

PERENCANAAN *GROUND SILL* DI SUNGAI SENJOYO KABUPATEN SEMARANG

Ichwan Rachmat Putra, Imam Adi Prabowo, Sri Eko Wahyuni ^{*)}, Al Falah ^{*)}

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

ABSTRAK

Sungai Senjoyo merupakan anak dari Sungai Tuntang yang memiliki luas DAS ± 138 km² dengan panjang aliran ± 37 km dan memiliki slope sebesar 0,008. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya gerusan pada pilar jembatan yang terletak di Desa Tempuran, Kecamatan Bringin, Kabupaten Semarang. Sebagai solusinya perlu dilakukan konservasi pada aliran Sungai Senjoyo, yaitu dengan membangun ground sill. Ground sill merupakan bangunan melintang sungai yang dibangun untuk menjaga agar dasar sungai di bagian hulunya tidak mengalami degradasi. Analisis yang dilakukan dalam perencanaan Ground Sill di Sungai Senjoyo terdiri dari analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir rencana, analisis hidrolis sungai untuk mendapatkan nilai debit passing capacity, analisis angkutan sedimen dan stabilitas dasar sungai untuk mendapatkan nilai slope stabil dan perlindungan lereng sungai, perencanaan normalisasi sungai untuk mendapatkan dimensi penampang sungai yang dibutuhkan, analisis stabilitas lereng untuk kontrol kelongsoran pada lereng sungai dan perencanaan struktur ground sill untuk mendapatkan dimensi ground sill, kolam olak dan lantai pelindung. Dalam studi ini diperoleh hasil bahwa kemiringan dasar sungai mencapai kondisi stabil pada slope sebesar 0,00024 dengan tinggi ground sill sebesar 2 m, sehingga dengan dibangunnya ground sill dapat mengamankan pondasi jembatan dan dapat mengembalikan elevasi dasar sungai seperti semula.

kata kunci : *Sungai Senjoyo, Gerusan, Jembatan, Slope stabil, Ground sill*

ABSTRACT

Senjoyo River is a tributary of Tuntang River which are ± 138 km² catchment area, 37 km length and 0,008 bottom slope. That condition causes scour at the bridge foundation. The location of bridge is in Tempuran Village, Bringin Subdistric, Semarang Regency. The solution to conserve the Senjoyo River has to build a ground sill. Ground sill is building cross river which is built to protect degradation in the upstream of river. The ground sill analysis is needed hydrologic analysis to calculate the design flood discharge, hydraulic analysis to calculate the passing capacity discharge, analysis of sediment transport and riverbed's stability to calculate the value of stable slope and bank protection, hydraulic analysis to compute the dimension of new river, slope stable analysis to calculate the riverbank slope which is stable and the design of ground sill to calculate the dimension of ground sill, stilling basin and bottom protection. The conclusion of ground sill design is 2

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

m ground sill height, 62 m ground sill width, 16 m stilling basin length and 20 m bottom protection length. The conclusion of river normalization is 0,00024 stable slope, 120 m new river width and 1:1 riverbank slope. The ground sill can protect the foundation bridge and can be increase the river bottom level until the existing of river bottom level before degradation.

keywords: *Senjoyo River, Scouring, Bridge, Stable slope, Ground sill*

PENDAHULUAN

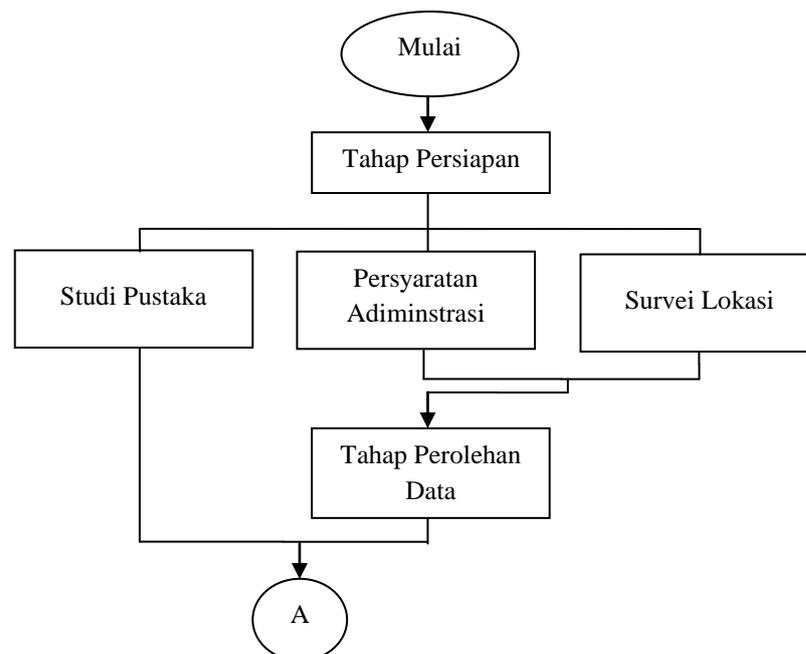
Sungai Senjoyo merupakan anak dari Sungai Tuntang yang memiliki luas DAS $\pm 138 \text{ km}^2$ dengan panjang aliran $\pm 37 \text{ km}$ dan memiliki kemiringan dasar sungai yang cukup curam serta memiliki arus sungai yang cukup deras. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya gerusan pada dasar sungai dan bangunan yang berada di atas sungai, salah satunya adalah jembatan yang terletak di Desa Tempuran, Kecamatan Bringin, Kabupaten Semarang.

Pokok permasalahan adalah besarnya sloop alami sungai menyebabkan terjadinya gerusan pada pilar jembatan. Pada tahun 2010 saat banjir datang, salah satu pilar jembatan tersebut runtuh karena tidak mampu menahan derasnya arus sungai

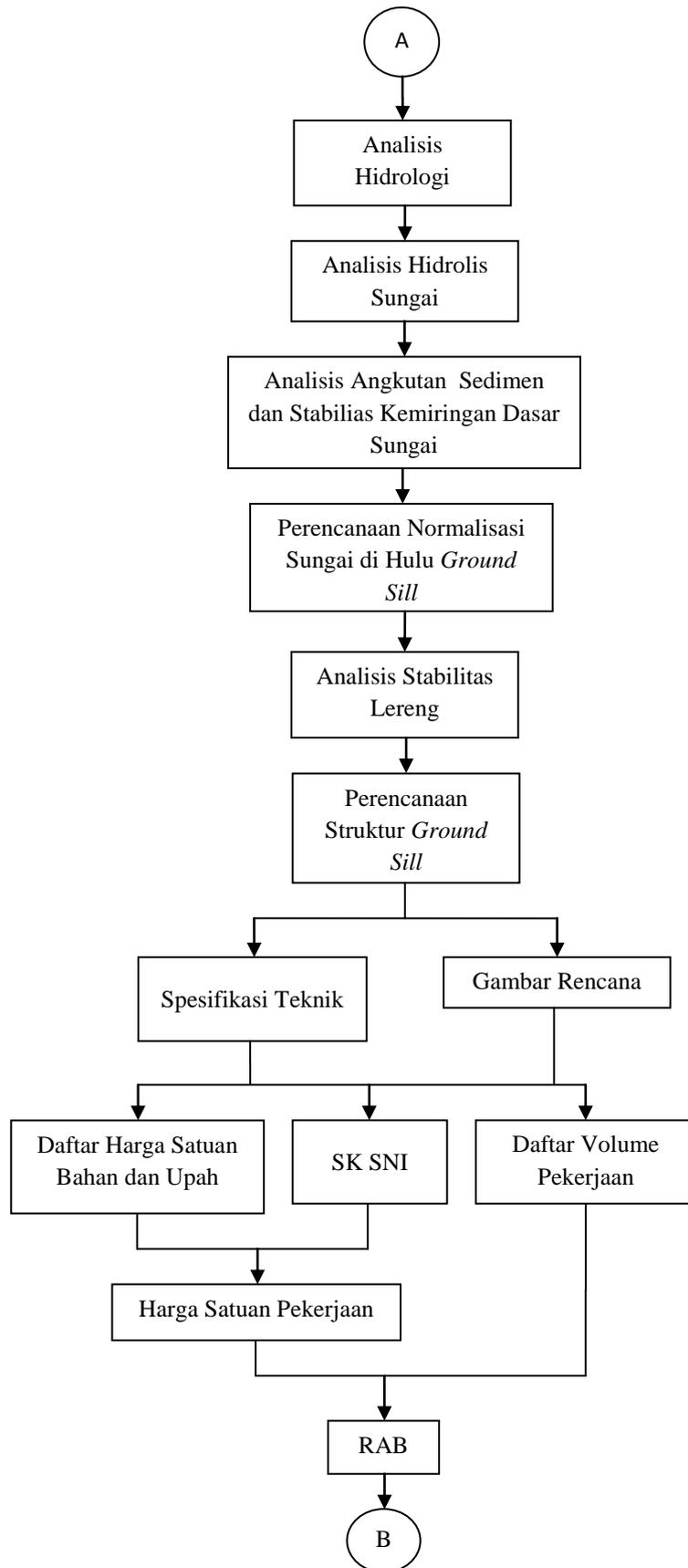
Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk membuat perencanaan *ground sill* secara detail, lengkap dengan Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS) dan metode pelaksanaan. Adapun tujuan penulisan adalah diharapkan setelah *gound sill* dibangun, *slope* dasar sungai akan stabil (kemiringan kecil) dan elevasi dasar sungai dekat jembatan dapat kembali seperti semula.

METODOLOGI

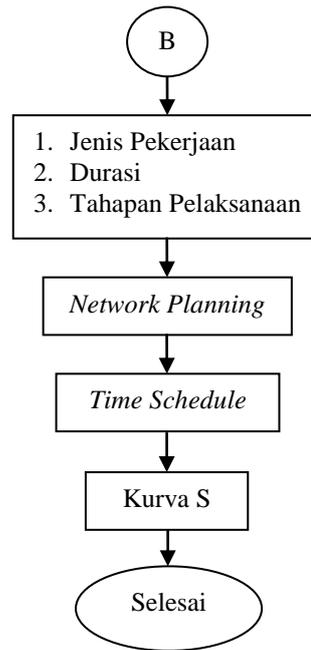
Kerangka pikir penelitian secara menyeluruh penyusunan laporan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam suatu diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 1. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir (lanjutan)



Gambar 1. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir (lanjutan)

PENGOLAHAN DATA

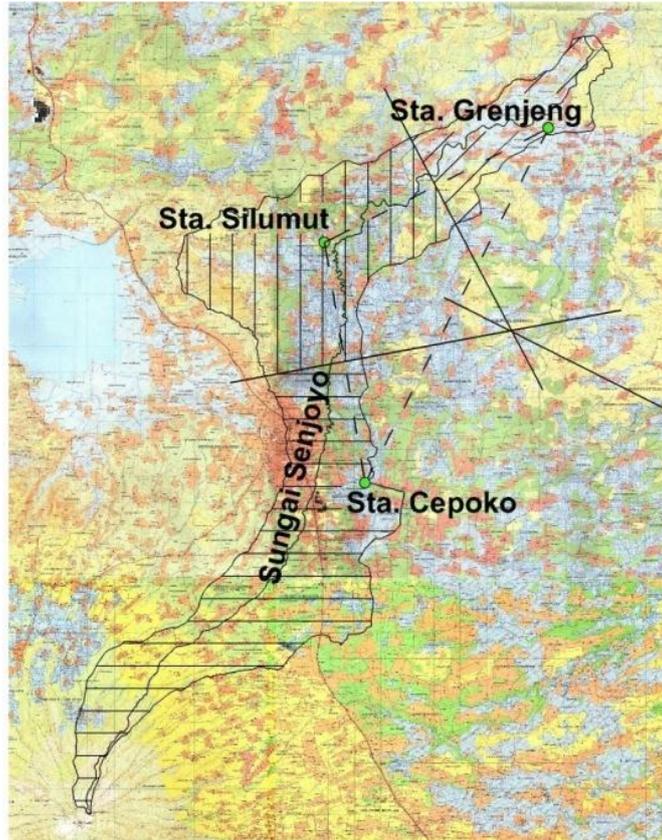
Tahap analisis dibagi menjadi 6 tahap, yaitu tahap analisis hidrologi, tahap analisis hidrolis sungai untuk mencari besarnya debit, analisis angkutan sedimen dan stabilitas kemiringan dasar sungai, analisis stabilitas lereng, analisis hidrolis sungai untuk mencari dimensi penampang dan analisis perhitungan struktur. Tahap analisis hidrologi bertujuan untuk mendapatkan debit banjir rencana, analisis hidrolis sungai bertujuan untuk mendapatkan nilai debit *passing capacity*, analisis angkutan sedimen dan stabilitas kemiringan dasar sungai bertujuan untuk mendapatkan nilai *slope* stabil, analisis stabilitas lereng bertujuan untuk mengetahui kestabilan lereng sungai terhadap longsor, analisis hidrolis sungai untuk mendapatkan dimensi dan kemiringan penampang sungai yang dibutuhkan serta analisis perhitungan struktur untuk mendapatkan dimensi struktur dan bangunan pelengkap.

Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Analisa hidrologi merupakan bagian yang penting karena akan sangat mempengaruhi analisa - analisa selanjutnya. Analisis hidrologi terdiri dari curah hujan rata - rata DAS, perhitungan intensitas curah hujan, analisis debit banjir rencana.

Dalam tugas akhir ini metode yang digunakan dalam analisis curah rata – rata DAS adalah metode Thiessen. Poligon Thiessen diperlukan dalam perhitungan dan ditampilkan pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 pembagian poligon *Thiessen* diatas, maka dapat dihitung nilai luas daerah pengaruh untuk masing – masing stasiun hujan. Adapun hasil perhitungan luas daerah pengaruh untuk masing – masing daerah dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Poligon *Thiessen* DAS Senjoyo

Tabel 1. Luas Daerah Pengaruh Stasiun Hujan

No	Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Bobot (%)
1	Cepoko	63,407	45,95
2	Grenjeng	30,321	21,97
3	Silumut	44,272	32,08
Luas Total		138	100

Sumber: Perhitungan

Dari Tabel 1 didapatkan hasil bobot persentase antara luas poligon stasiun hujan dengan luas total DAS. Setelah didapatkan luas daerah pengaruh untuk masing – masing stasiun hujan, maka dapat dihitung besarnya curah hujan maksimum rata – rata yang ditampilkan pada Tabel 2.

Dari hasil perhitungan curah hujan maksimum rata – rata DAS dengan metode poligon *Thiessen* pada Tabel 2, perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan maksimum guna menentukan debit banjir, maka dilakukan analisis sebaran dengan metode statistik. Terdapat 4 metode distribusi dalam perhitungan parameter statistik curah hujan, yaitu Distribusi Normal, Distribusi *Gumbel*, Distribusi Log Normal dan Distribusi Log *Pearson* III. Setelah didapatkan nilai parameter statistik, kemudian dilanjutkan dengan memilih jenis distribusi yang akan digunakan sesuai dengan nilai parameter statistik yang telah didapatkan seperti pada Tabel 3.

Tabel 2. Curah Hujan Maksimum Rata – rata

Tahun	Tanggal	Stasiun Cepoko (bobot : 45.95 %)		Stasiun Grenjeng (bobot : 21.97 %)		Stasiun Silumut (bobot : 32.08 %)		Rh max (mm)	Rh rencana (mm)
		Rh max (mm)	R1 (bobot x Rh max)	Rh max (mm)	R1 (bobot x Rh max)	Rh max (mm)	R1 (bobot x Rh max)		
2004	4-Feb	107	49.16	78	17.14	0	0	66.3	66.3
	4-Feb	107	49.16	78	17.14	0	0	66.3	
	14-Sep	64	29.41	15	3.3	51	16.36	49.06	
2005	26-Jan	36	16.54	0	0	10	3.21	19.75	33.8
	28-Feb	0	0	82	18.02	14	4.49	22.51	
	16-Mar	0	0	2	0.44	104	33.36	33.8	
2006	21-Feb	86	39.51	0	0	10	3.21	42.72	42.72
	13-Apr	0	0	83	18.24	60	19.25	37.49	
	28-Jan	8	3.68	38	8.35	80	25.66	37.69	
2007	14-Nov	75	34.46	36	7.91	13	4.17	46.54	46.54
	3-Nov	8	3.68	69	15.16	25	8.02	26.86	
	4-Mar	0	0	10	2.2	74	23.74	25.94	
2008	9 Okt	80	36.76	0	0	32	10.27	47.02	47.03
	20 Okt	9	4.14	70	15.38	0	0	19.52	
	1-Mar	50	22.97	0	0	75	24.06	47.03	
2009	9-Jun	135	62.03	0	0	54	17.32	79.35	79.35
	5-Jan	4	1.84	67	14.72	0	0	16.56	
	8-Jun	0	0	0	0	87	27.91	27.91	
2010	6-Feb	121	55.6	0	0	144	46.2	101.79	101.79
	19-Mar	41	18.84	118	25.93	0	0	44.77	
	6-Feb	121	55.6	0	0	144	46.2	101.79	
2011	25 Des	105	48.24	9	1.98	10	3.21	53.43	53.43
	11-Jul	0	0	60	13.18	0	0	13.18	
	4 Mei	18	8.27	18	3.95	99	31.76	43.99	
2012	9 Okt	61	28.03	0	0	0	0	28.03	37.66
	5-Jan	7	3.22	56	12.3	69	22.14	37.66	
	5-Jan	7	3.22	56	12.3	69	22.14	37.66	
2013	19-Apr	43	19.76	0	0	42	13.47	33.23	44.49
	13 Mei	0	0	72	15.82	0	0	15.82	
	19-Mar	34	15.62	0	0	90	28.87	44.49	
rata - rata									55.31

Sumber: Perhitungan

Tabel 3. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Jenis Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Keterang an
1	<i>Gumbel</i>	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	$C_s = 1,39$ $C_k = 5,25$	
2	Normal	$C_s \sim 0$ $C_k \sim 3$	$C_s = 1,39$ $C_k = 5,25$	
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,2765$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3,1362$	$C_s = 0,85$ $C_k = 3,99$	
4	Log <i>Pearson III</i>	Selain dari nilai di atas	$C_s = 0,85$ $C_k = 3,99$	Dipilih

Sumber: Perhitungan

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa jenis distribusi yang paling tepat untuk digunakan adalah distribusi Log Pearson III. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji keselarasan distribusi dengan uji *Chi – Kuadrat* dan *Smirnov – Kolmogorof* untuk mengetahui apakah sebaran dapat diterima atau tidak. Dari hasil uji *Chi – Kuadrat* dan *Smirnov – Kolmogorof* tersebut, diperoleh bahwa sebaran data dapat diterima. Perhitungan debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan Metode *Hasper*, *FSR Jawa – Sumatera* dan *HSS Nakayasu*. Dari perhitungan debit banjir menggunakan metode – metode tersebut, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Debit Banjir Rencana

Metode	Periode Ulang				
	5	10	25	50	100
<i>FSR</i>	52.65	64.16	80.2	96.66	114.34
<i>Haspers</i>	334.14	401.76	505.74	594.23	698.12
<i>Nakayasu</i>	126.40	151.95	191.26	224.72	264.03

Sumber: Perhitungan

Analisis Hidrolis Sungai

Analisis hidrolis sungai bertujuan untuk mendapatkan nilai debit *passing capacity*. Analisis hidrolis sungai dilakukan dengan menggunakan *software HEC – RAS* karena jenis aliran Sungai Senjoyo adalah *steady ununiform*. Setelah dilakukan analisis menggunakan *HEC – RAS*, didapatkan debit banjir *passing capacity* sebesar 650 m³/detik. Debit *passing capacity* menjadi pembanding untuk nilai debit dalam menentukan nilai debit banjir rencana dari hasil perhitungan yang ada dan didapatkan nilai debit banjir yang mendekati debit *passing capacity* adalah Metode *Haspers* dengan periode ulang 100 tahun yaitu sebesar 698,12 m³/detik seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Debit Banjir

Metode	Periode Ulang (Tahun)					Diambil
	5	10	25	50	100	
<i>FSR</i> (m ³ /detik)	52.65	64.16	80.2	96.66	114.34	
<i>Haspers</i> (m ³ /detik)	334.14	401.76	505.74	594.23	698.12	
<i>Nakayasu</i> (m ³ /detik)	126.4	151.95	191.26	224.72	264.03	698,12 (m ³ /detik)
<i>Passing Capacity</i> (m ³ /detik)			650			

Sumber: Perhitungan

Analisis Angkutan Sedimen dan Stabilitas Kemiringan Dasar Sungai

Analisis angkutan sedimen bertujuan untuk mengetahui kestabilan lereng sungai terhadap gerusan. Sedangkan stabilitas dasar sungai bertujuan untuk mengurangi kecepatan aliran sehingga dapat meminimalisir gerusan yang terjadi. Persamaan yang digunakan dalam analisis angkutan sedimen adalah seperti terlihat pada persamaan (1) dan (2).

$$\tau_b = 0,97 \times \rho \times g \times h \times S_o \text{ (Dasar sungai)} \dots\dots\dots(1)$$

$$\tau_s = 0,75 \times \rho \times g \times h \times S_o \text{ (Lereng sungai)} \dots\dots\dots(2)$$

Contoh perhitungan :

$$\tau_b = 0,97 \times 1000 \times 9,81 \times 3,9 \times 0,008 = 296,89 \text{N/m}^2$$

$$\tau_s = 0,75 \times 1000 \times 9,81 \times 3,9 \times 0,008 = 229,55 \text{N/m}^2$$

Nilai gerusan yang terjadi kemudian dibandingkan dengan nilai gaya seret kritis. Nilai gaya seret kritis untuk dasar sungai adalah 9 N/m^2 sedangkan untuk lereng sungai adalah $2,07 \text{ N/m}^2$. Dari nilai – nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa dasar sungai dan lereng sungai mengalami gerusan. Persamaan yang digunakan dalam stabilitas dasar sungai adalah seperti pada persamaan (3).

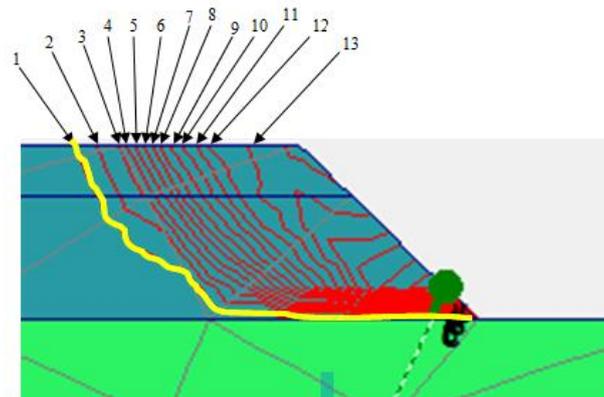
$$I_s = \tau_{cr} / (\gamma_w \times y \times g) \dots\dots\dots(3)$$

Contoh perhitungan :

$$I_s = \tau_{cr} / (\gamma_w \times y \times g) = 9 / (1000 \times 3,9 \times 9,81) = 0,00024$$

Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng bertujuan untuk mengetahui kestabilan lereng sungai normalisasi terhadap longsor. Lereng dikatakan stabil apabila memiliki nilai *safety factor (SF)* > 1. Analisis stabilitas lereng menggunakan *software Plaxis* dan rumus *Fellenius*. Dari analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *software Plaxis* dengan kemiringan lereng 1:1, didapatkan berbagai bidang longsor seperti pada Gambar 3.



Keterangan nilai SF:	
1 : 1,56	8 : 1,619
2 : 1,561	9 : 1,561
3 : 1,561	10 : 1,567
4 : 1,562	11 : 1,667
5 : 1,565	12 : 1,56
6 : 1,567	13 : 1,563
7 : 1,6	

Gambar 3. Nilai SF pada Bidang Longsor dengan Menggunakan *Software Plaxis*

Nilai SF minimum dari bidang longsor yang terjadi adalah sebesar $1,56 > 1$ yang berarti lereng sungai stabil terhadap longsor.

Analisis Hidrolis Sungai Untuk Besarnya Penampang

Setelah didapatkan nilai *slope* stabil, dilanjutkan dengan perencanaan normalisasi sungai. Normalisasi sungai bertujuan untuk mendapatkan lebar sungai yang dibutuhkan agar

elevasi muka air banjir di bawah jembatan tidak menyentuh gelagar jembatan pada kondisi *slope* stabil atau setelah adanya *ground sill*. Perhitungan normalisasi sungai menggunakan 2 cara yaitu dengan menggunakan rumus *Manning* dan *software HEC – RAS*. Perhitungan menggunakan rumus *Manning* adalah seperti pada persamaan (4).

$$Q = 1/n \times R^{(2/3)} \times I^{0,5} \times A \dots\dots\dots(4)$$

Dengan menggunakan *trial and error* didapatkan lebar sungai minimum yang dibutuhkan adalah 108 m. Setelah mendapatkan lebar minimum yang dibutuhkan, selanjutnya dengan menggunakan *software HEC – RAS* didapatkan lebar sungai yang dibutuhkan yaitu 120 m, maka lebar yang digunakan adalah sebesar 120 m, kedalaman air 3,9 m dan tinggi jagaan sebesar 1 m.

Perencanaan Struktur *Ground Sill*

Perencanaan struktur *ground sill* bertujuan untuk mendapatkan dimensi *ground sill* yang akan dibangun berdasarkan data teknis yang ada agar bangunan dapat berfungsi secara optimal. Perencanaan dimensi *ground sill* meliputi perencanaan sebagai berikut:

- Tipe *ground sill*
Tipe *ground sill* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *ground sill* tegak lurus dengan mercu pelimpah.
- Tinggi *ground sill*
Tinggi *ground sill* dihitung berdasarkan perbedaan elevasi dasar sungai pada kondisi *slope* stabil dengan *slope* alami sungai. Didapatkan tinggi *ground sill* sebesar 2 m.
- Perencanaan mercu *ground sill*
Mercu *ground sill* direncanakan berbentuk bulat dengan jari – jari sebesar 1,2 m.
- Lebar *ground sill*
Lebar *ground sill* dihitung dengan menggunakan rumus aliran kritis dan didapatkan lebar *ground sill* yang dibutuhkan sebesar 62 m.
- Perencanaan kolam olak
Kolam olak perlu direncanakan untuk mengurangi energi yang terjadi pada hilir *ground sill*. Kolam olak dihitung berdasarkan bilangan *Froude* yang ada, yaitu sebesar 2,457. Dari bilangan *Froude* yang ada didapatkan nilai $2,457 \geq 1,7$, yang m bahwa *ground sill* membutuhkan kolam olak dengan ambang ujung. Panjang kolam olak yang dibutuhkan adalah 16 m.
- Kontrol terhadap rembesan
Kontrol terhadap rembesan dibutuhkan untuk mengetahui ketahanan tubuh *ground sill* terhadap rembesan yang terjadi. Tinjauan rembesan terhadap *ground sill* dibagi menjadi dua kondisi yaitu kondisi normal dan kondisi banjir. Berdasarkan dua kondisi tersebut dapat diketahui bahwa tubuh *ground sill* mampu menahan rembesan yang terjadi.
- Tinjauan terhadap gerusan
Tinjauan terhadap gerusan bertujuan untuk mengetahui kedalaman gerusan yang mungkin terjadi pada hilir *ground sill*. Didapatkan kedalaman gerusan yang mungkin terjadi adalah sebesar 4,88 m, sehingga perlu adanya bronjong sebagai perlindungan pada hilir *ground sill*. Panjang bronjong yang dibutuhkan untuk menahan gerusan adalah sebesar 20 m.

- Stabilitas *ground sill*
Stabilitas *ground sill* dihitung berdasarkan 2 kondisi, yaitu kondisi normal dan kondisi banjir. Dari dua kondisi tersebut dapat dikatakan struktur *ground sill* aman terhadap geser, guling dan tekanan tanah maksimum dan minimum.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam perencanaan struktur *ground sill* ini adalah :

1. Untuk meminimalisir gerusan yang terjadi pada pilar jembatan di Sungai Senjoyo dapat dilakukan dengan cara konservasi sungai, salah satunya adalah dengan membangun *ground sill*. *Ground sill* dibangun dengan tujuan untuk membuat kemiringan dasar sungai menjadi stabil yaitu sebesar 0,00024.
2. Dari hasil perhitungan debit, didapatkan debit banjir rencana yang mendekati debit *passing capacity* adalah metode *Haspers* dengan periode ulang 100 tahun yaitu sebesar 698,12 m³/det. Lebar *ground sill* yang dibutuhkan adalah 62 m dengan tinggi 2 m dan berjari – jari 1,2 m.
3. Untuk menanggulangi kenaikan muka air akibat adanya *ground sill*, dilakukan normalisasi sungai dengan memperbaiki penampang sungai dari jembatan sampai ke lokasi rencana *ground sill*. Penampang sungai setelah dinormalisasi memiliki lebar 120 m dan kemiringan lereng 1:1.
4. Dilakukan analisis stabilitas terhadap lereng dari penampang sungai yang telah dinormalisasi untuk mengetahui kestabilan lereng terhadap bahaya terjadinya longsor.

SARAN

Saran – saran yang dapat disampaikan terkait dengan Pelaksanaan Pembangunan *Ground Sill* di Sungai Senjoyo Kabupaten Semarang adalah sebagai berikut :

- 1 Pelaksanaan pelelangan hendaknya dilakukan sesuai dengan proses dan aturan yang berlaku, sehingga didapatkan harga penawaran yang wajar dan pemenang lelang yang baik.
- 2 Pengawasan terhadap pelaksanaan di lapangan harus dilakukan dengan baik, sehingga didapatkan hasil pekerjaan yang sesuai dengan perencanaan.
- 3 Perlu adanya kerja sama yang baik antara semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan agar didapatkan hasil pekerjaan yang optimal, tepat waktu, tepat mutu dan tepat biaya.
- 4 Perlu adanya pengawasan terhadap segala aktivitas yang terkait dengan pembangunan untuk mencegah terjadinya praktek – praktek kecurangan yang dapat merugikan.
- 5 Proses pelaksanaan pembangunan harus memperhatikan kondisi lingkungan sekitar proyek (kondisi alam dan kondisi sosial) agar ekosistem alam tidak terganggu dan tidak ada protes dari masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M., 1995. *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 02*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- Kamiana, I Made, 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu Yogyakarta.

- Kodoatie, Robert J. dan Sugiyanto, 2002. *Banjir*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Loebis, Joesron, 1987. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Sosrodarsono, Suyono, Masateru Tominaga, 1984. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2013. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset Yogyakarta, Yogyakarta.
- Tim Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta se-Indonesia, 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*, Gunadarma, Jakarta.