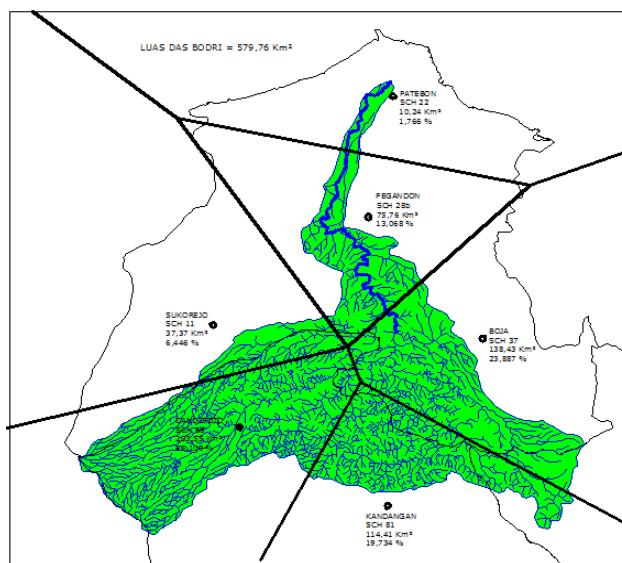
Gambar 1. Bagan alir tugas akhir

DATA DAN ANALISA

ANALISIS HIDROLOGI

Penentuan Curah Hujan Rencana

Besarnya curah hujan maksimum harian rata-rata DAS Bodri dihitung dengan metode *Thiessen*. Metode ini mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Penggunaan metode *Thiessen* karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat untuk digunakan metode ini. Dengan luas DAS seluas 579,76 km² dan daerah pengaruh berdasarkan 6 stasiun, yaitu : Stasiun Patebon, Stasiun Pegandon, Stasiun Boja, Stasiun Kandangan, Stasiun Candirot, Stasiun Sukorejo.



Gambar 2. Stasiun Hujan pada DAS Bodri

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk menghitung debit banjir rencana, digunakan 5 metode, yaitu : Metode Rasional, Metode *Haspers*, Metode Hidrograf Sintetik *GAMMA I*, Metode *Nakayasu*. Berikut ini hasil perhitungannya :

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana (m³/detik)

Periode ulang	Rasional	Haspers	Gamma I	Nakayasu
2	661.87	607.01	1441.03	633.09
5	818.54	750.70	1966.19	782.95
10	916.96	840.96	2303.76	877.10
20	1036.71	950.79	2714.46	991.64
50	1123.23	1030.14	3011.21	1074.40
100	1208.21	1108.07	3302.67	1155.68
1000	1487.26	1363.99	4259.74	1422.60

Didapatkan hasil dilapangan untuk debit limpasan pada Bendung Juwero terbesar pada 10 tahun terakhir sebesar $Q=1074 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka debit banjir rencana yang digunakan untuk Sungai Bodri adalah perhitungan metode *Nakayasu* (tabel 1) dengan debit banjir kala ulang 50 tahunan, besarnya $Q_{50}=1074,40 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Berdasarkan pertimbangan keamanan dan karena ketidakpastian besarnya debit banjir rencana yang terjadi pada Sungai Bodri Lama maka digunakan debit banjir kala ulang 50 tahunan (Q_{50}), artinya diperkirakan banjir terbesar akan terjadi per 50 tahun. Perencanaan ini mengacu pada hasil perhitungan debit banjir rencana dengan metode *Passing Capacity*, yang digunakan untuk menentukan debit banjir rencana yang akan dipakai. Dari perhitungan dengan metode *Passing Capacity* didapatkan hasil $Q=61,58\text{m}^3/\text{dt}$. Selanjutnya hasil ini menjadi acuan dalam perhitungan perencanaan teknis penampang.

ANALISIS SEDIMENTASI

1. Analisis pelepasan sedimen

Perhitungan besarnya SDR (*Sediment Delivery Ratio*) dianggap penting dalam menentukan prakiraan yang realistik besarnya hasil sedimen berdasarkan perhitungan jumlah erosi yang berlangsung dalam DAS. Luas DAS Bodri : 57,976 ha, nilai SDR untuk DAS Bodri dengan cara interpolasi di hasilkan= 0,069. Sehingga besarnya sedimentasi adalah:

Sedimentasi DAS Bodri:

$$Y = E. (SDR). WS$$

$$Y = 151,34 . 0,069. 57,976$$

$$Y_{DAS} \text{ Bodri} = 605,412 \text{ Ton/Tahun}$$

2. Analisis sedimen tersuspensi

Debit sedimen dalam ton/hari dihitung dengan parsamaan :

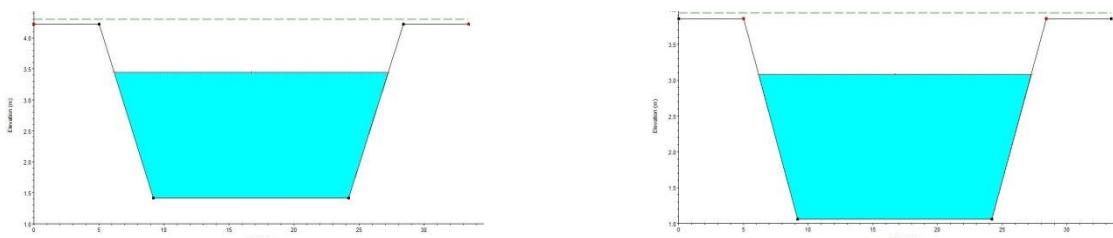
$$Q_s = 0,0864. C. Q_w$$

$$= 0,0864. 30. 61,5 = 159,408 \text{ Ton/Tahun}$$

Jadi besarnya angkutan sedimen yang dihasilkan pada Sungai Bodri Lama adalah 159,408Ton/Tahun. Hasil ini cukup besar dibandingkan hasil perhitungan angkutan sedimen pada desain awalnya yaitu sebesar 47,267 Ton/Tahun, sehingga diharapkan lebih optimal dalam membantu mengurangi sedimentasi pada muara Sungai Bodri.

ANALISIS HIDROLIKA

Dilakukan pengecekan dengan analisis hidrolik untuk mengetahui posisi letak muka air banjir (MAB). Analisis ini dibuat dengan program *HEC-RAS*, yang sebelumnya untuk masing-masing sungai telah ditentukan lebar dasar penampang sungainya.



Gambar 3. Profil melintang hulu dan hilir Sungai Bodri Lama setelah renaturalisasi

PEMBAHASAN

1. Pembahasan

1) Pembahasan Segi Fungsi untuk perencanaan Normalisasi Sungai Pecut

a) Analisa Hidrologi

Dalam perencanaan Normalisasi Sungai Pecut digunakan debit banjir kala ulang 25 tahunan (Q_{25}), yang mengacu pada hasil perhitungan debit banjir rencana metode *Gamma I* dengan hasil $18,236 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hasil debit banjir rencana tersebut kurang valid dikarenakan terdapat kesalahan pada perhitungan analisis hidrologi. Kesalahan itu berada pada penentuan lokasi stasiun pengukuran hujan. Pada Sungai Pecut hanya menggunakan satu lokasi untuk stasiun pengukuran hujan yaitu dilakukan pada Sungai Pecut saja, seharusnya minimal digunakan tiga lokasi untuk stasiun pengukuran hujan yang dilakukan pada DAS sungai utama (Sungai Bodri).

b) Analisa Sedimentasi

Besarnya angkutan sedimen pada Sungai Pecut adalah 47,267 Ton/Tahun.

c) Analisa Hidrolika

Sungai Pecut direncanakan dengan penampang saluran dengan lebar dasar cukup besar $\pm 20 \text{ m}$, dari hasil *running program HEC-RAS* terjadi limpasan di seluruh alur sungai yang ada.

Kesimpulan dari segi fungsi untuk perencanaan Normalisasi Sungai Pecut adalah dari hasil debit rencana pada perhitungan hidrologi masih kurang membantu dalam mengurangi debit banjir pada daerah sekitar Sungai Bodri. Hasil perhitungan sedimentasi masih sangat kecil untuk membantu mengurangi angkutan sedimen yang ada di muara Sungai Bodri. Selanjutnya dari pengecekan dengan analisis hidrolika menggunakan program *HEC-RAS*, hasilnya masih terjadi limpasan disepanjang alur sungainya, yang berarti terjadi banjir.

2) Pembahasan Segi Biaya untuk perencanaan Normalisasi Sungai Pecut

Total biaya yang diperlukan dalam Perencanaan Normalisasi Sungai Pecut adalah sebesar Rp. 34.269.498.000,00. Biaya Perencanaan Normalisasi Sungai Pecut tersebut dirasa cukup besar dari segi biaya.

Kesimpulan dari segi biaya untuk perencanaan Normalisasi Sungai Pecut adalah pada perencanaannya dibutuhkan biaya yang cukup besar, hal ini disebabkan karena direncanakan dengan penampang sungai berdimensi besar dan sebagian besar dari konstruksinya terbuat dari beton *cyclop*.

3) Pembahasan Segi Fungsi untuk perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama

a) Analisa Hidrologi

Dalam perencanaan desain Sungai Bodri Lama digunakan debit banjir kala ulang 50 tahunan (Q_{50}) artinya diperkirakan banjir terbesar akan terjadi per 50 tahun. Perencanaan ini mengacu pada hasil perhitungan debit banjir rencana dengan metode *Passing Capacity* dengan hasil $Q=61,58 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sedangkan debit banjir rencana pada Sungai Bodri dihitung menggunakan metode *Nakayasu* besarnya $Q=1074,40 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hasil debit banjir rencana pada *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama dirasa lebih besar dibanding debit banjir rencana pada perencanaan awal.

- b) Analisa Sedimentasi
Besarnya angkutan sedimen pada Sungai Bodri Lama adalah 159,408Ton/Tahun.
- c) Analisa Hidrolika
Sungai Bodri Lama direncanakan dengan penampang saluran dengan lebar dasar \pm 15 m. Hasil pengecekan dengan analisis hidrolika menggunakan program *HEC-RAS*, permukaan air pada *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama menjadi lebih rendah apabila dibandingkan dengan kondisi desain awalnya (Normalisasi Sungai Pecut).

Kesimpulan dari segi fungsi untuk perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama adalah dengan hasil debit banjir rencana yang lebih besar diharapkan dapat membantu mengurangi debit banjir pada daerah sekitar Sungai Bodri. Hasil perhitungan sedimentasi yang cukup besar akan lebih optimal dalam membantu mengurangi sedimentasi pada muara Sungai Bodri, serta dengan adanya *supply* sedimen pada sungai-sungai di hilir Sungai Bodri Lama akan membantu mengurangi abrasi pantai. Selanjutnya dari pengecekan dengan analisis hidrolika menggunakan program *HEC-RAS*, hasilnya permukaan air pada perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama menjadi lebih rendah, sehingga perencanaan ini aman dari banjir.

- 4) Pembahasan Segi Biaya untuk perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama
Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya untuk *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama adalah sebesar Rp. 10.362.242.000,00, biaya yang diperlukan pada perencanaan ini dirasa lebih efisien dari segi biaya dibandingkan desain awalnya. Total penghematan biaya dari perencanaan ini adalah RP. 23.907.256.000,00.

Kesimpulan dari segi biaya untuk perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama adalah pada perencanaannya dibutuhkan biaya yang lebih efisien, disebabkan karena direncanakan dengan penampang sungai berdimensi lebih kecil dari Sungai Pecut dan dalam perencanaannya menggunakan bahan material yang sebagian besar dengan pasangan batu kali.

2. Tahap Pengembangan

Dalam tahap ini *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama sebagai desain alternatif akan dibuatkan program pengembangannya sampai menjadi usulan yang lengkap. Untuk itu dibuat pengembangan desain secara lengkap yang meliputi metode pelaksanaan pekerjaan, *Time Schedule* dan *Network Planning* dari desain alternatif ini.

KESIMPULAN

1. Muara Sungai Bodri yang setiap tahunnya menghasilkan sedimen sebesar 605,412Ton/Tahun dan banjir pada daerah sekitar Sungai Bodri yaitu pada Desa Bangunsari, Desa Kartikajaya dan Desa Wonosari Kecamatan Patebon Kabupaten Kendal.
2. Direncanakan perencanaan Normalisasi Sungai Pecut sebagai desain awal yang mempunyai fungsi untuk membantu mengurangi sedimentasi pada muara Sungai Bodri sebesar 47,267 Ton/Tahun dan banjir pada Desa Bangunsari, Desa Kartikajaya dan

- Desa Wonosari Kecamatan Patebon Kabupaten Kendal, dengan debit banjir rencana yang dihasilkan sebesar $Q = 18,236 \text{ m}^3/\text{dt}$.
3. Nilai biaya yang dihasilkan pada perencanaan Normalisasi Sungai Pecut adalah sebesar Rp. 34.269.498.000,00.
 4. Perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama sebagai pengganti perencanaan Normalisasi Sungai Pecut direncanakan dengan beberapa pekerjaan diantaranya perencanaan *renaturalisasi*, perencanaan dinding penahan (*Lining*), perencanaan bangunan *inlet drain*, perencanaan bangunan pelimpah, perencanaan bangunan bagi dan perencanaan bangunan *box culvert*. Perencanaan ini juga berfungsi mengurangi abrasi pantai, mengurangi intrusi air laut, serta menambah produksi tambak.
 5. Dengan adanya rekayasa nilai pada perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama mempunyai manfaat antara lain :
 - 1) Dari segi fungsi diantaranya :
 - a. Analisa Hidrologi

Dalam perencanaan desain Sungai Bodri Lama digunakan debit banjir kala ulang 50 tahunan (Q.50) artinya diperkirakan banjir terbesar akan terjadi per 50 tahun. Perencanaan ini mengacu pada hasil perhitungan debit banjir rencana dengan metode *Passing Capacity* dengan besarnya $Q=61,58 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sedangkan debit banjir rencana pada Sungai Bodri telah dihitung menggunakan metode *Nakayasu* dengan besarnya $Q=1074,40 \text{ m}^3/\text{dt}$. Dengan adanya *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama, mampu mengurangi debit banjir pada Sungai Bodri sebesar 5,73%. Diharapkan perencanaan ini dapat membantu mengurangi banjir pada daerah sekitar Sungai Bodri.
 - b. Analisa Sedimentasi

Angkutan sedimen yang dihasilkan pada perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama tiap tahunnya sebesar 159,408 Ton/Tahun. Hasil ini lebih optimal dalam membantu mengurangi sedimentasi pada muara Sungai Bodri.
 - c. Analisa Hidrolika

Setelah dilakukan pengecekan analisis hidrolika dengan program *HEC-RAS*, permukaan air pada *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama menjadi lebih rendah yang artinya muka air banjir yang ada pada perencanaan ini lebih rendah dari penampang sungainya sehingga aman dari banjir.
 - 2) Dari segi biaya diantaranya :
 - a. Dari segi biaya perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama menghasilkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya sebesar Rp.10.362.242.000,00.
 - b. Total penghematan pada perencanaan desain alternatif *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama adalah RP. 23.907.256.000,00, sehingga dirasa perencanaan desain alternatif ini lebih efisien untuk dilaksanakan.
 6. Dari hasil pengendalian proyek yang berupa *time schedule* dan *network planning* pada perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama yang ada pada bagian lampiran, diketahui bahwa lama pelaksanaan proyek tersebut yaitu selama 355 hari.

SARAN

1. Dalam setiap proyek konstruksi diperlukan adanya usaha rekayasa nilai, yaitu dengan melakukan analisa kembali pada proyek tersebut untuk dapat mengoptimalkan kapasitas dan fungsi bangunan, serta dapat diperoleh suatu penghematan biaya.

2. Perencanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama yang telah dianalisa pada laporan tugas akhir ini, dapat diterapkan pada pelaksanaan di lapangan.
3. Teknik pelaksanaan yang diterapkan dalam *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama yaitu dengan perbaikan penampang sungai, perbaikan kemiringan alur sungai, perkuatan lereng dan perbaikan serta pembuatan tanggul.
4. Perlu adanya kerjasama yang baik antar instansi terkait supaya langkah penanggulangan banjir dan sedimentasi di DAS Bodri bisa berjalan dengan baik dan berkesinambungan.
5. Perlu adanya sosialisasi pada masyarakat tentang peraturan pemerintah dalam pengaturan penggunaan lahan sesuai penggunaan dan sanksi bagi yang melakukan pelanggaran, agar perencanaan ini dapat dipahami secara langsung manfaatnya apabila dilaksanakan nantinya.
6. Perlu adanya penambahan alat berat pada pelaksanaan *Renaturalisasi* Sungai Bodri Lama, sehingga pekerjaannya dapat lebih cepat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay, 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Harto, Sri, 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Laporan Akhir Penyusunan Pola Pengelolaan SDA WS Bodri Kuto*, 2008.
- Rochman, M. Kholidul, 2012. *Rekayasa Nilai Perencanaan Teknis Muara Sungai Bodri Kabupaten Kendal*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Undip, Semarang.
- Soeharto, Iman, 2001. *Manajemen Proyek Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Soemarto, C. D, 1995. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.