

PERENCANAAN PERBAIKAN SUNGAI TIRTO GROBOGAN JAWA TENGAH

Emha Afif Assagaf, Ekki Febri Trianto, Suseno Darsono^{*)}, Hari Nugroho^{*)}

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Sungai Tirto merupakan salah satu anak Sungai Lusi yang terletak di Kecamatan Wirosari, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Pada tanggal 26 April 2014 terjadi longsor pada sungai tersebut yang menyebabkan beberapa rumah mengalami kerusakan dan terputusnya akses jalan. Untuk mengetahui penanganan yang tepat dalam rangka perbaikan Sungai Tirto, perlu dilakukan analisa lebih lanjut yang meliputi : Analisa hidrologi, hidrolika, dan stabilitas alur sungai. Dengan data – data pendukung yaitu peta topografi, data hujan selama 20 tahun pengamatan, data tanah, dan potongan melintang Sungai Tirto diperoleh hasil perhitungan : Daerah tangkapan sebesar 18,818 km², debit banjir 50 tahunan (Q_{50}) = 235,1 m³/s. Dari hasil pemodelan hidrolika sungai menggunakan aplikasi HEC-RAS dengan debit rencana Q_{50} , diketahui bahwa beberapa bagian sungai meluap sehingga perlu perencanaan penampang sungai baru. Penampang sungai baru yang direncanakan berbentuk trapesium dengan $b = 8m$, $h = 5m$, dan $m=1 : 1$. Hasil dari analisa stabilitas sungai yaitu $V > V_{cr}$, yang berarti aliran sungai berpotensi menimbulkan gerusan baik di dasar maupun tebing sungai. Tindakan pencegahan yang direncanakan yaitu pemasangan bronjong pada tikungan luar sungai dan pembangunan ground sill pada alur sungai yang lurus pada beberapa tempat. Sementara itu, tindakan perbaikan daerah sungai yang mengalami longsor direncanakan menggunakan anchored sheet pile.

Kata kunci : Longsor Sungai Tirto, Erosi, Normalisasi Sungai,.

ABSTRACT

Tirto River is one of the tributaries of the Lusi River that located in District Wirosari, Grobogan, Central Java. On 26 April 2014 there was a landslide, it causing several houses to be damaged and road access cut off. To know the appropriate action in order to recover the Tirto River, further analysis is needed which includes: hydrology, hydraulics, and river stability analysis. With the supporting data of topographic map, rainfall data for 20 years observation, soil data, and cross section of Tirto River transverse, obtained result : catchment area 18.818 km², 50 year annual flood discharge (Q_{50}) = 235,1 m³/s. From the hydraulic modeling in HEC-RAS application with the discharge plan Q_{50} , it is known that some parts of the river overflowed, so it is necessary to plan a new river cross section. New planned cross section of the river is trapezoidal shape with $b = 8m$, $h = 5m$, and $m = 1 : 1$. The result of the river stability analysis is $V > V_{cr}$, which means that the river flow has the potential to generate scouring both at the bottom and the river bank. The planned precautions are bronjong installation at river outside bends and ground sill construction on a straight river channel. Meanwhile, the corrective action of the landslide affected by the landslide is planned using anchored sheet pile.

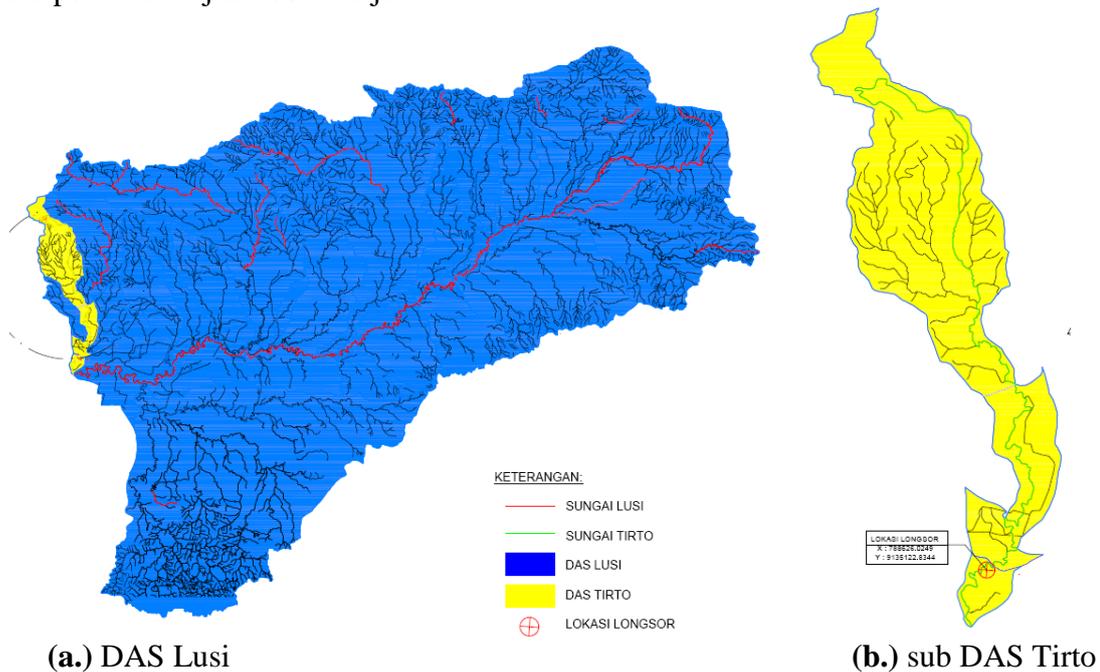
Keywords : Tirto River's Landslide, Erosion, River Normalization

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Secara umum sungai memiliki suatu karakteristik yaitu terjadinya perubahan secara dinamis pada bentuk tampang aliran. Perubahan ini bisa terjadi dikarenakan oleh faktor alam dan faktor manusia seperti halnya pembuatan bangunan-bangunan air seperti pilar dan abutmen pada jembatan, ground sill, bendung dan sebagainya.

Seperti halnya pada Sungai Tirto yang mengalami kelongsoran pada Desa Kunden, Kecamatan Wirosari, Kabupaten Grobogan. Kelongsoran tersebut kemungkinan disebabkan oleh daya dukung tanah yang kurang baik, ataupun akibat dari gerusan pada tebing yang disebabkan oleh aliran sungai itu sendiri. Untuk mengetahui penyebab dari longsor tersebut, dan tindakan apa yang perlu dilakukan dalam rangka perbaikan sungai, maka diperlukan kajian lebih lanjut.



Gambar 1.1 DAS Lusi dan sub DAS Tirto serta lokasi longsor

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Hidrologi

Analisis curah hujan rencana ditujukan untuk mencari besarnya curah hujan maksimum dalam periode ulang tertentu yang nantinya dipergunakan untuk perhitungan debit banjir rencana.

Untuk perhitungan hujan rencana digunakan analisa frekuensi, cara yang dipakai adalah dengan menggunakan metode kemungkinan (*Probability Distribution*) teoritis yang ada. Beberapa jenis distribusi/sebaran maksimum yang umum digunakan antara lain :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log Pearson Type III.
4. Distribusi Gumbel

Untuk menentukan jenis sebaran yang sesuai, digunakan syarat-syarat parameter sesuai dengan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Sebaran

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	$C_k \approx 3, C_s \approx 0$
2	Log Normal	$C_s \approx 0, C_k \approx 0$
3	Person III	$C_s > 0. C_v \approx 1,5 C_s^3 + 3$
4	Log Pearson III	$C_s > 0, C_k \approx 1,5 C_s^3 + 3$
5	Gumbell	$C_s \leq 1,1396$ dan $C_k \leq 5,4002$

(Sumber : Triatmojo, 2009)

Hasil sebaran yang sesuai digunakan untuk menghitung curah hujan maksimum dengan periode ulang 2^{th} , 5^{th} , 10^{th} , 25^{th} , 50^{th} , dan 100^{th} . Selanjutnya data curah hujan maksimum tersebut digunakan untuk mencari debit rencana periode ulang yang sama dengan periode ulang hujan dengan aplikasi HEC-HMS.

Analisis Hidrolika

Analisis penampang sungai dalam tugas akhir ini menggunakan program HEC-RAS. Dengan *input* berupa debit rencana dari HEC-HMS, dan data potongan melintang sungai hasil pengukuran. Sistem modeling ini mampu menghitung profil permukaan air untuk arus bervariasi secara berangsur-angsur tetap (*steady gradually varied flow*) sehingga dapat diketahui kemungkinan terjadinya limpasan pada setiap potongan melintang sungai.

Kapasitas penampang sungai dihitung menggunakan rumus :

$$Q = A * V$$

dengan

$$V = 1/n * I^{1/2} * R^{2/3}$$

$$Q = 1/n * I^{1/2} * R^{2/3} * A$$

Menggunakan rumus di atas $Q_{\text{penampang}}$ sungai dibandingkan dengan Q_{banjir} rencana, jika $Q_{\text{penampang}} < Q_{\text{banjir}}$ maka akan terjadi limpasan sehingga penampang sungai yang ada harus diperbesar.

Analisis Stabilitas Alur Sungai

Analisis stabilitas alur dilakukan untuk mengetahui potensi gerusan yang terjadi pada alur sungai Tirto baik di dasar maupun di tebing. Potensi gerusan dapat diketahui dengan cara membandingkan nilai kecepatan kritis dari dasar & tebing (V_{cr}), dengan kecepatan dari aliran yang terjadi (V). Jika $V_{cr} < V$, maka akan terjadi gerusan, sehingga diperlukan bangunan perlindungan tebing atau bangunan pengendali gerusan. Data yang digunakan dalam analisis stabilitas alur adalah data kecepatan aliran dari HEC-RAS, data potongan melintang, dan data butiran tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

A. Analisis Data Curah Hujan

Data hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi diambil dari 1 stasiun penakar hujan yang berada dekat di sekitar sub DAS Tirto yaitu STA Wirosari. Karena hanya ada satu stasiun hujan yang berada di sekitar DAS Tirto, jadi Hanya digunakan data hujan dari satu stasiun hujan tersebut. Gambar 3.1 di bawah ini merupakan letak dari stasiun hujan Wirosari.



Gambar 3.1 Polygon Thiessen DAS Lusi

Setelah dilakukan pengujian terhadap perhitungan data curah hujan maka diperoleh rekapitulasi curah hujan rerata daerah harian maksimum dari 3 stasiun hujan. Data Curah hujan maksimum tahunan dari STA Wirosari, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Curah Hujan Rata-rata Maksimum Tahunan

No.	Tahun	Rmax Tirto
1	1991	89
2	1992	89
3	1993	97
4	1994	115
5	1995	103
6	1996	86
7	1997	100
8	1998	74
9	1999	57
10	2000	-
11	2001	115
12	2002	97
13	2003	102
14	2004	86
15	2005	70
16	2006	101
17	2007	120
18	2008	106
19	2009	83
20	2010	-
21	2011	101
22	2012	70

B. Analisis Data Curah Hujan Rencana

Dari data hujan harian maksimum dilakukan analisis curah hujan rencana maksimum. Data ini selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana. Curah hujan rencana diambil untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun.

Analisis frekuensi data curah hujan rencana dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa distribusi probabilitas dalam hidrologi, yaitu : Distribusi Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Log Normal, Distribusi Person III dan Distrubusi Log Person III.

Setelah dilakukan perhitungan parameter-parameter statistik, maka untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam perhitungan curah hujan, dilihat dari nilai Koefesien Skewness (Cs) dan Koefesien Kurtosis (Ck) dari masing-masing metode analisa curah hujan.

Parameter-parameter statistik untuk metode tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 3.2 Parameter Statistik Normal

Parameter	Parameter Normal	Parameter Logaritmik
Xr	93.05	1.96
S	16.545	0.08
Cs	-0.44	-0.87
Cv	0.178	0.042
Ck	3.166	3.89

Hasil Uji Distribusi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Uji Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Kesimpulan
Normal	$Cs \approx 0$	$Cs = -0,44$	Tidak Memenuhi
	$Ck \approx 3$	$Ck = 3,17$	
Gumbel	$Cs < 1,1396$	$Cs = -0,44$	Tidak Memenuhi
	$Ck < 5,4002$	$Ck = 3,17$	
Log Normal	$Cs \approx 3$	$Cs = -0,87$	Tidak Memenuhi
	$Cv + Cv^3 = 0.196$	$Ck = 3,89$	
	$Ck \approx 5.383$	$Cv = 0,04$	
Log Pearson III	Selain nilai diatas	$Cs = -0,87$	Memenuhi
		$Ck = 3,89$	
		$Cv = 0,04$	

Dari hasil perhitungan uji distribusi maka jenis distribusi yang digunakan adalah distribusi log pearson III. Tabel 3.4 merupakan curah hujan rencana pada Sub DAS Tirto yang dipengaruhi oleh 1 stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Wirosari.

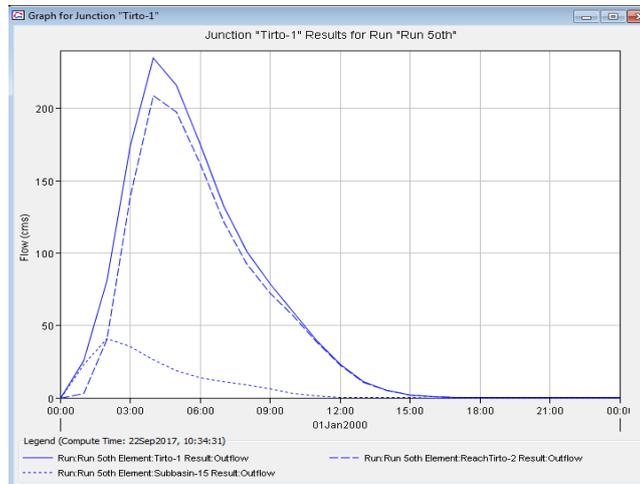
Tabel 3.4 Curah Hujan Rencana Sub DAS Tirto

T (Tahun)	K	Y	Xt
2	0.15	1.97	94
5	0.85	2.03	108
10	1.15	2.06	114
20	1.42	2.08	120
50	1.57	2.09	123
100	1.68	2.10	126

C. Analisis Debit Rencana

Dalam memperkirakan besarnya debit banjir rencana menggunakan pemodelan dengan pada program HEC-HMS dengan input berupa data curah hujan rencana, data landuse, dan juga peta topografi dari DAS Lusi dan Sub DAS Tirto. Karena terjadi banjir pada

beberapa bagian Sungai Tirto, maka berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no. 38 tahun 2011 tentang sungai, pemodelan genangan banjir menggunakan debit rencana 50th. Gambar 3.2 adalah grafik hidrograf banjir Sungai Tirto dengan debit rencana 50th.



Gambar 3.2 Grafik Hidrograf Banjir HEC-HMS

Hasil rekapitulasi perhitungan debit rencana dengan aplikasi HEC-HMS dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rencana

Periode Ulang (Tahun)	HEC HMS (m ³ /dtk)
2	151.9
5	191.2
10	208.5
20	226.1
50	235.1
100	244.0

Analisis Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software* HEC-RAS dengan menggunakan elevasi Sungai Lusi sebagai syarat batas, kemudian diperoleh bahwa beberapa penampang sungai kapasitas nya tidak memenuhi debit yang telah direncanakan ($Q_{50th} = 235,1 \text{ m}^3/\text{det}$) sehingga diperlukan perencanaan ulang dimensi penampang.

Perhitungan kapasitas penampang rencana dapat menggunakan rumus berikut :

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

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luas Penampang Basah (m²)

n = Koefisien kekasaran *manning*

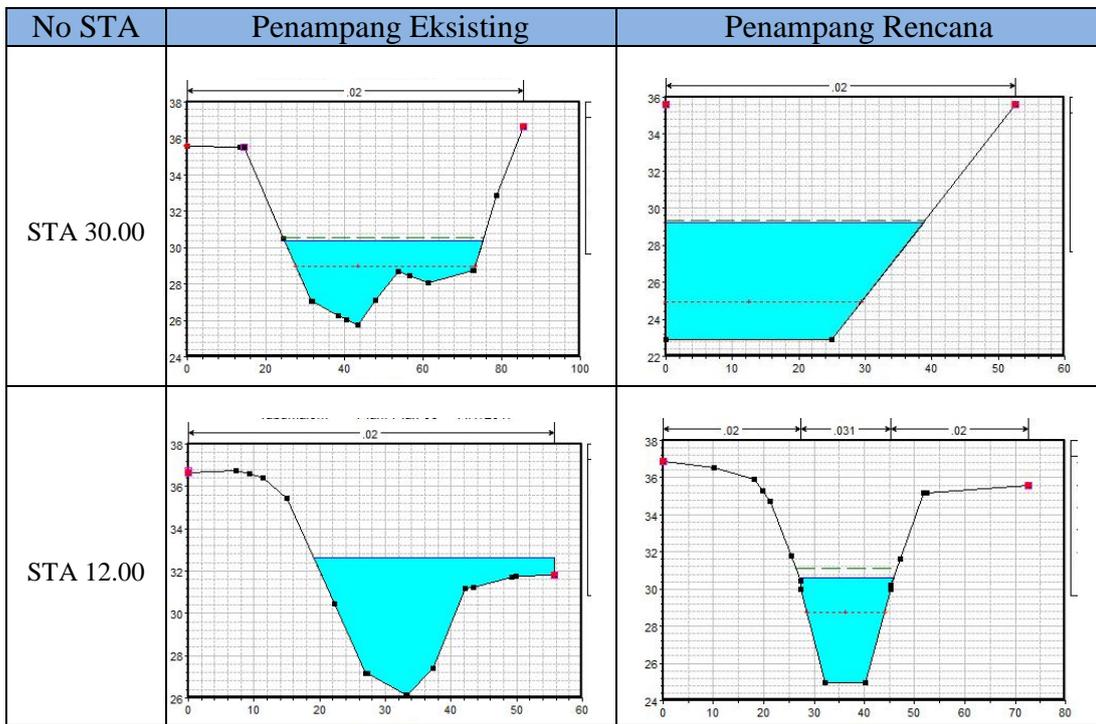
R = Jari-jari Hidrolis Sungai (m)

I = Kemiringan hidraulik sungai

Setelah dilakukan perhitungan, diketahui bahwa beberapa penampang sungai mengalami banjir (melimpas). Sehingga perlu dilakukan disain ulang penampang sungai. Ditentukan bahwa akan digunakan 2 tipe penampang rencana, yaitu tipe 1 (b:25m h:3m) yang akan diterapkan pada daerah longsor (STA 30 & STA 31) dan tipe 2 (b:8m h:5m) yang akan

diterapkan pada seluruh sungai, kecuali daerah longsor. Contoh perbandingan penampang eksisting dan rencana dapat dilihat pada Tabel 3.6.

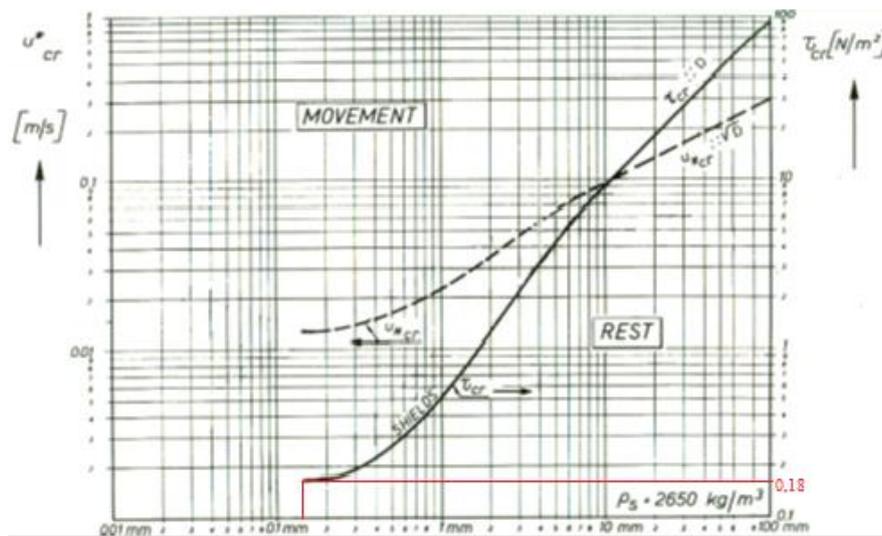
Tabel 3.6 Perencanaan Penampang Melintang dengan Program HEC-RAS



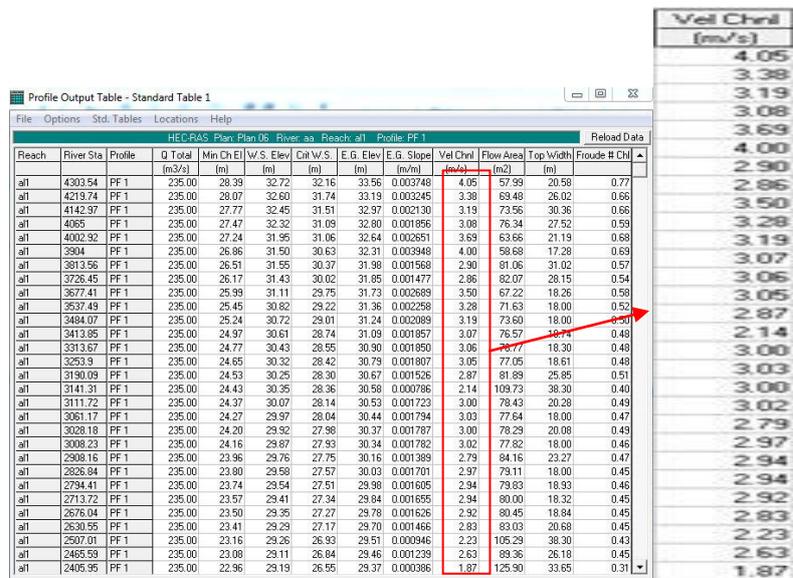
Tabel 3.6. menunjukkan kondisi potongan melintang rencana sungai pada STA 12 dan STA 30 dapat menampung debit banjir rencana.

Stabilitas Alur Sungai

Analisa stabilitas alur dimaksudkan untuk mengetahui potensi gerusan akibat aliran yang terjadi pada tebing maupun dasar sungai, dengan membandingkan nilai V dan V_{cr} . Nilai V_{cr} diperoleh dari τ_{cr} (grafik shield), nilai V diperoleh dari hasil aplikasi HEC-RAS.



Gambar 3.3 Grafik Shield



Gambar 3.4 Nilai kecepatan aliran (V)

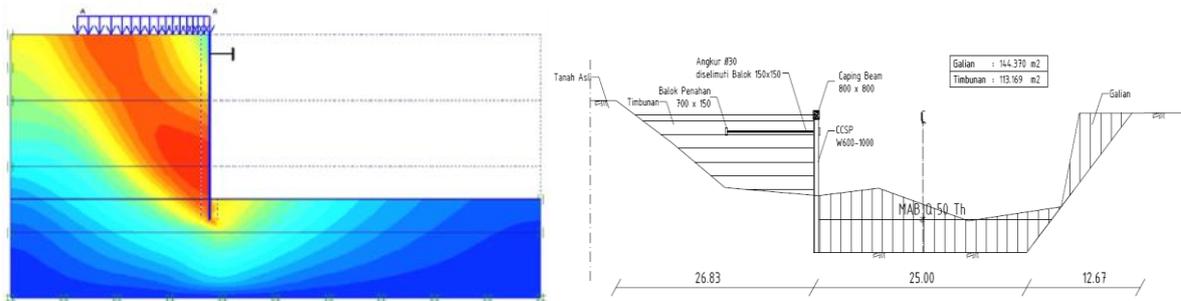
Dari hasil perhitungan, diperoleh hasil V_{cr} dasar = 1,21m/det, V_{cr} tebing = 1,3m/det, dan V aliran = 1,3 m/det. Karena $V > V_{cr}$, maka diperkirakan akan terjadi gerusan, sehingga diperlukan bangunan untuk mengantisipasi gerusan.

PERENCANAAN TEKNIS

Direncanakan 3 bangunan terkait normalisasi Sungai Tirto, yaitu *anchored sheetpile*, bronjong, dan *groundsill*. Pembangunan *anchored sheetpile* akan dilakukan pada STA 30 – STA 31 (lokasi longsor). Bronjong akan dipasang pada sisi luar tikungan daerah sungai yang *meander*, yaitu : STA 1–STA 34, STA 39–STA 48, STA 57–STA 59, STA 63–STA 65. Sementara itu *groundsill* akan dibuat pada hilir alur sungai yang relatif lurus, yaitu : STA 38, STA 57, STA 63, STA 70.

Perencanaan Anchored Sheetpile

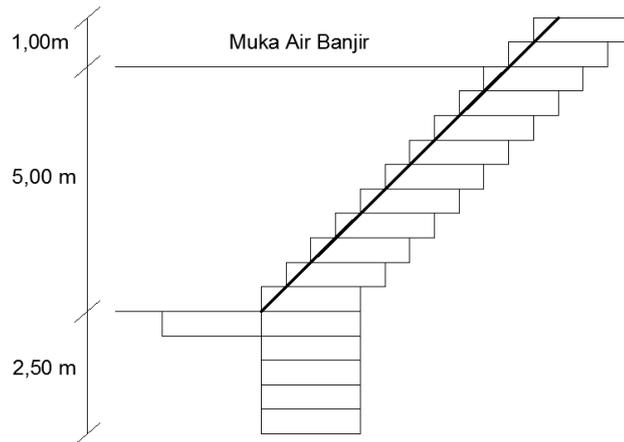
Perencanaan desain komponen *anchored sheetpile* berpedoman dari buku *Principles of Foundation Engineering* (terbitan ke tujuh) karya Braja Das, sehingga didapati panjang *sheetpile* adalah 14 meter dengan tipe CCSP W600-1000, dan angkur ϕ 3 cm dengan panjang 3,0 m yang dipasang setiap jarak 6,0 m antara satu angkur dengan angkur lain. Kemudian dilakukan pemodelan menggunakan *software plaxis* untuk mengetahui tingkat keamanan perencanaan *anchored sheetpile*. Gambar 4.1 merupakan hasil dari perhitungan *plaxis*, pada kondisi ini memiliki *safety factor* sebesar $2,117 > 1,5$ dan *total displacements* sebesar $42,02 \times 10^{-3}$ m, sehingga dapat dipastikan bangunan *sheetpile* aman.



Gambar 4.1 Analisis Anchored Sheetpile dengan plaxis dan potongan melintang Anchored Sheetpile

Perencanaan Bronjong

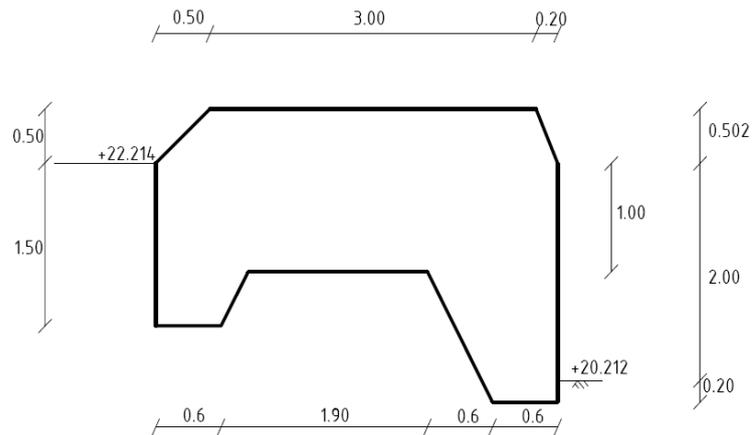
Perencanaan bronjong dimaksudkan untuk menahan gerusan yang terjadi pada tebing sungai. Sehingga bronjong direncanakan dipasang pada sisi luar tikungan sungai. Digunakan bronjong tipe I (panjang=2m, lebar=1m, dan tinggi=0,5m). Pemilihan bronjong tipe I dikarenakan kemudahan dalam proses pengadaan. Dan bronjong tipe I sudah sesuai dengan SNI 03-0090-1999. Bronjong harus dipasang melebihi ketinggian muka air banjir. Susunan bronjong dapat dilihat pada Gambar 4.2. Dengan susunan seperti itu, dibutuhkan 18 kotak bronjong per 1 meter lari.



Gambar 4.2 Susunan Bronjong

Perencanaan Groundsill

Perencanaan *groundsill* dimaksudkan untuk mengurangi potensi gerusan akibat kecepatan aliran, dengan cara membuat kemiringan dasar sungai menjadi lebih landai. Ketinggian groundsill direncanakan setinggi 0,5 m. untuk merubah kemiringan sungai eksisting (0,001) menjadi kemiringan rencana (0,000375).



Gambar 4.3 Dimensi Groundsill

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rencana Anggaran Biaya untuk perencanaan normalisasi Sungai Tirto adalah sebagai berikut :

Tabel 3.7 Rencana Anggaran Biaya

NO	JENIS PEKERJAAN	HARGA (Rp)
I	PERSIAPAN	388,765,974.20
II	PENANGANAN LONGSOR (STA 30 - STA 31)	918,777,891.51
III	PERBAIKAN PENAMPANG SUNGAI (STA 1 - STA 70)	10,077,224,542.82
IV	PERKUATAN TEBING SUNGAI (STA 1 - STA 70)	51,227,242,854.79
JUMLAH		62,612,011,263.32
PAJAK (PPN 10%)		6,261,201,126.33
JUMLAH AKHIR		68,873,212,389.65
PEMBULATAN		68,873,213,000.00
TERBILANG	ENAM PULUH DELAPAN MILYAR DELAPAN RATUS TUJUH PULUH TIGA JUTA DUA RATUS TIGA BELAS RIBU RUPIAH	

KESIMPULAN

Untuk menangani permasalahan yang terjadi Sungai Tirto, maka dibuat Perencanaan Perbaikan Sungai Tirto dengan kesimpulan sebagai berikut :

1. Terjadinya longsor di Sungai Tirto pada STA 30 hingga STA 31 (sepanjang 30 meter) disebabkan karena adanya gerusan pada tebing Sungai Tirto yaitu pada daerah tikungan bagian luar.
2. Sesuai dengan standar perencanaan banjir maka dilakukan perencanaan dengan kala ulang 50 tahun sebesar 235,1 m³/detik.
3. Bangunan yang direncanakan untuk Perbaikan Sungai Tirto yaitu, *anchored sheetpile*, bronjong, dan *ground sill*.
4. Besar biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan Perbaikan Sungai Tirto, Kabupaten Grobogan berkisar Rp 68.873.213.000 (enam puluh delapan milyar delapan ratus tujuh puluh tiga juta dua ratus tiga belas ribu rupiah) dengan waktu pelaksanaan membutuhkan 180 hari kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Arlen D.F., 2000. *HEC HMS Technical Reference Manual*. California: Hidrologic Engineering Centre US Army Corps of Engineers.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Chow, Ven Te. 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M., Endah, Noor, Mochtar, Indrasurya B. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja. M. 2007. *Principles of Foundation Engineering, 6th ed*. Ontario: Thomson.
- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Salamun, Ir, MT. 2003. *Diktat Kuliah Bangunan Air*.
- Sosrodarsono Suyono, Suryo, dan Masateru Tominaga. 1994. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.