



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN BANGUNAN PENGARAH ALIRAN
(KRIB) PADA SUNGAI JELARAI KEC.TANJUNG
SELOR, BULUNGAN, KALIMANTAN TIMUR**

ABDULLAH NUR RAHMAT
NRP. 3111100066

Dosen Pembimbing :

Dr. Techn. Umboro Lasminto ST, M.Sc
Ir. Bambang Sarwono M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN BANGUNAN PENGARAH ALIRAN
(KRIB) PADA SUNGAI JELARAI KEC.TANJUNG
SELOR BULUNGAN KALIMANTAN TIMUR**

ABDULLAH NUR RAHMAT
NRP 3111 100 066

Dosen Pembimbing
Dr. Techn. Umboro Lasminto ST, M.Sc
Ir. Bambang Sarwono M.Sc

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



FINAL PROJECT -RC14-1501

**RIVER TRAINING WORKS (GROYNE) DESIGN IN
JELARAI RIVER, TANJUNG SELOR SUB-
DISTRICT, BULUNGAN, EAST KALIMANTAN**

ABDULLAH NUR RAHMAT
NRP 3111 100 066

Advisor
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
Ir. Bambang Sarwono MSc

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

**PERENCANAAN BANGUNAN PENGARAH ALIRAN
(KRIB) PADA SUNGAI JELARAI KEC. TANJUNG
SELOR, BULUNGAN KALIMANTAN TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ABDULLAH NUR RAHMAT
NRP. 3111 100 066

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc., (Pembimbing I)
NIP. 197212021998021001

Ir. Bambang Sarwono MSc., (Pembimbing II)
NIP. 195303021987011001



SURABAYA
OKTOBER, 2015

**PERENCANAAN BANGUNAN PENGARAH ALIRAN
(KRIB) DI SUNGAI JELARAI KEC. TANJUNG SELOR,
BULUNGAN KALIMANTAN TIMUR**

Nama : Abdullah Nur Rahmat
NRP : 3111100066
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Dr techn. Umboro Lasminto ST, MSc
Ir. Bambang Sarwono MSc

ABSTRAK

Tanjung Selor merupakan sebuah kecamatan yang berada pada Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Timur. Sungai Jelarai merupakan salah satu cabang dari Sungai Kayan yang melewati kecamatan Tanjung Selor. Sungai Jelarai merupakan sungai bertipe meander, dimana badan sungai berkelok secara teratur. Karena bentuknya yang berkelok memungkinkan terjadinya gerusan terutama pada sisi tebing bagian luar belokan. Pada tahun 2008 dibangun sheet pile sebagai pengaman erosi pada tepian Sungai Jelarai di bagian sisi luar tikungan. Namun kondisi sheet pile saat ini dalam kondisi rusak karena hantaman aliran sungai yang menggerus tebing sisi luar tikungan sungai akibat bencana banjir bandang yang terjadi terus menerus sejak dua tahun lalu. Sehingga untuk mengurangi bahaya penggerusan yang terjadi maka dibutuhkan bangunan pengendali dan pengarah arus pada sisi luar tikungan sungai. Salah satu jenis bangunan pengarah aliran yaitu krib atau groin.

Dari hasil analisa didapatkan debit maksimum yang dapat ditampung oleh penampang sungai sebesar $2200 \text{ m}^2/\text{s}$. Dari simulasi terhadap distribusi kecepatan yang terjadi, maka diketahui bahwa pada lokasi sheet pile kecepatan aliran berkisar antara 1,20 m/s sampai dengan 2,70 m/s. Maka direncanakan krib lolos air menggunakan tiang pancang beton. Dimana

panjang krib antara 5-14 m dan jarak antar krib 35 m, elevasi mercu direncanakan 1 m dibawah MAB. Satu buah krib terdiri dari 2 baris tiang pancang dengan diameter tiang pancang yang digunakan 0,4 m dan jarak pemasangan antara tiang 2-3 m. Kedalaman pemancangan ditetapkan minimal 6 m dari dasar sungai dengan mempertimbangkan nilai gerusan local paling besar yang terjadi pada ujung kaki krib sedalam 3 m. Dari analisa angkutan sedimen didapatkan rata – rata debit sedimen pada tiap penampang sungai 0,059 m³/s dengan volume angkutan sedimen 3571,52 m³/m dengan asumsi kurun waktu 7 hari.

Kata Kunci :Krib, meander, kecepatan aliran, scouring

**RIVER TRAINING WORKS (GROYNE) DESIGN IN
JELARAI RIVER, TANJUNG SELOR SUB-DISTRICT,
BULUNGAN, EAST KALIMANTAN**

Name : Abdullah Nur Rahmat
NRP : 3111100066
Department : Civil Engineering FTSP – ITS
Promotor : Dr techn. Umboro Lasminto ST, MSc
Ir. Bambang Sarwono, MSc

ABSTRACT

Tanjung Selor is a sub-region of the Bulungan district, East Kalimantan Province. Jelarai river are one of the Kayan river branch which flow through Tanjung Selor sub-district.. Jelarai river is classified as meandered river, where the meandered river body form many semi-circle curve. Because of Jelarai river winding shape set up a scouring event especially at the outer side of the curved riverbank. In 2008, A series of sheet pile are constructed to prevent riverbank erosion on the outer side of the Jelarai curved river bank section. However, the current condition of sheet pile is out of order due to water blow on cliff side of the curved riverbank as a consequence of continuously huge flood events since two years ago. As well as the flood events continue to happen, a structure which designed to reduce the danger of erosion are required to control the water flow on the Jelarai curved riverbank section. The Structure which designed in this case is groynes.

From the analysis, maximum discharge that can be accommodated by Jelarai river is obtained at 2200 m³/s. Flow rate simulation are conducted at sheet pile location which can be obtained a flow rate ranges from 1.20 m/s to 2.70 m/s. So selected permeable groynes which designed using concrete piles. Groynes are designed between 10-14 m long and 35 m spacing between one groyne and other. The top of groyne elevation is planned 1 m

above the highest water level. A set of groyne consists of two rows of piles with a diameter of 0.4 m and piles spacing between 2-3 m. Erection depth is set minimum at 6 m from the riverbed considering the greatest value of local scour which occurs at groyne foot around 3 m deep. Sediment transport analysis are obtained from the average sediment discharge at each cross-section of the river at 0.059 m³/s and volume of sediment transport 3571.52 m³/m with assuming a period of 7 days.

Keywords : Groyne, meander, flow rate, scouring

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir "***Perencanaan Bangunan Pengarah Aliran (Krib) pada Sungai Jelarai Kec. Tanjung Selor Kab. Bulungan Kalimantan Timur***" ini dengan lancar. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini, Penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ayah, Ibu, Adek dan Seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan, doa dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto ST. MSc. , selaku dosen pembimbing yang dengan sabar dan sepuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberi saran untuk penulis.
3. Bapak Ir. Bambang Sarwono MSc. , selaku dosen pembimbing yang dengan sabar dan sepuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberi saran untuk penulis
4. Prof. Ir. Noor Endah, MSc, PhD, selaku dosen wali yang memberi semangat dan mengarahkan selama 4 tahun.
5. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil ITS atas waktunya memberikan ilmu-ilmu yang berguna untuk penulis.
6. Keluarga besar Institut Teknologi Sepuluh Nopember, khususnya teman-teman angkatan 2011, Jurusan Teknik Sipil yang telah banyak memberikan semangat, bantuan, kenangan dan canda tawa selama 4 tahun.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik agar lebih baik lagi di masa mendatang.

Surabaya, Oktober 2015
Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i	
<i>Title Page</i>	ii	
Lembar Pengesahan	iii	
Abstrak	v	
<i>Abstract</i>	vii	
Kata Pengantar	ix	
Daftar Isi	xi	
Daftar Gambar	xv	
Daftar Tabel	xvii	
Daftar Lampiran	xix	
BAB I	PENDAHULUAN	
I.1	Latar Belakang	1
I.2	Rumusan Masalah	2
I.3	Tujuan	2
I.4	Manfaat Penelitian	2
I.5	Batasan Masalah	3
I.6	Gambaran Umum Lokasi Studi	3
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	
II.1	Definisi Sungai	7
II.2	Morfologi Sungai	7
	II.2.1 Sungai Berkelok (<i>Meandering Reaches</i>)	8
	II.2.2 Sungai Berburai (<i>Braided Reaches</i>)	8
	II.2.3 Sungai Lurus (<i>Straight Reaches</i>)	9
	II.2.4 Tinjauan Morfologi Sungai	9
II.3	Hidrolika Saluran Terbuka	10
	II.3.1 Aliran <i>Steady</i> dan <i>Unsteady</i>	10
	II.3.2 Aliran Seragam (<i>Uniform</i>) dan Tidak Seragam (<i>Non Uniform</i>)	11
	II.3.3 Aliran Laminer dan Turbulen	11
	II.3.4 Aliran Sub-Kritis, Kritis, dan Super Kritis	13

II.4	Gerusan Lokal (<i>Scouring</i>)	13
	II.4.1 Tipe Scouring	14
	II.4.2 Gerusan dalam Perbedaan Kondisi Angkutan	15
	II.4.3 Keseimbangan Penggerusan	15
II.5	Angkutan Sedimen	16
	II.5.1 Permulaan Gerakan Sedimen	17
	II.5.2 Angkutan Muatan Dasar (<i>Bed Load Transport</i>)	19
	II.5.3 Angkutan Muatan Melayang (<i>Suspended Load Transport</i>)	21
	II.5.4 Angkutan Muatan Melayang (<i>Total Load Transport</i>)	21
II.6	Kapasitas Eksisting Sungai	22
II.7	Perencanaan Krib Sungai	23
	II.7.1 Panjang dan Interval Krib	24
	II.7.2 Kedalaman Gerusan	25
	II.7.3 Konstruksi Krib	28
II.8	Analisa Kestabilan terhadap Guling	28
BAB III	METODOLOGI	
III.1	Studi Pustaka	31
III.2	Pengumpulan Data	31
III.3	Analisa Debit dan Kecepatan Aliran	31
III.4	Analisa Hidrolika	32
III.5	Perencanaan Krib	32
III.6	Analisa Stabilitas	32
III.7	Diagram Alir	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1	Gambaran Umum Lokasi Studi	35
IV.2	Analisa Kapasitas Eksisting Sungai	36
	IV.2.1 Permodelan HEC-RAS 4.1.0	37
	IV.2.1.1 Input Data Geometrik	38
	IV.2.1.2 Simulasi Debit	39

IV.3	Analisa Distribusi Kecepatan Menggunakan Program <i>Surface Water Modelling System</i> (SMS) 8.0	42
IV.3.1	Input Data untuk SMS 8.0	43
IV.3.2	Pembuatan Model Geometrik	46
IV.3.3	<i>Running</i> RMA2	48
IV.4	Analisa Gerusan (<i>Scouring</i>)	51
IV.4.1	Identifikasi Permulaan Gerak Sedimen	51
IV.5	Perencanaan Krib	57
IV.5.1	Perencanaan Dimensi Krib	57
IV.5.2	Kedalaman <i>Scouring</i> Ujung Kaki Krib	61
IV.6	Kontrol Kestabilan Krib	64
IV.6.1	Identifikasi Daya Dukung Tanah	66
IV.6.2	Kontrol Gaya Horizontal	68
IV.7	Analisa Angkutan Sedimen	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
V.1	Kesimpulan	81
V.2	Saran	82
Daftar Pustaka		83
Lampiran		
Biodata Penulis		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta lokasi Kabupaten Bulungan	3
Gambar 1.2	Lokasi <i>Sheet Pile</i> Sungai Jelarai	4
Gambar 1.3	Kondisi <i>Sheet Pile</i> doyong kearah sungai	4
Gambar 1.4	Denah Lokasi <i>Sheet Pile</i>	5
Gambar 2.1	<i>Meandering Reaches</i>	8
Gambar 2.2	<i>Braided Reaches</i>	9
Gambar 2.3	<i>Straight Reaches</i>	9
Gambar 2.4	Penentuan parameter bentuk alur sungai	10
Gambar 2.5	Sketsa pergerakan aliran sungai	16
Gambar 2.6	Sketsa model <i>bed-load</i> DuBoy	20
Gambar 2.7	Konstruksi krib dengan berbagai formasi	24
Gambar 2.8	Grafik <i>Blech Zero bed factor</i>	26
Gambar 2.9	Tekanan pada dinding tegak	29
Gambar 3.1	Diagram Alir	33
Gambar 4.1	Jaringan Sungai Jelarai	35
Gambar 4.2	Kondisi Eksisting Lokasi Perencanaan	36
Gambar 4.3	Skema Lokasi Perencanaan pada HEC-RAS 4.1.0	38
Gambar 4.4	Input data <i>boundary condition</i> analisa <i>steady flow</i> pada HEC-RAS 4.1.0	39
Gambar 4.5	Input data profile debit analisa <i>steady flow</i> pada HEC-RAS 4.1.0	40
Gambar 4.6	<i>Output profile</i> penampang 6 analisa <i>steady flow</i> pada HEC-RAS 4.1.0	40
Gambar 4.7	Skema permodelan dan kondisi batas yang digunakan untuk Sungai Jelarai	43
Gambar 4.8	Jalur pengambilan data kedalaman dengan menggunakan echo-sounding	44
Gambar 4.9	Ploting data pasang surut di Sungai Jelarai	45
Gambar 4.10	Grafik distribusi ukuran butiran material tebing Sungai Jelarai	46
Gambar 4.11	Data bathimetri kontur Sungai Jelarai	47
Gambar 4.12	Scatter point permodelan SMS 8.0	48
Gambar 4.13	Mesh Permodelan SMS 8.0	48

Gambar 4.14 Distribusi kecepatan aliran tikungan Sungai Jelarai.	50
Gambar 4.15 Diagram Shield	54
Gambar 4.16 Layout pemasangan krib	58
Gambar 4.17 Desain Krib	59
Gambar 4.18 Distribusi kecepatan aliran setelah pemasangan krib	60
Gambar 4.19 <i>Pile With Flexible Cap Or Hinged End Condition</i>	64
Gambar 4.20 Tampak Atas Dan Potongan Melintang Krib 11	65
Gambar 4.21 Grafik Hubungan relative density dengan koefisien modulus elastisitas tanah	69
Gambar 4.22 Grafik pengaruh nilai untuk pile dengan beban dan momen akibat gaya lateral	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Antara Panjang Dan Interval Krib	25
Tabel 2.2 Gaya Seret Kritis Material Kohesif Dasar Sungai	27
Tabel 2.3 Faktor Koreksi Total Kedalaman Gerusan Lokal	28
Tabel 4.1 Profile Output Tabel HEC-RAS 4.1.0	41
Tabel 4.2 Perbandingan Kecepatan Geser, Tegangan Geser Dan Parameter Shield Dengan Parameter Kritis Aliran Untuk Setiap Cross Section	56
Tabel 4.3 Tipe Krib	59
Tabel 4.4 Kedalaman Gerusan Lokal Pada Ujung Kaki Krib	63
Tabel 4.5 Kedalaman Pemancangan Tiang	68
Tabel 4.6 Rekap Perhitungan Defleksi Dan Momen Yang Terjadi Pada Tiang Pancang	72
Tabel 4.7 Volume Angkutan Sedimen (Mayer Peter Muller)	76
Tabel 4.8 Volume Angkutan Sedimen (Einstein Brown)	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Output Profil Penampang Sungai Analisa Steady Flow pada HEC-RAS 4.1.0	85
Lampiran B. Ringkasan Hasil Pengujian Laboratorium Terhadap Sampel Tanah	94
Lampiran C. Tabel Perhitungan Daya Dukung Ijin (Aksial – Tekan) Tiang Pancang Berdasarkan Harga SPT dan Data Bor dengan Formula Meyerhof dan Bazara	95
Lampiran D. Spesification Of Prestressed Concrete Spun Pile (JBI PILES) JIS A 5335	97
Lampiran E. Layout Eksisting	98
Lampiran F. Layout Pemasangan Krib	99
Lampiran G. Potongan Melintang Krib	100
Lampiran H. Tipe Krib	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya sungai didaerah hilir atau dataran rendah adalah bermeander atau berkelok – kelok misalnya Sungai Bengawan Solo, Sungai Cimanuk dan masih banyak sungai lainnya. Hal tersebut terjadi akibat proses erosi horizontal yang lebih besar dari erosi vertikal sehingga apabila sungai tersebut mulai berbelok maka terjadilah gerusan atau erosi pada tikungan luar sungai tersebut. Apabila erosi tersebut tidak ditanggulangi maka akan membahayakan bangunan yang berada di sekitar tikungan luar sungai tersebut., missal permukiman, jalan raya mauopun tanggul banjir.

Tanjung Selor merupakan sebuah kecamatan yang berada pada kabupaten Bulungan, provinsi Kalimantan Timur. Bagian utara kecamatan Tanjung Selor berbatasan langsung dengan sungai Jelarai (Gambar 1.2). Sungai Jelarai merupakan sungai bertipe meander, dimana badan sungai berkelok secara teratur dengan arah belokan mencapai setengah lingkaran.

Pada tahun 2008 dibangun *sheet pile* sebagai pengaman erosi pada tepian tikungan luar Sungai Jelarai, dimana terdapat permukiman penduduk Kecamatan Tanjung Selor. Kondisi *sheet pile* saat ini dalam kondisi doyong ke arah sungai akibat bencana alam banjir bandang terus menerus sejak dua tahun lalu (Gambar 1.3). Berdasarkan hasil studi penyelidikan konstruksi *sheet pile*, diidentifikasi pada lokasi tersebut berpotensi untuk terjadi penggerusan pada bagian dasar sungai akibat pukulan arus pada sisi luar tikungan. Sehingga menyebabkan kelongsoran yang berdampak posisi *sheet pile* menjadi doyong ke arah sungai.

Oleh karena itu dibutuhkan bangunan pengendalian dan pengarah arus berupa (*krib/groyne*) untuk menghindari gerusan pada sisi luar tikungan sungai. Krib merupakan bangunan perlindungan sungai yang dipasang melintang pada tebing

sungai dengan tujuan mengarahkan arus dan memperlambat kecepatan arus disekitar bangunan krib tersebut sehingga proses erosi akan terhindari dan bahkan akan terjadi proses sedimentasi (Sosrodarsono S., 2008).

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Apa penyebab terjadinya *scouring* disekitar lokasi *sheet pile*?
2. Berapa besar angkutan sedimen yang terjadi pada lokasi studi?
3. Berapa dimensi krib yang harus direncanakan guna mengarahkan arus agar tidak terjadi gerusan disekitar *sheet pile*?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab *scouring* disekitar lokasi *sheet pile* sungai Jelarai
2. Mendapatkan besar angkutan sedimen yang terjadi dilokasi studi.
3. Merencanakan dimensi krib sehingga dapat mengarahkan arus untuk mengendalikan gerusan yang terjadi di sekitar lokasi *sheetpile*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi pemerintah Kabupaten Bulungan :
Bagi pemerintah Kabupaten Bulungan hasil dari perencanaan ini dapat digunakan sebagai referensi untuk perencanaan bangunan pengendali dan pengarah aliran (*krib*)

2. Manfaat bagi masyarakat Jelarai Kecamatan Tanjung Selor :

Dengan adanya bangunan pengendali dan pengarah aliran (*krib*) diharapkan dapat mengurangi erosi akibat pukulan aliran sungai dan menjaga konstruksi sheetpile.

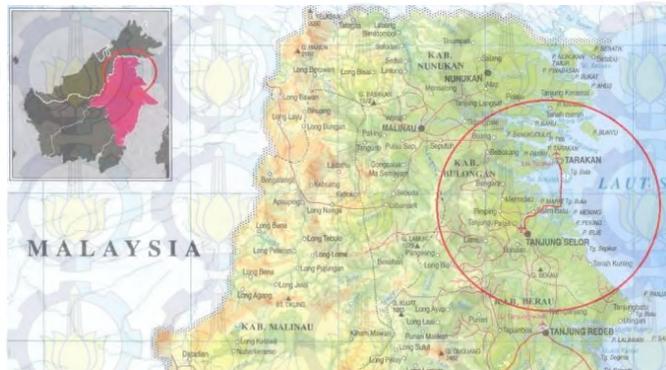
1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Tidak membahas analisa ekonomi
2. Tidak membahas metode pelaksanaan
3. Analisa angkutan sedimen hanya dilakukan disekitar lokasi studi.

1.6 Lokasi Perencanaan

Pada subbab ini ditampilkan gambar – gambar pendukung kondisi existing lokasi perencanaan



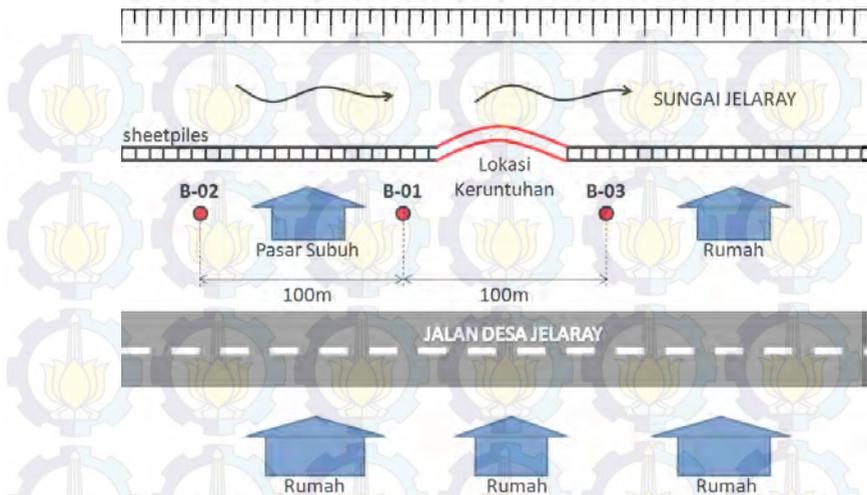
Gambar 1.1 Peta Lokasi Kabupaten Bulungan
(Sumber : *Google Image*)



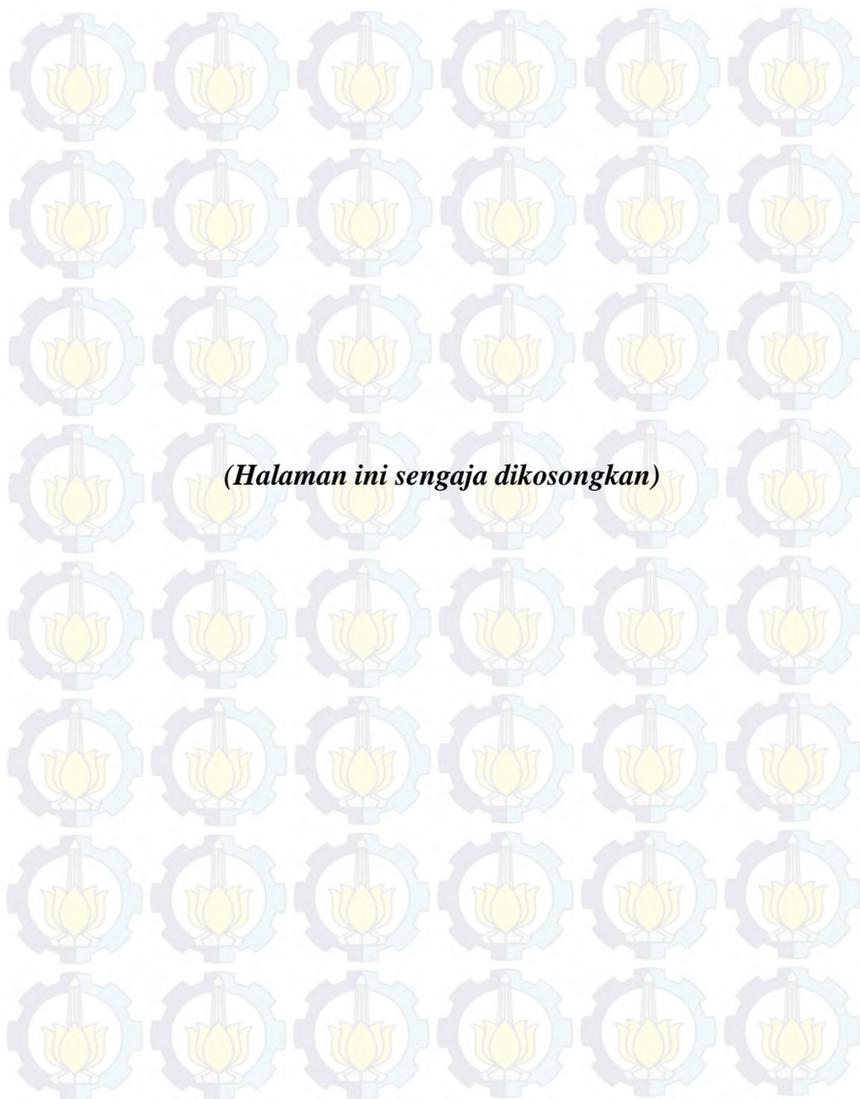
Gambar 1.2 Lokasi *Sheet Pile* Sungai Jelarai
(Sumber : *Google Earth*)



Gamabar 1.3 Kondisi *Sheet Pile* Doyong Kearah Sungai
(Sumber : Laporan Akhir Penyelidikan Konstruksi *Sheet Pile*
di Desa Jelarai)



Gambar 1.4 Denah Lokasi Sheet Pile
(Sumber : Laporan Akhir Penyelidikan Konstruksi *Sheet Pile*
di Desa Jelaray)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Sungai

Suatu alur yang panjang diatas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Perpaduan antara alur sungai dan aliran air didalamnya disebut sebagai sungai. Proses terbentuknya sungai itu sendiri berasal dari mata air yang berasal dari gunung/pegunungan yang mengalir di atas permukaan bumi. Dalam proses selanjutnya aliran air ini akan bertambah seiring dengan terjadinya hujan, karena limpasan air hujan yang tidak dapat diserap bumi akan ikut mengalir ke dalam sungai, mengakibatkan terjadinya banjir.

Dalam perjalanannya dari hulu menuju hilir, aliran sungai secara berangsurangsur berpadu dengan banyak sungai lainnya. Perpaduan ini membuat tubuh sungai menjadi semakin besar. Apabila suatu sungai mempunyai lebih dari dua cabang, maka sungai yang daerah pengaliran, panjang dan volume airnya paling besar disebut sebagai sungai utama (*main river*). Sedangkan cabang yang lain disebut anak sungai (*tributary*). Suatu sungai kadang-kadang sebelum aliran airnya mencapai laut, sungai tersebut membentuk beberapa cabang yang disebut cabang sungai (*enfluent*) (Sosrodarsono, 1984)

2.2 Morfologi Sungai

Sifat-sifat suatu sungai dipengaruhi oleh luas, dan bentuk daerah pengaliran serta kemiringannya. Topografi suatu daerah sangat berpengaruh terhadap morfologi sungai yang ada, daerah dengan bentuk pegunungan pendek-pendek mempunyai daerah pengaliran yang tidak luas dan kemiringan dasarnya besar. Sebaliknya daerah dengan

kemiringan dasarnya kecil biasanya mempunyai daerah pengaliran yang luas. Kategori kelas bentuk sungai yang umum diperkenalkan oleh Leopold dan Wolman (1957) adalah sungai berkelok (*meandering*), sungai berburai (*braided*), dan sungai lurus (*straight*).

2.2.1 Sungai Berkelok (*Meandering Reaches*)

Sungai yang mengandung aliran satu arah dengan kelokan-kelokan yang tajam. Bentuk geometrik sungai cenderung berubah seiring waktu menyesuaikan dengan erosi pengendapan yang terjadi.



Gambar 2.1 *Meandering Reaches*
(Sumber : Google Image)

2.2.2 Sungai Berburai (*Braided Reaches*)

Sungai berburai (*braided reaches*) adalah sungai yang terbentuk dari saluran-saluran kecil yang saling terhubung tidak beraturan. Sungai ini ditandai dengan sedimentasi yang relative tinggi di beberapa titik sehingga membentuk aliran-aliran kecil baru dimana mempunyai aliran atau arus yang bervariasi. Sungai dengan tipe ini umumnya memiliki perbedaan kemiringan yang relative tinggi dan lereng/tebingnya tidak stabi serta kurang bervegetasi



Gambar 2.2 Braided Reaches
(Sumber : Google Image)

2.2.3 Sungai Lurus (*Straight Reaches*)

Sungai lurus adalah sungai yang bentuk alinemen sungainya relative lurus tanpa kelokan. Sungai jenis ini umumnya memiliki kemiringan lereng yang hamper datar, atau curam yang mengakibatkan kecepatan aliran yang tinggi



Gambar 2.3 Straight Reaches
(Sumber : Google Image)

2.2.4 Tinjauan Morfologi Sungai

Kondisi morfologi sungai (*river morphology*) berkaitan dengan bentuk alur sungai, geometri saluran, kemiringan sungai. Penentuan bentuk alur sungai didasarkan pada nilai *Sinosity Index* (SI) sebagai berikut:

- Menurut Leopold dan Walman : $SI = \frac{\text{Talweg leght}}{\text{valley leght}}$
- Menurut Brice : $SI = \frac{\text{Leght of channel}}{\text{leght of meander belt axis}}$

Dengan :

$SI < 1,05$



sungai lurus

$SI > 1,5$

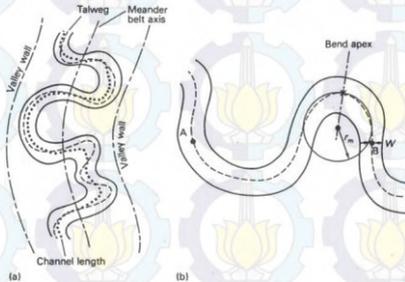


sungai berkelok (*meandering*)

$1,05 > SI > 1,5$



sungai sinous



Gambar 2.4 Penentuan Parameter Bentuk Alur Sungai

2.3 Hidrolika Saluran Terbuka

Jenis aliran dalam saluran dapat dibedakan menjadi 2 yaitu aliran dalam saluran tertutup dan aliran dalam saluran terbuka. Pada saluran terbuka aliran menerima pengaruh tekanan dari atmosfer sedangkan pada saluran tertutup tidak menerima pengaruh dari tekanan atmosfer. Sungai merupakan salah satu jenis saluran terbuka yang memiliki karakteristik aliran tertentu. Karakteristik aliran pada sungai dapat diklasifikasikan berdasarkan kecepatan yang berubah menurut waktu dan tempat, juga berdasarkan keadaan alirannya.

2.3.1 Aliran *Steady* dan *Unsteady*

Aliran dalam saluran terbuka dapat digolongkan dalam beberapa tipe. Jika penggolongan tersebut didasarkan pada perubahan kedalaman air menurut waktu, maka aliran dapat dibedakan menjadi :

1. Aliran Tetap (*Steady Flow*)

Dalam saluran terbuka dikatakan bertipe aliran tetap (*steady*) bila kedalaman kedalaman aliran tidak berubah atau

dianggap konstan selama suatu selang waktu tertentu. Sebagian besar persoalan tentang saluran terbuka umumnya hanya memerlukan penelitian mengenai perilaku aliran dalam keadaan tetap.

2. Aliran Tidak Tetap (*Unsteady Flow*)

Sedangkan aliran dikatakan tidak tetap (*unsteady*) bila kedalamannya berubah sesuai dengan waktu. Banjir dan gelombang merupakan salah satu contoh kasus dimana analisa aliran dilakukan dengan pendekatan tidak tetap.

2.3.2 Aliran Seragam (*Uniform*) dan Tidak Seragam (*Non Uniform*)

Selain berdasarkan pada waktu, aliran juga dapat diklasifikasikan sesuai dengan perubahan kedalaman menurut tempat yaitu aliran seragam dan aliran berubah.

1. Aliran seragam (*Uniform*)

Aliran saluran dikatakan seragam bila kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Suatu aliran seragam dapat bersifat tetap atau tidak tetap, tergantung apakah kedalamannya berubah sesuai dengan perubahan waktu.

- a. Aliran Seragam Tetap (*steady uniform flow*)
- b. Aliran Seragam Tidak Tetap (*unsteady uniform flow*)

2. Aliran Berubah (*Varied Flow*)

Aliran disebut berubah (*varied*) bila kedalaman aliran berubah disepanjang saluran. Aliran berubah dapat bersifat tetap ataupun tidak tetap.

- a. Aliran Berubah Tiba-tiba (*rapidly varied*)
- b. Aliran Berubah Lambat Laun (*gradualiy varied*)

2.3.3 Aliran Laminer dan Tubulen

Aliran memiliki keadaan yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh kekentalan dan gravitasi sehubungan dengan gaya-gaya inersia aliran. Tegangan permukaan air

dalam keadaan tertentu dapat pula mempengaruhi perilaku aliran, tetapi pengaruh ini tidak terlalu besar dalam masalah saluran terbuka pada umumnya yang ditemui dalam dunia teknik. Aliran dapat bersifat laminar, turbulen, atau peralihan tergantung pada pengaruh kekentalan sehubungan dengan kelembaman (inersia).

1. Aliran Laminer

Aliran dikatakan laminar apabila gaya kekentalan relative lemah dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh terhadap perilaku aliran. Dalam aliran laminar, butir-butir air seolah-olah bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus, dan selapis cairan yang sangat tipis seperti menggelincir di atas lapisan sebelahnya.

2. Aliran turbulen

Aliran turbulen adalah apabila gaya kekentalan relative lemah dibandingkan dengan gaya kelembamannya. Pada aliran turbulen, butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar maupun tidak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap menunjukkan gerak maju dalam aliran secara keseluruhan.

3. Aliran peralihan

Merupakan kondisi aliran diantara aliran laminar dan aliran turbulen.

Pengaruh kekentalan relative terhadap kelembaman dapat dinyatakan dengan bilangan *Reynolds*, yang didefinisikan sebagai:

$$R_e = \frac{VL}{\nu} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana V adalah kecepatan aliran, L adalah jari-jari hidrolis dan ν adalah kekentalan kinematis. Menurut banyak percobaan pada saluran terbuka, bila $Re < 2000$, aliran adalah laminar. Sedangkan bila $Re > 50000$, maka aliran

adalah turbulen dengan nilai Re diantara 2000-50000 masuk dalam kategori aliran peralihan.

2.3.4 Alran Sub-Kritis, Kritis, dan Super Kritis

Gravitasi bumi memiliki pengaruh terhadap aliran air yang berada pada saluran terbuka, Akibat gaya tarik bumi terhadap keadaan aliran dinyatakan dengan rasio gaya inersia dengan gaya taerik bumi. Rasio ini ditetapkan sebagai bilangan *Froude* yang didefinisikan sebagai:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Fr = Bilangan Froude

V = Kecepatan rata – rata aliran (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

Apabila $Fr = 1$ berarti $V = \sqrt{gD}$ maka aliran dinamakan dalam keadaan kritis (aliran kritis). Bila Fr lebih kecil dari 1, atau $V < \sqrt{gD}$ aliran adalah sub-kritis. Dalam hal ini gaya gravitasi memegang peranan penting, aliran mempunyai kecepatan kecil yang biasanya ditunjukkan sebagai aliran yang tenang atau disebut mengalir biasa. Bila Fr lebih besar dari 1 atau $> \sqrt{gD}$ aliran adalah superkritis. Dalam hal ini gaya inersia menjadi dominan (memegang peranan) sehingga kecepatan aliran besar dan biasanya terlihat dari alirannya yang deras atau biasa disebut air mengalir deras atau menjeram.

2.4 Gerusan Lokal (*Scouring*)

Gerusan Lokal adalah degradasi pada dasar atau tebing sungai yang terjadi pada suatu tempat tertentu sebagai akibat adanya perubahan tiba - tiba /mendadak dari parameter sungai (misalnya; geometri sungai, kemiringan dasar sungai, kecepatan aliran atau adanya struktur di badan sungai)

2.4.1 Tipe Scouring

Proses gerusan terjadi karena adanya perubahan pola aliran yang melewati suatu penampang sungai sehingga partikel-partikel dasar sungai akan terangkut dan ditransportasikan dari daerah asalnya selapis demi selapis dan proses tersebut terjadi berulang-ulang sampai mencapai suatu keseimbangan dasar sungai yang baru.

Menurut Raudkivi dan Eterna (1982) tipe gerusan dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu:

1. Gerusan umum di alur sungai, tidak berkaitan sama sekali dengan ada atau tidaknya bangunan sungai.
2. Gerusan dilokalisir di arus sungai, terjadi karena penyempitan aliran sungai
3. Gerusan lokal disekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal sekitar bangunan sungai.

Gerusan dari jenis yang di sebutkan pada nomor (2) dan (3) selanjutnya dapat dibedakan menjadi gerusan dengan air bersih (*clear water scour*) maupun gerusan dengan air beresedimen (*live bed scour*). *Clear water scour* berkaitan dengan suatu keadaan dimana dasar sungai di sebelah hulu bangunan dalam keadaan diam (tidak ada material yang terangkut) atau secara teoritik $\tau_0 < \tau_c$. Sedangkan *live bed scour* terjadi ketika kondisi aliran dalam sungai menyebabkan material dasar bergerak atau secara teoritik $\tau_0 > \tau_c$.

2.4.2 Gerusan dalam perbedaan kondisi angkutan

Kondisi *clear water scour* dimana terjadi jika material dasar sungai di sebelah hulu gerusan dalam keadaan diam atau tidak terangkut. Terdapat 2 kondisi dari *clear water scour* :

- Untuk $\frac{U}{U_{cr}} \leq 0,5$ maka gerusan lokal tidak terjadi dan proses transportasi sediment tidak terjadi
- Apabila $0,5 \leq \frac{U}{U_{cr}} \leq 1$ gerusan lokal terjadi secara terus menerus dan proses sedimen tidak terjadi.

Kondisi *live bed scour* dimana gerusan yang juga disertai dengan angkutan sedimen material dasar sungai, jika :

$$\frac{U}{U_{cr}} > 1 \dots \dots \dots (2,3)$$

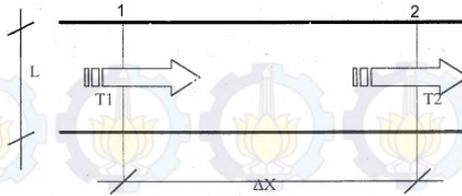
Dimana :

U = Kecepatan aliran rata – rata (m/det)

U_{cr} = Kecepatan aliran kritis (m/det)

2.4.3 Keseimbangan penggerusan

Terjadinya penggerusan disebabkan karena gaya seret (tractive force) lebih besar daripada gaya – gaya tanah dasar, atau akibat gaya seret (tractive force) yang bertambah pada suatu waktu untuk lokasi tertentu. Akan tetapi selain gaya tersebut juga ditentukan oleh sejumlah sedimen yang dibawa oleh aliran tersebut, seperti yang dikemukakan oleh H.C Frijlink (1968), bahwa kriteria penggerusan dan pengendapan pada suatu sungai sejauh ΔX dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.5 Sketsa Pergerakan Aliran Sungai

Ditinjau penampang sungai seperti pada Gambar 2.5, pergerakan aliran dari penampang 1 (satu) ke penampang 2 (dua) sejauh ΔX akan terjadi penggerusan apabila kapasitas sediment (T) yang terjadi $T_2 > T_1$ dan dapat diekspresikan secara formula yaitu $dT/dx > 0$, dimana x adalah panjang koordinat yang diukur sepanjang garis sumbu (garis tengah) sungai. Jika $T_2 < T_1$ maka material dibawa T_1 , akan diendapkan sebesar ΔT , dimana $\Delta T = T_1 - T_2$ pada penampang 1 (satu) dan penampang 2 (dua) sejauh ΔX dan dapat diformulasikan $dT/dx < 0$. Secara umum bahwa kondisi keseimbangan aliran air tercapai ($h = h_e$, dimana h_e adalah h equilibrium atau keseimbangan kedalaman). Jika kondisi hal ini tercapai, maka tidak akan terjadi gerusan (scouring) maupun pengendapan.

2.5 Angkutan Sedimen

Menurut Sosrodarsono dan Tominaga (1985), bahwa sungai adalah jalur aliran air diatas permukaan bumi yang disamping mengalirkan air juga mengangkut sedimen terkandung dalam sungai tersebut, jadi sedimen terbawa hanyut oleh aliran air, yang dapat dibedakan menjadi beberapa keadaan.

Ada 3 (tiga) macam pergerakan angkutan sedimen yaitu:

1. *Bed load transport*

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed*

load ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai.

2. *Wash load transport*

Wash load adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang.

3. *Suspended load transport*

Suspended load adalah material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong oleh turbulensi aliran. *Suspended load* itu sendiri umumnya bergantung pada kecepatan jatuh atau lebih dikenal dengan *fall velocity*.

Pada kenyataan pada tiap satu satuan waktu pergerakan angkutan sedimen yang dapat diamati hanyalah *bed load transport* dan *suspended load transport*.

2.5.1 Permulaan Gerakan Sedimen

Kondisi pergerakan awal dapat menjadi banyak tergantung dari kriteria sebagai berikut: (1) Pergerakan partikel tunggal; (2) Pergerakan partikel banyak; (3) Pergerakan umum dari dasar saluran (*general motion on the bed*); (4) Kondisi limit ketika ukuran angkutan sedimen cenderung mendekati harga nol (*limiting contion when the rate of sediment transport tend to zero*).

Menurut Graf (1984), pergerakan awal butiran dasar yang biasanya disebut dengan kondisi kritis (*critical*

motion) atau gerusan awal (*initial scour*) dapat dijelaskan dengan beberapa jalan, yaitu:

1. Dengan menggunakan persamaan kecepatan kritis, yakni dengan mempertimbangkan pengaruh aliran terhadap butiran;
2. Dengan persamaan tegangan geser kritis, yakni dengan mempertimbangkan hambatan gesek dari aliran terhadap butiran;
3. Dengan kriteria gaya angkat (*the lift force criteria*), yakni dengan mempertimbangkan perbedaan tegangan yang menyebabkan terjadinya gradient kecepatan.

Gaya hambat yang biasa disebut sebagai tegangan gesek dasar, τ_0 , dinyatakan sebagai berikut :

$$\tau_0 = \theta (\rho_s - \rho_w) g d_{50} \dots \dots \dots (2.4)$$

Shields (1936) dan Yang (1996), menerapkan analisis diemnsi untuk menentukan beberapa parameter tak berdimensi dan ditetapkan dalam bentuk diagram pergerakan awal (*incipient motion*). Faktor-faktor yang penting dalam menjelaskan pergerakan awal yaitu tegangan geser (τ), selisih rapat massa sedimen dan fluida ($\rho_s - \rho_w$), diameter butiran (d) dan percepatan gravitasi (g).

Menurut Shields, dengan mengetahui bilangan Reynold (Re) atau diameter butiran (d), maka nilai tegangan geser kritis (τ_c) dapat diketahui. Bila tegangan geser aliran berada dibawah nilai kritisnya maka butiran sedimen tidak bergerak. Sebaliknya bila tegangan geser aliran melebihi nilai kritisnya maka butiran sedimen bergerak, dengan kata lain:

- $\tau_0 < \tau_c$ butiran dasar tidak bergerak;
- $\tau_0 = \tau_c$ butiran dasar saat mulai bergerak;
- $\tau_0 > \tau_c$ butiran dasar bergerak

2.5.2 Angkutan Muatan Dasar (*Bed Load Transport*)

Ketika kondisi aliran mulai memenuhi atau melampaui kriteria untuk permulaan gerak, partikel sedimen di sepanjang dasar sungai akan mulai bergerak. Apabila gerakan dari partikel sedimen menggelinding (*rolling*), meluncur (*sliding*), atau terkadang meloncat-loncat (*jumping*) di sepanjang dasar sungai, peristiwa tersebut disebut dengan angkutan muatan dasar (*bed load transport*)

Untuk menghitung angkutan muatan dasar terdapat beberapa rumus yang umum dipakai, salah satunya adalah rumus oleh Chang, Simons, dan Richardson (1967). Mereka merumuskan bahwa volume muatan dasar dari beratnya dapat ditentukan dengan rumus:

$$q_b = \frac{K_b \gamma_s V (\tau - \tau_c)}{(\gamma_s - \gamma) \tan \phi} = K_T V (\tau - \tau_c) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana: K_b = konstan dan

ϕ = sudut geser material didasar saluran

Nilai dari K_t dan q_b di persamaan diatas adalah dalam satu Imperial.

Adapun persamaan lain yang dapat digunakan untuk menghitung angkutan muatan dasar dengan persamaan DuBoy, dimana Duboy menganggap pergerakan sedimen di dasar saluran seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6. Gaya tarikan (tractive force) di dasar diimbangi oleh tebal lapisan yang masing-masing tebalnya ε . Dalam kondisi seimbang maka :

$$\tau = \rho_s g h I = C_f m \varepsilon (\rho_s - \rho) g \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana ; C_f = Koefisien friksi

m = jumlah lapisan

ε = tebal lapisan

h = kedalaman air

I = kemiringan saluran

ρ_s, ρ = berat spesifik sedimen dan air

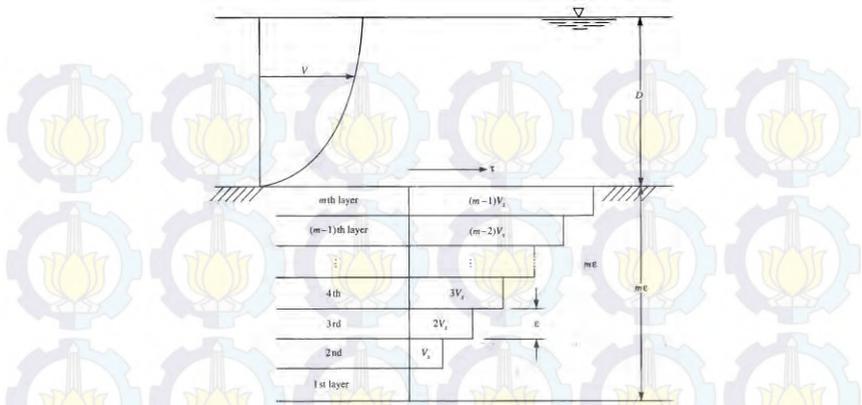


FIGURE 4.1
Sketch of DuBoys' bed-load model.

Gambar 2.6 Sketsa Model *Bed-Load* Duboy
(Sumber :Bahan Ajar Kuliah *Sediment Transport Bambang Sarwono*)

Menurut Schoklitsch (1934) beban dasar (*bed load*) dapat ditentukan menggunakan debit air. Ada 2 rumus Schocklitsch; yang pertama dipublikasikan pada tahun 1934 dan yang kedua pada tahun 1943. Formula tersebut dijabarkan dalam satuan metrik, maka :

$$q_b = 2500 \cdot I^{3/2} (q - q_c) \dots (2.7)$$

dimana;

q_b = beban dasar dalam satuan (kg/dt)/m

d = ukuran partikel dalam m

q dan q_c = debit air dan debit kritis pada permulaan gerak dlm (m³/dt)/m

Untuk sedimen dengan berat spesifik 2,65, debit kritis pada pers. (2.8)

$$q_c = \frac{0.6d^{3/2}}{I^{7/6}} \dots (2.8)$$

2.5.3 Angkutan Muatan Melayang (*Suspended Load Transport*)

Muatan melayang (*suspended load*) mengacu pada sedimen yang mendapatkan gaya ke atas dari arus turbulen dan melayang-layang di aliran selama jangka waktu tertentu. Di sebagian besar sungai alami, sebagian besar sedimen yang diangkat merupakan angkutan melayang.

Lane dan Kalinske (1941) merumuskan suatu persamaan untuk menghitung muatan melayang pada sungai.

$$C = C_a \exp \left[-\frac{15\omega}{u} \left(\frac{z-a}{h} \right) \right] \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

C dan C_a = Konsentrasi sedimen/beban suspense pada jarak z dan a di atas dasar saluran

ω = kecepatan jatuh untuk d_{50}

$$P_L = \frac{c}{C_a} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana

C = Integral kedalaman konsentrasi sedimen rata-rata

Maka muatan sedimen melayang dari beratnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$q_s = qC_a \cdot P_L \exp \left(\frac{15 \cdot \omega \cdot a}{u \cdot h} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana hubungan antara P_L dan ω/U dalam satuan Imperial (Inggris), dalam persamaan diatas, C_a adalah konsentrasi dalam berat kering. Jika konsentrasi dinyatakan dalam prosentase harus dikalikan dengan satuan berat air ($62,4 \text{ lb/ft}^2$).

2.5.4 Angkutan Muatan Total (*Total Load Transport*)

Berdasarkan metode angkutan sedimen, angkutan muatan total adalah jumlah angkutan muatan dasar dan angkutan muatan melayang. Sebagian besar persamaan angkutan muatan total adalah persamaan angkutan sedimen

material dasar total yang sebenarnya. Dalam perhitungan angkutan sedimen material dasar total, *wash load* yang merupakan material yang berasal dari luar sungai tidak diperhitungkan karena prediksi yang susah dilakukan.

Engelund-Hansen (1967) merumuskan suatu persamaan untuk memprediksi total load yang memberikan hasil yang cukup memadai untuk sungai berpasir dengan substansi suspended load yang didasarkan pada flume dengan ukuran sedimen antara 0,19 s/d 0,93 mm. Rumus umum yang digunakan oleh Engelund-Hansen untuk sejenis ukuran butiran adalah sebagai berikut:

$$g_s = 0,05 \gamma_s V^2 \sqrt{\frac{d_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)}} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) d_{50}} \right]^{3/2} \dots (2.12)$$

Dimana: g_s = unit angkutan sedimen
 γ = berat unit air
 γ_s = berat unit partikel
 τ_0 = tegangan geser dasar
 d_{50} = partikel sedimen yang lebih kecil dari 50% tersaring

2.6 Kapasitas Eksisting Sungai (*fullbank capacity*)

Kapasitas eksisting merupakan besaran daya tampung suatu saluran/sungai yang di hitung berdasarkan debit maksimum yang masuk ke dalam saluran. Dari perhitungan kapasitas saluran/sungai tersebut akan diketahui apakah saluran eksisting masih mampu menampung debit yang mengalir atau tidak. Dalam perhitungan *fullbank capacity* tersebut digunakan persamaan kontinuitas dan rumurs sebagai berikut:

$$Q = V.A \quad \dots (2.13)$$

$$V = \frac{1}{n} . R^{2/3} . S^{1/2} \quad \dots (2.14)$$

$$A = (b + mh) h \quad \dots (2.15)$$

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \quad \dots (2.16)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \dots (2.17)$$

Dimana:

Q = debit saluran (m^3/dt),

V = kecepatan aliran (m/dt),

A = Luas penampang basah saluran (m^2),

N = koefisien kekasaran Manning,

R = jari-jari hidrolisis (m),

S = Kemiringan saluran,

P = Keliling basah saluran (m),

b = lebar dasar saluran 9m0,

h = tinggi air (m),

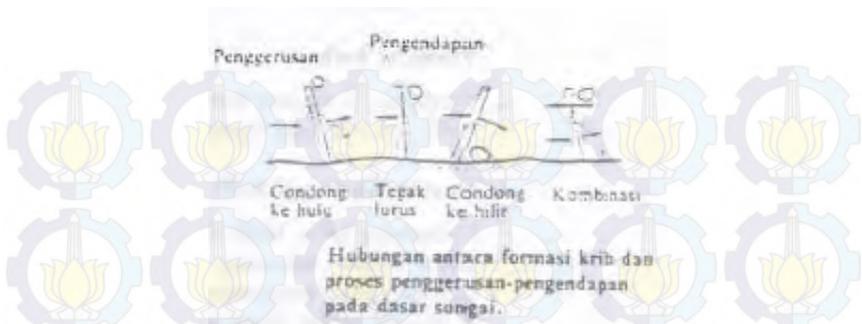
m = kemiringan talud

(Suripin, 2004, 145-148)

2.7 Perencanaan Krib Sungai

Krib adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing kearah tengah guna mengatur arah arus sungai mempercepat sedimentasi, dan menjamin keamanan tanggul atau tebing sungai terhadap gerusan (Sosrodarsono, 173). Metode pembuatan krib tergantung pada data dan bentuk morfologi dari sungai. Secara garis besar krib diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu krib *permeable*, krib *impermeable* dan krib *semi permeable*.

Dari segi pemasangan terhadap arah arus sungai krib dibedakan menjadi dua yaitu krib silang dan krib memanjang. Krib silang (*transversal dyke*) dipasang melintang merintang arus sungai sedangkan krib memanjang (*longitudinal dyke*), formasi hampir sejajar arah arus sungai (Sosro darsono)



Gambar 2.7 Konstruksi Krib Dengan Berbagai Formasi
(Sumber: Sosrodarsono,2009)

2.7.1 Panjang dan Interval Krib

Panjang krib tergantung seberapa jauh aliran sungai akan dialihkan agar tidak mengenai tebing sungai. Pada bagian sungai yang mengalami pukulan air, jarak antara krib yang berdekatan dibuat lebih rapat karena daya gerus arus akan melebar sampai ke tebing sungai. Salah satu rumus untuk menentukan panjang krib; menurut *Gupta et al* (1969)

$$L/B = 0,11 (n F^{0,5})^{1,5} \dots\dots(2.18)$$

Dimana L adalah panjang krib, B adalah lebar muka air sungai debit rencana atau debit penuh (*bankfull discharge*), F adalah bilangan *Froude*, n adalah koefisien empiris ($n = d/L = 2 s/d 5$) dan d adalah jarak antar krib.

Menurut *Varshney and Mathur* (1972), rumus untuk menghitung panjang krib dapat dibagi menjadi tiga kelas, yaitu:

- Untuk 2 unit krib dan $Q < 2800 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka :
 $L/B = 0,755 (A 0,5/F 1,5) - 0,65 \dots\dots (2.19)$
- Untuk 2 unit krib dan $Q > 2800 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka :
 $L/B = 0,469 (A/F) - 0,45 \dots\dots (2.20)$
- Untuk lebih dari 2 unit krib dan $Q > 2800 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka :
 $L/B = 0,369 (A2,5/F 1,5) - 0,22 \dots\dots (2.21)$

dimana L adalah panjang krib, B adalah lebar sungai saat debit maksimum.

Selain menggunakan rumus empiris penentuan panjang krib dapat ditetapkan secara empiris, hanya dengan perkiraan semata – mata dan didasarkan pada pengamatan data – data sungai yang bersangkutan. Umumnya krib yang terlalu panjang akan berakibat kurang baik terhadap kestabilan sungai.

Menurut Sosrodarsono dan Masateru Tomiga (1994) berdasarkan hasil survey dan pengamatan pada krib – krib yang sudah dibangun, maka perbandingan antara panjang krib (L) dan lebar sungai (B) umumnya lebih kecil dari 10% dan yang melebihi 25% hanya pada beberapa sungai saja.

Interval krib yang telah dibangun dan setelah dilakukan pengamatan yang sangat teliti di Sungai Tone, maka diperoleh hubungan antara interval dan panjang krib seperti yang tertera pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan Antara Panjang Dan Interval Krib

Lokasi pembuatan krib di sungai	Hubungan antara interval (D) dan panjang (L)
Bagian Lurus	$D = (1,7-2,3) L$
Bagian Luar	$D = (1,4 - 1,8)L$
Bagian Dalam	$D = (2,8 - 3,6) L$

(Sumber: Sosrodarsono,2009)

2.7.2 Kedalaman Gerusan

Kedalaman gerusan setempat akibat pemasangan krib perlu dikontrol, agar penurunan dasar sungai dapat dikendalikan. Gerusan lokal diujung (kaki) krib dapat diestimasi menggunakan berbagai rumus antara lain;

Farraday & Charlton (1983) dan *Blench* (1969) sebagai berikut;

Kedalaman gerusan lokal metode Blench, 1969

Kedalaman gerusan lokal :

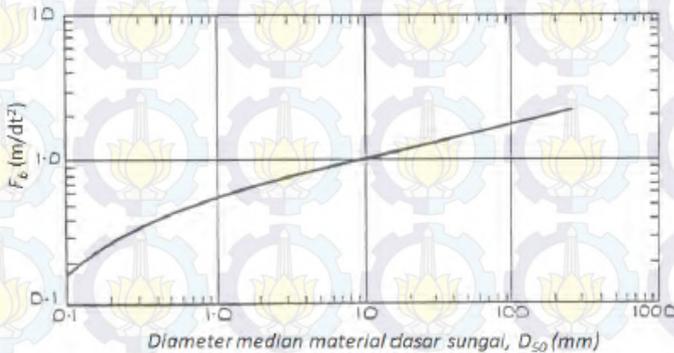
$$Y_2 = (q^2/F_b)^{0,33} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

Y_2 = Rata-rata kedalaman gerusan lokal diukur dari permukaan air (m)

q = Debit aliran sungai per satuan lebar sungai (m³/dt/m)

F_b = "Blench Zero bed factor " (Grafik 2.8)



Gambar 2.8 Grafik *Blech Zero Bed Factor*
(Sumber : Catatan Joko Cahyono)

Kedalaman gerusan lokal metode *Farraday & Charlton*, (1983)

Dasar sungai didomnasi pasir

$$Y_2 = 0,38 (V_1 Y_1)^{0,67} D_{50}^{-0,17} \dots\dots (2.23)$$

Dasar sungai didomnasi kerikil

$$Y_2 = 0,47 (V_1 Y_1)^{0,80} D_{90}^{-0,12} \dots\dots (2.24)$$

Dasar sungai sedimen kohesif

$$Y_2 = 51,4 n^{0,86} (V_1 Y_1)^{0,86} \tau c^{-0,43} \dots\dots(2.25)$$

Dimana :

Y_2 = Rata-rata kedalaman gerusan lokal diukur dari permukaan air (m)

(Harga dari perhitungan Y_2 masih harus dikalikan faktor koreksi pada tabel 2.2)

$y_1 = A_1 / T_1$ = Desain kedalaman gerusan lokal (m)

T_1 = Desain lebar rata-rata permukaan aliran sungai (m)

A_1 = Desain luas penampang rata-rata aliran sungai (m²)

V_1 = Desain kecepatan aliran (m/dt)

D_{50} = Diameter butir material di dasar sungai (m), berat butiran sedimen 50 % lolos saring

D_{90} = Diameter butir material di dasar sungai (m), berat butiran sedimen 90 % lolos saring

τ_c = gaya seret kritis mulai terjadi gerusan (N/m²)
(Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Gaya Seret Kritis Material Kohesif Dasar Sungai

<i>Rasio pori-pori</i>	2.0 - 1.2	1.2 - 0.6	0.6 - 0.3	0.3 - 0.2
<i>Kepadatan kering (kg/m³)</i>	880 - 1,220	1,220 - 1,650	1,650 - 2,030	2,030 - 2,210
<i>Kepadatan jenuh air (kg/m³)</i>	1,550 - 1,740	1,740 - 2,030	2,030 - 2,270	2,270 - 2,370
<i>Tipe Tanah</i>	<i>Gaya Seret Kritis (N/m²)</i>			
<i>Lempung pasir</i>	1.9	7.5	15.7	30.2
<i>Lempung berat</i>	1.5	6.7	14.6	27.0
<i>Lempung</i>	1.2	5.9	13.5	25.4
<i>Lempung halus</i>	1.0	4.6	10.2	16.8

(Sumber : Catatan Joko Cahyono)

Tabel 2.3 Faktor Koreksi Total Kedalaman Gerusan Lokal

Koreksi	Faktor pengali
Ujung (kaki) krib atau abutment	2,00 – 2,75
Arah aliran tegak lurus tebing sungai	2,25
Arah aliran sejajar tebing sungai	1,50 – 2,00

(Sumber : Catatan Joko Cahyono)

2.7.3 Konstruksi Krib

- a. Krib tiang pancang : adalah contoh krib permeabel dan dapat digunakan baik untuk krib memanjang maupun krib melintang. Konstruksinya sangat sederhana dan dapat meningkatkan proses pengendapan serta sangat cocok untuk bagian sungai yang deras arusnya
- b. Krib rangka : adalah krib yang cocok untuk sungai-sungai yang dasarnya terdiri dari lapisan batu atau kerikil yang sulit dipancang dan krib rangka ini mempunyai kemampuan bertahan yang lebih besar terhadap arus sungai dibandingkan dengan krib tiang pancang.
- c. Krib blok beton : krib blok beton mempunyai kekuatan yang baik dan awet serta sangat fleksibel dan umumnya dibangun pada bagian sungai yang arusnya deras. Bentuk dan denah krib serta berat masing-masing blok beton sangat bervariasi tergantung dari kondisi setempat antara lain dimensi serta kemiringan sungai dan penetapannya didasarkan pada contoh-contoh yang sudah ada atau pengalaman-pengalaman pada krib-krib sejenis yang pernah dibangun.

2.8 Analisa Kestabilan Terhadap Guling

Pada bangunan sungai perlu dilakukan tinjauan kestabilan terhadap guling. Hal ini disebabkan adanya pengaruh gaya tekanan hidrostatis akibat dari arus aliran sungai. Gaya hidrostatis lateral yang diakibatkan oleh aliran sungai yang

menghantam krib, cenderung menggulingkan krib dengan pusat rotasi pada ujung kaki krib. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri krib.

Faktor aman terhadap penggulingan (SF) didefinisikan sebagai :

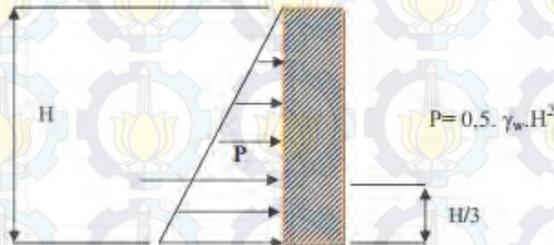
$$SF = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1,5 \dots (2.26)$$

Dimana :

$\sum Mt$ = momen tahan terhadap guling (kNm)

$\sum Mg$ = momen total sesungguhnya yang menyebabkan guling (kNm)

Gaya tekan air atau gaya hidrostatis adalah gaya horizontal akibat air dari hulu yang menabrak dinding krib. Tekanan hidrostatis adalah fungsi kedalaman dibawah permukaan air, dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Besarnya momen akibat tekanan hidrostatis adalah :



Gambar 2.9 Tekanan Pada Dinding Tegak

$$P_{air} = 0,5 \cdot H^2 \cdot \gamma_w$$

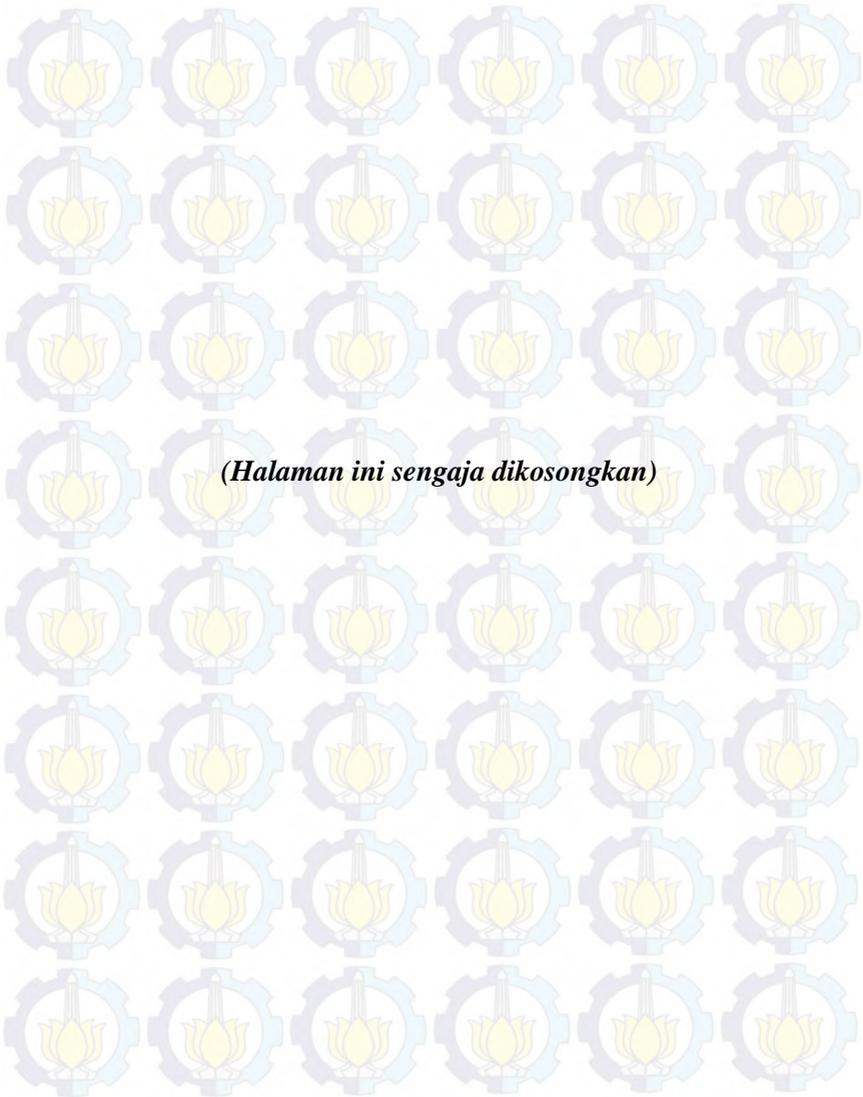
Sehingga Moment akibat hidrostatis adalah :

$$M_{air} = P_{air} \times H/3$$

Dimana : H = Kedalaman air (m)

γ_w = berat volume air (kN/m³)

M air = Momen tekanan air (kN.m)



BAB III

METODOLOGI

Metode perencanaan disusun untuk mempermudah pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan tujuan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis, teratur dan tertib.

3.1 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari literatur maupun laporan hasil studi sebelumnya yang berhubungan dengan perencanaan krib di sungai Jelarai dan mengumpulkan data-data yang diperlukan sebagai referensi.

3.2 Pengumpulan Data

Kegiatan yang akan dilakukan dalam tahap ini adalah pengumpulan data sekunder. Data sekunder adalah semua data yang akan digunakan dalam analisis data, baik dari laporan studi terdahulu maupun dari berbagai instansi yang terkait dengan perencanaan. Berikut beberapa data yang dipergunakan antara lain :

1. Data Topografi
 - Bathimetri sungai Jelarai
 - *Cross section* sungai
2. Data Hidrologi
 - Data pasang surut
3. Data Tanah
 - Data hasil uji laboratorium oleh tim penyelidik

3.3 Analisa Debit dan Kecepatan Aliran

Dalam kegiatan ini akan dilakukan analisa perhitungan debit banjir rencana, mengingat tidak tersedianya data historis dan pengukuran yang runtut waktu untuk berbagai kondisi debit

aliran sungai sungai Jelarai. Analisa yang dilakukan dapat menggunakan pendekatan kondisi sungai *full bank capacity*.

3.4 Analisa Hidrolika

Maksud dan tujuan dari kegiatan ini untuk mengetahui penyebab terjadinya gerusan lokal (*scouring*). Selain itu dilakukan juga analisa bentuk morfologi sungai Jelarai dan pengaruhnya terhadap penampang sungai.

Dilakukan juga analisa terhadap angkutan sedimen. Perlunya analisa terhadap angkutan sedimen (*sediment transport*) ini berkaitan dengan efek yang ditimbulkan terhadap morfologi sungai Jelarai.

Adapun sasaran dari analisa hidrolika ini antara lain :

- Mengetahui penyebab terjadinya gerusan lokal (*local scouring*) dilokasi *sheet pile* sungai.
- Mengetahui besarnya angkutan sedimen disekitar lokasi

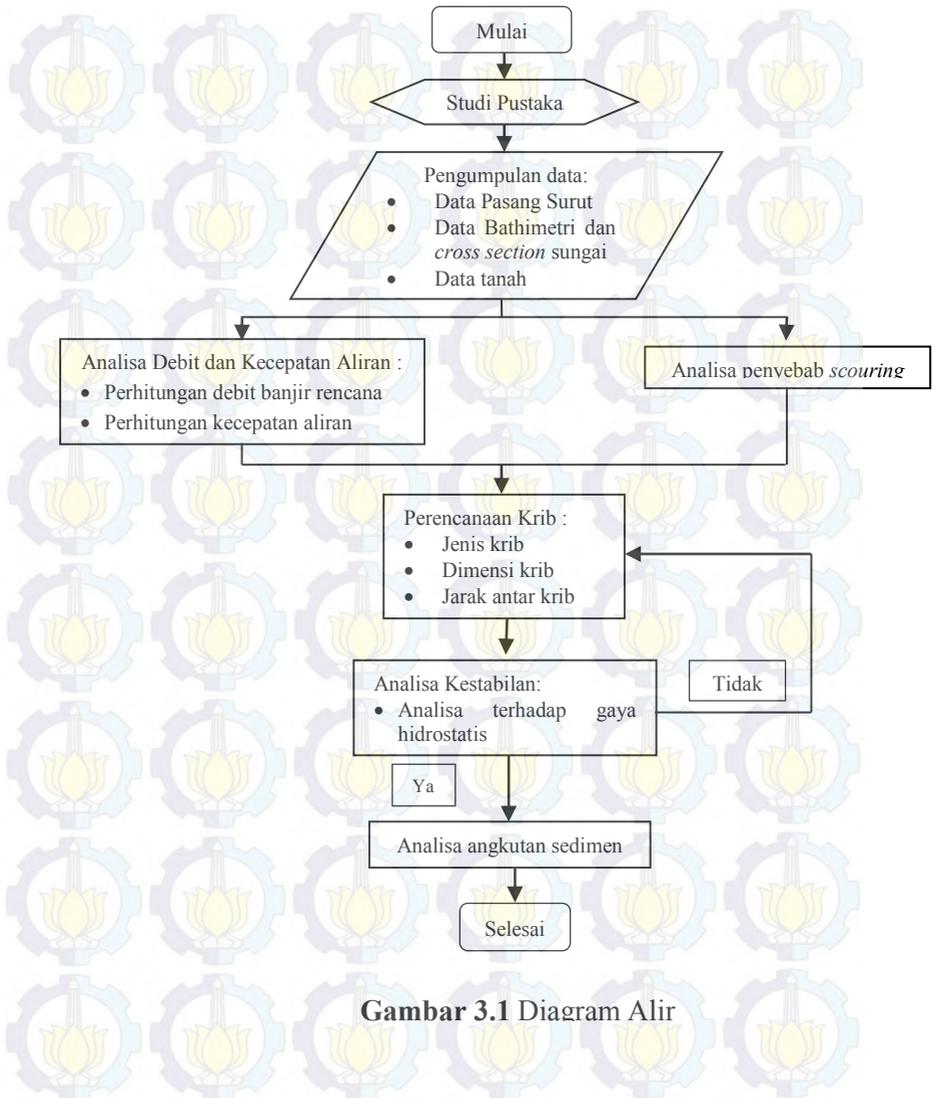
3.5 Perencanaan Krib

Dalam kegiatan ini dilakukan perhitungan dan perencanaan awal guna menentukan desain dari krib. Pertama dilakukan penentuan jenis krib yang akan dibuat. Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan jarak antara krib, dimensi dan sudut pemasangan krib.

3.6 Analisa Stabilitas

Analisa stabilitas ini dilakukan terhadap desain krib yang telah direncanakan. Dalam analisa stabilitas ini diharapkan krib mampu menahan beban horizontal yang diakibatkan gaya hidrostatis sehingga tidak terjadi guling.

3.7 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi

Lokasi perencanaan krib berjarak sekitar ± 35 km dari ujung muara Sungai Jelarai pada Laut Sulawesi. Sungai Jelarai merupakan percabangan dari Sungai Kayan yang mengalir melewati Kecamatan Tanjung Selor (gambar 4.1) dengan lebar penampang sungai berkisar antara 95 – 125 m. Di sebelah selatan sungai atau pada sisi yang terpasang *sheetpile* terdapat beberapa fasilitas umum seperti jalan raya dan beberapa permukiman penduduk (gambar 4.2). Bentuk alur sungai yang berkelok memungkinkan terjadinya gerusan terutama pada sisi luar tikungan sehingga diperlukan adanya perlindungan terhadap fasilitas umum tersebut.



Gambar 4.1 Jaringan Sungai Jelarai
(Sumber : Google Earth)



Gambar 4.2 Kondisi Eksisting Lokasi Perencanaan
(Sumber : *Google Earth*)

Berdasarkan dari laporan penyelidikan disekitar lokasi perencanaan, terdapat beberapa data yang nantinya akan digunakan sebagai landasan dari pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya data pasang surut dan data bathimetri tikungan alur. Sedangkan untuk data debit dan sedimen tidak tersedia historis pencatatan data pengukuran yang runtut waktu untuk berbagai kondisi. Oleh karena itu nantinya digunakan pendekatan teoritis dalam menentukan kapasitas Sungai Jelarai yaitu dengan menggunakan teori kapasitas eksisting sungai (*fullbank capacity*).

4.2 Analisa Kapasitas Eksisting Sungai

Secara umum analisa menggunakan metode kapasitas eksisting sungai (*fullbank capacity*) merupakan perhitungan kapasitas tampung maksimum dari suatu sungai berdasarkan debit maksimum yang masuk ke dalam sungai tersebut. Dari perhitungan kapasitas saluran/sungai tersebut akan diketahui apakah saluran eksisting masih mampu menampung debit yang mengalir atau tidak. Dalam perhitungan *fullbank capacity* digunakan persamaan kontinuitas dan rumur sebagai berikut:

$$Q = V \cdot A \quad \dots (4.1)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \dots (4.2)$$

$$A = (b + mh) h \quad \dots (4.3)$$

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \quad \dots (4.4)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \dots (4.5)$$

Dimana:

Q = debit saluran (m^3/dt),

V = kecepatan aliran (m/dt),

A = Luas penampang basah saluran (m^2),

n = koefisien kekasaran Manning,

R = jari-jari hidrolisis (m),

S = Kemiringan saluran,

P = Keliling basah saluran (m),

b = lebar dasar saluran (m),

h = tinggi air (m),

m = kemiringan talud

Untuk mempermudah perhitungan kapasitas tampung maksimum sungai maka digunakan simulasi menggunakan program bantu HEC- RAS 4.1.0. Data – data yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi pada program HEC-RAS 4.1.0 antara lain data geometrik Sungai Jelarai yang meliputi penampang melintang sungai.

4.2.1 Permodelan HEC-RAS 4.1.0

Kondisi eksisting Sungai Jelarai akan disimulasikan dengan menggunakan HEC-RAS 4.1.0. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui debit yang terjadi ketika penampang sungai telah mencapai kapasitas maksimum. Dengan diketahuinya debit maksimum yang mampu di tampung oleh penampang akan menjadi dasar dalam melakukan analisa selanjutnya. Tahapan yang dilakukan dalam simulasi ini yaitu :

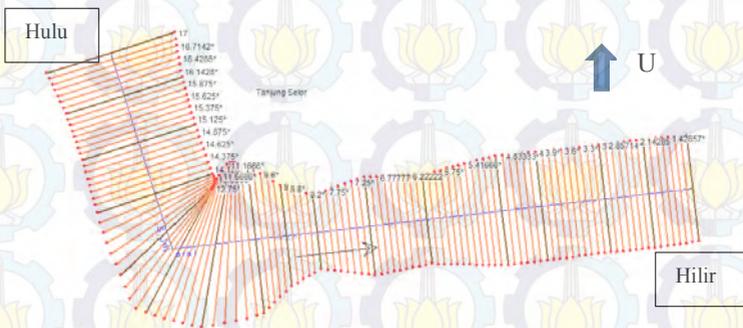
1. Melakukan input data – data yang diperlukan seperti potongan melintang penampang sungai dan parameter – parameter yang diperlukan.

2. Melakukan simulasi dengan metode *trial and error* terhadap input debit yang terjadi pada sungai, hingga kondisi air meluap pada salah satu penampang sungai.

4.2.1.1 Input Data Geometrik

Data geometrik yang didapatkan kemudian digunakan untuk membuat model lokasi perencanaan sepanjang 845 m pada program HEC-RAS 4.1.0. Data geometrik yang meliputi potongan melintang dan memanjang sungai ini membentang sepanjang *cross section* 1 pada hilir sungai hingga *cross section* 17 yang berada pada bagian hulu sungai.

Data penampang melintang yang dimasukkan sebagai input data pada program bantu HEC-RAS 4.1.0 memiliki interval jarak antar penampang yang beragam, dengan rata – rata jarak setelah dilakukan interpolasi masing – masing 10 meter. Untuk input syarat batas hanya diberikan pada hilir lokasi perencanaan. Tampak atas skema permodelan dengan program bantu HEC-RAS 4.1.0 dapat dilihat pada gambar 4.3.

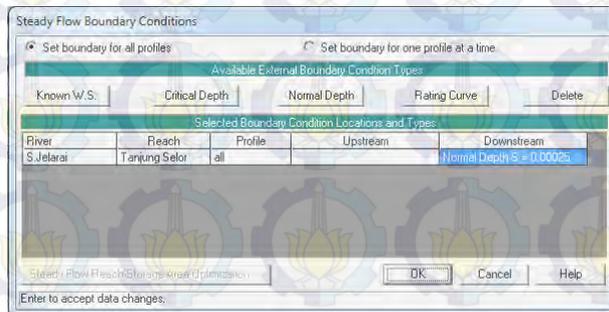


Gambar 4.3 Skema Lokasi Perencanaan pada HEC-RAS 4.1.0
(Sumber : HEC-RAS 4.1.0)

4.2.1.2 Simulasi Debit

Simulasi debit yang dilakukan dalam tugas akhir ini menggunakan opsi analisa aliran tetap atau *steady flow* yang terdapat pada program HEC-RAS 4.1.0. Secara umum input data dilakukan melalui opsi data editor pada HEC-RAS 4.1.0 yakni *Steady Flow Editor*. *Steady Flow Editor* merupakan opsi untuk memasukan kondisi batas hulu dan hilir serta debit yang nantinya akan di simulasikan.

Kondisi batas pada hilir lokasi perencanaan digunakan opsi *Nomal Depth* diambil dari nilai kemiringan penampang sungai rata – rata pada bagian hilir 0.00025 seperti pada gambar 4.4.



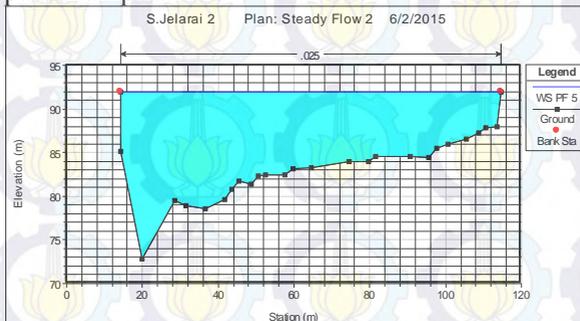
Gambar 4.4 Input Data *Boundary Condition* Analisa *Steady Flow* pada HEC-RAS 4.1.0
(Sumber : HEC-RAS 4.1.0)

Kemudian ditetapkan 10 alternatif debit untuk nantinya dilakukan simulasi sehingga dapat diketahui debit maksimum yang mampu ditampung oleh penampang sungai.



Gambar 4.5 Input Data Profile Debit Analisa *Steady Flow* pada HEC-RAS 4.1.0
(Sumber : HEC-RAS 4.1.0)

Sehingga didapatkan hasil simulasi HEC-RAS 4.1.0 bahwa ketika debit $2200 \text{ m}^3/\text{s}$ penampang pada *cross section* 6 sudah tidak mampu menampung debit aliran seperti pada gambar 4.6. Dan *Output profile* dari penampang 1 – 17 dapat dilihat pada Lampiran A.



Gambar 4.6 *Output Profile* Penampang 6 Analisa *Steady Flow* pada HEC-RAS 4.1.0
(Sumber : HEC-RAS 4.1.0)

Rekapitulasi hasil perhitungan untuk tinggi muka air , kecepatan aliran , luas penampang yang teraliri serta lebar

penampang sungai maksimum dari seluruh profile penampang sungai menggunakan program HEC-RAS 4.1.0 dapat di lihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Profile Output Tabel HEC-RAS 4.1.0

Reach	River Sta	Profile	Q	Min	W.S.	Vel	Flow	Top	Froude #
			Total	Ch El	Elev	Chnl	Area	Width	Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Tanjung Selor	17	PF 5	2200	71.5	92.44	1.75	1256.47	151.43	0.19
Tanjung Selor	16	PF 5	2200	83.2	92.01	3.23	681.62	133.54	0.46
Tanjung Selor	15	PF 5	2200	77.2	92.18	2.24	984.25	131.16	0.26
Tanjung Selor	14	PF 5	2200	81.1	92.1	2.48	887.83	136.08	0.31
Tanjung Selor	13	PF 5	2200	78.1	92.15	2.05	1075.03	141.07	0.24
Tanjung Selor	12	PF 5	2200	69.2	92.26	1.13	1946.61	164	0.1
Tanjung Selor	11	PF 5	2200	71.5	92.25	1.15	1911.1	188.81	0.12
Tanjung Selor	10	PF 5	2200	70.9	92.25	1.14	1934.62	167	0.11
Tanjung Selor	9	PF 5	2200	66.34	92.24	1.22	1810.21	113.03	0.1
Tanjung Selor	8	PF 5	2200	69.51	92.15	1.72	1282.08	83.66	0.14
Tanjung Selor	7	PF 5	2200	71.18	92.06	2.12	1038.78	110.77	0.22
Tanjung Selor	6	PF 5	2200	72.78	92	2.31	951.27	100.4	0.24
Tanjung Selor	5	PF 5	2200	75.76	91.97	2.34	938.87	123.39	0.27
Tanjung Selor	4	PF 5	2200	78.96	91.97	2.28	965.81	120.56	0.26
Tanjung Selor	3	PF 5	2200	82.1	91.9	2.46	893.37	120.81	0.29
Tanjung Selor	2	PF 5	2200	81.99	91.81	2.7	815.29	119.73	0.33
Tanjung Selor	1	PF 5	2200	81.26	91.86	2.33	945.97	119.4	0.26

Sumber : HEC-RAS 4.1.0

Dari hasil simulasi dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1.0 ini nantinya akan digunakan sebagai input data debit pada perhitungan selanjutnya.

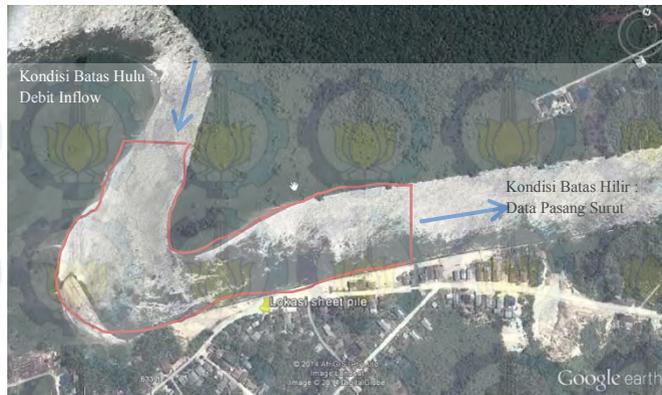
4.3 Analisa Distribusi Kecepatan Menggunakan Program *Surface water Modelling System (SMS) 8.0*

Simulasi distribusi kecepatan aliran yang dilakukan dalam tugas akhir ini menggunakan opsi RMA2 yang terdapat pada program SMS 8.0. RMA2 merupakan salah satu opsi dalam program SMS 8.0 untuk sirkulasi arus sungai dan muara. Permodelan ini diperlukan untuk mengetahui distribusi kecepatan aliran yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam merencanakan krib.

Secara umum tahapan permodelan menggunakan program SMS 8.0 perlu dilakukan dengan urutan tertentu dimulai dengan membuat mesh, kemudian masukan data debit inflow dan elevasi muka air sebagai kondisi batas yang nantinya akan digunakan dalam permodelan.

Tahapan pemodelan dengan menggunakan program SMS 8.0 pada tugas akhir ini adalah :

1. Tahap pertama simulasi adalah menetapkan peta batimetri sebagai dasar penyusunan grid dan elemen.
2. Penentuan syarat batas, dalam hal ini debit inflow dan elevasi muka air di hilir (pasang surut).
3. Running RMA2 untuk memperoleh elevasi muka air dan kecepatan serta arah arus.

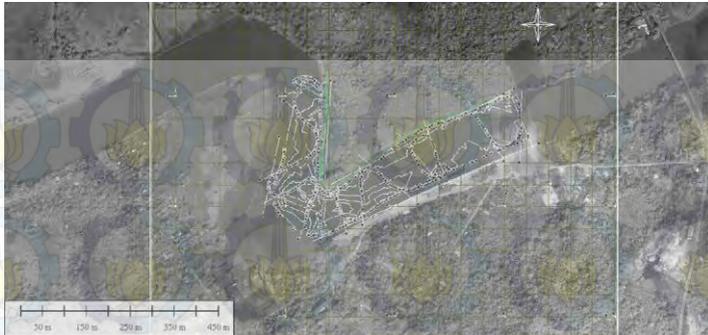


Gambar 4.7 Skema Permodelan Dan Kondisi Batas Yang Digunakan Untuk Sungai Jelarai
(Sumber : Google Earth)

4.3.1 Input data untuk SMS 8.0

Dalam permodelan menggunakan SMS 8.0 diperlukan beberapa input data antara lain :

1. Data alur tikungan sungai dan bathimetri
Alur sungai dan bathimetri dasar sungai didapatkan dari data hasil pengukuran dengan echo-sounding yang didapatkan dari Dinas Pengairan, Kab. Bulungan yang dilakukan pada bulan November 2014. Data alur dan bathimetri dasar sungai ini yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam membuat mesh.



Gambar 4.8 Jalur Pengambilan Data Kedalaman Dengan Menggunakan Echo-Sounding
(Sumber : Laporan Akhir Penyelidikan Konstruksi Sheet Pile di Desa Jelarai)

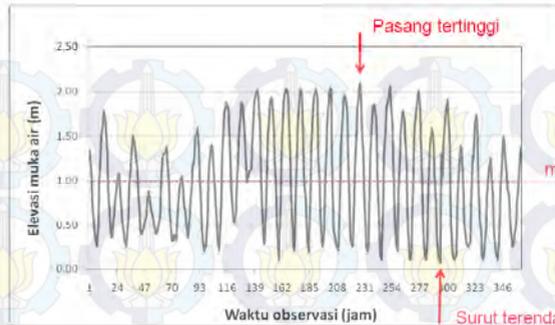
2. Data debit inflow

Berdasarkan hasil analisa kapasitas aliran sungai Jelarai menggunakan HEC-RAS 4.1.0 didapatkan besarnya debit kapasitas aliran sungai sebesar $2200 \text{ m}^3/\text{s}$. Kemudian dari studi yang telah dilakukan sebelumnya, ditetapkan debit yang akan digunakan untuk kondisi batas dari simulasi sebagai berikut :

- $Q_{\text{banjir}} = 0.70 Q_{\text{full}} = 1540 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{dominan}} = 0.20 Q_{\text{full}} = 440 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{low}} = 0.1 Q_{\text{full}} = 220 \text{ m}^3/\text{s}$

3. Data Pasang Surut

Data pengamatan pasang surut diperoleh dari Dinas Pengairan Kab. Bulungan untuk pengamatan selama 2 minggu (04 -19 Nopember 2014) dengan interval pencatatan satu jam.



Gambar 4.9 Ploting Data Pasang Surut Di Sungai Jelarai

(Sumber : Laporan Akhir Penyelidikan Konstruksi Sheet Pile di Desa Jelarai)

Berdasarkan plotting data pasang surut di atas dapat diketahui :

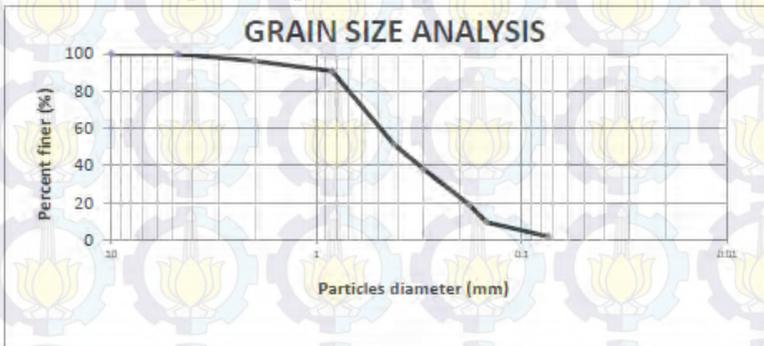
- Pasang tertinggi : jam ke 227 dengan elevasi muka air +2.10 m
- Surut terendah : jam ke 282 dengan elevasi muka air +0.10 m
- *Mean sea level* (MSL) : dengan elevasi muka air +1.00 m

4. Data Sedimen

Selain data bathimetri tikungan alur sungai, data debit dan pasang surut terdapat juga data sedimen yang nantinya digunakan dalam menganalisa gerusan yang terjadi pada tikungan Sungai Jelarai. Seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya bahwa tidak tersedianya data sedimen yang seseuai, maka digunakan pendekatan menggunakan data hasil sondir dengan kedalaman 12 m pada titik B-01, B-02 dan B-03 disekitar lokasi robohnya *sheet pile*. Kemudian dilakukan analisa ayakan yang bertujuan untuk

mengetahui prosentase dari sedimen untuk setiap ukuran butiran tertentu.

Dari analisa ayakan, dapat diketahui karakteristik sedimen yang ditinjau dalam bentuk grafik didistribusi ukuran butiran. Pada gambar 4.10 dapat dilihat grafik hasil analisa ayakan, sedangkan ringkasan hasil pengujian laboratorium terhadap sampel tanah dapat dilihat pada lampiran B.



Gambar 4.10 Grafik Distribusi Ukuran Butiran Material Tebing Sungai Jelarai

(Sumber : Laporan Akhir Penyelidikan Konstruksi Sheet Pile di Desa Jelarai)

4.3.2 Pembuatan model geometrik

Setelah dilakukan penentuan data – data yang akan digunakan dalam permodelan dengan SMS 8.0, selanjutnya dilakukan pembuatan model geometrik dari tikungan Sungai Jelarai. Pengertian dasar dari model geometrik adalah memodelkan bentuk kontur bathimetri. Ada 2 syarat utama sebagai prinsip dasar dalam pembuatan model geometrik yaitu adanya nilai elevasi atau kedalaman yang diwakili oleh scatter point (titik) dan adanya suatu polygon tertutup yang dibentuk dari feature arc sebagai batasan. Sedangkan kualitas dari suatu bentuk geometrik ditentukan dari sebaran

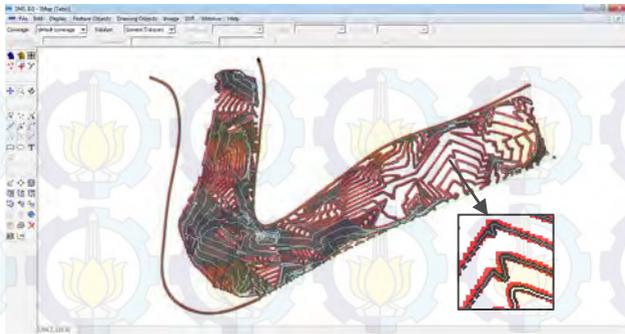
dan banyaknya data scatter point serta pembagian segmen dari feature arc.

Untuk kemudahan dalam pengerjaan tugas akhir ini data bathimetri yang digunakan di *import* dari format autocad yang ditransfer kedalam bentuk *.dxf seperti pada gambar 4.11



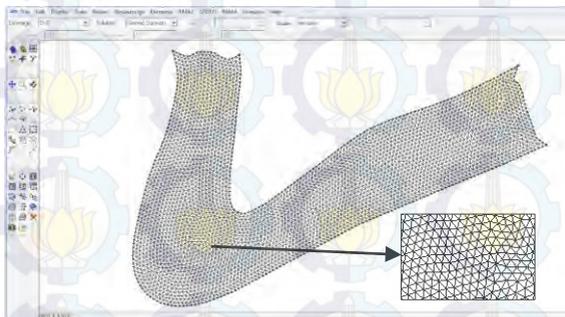
Gambar 4.11 Data Bathimetri Kontur Sungai Jelarai
(Sumber : Autocad 2007)

Selanjutnya data yang telah di import kedalam SMS diubah kedalam garis – garis feature arc dengan menggunakan opsi DFX \Rightarrow *Feature Object*. Kemudian untuk mendapatkan titik - titik scatter maka garis – garis feature arc tersebut di ubah ke dalam scatter point melalui opsi Map \rightarrow Scatter. Sehingga akan muncul titik – titik merah (*scatter point*) yang mewakili koordinat dan elevasi masing – masing titik seperti pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Scatter Point Permodelan SMS 8.0
(Sumber : SMS 8.0)

Dari dari titik – titik merah tersebut nantinya akan diubah kedalam bentuk mesh dengan menggunakan opsi Map to 2D Mesh. Sehingga bentuk model geometric dari tikungan sungai dapat dilihat pada gambar 4.13



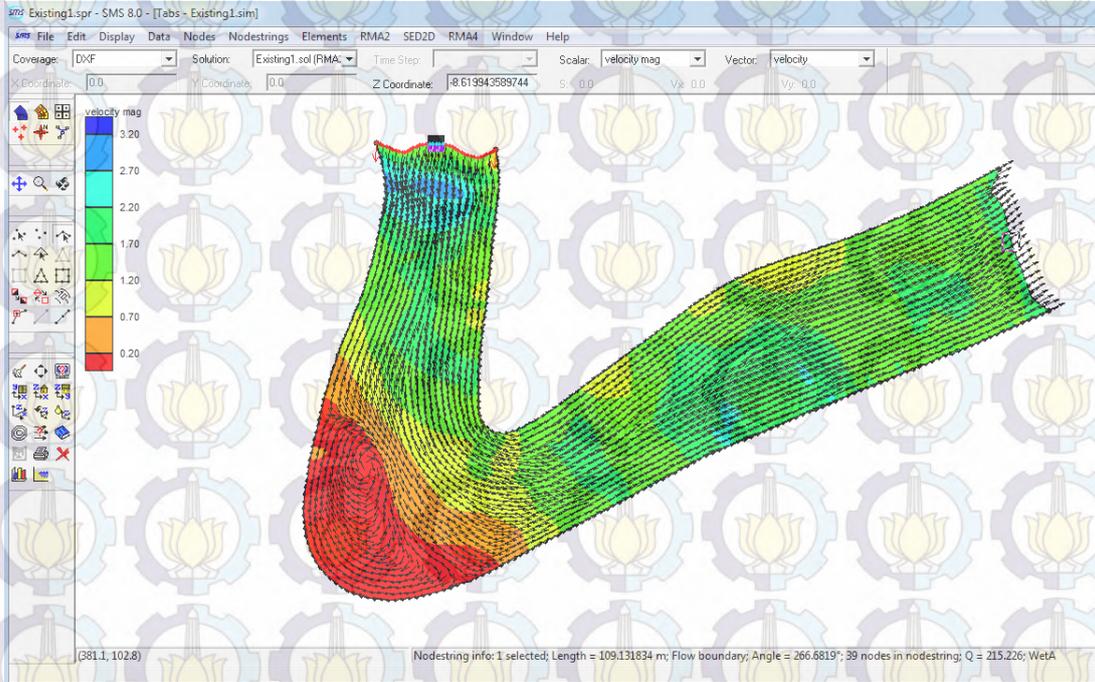
Gambar 4.13 Mesh Permodelan SMS 8.0
(Sumber : SMS 8.0)

4.3.3 Running RMA2

Running RMA2 secara umum dilakukan dalam beberapa tahapan. Dimulai dengan menetapkan kondisi batas hulu dan batas hilir, dimana untuk kondisi batas hulu digunakan debit inflow pada saat kondisi banjir dan kondisi batas hilir digunakan Mean Sea Level.

Selanjutnya diatur juga *material properties* dari simulasi, dimana opsi ini menunjukkan bagaimana kondisi aliran ketika melewati element dari mesh yang telah dibuat. Parameter yang perlu ditetapkan antara lain nilai kekasaran Manning yang diambil sebesar 0.025 untuk sungai, dan *eddy viscosities* untuk *steady state flow*.

Setelah itu ditetapkan juga *Model Control* dari tipe simulasi yang akan dijalankan dengan memilih opsi *steady state* dan nilai *initial WSE (Water surface elevation)* diambil 1 m. Kemudian dilakukan *running RMA2*. Dari simulasi yang dilakukan didapatkan output berupa distribusi kecepatan, kedalaman air dan elevasi muka air. Output distribusi kecepatan aliran ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Distribusi Kecepatan Aliran Tikungan Sungai Jelarai.
(Sumber : SMS 8.0)

Berdasarkan hasil running kondisi existing dari tikungan Sungai Jelarai pada gambar 4.14 menunjukkan bahwa, pada bagian sisi luar terjadi tubulensi pada area yang berwarna merah. Sedangkan pada lokasi pemasangan *sheet pile* kecepatan berkisar antara 1.20 m/s sampai 2.70 m/s. sehingga dimungkinkan terjadi gerusan pada bagian tebing sisi luar tikungan. Maka dari itu perlu dilakukan perlindungan menggunakan krib agar tidak terjadi gerusan secara berkelanjutan pada lokasi tersebut.

4.4 Analisa Gerusan (*Scouring*)

Gerusan atau degradasi pada dasar atau tebing sungai yang terjadi pada suatu tempat tertentu biasanya disebabkan akibat adanya perubahan tiba - tiba /mendadak dari parameter sungai (misalnya; geometri sungai, kemiringan dasar sungai, kecepatan aliran atau adanya struktur di badan sungai). Pada dasarnya baik degradasi maupun agradasi yang terjadi pada dasar sungai diakibatkan oleh pergerakan material dasar yang terbawa oleh aliran.

4.4.1 Identifikasi permulaan gerak sedimen

Material yang terbawa oleh aliran atau yang biasa disebut sedimen, umumnya dipengaruhi oleh tegangan geser permukaan atau *bottom shear stress* yang bekerja pada butiran – butiran sedimen tersebut. Ketika tegangan geser permukaan yang bekerja lebih besar dari tegangan kritis atau *critical shear stress*, sedimen akan bergerak mengikuti aliran. Sebaliknya, apabila tegangan geser permukaan yang bekerja pada butiran sedimen lebih kecil daripada tegangan geser kritis, butiran sedimen akan mengendap secara perlahan.

Menurut Shield terdapat tiga parameter sedimen mulai bergerak yaitu apabila kecepatan geser atau *friction velocity* lebih besar daripada kecepatan geser kritis ($u_* > u_{*,c}$), apabila tegangan geser yang terjadi lebih besar daripada tegangan

geser kritis ($\tau_b > \tau_{b,c}$), dan apabila nilai parameter shield yang terjadi lebih besar daripada parameter shield kritis ($\theta > \theta_c$). Maka dari itu untuk mengetahui terjadinya gerusan atau *scouring* perlu diidentifikasi terlebih dahulu apakah terjadi pergerakan sedimen pada penampang sungai dengan membandingkan nilai – nilai ketiga parameter tersebut.

Dalam memperhitungkan besar tegangan geser yang terjadi pada suatu penampang sungai sangat erat kaitannya dengan kemiringan dan radius hidrolis dari sungai tersebut. Untuk mengetahui besarnya tegangan geser permukaan yang bekerja dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\tau_b = \rho \cdot g \cdot R \cdot I \dots \dots \dots (4.6)$$

Dimana : τ_b = tegangan geser permukaan (N/m²)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

R = radius hidrolis

I = kemiringan dasar sungai

Dari nilai besarnya tegangan geser yang di dapat maka dapat digunakan sebagai dasar dalam menghitung besarnya kecepatan geser yang terjadi. Dimana kecepatan geser yang terjadi dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus :

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}} \dots \dots \dots (4.7)$$

Dimana : u_* = kecepatan geser (m/s)

τ_b = tegangan geser permukaan (N/m²)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

Besarnya nilai parameter shield juga dapat diperhitungkan dari nilai tegangan geser permukaan yang terjadi. Selain itu juga berhubungan dengan ukuran diameter butiran sedimen

yang berada di dasar sungai. Hubungan tegangan geser dengan nilai parameter shield dapat dilihat pada rumus :

$$\theta = \frac{\tau_b}{\rho \cdot (s - 1) \cdot g \cdot d} \dots \dots \dots (4.8)$$

Dimana : θ = parameter shield

τ_b = tegangan geser permukaan (N/m²)

$s = (\rho_s / \rho)$

d_{50} = ukuran butiran median (m)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Selain dengan menggunakan rumus 4.8 parameter shield juga dapat diketahui melalui diagram shield pada gambar 4.15 sebagai fungsi parameter sedimen – fluida S_* . Dengan memperhitungkan parameter sedimen – fluida dengan rumus 4.9 maka dapat diketahui nilai parameter shield.

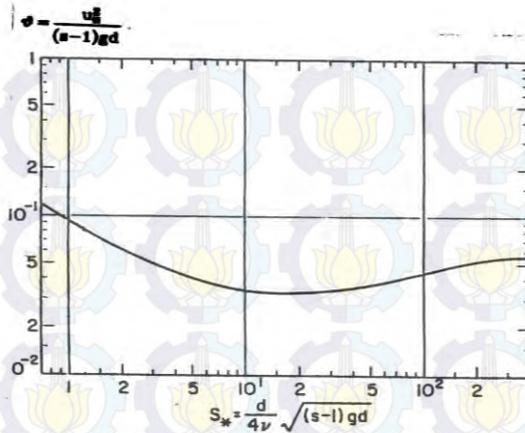
$$S_* = \frac{d \sqrt{(s - 1) \cdot g \cdot d}}{4 \cdot \nu} \dots \dots \dots (4.9)$$

Dimana : ν = viskositas kinematis (m²/dt)

d_{50} = ukuran butiran median (m)

$s = (\rho_s / \rho)$

g = percepatan gravitasi (m/s²)



Gambar 4.15 Diagram Shield

(Sumber :Bahan ajar kuliah sediment transport Bambang Sarwono)

Dalam pengerjaan tugas akhir ini tahap awal perhitungan akan dicari terlebih dahulu nilai parameter kritis dari tegangan geser, kecepatan geser dan nilai parameter shield. Untuk nilai kritis parameter shield di cari menggunakan diagram shield dengan memperhitungkan terlebih dahulu parameter sedimen – fluida .

$$S_* = \frac{0,00045 \sqrt{(2,65 - 1) \times 9,8 \times 0,00045}}{4 \times 10^{-6}}$$

$$S_* = 9.601$$

Dengan mencocokkan nilai parameter sedimen – fluida dengan diagram shield pada gambar 4.15 sehingga didapatkan nilai $\theta_c = 0,032$.

Dari parameter shield kritis tersebut digunakan untuk mencari besarnya tegangan geser kritis dan kecepatan geser

kritis. Perhitungan kecepatan geser dan tegangan geser kritis dijabarkan sebagai berikut :

$$u_{*c} = \sqrt{\theta_c (s-1) \cdot g \cdot d} = \sqrt{0,032 \cdot (2,65-1) \cdot 9,81 \cdot 0,00045} = 0,015 \text{ m/dt}$$

Dan untuk tegangan geser kritis :

$$\tau_{b,c} = \rho \cdot u_{*c}^2 = 0,165 \text{ N/m}^2$$

Setelah didapat nilai dari masing – masing parameter kritis selanjutnya akan dibandingkan dengan tegangan geser, kecepatan geser dan parameter shield yang terjadi pada masing – masing *cross section* sungai guna mengetahui terjadinya pergerakan sedimen pada dasar sungai. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan Kecepatan Geser, Tegangan Geser Dan Parameter Shield Dengan Parameter Kritis Aliran Untuk Setiap *Cross Section*

Cross Section	Kec. Geser (U*)	Kec. Geser Kritis (U*c)	Tb (N/m ²)	Tb Kritis (N/m ²)	θ	θ_c	Keterangan
Cross 17	0.13	0.015	17.41	0.23	2.391	0.032	Sedimen bergerak
Cross 16	0.11	0.015	11.94	0.23	1.640	0.032	Sedimen bergerak
Cross 15	0.13	0.015	17.04	0.23	2.340	0.032	Sedimen bergerak
Cross 14	0.12	0.015	14.98	0.23	2.057	0.032	Sedimen bergerak
Cross 13	0.13	0.015	17.85	0.23	2.451	0.032	Sedimen bergerak
Cross 12	0.16	0.015	25.58	0.23	3.512	0.032	Sedimen bergerak
Cross 11	0.15	0.015	22.39	0.23	3.074	0.032	Sedimen bergerak
Cross 10	0.16	0.015	25.43	0.23	3.492	0.032	Sedimen bergerak
Cross 9	0.17	0.015	29.63	0.23	4.067	0.032	Sedimen bergerak
Cross 8	0.16	0.015	24.87	0.23	3.414	0.032	Sedimen bergerak
Cross 7	0.14	0.015	18.88	0.23	2.593	0.032	Sedimen bergerak
Cross 6	0.14	0.015	19.10	0.23	2.623	0.032	Sedimen bergerak
Cross 5	0.13	0.015	15.72	0.23	2.158	0.032	Sedimen bergerak
Cross 4	0.13	0.015	17.51	0.23	2.404	0.032	Sedimen bergerak
Cross 3	0.13	0.015	16.21	0.23	2.226	0.032	Sedimen bergerak
Cross 2	0.12	0.015	14.94	0.23	2.051	0.032	Sedimen bergerak
Cross 1	0.13	0.015	17.29	0.23	2.374	0.032	Sedimen bergerak

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dengan membandingkan nilai – nilai pada tabel 4.2, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi pergerakan sedimen dasar pada seluruh penampang sungai. Hal itu mengindikasikan terjadi *sedimen transport*.

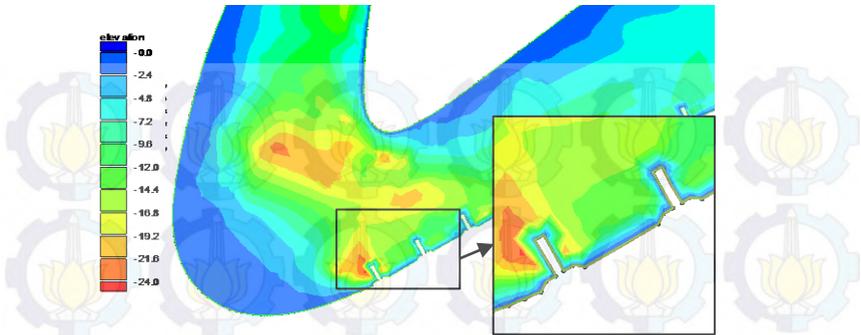
4.5 Perencanaan Krib

Pada dasarnya tipe krib dapat dibagi menjadi dua yaitu krib *permeable* (lolos air) dan krib *impermeable* (masif). Mempertimbangkan tingginya laju angkutan sedimen hampir disepanjang tikungan Sungai Jelari maka dalam pengerjaan tugas akhir ini direncanakan krib tipe *permeable* dengan menggunakan tiang pancang dengan arah tegak lurus aliran sungai. Kemudian dilakukan simulasi ulang terhadap layout posisi pemasangan krib dengan menggunakan SMS 8.0, untuk mengetahui perubahan distribusi kecepatan yang terjadi. Namun demi mempermudah pengerjaan tugas akhir dan keterbatasan program bantu maka dalam melakukan simulasi diasumsikan bahwa krib merupakan tipe *impermeable*.

4.5.1 Perencanaan Dimensi Krib

Dalam perencanaan krib langkah pertama yang perlu dilakukan yaitu penentuan lokasi pemasangan. Berdasarkan tampilan distribusi kecepatan pada kondisi existing menggunakan program SMS 8.0, maka pemasangan krib dimulai pada lokasi ketika aliran mulai menggerus tebing sisi luar belokan. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan panjang dan jarak antar krib.

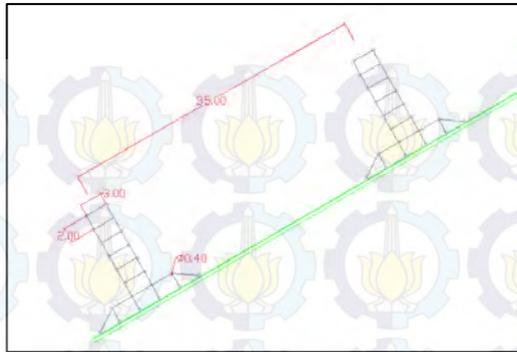
Pemasangan krib dilakukan hanya di sisi luar belokan seperti pada gambar 4.16. Panjang krib diambil nilai 15% dari lebar sungai rata – rata saat debit maksimum. Rasio antara panjang dan jarak krib digunakan pedoman sesuai tabel 2.1.



Gambar 4.16 Layout Pemasangan Krib
(Sumber : SMS 8.0)

Sehingga, data perencanaan antara lain :

- Lebar sungai pada saat debit maksimum 95m
- Panjang krib (L) = $0.15 * 95 = 14.25 \text{ m} \approx 14 \text{ m}$
- Jarak interval antar krib (D) = $2,3L = 32.2 \text{ m}$ maka diambil jarak 35 m
- Jarak antar tiang pancang :
 - 2 m (pada bagian bantaran)
 - 2 m (pada bagian tengah sungai)
- Diameter tiang pancang (d) : 0.4 m
- Tinggi mercu krib direncanakan 1 m dibawah elevasi MAB
- Balok penyambung antar tiang pancang 40 cm x 30 cm



Gambar 4.17 Desain Krib
(Sumber : Autocad)

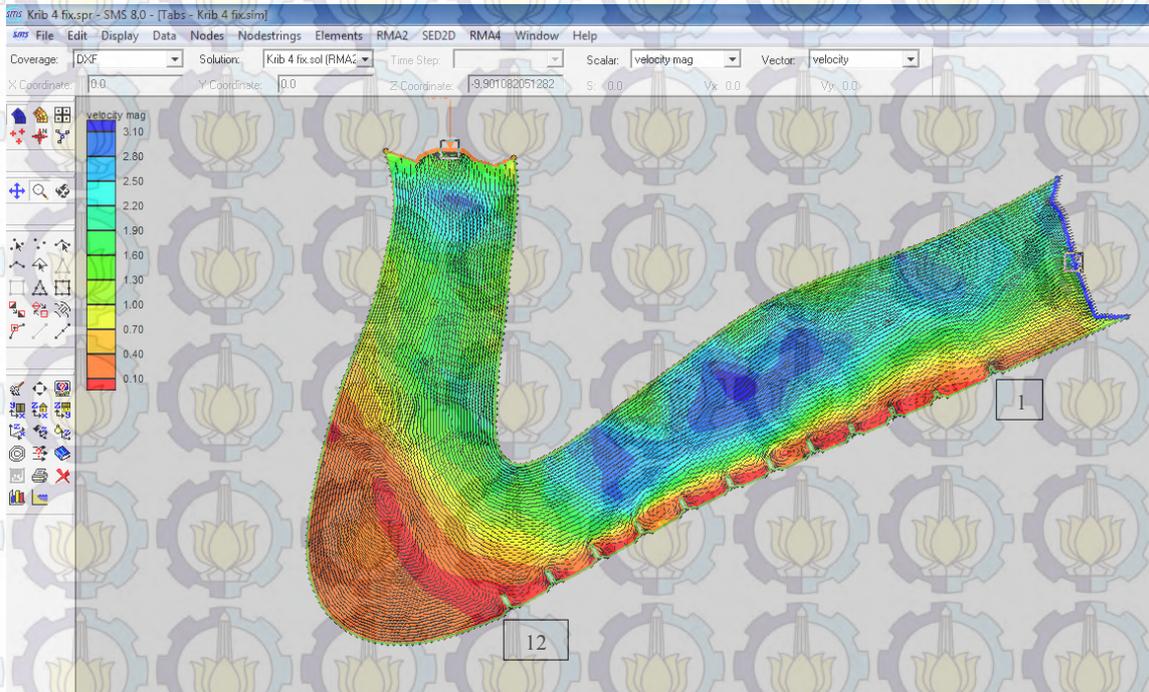
Dalam merencanakan krib perlunya juga diperhatikan beberapa aspek antara lain ancaman gerusan di ujung kaki krib dan ancaman gerusan disisi tebing sungai sebelah krib atau sisi tikungan dalam. Ancaman gerusan di ujung kaki krib dapat dihindari dengan memasang variasi dimensi krib yang lebih kecil agar tidak terjadi perubahan penampang secara tiba – tiba yang menyebabkan perubahan kecepatan aliran sehingga sangat mungkin untuk menggerus ujung kaki krib.

Sehingga dalam pengerjaan tugas akhir ini di buat 5 variasi panjang krib yaitu:

Tabel 4.3 Tipe Krib

No.	Krib	Panjang (m)
1	Krib 1	5
2	Krib 2	7.5
3	Krib 3-4	10
4	Krib 5-8	12
5	Krib 9-12	14

Kemudian dilakukan simulasi kembali dengan menggunakan SMS 8.0 untuk mengetahui pengaruh pemasangan krib terhadap sisi tikungan dalam dari sungai.



Gambar 4.18 Distribusi Kecepatan Aliran Setelah Pemasangan Krib.
(Sumber : SMS 8.0)

Dari gambar 4.18 terlihat bahwa setelah di lakukan pemasangan krib kecepatan aliran di sisi tikungan luar jauh berkurang dibandingkan dengan kondisi existing, berkisar antara 0 – 0,5 m/s. Namun terjadi penambahan kecepatan aliran pada bagian tengah alur sungai dan tebing pada sisi seberang pemasangan krib. Hal ini karena terjadi penyempitan penampang aliran akibat adanya bangunan persungai.

4.5.2 Kedalaman Scouring Ujung Kaki Krib

Dalam merencanakan kedalaman tiang pancang krib perlu juga dilakukan pengecekan kedalaman gerusan pada kaki krib, karena ujung krib menahan energi kinetik yang cukup besar sehingga rentan terhadap gerusan lokal.

Kedalaman gerusan lokal pada ujung kaki krib dapat dihitung dengan menggunakan metode Farraday & Charlton, (1983) dengan mengasumsikan material dasar sungai dominan pasir sesuai pada rumus 2.23. Gerusan lokal yang terjadi pada ujung kaki krib sangat erat hubungannya dengan kecepatan aliran yang terjadi di ujung kaki. Contoh perhitungan kedalaman gerusan lokal dilakukan pada krib 3 yang berada pada bagian ujung hilir sungai.

Kedalaman gerusan lokal pada krib 3 :

$$Y_2 = 0,38 (V_1 y_1)^{0,67} D_{50}^{-0,17} \dots (4.10)$$

Dimana $y_1 = A_1 / T_1 = 893.37 / 123.2 = 7.25$ m

Nilai kecepatan aliran (V_1) pada ujung kaki krib 1 dilihat berdasarkan hasil simulasi SMS 8.0, dan didapatkan nilai $V_1 = 0.4$ m/s. Maka Y_2 :

$$Y_2 = 0,38 (0,2 * 7,25)^{0,67} (0,00045)^{-0,17} \\ = 2,37 \text{ m}$$

Nilai dari Y_2 masih harus dikalikan faktor koreksi kedalaman gerusan lokal untuk ujung kaki krib atau abutmen sebesar 2,75 (tabel 2.3). Sehingga nilai Y_2 di dapat sebesar 6,52 m. Maka kedalaman gerusan dari permukaan dasar sungai :

$$Y_* = Y_2 - y_1 = 6,52 - 7,25 = -0,73 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan kedalam gerusan lokal pada kaki krib didapatkan nilai negative atau dengan kata lain tidak terjadi gerusan. Nilai ini cukup wajar mengingat dari hasil simulasi terlihat kecepatan aliran yang mengenai ujung kaki pada krib 3 relatif kecil. Perhitungan kedalaman gerusan lokal pada masing – masing krib dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kedalaman Gerusan Lokal Pada Ujung Kaki Krib

No	Krib	A_1	T_1	Y_1	V_1	D_{50}	Y_2	$Y_2*2.75$	Y^*	Kedalaman Min. Tiang
1	Krib 1	753.49	113.5	6.64	0.15	0.00045	1.40	3.86	-2.78	4
2	Krib 2	974.53	121	8.05	0.15	0.00045	1.60	4.40	-3.66	4
3	Krib 3	893.37	123.2	7.25	0.3	0.00045	2.37	6.52	-0.73	4
4	Krib 4	815	122.35	6.66	0.3	0.00045	2.24	6.16	-0.50	4
5	Krib 5	770	124.7	6.17	0.4	0.00045	2.58	7.10	0.92	6
6	Krib 6	628	117.32	5.35	0.5	0.00045	2.72	7.49	2.14	6
7	Krib 7	834	110.4	7.55	0.5	0.00045	3.43	9.44	1.88	6
8	Krib 8	838	96.41	8.69	0.4	0.00045	3.25	8.93	0.23	4
9	Krib 9	702	95.8	7.33	0.6	0.00045	3.80	10.45	3.12	6
10	Krib 10	634	74.43	8.52	0.5	0.00045	3.72	10.23	1.71	6
11	Krib 11	1282.08	84	15.26	0.2	0.00045	2.97	8.18	-7.08	4
12	Krib 12	1810.21	114.7	15.78	0.2	0.00045	3.04	8.37	-7.42	4

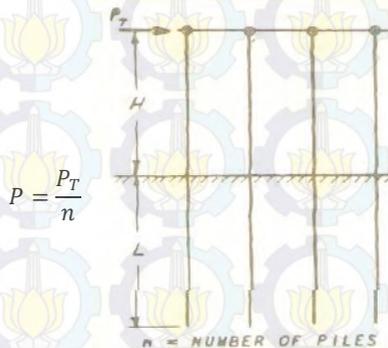
Sumber : (Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel 4.3 maka ditetapkan pemasangan tiang pancang untuk desain krib ditanam minimal sedalam 6 m dari dasar sungai guna menghindari kemungkinan terjadi penggerusan diluar prediksi perhitungan desain.

4.6 Kontrol Kestabilan Krib

Selain melakukan pengecekan terhadap gerusan yang terjadi di ujung kaki krib perlu juga dilakukan pengecekan kestabilan bangunan terhadap gaya hidrostatis untuk menghindari terjadinya guling maupun defleksi pada krib akibat dari tekanan air.

Untuk memperhitungkan kestabilan krib tiang pancang digunakan acuan dari *Naval Facilities Engineering Command*. Dengan mengambil kondisi *pile with flexible cap or hinged end condition* dimana tiang pancang dianggap dalam satu kesatuan dan kondisi tersebut sama dengan krib saat terkena beban hidrostatis. Sehingga beban yang diterima tiang pancang tidak terlalu besar karena telah didistribusikan secara merata pada tiang pancang dalam satu grup krib.



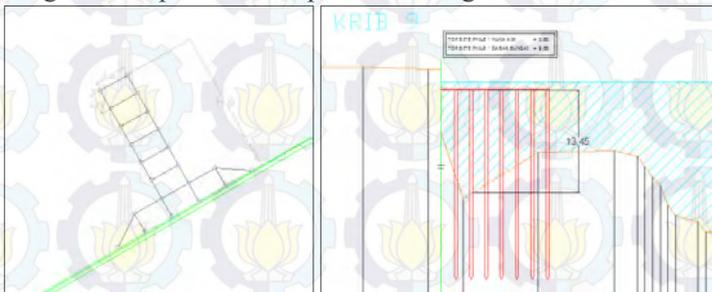
Gambar 4.19 *Pile With Flexible Cap Or Hinged End Condition*

(Sumber : *Naval Facilities Engineering Command*)

Langkah yang dilakukan dalam melakukan kontrol stabilitas krib hampir sama dengan bangunan pada umumnya yaitu:

1. Identifikasi daya dukung tanah dasar untuk memperoleh kedalaman pemancangan tiang yang sesuai.
2. Kontrol terhadap gaya horizontal akibat beban air.

Pertama dilakukan perhitungan terhadap gaya horizontal yang diterima tiang pancang dengan mengasumsikan terjadi gaya hidrostatik. Dalam melakukan perhitungan dari satu susunan krib di ambil kondisi tiang pancang yang menerima gaya hidrostatik paling besar seperti contoh pada krib 11 gambar 4.20.



Gambar 4.20 Tampak Atas Dan Potongan Melintang Krib 11
(Sumber : Autocad)

Maka tekanan akibat gaya hidrostatik yang diterima 1 baris pada krib 11 sebesar :

$$P_T = (0.5 \cdot \gamma_w \cdot H^2) \cdot D$$

$$= (0.5 \cdot 1 \cdot (13.45)^2) \cdot 0.4 = 36.92 \text{ ton}$$

Karena dalam satu baris terdapat 2 tiang pancang maka besarnya tekanan P_T dibagi 2 dan dikalikan 1.2 sebagai angka keamanan. Sehingga didapat besarnya tekanan yang diterima satu tiang pancang sebesar :

$$P = \left(\frac{36.92}{2} \right) \cdot 1.2 = 22.15 \text{ ton}$$

Setelah didapatkan gaya yang bekerja pada krib. Selanjutnya dilakukan identifikasi terhadap kekuatan tanah dasar sungai tempat pemancangan krib.

4.6.1 Identifikasi Daya Dukung Tanah

Mengingat tidak tersedianya data tanah pada bagian dasar sungai jelarai maka digunakan pendekatan dengan hasil uji SPT di tepian sungai. Dari hasil analisa daya dukung tanah ini diharapkan kedalaman pemancangan dapat sesuai dengan kebutuhan krib agar tidak terjadi guling ketika terkena gaya hidrostatis.

Adapun metode yang digunakan dalam identifikasi ini menggunakan rumus Mayeerhof dan Bazara. Hasil dari perhitungan daya dukung dapat dilihat pada lampiran C. Nilai dari Q_{ijin} pada perhitungan daya dukung tanah pada lampiran C telah di bagi dengan angka keamanan 5 untuk menghindari terjadinya cabut terhadap tiang pancang akibat gaya horizontal.

Setelah didapatkan daya dukung tanah kemudian dilakukan perhitungan kedalaman pemancangan tiang. Perhitungan ini dengan mengasumsikan bahwa tiang pancang dalam kondisi satu grup. Dalam menentukan kedalaman pemancangan dilakukan beberapa tahapan perhitungan antara lain :

1. Menentukan P_{max} yang terjadi pada 1 tiang pancang.
2. Menghitung efisiensi 1 grup tiang pancang.
3. Membandingkan nilai P_{max} dengan Q_{ijin} yang sudah dikalikan factor efisiensi tiang group.

Berikut contoh perhitungan kedalaman tiang pancang untuk krib 11. Untuk mempermudah perhitungan, gaya – gaya yang terjadi seperti V , $\sum M_x$ dan $\sum M_y$ telah dicari menggunakan program bantu SAP 2000. Kemudian dihitung menggunakan rumus

$$P_{max} = \frac{V}{n} + \frac{\sum Mx \cdot Y_{max}}{\sum y^2} + \frac{\sum My \cdot X_{max}}{\sum x^2} \dots (4.11)$$

Dimana :

P_{max} : Beban yang terjadi pada 1 tiang pancang

V : Gaya aksial akibat beban mati

N : Jumlah tiang pancang dalam 1 grup

$\sum Mx$: Jumlah momen yang terjadi pada sumbu X

$\sum My$: Jumlah momen yang terjadi pada sumbu Y

X_{max} : Jarak tiang pancang terluar terhadap titik berat pada sumbu X

Y_{max} : Jarak tiang pancang terluar terhadap titik berat pada sumbu Y

$\sum y^2$: Jumlah jarak kuadrat setiap tiang pancang terhadap sumbu y

$\sum x^2$: Jumlah jarak kuadrat setiap tiang pancang terhadap sumbu x

Sehingga P_{max} yang terjadi 1 tiang sebesar :

$$P_{max} = \frac{36}{22} + \frac{55.73 \cdot 7.5}{229.5} + \frac{371.5 \cdot 8.8}{516.5} = 9.8 \text{ ton}$$

Kemudian dicari efisiensi tiang pancang grup.

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{p}{s}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\frac{0.4}{2}}{90} \times \left(2 - \frac{1}{6} - \frac{1}{8}\right) = 0.78$$

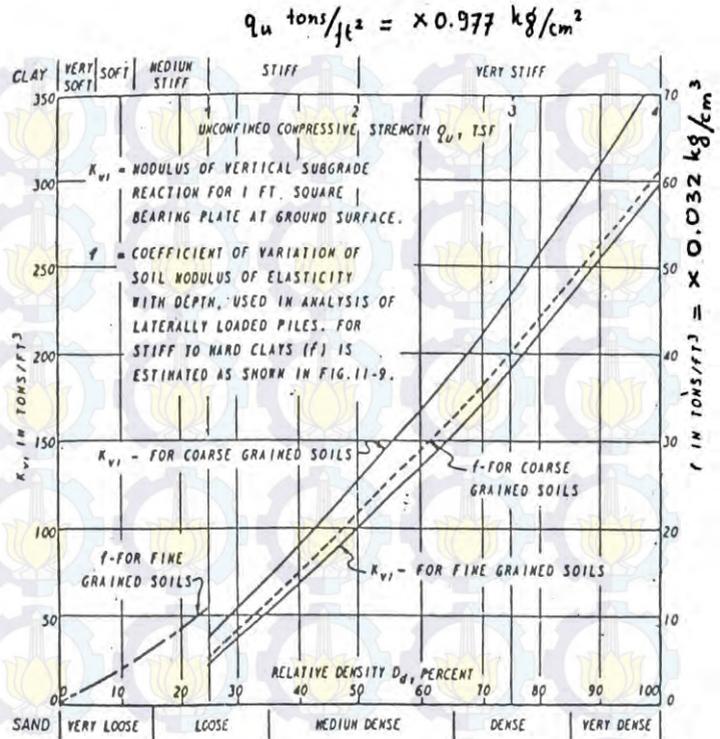
Dengan kedalaman pemancangan 15 m maka didapatkan nilai Q_{ijin} sebesar 18.22 ton. Sehingga $Q_{ijin} \cdot C_e = 14.26 \text{ ton} > P_{max}$. Sehingga dapat disimpulkan pemancangan pada kedalaman 15 m dinilai cukup kuat. Rekap perhitungan kedalaman pemancangan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kedalaman Pemancangan Tiang

No	Krib	V	M_y	M_x	P_{\max} (t)	C_e	Qijin	Qijin * C_e	Kedalaman (m)
1	Krib 1	9.79	3.98	0.59	1.15	0.78	5.13	4.01	6
2	Krib 2	10.59	34.26	5.13	1.23	0.78	5.96	4.66	7
3	Krib 3	10.7	30.35	4.55	1.15	0.78	5.13	4.01	6
4	Krib 4	12.23	69.53	10.42	2.08	0.79	7.41	5.81	9
5	Krib 5	14.46	92.13	13.82	2.68	0.78	8.84	6.91	10
6	Krib 6	12.42	71	10.65	2.12	0.78	8.84	6.91	10
7	Krib 7	23.82	197.51	29.62	5.42	0.78	13.03	10.19	12
8	Krib 8	30.7	279.25	41.88	7.52	0.78	18.22	14.26	15
9	Krib 9	18.57	137.97	20.69	3.87	0.78	8.84	6.91	10
10	Krib 10	13	72.98	10.94	2.19	0.78	8.84	6.91	10
11	Krib 11	17	138.37	20.75	3.81	0.78	13.03	10.19	12
12	Krib 12	36	371.5	55.72	9.79	0.78	18.22	14.26	15

4.6.2 Kontrol Gaya Horizontal

Setelah didapatkan kedalaman pemancangan tiang perlu adanya control terhadap gaya horizontal yang terjadi. Dimulai dengan mengidentifikasi jenis tanah berdasarkan data N-value pada lampiran B antara 30-50 maka dapat di golongkan tanah pasir dengan kerapatan medium. Sehingga di ambil nilai relative density 60%. Dari nilai tersebut menggunakan grafik pada gambar 4.21 di dapatkan nilai f sebesar 30 tons/ft³.



Gambar 4.21 Grafik Hubungan Relative Density Dengan Koefisien Modulus Elastisitas Tanah (Sumber : *Naval Facilities Engineering Command*)

Lalu dilakukan perhitungan *relative stiffness factor* dengan menggunakan rumus 4.12.

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{1/5} \dots\dots\dots(4.12)$$

- Dimana : T : *Relative stiffnes factor* (m)
- E : Modulus Elastisitas (ton/m²)
- I : Inersia penampang tiang pancang (m⁴)

f : Coefficient of variation of soil modulus of elasticity with depth (ton/m^3)

Sehingga dengan memasukan nilai dari masing – masing factor akan didapatkan nilai factor kekakuan relatif dari tiang pancang sebesar :

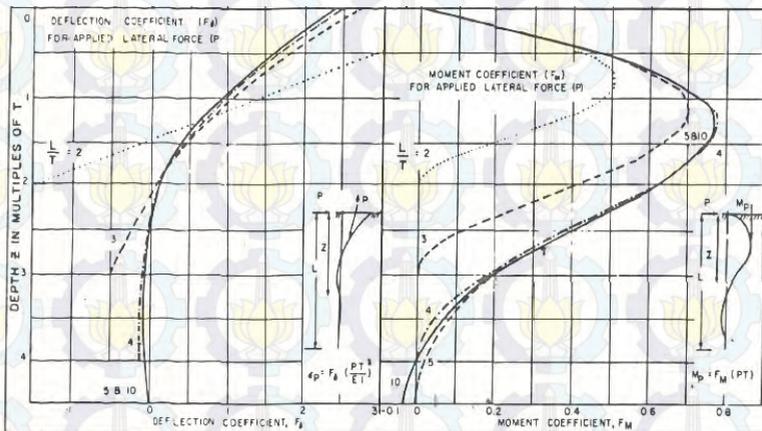
$$E = 3323402 \text{ ton/m}^2$$

$$I = 0.000709 \text{ m}^4$$

$$f = 30 \text{ ton/ft}^3 = 898 \text{ ton/m}^3$$

$$T = \left(\frac{3323402 \times 0.000709}{898} \right)^{1/5} = 1.21 \text{ m}$$

Dari nilai factor kekakuan relatif tersebut dapat ditentukan besarnya koefisien defleksi akibat beban lateral (F_d) dan koefisien momen akibat beban lateral (F_m) dengan membaca grafik pada gambar 4.22



Gambar 4.22 Grafik Pengaruh Nilai Untuk Pile Dengan Beban Dan Momen Akibat Gaya Lateral
(Sumber : *Naval Facilities Engineering Command*)

Setelah membaca grafik didapatkan nilai F_d 0.015 dan untuk nilai F_m sebesar 0.1. Kemudian di hitung besarnya defleksi akibat beban P dan besarnya momen yang terjadi pada tiang pancang.

$$\delta_p = F_d \left(\frac{PT^3}{EI} \right) = 0.015 \left(\frac{22.15 * 1.21^3}{30277.63 * 0.000709} \right) = 0.03 \text{ m}$$

$$M_p = F_m (PT) = 0.1 (22.15 * 1.15) = 2.69 \text{ ton.m}$$

Sehingga didapatkan nilai defleksi yang terjadi pada tiang pancang krib 11 sekitar 0.03 m dimana besarnya defleksi tersebut cukup kecil. Dan momen yang terjadi sebesar 2.69 ton.m dimana lebih kecil dari 9.0 t.m syarat batas untuk jenis tiang pancang dengan diameter 0.4 m yang tertera pada brosur tiang pancang pada lampiran C.

Kemudian dilakukan langkah perhitungan yang sama untuk krib 1 hingga krib 12. Rekap hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Rekap Perhitungan Defleksi Dan Momen Yang Terjadi Pada Tiang Pancang

No	Krib	H air (m)	P (ton)	L (m)	L/T	Z/T	Fd	dp (m)	FM	Mp (t.m)
1	Krib 1	5.88	4.23	6	4.95	3.21	0.03	0.01	0.1	0.51
2	Krib 2	8.55	8.95	7	5.77	3.21	0.03	0.02	0.1	1.09
3	Krib 3	7.8	7.45	6	4.95	3.21	0.03	0.02	0.1	0.90
4	Krib 4	10.85	14.42	9	7.42	3.21	0.02	0.02	0.1	1.75
5	Krib 5	11.72	16.82	10	8.24	3.21	0.02	0.03	0.1	2.04
6	Krib 6	10.57	13.68	10	8.24	3.21	0.02	0.02	0.1	1.66
7	Krib 7	15.8	30.57	12	9.89	3.21	0.015	0.04	0.1	3.71
8	Krib 8	18.2	40.56	15	12.36	3.21	0.01	0.03	0.1	4.92
9	Krib 9	13.8	23.32	10	8.24	3.21	0.015	0.03	0.1	2.83
10	Krib 10	10.5	13.50	10	8.24	3.21	0.015	0.02	0.1	1.64
11	Krib 11	13.45	22.15	12	9.89	3.21	0.015	0.03	0.1	2.69
12	Krib 12	20.5	51.46	20	16.48	3.21	0.01	0.04	0.1	6.24

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.7 Analisa Angkutan Sedimen

Pada dasarnya angkutan sedimen dari suatu sungai dibedakan menjadi dua yaitu angkutan sedimen dasar (*bedload transport*) dan angkutan sedimen melayang (*suspended load transport*). Dalam pengerjaan tugas akhir ini diasumsikan hanya terjadi angkutan sedimen dasar sungai (*bedload transport*) dikarenakan tidak terdapatnya data konsentrasi sedimen melayang dari lokasi perencanaan. Selain itu data yang digunakan dalam analisa angkutan sedimen ini dilakukan pendekatan data tanah pada tepian sungai. Analisa angkutan sedimen diperlukan untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen yang terjadi pada lokasi perencanaan.

Analisa angkutan sedimen dalam tugas akhir ini dilakukan menggunakan pendekatan dengan rumus Meyer Peter Muller (1948). Pemilihan rumus Meyer Peter Muller ini didasarkan pada jenis sedimen dasar yang berupa material pasir dengan ukuran d_{50} 0,45 mm. Perhitungan volume angkutan muatan dasar dilakukan pada setiap *cross section* penampang sungai dengan mengambil titik tengah dari masing – masing potongan melintang sungai.

Pada dasarnya dalam menghitung besarnya debit sedimen dicari besarnya parameter aliran Y dan μ terlebih dahulu. Kemudian diperhitungkan juga parameter transport ϕ_B . Dari nilai parameter transport akan didapat besarnya debit sedimen.

Perhitungan besarnya debit sedimen yang terjadi pada cross section 1 ialah sebagai berikut :

- $d_{50} = 0,00045$ m
- $d_{90} = 0,00085$ m
- $g = 9,81$ (m/s²)
- $s = 2,65$ sehingga $\Delta = 2,65 - 1 = 1,65$
- $h = 7,2$ m

- $I = 0,00025$

$$C = 18 \log\left(\frac{12h}{d_{50}}\right) = 18 \log\left(\frac{12 * 7,2}{0,00045}\right) = 95,1$$

$$C' = 18 \log\left(\frac{12h}{d_{90}}\right) = 18 \log\left(\frac{12 * 7,2}{0,00085}\right) = 90,13$$

Sehingga nilai μ :

$$\mu = \left(\frac{C}{C'}\right)^{\frac{3}{2}} = \left(\frac{95,1}{90,13}\right)^{\frac{3}{2}} = 1,084$$

Maka besarnya Y adalah :

$$Y = \frac{\Delta d}{\mu h I} = \frac{1,65 * 0,00045}{1,084 * 7,2 * 0,00025} = 0,317$$

Dan besar parameter transport didapatkan :

$$\begin{aligned} \phi_b &= 13,3 \cdot (Y^{-1} - 0,047)^{\frac{3}{2}} = 13,3 \cdot (0,317^{-1} - 0,047)^{\frac{3}{2}} \\ &= 72,81 \end{aligned}$$

Dari nilai parameter transport diatas maka dapat diperhitungkan besarnya debit sedimen (q_b) pada as cross section 1 sebesar :

$$\phi_B = \frac{q_B}{d \sqrt{(s-1)g \cdot d}}$$

$$q_B = \phi_B d \sqrt{(s-1)g \cdot d}$$

$$q_B = 72,81 * 0,00045 * \sqrt{(2,65-1) * 9,81 * 0,00045}$$

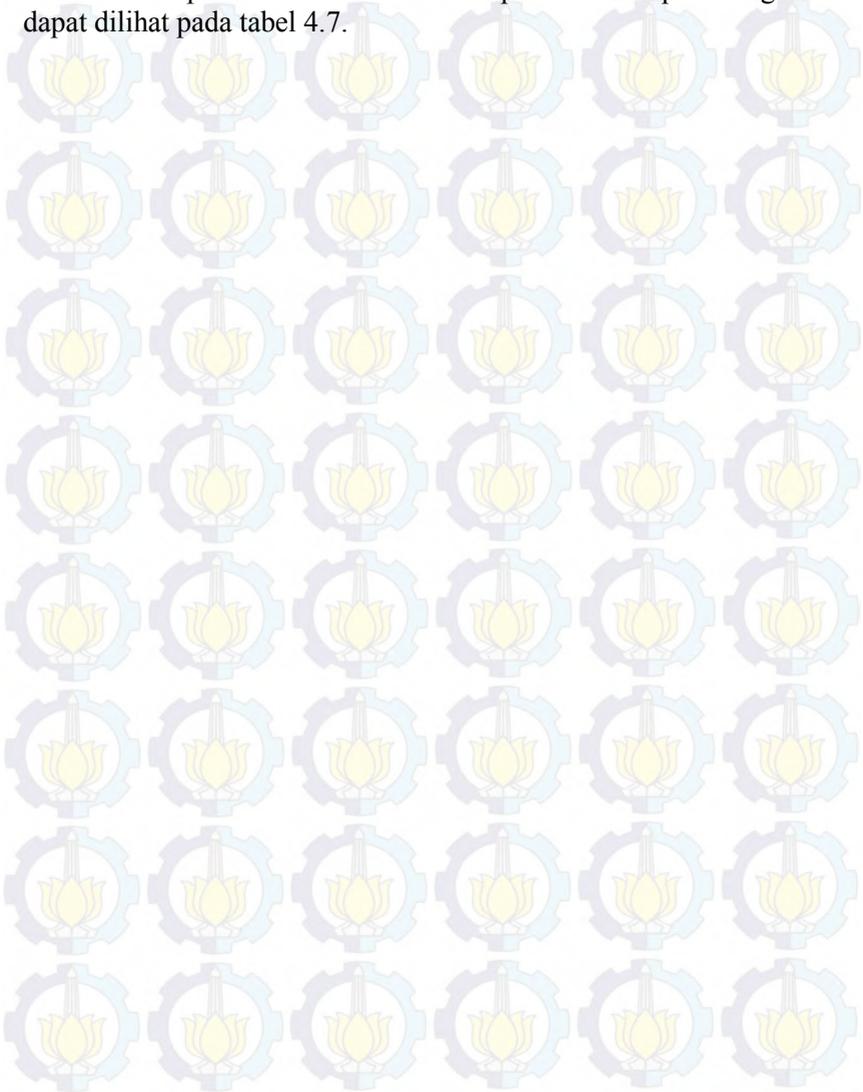
$$q_B = 0,0028 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk mengetahui besarnya volume sedimen dititik tersebut maka dilakukan perhitungan untuk jangka waktu 7 hari, sehingga volume sedimen pada titik tersebut sebesar :

$$V = q_B * 3600 * 24 * 7 = 0,0028 * 604800 = 1691,14 \text{ m}^3$$

Maka besarnya volume sedimen untuk cross section 1 selama kurun waktu 7 hari sebesar 1691,14 m³.

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama untuk cross section 2 sampai cross section 17. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7.



Tabel 4.7 Volume Angkutan Sedimen (Mayer Peter Muller)

Cross Section	H (m)	C	C'	μ	γ	ϕ_b	Qb (m ³ /sec/m)	Volume Sedimen (m ³ /m)
Cross 17	8.8	96.67	91.70	1.082	0.260	98.583	0.0038	2289.87
Cross 16	7.2	95.10	90.13	1.084	0.317	72.807	0.0028	1691.14
Cross 15	12.2	99.22	94.25	1.080	0.188	161.244	0.0062	3745.34
Cross 14	8.8	96.67	91.70	1.082	0.260	98.583	0.0038	2289.87
Cross 13	12.4	99.35	94.38	1.080	0.185	165.236	0.0063	3838.06
Cross 12	20.8	103.39	98.42	1.077	0.111	359.208	0.0138	8343.60
Cross 11	20.8	103.39	98.42	1.077	0.111	359.208	0.0138	8343.60
Cross 10	18.4	102.43	97.46	1.077	0.125	298.881	0.0115	6942.34
Cross 9	16.4	101.53	96.56	1.078	0.140	251.486	0.0097	5841.45
Cross 8	16.8	101.72	96.75	1.078	0.137	260.748	0.0100	6056.58
Cross 7	7.2	95.10	90.13	1.084	0.317	72.807	0.0028	1691.14
Cross 6	8	95.92	90.95	1.083	0.286	85.374	0.0033	1983.04
Cross 5	6.4	94.18	89.21	1.085	0.357	60.918	0.0023	1414.99
Cross 4	6.4	94.18	89.21	1.085	0.357	60.918	0.0023	1414.99
Cross 3	8	95.92	90.95	1.083	0.286	85.374	0.0033	1983.04
Cross 2	5.6	93.13	88.16	1.086	0.407	49.750	0.0019	1155.58
Cross 1	7.2	95.10	90.13	1.084	0.317	72.807	0.0028	1691.14

Sumber : Hasil Perhitungan

Selain menggunakan rumus Meyer Peter Muller, untuk membandingkan besarnya volume sedimen dalam pengerjaan tugas akhir digunakan juga rumus Einstein – Brown. Pemilihan rumus Einstein – Brown ini karena bedload merupakan material yang dominan dalam proses angkutan sedimen yang terjadi.

Pada dasarnya dalam menghitung besarnya debit sedimen hampir sama dengan rumus Mayer Peter Muller yaitu dengan mencari besarnya parameter aliran Y dan μ terlebih dahulu. Kemudian diperhitungkan juga parameter transport ϕ_B . Dari nilai parameter transport akan didapat besarnya debit sedimen. Contoh perhitungan besarnya debit sedimen yang terjadi pada cross section 1 ialah sebagai berikut :

- $d_{50} = 0,00045$ m
- $g = 9,81$ (m/s²)
- $s = 2,65$ sehingga $\Delta = 2,65 - 1 = 1,65$
- $I = 0,00025$
- $v = 10^{-6}$ m/s

Sehingga besarnya nilai μ :

$$\mu = \left[\sqrt{\left(\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{\Delta g d^3} \right)} - \sqrt{\frac{36v^2}{\Delta g d^3}} \right]^3$$

$$\mu = \left[\sqrt{\left(\frac{2}{3} + \frac{36 \cdot (10^{-6})^2}{1,65 * 9,81 * 0,00045^3} \right)} - \sqrt{\left(\frac{36(10^{-6})^3}{1,65 * 9,81 * 0,00045^3} \right)} \right]^3 = 0,574$$

Maka besarnya Y adalah :

$$Y = \frac{\Delta \cdot d}{\mu \cdot h \cdot I} = \frac{1,65 * 0,00045}{0,574 * 7,2 * 0,00025} = 0,599$$

Dan besar parameter transport didapatkan :

$$\phi_b = 100Y^{-3} = 100(0,599)^{-3} = 464,61$$

Dari nilai parameter transport diatas maka dapat diperhitungkan besarnya debit sedimen (q_b) pada as cross section 1 sebesar :

$$\phi_B = \frac{q_B}{d\sqrt{(s-1)g.d}}$$

$$q_B = \phi_B d \sqrt{(s-1)g.d}$$

$$q_b = 464.61 * 0,00045 * \sqrt{(2,65-1) * 9,81 * 0,00045}$$

$$q_b = 0,018 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk mengetahui besarnya volume sedimen dititik tersebut maka dilakukan perhitungan untuk jangka waktu 7 hari, sehingga volume sedimen pada titik tersebut sebesar :

$$V = q_b * 3600 * 24 * 7 = 0,018 * 604800 = 10791.91 \text{ m}^3$$

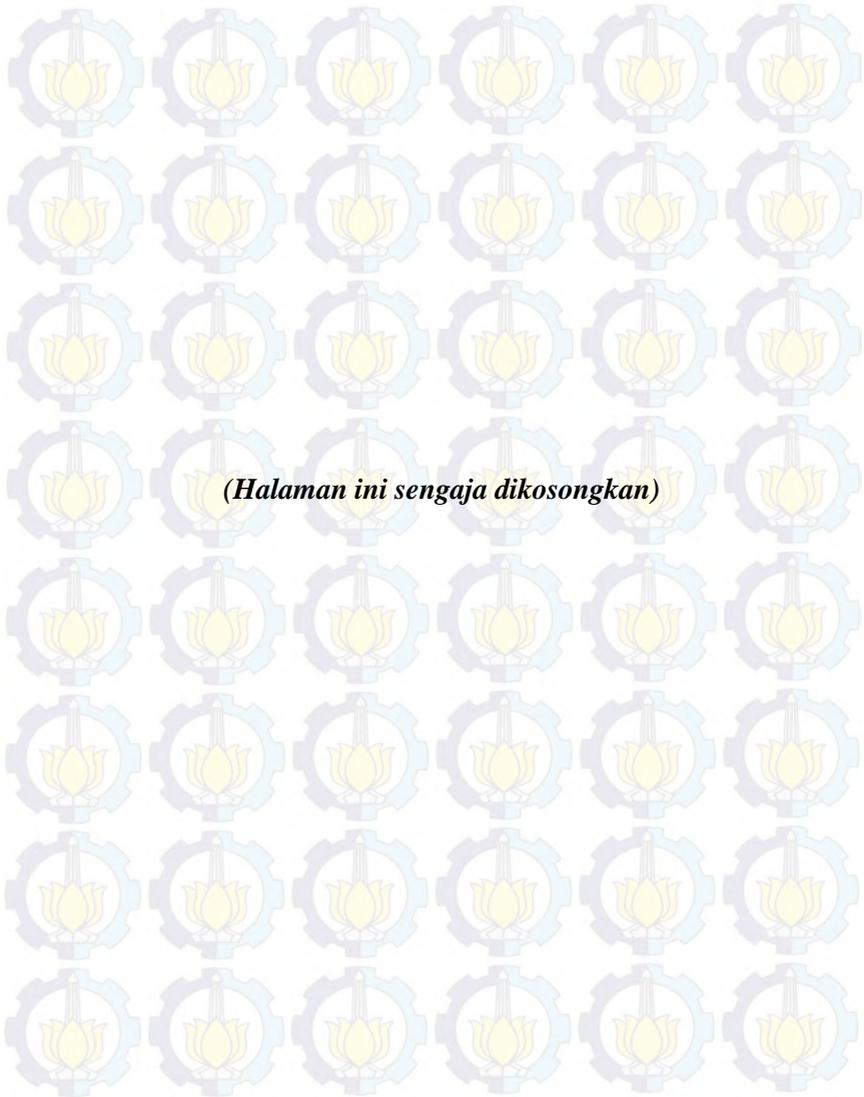
Maka besarnya volume sedimen untuk cross section 1 selama kurun waktu 7 hari sebesar 10791.91 m³.

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama untuk cross section 2 sampai cross section 17. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Volume Angkutan Sedimen (Einstein – Brown)

Cross Section	h	Δ	μ	γ	ϕb	qb	Volume Sedimen (m3)
Cross 17	8.8	1.65	0.574	0.490	848.29	0.033	19703.75
Cross 16	7.2	1.65	0.574	0.599	464.61	0.018	10791.91
Cross 15	12.2	1.65	0.574	0.354	2260.34	0.087	52502.55
Cross 14	8.8	1.65	0.574	0.490	848.29	0.033	19703.75
Cross 13	12.4	1.65	0.574	0.348	2373.33	0.091	55127.20
Cross 12	20.8	1.65	0.574	0.207	11201.70	0.430	260190.18
Cross 11	20.8	1.65	0.574	0.207	11201.70	0.430	260190.18
Cross 10	18.4	1.65	0.574	0.235	7754.38	0.298	180116.86
Cross 9	16.4	1.65	0.574	0.263	5490.67	0.211	127535.90
Cross 8	16.8	1.65	0.574	0.257	5902.31	0.227	137097.25
Cross 7	7.2	1.65	0.574	0.599	464.61	0.018	10791.91
Cross 6	8	1.65	0.574	0.539	637.33	0.024	14803.72
Cross 5	6.4	1.65	0.574	0.674	326.31	0.013	7579.50
Cross 4	6.4	1.65	0.574	0.674	326.31	0.013	7579.50
Cross 3	8	1.65	0.574	0.539	637.33	0.024	14803.72
Cross 2	5.6	1.65	0.574	0.771	218.60	0.008	5077.68
Cross 1	7.2	1.65	0.574	0.599	464.61	0.018	10791.91

(Sumber : Hasil Perhitungan)



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari uraian dan perhitungan pada bab – bab sebelumnya maka dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan SMS 8.0 pada eksisting tikungan Sungai Jelarai diketahui bahwa terjadi pusaran aliran di bagian sisi luar tikungan yang bergerak kearah hulu akibat dari pengaruh pasang pada bagian hilir. Selain itu kecepatan disekitar lokasi sheet pile menunjukkan angka berkisar antara 1,20 m - 2,70 m/s dengan arah menyusuri tebing sisi luar belokan. Sehingga sangat dimungkinkan terjadi gerusan akibat dari pola aliran dan kecepatan aliran yang terjadi.
2. Berdasarkan hasil analisa gerusan yang menunjukkan indikasi terjadinya angkutan sedimen yang cukup tinggi maka direncanakan krib bertipe permeable dengan menggunakan bahan tiang pancang beton berdiameter 0.4 m. Krib didesain lima macam dengan panjang yang berbeda. Masing – masing mulai dari panjang 14 m (4buah), 12 m (4buah), 10 m (2 buah), 7.5 m dan 5 m (1buah). Hal ini untuk mengurangi kemungkinan terjadinya gerusan pada ujung kaki krib. Jarak pemasangan antar tiang pancang direncanakan tiap 2 m (arah tegak lurus aliran sungai) dan tiap 3 m (sejajar arah aliran)
3. Dengan perhitungan menggunakan rumus Mayer Peter Muller didapatkan rata – rata volume angkutan sedimen yang terjadi sebesar 3571.52 m³/m dan rumus Einstein Brown 70258.09 m³/m dengan asumsi kurun waktu simulasi 7 hari.

5.2 Saran

Berdasarkan penyusunan Tugas Akhir “Perencanaan Bangunan Pengarah Aliran (Krib) pada Sungai Jelarai Kec. Tanjung Selor, Kab. Bulungan Kalimantan Timur” penulis ingin memberikan beberapa saran. Adapun saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Mengingat data yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini banyak yang menggunakan pendekatan teoritis, sehingga sebaiknya perlu adanya analisa/kajian khusus dengan data pengukuran seperti data historis banjir, data sedimen sungai dan data survey primer yang lebih akurat guna mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
2. Perencanaan yang dilakukan dalam tugas akhir ini terbatas hanya melakukan perencanaan secara sederhana. Perencanaan lebih lanjut dapat dilakukan dengan memperhitungkan aspek biaya dan metode pelaksanaan dilapangan .
3. Mengingat permodelan yang dilakukan dalam mencari distribusi kecepatan masih menggunakan asumsi krib bertipe masif (impermeable), maka untuk studi selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan asumsi yang sesuai dengan perencanaan. Serta juga mempertimbangkan posisi dan sudut pemasangan krib agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2001. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gadjah Mada University Press
- Chow, Ven Te. 1985. **Hidrolika Saluran Terbuka**. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M., Endah, N., Mochtar, I. B. 1993. **Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta: Erlangga.
- Departement of The Navy Naval Facilities Engineering Comand Second Edition. 1971. **Design Manual Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures**. Washington DC.
- Hidrologic Engineering Center. 2010. **HEC-RAS User's Manual Version 4.1** U.S Army Corps of Engineers. David CA
- Waterways Experiment Staiom Hydraulics Laboratory. 1997. **User's Guide to RMA2 WES Version 4.3**. U.S Army Corps of Engineers. David CA
- Leopold, Luna B., Wolman, M.G., and Miller, J.P., 1964. **Fluvial Processes in Geomorphology**. San Francisco.
- Sosrodarsono, S. 1984, **Perbaikan dan Pengaturan Sungai, PT. Pradnya Paramita**, Jakarta.
- Yang, Chi Ted. 2003. **Sediment Transport**. Krieger Publishing Company. Florida.

**Lampiran C.TABEL PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA**

Bor No. : BH-1
Pile Dim. : Ø 40 cm

Depth. Increment : 0.5 m

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
1	0.00	P	0.000	0.000	0	1.79	0.79	0.395	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.5	0	P	0.000	0.000	0	1.79	0.79	0.79	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	0	P	0.000	0.000	0	1.79	0.79	1.185	0.000	0	0.00	1.00	5.03	0.00	0.00	0.00	5.03	1.01
2.5	2	P	2.000	2.000	2	1.79	0.79	1.58	4.902	4	4.00	1.60	8.04	0.80	0.50	0.50	8.55	1.71
3	2	P	2.000	2.000	2	1.79	0.79	1.975	4.469	4	4.00	2.40	12.06	0.80	0.50	1.01	13.07	2.61
3.5	2	P	2.000	2.000	2	1.79	0.79	2.37	4.107	4	4.00	3.16	15.88	0.80	0.50	1.51	17.39	3.48
4	2	P	2.000	2.000	2	1.79	0.79	2.765	3.799	4	3.80	3.88	19.52	0.76	0.48	1.99	21.51	4.30
4.5	2	P	2.000	2.000	2	1.51	0.51	3.02	3.623	4	3.62	3.78	18.99	0.72	0.46	2.44	21.43	4.29
5	2	P	2.000	2.000	2	1.51	0.51	3.275	3.463	4	3.46	3.97	19.97	0.69	0.44	2.88	22.84	4.57
5.5	3	P	3.000	3.000	3	1.51	0.51	3.53	4.975	6	4.98	4.13	20.74	1.00	0.63	3.50	24.24	4.85
6	3	P	3.000	3.000	3	1.51	0.51	3.785	4.773	6	4.77	4.28	21.54	0.95	0.60	4.10	25.64	5.13
6.5	3	P	3.000	3.000	3	1.51	0.51	4.04	4.587	6	4.59	4.44	22.33	0.92	0.58	4.68	27.01	5.40
7	3	P	3.000	3.000	3	1.51	0.51	4.295	4.415	6	4.42	4.88	24.55	0.88	0.55	5.23	29.79	5.96
7.5	4	P	4.000	4.000	4	1.51	0.51	4.55	5.674	8	5.67	4.98	25.06	1.13	0.71	5.95	31.00	6.20
8	4	P	4.000	4.000	4	1.51	0.51	4.805	5.476	8	5.48	5.09	25.57	1.10	0.69	6.63	32.20	6.44
8.5	4	P	4.000	4.000	4	1.53	0.53	5.07	5.284	8	5.28	5.19	26.09	1.06	0.66	7.30	33.39	6.68
9	4	P	4.000	4.000	4	1.53	0.53	5.335	5.105	8	5.11	5.79	29.10	1.02	0.64	7.94	37.04	7.41
9.5	6	P	6.000	6.000	6	1.53	0.53	5.6	7.407	12	7.41	6.09	30.61	1.48	0.93	8.87	39.48	7.90
10	6	P	6.000	6.000	6	1.53	0.53	5.865	7.173	12	7.17	6.85	34.42	1.43	0.90	9.77	44.19	8.84
10.5	8	P	8.000	8.000	8	1.53	0.53	6.13	9.270	16	9.27	7.59	38.15	1.85	1.16	10.94	49.09	9.82
11	8	P	8.000	8.000	8	1.53	0.53	6.395	8.994	16	8.99	8.75	43.99	1.80	1.13	12.07	56.06	11.21
11.5	10	P	10.000	10.000	10	1.53	0.53	6.66	10.917	20	10.92	9.39	47.21	2.18	1.37	13.44	60.65	12.13
12	10	P	10.000	10.000	10	1.53	0.53	6.925	10.610	20	10.61	10.02	50.38	2.12	1.33	14.77	65.15	13.03
12.5	10	P	10.000	10.000	10	1.53	0.53	7.19	10.320	20	10.32	10.16	51.09	2.06	1.30	16.07	67.16	13.43
13	10	P	10.000	10.000	10	1.81	0.81	7.595	9.976	20	9.98	11.33	56.94	2.00	1.25	17.32	74.26	14.85
13.5	15	P	15.000	15.000	15	1.81	0.81	8	14.815	30	14.81	11.49	57.76	2.96	1.86	19.18	76.94	15.39
14	20	P	17.500	12.000	12	1.81	0.81	8.405	11.735	24	11.73	11.69	58.78	2.35	1.47	20.66	79.43	15.89

**Lampiran C.TABEL PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA**

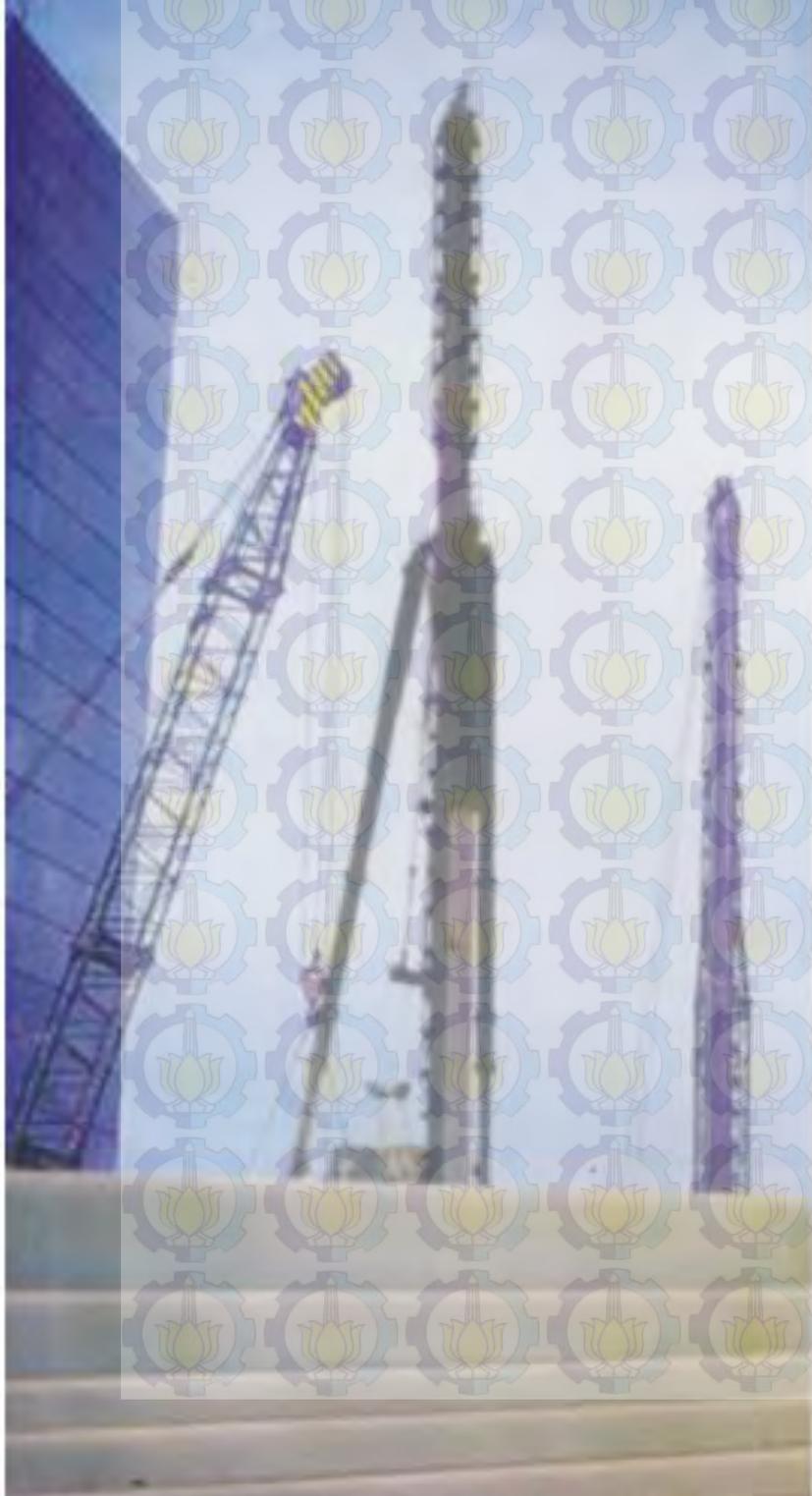
Bor No. : BH-1
Pile Dim. : Ø 40 cm

Depth. Increment : 0.5 m

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+...	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
14.5	20	P	17.500	12.000	12	1.81	0.81	8.81	11.619	24	11.62	12.51	62.86	2.32	1.46	22.12	84.98	17.00
15	25	P	20.000	15.000	15	1.81	0.81	9.215	14.383	30	14.38	13.36	67.15	2.88	1.81	23.93	91.08	18.22
15.5	25	P	20.000	15.000	15	1.81	0.81	9.62	14.245	30	14.25	13.78	69.28	2.85	1.79	25.72	95.00	19.00
16	30	P	22.500	18.000	18	1.81	0.81	10.025	16.931	36	16.93	14.79	74.34	3.39	2.13	27.84	102.19	20.44
16.5	30	P	22.500	18.000	18	1.81	0.81	10.43	16.771	36	16.77	15.79	79.36	3.35	2.11	29.95	109.32	21.86
17	30	P	22.500	18.000	18	1.81	0.81	10.835	16.615	36	16.61	16.20	81.43	3.32	2.09	32.04	113.47	22.69
17.5	30	P	22.500	18.000	18	1.94	0.94	11.305	16.436	36	16.44	17.15	86.18	3.29	2.07	34.10	120.29	24.06
18	35	P	25.000	21.000	21	1.94	0.94	11.775	18.972	42	18.97	17.51	88.03	3.79	2.38	36.49	124.52	24.90
18.5	35	P	25.000	21.000	21	1.94	0.94	12.245	18.773	42	18.77	17.87	89.85	3.75	2.36	38.85	128.70	25.74
19	35	P	25.000	21.000	21	1.94	0.94	12.715	18.578	42	18.58	18.23	91.63	3.72	2.33	41.18	132.81	26.56
19.5	35	P	25.000	21.000	21	1.94	0.94	13.185	18.387	42	18.39	19.10	96.02	3.68	2.31	43.49	139.51	27.90
20	40	P	27.500	24.000	24	1.94	0.94	13.655	20.799	48	20.80	19.43	97.64	4.16	2.61	46.11	143.75	28.75
20.5	40	P	27.500	24.000	24	1.94	0.94	14.125	20.590	48	20.59	19.75	99.26	4.12	2.59	48.69	147.96	29.59
21	40	P	27.500	24.000	24	1.94	0.94	14.595	20.384	48	20.38	20.57	103.41	4.08	2.56	51.26	154.67	30.93
21.5	45	P	30.000	27.000	27	1.94	0.94	15.065	22.706	54	22.71	21.39	107.53	4.54	2.85	54.11	161.64	32.33
22	45	P	30.000	27.000	27	1.94	0.94	15.535	22.484	54	22.48	21.69	109.00	4.50	2.83	56.93	165.94	33.19
22.5	45	P	30.000	27.000	27	1.94	0.94	16.005	22.266	54	22.27	22.47	112.94	4.45	2.80	59.73	172.67	34.53
23	50	P	32.500	30.000	30	1.94	0.94	16.475	24.502	60	24.50	23.25	116.84	4.90	3.08	62.81	179.65	35.93
23.5	50	P	32.500	30.000	30	1.94	0.94	16.945	24.269	60	24.27	23.51	118.19	4.85	3.05	65.86	184.05	36.81
24	50	P	32.500	30.000	30	1.94	0.94	17.415	24.041	60	24.04	23.77	119.48	4.81	3.02	68.88	188.36	37.67



**JAYA
BETON**



PC SPUN PILES



PC SPUN POLES



PC SHEET PILES (CORRUGATED TYPE)



PC SHEET PILES (FLAT TYPE)



PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILE

PEMBANGUNAN JAYA GROUP

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES (JBI PILES) JIS. A 5335

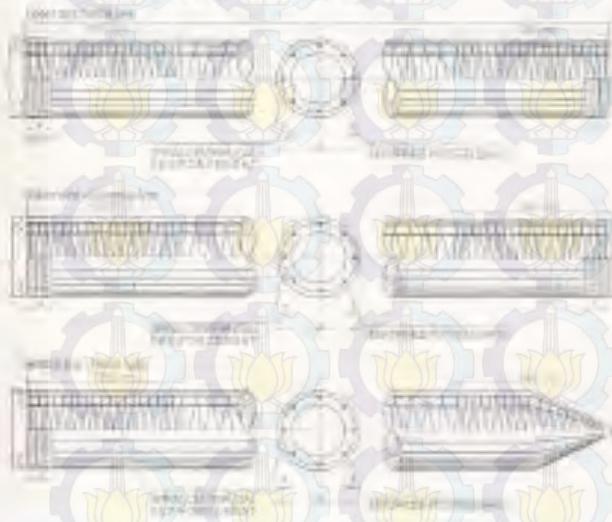


Specification of Prestressed Concrete Spun Piles, JIS A 5335

Outside Diameter (mm)	Type (Class)	Thickness (mm)	Gross Section Area (cm ²)	Allowable Bearing Capacity (ton)		Crushing Strength (N/mm ²)	Ultimate Bonding (N/mm ²)	Length (m) & Weight (ton)											
				JIS 541	JIS A5335			7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m			
300	A	60	452.4	70	46	2.8	3.8	1.82	2.51	3.08	3.76	4.44	5.12	5.80					
	B					3.0	4.0								4.68	5.36	6.04	6.72	7.40
	C					3.2	4.2								4.88	5.56	6.24	6.92	7.60
350	A	65	542.0	80	56	4.0	5.5	2.59	3.21	3.83	4.45	5.07	5.69	6.31					
	B					4.5	6.0								6.62	7.24	7.86	8.48	9.10
	C					5.0	6.5								7.14	7.76	8.38	9.00	9.62
400	A	70	632.8	100	78	5.5	7.5	3.32	3.94	4.56	5.18	5.80	6.42	7.04					
	B					6.0	8.0								8.62	9.24	9.86	10.48	11.10
	C					6.5	8.5								9.14	9.76	10.38	11.00	11.62
450	A	75	723.6	120	95	7.0	9.5	3.89	4.51	5.13	5.75	6.37	6.99	7.61					
	B					7.5	10.0								10.62	11.24	11.86	12.48	13.10
	C					8.0	10.5								11.14	11.76	12.38	13.00	13.62
500	A	80	814.4	140	120	8.5	11.5	4.47	5.09	5.71	6.33	6.95	7.57	8.19					
	B					9.0	12.0								12.62	13.24	13.86	14.48	15.10
	C					9.5	12.5								13.14	13.76	14.38	15.00	15.62
600	A	100	1097.2	180	160	12.0	16.0	6.01	6.63	7.25	7.87	8.49	9.11	9.73					
	B					13.0	17.0								17.62	18.24	18.86	19.48	20.10
	C					14.0	18.0								18.14	18.76	19.38	20.00	20.62
700	A	120	1380.0	220	200	16.0	21.0	7.81	8.43	9.05	9.67	10.29	10.91	11.53					
	B					17.0	22.0								22.62	23.24	23.86	24.48	25.10
	C					18.0	23.0								23.14	23.76	24.38	25.00	25.62
800	A	140	1766.8	280	260	21.0	28.0	10.01	10.63	11.25	11.87	12.49	13.11	13.73					
	B					22.0	29.0								29.62	30.24	30.86	31.48	32.10
	C					23.0	30.0								30.14	30.76	31.38	32.00	32.62

NOTE
 Concrete Strength: f_{ck} = 300 kg/cm² (Cylinder Test), or equivalent to K-60 (Cube Test)
 Number of PC Strands can be customized depend on length of pile/corrosion

Construction of Prestressed Concrete Spun Piles CONSTRUCTION OF JBI PILES



WELDED JOINT



Calculation Of Bearing Capacity Dynamic Formula

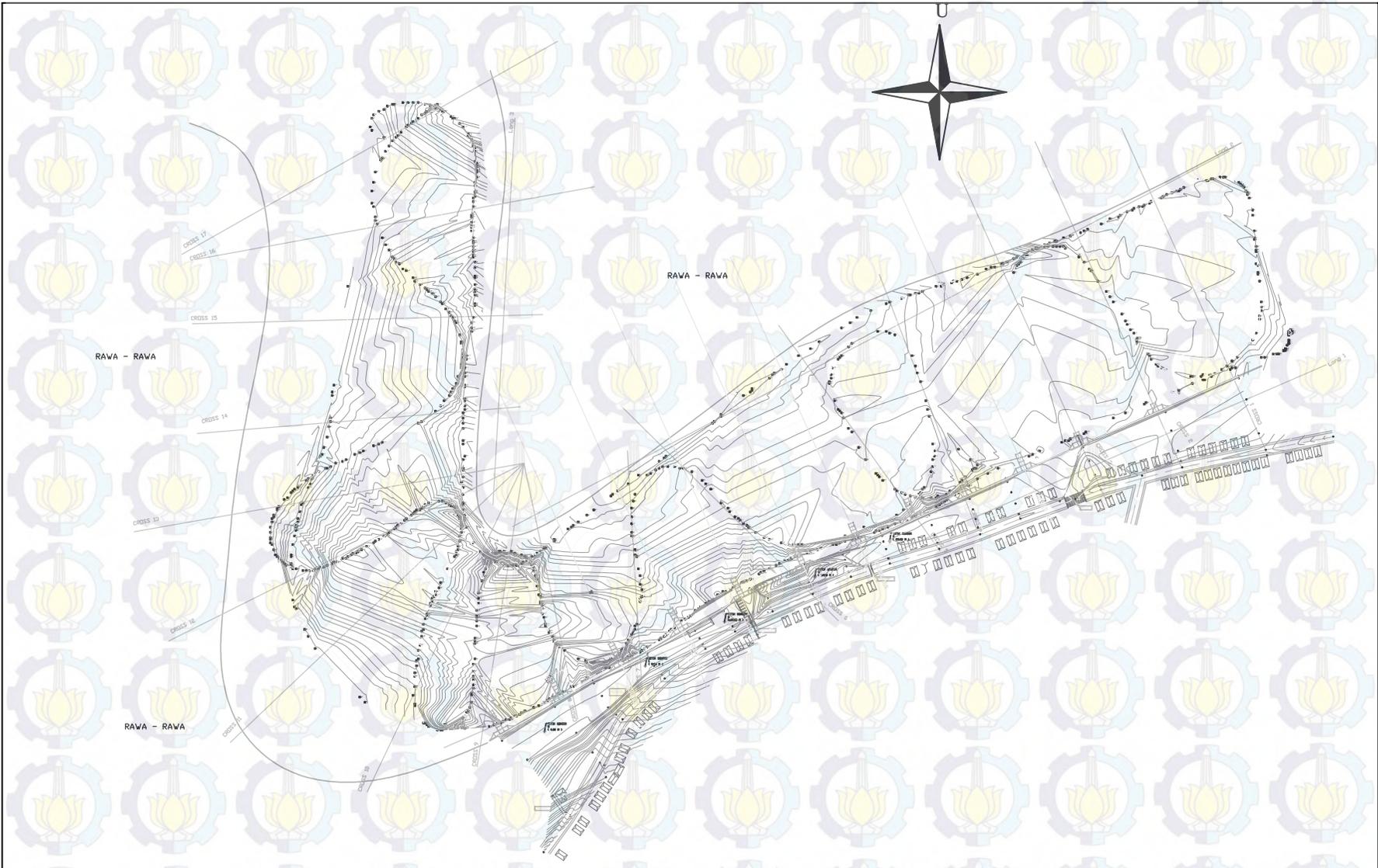
$$R_d = \frac{2 \cdot W \cdot H}{3 \cdot S + 0.1}$$

R_d = Allowable Bearing Capacity (ton)
 W = Weight of Hammer (ton)
 H = Height of ram stroke (m)
 S = Final settlement of pile, determined as the average of the last 10 blows, (%)

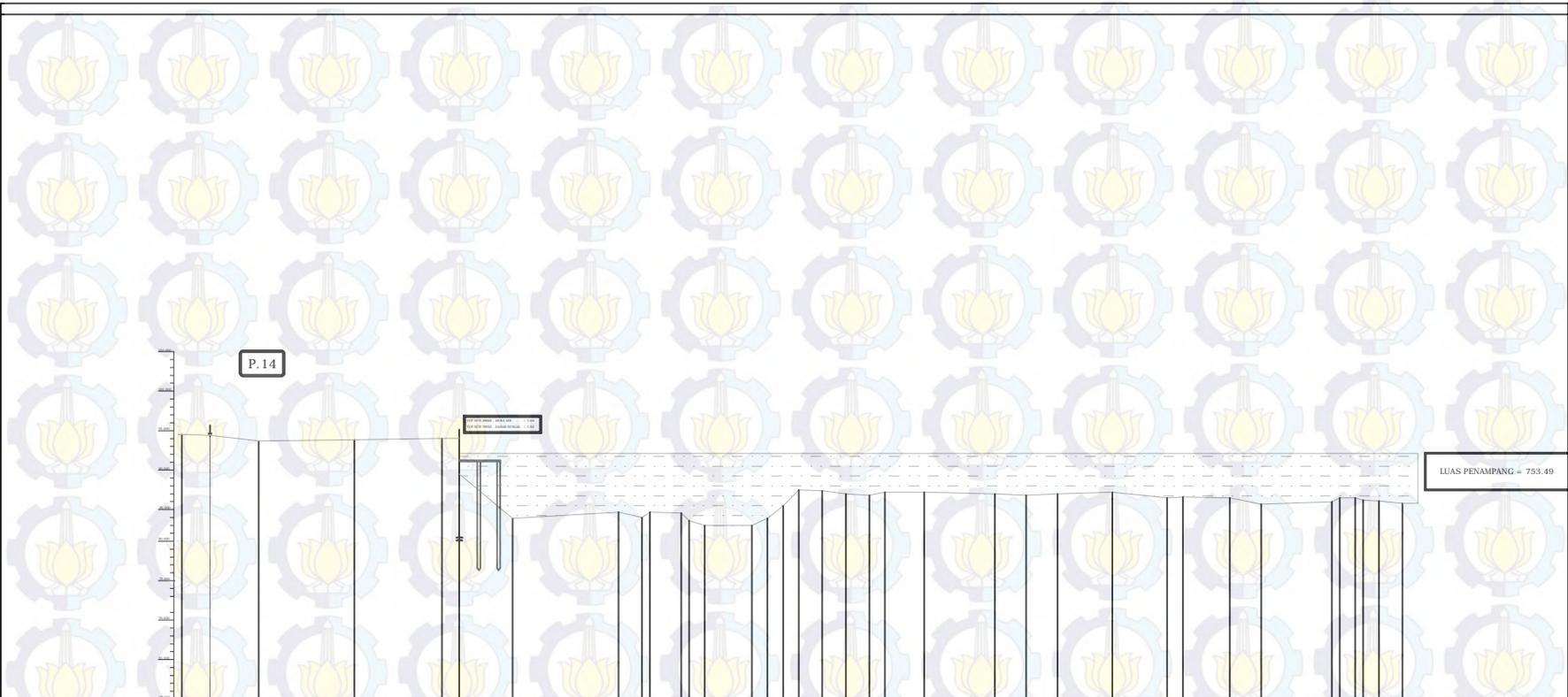
1 - One side of pile
 2 - One side of pile
 3 - One side of pile
 4 - One side of pile
 5 - One side of pile
 6 - One side of pile



	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Nama Tugas Akhir :	Dosen Pembimbing :	Mahasiswa :	Judul Gambar :	Lembar Gambar :	Jumlah Gambar :
		Perencanaan Krib	Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. I. Bambang Sarwono, M.Sc.	Abdullah Nur Rahmat 3111100066	Layout Eksisting Skala 1 : 20		



	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Nama Tugas Akhir :	Dosen Pembimbing :	Mahasiswa :	Judul Gambar :	Lembar Gambar :	Jumlah Gambar :
		Perencanaan Krib	Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	Abdullah Nur Rahmat 3111100066	Layout Pemasangan Krib Skala 1 : 20		



TITIK POTONG	a	b	c	d	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
JARAK BAGIAN (M)	3.60	6.20	12.20	11.20	2.20	6.80	13.50	3.00	4.00	4.00	6.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	5.00	9.00	4.00	4.00	7.00	7.00	2.00	6.00	4.00	9.00	2.00	2.00	3.00	3.00					
TINGGI TITIK (M)	94.520	94.419	95.711	95.840	94.018	95.130	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890	95.890		
JARAK LANGSUNG (M)	3.60	0.00	6.20	18.40	29.60	31.80	38.60	52.00	55.00	56.00	60.00	61.00	63.00	69.00	71.00	72.00	73.00	75.00	78.00	81.00	85.00	84.00	86.00	91.00	100.00	104.00	108.00	115.00	122.00	124.00	130.00	134.00	143.00	144.00	145.00	147.00	152.00



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas Akhir :
Perencanaan Krib

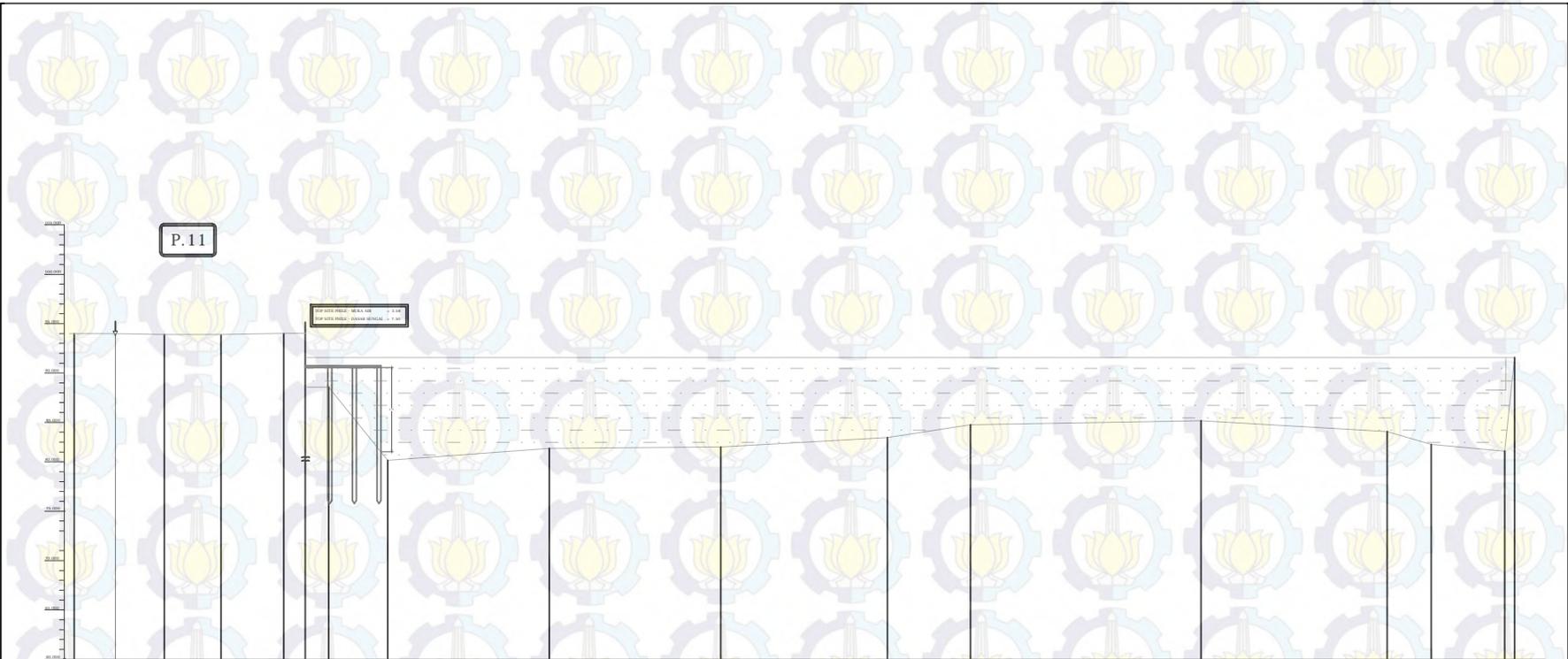
Dosen Pembimbing :
Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

Mahasiswa :
Abdullah Nur Rahmat
3111100066

Judul Gambar :
Potongan Melintang Krib 1
Skala 1 : 5

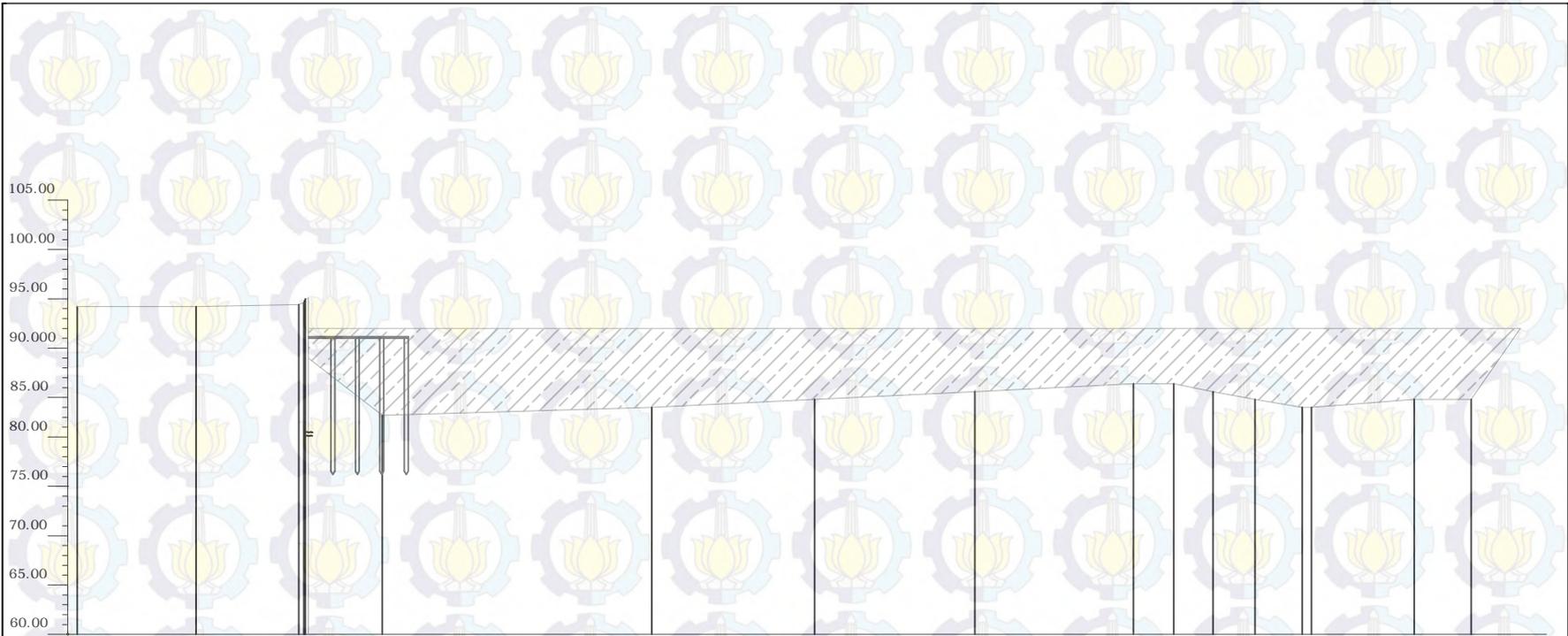
Lembar Gambar :

Jumlah Gambar :



TITIK PROFIL	As Jalan	P.11	a	b	c	d/Top Site	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
JARAK BAGIAN (M)	4.20	5.00	5.80	6.40	2.20	2.40	6.00	16.50	17.50	17.00	8.50	23.50	19.00	4.50	7.50	4.00
TINGGI TITIK (M)	93.975	93.980	93.919	93.878	94.019	95.149	92.649	84.749	85.949	86.089	87.049	88.349	88.749	87.649	86.349	85.649
JARAK LANGSUNG (M)	4.20	0.00	5.00	10.80	17.20	19.40	21.80	27.80	44.30	61.80	78.80	87.30	110.80	129.80	134.30	141.80

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Nama Tugas Akhir :	Dosen Pembimbing :	Mahasiswa :	Judul Gambar :	Lembar Gambar :	Jumlah Gambar :
		Perencanaan Krib	Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	Abdullah Nur Rahmat 3111100066	Potongan Melintang Krib 2 Skala 1 : 4		



TITIK PROFIL				1		2		3		4		5		6		7		8		9	10		11		12	
JARAK BAGIAN (M)		12.11		10.52	7.55		27.54		16.64		16.37		16.20		4.12	3.99	4.31	4.82		10.50		5.83				
TINGGI TITIK (M)	94.2		94.4	93.978	93.978		94.000		84.800		85.600		86.400		86.400		85.600	84.800		84.000		84.800		84.800		84.800
JARAK LANGSUNG (M)	23.60		11.49	0.97	0.00		7.55		35.09		51.73		68.10		84.30	88.42	92.41	96.72		101.54		102.48		112.98		118.81



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas Akhir :

Perencanaan Krib

Dosen Pembimbing :

Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
 Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

Mahasiswa :

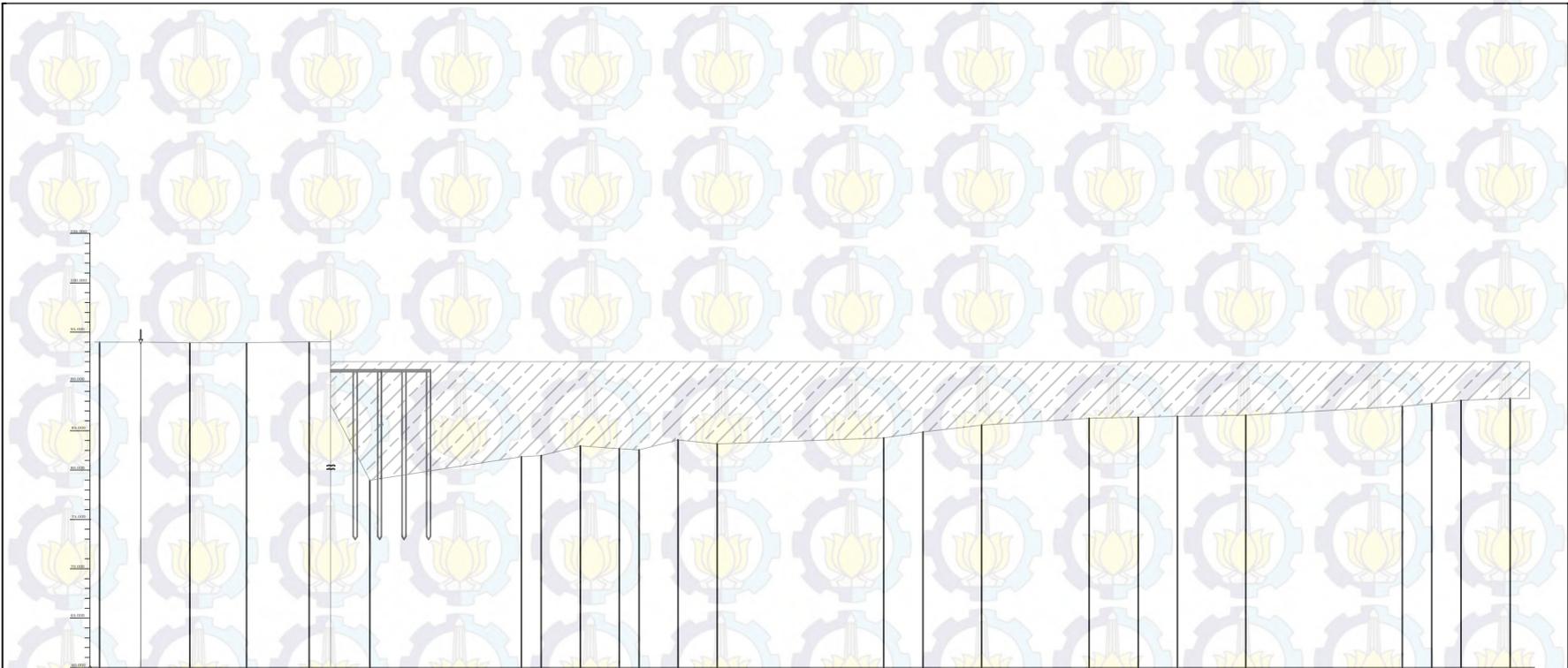
Abdullah Nur Rahmat
 3111100066

Judul Gambar :

Potongan Melintang Krib 3
 Skala 1 : 4

Lembar Gambar :

Jumlah Gambar :

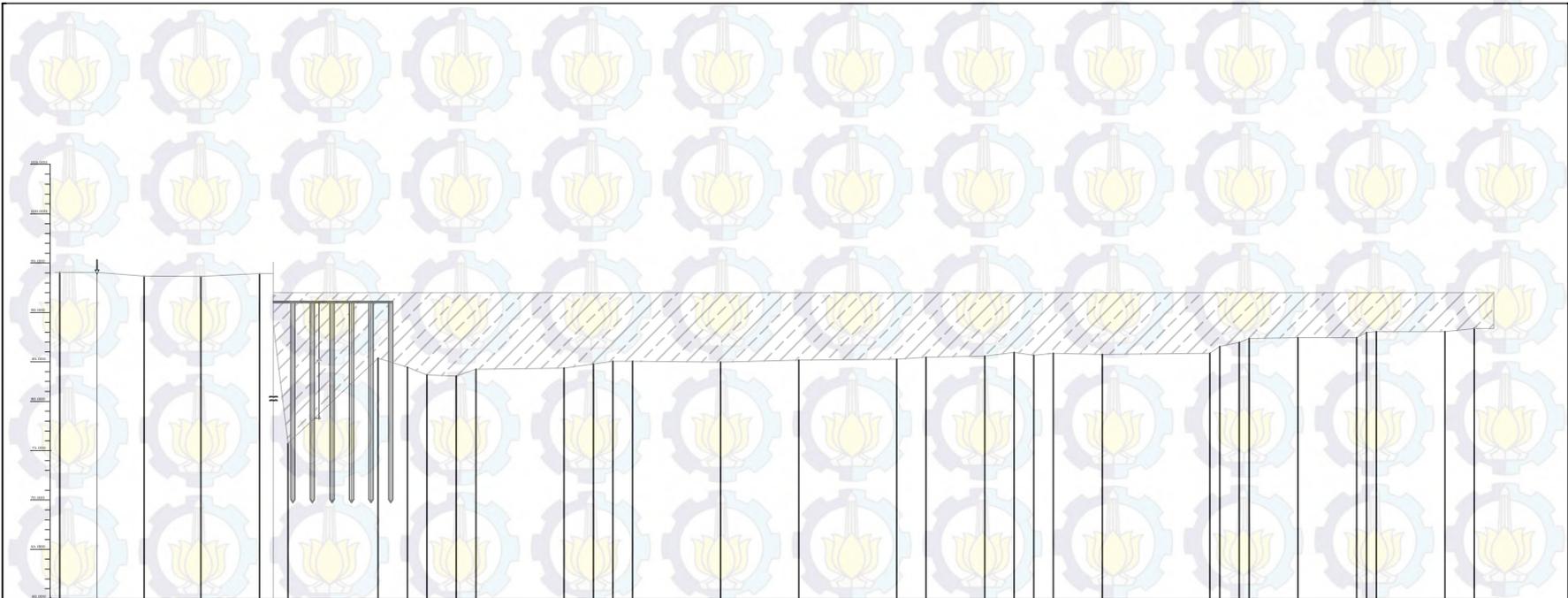


TITIK PROFIL	As Jalur	P. 11	a	b	c	d/Top Site Pkwh	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
JARAK BAGIAN (M)	4.20	5.00	5.80	6.40	2.20	4.00	15.50	2.00	4.00	4.00	2.00	4.00	4.00	17.00	4.00	6.00	11.00	5.00	4.00	7.00	16.00	3.00	3.00	5.00	
TINGGI TITIK (M)	83.978	83.980	83.919	83.878	84.019	85.149	78.969	81.369	81.469	82.469	82.169	82.069	83.069	82.669	83.269	83.869	84.569	85.269	85.369	85.469	85.569	86.469	86.769	87.069	87.269
JARAK LANGSUNG (M)	4.20	0.00	5.00	10.80	17.20	19.40	23.40	38.90	40.90	44.90	48.90	50.90	54.90	58.90	75.90	79.90	85.90	96.90	101.90	105.90	112.90	128.90	131.90	134.90	139.90



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas Akhir :	Dosen Pembimbing :	Mahasiswa :	Judul Gambar :	Lembar Gambar :	Jumlah Gambar :
Perencanaan Krib	Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	Abdullah Nur Rahmat 3111100066	Potongan Melintang Krib 4 Skala 1 : 4		

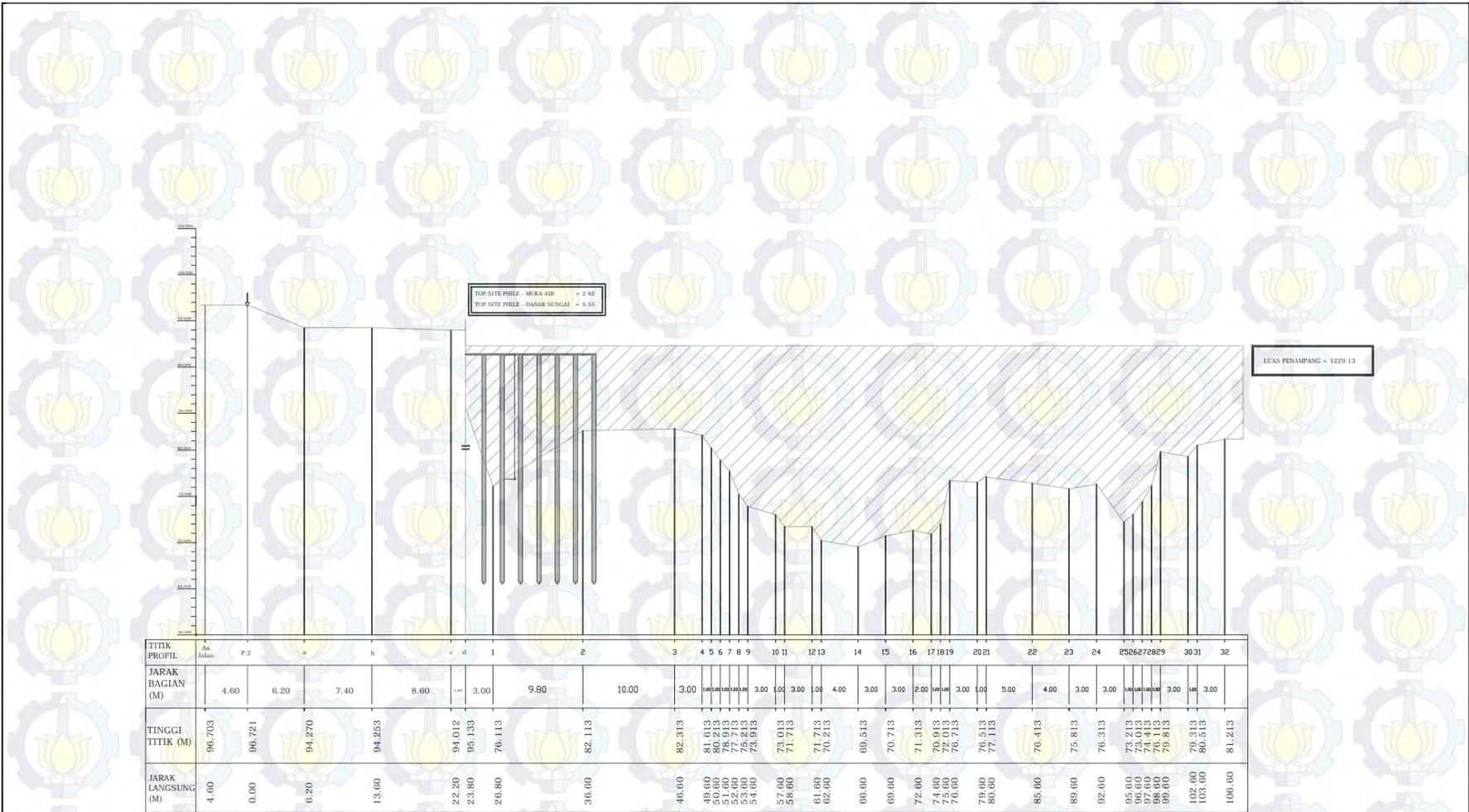


TTIK PROFIL	As	P.10	a	b	c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
ARAK AGIAN (M)	3.80	4.80	5.80	6.00	1.40	1.50	9.20	3.00	2.00	3.00	2.00	9.00	3.00	2.00	2.00	9.00	8.00	10.00	3.00	6.00	3.00	2.00	2.00	5.00	11.00	1.00	2.00	1.00	5.00	6.00	1.00	1.00	7.00	3.00	
TINGGI TTIK (M)	94.041	94.053	93.675	93.656	93.939	95.130	75.760	84.300	83.460	82.680	82.560	83.260	83.360	83.760	84.060	84.000	83.960	84.160	84.200	84.460	84.560	84.960	84.660	84.880	84.760	84.880	85.580	85.980	86.360	86.460	86.460	86.460	86.460	87.060	87.360
ARAK ANGUNG (M)	3.80	0.00	4.80	10.60	16.60	18.00	19.50	28.70	31.70	33.70	36.70	38.70	47.70	50.70	52.70	54.70	63.70	71.70	81.70	84.70	90.70	93.70	95.70	97.70	102.70	113.70	114.70	115.70	117.70	122.70	128.70	130.70	130.70	137.70	140.70



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas Akhir :	Dosen Pembimbing :	Mahasiswa :	Judul Gambar :	Lembar Gambar :	Jumlah Gambar :
Perencanaan Krib	Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.	Abdullah Nur Rahmat 3111100066	Potongan Melintang Krib 5 Skala 1 : 4		

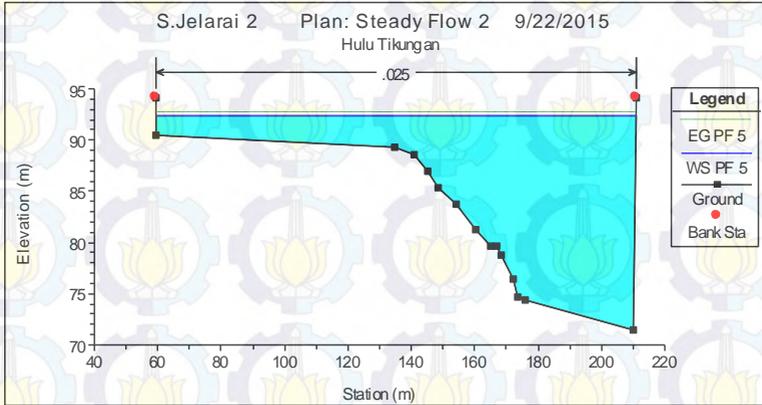


FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

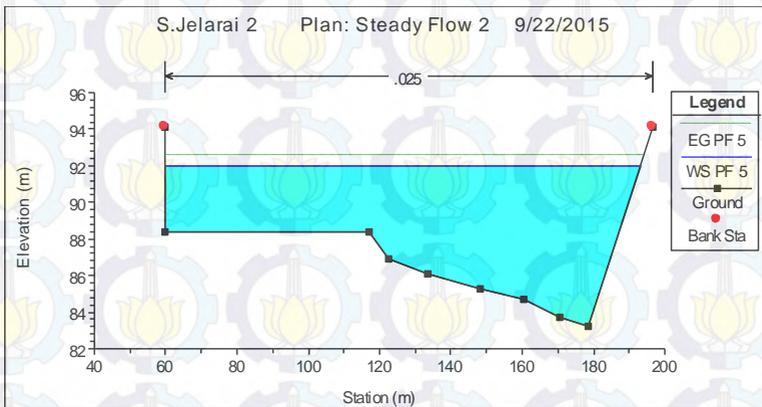
Nama Tugas Akhir :	Dosen Pembimbing :	Mahasiswa :	Judul Gambar :	Lembar Gambar :	Jumlah Gambar :
Perencanaan Krib	Dr. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. I. Bambang Sarwono, M.Sc.	Abdullah Nur Rahmat 3111100066	Potongan Melintang Krib 11 Skala 1 : 4		

Lampiran A. Output Profil Penampang Sungai Analisa Steady Flow pada HEC-RAS 4.1.0

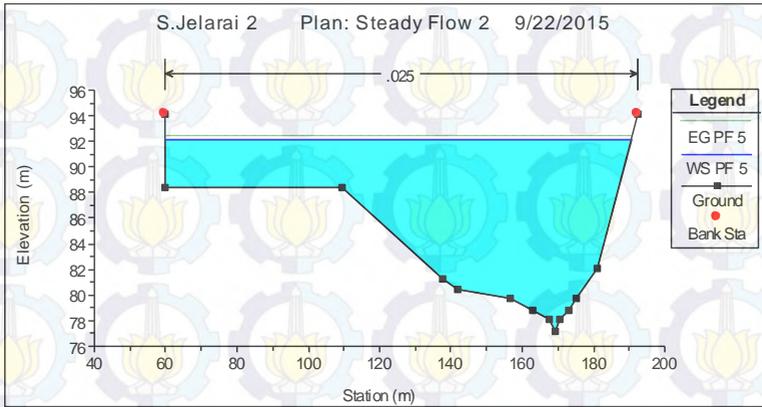
Cross Section 17



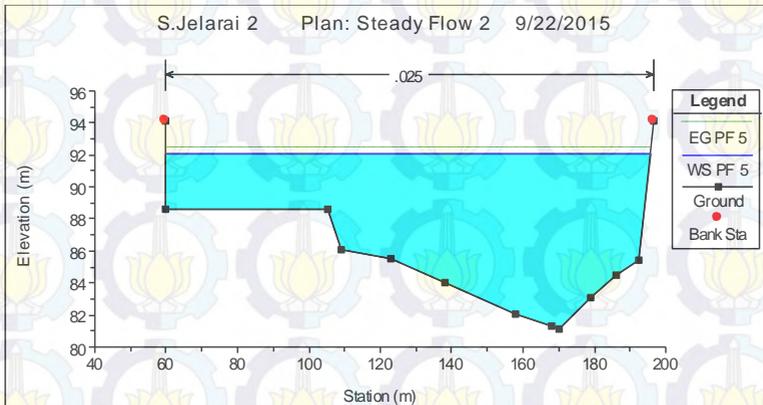
Cross Section 16



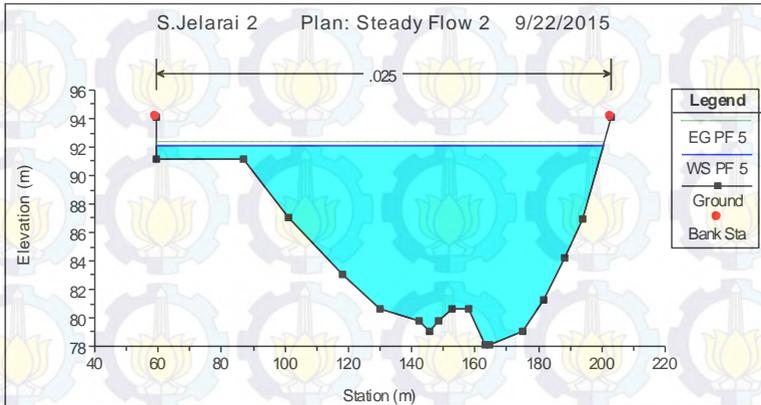
Cross section 15



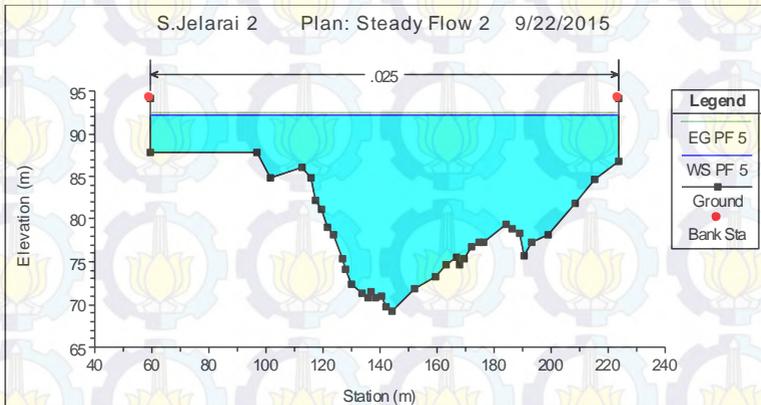
Cross section 14



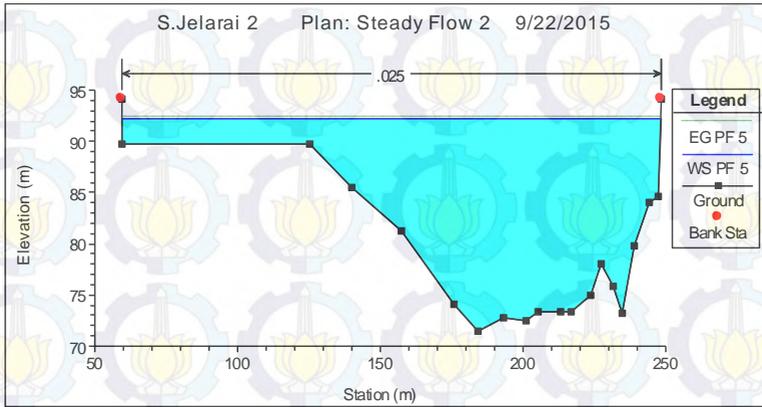
Cross section 13



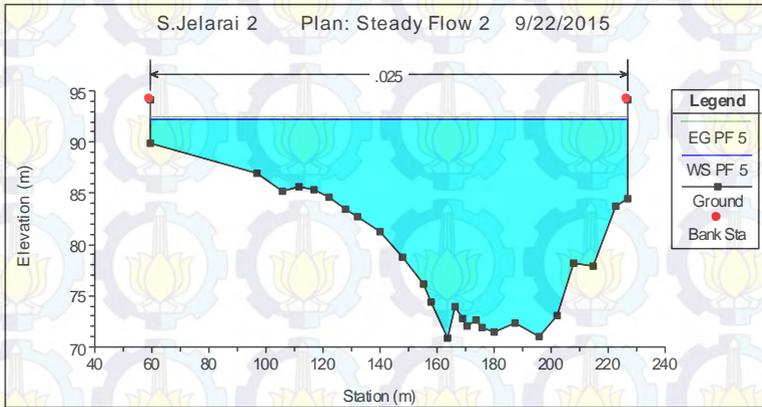
Cross section 12



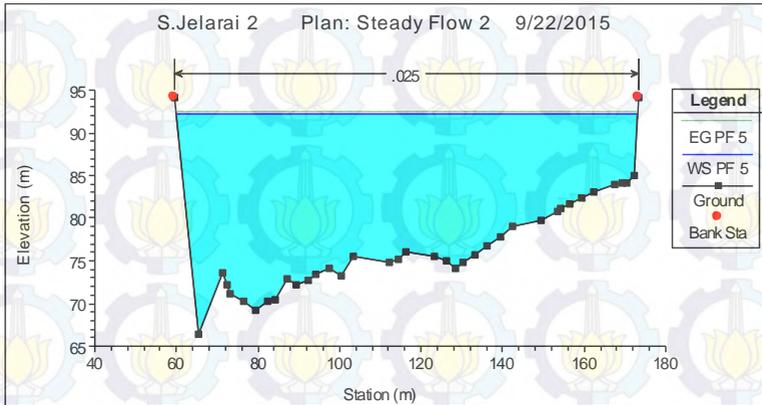
Cross section 11



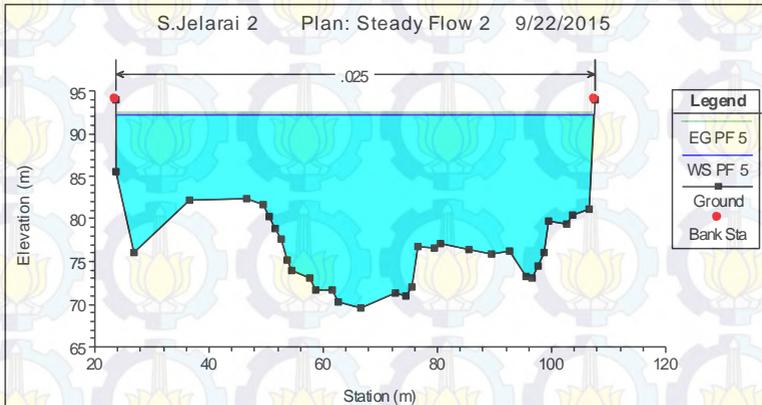
Cross section 10



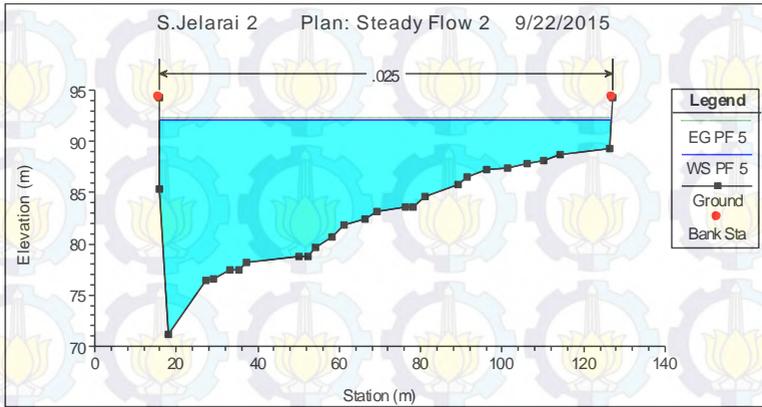
Cross section 9



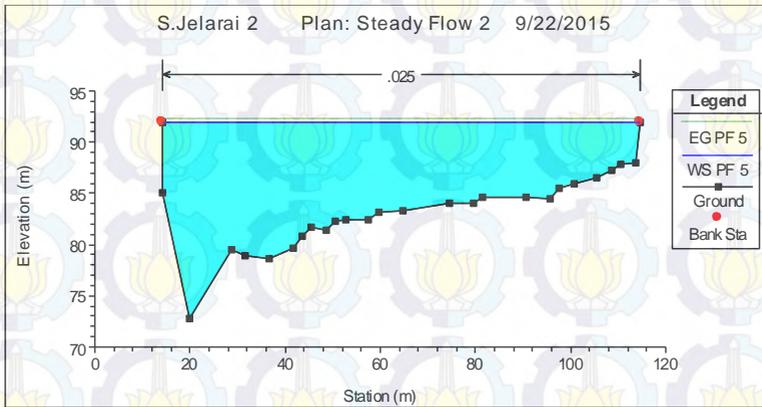
Cross section 8



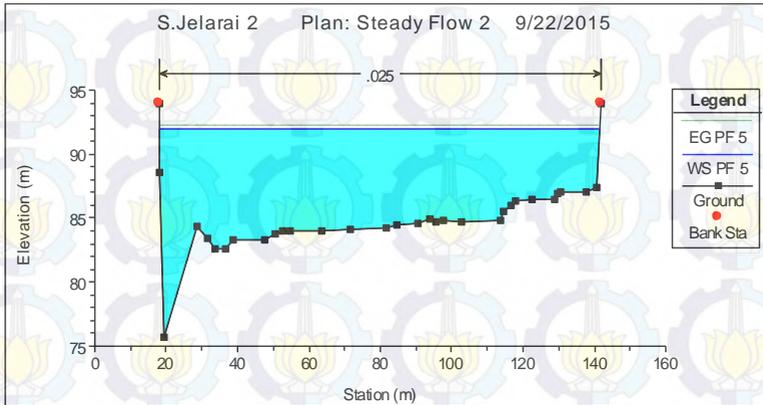
Cross section 7



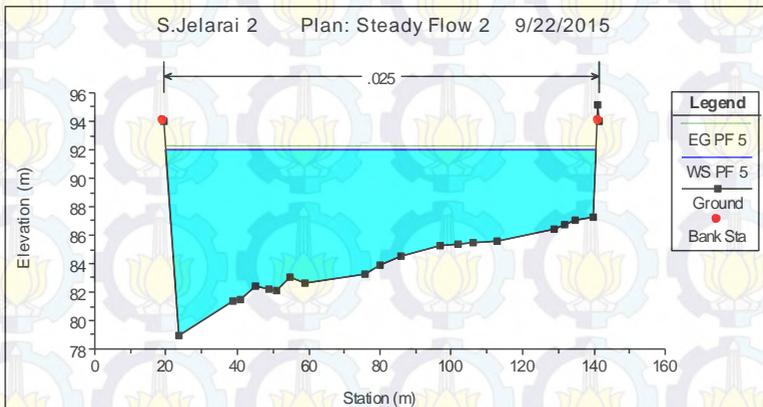
Cross section 6



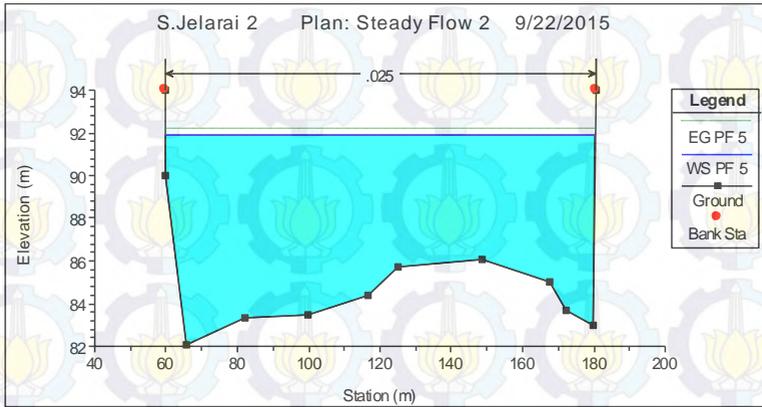
Cross section 5



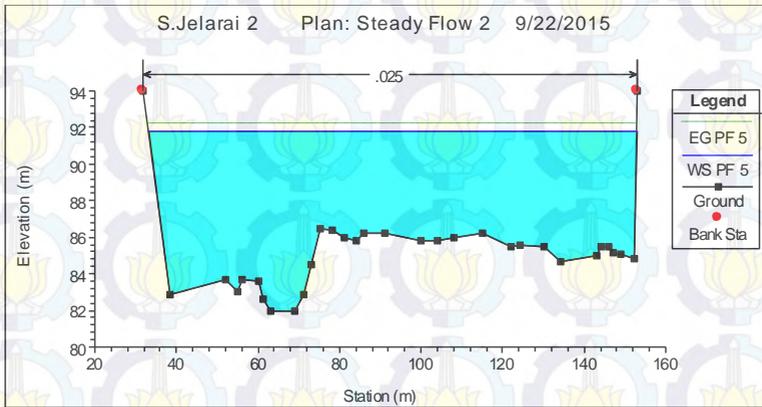
Cross section 4



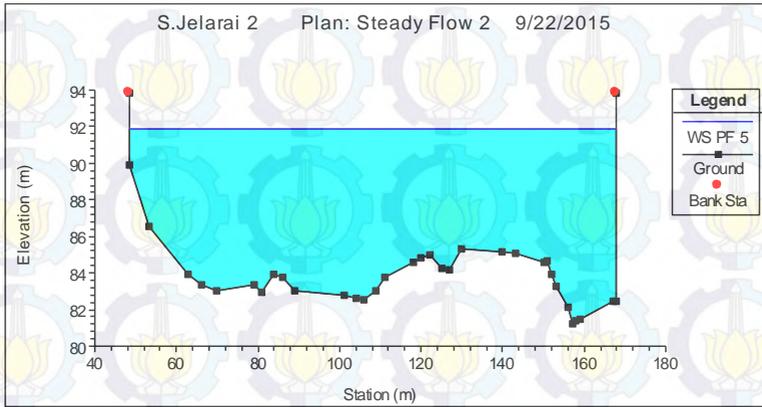
Cross section 3



Cross section 2



Cross section 1



Lampiran B. Ringkasan Hasil Pengujian Laboratorium terhadap Sampel Tanah (Sumber : Laporan Akhir Penyelidikan Konstruksi Sheet Pile Di Desa Jelarai)

Depth	N-value	ρ_t	γ_t	γ_{sat}	ρ_d	γ_d	wc	e	n	Sr	Gs	LL	PL	PI	C	ϕ
B-01																
1 - 4m	0 s/d 2	1.826	17.9	23.3	1.469	14.4	24.33	5.02	46.44	76.96	2.742	36.2	25.6	10.6	0.078	31
5 - 8m	2 s/d 4	1.539	15.1	15.5	0.879	8.6	75.18	7.36	68.10	97.00	2.754	-	-	-	0.084	32
9 - 12m	4 s/d 10	1.562	15.3	15.5	0.912	8.9	71.24	7.10	65.71	98.87	2.660	46.5	17.6	29.0	0.055	25
13 - 16m	10 s/d 30	1.846	18.1	21.5	1.472	14.4	25.45	4.80	44.42	84.32	2.648	34.1	16.3	17.8	0.084	12
17 - 20m	30 s/d 50	1.976	19.4	22.3	1.626	15.9	21.50	4.34	40.19	86.99	2.719	39.0	28.3	10.7	0.084	29
B-02																
1 - 4m	0 s/d 2	1.613	15.8	16.2	0.975	9.6	65.63	7.08	65.48	97.43	2.825	33.1	21.4	11.7	0.059	30
5 - 8m	2 s/d 4	1.764	17.3	17.9	1.236	12.1	42.72	5.76	54.67	96.51	2.727	33.9	27.7	6.2	0.125	26
9 - 12m	4 s/d 10	1.695	16.6	20.4	1.270	12.4	33.24	5.43	52.28	81.28	2.661	27.7	16.3	11.5	0.063	25
13 - 16m	10 s/d 30	1.717	16.8	21.8	1.315	12.9	30.86	5.61	52.01	77.33	2.739	-	-	-	0.301	30
17 - 20m	30 s/d 50	1.645	16.1	16.4	1.053	10.3	56.68	6.44	60.41	98.04	2.659	43.4	31.8	11.6	0.044	29
B-03																
1 - 4m	0 s/d 2	1.980	19.4	20.6	1.581	15.5	25.28	4.59	42.50	94.06	2.749	33.5	22.1	11.4	0.013	26
5 - 8m	2 s/d 4	1.579	15.5	29.8	1.306	12.8	20.91	5.69	52.62	51.89	2.757	40.9	28.4	12.5	0.249	13
9 - 12m	4 s/d 10	1.676	16.4	19.7	1.227	12.0	36.59	5.81	53.75	83.57	2.653	57.6	37.1	20.6	0.089	29
13 - 16m	10 s/d 30	1.772	17.4	17.7	1.210	11.9	46.40	6.18	57.20	98.20	2.828	31.9	20.7	11.3	0.150	30
17 - 20m	30 s/d 50	1.954	19.2	19.5	1.510	14.8	29.38	4.88	45.17	98.24	2.755	-	-	-	0.015	30

BIODATA PENULIS



Abdullah Nur Rahmat dilahirkan di kota Dili pada 27 September 1993. Anak pertama dari dua bersaudara ini telah menempuh pendidikan formal di SDN Purutrejo II, Pasuruan, SMP Negeri 1 Pasuruan, dan SMA Negeri 1 Pasuruan. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan kuliah di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan terdaftar dengan NRP 3111100066. Di Jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil tugas akhir pada bidang hidroteknik, khususnya tentang bangunan persungai dengan judul “Perencanaan Bangunan Pengarah Aliran (Krib) pada sungai Jelarai, Kec. Tanjung Selor, Kab. Bulungan, Kalimantan Timur”. Penulis sempat menorehkan prestasi sebagai juara II dalam kompetisi Kontes Jembatan Indonesia 2013, Kategori : Jembatan Kayu. Selain itu, penulis juga telah mengikuti berbagai kegiatan kepanitiaan organisasi maupun kegiatan kepelatihan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Sipil maupun instansi lain.