



**TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819**

# **EVALUASI KINERJA BANGUNAN PERLINDUNGAN CROSSING PIPA DI SUNGAI BATUI, LUWUK SULAWESI TENGAH**

**SYUKRI ABDURROHMAN  
NRP. 10 1 1 18 150000 72**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Kuntjoro, MT.  
NIP. 19580629 198703 1 002**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





**TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819**

**EVALUASI KINERJA BANGUNAN  
PERLINDUNGAN CROSSING PIPA DI SUNGAI  
BATUI, LUWUK SULAWESI TENGAH**

**SYUKRI ABDURROHMAN  
NRP. 10 1 1 18 150000 72**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Kuntjoro, MT.  
NIP. 19580629 198703 1 002**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





**FINAL PROJECT - VC 181819**

***PERFORMANCE EVALUATION OF CROSSING  
PIPE PROTECTION BUILDINGS IN BATUI  
SUNGAI, CENTRAL SULAWESI LUWUK***

**SYUKRI ABDURROHMAN  
NRP. 10 1 1 18 150000 72**

**SUPERVISOR  
Dr. Ir. Kuntjoro, MT.  
NIP. 19580629 198703 1 002**

***BACHELOR IN CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
DEPARTEMEN  
VOCATIONAL FACULTY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
201***



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**EVALUASI KINERJA BANGUNAN**  
**PERLINDUNGAN CROSSING PIPA DI SUNGAI**  
**BATUI, LUWUK SULAWESI TENGAH**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar Sarjana  
Terapan pada  
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

**Surabaya 2019**

**Disusun oleh :**

**Mahasiswa**



**Syukri Abdurrohman**

**NRP. 10111815000071**

29 JUL 2019



Disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. Kuntjoro, MT.**

**NRP. 19580629 198703 1 002**







**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM SARJANA TERAPAN LANJUT JENJANG  
 TEKNOLOGI SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 044852/IT2.VI.B.1/PP.05.02/2019

Tanggal : 25-6-2019

<b>Judul Tugas Akhir Terapan</b>	Evaluasi Kinerja Chek Dam Sebagai Pertindungan Crossing Pipa Di Sungai Batui, Luwuk Sulawesi Tengah		
<b>Nama Mahasiswa</b>	Syukri Abdurrohman	<b>NRP</b>	10111815000072
<b>Dosen Pembimbing 1</b>	Dr. Ir. Kuntjoro, M.T. NIP 19580629 198703 1 002	<b>Tanda tangan</b>	
<b>Dosen Pembimbing 2</b>	NIP -	<b>Tanda tangan</b>	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. evaluasi terhadap program & pemberitaan simpulan dan opini yang di rencanakan	 Dr. Ir. Suharjo, M.T. NIP 19560119 198403 1 001
2. Gubris pelaksanaan foto & sertai media Rencana Kerja & Rekomendasi yg. dan tanggapan Uraian	
1. perbaiki penulisan (tebik Papi) 2. Kesimpulan hasil Evaluasi 3. Gambar & ditam baha ka 4. Pafit postak & per bala	 S. Kamilia Aziz, S.T., M.T. NIP 19771231 200604 2 001
3. judul : gambar atau foto chek dam kom. fungsinya sda berbeda	
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
		-	-
Dr. Ir. Suharjo, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	S. Kamilia Aziz, S.T., M.T. NIP 19771231 200604 2 001	NIP -	NIP -

<b>Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan</b>	<b>Dosen Pembimbing 1</b>	<b>Dosen Pembimbing 2</b>
		-
	Dr. Ir. Kuntjoro, M.T. NIP 19580629 198703 1 002	NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 SUTIKPI ABDURROHMAN 2  
**NRP** : 1 1011815 0000 72 2  
**Judul Tugas Akhir** : EVALUASI KINERJA CHECK DAM SEBAGAI PERLINDUNGAN  
 CROSSING PIPA DI SUNGAI BATUI, LUWUK SULAWESI TENGAH  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. KUNTJED, MT  
 Ketan. ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1)	12-2-19	1) Analisa Hidrologi - Debit Rencana - Google earth	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2) Analisa Hidrolika - Peragai (bentukan) - Bangunan Blok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2)	28-2-19	- Sedimentasi - Bed load - Suspended load	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3)	6-5-19	→ Keperluan → Hidrologi 1 stasiun berpikir dinamis → AWLR → crosscheck → data real time → Yang akan debit max hujan di dua hujan → Seleksi hitungan hidrologi Untuk mencari debit max nya	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 SYUKRI ABDURROHMAN 2  
 NRP : 1 1011815000072 2  
 Judul Tugas Akhir : EVALUASI KINERJA CHECK DAM SEBAGAI PERCIMUNGAN  
 CESSING RIPA DI SUNGAI BATUI, CUMUK SULAWESI TENGAH.  
 Dosen Pembimbing : Dr. Ir. KUNTJORO, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4)	29-4-19	- Hitung bedas yg mudat	Ji			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5)	22-5-19	- Hitung sebaran sedimen tiap tahun - Analisa stabilitasnya juga dihitung - Dibuat 1 kelas namun dikelompokkan tiap tahun dan tahun selanjutnya	Ken			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6)	13-6-19	- Perhitungan diletakkan sebagian di lampiran - Uraian teori pada pembatasan tata letak check dam, antara lain acuan thd brp sudut, kondisi lingkungan dll - Radius sudut thd letak check dam - Kemampuan stabilitas berupa nilai dll	Ken			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

# ABSTRAK

## EVALUASI KINERJA BANGUNAN PERLINDUNGAN CROSSING PIPA DI SUNGAI BATUI, LUWUK SULAWESI TENGAH

Nama : Syukri Abdurrohman  
NRP : 10111815000072  
Program Studi : Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh November  
Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Kuntjoro, MT.  
NIP : 19580629 198703 1 002

Terdapat kondisi *crossing pipa* gas KP-14+000 di yang berada pada *down stream* kelokan sungai posisi serong, sisi kanan berada pada tebing luar kelokan sehingga terancam gerusan akibat arus kuat pada sisi luar kelokan tersebut. Telah diantisipasi masalah tersebut dengan check dam agar memperkecil resiko gerusan yang dialami pada pipa tersebut. Untuk itu diperlukan evaluasi kinerja check dam sebagai perlindungan *crossing pipa* tersebut dengan analisa hidrologi, analisa sedimentasi, analisa stabilitas dan analisa tata letak check dam.

Pada analisa hidrologi direncanakan debit banjir periode ulang 25 tahun dengan debit maksimum 2.397,41 m<sup>3</sup>/s, besar angkutan sedimen total sebesar 1.441,160 m<sup>3</sup> per bulan dan perbedaan elevasi tertinggi setelah terjadi sedimen sebesar 0,0003 m dan analisa stabilitas guna mengetahui gaya geser, gaya guling dan daya dukung fondasi terhadap keamanan bangunan serta perbandingan tata letak bangunan perlindungan pipa antara kondisi eksisting dan kondisi setelah dirubah tata letaknya.

Kata kunci: check dam, sedimentasi, stabilitas, tata letak.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **ABSTRACT**

### **PERFORMANCE EVALUATION OF CROSSING PIPE PROTECTION BUILDINGS IN BATUI SUNGAI, CENTRAL SULAWESI LUWUK**

*Name* : Syukri Abdurrohman  
*NRP* : 10111815000072  
*Study Program* : Diploma IV Program of Civil Engineering  
Civil Infrastructure Departement Faculty  
of Vocations Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember  
*Tutor* : Dr. Ir. Kuntjoro, MT.  
*NIP* : 19580629 198703 1 002

*There is a condition of crossing the KP-14+000 gas pipeline in the down stream of the serong position of the river bend, the right side is on the outer edge of the bend so it is threatened by scour due to the strong current on the outside of the bend. The problem has been anticipated by check dam to minimize the risk of scour experienced on the pipe. For this reason a check dam performance evaluation is needed as a protection for crossing the pipeline with hydrological analysis, sedimentation analysis, stability analysis and check dam layout analysis.*

*In the hydrological analysis it is planned that the 25-year return period flood discharge with a maximum discharge of 2.397,41 m<sup>3</sup> / s, the total sediment transport is 1.441,160 m<sup>3</sup> per month and the highest difference in elevation after sediment is 0,0003 m and stability analysis to determine the shear force, rolling style and carrying capacity of the foundation for building security as well as a comparison of the layout of the building to protect the pipeline between the existing conditions and conditions after the layout has been changed.*

*Keywords: check dam, sedimentation, stability, layout.*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan petunjuk Hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir Terapan ini dengan judul :

### **EVALUASI KINERJA BANGUNAN PERLINDUNGAN CROSSING PIPA DI SUNGAI BATUI, LUWUK SULAWESI TENGAH**

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Diploma IV, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini kami mengharapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Machsus Fawzi, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
2. Dr. Ir. Kuntjoro, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan.
3. Keluarga serta Orang Tua yang membantu mendukung hingga terselesaikannya Proposal Tugas Akhir ini
4. Teman-teman Diploma Teknik Infrastruktur Sipil angkatan 2015, teman - teman kelas bangunan air khususnya, dan kolega – kolega BEM ITS atas bantuan do'a serta dukungannya.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu kami mohon maaf atas karena kurangnya ilmu kami. Dan kami mengharapkan kritik dan saran membangun dari para pembaca sekalian.

Surabaya, 25 Juni 2019

Penyusun



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Lokasi Studi.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Analisa Hidrologi .....	5
2.1.1. Metode Perhitungan Curah Hujan Daerah .....	5
2.1.2. Analisis Distribusi Frekuensi .....	10
2.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi.....	14
2.1.4. Waktu Konsentrasi .....	16
2.1.5. Intensitas Hujan .....	18
2.1.6. Metode Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu.....	18
2.2. Analisa Sedimentasi .....	22
2.2.1. Metodologi Sedimentasi .....	23
2.2.2. Persamaan Angkutan Sedimentasi .....	24

2.3.	Analisa Stabilitas Check Dam.....	30
2.3.1.	Tinjauan Stabilitas Check Dam.....	31
2.3.2.	Gaya – Gaya Yang Bekerja.....	32
2.3.3.	Syarat – Syarat Kestabilan .....	40
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>43</b>
3.1.	Pengumpulan Data .....	43
3.2.	Metode Pencapaian Tujuan .....	43
3.3.	Data Spesifikasi Teknis.....	44
3.4.	Hasil .....	44
3.5.	Kesimpulan .....	44
3.6.	Bagan Alir.....	45
<b>BAB IV ANALISA PEMBAHASAN.....</b>		<b>47</b>
4.1	Analisa Data Hujan .....	47
4.1.1	Curah Hujan Maksimum .....	49
4.1.2	Analisa Distribusi Frekuensi.....	50
4.1.3	Analisa Distribusi Probabilitas .....	52
4.1.4	Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi .....	58
4.1.5	Analisa Debit Banjir Rencana Menggunakan Metode HSS Nakayasu .....	70
4.2	Analisa Sedimentasi .....	74
4.2.1	Perhitungan Settling Velocity.....	74
4.2.2	Perhitungan Threshold Sediment.....	77
4.2.3	Perhitungan Bed Load Transport.....	79
4.2.4	Perhitungan Suspended Load Transport .....	82
4.2.5	Perhitungan Perubahan Elevasi Akibat Transpor Sedimen	85
4.3	Analisa Stabilitas.....	88
4.3.1	Gaya – gaya Yang Bekerja .....	89
4.3.2	Syarat – syarat Kestabilan .....	96
4.4	Rekomendasi Teoritis Tata Letak Bangunan Perlindungan Pipa .....	100

<b>BAB V EVALUASI KINERJA.....</b>	<b>101</b>
5.1 Evaluasi Kinerja Sedimentasi .....	101
5.1.1 Sedimentasi Pada Kondisi Eksisting Bangunan Perlindungan Pipa STA 0 + 010 – STA 0 + 200 .....	101
5.1.2 Sedimentasi Pada Rencana Tata Letak Bangunan Perlindungan Pipa STA 0 + 010 – STA 0 + 230 .....	103
5.2 Evaluasi Kinerja Stabilitas Bangunan Perlindungan Pipa.....	105
5.3 Evaluasi Kinerja Tata Letak Bangunan Perlindungan Pipa .....	106
5.3.1 Simulasi Pola Sebaran Sedimen Menggunakan Software AutoCAD Dan ArcGIS .....	107
5.3.2 Penggambaran Kondisi Sedimentasi Bangunan Perlindungan Pipa .....	131
5.3.3 Simulasi Pola Arus Menggunakan Software SMS ( <i>Surface         Water Modelling Systems</i> ).....	137
5.2.4 Penggambaran Kondisi Arus Sungai Batui .....	147
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>150</b>
6.1 Kesimpulan .....	151
6.2 Saran .....	152
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>153</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>155</b>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kinerja Bangunan Air.....	1
Gambar 1.2 Peta Lokasi Penelitian .....	4
Gambar 2.1 Metode Thiessen .....	7
Gambar 2.2 <i>Force acting</i> terhadap partikel sedimen di dasar (Liu, 2001).....	28
Gambar 2.3 Grafik <i>Shields</i> , hubungan antara <i>Sediment Fluid</i> Parameter $S^*$ dengan <i>Critical Shields</i> Parameter $\theta_c$ .....	28
Gambar 2.4 Titik Kontrol Check Dam .....	32
Gambar 2.5 Gaya berat sendiri tubuh check dam.....	33
Gambar 2.6 Kondisi air normal .....	35
Gambar 2.7 Kondisi air banjir .....	36
Gambar 2.8 Tekanan sedimen dan tanah.....	37
Gambar 2.9 Tekanan ke atas ( <i>uplift</i> ) .....	39
Gambar 4.1 Topopografi di Lokasi Studi dan Sekitarnya.....	47
Gambar 4.2 Peta DAS Batui.....	48
Gambar 4.3 Potongan Melintang Sungai Batui STA 0 + 010 ....	80
Gambar 4.4 Gaya akibat berat sendiri .....	89
Gambar 4.5 Gaya akibat tekanan hidrosatatis .....	91
Gambar 4.6 Gaya akibat tekanan sedimen dan tanah.....	93
Gambar 4.7 Gaya akibat tekanan ke atas ( <i>uplift</i> ) .....	95
Gambar 5.1 Kondisi eksisting lokasi studi .....	101
Gambar 5.2 Kondisi rencana tata letak.....	103
Gambar 5. 3 Input data x, y awal .....	109
Gambar 5. 4 Input data z dari autocad.....	110
Gambar 5. 5 konversi nilai dari autocad ke ARCGIS .....	110
Gambar 5. 6 Input file format shp. ....	111
Gambar 5. 7 Export file ke format shp.....	111
Gambar 5. 8 Pilih layer yang akan dikonversi .....	112
Gambar 5. 9 Pilih select attributes untuk memilih basis data....	112
Gambar 5. 10 Pilih elevasi yang terletak pada folder properties agar data ketinggian ikut terexport .....	113

Gambar 5. 11 Lalu klik OK.....	113
Gambar 5. 12 Export file dari Auto Cad ke ArcGIS .....	114
Gambar 5. 13 Kemudian drag file hasil export yang telah diisi sistem koordinatnya kedalam tampilan ArcGIS.....	115
Gambar 5. 14 Klik open attribute table untuk memilih data ketinggian saja.....	116
Gambar 5. 15 Lalu klik select by attribute .....	116
Gambar 5. 16 Menghapus titik yang tak memiliki ketinggian ..	118
Gambar 5. 17 Klik selected pada tabel untuk menghapus titik. 118	
Gambar 5. 18 Input batas sungai ke dalam layer .....	119
Gambar 5.19 Isi layer shp dan pilih feature type dengan polygon.....	120
Gambar 5. 20 Buat fitur polygon dari layer sungai yang baru saja dibuat.....	120
Gambar 5. 21 .Buatlah sungai sesuai dengan bentuk polygon pada sungai yang telah di convert dari AutoCAD .....	121
Gambar 5. 22 Berikut merupakan bentuk sungai dengan fitur polygon yang telah dibuat dan digunakan sebagai batas pemotong pembuatan kontur dan hillshade.....	122
Gambar 5. 23 Langkah awal penggambaran kontur dan hillshade pada ArcGIS.....	123
Gambar 5. 24 Memasukkan nilai ketinggian z.....	124
Gambar 5. 25 Hasil dari kontur raster dari titik-titik yang telah diinput.....	125
Gambar 5. 26 Proses memotong area kontur raster.....	125
Gambar 5. 27 Memasukkan data polygon pada menu extract by mask .....	126
Gambar 5. 28 Hasil dari pemotongan data interpolasi kontur raster dengan batas areanya.....	126
Gambar 5. 29 Proses membuat kontur .....	127
Gambar 5. 30 Proses input data untuk menggambar kontur .....	127
Gambar 5. 31 Berikut merupakan kontur data vektor yang dihasilkan .....	128
Gambar 5. 32 Proses penggambaran relief dari kontur sungai dengan menggunakan menu hillshade.....	129

Gambar 5. 33 Proses input data pada menu hillshade .....	129
Gambar 5.34 Hasil akhir data relief hillshade yang telah digambarkan .....	130
Gambar 5.35 Kontur awal sebelum dibangun bangunan perlindungan crossing pipa.....	131
Gambar 5.36 Kontur eksisting sebelum dirubah tata letaknya..	132
Gambar 5.37 Kondisi eksisting persebaran sedimentasi .....	133
Gambar 5. 38 Kondisi kontur setelah dirubah tata letaknya.....	134
Gambar 5. 39 Kondisi sedimentasi setelah dirubah tata letaknya .....	135
Gambar 5. 40 Perbandingan kondisi eksisting (kiri) dan setelah dirubah tata letaknya (kanan) .....	136
Gambar 5. 41 Proses digitasi pada AutoCAD .....	137
Gambar 5. 42 Tampilan data bathimetri pada window utama SMS .....	138
Gambar 5. 43 Proses untuk mendapatkan titik-titik scatter.....	138
Gambar 5. 44 Hasil 2D Scatter.....	139
Gambar 5. 45 Editing mesh awal .....	139
Gambar 5. 46 Hasil dari editing mesh .....	140
Gambar 5. 47 Hasil linear quadratic dan penghapusan thin mesh.....	140
Gambar 5. 48 Hasil dari relax mesh .....	141
Gambar 5. 49 Hasil dari refine mesh.....	141
Gambar 5. 50 Menampilkan menu pada RMA2 .....	142
Gambar 5. 51 Step awal adalah klik create nodestring dahulu..	142
Gambar 5. 52 Lalu klik select nodestring untuk ke step assign bc .....	143
Gambar 5. 53 Pilih timming untuk memilih debit yang akan dimasukkan apakah konstan atau transient.....	143
Gambar 5. 54 Dan isi debit debit pada hilir sungai .....	144
Gambar 5. 55 Kemudian isi debit dengan data perhitungan.....	144
Gambar 5. 56 Renumber mesh .....	145
Gambar 5. 57 Model ceheck RMA2.....	145
Gambar 5. 58 Dan pastikan tidak ada masalah ketika check ke model check.....	146



Gambar 5. 59 Model control RMA2 .....	146
Gambar 5. 60 Proses running model RMA2 .....	147
Gambar 5. 61 Hasil velocity pada jam 03.00 .....	147
Gambar 5. 62 Hasil velocity pada jam 08.00 .....	148
Gambar 5. 63 Hasil water depth.....	148
Gambar 5. 64 Hasil water surface pada jam 08.00.....	149
Gambar 5. 65 Hasil water surface pada jam 03.00.....	149

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor-Faktor Penentu Metode Perhitungan Hujan Kawasan .....	7
Tabel 2.2 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi .....	10
Tabel 2.3 Reduce Mean ( $Y_n$ ) .....	12
Tabel 2.4 Reduced Standart Deviation ( $S_n$ ) .....	12
Tabel 2.5 Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III .....	13
Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat .....	15
Tabel 2.7 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material .....	17
Tabel 2.8 Nilai untuk menentukan nilai $K_s$ .....	27
Tabel 2.9 Nilai Berat Volume Material .....	34
Tabel 2.10 Nilai koefisien geser antara bangunan dengan tanah dasar.....	41
Tabel 2.11 Nilai daya dukung tanah.....	42
Tabel 4.1 Stasiun Curuh Hujan pada lokasi studi.....	49
Tabel 4.2 Analisa Distribusi Frekuensi .....	50
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Nilai $C_s$ & $C_k$ .....	52
Tabel 4.4 Perhitungan Log Pearson III.....	52
Tabel 4.5 Perhitungan Interpolasi Periode Ulang.....	54
Tabel 4.6 Nilai K untuk Metode Distribusi Log person III dengan $C_s = -0,75$ .....	54
Tabel 4.7 Kala Ulang Berdasarkan Luas DAS .....	55
Tabel 4.8 Nilai K Distribusi Log Pearson III .....	55
Tabel 4.9 Perhitungan Distribusi Log Pearson III.....	57
Tabel 4.10 Plotting CH Rata – rata berdasarkan ranking tertinggi ke terendah.....	58
Tabel 4.11 Perhitungan Chi Square.....	59
Tabel 4.12 Nilai Distribusi Chi Square .....	60
Tabel 4.13 Perhitungan DMax.....	61
Tabel 4.14 Nilai perhitungan Do kritis .....	63
Tabel 4.15 Wilayah luas dibawah kurva normal .....	65
Tabel 4.16 Persamaan kurva hodograf satuan nakayasu .....	70

Tabel 4. 17 Waktu hodograf satuan nakayasu.....	71
Tabel 4. 18 Kurva Naik ( $0 < t \leq T_p = 5,23$ ) .....	71
Tabel 4. 19 Kurva Turun ( $T_p = 5,23 \leq t \leq T_p + T_{0,3} = 11,78$ ) ...	72
Tabel 4. 20 Kurva turun ( $T_p = 11,78 \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 21,59$ ).....	72
Tabel 4. 21 Kurva turun ( $t \geq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ ).....	73
Tabel 4. 22 Perhitungan Settling Velocity .....	76
Tabel 4. 23 Perhitungan Threshold Sediment .....	78
Tabel 4. 24 Perhitungan bed load transport.....	81
Tabel 4. 25 Perhitungan Suspended Load Transport.....	84
Tabel 4. 26 Perhitungan perubahan elevasi akibat sedimentasi ..	87
Tabel 4. 27 Rekapitulasi hitungan gaya akibat berat sendiri .....	90
Tabel 4.28 Rekapitulasi hitungan gaya akibat tekanan hidrostatis .....	92
Tabel 4. 29 Rekapitulasi hitungan gaya akibat tekanan sedimen dan tanah .....	94
Tabel 4.30 Rekapitulasi hitungan akibat tekanan ke atas (uplift)	95
Tabel 4. 31 Perhitungan total gaya - gaya yang bekerja.....	97
Tabel 5. 1 Rekap perhitungan sedimentasi kondisi eksisting bangunan perlindungan pipa .....	102
Tabel 5. 2 Rekap perhitungan sedimentasi kondisi rencana tata letak bangunan perlindungan pipa.....	104
Tabel 5. 3 Data – data primer yang dibutuhkan .....	107
Tabel 5. 4 Data – data sekunder yang dibutuhkan.....	108
Tabel 5. 5 Skenario penggambaran dengan ARCGIS dan Surfer.....	109

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.....	157
LAMPIRAN 2.....	173
LAMPIRAN 3.....	190
LAMPIRAN 4.....	213
LAMPIRAN 5.....	224
LAMPIRAN 6.....	241
LAMPIRAN 7.....	247
LAMPIRAN 8.....	250
LAMPIRAN 9.....	254
LAMPIRAN 10.....	257
LAMPIRAN 11.....	258
LAMPIRAN 12.....	259
LAMPIRAN 13.....	260
LAMPIRAN 14.....	262
LAMPIRAN 15.....	264

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

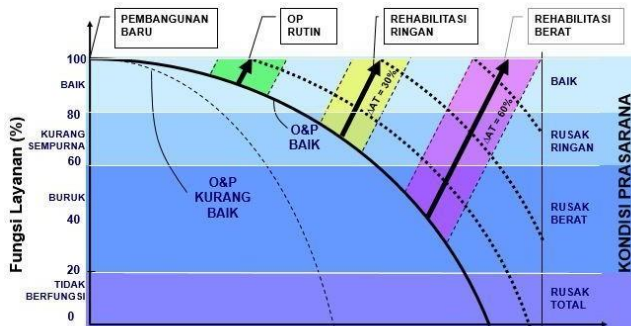


# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Bangunan air merupakan salah satu contoh investasi yang memberikan nilai lebih bagi prasarana pekerjaan umum sehingga mampu membantu meningkatkan nilai infrastruktur sebuah negara. Suatu bangunan air dikatakan optimal apabila didukung dengan kondisi dan kinerja yang optimal pula. Kondisi dan kinerja suatu bangunan air dapat dilihat dari segi fisik maupun segi teknis dari bangunan air tersebut. Untuk mempertahankan kinerja suatu bangunan air, perlu dilakukan evaluasi dan kinerja, baik yang bersifat rutin, rehabilitasi ringan dan rehabilitasi berat. Gambar 1 di bawah memperlihatkan grafik penurunan fungsi layanan/kondisi prasarana terhadap umur suatu bangunan air.

Pada awal pembangunan kondisi layanan akan mencapai 100%. Seiring dengan berjalannya waktu, maka kinerja bangunan akan mengalami penurunan. Pada kondisi kinerja baik (fungsi layanan baik : 80%-100%) hanya diperlukan OP secara rutin. Kondisi rusak ringan (fungsi layanan kurang sempurna : 60%-80%) diperlukan rehabilitasi ringan. Sedangkan jika kondisi rusak berat (fungsi layanan buruk : 40%-60%) diperlukan adanya rehabilitasi berat.



**Gambar 1. 1** Kinerja Bangunan Air  
(Sumber : Dep. PU, 2017)

Pada lokasi studi ini terletak di Sungai Batui, Sulawesi Tengah yang terdapat kondisi dimana crossing pipa gas KP-14+000 di Sungai Batui berada di *down stream* kelokan sungai dengan posisi serong, sisi kanan berada pada tebing luar kelokan sehingga terancam gerusan akibat arus kuat pada sisi luar kelokan tersebut. Sisi kiri crossing pipa berada pada posisi serong ke arah hilir sehingga membentuk sudut  $72^\circ$ . Kondisi ini memperburuk tingkat gerusan di dasar crossing pipa di sebelah kanan. Untuk itu dibutuhkan penanganan khusus guna memperkecil resiko terjadinya gerusan yang terjadi pada belokan sungai yang dilewati oleh pipa tersebut. Dalam kasus ini telah ditemukan solusi guna mengatasi hal tersebut, yaitu dengan membuat bangunan pengendali sedimen atau check dam dengan umur rencana sesuai perencanaan, namun perlu juga untuk meninjau analisa kinerja dan evaluasi check dam guna mengoptimalkan fungsi bangunan tersebut sebagai perlindungan *crossing pipa*. Maka dalam studi Tugas Akhir ini difokuskan pada analisa kinerja dan evaluasi check dam sebagai perlindungan crossing pipa.

Meninjau posisi crossing pipa yang terletak pada posisi serong dan berada pada area gerusan kelokan sungai, yang terletak pada STA 0+000 sampai STA 0+0200 yang tepat berada pada area hulu crossing pipa. Guna mempermudah studi ini maka dilakukan survei dan investigasi pada permasalahan tersebut yang berupa: survei topografi sungai, survei mekanika tanah, survei topografi DAS, dan survei hidrologi.



## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dirumuskan permasalahan yang terjadi yaitu:

1. Berapakah besar sedimentasi pada area hulu *crossing pipa* dengan adanya perlindungan oleh Check Dam?
2. Berapakah hasil nilai stabilitas struktur area *crossing pipa* dengan adanya perlindungan oleh Check Dam?
3. Bagaimana gambaran akibat sedimentasi kondisi eksisting hulu Check Dam?

## **1.3. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Membahas di lingkup Check Dam Sungai Batui.

## **1.4. Tujuan**

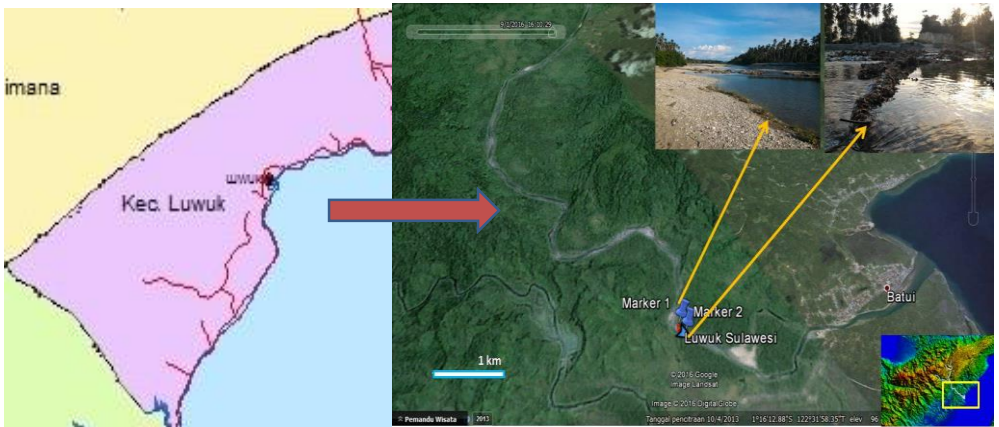
Adapun tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini adalah:

1. Memperkirakan tingkat sedimentasi terhadap keamanan area hulu *crossing pipa* dengan adanya perlindungan oleh Check Dam.
2. Memberikan hasil evaluasi berupa fungsi dan stabilitas struktur Check Dam.
3. Memberikan penggambaran sebaran sedimentasi kondisi eksisting hulu Check Dam.

### 1.5. Lokasi Studi

Sungai Batui adalah sungai yang terletak di Kecamatan Batui Selatan Kabupaten Banggai Sulawesi Tengah yang merupakan sungai terbesar di daerah tersebut.

Koordinat geografisnya adalah.  $1^{\circ} 35' 35''$  LS,  $123^{\circ} 30' 15''$  BT sungai ini berjarak sekitar 24 km dari pusat Kabupaten Banggai, terlihat seperti gambar 1.2



**Gambar 1. 2** Peta Lokasi Penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Analisa Hidrologi**

##### **2.1.1. Metode Perhitungan Curah Hujan Daerah**

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Fenomena hidrologi seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air, selalu berubah menurut waktu. Untuk suatu tujuan tertentu data-data hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu (Yuliana, 2008).

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data yang terjadi selama satu tahun yang terukur selama beberapa tahun (Triadmodjo, 2008).

##### **1. Hujan Kawasan**

Hujan kawasan (*areal rainfall*) merupakan hujan rerata yang terjadi dalam daerah tangkapan hujan disuatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Hujan rata-rata kawasan dihitung berdasarkan hujan yang tercatat pada masing-masing stasiun penakar hujan (*point rainfall*) yang ada dalam suatu kawasan DAS.

Metode yang umum digunakan dalam menghitung hujan rata-rata suatu kawasan adalah Metode Rata-rata Aljabar (Mean Arithmetic Method), Metode Ishoyet, dan Metode Poligon Thiessen.

##### **a. Metode Thiessen**

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing alat pengukur hujan yang mewakili luasan di sekitarnya. Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Dalam suatu

luasan di suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) dianggap bahwa hujan di tempat tersebut sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat di suatu titik mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan bila penyebaran stasiun hujan di suatu daerah yang ditinjau tidak merata.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk membentuk poligon Thiessen adalah sebagai berikut:

- 1) Stasiun hujan digambarkan pada peta DAS yang akan ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang letaknya berdekatan.
- 2) Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang tidak terlalu berbeda.
- 3) Garis berat dibuat pada sisi-sisi segitiga dengan membuat garis tegak lurus tepat di tengah-tengah sisi-sisi segitiga tersebut.
- 4) Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS menjadi batas poligon.
- 5) Luas tiap poligon diukur dan dikalikan dengan tinggi hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- 6) Jumlah dari perkalian antara luas poligon dan tinggi hujan dibagi dengan total luas daerah yang ditinjau.  $A_1$

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

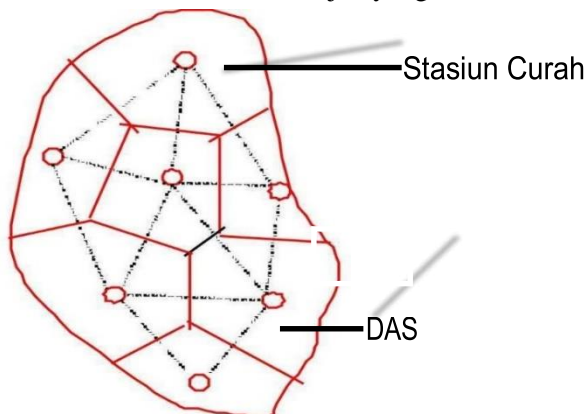
(Soemarto, 1987)

Dimana:

$A_1, A_2, A_n$  = Kawasan yang mewakili titik pengamatan

$R_1, R_2, R_n$  = Stasiun penakar hujan

$A_{total}$  = Jumlah stasiun hujan yang ada



**Gambar 2. 1** Metode Thiessen

**Tabel 2. 1** Faktor-Faktor Penentu Metode Perhitungan Hujan Kawasan

	Jaring pos penakar hujan	Luas DAS	Topografi DAS
Metode aljabar	Jumlah pos terbatas	DAS kecil (< 500 km <sup>2</sup> )	Pegunungan
Metode Thiessen	Jumlah pos cukup	DAS sedang (500-5000 km <sup>2</sup> )	Dataran
Metode isohyet	Jumlah pos cukup	DAS besar (> 5000)	Berbukit dan tidak beraturan

Sumber : *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Suripin, 2004*

## 2. Parameter Statistik Analisis Data Hidrologi

Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan dalam analisis data hidrologi adalah dispersi. Pengukuran dispersi dilakukan karena tidak semua variat dari variabel hidrologi sama dengan nilai reratanya, tetapi ada yang lebih besar atau lebih kecil. Penyebaran data dapat diukur dengan

deviasi standar dan varian. Varian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

- Nilai rata-rata tinggi hujan  
Tinggi rata-rata hujan diperoleh dari rata-rata penakaran tinggi hujan. Rumus yang digunakan :

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n}$$

Dimana :

$\bar{R}$  = rerata (mm)

Ri = variable random (mm)

N = jumlah data

*Sumber: Triatmojo, 2010*

- Standar Deviasi  
Standar Deviasi dapat digunakan untuk mengetahui variabilitas dari distribusi. Semakin besar standart deviasinya maka semakin besar penyebaran dari distribusi. Nilai standart deviasi dapat dihtung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(R-\bar{R})^2}{n-1}}$$

Dimana :

S = Deviasi standart

R = Nilai varian ke i

$\bar{R}$  = Nilai rata-rata varian

N = Jumlah data

*Sumber: Soewarno, 1995*

- Koefisien Kemencengan (Cs)  
Koefisien Kemencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Nilai koefisien skeweness dapat dihtung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) x s^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3$$

Dimana :

CS = Koefesien Skewness

Xi = Nilai varian ke i

Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

*Sumber: Triatmojo, 2010*

- Koefisien Keruncingan (Ck)

Koefisien Keruncingan (kurtosis) dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Nilai koefisien kurtosis dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Ck = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4 \times S$$

Dimana :

Ck = Koefisien Kurtosis

Xi = Nilai varian ke i

Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S = Deviasi standar

*Sumber: Triatmojo, 2010*

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan analisis distribusi frekuensi. Distribusi yang digunakan adalah distribusi normal, distribusi gumbel dan distribusi log person type III.

Adapun syarat-syarat parameter statistik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2. 2** Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log Normal	Cs = Cv <sup>3</sup> + 3 Cv Ck = Cv <sup>8</sup> + 6Cv <sup>6</sup> + 15Cv <sup>4</sup> + 16Cv <sup>2</sup> + 3
3	Gumbel	Cs = 1.14 Ck = 5.4
4	<i>Log Person Type III</i>	Selain dari nilai diatas / flexibel

*Sumber: Triatmodjo, 2010*

### 2.1.2. Analisis Distribusi Frekuensi

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang ekstrim, seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Analisa perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk mengetahui besarnya curah hujan harian maksimum dalam periode ulang waktu tertentu sehingga dapat digunakan sebagai perhitungan debit banjir rencana.

Metode distribusi yang sering digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana adalah sebagai berikut:

#### a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Perhitungan curah hujan rencana menurut metode distribusi normal, mempunyai persamaan sebagai berikut.

$$X = \bar{X} + k.S$$

$$V = \frac{\sum_{i=L}^n Xi}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^n (xi - \bar{X})^2}{n}}$$

*Sumber: Soewarno, 1995*



Dimana :

$X$  = Curah hujan dengan periode ulang  $T$  tahun

$\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata harian maksimum selama tahun pengamatan

$S$  = Standart Deviasi

$K$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisa peluang.

#### b. Distribusi Gumbel

Dalam perhitungan rumus yang dipakai untuk metode distribusi gumbel adalah :

$$X_T = \bar{X} + K.Sd$$

Dimana :

$X_T$  = Curah hujan rancangan untuk periode ulang pada  $T$  tahun

$X$  = Nilai rata-rata dari data hujan

$Sd$  = Standart deviasi

$K$  = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

$$Y_T = -In.In\left(\frac{T}{T-1}\right)$$

*Sumber: Soewarno, 1995*

$Y_T$  = Reduce mean

$Y_n$  = Reduce Standart Deviasi sebagai fungsi dari banyaknya data  $n$

$S_n$  = Parameter Gumbel periode  $T$  tahun

$N$  = Jumlah pengamatan

N	Yn	N	Yn	N	Yn	N	Yn
10	0.4952	15	0.5128	20	0.5236	25	0.5309
11	0.4996	16	0.5157	21	0.5252	26	0.532
12	0.5035	17	0.5181	22	0.5268	27	0.5332
13	0.5070	18	0.5202	23	0.5283	28	0.5342
14	0.5100	19	0.522	24	0.5296	29	0.5353

**Tabel 2. 3** Reduce Mean ( $Y_n$ )

Sumber : Soewarno, 1995

**Tabel 2. 4** Reduced Standart Deviation ( $S_n$ )

N	Sn	N	Sn	N	Sn	N	Sn
10	0,9496	15	1,0206	20	1,0628	25	1,0915
11	0,9676	16	1,0136	21	1,0696	26	1,1961
12	0,9833	17	1,0411	22	1,0754	27	1,1004
13	0,9971	18	1,0493	23	1,0811	28	1,1047
14	1,0095	19	1,0565	24	1,0864	29	1,1086

Sumber : Soewarno, 1995

### c. Distribusi Log Person III

Perhitungan distribusi log person dapat dihitung dengan :

$$\log x = \overline{\log x} + s. \log x. k$$

Dimana :

Log x = Nilai logaritmik variat yang diharapkan Nilai rata-rata hitung logaritmik variat x log

s log x = Deviasi standart logaritmik nilai x

K = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi periode ualng dan type distribusinya

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x}{n}$$

$$s. \log x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \log x)^2}{(n - 1)}}$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) x S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

Sumber : Soewarno, 1995

**Tabel 2. 5** Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III

Cs	Tahun (Periode Ulang)						
	2	5	10	25	50	100	200
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,553	4,298
1,9	-0,294	0,645	1,31	2,207	2,881	3,499	4,223
1,8	-0,282	0,66	1,318	2,193	2,848	3,444	4,147
1,7	-0,268	0,675	1,324	2,179	2,815	3,388	4,069
1,6	-0,254	0,69	1,329	2,163	2,78	3,33	3,99
1,5	-0,24	0,705	1,333	2,14	2,743	3,33	3,91
1,4	-0,225	0,719	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-0,21	0,732	1,338	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-0,195	0,745	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-0,18	0,758	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-0,164	0,769	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,543	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388
-0,2	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294
-0,3	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,4	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,5	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016

Cs	2	5	10	25	50	100	200
-0,6	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,7	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837
-0,8	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749
-0,9	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1	0,18	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,1	0,195	0,844	1,086	1,282	1,324	1,449	1,501
-1,2	0,21	0,838	1,064	1,24	1,27	1,383	1,424
-1,3	0,225	0,832	1,041	1,198	1,217	1,318	1,351
-1,4	0,24	0,825	1,018	1,157	1,166	1,256	1,282
-1,5	0,224	0,817	0,994	1,116	1,069	1,197	1,216
-1,6	0,268	0,808	0,97	1,075	1,023	1,14	1,155
-1,7	0,282	0,799	0,945	1,035	0,98	1,087	1,097
-1,8	0,294	0,788	0,92	0,996	0,939	1,037	1,044
-1,9	0,307	0,777	0,895	0,959	0,9	0,99	0,995
-2	0,319	0,765	0,869	0,923	0,864	0,946	0,949

(Sumber : Soewarno, 1995)

### 2.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan uji kesesuaian ini bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi yang telah dipilih bisa digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Uji kesesuaian ini ada dua macam yaitu chi kuadrat dan smirnov kolmogorov.

#### 1. Uji Chi Kuadrat

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$  yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$G = 1 + 1,37 \ln(n)$$

$$Dk = G - R - 1$$

$$P(Xm) = \frac{m}{n+1}$$

$$T(Xm) = \frac{n+1}{m}$$

Sumber : Soewarno, 1995

Dimana:

- $X^2$  = Parameter Chi Kuadrat
- $G$  = Jumlah Sub kelompok
- $E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1
- $O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
- $dk$  = Derajat kebebasan
- $R$  = Konstanta
- $P$  = Peluang

**Tabel 2. 6** Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat

DK	A							
	0,995	0,9	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000039	0,000157	0,000928	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,1000	0,021	0,05806	0,103	5,991	7,378	9,210	10,579
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,4848	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	0,1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	0,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188

(Sumber : Soewarno, 1995)

## 2. Uji Smirnov Kolmogorv

Pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas untuk tiap data, yaitu dari peredaan distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut dengan  $\Delta$ . Dalam bentuk persamaan ditulis sebagai berikut:

$$\Delta_{mak} = |Pe - Pt|$$

Dimana:

$\Delta_{mak}$  = Selisih antara peluang teoritis dengan peluang empiris

$\Delta_{cr}$  = Simpangan kritis (dari tabel)

Pe = Peluang empiris

Pf = Peluang teoritis

Kemudian dibandingkan antara  $\Delta_{mak}$  dengan  $\Delta_{cr}$  bila  $\Delta_{mak} < \Delta_{cr}$  maka pemilihan distribusi frekuensi tersebut dapat diterapkan pada data tersebut

### 2.1.4. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi,  $T_c$  adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu ditinjau pada daerah pengaliran. Umumnya waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir pada permukaan tanah menuju saluran terdekat ( $T_o$ ) dan waktu untuk mengalir dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau ( $T_f$ ).

$$T_c = T_o + T_f$$

Dimana :

$T_c$  = Lamanya hujan mengalir dari titik terjauh menuju titik kontrol yang ditentukan (menit)

$T_f$  = Waktu pengaliran dalam saluran (menit)

$T_o$  = Waktu pengaliran dari lahan menuju saluran (menit)

L = Panjang saluran (m)

D = Beda tinggi antara titik terjauh (m)

V = Kecepatan aliran air dalam saluran (m/dt)

Untuk mencari nilai  $T_o$  dan  $T_f$  menggunakan rumus sebagai berikut:

- Rumus Kirpich

$$T_o = 0.0195 x \left( \frac{L_o}{\sqrt{I_o}} \right)^{0.77}$$

Dimana :

$L_o$  = jarak titik tinjau lahan terhadap system saluran yang ditinjau

$I_o$  = kemiringan rata-rata permukaan tanah ke saluran yang ditinjau

- Rumus Dr. Rizha

$$Tf = \frac{L}{V}$$

Dimana :

$L$  = panjang saluran (m)

$V$  = kecepatan di dalam saluran (m/det)

**Tabel 2.7** Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

Jenis bahan	Kecepatan (m/det)
Lempung kepasiran	0.5
Lanau alluvial	0.6
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Lempung padat	1.1
Kerikil kasar	1.2
Batu-batu besar	1.5
Pasangan batu	1.5
Beton	1.5
Beton bertulang	1.5

(Sumber : Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No.008/BNKT/1990)

### 2.1.5. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui nilai intensitas hujan yang akan diterima oleh saluran-saluran drainase di wilayah studi. Perhitungan intensitas curah hujan di wilayah studi dilakukan dengan menggunakan rumus Mononobe. Besar intensitas curah hujan sangat tergantung pada besarnya waktu konsentrasi ( $T_c$ ) dari aliran limpasan di wilayah tersebut. Waktu konsentrasi hujan adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirnya air dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu yang ditinjau pada daerah pengaliran. Perhitungan intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$I = \frac{Rt}{24} x \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- $T_c$  = Lamanya hujan mengalir dari titik terjauh menuju titik kontrol yang ditentukan (jam)
- $R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

### 2.1.6. Metode Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu

Hujan merupakan peristiwa dimana menguapnya air dari permukaan karena sinar matahari dan mengalami pembekuan sehingga membentuk awan. Setelah terbawa oleh angin menuju tempat yang berbeda, awan akan mencair karena perbedaan suhu di lapisan atmosfer. Awan yang mencair tersebutlah yang dinamakan hujan. Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dan waktu. Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran; sehingga terdapat dua macam hidrograf yaitu hidrograf muka air dan hidrograf debit. Hidrograf muka air dapat



ditransformasikan menjadi hidrograf debit dengan menggunakan *rating curve*. Untuk selanjutnya yang dimaksud dengan hidrograf adalah hidrograf debit, kecuali apabila dinyatakan lain.

Pada tahun 1932, L.K. *Sherman* mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan *catchment area* dengan intensitas tetap dalam satu durasi tertentu.

Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, tidak memerlukan data yang kompleks, dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di *catchment area* yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik kontrol. Beberapa anggapan dalam penggunaan hidrograf satuan adalah sebagai berikut ini:

1. Hujan efektif mempunyai intensitas konstan selama durasi hujan efektif. Untuk memenuhi anggapan ini maka hujan deras yang dipilih adalah hujan dengan durasi singkat.
2. Hujan efektif terdistribusi secara merata pada seluruh *catchment area*. Dengan anggapan ini maka hidrograf satuan tidak berlaku untuk *catchment area* yang sangat luas, karena ini sulit untuk mendapatkan hujan yang sangat merata di seluruh *catchment area*. Penggunaan pada *catchment area* yang sangat luas dapat dilakukan dengan cara membagi *catchment area* menjadi sejumlah sub *catchment area* dilakukan analisis hidrograf satuan.

3. Dari data hujan dan hidrograf limpasan langsung yang tercatat setiap interval waktu tertentu (misalnya tiap jam), selanjutnya dilakukan pemilihan data untuk analisis tahap selanjutnya. Untuk penurunan hidrograf satuan, dipilih kasus banjir dengan kriteria berikut ini:
  4. Hidrograf banjir berpuncak tunggal, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan analisis.
  5. Hujan penyebab banjir terjadi merata diseluruh *catchment area*, hal ini dipilih untuk memenuhi kriteria teori hidrograf satuan.
  6. Dipilih kasus banjir dengan debit yang memiliki puncak yang relatif cukup besar.

Berdasarkan kriteria tersebut, maka akan terdapat beberapa kasus banjir. Untuk masing-masing kasus banjir diturunkan hidrograf satuannya. Hidrograf satuan yang dianggap dapat mewakili *catchment area* yang ditinjau adalah hidrograf satuan rerata yang diperoleh dari beberapa kasus banjir tersebut.

Di daerah yang data hidrologinya tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuatlah hidrograf satuan sintesis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari *catchment area*. Metode *Nakayasu* adalah salah satu dari beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan hidrograf satuan sintesis ini. Hidrograf satuan sintesis *Nakayasu* dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang  
(*Sumber : Soemarto, 1987*).

Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

- a. Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
- b. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)

- c. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- d. Luas daerah aliran sungai
- e. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)

Bentuk HSS *Nakayasu* dalam persamaan berikut ini :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left( \frac{A \cdot Re}{0,3T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$T_p = t_g + 0,8t_r$$

$$t_g = 0,4 + 0,058L = L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0,21L^{0,7} = L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g$$

$$t_r = 0,5t_g \text{ sampai } t_g$$

Dimana :

$Q_p$  = debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/dt)

$A$  = luas *catchment area* (km<sup>2</sup>)

$Re$  = curah hujan efektif (1 mm)

$T_p$  = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$  = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 (30%) kali debit puncak (jam)

$T_g$  = waktu konsentrasi

$T_r$  = satuan waktu dari curah hujan (jam)

$\alpha$  = koefisien karakteristik *catchment area* biasanya diambil dua

$L$  = panjang sungai utama (km)

Bentuk hidrograf satuan oleh persamaan berikut :

1. Pada kurva naik ( $0 < t < T_p$ )

$$Q_t = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^2$$

2. Pada kurva turun ( $T_p < t < T_p + T_{0,3}$ )

$$Q_r = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$$

3. Pada kurva turun ( $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_p$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$$

4. Pada kurva turun ( $t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$ )

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\frac{[(t - T_p) + (1,5T_{0,3})]}{2T_{0,3}}}$$

$$Q_p = 2,78 \frac{C_p \cdot A}{T_p}$$

## 2.2. Analisa Sedimentasi

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, angkutan (*transportation*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Sedimentasi adalah tanah dan bagian tanah yang terangkut dari satu tempat yang tererosi. Sedimentasi dihasilkan dari proses erosi dan terbawa oleh suatu aliran akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat dan kemudian berhenti (Arsyad, 2000). Leon (1999) dalam Salwati (2004) menyatakan bahwa sedimentasi di sungai terjadi salah satunya dikarenakan adanya aliran permukaan pembawa partikel tanah sisa pemupukan dari suatu area atau lahan pertanian ke sungai. Produksi sedimentasi tahunan rata-rata suatu daerah aliran sungai tergantung dari beberapa faktor seperti iklim, jenis tanah, tata guna lahan, topografi. Faktor lain yang mempengaruhi besarnya sedimentasi menurut Asdak (2002) adalah karakteristik sungai seperti morfologi sungai, tingkat kekasaran dasar sungai, dan kemiringan sungai.

Sedimen merupakan suatu kepingan atau potongan material yang terbentuk oleh proses fisik dan kimia dari batuan dan tanah. Bentuk dari material beraneka ragam dan tidak terbatas dari mulai yang berbentuk bulat sampai yang berbentuk tajam. Serta bervariasi dalam kerapatan dan komposisi materialnya dengan kuarsa yang paling dominan. Sedimen tersebut terbawa

hanyut oleh aliran air yang dapat dibedakan sebagai endapan dasar (*bed load*) dan muatan melayang (*suspended load*). Muatan dasar bergerak dalam aliran air sungai dengan cara bergulir, meluncur dan meloncat-loncat di atas permukaan dasar sungai. Sedangkan muatan melayang terdiri dari butiran-butiran halus yang ukurannya lebih kecil dari 0,1 mm dan senantiasa melayang di dalam aliran air. Lebih-lebih butiran yang sangat halus, walaupun air tidak mengalir, tetapi butiran tersebut tetap tidak mengendap serta airnya tetap saja keruh dan sedimen semacam ini disebut muatan kikisan (*wash load*).

### **2.2.1. Metodologi Sedimentasi**

Perencanaan ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran sedimentasi yang menumpuk pada wilayah tertentu di Sungai Batui tepatnya pada area hulu crossing pipa. Untuk itu, maka dilakukan serangkaian kegiatan secara bertahap, yakni sebagai berikut:

1. Tahap ke 1, adalah pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan dan analisis. Data-data yang dibutuhkan yakni data hidrologi, curah hujan, geologi dan topografi
2. Tahap ke 2, pada tahap berikutnya adalah analisis aliran yang masuk pada Sungai Batui. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui berapa kecepatan aliran sedimen yang terjadi di sungai tersebut.
3. Tahap ke 3, adalah perhitungan distribusi kecepatan dan penyebaran sedimen yang terjadi pada area hulu crossing pipa Sungai Batui.
4. Tahap ke 4, yaitu perhitungan pengendapan sedimen yang terjadi pada area hulu crossing pipa Sungai Batui.  
Uraian di atas dapat dilihat lebih jelas pada Bagan Alir 2.1. yang menguraikan tahapan pekerjaan sedimentasi Tugas Akhir Terapan.

## 2.2.2. Persamaan Angkutan Sedimentasi

### A. Bed Load Transport

Duan, 2005 Untuk memprediksi bed – load transport sediment di sekeliling sungai, didekati dengan tiga gaya sebagai pertimbangan, yaitu: a. Tegangan dasar sejajar aliran, b. Tegangan arah lateral horizontal, c. Tegangan dasar arah vertikal dan dipengaruhi gravitasi.

Pengaruh gravitasi pada bed load transport telah dicerminkan sebagai efek dari awal gerakan sedimen dasar.

$$Q_b = C_m [(s - 1)g]^{0,5} d_{50}^{1,5} (\mu' \tau_* - \tau_{*c})^{1,5}$$

(Sumber: Mayer – Peter dan Muller, 1998)

Dimana :

$Q_b$  = total bed load per satu unit lebar

$\tau^*$  = parameter gaya gerak, dengan persamaan

$$\tau^* = \frac{\rho \mu^2}{(\rho s - \rho) g d_{50}}$$

$\tau_{*c}$  = nilai kritis dari  $\tau^*$ , dengan persamaan

$$\tau_{*c} = \frac{\tau^*}{(\rho s - \rho) g d_{50}}$$

Untuk pengaruh gerak tergantung pada *Reynold Number*

$$(R_e = \frac{\mu \cdot d_{50}}{v})$$

$\tau_{*c} = 0,47$  jika  $Re > 100$  cm = 8

$s = \frac{\rho s}{\rho}$       $\rho s$  dan  $\rho = \text{density}$  pasir dan air

$$\theta = \frac{qB}{d \sqrt{(s-1)g d}}$$

(Sumber: Mayer – Peter dan Muller, 1998)

## 1. Meyer – Peter dan Muller

$$\theta_B = \frac{qB}{d\sqrt{(s-1)gd}}$$

(Sumber: Mayer – Peter dan Muller, 1998)

Dimana:

 $\theta'$  = effective Shield parameter

$$\theta' = \frac{\tau' b/p}{(s-1)gd}$$

 $\tau b'$  = effective shear stress $\theta_c$  = critical shields parameter

## 2. Einstein - Brown

$$\Phi = 40 K (\theta')$$

$$K = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{(s-1)gd50^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{(s-1)gd50^3}}$$

## 3. Kalinske – Frijlink Formula

$$Q_b = 2d_{50} \sqrt{\frac{\tau b}{\rho}} \exp\left(\frac{-0,27(s-1)d_{50}\rho g}{\tau b}\right)$$

**B. Suspended Sediment Transport**

Persamaan konsentrasi sedimen Rouse, yang dapat menunjukkan harga konsentrasi sedimen dari dasar pada  $z = a$  sampai dengan muka air, disebut sebagai Rouse profil berikut:

$$\frac{C}{Ca} = \left(\frac{h-z}{x} \frac{a}{h-a}\right)^{Rn}$$

(Sumber: Suharjoko, 2016)

Dimana:

a = referensi bed level

z = jarak terhadap dasar

Rn = Rouse Number

C dan Ca = konsentrasi dan suspended sediment pada setiap nilai  $z = a$  Rouse Number diberikan sebagai berikut:

$$Rn = \frac{\omega}{K\beta'U_*}$$

(Sumber: Suharjoko, 2016)

Dimana:

- Rn = Rouse Number  
 $\omega$  = kecepatan jatuh  
 K = 0,4; konstanta Von Karman  
 B = faktor perbedaan difusi partikel sedimen dengan difusi partikel fluida

Perubahan angkutan sedimen suspensi dipengaruhi oleh kecepatan dan konsentrasi suspensi sedimen.

Ca dapat dihitung dengan rumus Van Rijn 1989, sebagai berikut:

$$Ca = 0,015 \times \frac{d_{50}}{a} \times \frac{T^{1,5}}{D^*}$$

(Sumber: Suharjoko, 2017)

Dimana:

$$D^* = d_{50} \left[ \frac{(s-1)g}{v^2} \right]^{1/2} = \text{menunjukkan besaran diameter partikel}$$

$$T = \frac{\tau - \tau_{cr}}{\tau_{cr}} = T \text{ menunjukkan parameter tegangan kritis}$$

dasar, dan adalah tegangan kritis dasar yang dipertimbangkan pada Grafik Shield's

$$Ca = \frac{qb}{U_b \times K_s} = \frac{qb}{6,34 \times U^* \times K_s}$$

(Sumber: Zhou Liu, 1998)

Dimana:

$$q_B = C_a \times U_b \times K_s$$

### C. Threshold Sediment Transport

Mempertimbangkan aliran di atas dasar yang terdiri dari partikel kohesif. Gaya yang bekerja pada partikel tanah dasar, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5 Jika  $\mu^*c$ , kecepatan gesekan kritis, menunjukkan situasi dimana partikel tanah (grain) mulai bergerak, maka gaya drag sama dengan gaya gesekan dan dengan penyederhaan, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{u_*^2 c}{(s-1)gd} = \frac{f}{a^2 C_D + f a^2 C_L} \frac{4}{3a^2}$$

(Sumber: Suharjoko, 2013)



Dimana:

$$\theta = \frac{u^{*2}c}{(s-1)gd} = \text{shields parameter}$$

Partikel sedimen mulai bergerak jika dipenuhi;

$u^* > u^*c$  critical friction velocity  $u^*c$ , atau

$\tau_b > \tau_b,C$  critical bottom shear stress  $\tau_b^{*2}$ , atau

$$\theta > \theta_c \text{ critical bottom shear stress, atau } \theta = \frac{u^{*2}c}{(s-1)gd}$$

Untuk menghitung nilai  $k_s$  diperlukan nilai dengan ketentuan seperti pada Tabel 2.8.

(Madsen 1976 dalam Liu 2001). Untuk mengetahui kondisi kritis partikel sedimen mulai bergerak dapat mengikuti diagram shields, yaitu diagram yang menunjukkan hubungan antara critical shield parameter  $\theta_c$  dengan sedimen fluid parameters  $S^*$  adalah sedimen fluid parameters dapat dihitung menggunakan rumus :

$$S^* = \frac{d}{4v} \sqrt{(s-1)gd}$$

*Critical Shield parameter* mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$\theta = \frac{u^{*2}c^*}{(s-1)gd}$$

Yang nilainya dapat diketahui dari Grafik Shield's pada 2.5

**Tabel 2. 8** Nilai untuk menentukan nilai  $K_s$

Keterangan	Nilai $K_s$
Concrete bottom	$k_s = 0,001 - 0,01 \text{ m}$
Flat sand bed	$k_s = (1-10) \times d_{50}$
Bed with sand ripples	$k_s = (0,5-1) \times (\text{height of sand ripples})$
Ripple bed	$100 \times d_{50} = H_r$

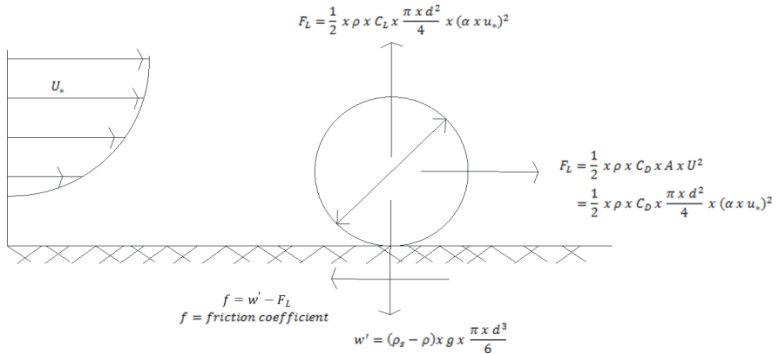
(Sumber: Zhou Liu, 1998)

Modifikasi grafik shield menjadi persamaan matematis yang telah dilakukan (Karvonen Tuomo, 2002) guna mendukung hitungan pada program komputer untuk menghindari penggunaan grafik. Sehingga untuk mendapatkan nilai yang lebih baik dilakukan

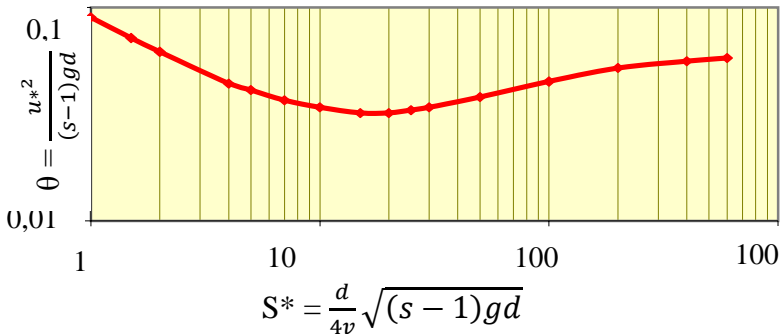
modifikasi grafik Shields diperoleh persamaan Critical Shields parameter ( $\theta$ ) sebagai berikut :

$$\theta = -0,0006x^4 - 0,0082x^3 + 0,0634x^2 - 0,1109x + 0,0899$$

(Sumber: Suharjo, 2017)



**Gambar 2. 2** Force acting terhadap partikel sedimen di dasar (Liu, 2001)



**Gambar 2. 3** Grafik Shields, hubungan antara Sediment Fluid Parameter  $S^*$  dengan Critical Shields Parameter  $\theta_c$

Dimana:

$$x = \text{Log}(S^*)$$

#### D. Settling Velocity

Kecepatan endap butiran dari *suspended sediment*, persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$W_s = \frac{1}{2,8} \sqrt{\left(\frac{36 \times v}{dn}\right)^2 + 7,5 \times (p - 1) \times g \times dn - \frac{36 \times v}{dn}}$$

Dimana:

$dn$  = normal diameter

$p$  = sediment concentration

$g$  = percepatan gravitasi

Untuk persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan endap dari sedimen kohesif, antara lain:

$$W_{sc} = \frac{250}{d^2} W_s$$

(Sumber: Suharjoko, 2013)

Dimana:

$W_{sc}$  = Settling velocity of cohesive sediment flocs

$W_s$  = Settling velocity of single cohesive sediment Hukum Stoke, digunakan untuk menghitung cohesive sediment particle

$$W_s = \frac{gd^2}{18\mu} (\rho_s - \rho)$$

Dimana:

$\rho_s$  = massa jenis sedimen ( $\text{kg/cm}^3$ )

$\rho$  = massa jenis air ( $\text{kg/c}$ )

$\mu$  = viskositas

### E. Perubahan Elevasi Dasar

Merupakan penambahan elevasi awal setelah adanya penumpukan akibat sedimentasi. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan dan luas permukaan.

$$\Delta = \left( \frac{c}{10^6} \times w_s \times dt \times \left( \frac{\tau_x}{\tau_c} \right) \right) \times \frac{\rho_s}{1 - \rho_b}$$

Dimana:

- c = konsentrasi sedimen
- $w_s$  = settling velocity
- dt = waktu (1 jam = 3600 detik)
- $\tau_x$  = efektif shear stress
- $\tau_c$  = bottom shear stress
- $\rho_s$  = massa jenis sedimen (kg/cm<sup>3</sup>)
- $\rho_w$  = massa jenis air (kg/cm<sup>3</sup>)
- $P_b$  = porositas (%)

Dalam mengetahui c (konsentrasi sedimen) didapatkan dari analisa bed load dengan rumus:

$$c = qb \times \text{luas pias}$$

Dimana:

- c = konsentersasi sedimen
- qb = total bed load (m<sup>3</sup>/det)

### 2.3. Analisa Stabilitas Check Dam

Sebagaimana telah dijelaskan pada sebelumnya, bahwa fungsi check dam ini adalah sebagai penahan sedimen yang berasal dari daerah hulu, oleh karena itu maka check dam sungai batui ini harus mampu menahan gaya – gaya yang bekerja terhadap aliran air dan sedimen.

Check dam sungai batui ini adalah gravitasi, maka untuk melawan gaya – gaya yang aktif yang dapat menggulingkan tubuh check dam adalah dengan mengendalikan berat sendiri, sehingga besar kecilya dimensi check dam, bahan

material yang digunakan serta daya dukung tanah dasar kedudukan check dam sangat menentukan kestabilan dari konstruksi check dam itu sendiri. Maka dimensi konstruksi check dam dibuat dan direncanakan harus memenuhi syarat terhadap kestabilan dan juga dipertimbangkan faktor ekonomisnya.

### 2.3.1. Tinjauan Stabilitas Check Dam

Sebenarnya kontrol terhadap kestabilan dilakukan pada semua bagian konstruksi yang direncanakan, akan tetapi dalam perencanaan check dam sungai batui ini hanya dibatasi pada tubuh *main dam* dan *sub dam* saja. Mengingat bahwa konstruksi tersebut merupakan bagian pokok yang menerima gaya – gaya yang besar.

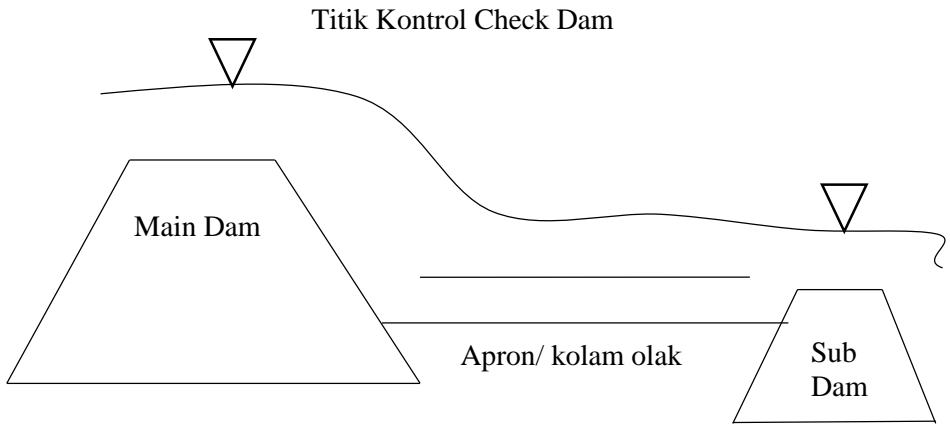
Pada stabilitas *main dam* diperhitungkan pada kondisi muka air yaitu:

- Kondisi air banjir *check dam* setelah terisi material sediment.
- Kondisi air rata ambang *check dam* dan kondisi air hilir kosong.

Pada stabilitas *sub dam* diperhitungkan pada waktu keadaan air banjir.

Pada perhitungan stabilitas *check dam* ini akan menganalisa semua gaya – gaya yang berpengaruh, sehingga akan didapatkan suatu hal yang memenuhi persyaratan stabilitasnya. Untuk menyederhanakan perhitungan dalam peninjauan itu sendiri yaitu dengan anggapan:

- Gaya yang bekerja ditinjau pada setiap panjang 1 m.
- Peninjauan potongan dilakukan pada bagian konstruksi yang paling berbahaya (terhadap guling, angkut dan geser).
- Titik kontrol diambil pada tempat dimana akan terjadi penggulingan.



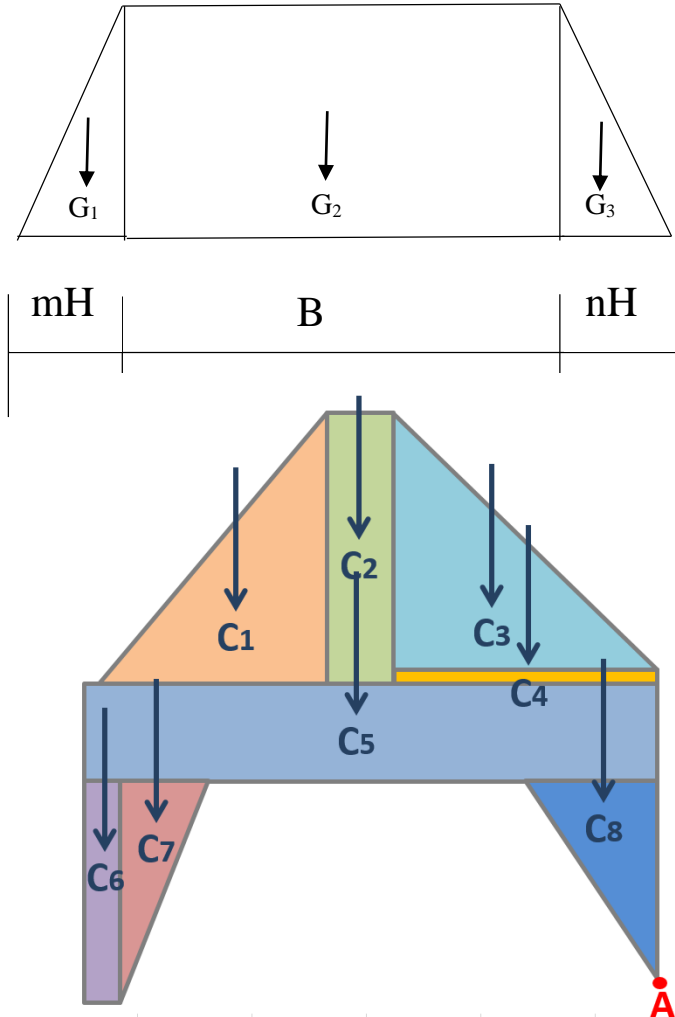
**Gambar 2. 4** Titik Kontrol Check Dam

### 2.3.2. Gaya – Gaya Yang Bekerja

Dalam perencanaan konstruksi check dam hanya ditinjau pada bagian konstruksi yang paling berat menahan beban. Perhitungan gaya – gaya yang bekerja tersebut ditinjau menurut:

- Berat sendiri tubuh *check dam*
- Tekanan air statis (hidrostatik)
- Tekanan sedimen dan tanah
- Tekanan ke atas (*uplift*)

1. Gaya akibat berat sendiri/ tubuh *check dam*



Gambar 2. 5 Gaya berat sendiri tubuh *check dam*

Berat sendiri adalah gaya yang ditimbulkan oleh berat sendiri dari bangunan *check dam* dan tergantung dari jenis batuan yang digunakan. Rumus umum gaya tersebut adalah:

$$C = A \cdot \gamma \cdot pas$$

Dimana:

$$C = \text{berat sendiri} = G1 + G2 + G3 \text{ (ton)}$$

$$C1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot H \cdot H \cdot \gamma_{pas}$$

$$C2 = B \cdot H \cdot H \cdot \gamma_{pas}$$

$$C3 = \frac{1}{2} \cdot n \cdot H \cdot H \cdot \gamma_{pas}$$

Keterangan:

A = luas penampang ( $m^2$ )

B = lebar ambang pelimpah (m)

H = tinggi bangunan sampai dasar pondasi (m)

m = kemiringan bagian hulu

n = kemiringan bagian hilir

$\gamma_{pas}$  = berat volume pasangan ( $t/m^3$ )

**Tabel 2. 9** Nilai Berat Volume Material

No	Jenis Material	Berat Volume ( $t/m^3$ )
1	Beton ( $\gamma_b$ )	2,35
2	Pasangan batu ( $\gamma_{pas}$ )	2,3
3	Sedimen ( $\gamma_{sed}$ )	1,85
4	Sedimen + Air ( $\gamma_{ws}$ )	1,2
5	Tanah Asli ( $\gamma_t$ )	1,6
6	Air ( $\gamma_w$ )	1,0

(Sumber: Volcano Sabo Technical Centre, 1983:13)

## 2. Gaya akibat tekanan hidrostatis

Tekanan air statis yang diperhitungkan ada dua arah gaya yaitu:

- Arah vertikal: merupakan berat air diatas bangunan dam



- Arah horizontal: merupakan tekanan air statis di hulu dam, dan beratnya tergantung kedalaman muka air dengan dasar pondasi. Rumus umum:

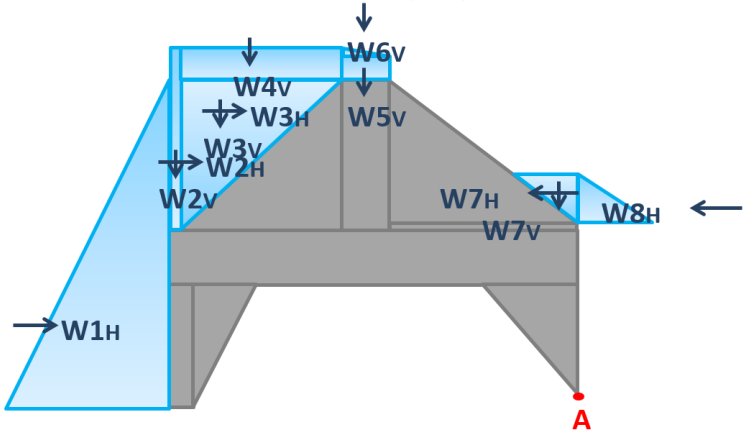
$$W = A \cdot \gamma_{ws}$$

Dimana:

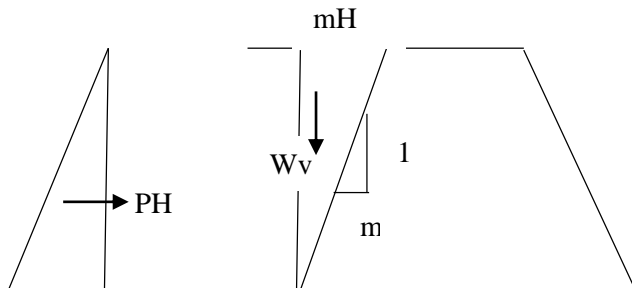
$W$  = gaya tekanan air (ton)

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$\gamma_{ws}$  = berat volume air + sedimen ( $t/m^3$ )



A. Kondisi air normal (rata ambang)

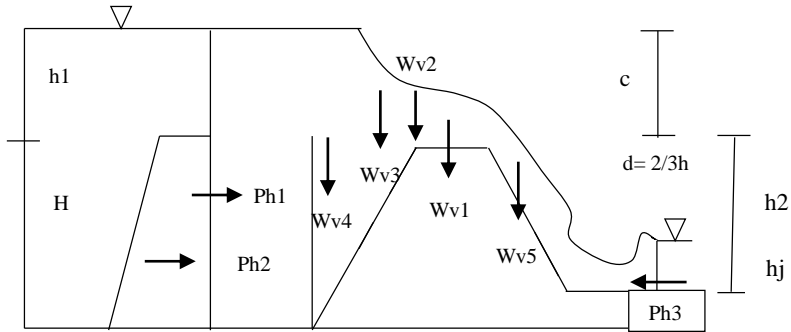


**Gambar 2. 6** Kondisi air normal

$$\begin{aligned}
 W_v &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot H \cdot H \cdot \gamma_{ws} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot H^2 \cdot \gamma_{ws} \\
 P_H &= \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_{ws}
 \end{aligned}$$

(Sumber: Volcano Sabo Technical Centre, 1983:24)

### B. Kondisi air banjir



**Gambar 2. 7** Kondisi air banjir

$$\begin{aligned}
 W_{v1} &= b \cdot d \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m \\
 W_{v2} &= \frac{1}{2} \cdot b \cdot c \cdot 1m \\
 W_{v3} &= m \cdot H \cdot h_1 \cdot \gamma_{ws} \\
 W_{v4} &= \frac{1}{2} \cdot m h^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m \\
 W_{v5} &= \frac{1}{2} \cdot n \cdot h^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m \\
 P_H &= P_{H1} + P_{H2} + P_{H3} \\
 P_{H1} &= h_1 \cdot H^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m \\
 P_{H2} &= \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m \\
 P_{H3} &= \frac{1}{2} \cdot h_j^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m
 \end{aligned}$$

(Sumber: Volcano Sabo Technical Centre, 1983:25)

3. Gaya akibat tekanan sedimen dan tanah

Pada saat diatas (hulu) check dam terisi penuh material tekanan sedimen akan bekerja dua arah.

- Arah vertikal: merupakan berat sedimen diatas bangunan check dam
- Arah horizontal: merupakan tekanan sedimen pada area hulu check dam yang besarnya tergantung dari tinggi endapan sedimen itu sendiri.

Rumus umum koefisien tanah aktif:

Jika  $\phi$  tanah =  $30^\circ$

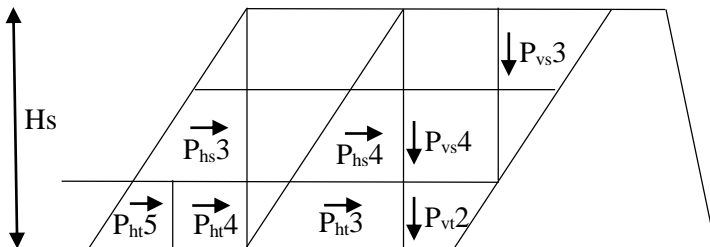
$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 30^\circ/2) \\ &= 0,34 \end{aligned}$$

Rumus umum koefisien tanah pasif:

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2(45^\circ + \phi/2) \\ &= 3 \end{aligned}$$

Tabel .. Koefisien jenis tanah

Jenis	n	m
Batu	2,76	0,71
Diluvium	0,87	1,05
Aluvium	1,56	0,89
Aluvium Lunak	0,29	1,32



**Gambar 2. 8** Tekanan sedimen dan tanah

Rumus umum untuk tekanan sedimen dan tanah:

$$P_{vt2} = \frac{1}{2} \cdot (m \cdot \delta_{sub}) \cdot \delta_{sub} \cdot \gamma_{sat}$$

$$P_{vs3} = \frac{1}{2} \cdot (m \cdot H_{sub}) \cdot H_{sub} \cdot \gamma_{sed}$$

$$P_{vt4} = (m \cdot H_{sub}) \cdot H_{sub} \cdot \gamma_{sed}$$

$$P_{hs3} = \frac{1}{2} \cdot (m \cdot H_{sub} \cdot \gamma_{sed} \cdot K_a) \cdot H_{sub}$$

$$P_{hs4} = \delta_{sub}^2 \cdot K_a \cdot \gamma_{sat}$$

$$P_{ht3} = \delta_{sub}^2 \cdot K_a \cdot \gamma_{sat}$$

$$P_{ht4} = \frac{1}{2} \cdot (\delta_{sub}^2) \cdot K_p \cdot \gamma_{sat}$$

$$P_{ht5} = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot m \cdot \delta_{sub} \cdot \gamma_{sat}$$

Dimana:

H = tinggi sedimen yang menejan tubuh dam (m)

K<sub>a</sub> = koefisien tekanan lateral aktif sedimen

γ<sub>sed</sub> = berat volume sedimen (t/m<sup>3</sup>)

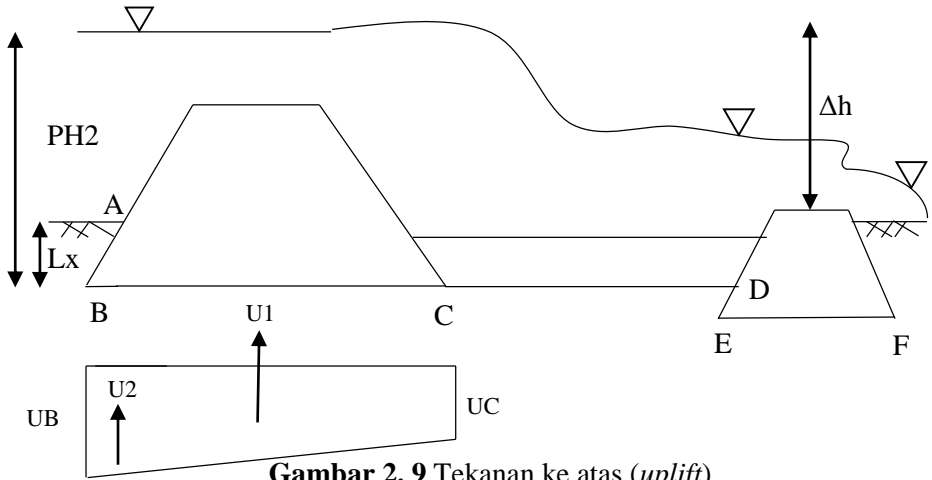
γ<sub>sat</sub> = berat volume tanah jenuh (t/m<sup>3</sup>)

δ = tinggi tanah yang menekan dam (m)

θ = sudut geser tanah, dimana untuk endapan sedimen yang terdiri dari pasir, kerikil dan batu besar (30<sup>0</sup> - 38<sup>0</sup>)

#### 4. Gaya tekanan ke atas (*uplift*)

Tekanan ke atas (*uplift*) adalah tekanan air dibawah dasar pondasi yang arahnya verikal ke atas. Tekanan ke atas harus dicari pada tiap – tiap titik, kemudian dicari besarnya gaya – gaya yang bekerja tiap bidang.



**Gambar 2. 9** Tekanan ke atas (*uplift*)

Rumus umum:

$$U = U_x \cdot L \text{ ABC}$$

$$U_x = \left( H_x - \frac{\sum Lx}{\sum L} \cdot \Delta h \right) \cdot \gamma_w$$

Sehingga:

$$U_B = \left( H_x - \frac{L_{AB}}{\sum L} \cdot \Delta h \right) \cdot \gamma_w$$

$$U_C = \left( H_x - \frac{L_{BC}}{\sum L} \cdot \Delta h \right) \cdot \gamma_w$$

$$U_1 = U_c \cdot L_{AB}$$

$$U_2 = 0,5 \cdot (U_B - U_C) \cdot L_{BC}$$

Dimana:

$U$  = tekanan *uplift* (ton)

$U_x$  = tekanan *uplift* pada titik yang ditinjau  $x$  ( $t/m^2$ )

$\Delta h$  = beda muka air di hulu dan di hilir *check dam* (m)

$H_x$  = tinggi titik yang ditinjau dari permukaan air di hulu (m)

$L_x$  = panjang (jarak) garis lengkung rembesan (*creep line*) dari ujung hulu sampai dengan titik yang ditinjau (m)

$\sum L$  = panjang garis total garis lengkung rembesan ( $\sum L_v + \frac{1}{3}\sum LH$ ) (m)

B = lebar pondasi (m)

$\gamma_w$  = berat volume air (1 t/m<sup>3</sup>)

### 2.3.3. Syarat – Syarat Kestabilan

Sebagai dasar untuk menentukan ukuran dimensi (penampang melintang) check dam, perlu dipenuhi syarat kestabilan.

#### 1. Konstruksi tidak mengguling

Syarat bangunan tidak mengguling adalah bangunan tersenut dapat menahan gaya – gaya yang dapat menggulingkan bangunan. Jadi, momen penahan lebih besar dari momen pengguling. Persyaratan konstruksi tidak mengguling adalah sebagai berikut:

$$\text{FKguling: } \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} \geq 1,5$$

Dimana:

$\sum M_{VA}$  = jumlah momen penahan (tm)

$\sum M_{HA}$  = jumlah momen guling (tm)

#### 3. Konstruksi tidak menggeser

Jika jumlah gaya vertikal yang terjadi dalam bangunan lebih besar dari jumlah gaya horizontal, maka konstruksi tidak menggeser. Maka untuk mengetahui konstruksi tidak menggeser digunakan rumus:

$$\text{FK}_{\text{geser}} = \frac{\sum V \tan \theta + cb_2'}{\sum H} \geq 1,5$$

Dimana:

$\emptyset$  = sudut geser dalam

$\sum V$  = jumlah gaya vertikal (ton)

$\sum H$  = jumlah gaya horisontal (ton)

$c$  = kohesi

$b_2'$  = lebar dasar bendung

**Tabel 2. 10** Nilai koefisien geser antara bangunan dengan tanah dasar

No.	Kondisi Tanah	Koefisien f
1	Batuan keras dengan sedikit retak	0,7
2	Batuan keras dengan banyak retak	0,7
3	Batuan lunak	0,7
4	Kerikil kompak	0,6
5	Kerikil tak kompak	0,6
6	Lapis pasir kompak	0,6
7	Lapis pasir tak kompak	0,5
8	Lapis tanah keras	0,45
9	Lapis tanah tak keras	0,5

Sumber: Braja M Das

#### 4. Konstruksi terhadap daya dukung fondasi

Untuk mengetahui daya dukung tanah dapat dihitung dengan rumus:

$$\tau_{1.2} = \frac{\sum M}{\sum V} \times \frac{b_2'}{2}$$

$\sigma$

Dimana:

$\tau_{1.2}$  = tegangan yang terjadi ( $t/m^2$ )

$\sum V$  = gaya vertikal total (ton)

$W$  = momen penahan ( $m^3$ )

$F$  = luas dasar check dam dihitung per 1m panjang ( $m^2$ )

Syarat tegangan maksimum yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan yang diijinkan dan tegangan minimum yang terjadi harus lebih besar atau sama dengan nol untuk menghindari tegangan tarik.

**Tabel 2. 11** Nilai daya dukung tanah

	Klasifikasi Pondasi	Daya Dukung Tanah
Bahan Dasar	Batuan keras dengan sedikit retak	100
	Batuan keras dengan banyak retak	60
Lapisan Kerikil	Batuan Lunak Kompak	30
	Tak Kompak	60
Lapisan Pasir	Kompak	30
	Tak Kompak	20
Lapisan Tanah Liat	Keras	10
	Kurang Keras	5
	Sangat Keras	20

(Sumber: Sabo Design VSTC)



## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Pengumpulan Data**

Data-data yang diperlukan untuk penyusunan tugas akhir terapan ini antara lain:

1. Data curah hujan
2. Data potongan memanjang dan melintang sungai
3. Data tanah

### **3.2. Metode Pencapaian Tujuan**

Pelaksanaan penyusunan tugas akhir ini meliputi beberapa tahapan, antara lain:

1. Analisa Hidrologi
  - a. Melakukan Perhitungan Hujan Rata – Rata Daerah
  - b. Melakukan Perhitungan Curah Hujan Rencana
  - c. Melakukan Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi
  - d. Melakukan Perhitungan Debit Banjir Rencana
2. Analisa Sedimentasi
  - a. Tahap ke 1, adalah pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan dan analisis. Data-data yang dibutuhkan yakni data hidrologi, curah hujan, geologi dan topografi
  - b. Tahap ke 2, pada tahap berikutnya adalah analisis aliran yang masuk pada Sungai Batui. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui berapa kecepatan aliran sedimen yang terjadi di sungai tersebut.
  - c. Tahap ke 3, adalah perhitungan distribusi kecepatan dan penyebaran sedimen yang terjadi pada area hulu crossing pipa Sungai Batui.
  - d. Tahap ke 4, yaitu perhitungan pengendapan sedimen yang terjadi pada area hulu crossing pipa Sungai Batui.
3. Analisa Stabilitas Check Dam
  - a. Gaya – gaya yang bekerja, yang ditinjau meliputi:
    - Kondisi air normal (rata ambang)

- Kondisi air banjir
  - Berat sendiri tubuh check dam
  - Tekanan air statis (hidrostatik)
  - Tekanan sedimen dan tanah
  - Tekanan ke atas (uplift)
- b. Syarat – syarat kestabilan, yang ditinjau meliputi:
- Konstruksi tidak mengguling
  - Konstruksi tidak menggeser
  - Konstruksi tidak turun

### **3.3. Data Spesifikasi Teknis**

Data spesifikasi teknis merupakan pedoman proses pelaksanaan kegiatan di lokasi pekerjaan yang didasarkan pada gambar-gambar rencana dan spesifikasi teknis. Gambar rencana berfungsi sebagai pedoman untuk mewujudkan aspek bentuk dan dimensi bangunan, sedangkan spesifikasi teknis sebagai pedoman untuk mewujudkan aspek kualitas bangunan tersebut.

### **3.4. Hasil**

Hasil dalam pengerjaan tugas akhir kami berupa tahapan metode kerja yang terdiri dari:

1. Perhitungan analisa debit banjir tahunan
2. Perhitungan analisa sebaran sedimen tiap pias
3. Perhitungan analisa stabilitas check dam

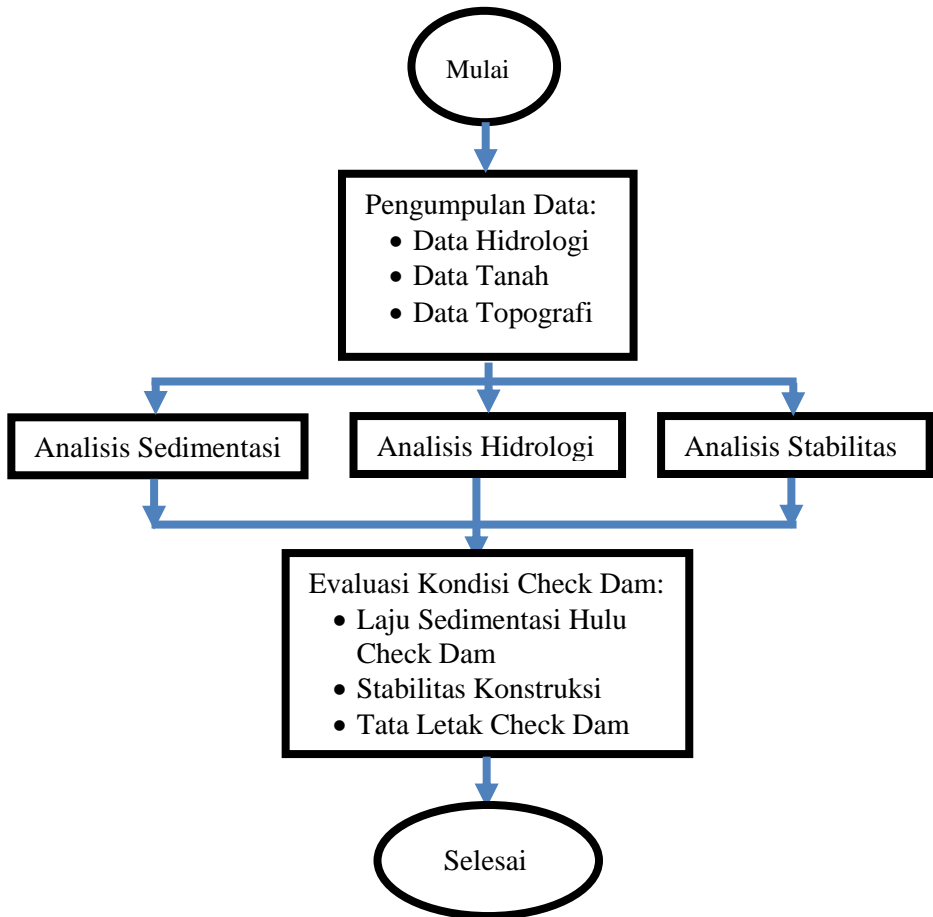
### **3.5. Kesimpulan**

Dari uraian hasil diatas akhirnya dapat diketahui:

1. Memperkirakan tingkat sedimentasi dan erosi terhadap keamanan Check Dam.
2. Memberikan hasil evaluasi berupa fungsi dan stabilitas struktur Check Dam.
3. Memberikan rekomendasi tata letak Check Dam pada tikungan sungai.

### 3.6. Bagan Alir

Berikut di bawah ini adalah bagan alur dalam pengerjaan Tugas Akhir. Perhatikan **Bagan 3.1**



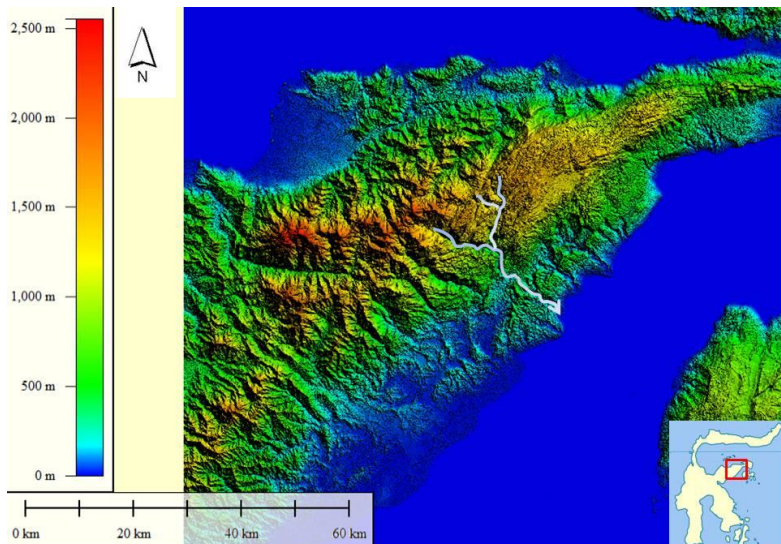
**Bagan 3. 1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

*“Halaman ini sengaja dikosongkan*

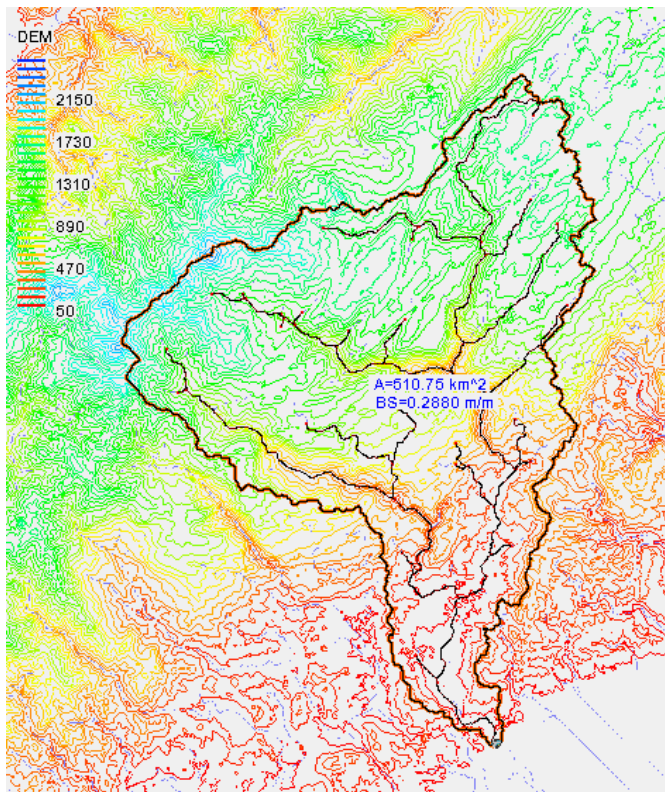
## BAB IV ANALISA PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data Hujan

Untuk melakukan deliniasi batas Daerah Aliran Sungai Batui, dibutuhkan peta topografi di lokasi studi. Topografi di lokasi studi dapat dilihat pada gambar berikut ini. Berdasarkan terlihat bahwa elevasi tertinggi dapat mencapai 2.500 m di atas permukaan air laut. Dengan topografi berupa pegunungan.



**Gambar 4. 1** Topografi di Lokasi Studi dan Sekitarnya



**Gambar 4. 2** Peta DAS Batui

Data DAS Batui dengan outlet di cross pipe line, adalah sebagai berikut:

Luas

DAS = 510,75 km<sup>2</sup>

Panjang Sungai Utama = 49,50 km

Tutupan Lahan = Pegunungan bergelombang

Koefisien Pengaliran = 0,75 (Hadisusanto, 2010)

### 4.1.1 Curah Hujan Maksimum

Guna menentukan tinggi hujan harian maksimum digunakan metode curah hujan Ekstrem dengan waktu kejadian hujan terjadi bersama-sama dalam satu DAS. Analisa curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Untuk menentukan besarnya hujan rata-rata DAS dapat menggunakan 3 metode yaitu: Aritmatika, Polygon Thiessen, dan Isohyet. Pada DAS Sungai Batui digunakan metode Polygon Thiessen, yaitu dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran untuk suatu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya stasiun pengukuran. Penggunaan metode Polygon Thiessen dipilih karena luas DAS Sungai Batui 510,75 Km<sup>2</sup>, persyaratan penggunaan metode Polygon Thiessen yaitu luas DAS antara 500 – 5000 Km<sup>2</sup> sedangkan metode isohyet luas DAS diatas 5000 Km<sup>2</sup> (Suripin, 2004).

**Tabel 4. 1** Stasiun Curuh Hujan pada lokasi studi

Tahun	Bulan	Stasiun Hujan		CH Rata-Rata
		Banggai	Singkoyo	
2005	19 Agustus	0	230,6	115,3
2006	13 Maret	131	0	65,5
2007	21 Juli	0	266	133
2008	9 Juli	12	250	131
2009	10 April	106	0	53
2010	28 Juni	0	250,7	125,35
2011	2 Agustus	281	38,2	159,6
2012	24 Juni	155	57	106
2013	19 Juli	110	28	69
2014	15 Agustus	276	63,5	169,75
2015	29 Juli	158	42	100

Contoh Perhitungan pada 19 Agustus 2005, adalah:

$$P = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

$$P = \frac{0 + 230}{2}$$

$$P = 115,3 \text{ mm}$$

#### 4.1.2 Analisa Distribusi Frekuensi

Data yang digunakan untuk menghitung distribusi frekuensi adalah data curah hujan maksimum dari ke-2 stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Batui dengan menggunakan metode gumbel, yang terdapat pada tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Analisa Distribusi Frekuensi

Tahun	CH Rerata (Xi)	(Xi - X)	(Xi - X) <sup>2</sup>	(Xi - X) <sup>3</sup>	(Xi - X) <sup>4</sup>
2005	115,30	3,71	13,76	51,03	189,26
2006	65,50	-46,09	2124,37	-97914,23	4512955,97
2007	133,00	21,41	458,35	9812,84	210083,96
2008	131,00	19,41	376,71	7311,65	141912,54
2009	53,00	-58,59	3432,89	-201136,4	11784765,53
2010	125,35	13,76	189,31	2604,77	35839,25
2011	159,60	48,01	2304,87	110654,85	5312438,67
2012	106,00	-5,59	31,26	-174,76	977,08
2013	69,00	-42,59	1813,99	-77259,29	3290543,53
2014	169,75	58,16	3382,48	196721,95	11441169,97
2015	100,00	-11,59	134,35	-1557,23	18049,70
Jumlah	1227,50	0,00	14262,34	-50884,84	36748925,48
Rata-rata	111,591				



- Rata-rata

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n}$$

$$\bar{R} = \frac{1227,50}{11}$$

$$\bar{R} = 111,591$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (14262,34)^2}{11-1}}$$

$$S = 37,77$$

- Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{11}{(10)(9) \times 37,77^3} \sum_{i=1}^n (-50884,84)^3$$

$$Cs = -4,67$$

- Koefisien Keruncingan (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (Xi - X)^4$$

$$Ck = \frac{11}{(10)(9)(8) \times 37,77^4} \times 36748925,48^4$$

$$Ck = 1,64$$

**Tabel 4. 3** Rekapitulasi Perhitungan Nilai Cs & Ck

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Distribusi Normal	$Cs = 0$ $Ck = 3$	$Cs = 0,06$ $Ck = 2,57$	Tidak Dipilih
Distribusi Gumbel	$Cs = 1,14$ $CV = 5,40$	$Cs = 0,06$ $Ck = 2,57$	Tidak Dipilih
Distribusi Log Pearson Tipe III	$Cs$ $Ck =$ selain di atas	$Cs = -4,67$ $Ck = 1,64$	Dipilih

(Sumber: Sri Harto, 1993)

#### 4.1.3 Analisa Distribusi Probabilitas

Sesuai dengan perhitungan nilai Ck dan Cs (analisa distribusi frekuensi) yang telah diperoleh yaitu  $Cs = -4,67$  dan  $Ck = 1,64$  maka, distribusi probabilitas yang digunakan adalah Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 4** Perhitungan Log Pearson III

Tahun	CH Rerata	Log $x_i$	(Log $X_i - X$ )	(Log $X_i - X$ ) <sup>2</sup>	(Log $X_i - X$ ) <sup>3</sup>	(Log $X_i - X$ ) <sup>4</sup>
2005	115.30	2.06	0.04	0.00	0.000065	0.000003
2006	65.50	1.82	-0.21	0.04	-0.008672	0.001782
2007	133.00	2.12	0.10	0.01	0.001066	0.000109
2008	131.00	2.12	0.10	0.01	0.000873	0.000083
2009	53.00	1.72	-0.30	0.09	-0.026308	0.007824

Tahun	CH Rerata	Log xi	(Log Xi - X)	(Log Xi - X) <sup>2</sup>	(Log Xi - X) <sup>3</sup>	(Log Xi - X) <sup>4</sup>
2010	125.35	2.10	0.08	0.01	0.00045	0.000034
2011	159.6	2.20	0.18	0.03	0.00596	0.001081436
2012	106	2.03	0.00	0.00	0.00000	17 X 10 <sup>-9</sup>
2013	69	1.84	0.18	0.03	-0.00611	0.00112
2014	169.75	2.23	0.21	0.04	0.00901	0.00188
2015	100	2.00	0.02	0.0005	-0.000010	0.0000002
Jumlah	1227.5	22.239	0	0.268	-0.024	0.014
Rata-Rata	111.591	2.022				

- Rata-rata

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{n-1}^n \text{Log} X}{n}$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{22,139}{11}$$

$$\overline{\text{Log}X} = 2,01$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log}Xi - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(0,268)^2}{11-1}}$$

$$S = 0,164$$

- Koefisien Kemencengan ( $C_s$ )

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \text{Log}\bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{15}{(14)(13) \times 0,08^3} \sum_{i=1}^n (-0,024)^3$$

$$C_s = -0,750$$

Selanjutnya nilai  $K$  dapat dicari dengan menggunakan Tabel  $C_s$  Distribusi Log Person Type III dan melakukan perhitungan interpolasi  $C_s = -0,750$  dengan Tabel 4.8

**Tabel 4. 5** Perhitungan Interpolasi Periode Ulang

$C_s$	Periode Ulang									
	1.0 1	1.2 5	2	5	10	25	50	100	200	100 0
-0.7	- 2.8 230	- 0.7 90	0.1 16	0.8 570	1.1 830	1.4 880	1.6 630	1.8 060	1.9 260	2.1 500
-0.75	- 2.8 026	- 0.7 85	0.1 24	0.8 565	1.1 745	1.4 679	1.6 344	1.7 693	1.8 813	2.0 922
-0.8	- 2.8 910	- 0.7 80	0.1 32	0.8 560	1.1 660	1.4 480	1.6 060	1.7 330	1.8 370	2.0 350

**Tabel 4. 6** Nilai  $K$  untuk Metode Distribusi Log person III dengan  $C_s = -0,75$

Periode Ulang	k
25	1,467

Dalam perencanaan curah hujan rencana dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai. DAS Batui memiliki luas DAS sebesar  $510,75 \text{ km}^2 = 51075 \text{ ha}$ , maka dalam perhitungan

debit banjir rencana digunakan metode Hidrograf Satuan dan periode ulang antara 10 – 25 tahun. Penentuan periode ulang dan metode perhitungan debit banjir berdasarkan luas DAS terdapat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4. 7** Kala Ulang Berdasarkan Luas DAS

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 – 5	Rasional
101 - 500	5 – 20	Rasional
> 500	10 – 25	Hidrograf Satuan

(Sumber: Suripin, 2004)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 25 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4. 8** Nilai K Distribusi Log Pearson III

Cs	Tahun (Periode Ulang)						
	2	5	10	25	50	100	200
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,553	4,298
1,9	-0,294	0,645	1,31	2,207	2,881	3,499	4,223
1,8	-0,282	0,66	1,318	2,193	2,848	3,444	4,147
1,7	-0,268	0,675	1,324	2,179	2,815	3,388	4,069
1,6	-0,254	0,69	1,329	2,163	2,78	3,33	3,99
1,5	-0,24	0,705	1,333	2,14	2,743	3,33	3,91
1,4	-0,225	0,719	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-0,21	0,732	1,338	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-0,195	0,745	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-0,18	0,758	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-0,164	0,769	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489

Cs	Tahun (Periode Ulang)						
	2	5	10	25	50	100	200
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,543	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,033	0,85	1,258	1,761	1,945	2,178	2,388
-0,2	0,05	0,853	1,245	1,680	1,89	2,104	2,294
-0,3	0,066	0,855	1,231	1,643	1,834	2,029	2,201
-0,4	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,5	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016
-0,6	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,7	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837
-0,8	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749
-0,9	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1	0,18	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,1	0,195	0,844	1,086	1,282	1,324	1,449	1,501
-1,2	0,21	0,838	1,064	1,24	1,27	1,383	1,424
-1,3	0,225	0,832	1,041	1,198	1,217	1,318	1,351
-1,4	0,24	0,825	1,018	1,157	1,166	1,256	1,282
-1,5	0,224	0,817	0,994	1,116	1,069	1,197	1,216
-1,6	0,268	0,808	0,97	1,075	1,023	1,14	1,155
-1,7	0,282	0,799	0,945	1,035	0,98	1,087	1,097
-1,8	0,294	0,788	0,92	0,996	0,939	1,037	1,044

Cs	Tahun (Periode Ulang)						
	2	5	10	25	50	100	200
-1,9	0,307	0,777	0,895	0,959	0,9	0,99	0,995
-2	0,319	0,765	0,869	0,923	0,864	0,946	0,949

**Tabel 4. 9** Perhitungan Distribusi Log Pearson III

Periode	Cs	K	Log R	R (mm)
1.01	-0.75026	-2.857	1.55412	35.81969
1.25	-0.75026	-0.785	1.89323	78.20442
2	-0.75026	0.124	2.04199	110.15116
5	-0.75026	0.856	2.16185	145.16218
10	-0.75026	1.174	2.21389	163.63892
25	-0.75026	1.468	2.26191	182.77106
50	-0.75026	1.634	2.28915	194.60212
100	-0.75026	1.769	2.31123	204.75440
200	-0.75026	1.881	2.32956	213.57727
1000	-0.75026	2.092	2.36407	231.24572

Periode Ulang 25 Tahun

$$\text{Log } R_{25} = \overline{\text{Log } Xi} + (\text{Sd} * K)$$

$$\text{Log } R_{25} = 2,022 + (0,164 * 1,468)$$

$$\text{Log } R_{25} = 2,262$$

$$R = 10^{\sqrt{\text{Log } R}}$$

$$R = 10^{\sqrt{2,262}}$$

$$R = 182,771$$

#### 4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Setelah dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dengan metode Log Pearson III, langkah selanjutnya adalah pengujian Chi – Square dan Smirnov Kolmogorov.

- Uji Chi Square  
Berikut adalah langkah – langkah perhitungan chi square adalah sebagai berikut:
1. Plotting data curah hujan rata – rata beserta peringkat tertinggi.

**Tabel 4. 10** Plotting CH Rata – rata berdasarkan ranking tertinggi ke terendah

Tahun	CH	Tahun	Xi Ranks
2005	115.300	2014	169.75
2006	65.500	2011	159.6
2007	133.000	2007	133
2008	131.000	2008	131
2009	53.000	2010	125.35
2010	125.350	2005	115.3
2011	159.600	2012	106
2012	106.000	2015	100
2013	69.000	2013	69
2014	169.750	2006	65.5
2015	100.000	2009	53

2. Dilakukan perhitungan Sub-Group atau kelompok dengan rumus:

$$G = 1 + 1,33 \ln (n)$$

$$\text{Jumlah Kelas (G)} = 1 + 1,33 \ln (11)$$

$$G = 4,19 \sim (\text{diambil } 4 \text{ sub kelompok})$$

3. Derajat Kebebasan (DK)

$$DK = G-R-1$$

$$DK = 4-2-1$$



$$DK = 1$$

(Nilai R = banyaknya keterikatan, untuk uji chi kuadrat adalah 1)

4. Jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke i

$$E_i = n/G$$

$$E_i = 11/4$$

$$E_i = 2,75$$

5. Dari perhitungan persamaan diatas, diperoleh data Chi Square seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 4. 11** Perhitungan Chi Square

Grup Kelas		$E_i$	$O_i$	$(O_i - E_i)$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
33,54	$< X \leq 72,46$	2,75	3	0,25	0,023
72,46	$< X \leq 111,38$	2,75	2	-0,75	0,205
111,38	$< X \leq 150,29$	2,75	4	1,25	0,568
150,29	$< X \leq 189,21$	2,75	2	-0,75	0,205
Jumlah		11	11	0	1.000

Hasil dari Tabel diatas didapatkan nilai Chi Square = 1,00

6. Menentukan nilai Chi Square teoritis dengan diketahui  $\alpha = 5\%$ ,  $Dk = 1$  Maka, dapat diketahui nilai Chi Square Teoritis adalah 3,841 dari Tabel 4.12
7. Persyaratan agar Distribusi Log Pearson III data dapat diterima, apabila: Chi Kuadrat < Chi Kuadrat Teoritis. Sehingga, di dapatkan hasil perhitungan: Chi Kuadrat < Chi Kuadrat Teoritis = 1,00 < 3,841

**Kesimpulan: Distribusi Log Pearson Type III dapat Diterima.**

**Tabel 4. 12** Nilai Distribusi Chi Square

Tabel 4.b Distribusi Chi - Square

dk	$\alpha$ (derajat kepercayaan)							
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.500	0.025	0.010	0.005
1	0.000000	0.000107	0.000042	0.000010	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.751	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.625	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.067	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.242	5.812	6.908	7.902	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.532
20	7.434	8.260	9.591	10.851	33.141	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.671	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.924	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.796	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	16.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	50.993
30	12.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

Sumber: Bonnier, 1980 (Soewarno, 1995 hal 223)

- Uji Smirnov – Kolmogorov  
Langkah-langkah perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov adalah:
  1. Diketahui jumlah data (n) = 11
  2. Diketahui  $\alpha = 5\%$
  3. Untuk mencari Dmax berikut adalah hasil perhitungan untuk mencari Dmax, seperti pada Tabel 4.13 sebagai berikut :

**Tabel 4. 13** Perhitungan DMax

Tahun	CH	1 xi ranks	2 Log Xi	3 S	4 (Lg Xi – X)	5 m
2005	115.30	169.75	2.230	0.16	0.21	1
2006	65.50	159.60	2.203	0.16	0.18	2
2007	133.00	133.00	2.124	0.16	0.10	3
2008	131.00	131.00	2.117	0.16	0.10	4
2009	53.00	125.35	2.098	0.16	0.08	5
2010	125.35	115.30	2.062	0.16	0.04	6
2011	159.60	106.00	2.025	0.16	0.00	7
2012	106.00	100.00	2.000	0.16	-0.02	8
2013	69.00	69.00	1.839	0.16	-0.18	9
2014	169.75	65.50	1.816	0.16	-0.21	10
2015	100.00	53.00	1.724	0.16	-0.30	11
Jumlah			22.239			
Rata - Rata			2.022			
S			0.164			

6	7= angka 2-6	8= Tabel 4.14	9= angka 1-8	10= angka 1- 9	11= 10-7
$P(x) =$ $m/(n+1)$	$P(X_i <)$	$f(t)$	$p'(X_i)$	$p'(X_i <)$	D
0.08	0.25	0.60	0.401	0.960	-0.36
0.17	-1.26	0.10	159.496	1.205	-1.10
0.25	0.62	0.73	132.268	0.898	-0.17
0.33	0.58	0.72	130.281	0.904	-0.19
0.42	-1.82	0.03	125.316	1.297	-1.26
0.50	0.47	0.68	114.619	0.924	-0.24
0.58	1.11	0.86	105.136	0.819	0.05
0.67	0.02	0.51	99.492	0.996	-0.49
0.75	-1.12	0.13	68.869	1.183	-1.05
0.83	1.27	0.90	64.602	0.792	0.11
0.92	-0.13	0.45	52.552	1.022	-0.57
D max =					0.11
<b>Interpolasi</b>					<b>Do = 0.396</b>

4. Guna mengetahui nilai Do maka dilakukan interpolasi nilai (n) 11 antara n 10 - 15 karena nilai n 11 berada pada nilai 10 - 15

10	0.41
11	x
15	0.34

$$X = 0,41 + \frac{(11-10)}{(15-10)} \times (0,34 - 0,41)$$

$$X = 0,396$$

Dari data diatas diperoleh bahwa nilai D0 adalah 0,396 dan tabel 4.14 adalah tabel nilai kritis untuk Uji Smirnov – Kolmogorov.

**Tabel 4. 14** Nilai perhitungan Do kritis

N	$\alpha$			
	0,2	0,10	0,05	0,10
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,39	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$1,07/N^{0,2}$	$1,22/N^{0,3}$	$1,36/N^{0,4}$	$1,63/N^{0,5}$

5. Data kolom nomor 2 = (Log Xi) di dapat dari hasil perhitungan Tabel 4.9 Perhitungan Log Pearson.
6. Data kolom nomor 4 = didapat dari perhitungan (Log Xi – Log X)
7. Data kolom nomor 6 didapatkan dari rumus  $\frac{m}{n+1}$  atau  $\frac{\text{kolom 1}}{n+1}$   
 Kolom 6 =  $\frac{1}{11+1} = 0,083$
8. Data kolom nomor 7 = di dapat dari hasil perhitungan  $\frac{\text{Log XI-X}}{s}$   
 Kolom 7  $\frac{0,04}{0,16} = 0,25$
9. Data kolom nomor 8 didapat dari tabel 4.14 dimana dengan mencocokkan nilai t yang didapat dari perhitungan pada kolom nomor 7
10. Kolom nomor 9 didapat dari perhitungan dari nilai 1 dikurangi dengan kolom nomor 8.

11. Perhitungan untuk kolom nomor 10 didapat dari nilai  $1 - \text{Log } X_i - X_i$  Tabel 4.4 Perhitungan Log Pearson.
12. Sedangkan perhitungan untuk kolom nomor 11 didapat dari perhitungan antara kolom nomor 8 dikurangi dengan kolom nomor 10 atau nilai  $P'(x_i <) - P(x_i <)$ .

**Tabel 4. 15** Wilayah luas dibawah kurva normal

<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>-3,4</b>	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
<b>-3,3</b>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
<b>-3,2</b>	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005
<b>-3,1</b>	0,001	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
<b>-3,0</b>	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,001	0,001
<b>-2,9</b>	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
<b>-2,8</b>	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,002	0,0019
<b>-2,7</b>	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,003	0,003	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
<b>-2,6</b>	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,004	0,004	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
<b>-2,5</b>	0,0062	0,006	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
<b>-2,4</b>	0,0082	0,008	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
<b>-2,3</b>	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
<b>-2,2</b>	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,011
<b>-2,1</b>	0,0179	0,0174	0,017	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,015	0,0146	0,0143
<b>-2,0</b>	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183

<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>-1,9</b>	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,025	0,0244	0,029	0,0233
<b>-1,8</b>	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
<b>-1,7</b>	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
<b>-1,6</b>	0,0546	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
<b>-1,5</b>	0,0668	0,0655	0,0643	0,063	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
<b>-1,4</b>	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
<b>-1,3</b>	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
<b>-1,2</b>	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,102	0,1003	0,0985
<b>-1,1</b>	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,123	0,121	0,119	0,117
<b>-1,0</b>	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
<b>-0,9</b>	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,166	0,1635	0,1611
<b>-0,8</b>	0,2119	0,209	0,2061	0,2033	0,2006	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
<b>-0,7</b>	0,242	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
<b>-0,6</b>	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
<b>-0,5</b>	0,3085	0,305	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,281	0,2776
<b>-0,4</b>	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,33	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121



<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>-0,3</b>	0,2831	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,352	0,3843
<b>-0,2</b>	0,4207	0,4168	0,4129	0,409	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
<b>-0,1</b>	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
<b>-0,0</b>	0,5	0,496	0,492	0,488	0,484	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
<b>0</b>	0,5	0,504	0,508	0,512	0,516	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
<b>0,1</b>	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
<b>0,2</b>	0,5793	0,5832	0,5871	0,591	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
<b>0,3</b>	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,648	0,6517
<b>0,4</b>	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,67	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
<b>0,5</b>	0,6915	0,695	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,719	0,7224
<b>0,6</b>	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
<b>0,7</b>	0,758	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
<b>0,8</b>	0,7881	0,791	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
<b>0,9</b>	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
<b>1</b>	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
<b>1,1</b>	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,877	0,879	0,881	0,883

<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>
<b>1,2</b>	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,898	0,8997	0,9015
<b>1,3</b>	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
<b>1,4</b>	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
<b>1,5</b>	0,9332	0,9345	0,9257	0,9357	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
<b>1,6</b>	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
<b>1,7</b>	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
<b>1,8</b>	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
<b>1,9</b>	0,9713	0,9717	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9756	0,9761	0,9767
<b>2</b>	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
<b>2,1</b>	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,985	0,9854	0,9857
<b>2,2</b>	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,989
<b>2,3</b>	0,9693	0,9896	0,9896	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
<b>2,4</b>	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
<b>2,5</b>	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
<b>2,6</b>	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
<b>2,7</b>	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
<b>t</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>

<b>2,8</b>	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,998	0,9981
<b>2,9</b>	0,9971	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
<b>3</b>	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
<b>3,1</b>	0,999	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
<b>3,2</b>	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
<b>3,3</b>	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
<b>3,4</b>	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

13. Dilakukan perhitungan untuk mencari  $D_0$  kritis. Dengan diketahui nilai  $n = 11$  dan  $\alpha = 5\% = 0,05$  maka dapat didapatkan nilai  $D_0$  kritis dari Tabel 4.13
14. Persyaratan distribusi log person III dapat Diterima, apabila nilai  $D_{max} < D_0$  kritis. Sehingga, didapatkan hasil perhitungan:  $D_{max} < D_0$  kritis =  $0,396 < 0,11$  **Kesimpulan : Distribusi Log person III dapat Diterima**

#### 4.1.5 Analisa Debit Banjir Rencana Menggunakan Metode HSS Nakayasu

- Perhitungan:

$$L = \text{Panjang Sungai} = 49,50 \text{ km}$$

$$A = \text{Luas DAS} = 510,75 \text{ km}^2$$

$$C = \text{Koef. Pengaliran} = 0,75 \text{ (Hadisusanto, 2010)}$$

$$R_o = \text{curah hujan rencana} = 182,771 \text{ mm}$$

$$\alpha = \text{Koef. Karakteristik DAS} = 2 \text{ (Soemarto, 1987)}$$

Dengan data diatas dapat dihitung beberapa parameter berikut ini :

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$= 0,21 \times 49,500^{0,7} = 3,22 \text{ jam}$$

$$t_r = 0,75 \times T_g \text{ sampai } T_g \text{ (diambil } t_r = 1 \times t_g)$$

$$= 2,45 \text{ jam}$$

$$t_r = 1 \times t_g = 1 \times 3,22 = 3,22 \text{ jam}$$

$$T_p = t_g + 0,8 t_r = 3,22 + 0,8 \times 2,45 = 5,23 \text{ jam}$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g = 2 \times 3,22 = 6,54 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times \left( \frac{C.A.R_o}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) = \frac{1}{3,6} \times \left( \frac{0,75 \times 510,75 \times 182,771}{0,3 \times 5,23 + 6,54} \right)$$

$$= 2397,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabel 4. 16** Persamaan kurva hodograf satuan nakayasu

Karakteristik	Notasi	Persamaan
Kurva naik	Qa	$Q_p \times \frac{t^{2,4}}{t_p}$
Kurva Turun Tahap 1	Qd1	$Q_p \times 0,3^{\frac{t-t_p}{T_{0,3}}}$
Kurva Turun Tahap 2	Qd2	$Q_p \times 0,3^{\frac{(t-t_p) + (0,5 \times T_{0,3})}{1,5 \times T_{0,3}}}$
Kurva Turun Tahap 3	Qd3	$Q_p \times 0,3^{\frac{(t-t_p) + (0,5 \times T_{0,3})}{2 \times T_{0,3}}}$

**Tabel 4. 17 Waktu hodograf satuan nakayasu**

Karakteristik	Notasi	Keterangan				
Kurva Naik	d0	0	<	t	<	tp
		0	<	t	<	5.23
Kurva Turun Tahap 1	d1	tp	<	t	<	(tp + t <sub>0,3</sub> )
		5.23	<	t	<	11.78
Kurva Turun Tahap 2	d2	(tp + t <sub>0,3</sub> )	<	t	<	(tp + t <sub>0,3</sub> )+1,5t <sub>0,3</sub>
		11.78	<	t	<	21.59
Kurva Turun Tahap 3	d3	(tp + t <sub>0,3</sub> )+1,5t <sub>0,3</sub>	<			t
		21.59	<			t

- a. Pada kurva naik ( $0 \leq t \leq T_p = 5,23$ )  
Kurva dihitung dengan dengan persamaan berikut, dan hasilnya diberikan dalam tabel dibawah

**Tabel 4. 18 Kurva Naik ( $0 < t \leq T_p = 5,23$ )**

Jam	Qa
0.00	0.00
1.00	45.15
2.00	238.28
3.00	630.54
4.00	1257.67
5.00	2148.57
5.23	2397.41

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \\
 &= 2397,41 \left( \frac{1}{5,23} \right)^{2,4} = 45,221 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- b. Pada kurva turun ( $T_p = 5,23 \leq t \leq T_p + T_{0,3} = 11,78$ )  
Kurva dihitung dengan dengan persamaan berikut, dan hasilnya diberikan dalam tabel dibawah:

**Tabel 4. 19** Kurva Turun ( $T_p = 5,23 \leq t \leq T_p + T_{0,3} = 11,78$ )

Jam	Qa
5,23	2397.41
6.00	2082.03
7.00	1732.05
8.00	1440.90
9.00	1198.69
10.00	997.20
11.00	829.57
11.78	719.22

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \\
 &= 2397,41 \times 0,3^{(3-5,23)/6,54} \\
 &= 5372,60 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- c. Pada kurva turun ( $T_p = 11,78 \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 21,59$ )  
Kurva dihitung dengan dengan persamaan berikut, dan hasilnya diberikan dalam tabel dibawah:

**Tabel 4. 20** Kurva turun ( $T_p = 11,78 \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 21,59$ )

Jam	Qa
11.78	719.22
12.00	711.00
13.00	699.69
14.00	618.90

Jam	Qa
15.00	547.44
16.00	484.23
17.00	428.32
18.00	378.87
19.00	335.12
20.00	296.43
21.00	262.20
21.59	231.93

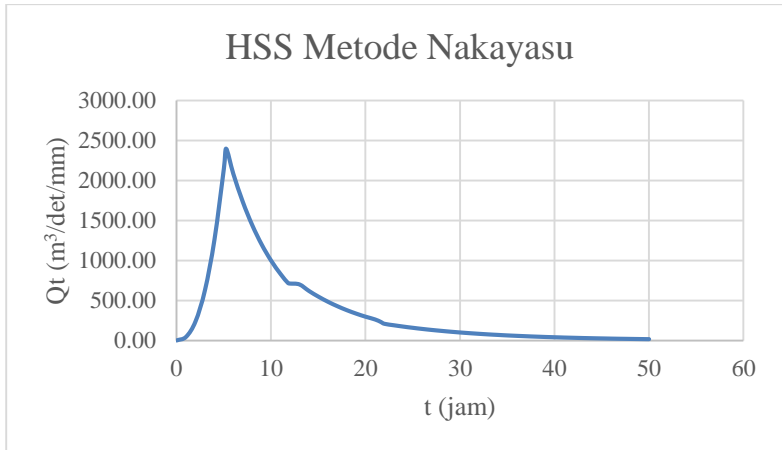
$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_p \times 0,3^{(t-Tp)+(0,5 \times T_{0,3})/(1,5 \times T_{0,3})} \\
 &= 2397,41 \times 0,3^{(6-5,23)+(0,5 \times 6,54)/(1,5 \times 6,54)} \\
 &= 1747,83 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- d. Pada kurva turun ( $t \geq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 21,59$ ) Kurva dihitung dengan dengan persamaan berikut, dan hasilnya diberikan dalam tabel dibawah:

**Tabel 4. 21** Kurva turun ( $t \geq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ )

Jam	Qa	Jam	Qa	Jam	Qa
21.59	231.93	31.00	90.76	41.00	36.16
22.00	207.75	32.00	82.78	42.00	32.98
23.00	189.49	33.00	75.50	43.00	30.08
24.00	172.83	34.00	68.86	44.00	27.44
25.00	157.64	35.00	62.81	45.00	25.03
26.00	143.78	36.00	57.29	46.00	22.83
27.00	131.14	37.00	52.25	47.00	20.82
28.00	119.61	38.00	47.66	48.00	18.99
29.00	109.09	39.00	43.47	49.00	17.32
30.00	99.50	40.00	39.65	50.00	15.80

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_p \times 0,3^{(t-Tp)+(1,5 \times T_{0,3})/(2 \times T_{0,3})} \\
 &= 2397,41 \times 0,3^{(10-5,23)+(1,5 \times 6,54)/(2 \times 6,54)} \\
 &= 1805,742 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$



**Diagram 4. 1** HSS Metode Nakayasu

## 4.2 Analisa Sedimentasi

Untuk mendapatkan hasil perhitungan pengendapan sedimen, urutan perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil akhir perubahan elevasi pada dasar waduk, sebagai berikut:

- 1) Perhitungan *Settling Velocity*
- 2) Perhitungan *Threshold Sediment*
- 3) Perhitungan *Bed Load Transport*
- 4) Perhitungan *Suspended Load Transport*

### 4.2.1 Perhitungan *Settling Velocity*

Perhitungan *Settling Velocity* ( $W_s$ ) digunakan untuk menghitung kecepatan endap butiran dari suspended sediment. Untuk perhitungan lihat data pada STA 0 + 010, pias P.1 yang diketahui pada **Tabel 4.22**

$\rho_s$	= 1922 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_w$	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
$g$	= 10 m/s <sup>2</sup>
$d_{50}$	= 0,0009 m
viskositas	= 0,000001 m <sup>2</sup> /s
$h$	= 0,365 m



$$\begin{aligned} qb &= 0,00005 \text{ m}^3/\text{det} \\ K_s &= H_r = 0.09 \text{ m (asumsi = 100 d50)} \end{aligned}$$

- Perhitungan nilai K

$$\begin{aligned} K &= \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36 \times 0,000001^2}{(s-1)x d_{50}^3}} - \sqrt{\frac{36 \times v^2}{(s-1)x d_{50}^3}} \\ &= \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36 \times v^2}{(1922-1)x 0,0009^3}} - \sqrt{\frac{36 \times 0,000001^2}{(1922-1)x 0,0009^3}} \\ K &= 0,333 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Perhitungan *Settling Velocity* atau Kecepatan Endap

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{1}{28} + \sqrt{\left(\frac{36 \times v}{d_n}\right)^2 + 7.5 \times (\rho - 1) \times g \times d_n} - \frac{36 \times v}{d_n} \\ &= \frac{1}{28} + \sqrt{\left(\frac{36 \times 0,000001}{0,0009}\right)^2 + 7.5 \times (1,922 - 1) \times 10 \times 0,0009} - \frac{36 \times 0,000001}{0,0009} \\ W_s &= 0,0455 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Perhitungan *Friction Velocity* atau Kecepatan Gesekan

$$\begin{aligned} U^* &= \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho_w}} = \sqrt{\frac{1,0235}{1922}} \\ U^* &= 0,0231 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Perhitungan A

$$\begin{aligned} A &= \frac{H_r}{h} = \frac{0,09}{0,365} \\ A &= 0,2329 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan Tabel 4.22 dibawah ini disimpulkan bahwa nilai *settling velocity* ( $W_s$ ) atau kecepatan jatuh adalah sama dari tiap pias yaitu sebesar 0,0455 m/s. Perhitungan *settling velocity* ( $W_s$ ) ini terdiri dari STA 0 + 010 sampai dengan STA 0 + 200 dengan keterangan terlampir pada **Lampiran 1**.

**Tabel 4. 22** Perhitungan *Settling Velocity*

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+010	18	P. 1	0.365	0.528	0.3333	0.0455	0.0231
		P.2	0.746	1.449	0.3333	0.0455	0.0618
		P. 3	0.8345	2.308	0.3333	0.0455	0.0603
		P. 4	0.631	2.5	0.3333	0.0455	0.0641
		P. 5	0.725	2.5	0.3333	0.0455	0.0622
		P. 6	0.463	3.357	0.3333	0.0455	0.0542
		P. 7	0.6	5.41	0.3333	0.0455	0.0543
		P. 8	0.6	5.71	0.3333	0.0455	0.0544
		P. 9	0.519	4.398	0.3333	0.0455	0.0540
		P. 10	0.5	4.697	0.3333	0.0455	0.0538
		P. 11	0.578	5.204	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 12	0.5	6.661	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 13	0.7665	6.25	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 14	0.824	7.957	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 15	0.8435	8.17	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 16	0.7765	7.239	0.3333	0.0455	0.0579
		P. 17	0.671	6.064	0.3333	0.0455	0.0528
		P. 18	0.4595	1.753	0.3333	0.0455	0.0622

## 4.2.2 Perhitungan Threshold Sediment

Perhitungan ini digunakan untuk mempertimbangkan aliran di atas dasar yang terdiri dari partikel kohesif. Salah satu faktor pada rumus perhitungan Threshold Sediment yang dikunci adalah ukuran diameternya yang sama, yaitu  $d_{50}$ . Sehingga dihasilkan nilai  $u^*_{cr}$  atau kecepatan aliran kritis yang sama dan nilai  $u^*$  yang berbeda untuk setiap pias. Nilai dari  $u^*$  inilah yang nantinya akan menjadi pembeda untuk tiap pias, dengan ketentuan  $u^*_{cr} > u^*$  akan menyebabkan sedimen mengendap dan  $u^*_{cr} < u^*$  akan menyebabkan sedimen terangkut.

$$\rho_s = 1922 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$d_{50} = 0,0009 \text{ m}$$

$$\text{viskositas} = 0,000001 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h = 0,365 \text{ m}$$

$$q_b = 0,00005$$

$$K_s = H_r = 0,09 \text{ m (asumsi} = 100 d_{50})$$

### ➤ Perhitungan S

$$A = \frac{\rho_s}{\rho}$$

$$A = 1,922 \text{ kg/m}^3$$

### ➤ Perhitungan $S^*$

$$S^* = \frac{d}{4v} \times \sqrt{(s-1) \times g \times d}$$

$$S^* = 18,812$$

### ➤ Perhitungan Log $S^*$

$$\text{Log } S^* = \text{Log } 18,8120$$

$$\text{Log } S^* = 1,274$$

### ➤ Perhitungan grafik shield modifikasi ( $\theta_c$ )

$$\theta_c = -0,018 x^3 + 0,066 x^2 + 0,1117 x + 0,0899$$

$$\theta_c = 0,0176$$

### ➤ Perhitungan $U^*_c$

$$U^*_c = \sqrt{\theta_c \times (s-1) \times g \times d_{50}}$$

$$U^*_c = 0,0118 \text{ m/s}$$

**Tabel 4. 23** Perhitungan *Threshold Sediment*

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S*	Log S*	$\theta_c$	U* m/s
STA 0+010	18	P.1	0.365	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	0.746	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	0.8345	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	0.631	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	0.725	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	0.463	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	0.6	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	0.6	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	0.519	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	0.5	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	0.578	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	0.5	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	0.7665	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	0.824	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	0.8435	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	0.7765	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	0.671	18.812	1.2744	0.0176	0.0118
		P.18	0.4595	18.812	1.2744	0.0176	0.0118

Dari **Tabel 4.23** disimpulkan bahwa nilai dari *Critical Shields Parameter* ( $\theta_c$ ), *Sediment Fluid Parameter* ( $S^*$ ) dan *Threshold Sedimen* ( $u^*$ ) untuk setiap STA dan pias adalah sama. Untuk nilai *Critical Shields Parameter* ( $\theta_c$ ) adalah  $0,0176 \text{ kg/m}^3$ . Untuk nilai *Sediment Fluid Parameter* ( $S^*$ ) adalah 18,812 dengan hasil yang sudah dilogaritmakan, menjadi  $\log S^*$  didapatkan hasil 1,2744. Dan untuk *Threshold Sedimen* ( $u^*$ ) rumus sudah dikunci dengan nilai diameter agregat yang sama, menggunakan  $d_{50}$  sebesar  $0,0009 \text{ m}$ . Sehingga nilai *Threshold Sedimen* ( $u^*$ ) yang dicari adalah kecepatannya yang mempunyai nilai  $0,0118 \text{ m/s}$ . Perhitungan *threshold sediment* ini terdiri dari STA 0 + 010 sampai dengan STA 0 + 200 dengan keterangan STA 0 + 020 sampai dengan STA 0 + 200 yang terlampir pada **Lampiran 2**.

### 4.2.3 Perhitungan Bed Load Transport

Perhitungan Bed Load Transport digunakan untuk memprediksi besarnya sedimen yang mengendap pada dasar sungai. Berikut contoh perhitungan pada STA 0 + 010, pias P.1.

$$\begin{aligned} \rho_s &= 1922 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_w &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \\ d_{50} &= 0,0009 \text{ m} \\ \text{viskositas} &= 0,000001 \text{ m}^2/\text{s} \\ h &= 0,365 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan efektif shear stress ( $\tau'_b$ )

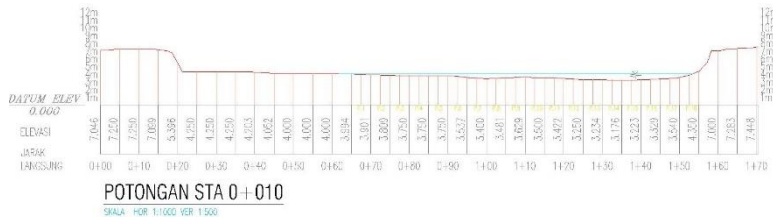
$$\tau'_b = \frac{1}{2} \times \rho \times \left( \frac{0,06}{\left( \log \left( \frac{12 \times h}{2,5 \times d_{50}} \right) \right)^2} \right) \times 1 \text{ m/s}^2$$

$$\tau'_b = 2,731$$

➤ Perhitungan bottom shear stress ( $\tau_b$ )

$$\tau_b = \frac{1}{2} \times \rho \times \left( \frac{0,06}{\left( \log \left( \frac{12 \times h}{Hr} \right) \right)^2} \right) \times 1 \text{ m/s}^2$$

$$\tau_b = 1,023$$



**Gambar 4.3** Potongan Melintang Sungai Batui STA 0 + 010

- Perhitungan bed load ( $q_b$ )

$$q_b = 2 \times d_{50} \times \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}} \times \exp\left(\frac{-0.27(s-1) \times d_{50} \times \rho \times g}{\tau_b}\right)$$

$$q_b = 0,00005 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Volume sedimen (c)

$$q_b = 0,00005 \times 3600$$

$$= 0,163 \text{ m}^3$$

- Volume sedimen/ bulan

$$= q_b \times 30 \times 60$$

$$= 0,0430 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

**Tabel 4. 24** Perhitungan *bed load transport*

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+010	18	P.1	0.365	0.528	2.731	1.023	0.00005	0.163	117.149
		P.2	0.746	1.449	2.284	7.334	0.00032	1.166	839.210
		P.3	0.8345	2.308	2.223	6.993	0.00031	1.111	800.181
		P.4	0.631	2.5	2.378	7.891	0.00035	1.254	903.031
		P.5	0.725	2.5	2.299	7.425	0.00033	1.180	849.607
		P.6	0.463	3.357	2.569	9.103	0.00040	1.447	1041.878
		P.7	0.6	5.41	2.408	8.071	0.00036	1.283	923.662
		P.8	0.6	5.71	2.408	8.071	0.00036	1.283	923.662
		P.9	0.519	4.398	2.496	8.626	0.00038	1.371	987.164
		P.10	0.5	4.697	2.519	8.778	0.00039	1.395	1004.553
		P.11	0.578	5.204	2.430	8.209	0.00036	1.305	939.420
		P.12	0.5	6.661	2.519	8.778	0.00039	1.395	1004.553
		P.13	0.7665	6.25	2.269	7.249	0.00032	1.152	829.515
		P.14	0.824	7.957	2.230	7.031	0.00031	1.117	804.451
		P.15	0.8435	8.17	2.218	6.962	0.00031	1.106	796.589
		P.16	0.7765	7.239	2.262	7.209	0.00032	1.146	824.938
		P.17	0.671	6.064	2.343	7.680	0.00034	1.221	878.781
		P.18	0.4595	1.753	2.574	9.137	0.00040	1.452	1045.674

Dari **Tabel 4.24** dapat disimpulkan bahwa nilai dari Bed Load Transport ( $q_b$ ), untuk setiap STA dan pias adalah berbeda. Hal ini dipengaruhi dengan nilai ketinggian ( $H$ ) dan luas tiap pias yang berbeda pada tiap pias penampang melintang sungai. Sehingga nilai  $q_b$  tertinggi terdapat pada STA 0 + 170, pias P.1 sebesar 0,00047 m<sup>3</sup>/det dan nilai  $q_b$  terendah terdapat pada STA 0 + 050, pias P.10 sebesar 0,00013 m<sup>3</sup>/det. Sedangkan untuk kuantitas volume timbunan sedimen nilai paling tinggi terdapat pada STA 0 + 170, pias P.1 sebesar 1,708 m<sup>3</sup> lalu kuantitas volume terendah terdapat pada STA 0 + 010, pias P.1 sebesar 0,163 m<sup>3</sup>. Perhitungan Bed Load ini terdiri dari STA 0 + 010 sampai dengan STA 0 + 200 dengan keterangan STA 0 + 020 sampai dengan STA 0 + 200 terlampir pada **Lampiran 3**.

#### 4.2.4 Perhitungan Suspended Load Transport

Perhitungan *Suspended Load* digunakan untuk mengetahui harga konsentrasi sedimen yang dapat menunjukkan harga konsentrasi sedimen dari dasar pada  $z = a$  sampai dengan muka air, yang menggunakan persamaan konsentrasi sedimen Rouse (Van Rijn, 1989 pada Duan, 2010). Dimana  $a$  referensi bed level;  $z$  jarak terhadap dasar.

$\rho_s$	= 1922 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_w$	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
$g$	= 10 m/s <sup>2</sup>
$d_{50}$	= 0,0009 m
viskositas	= 0,000001 m <sup>2</sup> /s
$h$	= 0,365 m
$q_b$	= 0,00045
$K_s$	= $H_r = 0.09$ m (asumsi = 100 $d_{50}$ )



- Perhitungan grafik shield modifikasi ( $\theta_c$ )
 
$$\theta_c = -0.018 x^3 + 0.066 x^2 + 0.1117 x + 0.0899$$

$$\theta_c = 0,0176$$
- Perhitungan  $U^*_c$ 

$$U^*_c = \sqrt{\theta_c x (s - 1) g x d_{50}}$$

$$U^*_c = 0,018 \text{ m/s}$$
- Perhitungan konsentrasasi sedimen (Ca)
 
$$Ca = \frac{qb}{6,34 x U^*_c K_s}$$

$$= \frac{0,000045}{6,34 x 0,118 x 0,002}$$

$$= 0,3033$$
- Perhitungan Rouse Number (Rn)
 
$$Rn = \frac{W_s}{K x \beta x K_s}$$

$$= \frac{0,0455}{0,09 x 0,29 x 0,002}$$

$$= 4,6191$$

**Tabel 4. 25 Perhitungan *Suspended Load Transport***

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+010	18	P. 1	0.0176	0.002	0.3033	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	2.1728	0.0118	4.6191
		P. 3	0.0176	0.002	2.0718	0.0118	4.6191
		P. 4	0.0176	0.002	2.3380	0.0118	4.6191
		P. 5	0.0176	0.002	2.1997	0.0118	4.6191
		P. 6	0.0176	0.002	2.6975	0.0118	4.6191
		P. 7	0.0176	0.002	2.3915	0.0118	4.6191
		P. 8	0.0176	0.002	2.3915	0.0118	4.6191
		P. 9	0.0176	0.002	2.5559	0.0118	4.6191
		P. 10	0.0176	0.002	2.6009	0.0118	4.6191
		P. 11	0.0176	0.002	2.4323	0.0118	4.6191
		P. 12	0.0176	0.002	2.6009	0.0118	4.6191
		P. 13	0.0176	0.002	2.1477	0.0118	4.6191
		P. 14	0.0176	0.002	2.0828	0.0118	4.6191
		P. 15	0.0176	0.002	2.0625	0.0118	4.6191
		P. 16	0.0176	0.002	2.1359	0.0118	4.6191
		P. 17	0.0176	0.002	2.2753	0.0118	4.6191
		P. 18	0.0176	0.002	2.7074	0.0118	4.6191
STA 0+020	17	P.1	0.0176	0.002	1.6700	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.6762	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.6848	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.6605	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.6447	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.6425	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.6425	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.5460	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.7302	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.7302	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.7358	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.7282	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.6825	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.6631	0.0118	4.6191

Dari Tabel 4.25 dapat disimpulkan bahwa nilai dari *Suspended Load* (Ca), untuk setiap STA dan pias adalah

berbeda. Hal ini dipengaruhi dengan nilai ketinggian (H) yang berbeda pada tiap pias pada penampang melintang sungai. Sehingga dapat diketahui nilai Ca tertinggi sebesar 3,1845 yang terdapat pada STA 0 + 170 pias P.1. Dan nilai Ca terendah sebesar 0,3033 terdapat pada STA 0 + 010 pias P.1. Perhitungan *Suspended Load* ini terdiri dari STA 0 + 010 sampai dengan STA 0 + 200 dengan keterangan STA 0 + 020 sampai dengan STA 0 + 200 terlampir pada **Lampiran 4.**

#### 4.2.5 Perhitungan Perubahan Elevasi Akibat Transpor Sedimen

Perhitungan perubahan elevasi dilakukan untuk mengetahui pengendapan sedimen yang terjadi pada setiap STA dan pias per bulan. Sehingga bisa dengan mudah mengetahui perbedaan elevasi awal sebelum terisi sedimen dan elevasi sesudah terisi sedimen dalam kurun waktu per 1 bulan. Berikut adalah contoh perhitungan pada STA 0 + 010 pias P.1.

$$\begin{aligned}\rho_s &= 1922 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_w &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ w_s &= 0,0455 \\ \tau_x &= 2,731 \\ \tau_c &= 10,235 \\ p_b &= 2.4\% \\ c &= 244,475 \text{ m}^3/\text{det}\end{aligned}$$

Sehingga, perhitungan menjadi :

$$\Delta Z = \left( \frac{c}{10^6} \times w_s \times d_t \times \left( \frac{\tau_x}{\tau_c} \right) \right) \times \frac{\frac{\rho_s}{\rho_w}}{1 - \rho_b}$$

Guna mengetahui besar kuantitas transpor sedimen agar perumusan perubahan elevasi terwujud, maka nilai tersebut didapatkan dari analisa bed load transport persamaan Kalinske – Frijlink, sebagai berikut:

$$c = \text{total kuantitas sedimen}$$

$$\Delta Z = \left( \frac{c}{10^6} \times w_s \times d_t \times \left( \frac{r_x}{r_c} \right) \right) \times \frac{\rho_s}{1 - \rho_b}$$

$$\Delta Z = \left( \frac{0,00002 \frac{m^3}{\text{det}} \times 0,0455 \frac{m^2}{\text{det}} \times 3600 \times \left( \frac{2,7314}{10,235} \right) \right) \times \frac{\frac{1922 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3}}{1 - 2,4 \%}$$

$$\Delta Z = 0,0003 \text{ m}$$

$$H_{\text{Awal}} = 0,365$$

Setelah tertimbun sedimen menjadi:

$$H_{\text{Akhir}} = H_{\text{Awal}} + \Delta Z$$

$$= 0,3653 \text{ m}$$

Perhitungan perubahan elevasi dan kuantitas sediment ini terdiri dari STA 0 + 010 sampai dengan STA 0 + 200 dengan keterangan STA 0 + 020 sampai dengan STA 0 + 200 terlampir pada **Lampiran 5**.

**Tabel 4. 26** Perhitungan perubahan elevasi akibat sedimentasi

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	τ <sub>x</sub>	τ <sub>c</sub>	ΔZ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+010	18	P. 1	0.1627	0.0455	2.731	10.235	0.0003	0.3650	0.3653
		P.2	1.1656	0.0455	2.284	7.334	0.0003	0.7460	0.7463
		P. 3	1.1114	0.0455	2.223	6.993	0.0003	0.8345	0.8348
		P. 4	1.2542	0.0455	2.378	7.891	0.0003	0.6310	0.6313
		P. 5	1.1800	0.0455	2.299	7.425	0.0003	0.7250	0.7253
		P. 6	1.4471	0.0455	2.569	9.103	0.0003	0.4630	0.4633
		P. 7	1.2829	0.0455	2.408	8.071	0.0003	0.6000	0.6003
		P. 8	1.2829	0.0455	2.408	8.071	0.0003	0.6000	0.6003
		P. 9	1.3711	0.0455	2.496	8.626	0.0003	0.5190	0.5193
		P. 10	1.3952	0.0455	2.519	8.778	0.0003	0.5000	0.5003
		P. 11	1.3048	0.0455	2.430	8.209	0.0003	0.5780	0.5783
		P. 12	1.3952	0.0455	2.519	8.778	0.0003	0.5000	0.5003
		P. 13	1.1521	0.0455	2.269	7.249	0.0003	0.7665	0.7668
		P. 14	1.1173	0.0455	2.230	7.031	0.0003	0.8240	0.8243
		P. 15	1.1064	0.0455	2.218	6.962	0.0003	0.8435	0.8438
		P. 16	1.1457	0.0455	2.262	7.209	0.0003	0.7765	0.7768
		P. 17	1.2205	0.0455	2.343	7.680	0.0003	0.6710	0.6713

### 4.3 Analisa Stabilitas

Diketahui:

$$\text{Berat volume air } (\gamma_w) = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat volume sedimen } (\gamma_{sed}) = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Berat volume beton } (\gamma_b) = 3,35 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Sudut geser dalam } \emptyset = 30^0$$

$$\text{Specific gravity} = 2,67$$

$$\text{Void ratio } (e) = 0,65$$

$$\text{Berat jins tanah jenuh } (\gamma_{sat}) =$$

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e) \times \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,67 + 0,65)}{1 + 0,65} = 2,012 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Koefisien tanah aktif } (K_a) =$$

$$K_a = \text{Tan}^2(45^0 - \emptyset/2)$$

$$= \text{Tan}^2(45^0 - 30^0/2)$$

$$= 0,259$$

$$\text{Koefisien tanah pasif } (K_p) =$$

$$K_a = \text{Tan}^2(45^0 + \emptyset/2)$$

$$= \text{Tan}^2(45^0 + 30^0/2)$$

$$= 1,894$$

$$\text{Lebar mercu sub dam } (b_2) = 1,314 \text{ m}$$

$$\text{Lebar dasar bendung utama } (b_2') = 6,508 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bendung utama } (h) = 2,730 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi muka air di hilir bendung utama } (h_1') = 3,730 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi muka air di atas peluap } (h_3) = 4 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi sedimen dari dasar bendung utama } (h_s) = 0,0091 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan tubuh bendung bagian hulu } (m) = 0,745$$

$$\text{Kemiringan tubuh bendung bagian hilir } (n) = 1,122$$

### 4.3.1 Gaya – gaya Yang Bekerja

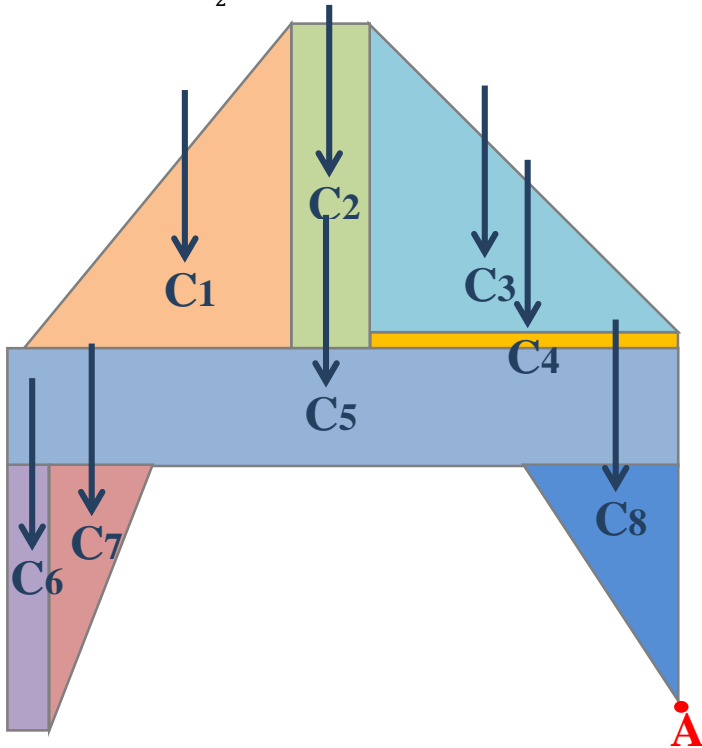
A. Gaya akibat berat sendiri/ tubuh *check dam*

C = berat sendiri =  $G1 + G2 + G3$  (ton)

$C1 = \frac{1}{2} \cdot H \cdot H \cdot \gamma_{pas}$

$C2 = B \cdot H \cdot H \cdot \gamma_{pas}$

$C3 = \frac{1}{2} \cdot n \cdot H \cdot H \cdot \gamma_{pas}$



**Gambar 4. 4** Gaya akibat berat sendiri

**Tabel 4. 27** Rekapitulasi hitungan gaya akibat berat sendiri

Notasi	Pias	Alas	Tinggi	Volume	Berat isi beton	Beban	Lengan terhadap A	Momen terhadap A
		(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	ton/m <sup>3</sup>		ton	m
C <sub>1</sub>	Segitiga	2.036	2.730	2.778	2.350	6.529	5.057	33.018
C <sub>2</sub>	Persegi panjang	1.315	2.730	3.589	2.350	8.434	3.721	31.383
C <sub>3</sub>	Segitiga	3.064	2.658	4.072	2.350	9.568	2.043	19.544
C <sub>4</sub>	Persegi panjang	3.064	0.072	0.221	2.350	0.519	1.532	0.795
C <sub>5</sub>	Persegi panjang	6.508	1.000	6.508	2.350	15.295	3.254	49.772
C <sub>6</sub>	Persegi panjang	0.406	2.250	0.913	2.350	2.145	6.211	13.321
C <sub>7</sub>	Segitiga	1.008	2.250	1.134	2.350	2.666	5.672	15.122
C <sub>8</sub>	Segitiga	2.000	1.500	1.500	2.350	3.525	0.667	2.350



B. Gaya akibat tekanan hidrostatik

$$W_{v1} = b \cdot d \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m$$

$$W_{v2} = \frac{1}{2} \cdot b \cdot c \cdot 1m$$

$$W_{v3} = m \cdot H \cdot h1 \cdot \gamma_{ws}$$

$$W_{v4} = \frac{1}{2} \cdot mh^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m$$

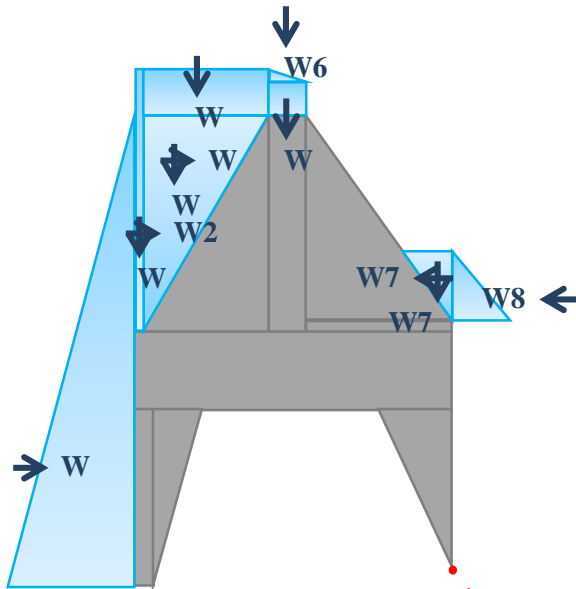
$$W_{v5} = \frac{1}{2} \cdot n \cdot h2^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m$$

$$P_H = P_{H1} + P_{H2} + P_{H3}$$

$$P_{H1} = h1 \cdot H^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m$$

$$P_{H2} = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m$$

$$P_{H3} = \frac{1}{2} \cdot hj^2 \cdot \gamma_{ws} \cdot 1m$$



**Gambar 4.5** Gaya akibat tekanan hidrostatik

**Tabel 4. 28** Rekapitulasi hitungan gaya akibat tekanan hidrostatis

Notasi	Pias	Alas	Tinggi	Volume	Berat isi air	Beban ton	Lengan terhadap A	Momen terhadap A
		(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	ton/m <sup>3</sup>		m	ton.m
W1 <sub>H</sub>	Segitiga	5.980	5.980	17.880	1.000	17.880	2.010	35.931
W2 <sub>H</sub>	Persegi panjang	0.094	3.735	0.353	1.000	0.353	4.440	1.565
W2 <sub>V</sub>	Persegi panjang	0.094	3.735	0.353	1.000	0.353	6.461	2.278
W3 <sub>H</sub>	Segitiga	2.036	2.730	2.778	1.000	2.778	4.320	12.002
W3 <sub>V</sub>	Segitiga	2.036	2.730	2.778	1.000	2.778	5.736	15.935
W4 <sub>V</sub>	Persegi panjang	2.036	1.005	2.046	1.000	2.046	5.396	11.040
W5 <sub>V</sub>	Persegi panjang	1.315	0.766	1.007	1.000	1.007	3.721	3.749
W6 <sub>V</sub>	Segitiga	1.315	0.239	0.157	1.000	0.157	3.721	0.584
W7 <sub>H</sub>	Segitiga	0.692	0.600	0.208	1.000	0.208	2.972	0.617
W7 <sub>V</sub>	Segitiga	0.692	0.600	0.208	1.000	0.208	0.692	0.144
W8 <sub>H</sub>	Segitiga	0.692	0.600	0.208	1.000	0.208	2.772	0.575

C. Gaya akibat tekanan sedimen dan tanah

$$Pvt2 = \frac{1}{2} \cdot (m \cdot \delta_{sub}) \cdot \delta_{sub} \cdot \gamma_{sat}$$

$$Pvs3 = \frac{1}{2} \cdot (m \cdot H_{sub}) \cdot H_{sub} \cdot \gamma_{sed}$$

$$Pvt4 = (m \cdot H_{sub}) \cdot H_{sub} \cdot \gamma_{sed}$$

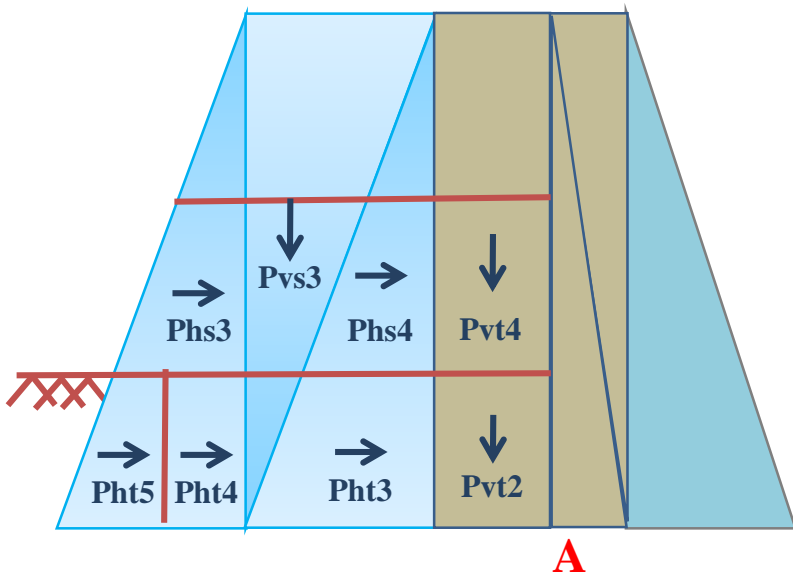
$$Phs3 = \frac{1}{2} \cdot (m \cdot H_{sub} \cdot \gamma_{sed} \cdot K_a) \cdot H_{sub}$$

$$Phs4 = \delta_{sub}^2 \cdot K_a \cdot \gamma_{sat}$$

$$Pht3 = \delta_{sub}^2 \cdot K_a \cdot \gamma_{sat}$$

$$Pht4 = \frac{1}{2} \cdot (\delta_{sub}^2) \cdot K_p \cdot \gamma_{sat}$$

$$Pht5 = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot m \cdot \delta_{sub} \cdot \Gamma_{sat}$$



**Gambar 4. 6** Gaya akibat tekanan sedimen dan tanah

**Tabel 4. 29** Rekapitulasi hitungan gaya akibat tekanan sedimen dan tanah

Notasi	Pias	Alas	Tinggi	Volume	Berat isi tanah	Berat isi sedimen	Beban	Lengan terhadap A	Momen terhadap A
		(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )	ton/m <sup>3</sup>	ton/m <sup>3</sup>		ton	m
P <sub>ht</sub> 4	Trapesium	2.5	3	3.750	1.6	1.85	11.100	0.600	5.261
P <sub>ht</sub> 5	Persegi panjang	2.5	3	7.500	1.6	1.85	22.200	0.645	14.311
P <sub>hs</sub> 3	Trapesium	2.5	2.575	3.219	1.6	1.85	9.528	0.373	3.551
P <sub>hs</sub> 4	Persegi panjang	2.0355	2.1	4.275	1.6	1.85	12.653	0.629	7.959
P <sub>ht</sub> 3	Persegi panjang	1.25	2.5	3.125	1.6	1.85	9.250	0.136	1.258
P <sub>vs</sub> 3	Trapesium	0.75	1.0051	0.754	1.6	1.85	2.231	0.548	1.223
P <sub>vt</sub> 2	Persegi panjang	1.22	0.5	0.610	1.6	1.85	1.806	0.474	0.856
P <sub>vt</sub> 4	Persegi panjang	1.22	1.5	1.830	1.6	1.85	5.417	1.096	5.937

## D. Gaya tekanan ke atas (uplift)

$$UB = (Hx - LAB / \sum L \cdot \Delta h) \cdot \gamma_w$$

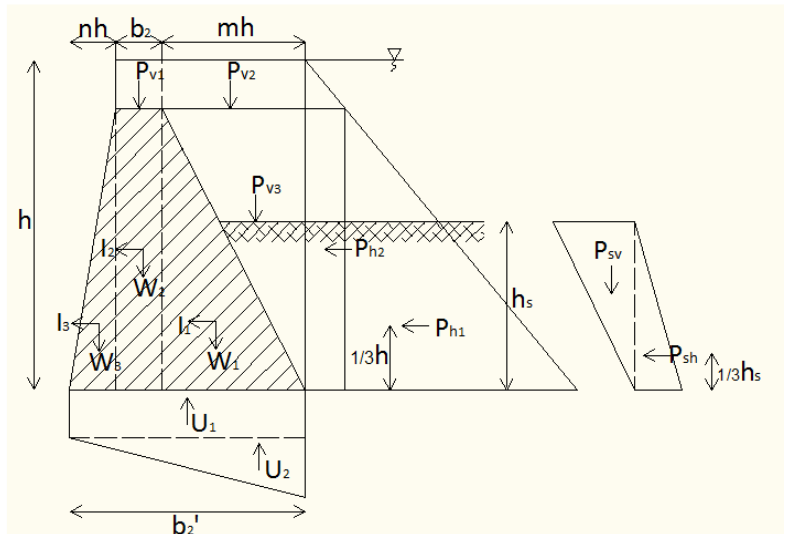
$$= 2,249$$

$$UC = (Hx - LBC / \sum L \cdot \Delta h) \cdot \gamma_w$$

$$= 1,867$$

$$U1 = Uc \cdot LAB$$

$$U2 = 0,5 \cdot (UB - UC) \cdot LBC$$



**Gambar 4.7** Gaya akibat tekanan ke atas (*uplift*)

**Tabel 4.30** Rekapitulasi hitungan akibat tekanan ke atas (*uplift*)

Notasi	Pias	Alas (m)	Tinggi (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat isi air ton/m <sup>3</sup>	Beban ton	Lengan terhadap A	Momen terhadap A
							m	ton.m
U1	Persegi panjang	6.509	2.730	17.768	1	17.768	5.098	90.582
U2	Segitiga	6.509	2.730	8.884	1	8.884	1.243	11.042

### 4.3.2 Syarat – syarat Kestabilan

A. Stabilitas terhadap penggulingan

$$FK_{guling} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} \geq 1,5$$

Dimana:

$\sum M_{VA}$  = jumlah momen penahan (tm)

$\sum M_{HA}$  = jumlah momen guling (tm)

B. Stabilitas terhadap penggeseran

$$FK_{geser} = \frac{\sum V \tan \phi + cb_2'}{\sum H} \geq 1,5$$

Dimana:

$\phi$  = sudut geser dalam

$\sum V$  = jumlah gaya vertikal (ton)

$\sum H$  = jumlah gaya horisontal (ton)

c = kohesi

$b_2'$  = lebar dasar bendung

C. Stabilitas terhadap daya dukung fondasi

$$X = \frac{\sum M}{\sum V}$$

$$e = \frac{b_2'}{2} - x$$

$$\sigma_1 = \frac{\sum M}{b_2'} 1 + \left[ \frac{6e}{b_2'} \right] < 100$$

$$\sigma_2 = \frac{\sum M}{b_2'} 1 - \left[ \frac{6e}{b_2'} \right] < 100$$

Dimana:

$b_2'$  = lebar dasar bendung utama (m)

e = eksentrisitas resultan gaya (m)

$\sigma_1$  dan  $\sigma_2$  = tekanan tanah normal maksimum (ton/m<sup>2</sup>)

**Tabel 4. 31** Perhitungan total gaya - gaya yang bekerja

Beban	Notasi	Gaya Vertical	Gaya Horizontal	Momen Penahan	Momen Pengguling
		ton/m	ton/m		
Berat sendiri	C <sub>1</sub>	6.529		33.018	
	C <sub>2</sub>	8.434		31.383	
	C <sub>3</sub>	9.568		19.544	
	C <sub>4</sub>	0.519		0.795	
	C <sub>5</sub>	15.295		49.772	
	C <sub>6</sub>	2.145		13.321	
	C <sub>7</sub>	2.666		15.122	
	C <sub>8</sub>	3.525		2.350	
Tekanan air statik	W <sub>1H</sub>	17.880	17.880		35.931
	W <sub>2H</sub>	0.353	0.353		1.565
	W <sub>2V</sub>			2.278	
	W <sub>3H</sub>	2.778	2.778		12.002
	W <sub>3V</sub>	2.778		15.935	
	W <sub>4V</sub>	2.046		11.040	

Beban	Notasi	Gaya Vertical	Gaya Horizontal	Momen Penahan	Momen Pengguling
		ton/m	ton/m		
Tekanan air statik	W5 <sub>v</sub>	1.007		3.749	
	W6 <sub>v</sub>	0.157		0.584	
	W7 <sub>H</sub>	0.208	0.208	0.617	
	W7 <sub>v</sub>			0.144	
	W8 <sub>H</sub>	0.208	0.208	0.575	
Tekanan sedimen dan tanah	Pht4		11.100	5.261	
	Pht5		22.200	14.311	
	Phs3		9.528	3.551	
	Phs4		12.653	7.959	
	Pht3		9.250	1.258	
	Pvs3	2.231			1.223
	Pvt2	1.806			0.856
Pvt4	5.417			5.937	
Tekanan uplift	U1	5.098		90.582	
	U2	1.243		11.042	
<b>Σ</b>		<b>91.8891</b>	<b>86.1557</b>	<b>334.1910</b>	<b>57.5147</b>



A. Stabilitas terhadap penggulingan

$$FK_{\text{guling}} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} \geq 1,5$$

Dimana:

$\sum M_{VA}$  = jumlah momen penahan (tm)

$\sum M_{HA}$  = jumlah momen guling (tm)

$$FK_{\text{guling}} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} \geq 1,5$$

$$= \frac{334,1910}{57,5147}$$

$$= 5,8105 > 1,5 \text{ (OK) AMAN}$$

B. Stabilitas terhadap penggeseran

$$FK_{\text{geser}} = \frac{\sum V \tan \theta + cb_2'}{\sum H} \geq 1,5$$

Dimana:

$\theta$  sudut geser dalam =  $30^\circ$

c kohesi = 0

$b_2'$  lebar dasar bendung = 6,5088 m

$$FK_{\text{geser}} = \frac{\sum V \tan \theta + cb_2'}{\sum H} \geq 1,5$$

$$= \frac{334,1910 \cdot \tan(30) + 0 \cdot 6,5088}{57,5147}$$

$$= 3,3547 > 1,5 \text{ (OK) AMAN}$$

C. Stabilitas terhadap daya dukung fondasi

Dimana:

$b_2'$  lebar dasar bendung utama (m) = 6,5088 m

e = eksentrisitas resultan gaya (m)

$\sigma_1$  dan  $\sigma_2$  = tekanan tanah normal maksimum (ton/m<sup>2</sup>)

$$X = \frac{\sum M}{\sum V}$$

$$= \frac{334,1910}{91,8891}$$

$$= 3,6368 \text{ m}$$

$$e = \frac{b_2'}{2} - X$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{6,5088}{2} - 3,6368 \\
&= -0,3824 \text{ m} \\
\sigma_1 &= \frac{\sum M}{b_2'} 1 + \left[ \frac{6e}{b_2'} \right] < 100 \\
&= \frac{91,8891}{6,5088} 1 + \left[ \frac{6 \cdot (-0,3824)}{6,5088} \right] \\
&= 9,1401 \text{ ton/m}^2 < 100 \text{ (OK) AMAN} \\
\sigma_2 &= \frac{\sum M}{b_2'} 1 - \left[ \frac{6e}{b_2'} \right] < 100 \\
&= \frac{91,8891}{6,5088} 1 + \left[ \frac{6 \cdot (-0,3824)}{6,5088} \right] \\
&= 19,0595 \text{ ton/m}^2 < 100 \text{ (OK) AMAN}
\end{aligned}$$

#### 4.4 Rekomendasi Teoritis Tata Letak Bangunan Perlindungan Pipa

Tata letak bangunan penahan sedimen harus memenuhi ketentuan – ketentuan, sebagai berikut:

1. Lokasi bangunan penahan sedimen ditetapkan pada ruas sungai yang lurus dan pada kondisi geologi yang baik.
2. Apabila lokasi bangunan penahan sedimen pada tikungan sungai, harus dilakukan tinjauan hidraulik terhadap kemungkinan limpasan dan gerusan pada tebing luar tikungan baik di hulu maupun hilir bangunan.
3. Letak bangunan penahan sedimen ditentukan pada daerah dengan volume tampung besar yang daerah genangannya tidak terdapat perkampungan dan lahan pertanian.
4. Harus saling terkonsolidasi dan melindungi dari bahaya degradasi sungai.
5. Sumbu bangunan penahan sedimen harus tegak lurus arah aliran di bagian hilirnya.

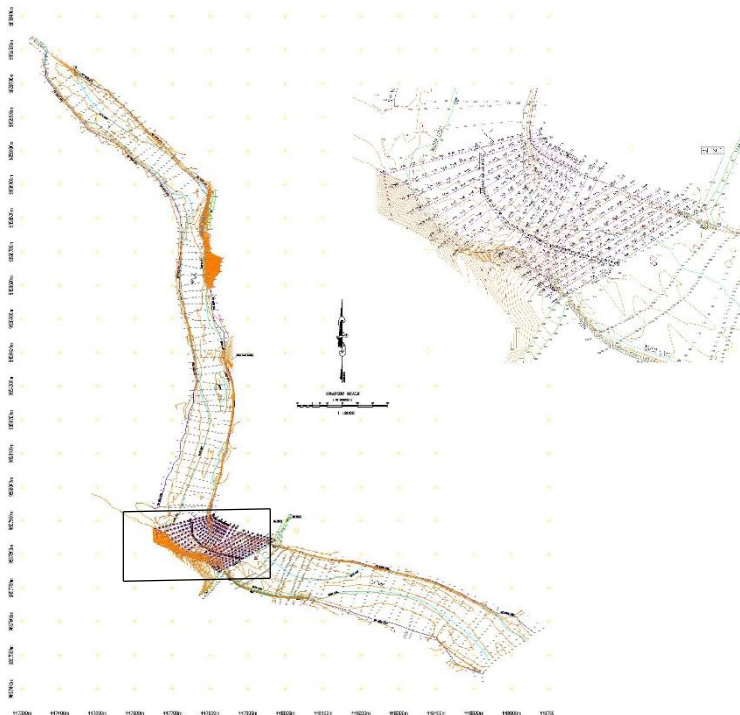
(Sumber: SNI – 2851 – 2015 Tentang Desain Bangunan Penahan Sedimen)

## BAB V EVALUASI KINERJA

### 5.1 Evaluasi Kinerja Sedimentasi

Dalam perhitungan evaluasi kinerja sedimentasi ini, studi ini membandingkan kondisi eksisting letak bangunan perlindungan pipa dan dibandingkan dengan perubahan rencana letak yang baru. Agar diketahui persebaran sedimentasi pada hulu bangunan perlindungan pipa tersebut.

#### 5.1.1 Sedimentasi Pada Kondisi Eksisting Bangunan Perlindungan Pipa STA 0 + 010 – STA 0 + 200



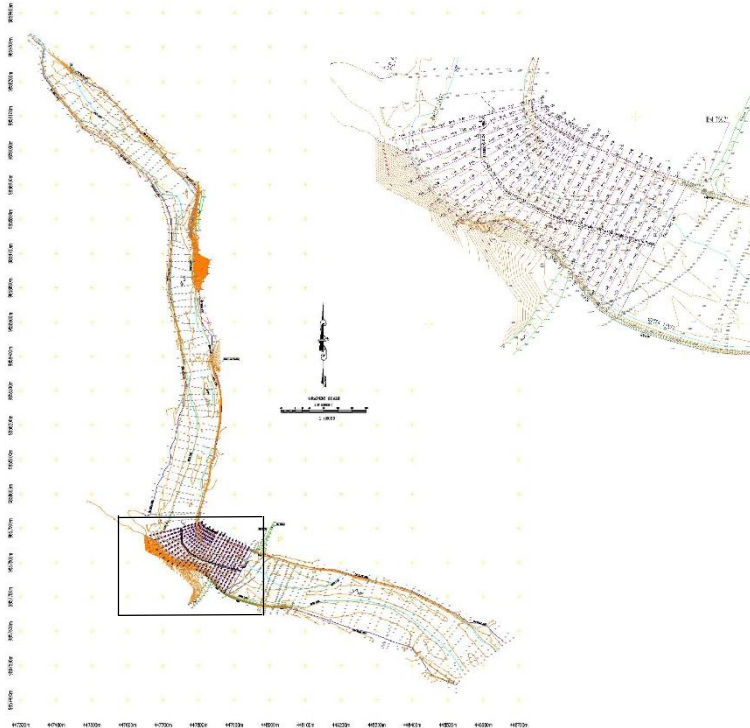
**Gambar 5.1** Kondisi eksisting lokasi studi

**Gambar 5.1** (lebih detailnya lihat **Lampiran 10**) adalah dasar perhitungan sedimentasi untuk mengetahui persebaran sedimen pada tiap STA dalam tiap pias, dalam kondisi eksisting diatas terdapat 19 STA dan dari tiap STA tersebut terdapat pias yang berbeda sesuai kondisi cross sungai. Dari tiap STA mempunyai 25 pias paling banyak dan 9 pias paling sedikit. Berikut adalah rekap perhitungan sedimentasi, meliputi kuantitas sedimen dan perubahan elevasi akibat sedimentasi. Dan **Tabel 5.1** adalah rekap perhitungan kondisi eksisting.

**Tabel 5.1** Rekap perhitungan sedimentasi kondisi eksisting bangunan perlindungan crossing pipa

No. STA	Jumlah Pias	Volume	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
		timbunan/ bulan	timbunan/ bulan			
		m	m <sup>3</sup>	m	m	m
STA 0+010	18	9.901	50.793	0.0001	0.844	0.844
STA 0+020	17	7.573	64.357	0.0003	1.768	1.768
STA 0+030	15	6.236	66.085	0.0002	5.217	5.217
STA 0+040	13	5.416	73.547	0.0003	7.461	7.461
STA 0+050	13	5.352	81.563	0.0003	9.770	9.770
STA 0+060	12	4.822	89.658	0.0002	11.766	11.766
STA 0+075	10	3.967	76.570	0.0002	11.005	11.005
STA 0+085	9	3.516	82.508	0.0002	11.289	11.289
STA 0+095	8	3.183	60.901	0.0003	10.976	10.976
STA 0+105	11	4.558	69.687	0.0003	10.770	10.770
STA 0+115	14	5.845	75.832	0.0003	9.055	9.055
STA 0+125	16	6.726	84.693	0.0003	8.468	8.468
STA 0+140	17	7.155	87.323	0.0003	6.825	6.825
STA 0+150	19	8.095	89.692	0.0003	6.065	6.065
STA 0+160	21	8.801	105.552	0.0003	6.132	6.132
STA 0+170	22	9.670	74.796	0.0003	4.139	4.139
STA 0+180	22	9.797	62.987	0.0003	3.223	3.223
STA 0+190	24	10.900	58.254	0.0003	2.277	2.277
STA 0+200	25	10.875	86.362	0.0003	3.144	3.144

### 5.1.2 Sedimentasi Pada Rencana Tata Letak Bangunan Perlindungan Pipa STA 0 + 010 – STA 0 + 230



**Gambar 5.2** Kondisi rencana tata letak

**Gambar 5.2** (lebih detailnya lihat **Lampiran 11**) adalah dasar perhitungan sedimentasi untuk mengetahui persebaran sedimen pada tiap STA dalam tiap pias, dalam kondisi eksisting diatas terdapat 22 STA dan dari tiap STA tersebut terdapat pias yang berbeda sesuai kondisi cross sungai. Dari tiap STA mempunyai 25 pias paling banyak dan 9 pias paling sedikit. Berikut adalah rekap perhitungan sedimentasi, meliputi kuantitas sedimen dan perubahan elevasi akibat sedimentasi. Dan **Tabel 5.2** adalah rekap perhitungan kondisi rencana tata letak.

**Tabel 5.2** Rekap perhitungan sedimentasi kondisi rencana tata letak bangunan perlindungan crossing pipa

No. STA	Jumlah Pias	Volume timbunan/	Volume timbunan/	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
		bulan	bulan			
		m	m <sup>3</sup>	m	m	m
STA 0+010	20	11.247	55.903	0.00015	0.844	0.844
STA 0+020	18	8.302	66.123	0.00026	1.768	1.768
STA 0+030	13	6.539	59.121	0.00363	5.217	5.217
STA 0+040	13	5.656	75.337	0.00028	7.461	7.461
STA 0+050	18	7.611	95.526	0.00026	9.770	9.770
STA 0+060	14	5.804	96.044	0.00025	11.766	11.766
STA 0+075	10	4.101	85.402	0.00025	11.005	11.005
STA 0+085	9	3.687	99.736	0.00026	11.289	11.289
STA 0+095	8	3.380	97.358	0.00029	10.976	10.976
STA 0+105	11	4.702	96.723	0.00028	10.770	10.770
STA 0+115	14	6.047	90.814	0.00028	9.055	9.055
STA 0+125	16	6.944	96.367	0.00027	8.468	8.468
STA 0+130	14	6.950	96.933	0.00027	8.468	8.468
STA 0+140	17	7.422	95.809	0.00027	6.825	6.825
STA 0+150	19	8.342	95.272	0.00027	6.065	6.065
STA 0+160	21	9.172	121.915	0.00029	6.132	6.132
STA 0+170	22	9.963	78.985	0.00027	4.139	4.139
STA 0+180	22	10.192	71.131	0.00029	3.223	3.223
STA 0+190	24	11.228	61.793	0.00027	2.277	2.277
STA 0+200	25	11.207	87.231	0.00026	3.144	3.144
STA 0+210	21	9.715	13.827	0.0003	3.741	3.741
STA 0+220	21	9.633	14.814	0.0003	4.360	4.360
STA 0+230	21	9.622	14.696	0.0003	3.865	3.865

## 5.2 Evaluasi Kinerja Stabilitas Bangunan Perlindungan Pipa

A. Stabilitas terhadap penggulingan

$$FK_{\text{guling}} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} \geq 1,5$$

Dimana:

$\sum M_{VA}$  = jumlah momen penahan (tm)

$\sum M_{HA}$  = jumlah momen guling (tm)

$$FK_{\text{guling}} = \frac{\sum M_{VA}}{\sum M_{HA}} \geq 1,5$$

$$= \frac{334,1910}{57,5147}$$

$$= 5,8105 > 1,5 \text{ (OK) AMAN}$$

B. Stabilitas terhadap penggeseran

$$FK_{\text{geser}} = \frac{\sum V \tan \theta + cb_2'}{\sum H} \geq 1,5$$

Dimana:

$\theta$  sudut geser dalam =  $30^\circ$

c kohesi = 0

$b_2'$  lebar dasar bendung = 6,5088 m

$$FK_{\text{geser}} = \frac{\sum V \tan \theta + cb_2'}{\sum H} \geq 1,5$$

$$= \frac{334,1910 \cdot \tan(30) + 0 \cdot 6,5088}{57,5147}$$

$$= 3,3547 > 1,5 \text{ (OK) AMAN}$$

C. Stabilitas terhadap daya dukung fondasi

Dimana:

$b_2'$  lebar dasar bendung utama (m) = 6,5088 m

e = eksentrisitas resultan gaya (m)

$\sigma_1$  dan  $\sigma_2$  = tekanan tanah normal maksimum (ton/m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\sum M}{\sum V} \\
 &= \frac{334,1910}{91,8891} \\
 &= 3,6368 \text{ m} \\
 e &= \frac{b_2'}{2} - x \\
 &= \frac{6,5088}{2} - 3,6368 \\
 &= -0,3824 \text{ m} \\
 \sigma_1 &= \frac{\sum M}{b_2'} 1 + \left[ \frac{6e}{b_2'} \right] < 100 \\
 &= \frac{91,8891}{6,5088} 1 + \left[ \frac{6 \cdot (-0,3824)}{6,5088} \right] \\
 &= 9,1401 \text{ ton/m}^2 < 100 \text{ (OK) AMAN} \\
 \sigma_2 &= \frac{\sum M}{b_2'} 1 - \left[ \frac{6e}{b_2'} \right] < 100 \\
 &= \frac{91,8891}{6,5088} 1 + \left[ \frac{6 \cdot (-0,3824)}{6,5088} \right] \\
 &= 19,0595 \text{ ton/m}^2 < 100 \text{ (OK) AMAN}
 \end{aligned}$$

### 5.3 Evaluasi Kinerja Tata Letak Bangunan Perlindungan Pipa

Dalam evaluasi kinerja ini digambarkan kondisi eksisting dan kondisi lokasi yang telah dipengaruhi perubahan letaknya. Guna mengetahui kondisi persebaran sedimen akibat perubahan tata letak bangunan perlindungan pipa tersebut. Dimana terdapat kondisi eksisting sebelum terjadi penumpukan sedimen, kondisi setelah terjadi penumpukan sedimen dan kondisi setelah dipengaruhi tata letak bangunan perlindungan pipa.



### 5.3.1 Simulasi Pola Sebaran Sedimen Menggunakan Software AutoCAD Dan ArcGIS

Skenario simulasi dilakukan dengan beberapa skenario seperti terlihat pada **Tabel 5.5**. Dalam melakukan simulasi untuk menggambarkan pola sebaran sedimen dibutuhkan beberapa data. Berikut beberapa data yang dibutuhkan.

**Tabel 5.3** Data – data primer yang dibutuhkan

No.	Item Data	Penggunaan Data	Lokasi	Pengambilan Data
1	Data Arus	Kecepatan aliran sungai guna mengetahui debit sesaat	Pada bagian sungai area hulu bangunan perlindungan pipa ( <i>crossing pipa</i> )	Menggunakan alat ( <i>current meter</i> )
2	Data Sedimen	Ukuran butiran tanah $d_{50}$ sebagai dasar perhitungan sedimen dasar untuk meninput data ke software ARCGIS Dan Surfer	Pada area hulu bangunan perlindungan pipa ( <i>crossing pipa</i> )	Butiran tanah $d_{50}$ dengan menggunakan alat grab sediment guna mengangkat sampel.
3	Data Koordinat	Koordinat daerah studi	Pada area hulu bangunan perlindungan pipa ( <i>crossing pipa</i> )	Menggunakan Total Station dan di check dengan Google Earth.

**Tabel 5.4** Data – data sekunder yang dibutuhkan

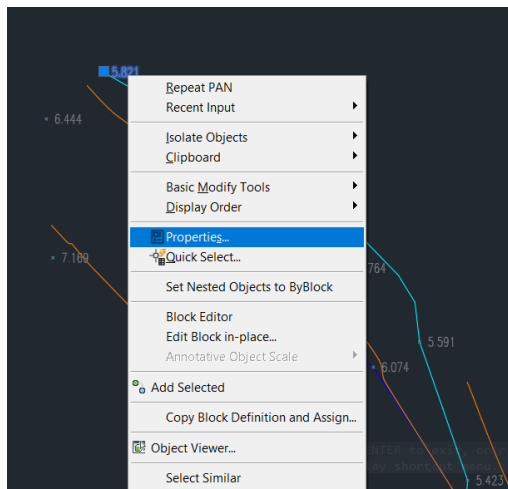
No.	Item Data	Penggunaan Data	Sumber	Pengambilan Data
1	Data gambar long dan cross sungai Peta situasi dan gambar profil saluran	Elevasi tiap STA dan tiap pias	Data Proyek	Elevasi saluran tiap STA
2	Peta <i>time series</i> Google Earth	Proyeksi penggambaran kontur dasar saluran	Data Proyek	Elevasi dasar saluran
3	Data debit banjir rancangan	Analisa visual perubahan dasar saluran	Google Earth	Google Time Series
4	Data sedimen	Data debit rancangan kala ulang 25 tahunan	Perhitungan sendiri	Data debit rancangan
5		Sampel sedimen dasar D <sub>50</sub>	Perhitungan sendiri	Diameter butiran tanah D <sub>50</sub>

**Tabel 5.5** Skenario penggambaran dengan ArcGIS

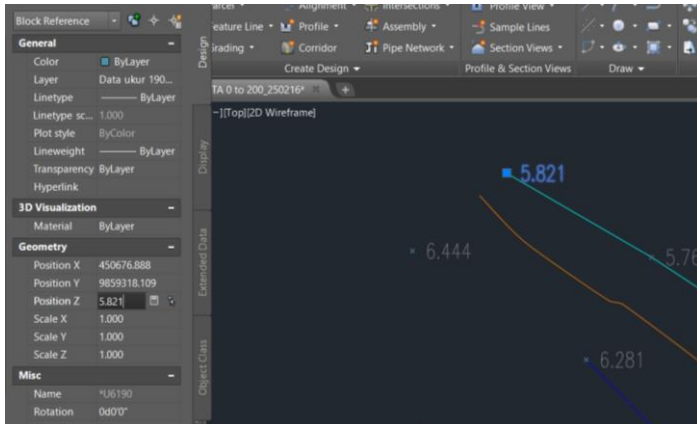
No.	Skenario
1	Simulasi pola sebaran sedimen dengan data rancangan kala ulang 25 tahun dengan tata letak sesuai kondisi eksisting
2	Simulasi pola sebaran sedimen dengan data rancangan kala ulang 25 tahun dengan tata letak dirubah setelah kondisi eksisting

### 1. Penginputan Titik Tinggi dan Export format

- a) Data koordinat X dan Y dalam file ini sudah didapatkan dan ter-*input* dalam basis data tiap titik, sedangkan data ketinggian (Z) hanya ditampilkan pada CAD namun tidak ter-*input* dalam basis data. Untuk menginput data ketinggian pada CAD klik kanan pada titik → properties.

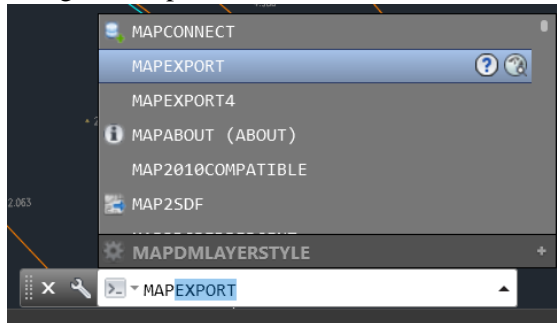
**Gambar 5.3** Input data x, y awal

- b) Masukkan nilai position Z-nya sesuai dengan label elevasi yang ditampilkan. Isi pada semua titik yang memiliki ketinggian.



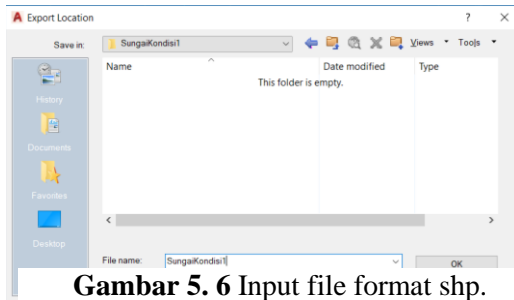
**Gambar 5. 4** Input data z dari autocad

- c) Apabila semua ketinggian basis datanya telah di-input pada position Z, lakukan konversi format layer agar bisa dibuka dalam software ArcGIS untuk pembuatan kontur dan hillshadenya. Untuk melakukan konversi format gunakan perintah *MAPEXPORT*.



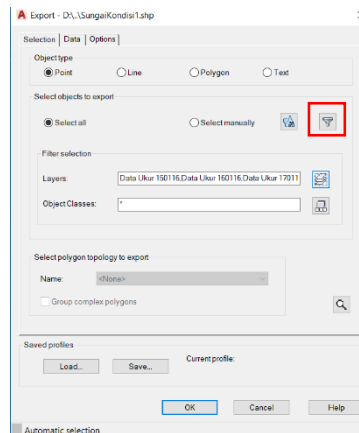
**Gambar 5. 5** konversi nilai dari autocad ke ARCGIS

- d) Kemudian akan muncul jendela Export Location, pilih lokasi dimana file hasil konversi format akan disimpan dan isikan nama file. Pada file oftype, pilih fomrartnya dengan ESRI Shapefile (\*.shp) seperti yang tertera pada gambar dibawah, klik OK.



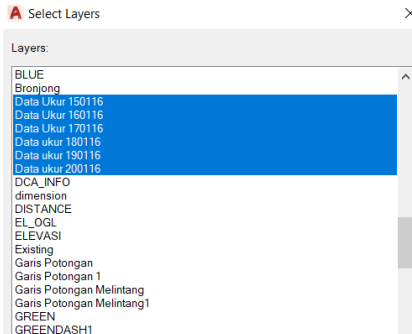
**Gambar 5. 6** Input file format shp.

- e) Pada jendela export, pilih object typenya dengan point karena layer yang akan dikonversi merupakan fitur point. Kemudian klik gambar pada opsi Layers untuk memilih layer apa saja yang akan dikonversi.



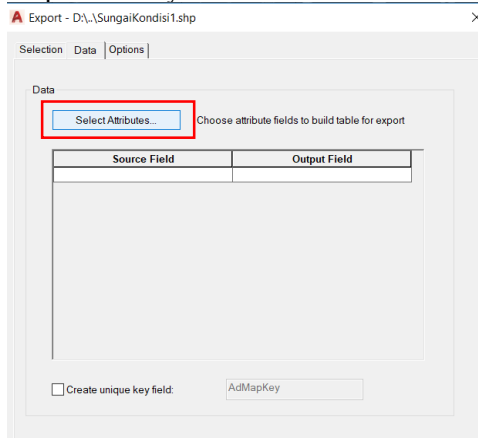
**Gambar 5. 7** Export file ke format shp.

- f) Pada jendela select layer, pilih layer mana saja yang akan dikonversi. Disini layer yang akan dikonversi merupakan layer data ukur. Jika sudah, klik Select.



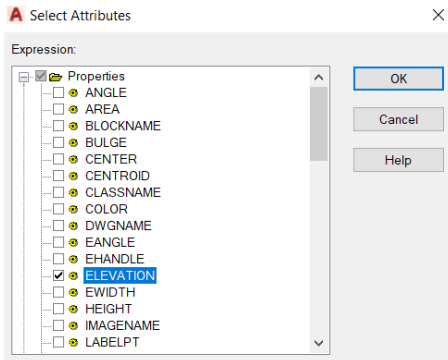
**Gambar 5. 8** Pilih layer yang akan dikonversi

- g) Kemudian pada jendela export, pindah ke tab data. Pada tab data, klik select attributes untuk memilih basis data apa saja dalam layer tersebut yang juga akan diexport nilainya.



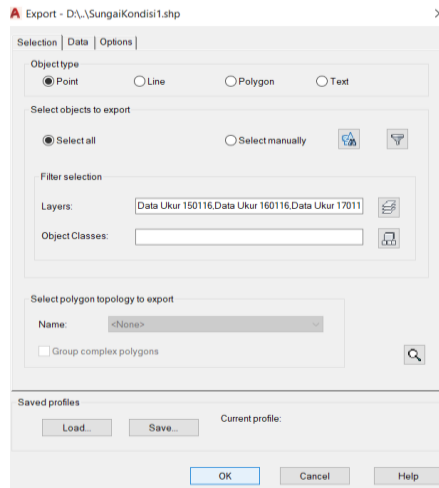
**Gambar 5. 9** Pilih select attributes untuk memilih basis data

- h) Pada layer select attributes, pilih elevation yang terletak pada folder properties agar data ketinggian ikut terexport pada format shp. Klik OK.



**Gambar 5. 10** Pilih elevasi yang terletak pada folder properties agar data ketinggian ikut terexport

- i) Kemudian klik OK pada jendela export.

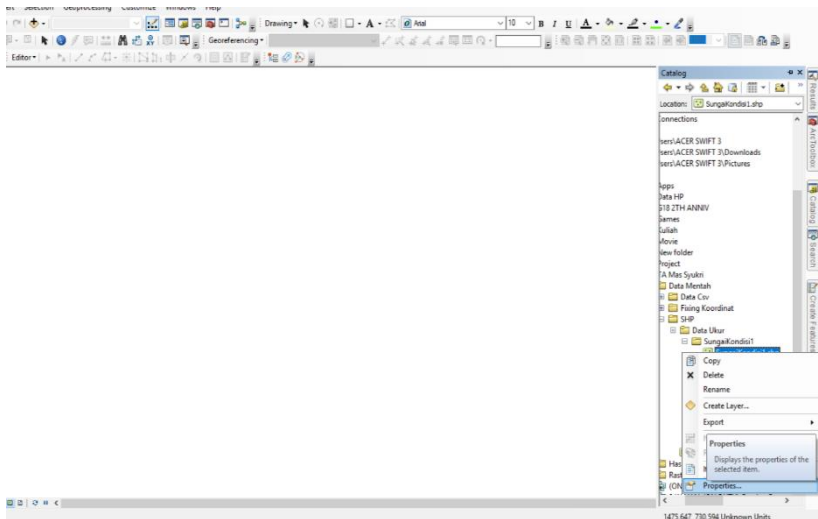


**Gambar 5. 11** Lalu klik OK

**Untuk mengetahui batas sungai, konversikan juga layer sungai dengan object type line**

## **2. Pembuatan Batas Area Kontur dan Hillshade Menggunakan ArcGIS**

- a) Buka software ArcGIS, pada tampilan awal buka tab catalog yang terletak pada bagian kiri. Pilih data hasil export dari layer AutoCAD. Hasil file dari AutoCAD belum memiliki sistem koordinat, untuk mengisi sistem koordinatnya, klik kanan pada file hasil export → properties.

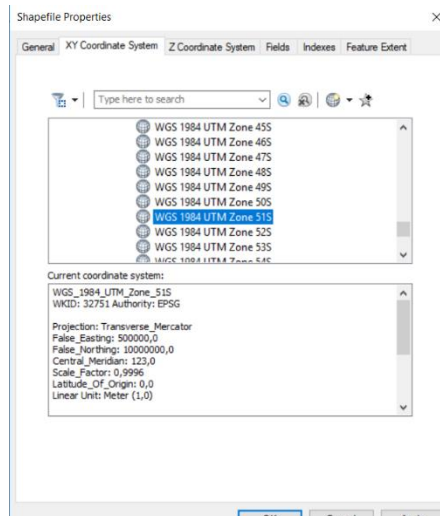


**Gambar 5. 12** Export file dari Auto Cad ke ArcGIS

- b) Pada jendela Shapefile Properties, pilih Projected Coordinate System → UTM → WGS1984 → Southern Hemisphere → WGS 1984 UTM zone 51S. Klik OK. Pemilihan sistem koordinat disesuaikan pada lokasi dan kebutuhan pada berbagai macam

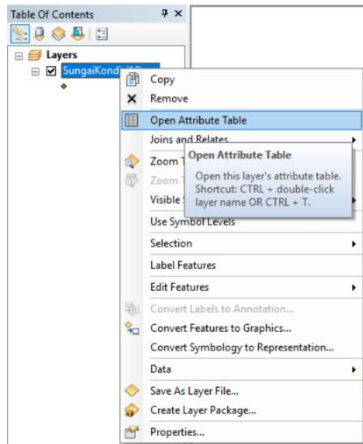


pekerjaan. Kemudian *drag* file hasil export yang telah diisi sistem koordinatnya kedalam tampilan ArcGIS.



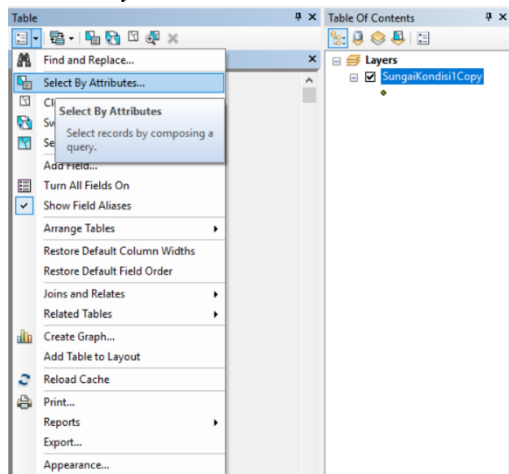
**Gambar 5. 13** Kemudian *drag* file hasil export yang telah diisi sistem koordinatnya kedalam tampilan ArcGIS

- c) Untuk memilih data hanya memiliki ketinggian saja, klik kanan pada layer hasil export. Klik Open Attribute Table.



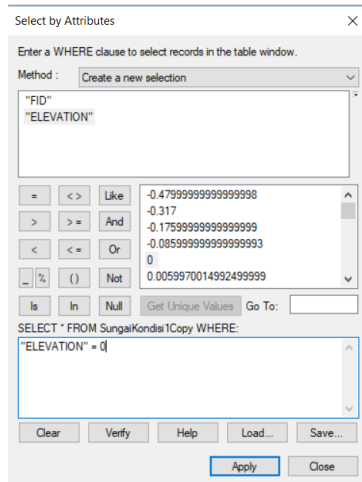
**Gambar 5. 14** Klik open attribute table untuk memilih data ketinggian saja

- d) Untuk memilih data yang tidak memiliki elevasi, klik *select by attribute*.

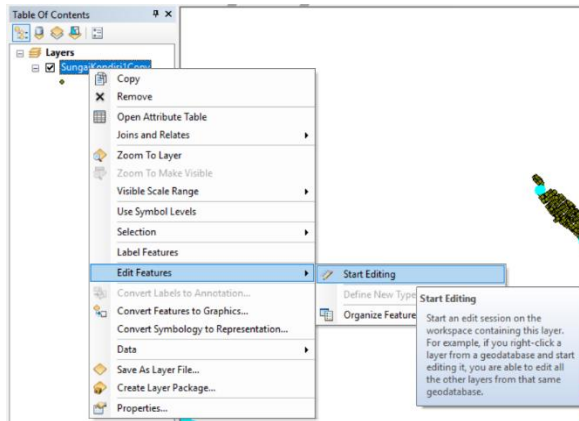


**Gambar 5. 15** Lalu klik select by attribute

- e) Pada kolom select by attribute ketikkan “ELEVATION” = 0, kolom ini memiliki arti bahwa elevasi yang memiliki nilai 0 akan terpilih. Kemudian klik apply.



- f) Pada gambar dibawah, dapat terlihat bahwa titik yang tidak memiliki ketinggian telah terpilih. Kemudian untuk menghapus titik tersebut, nyalakan fitur editing dengan cara *klik kanan pada layer* → *edit features* → *start editing*.



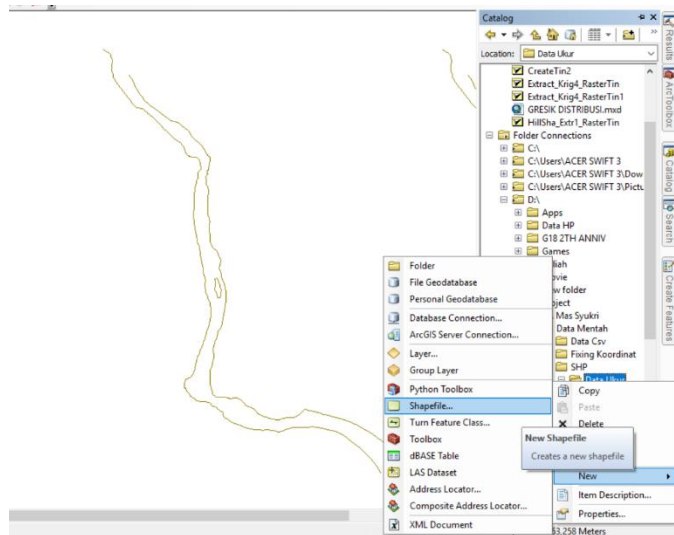
**Gambar 5. 16** Menghapus titik yang tak memiliki ketinggian

- g) Untuk menghapus titik yang telah terseleksi, klik *delete selected* pada table.

FID	Shape	ELEVATION
0	Point ZM	0
1	Point ZM	0
2	Point ZM	0
3	Point ZM	0
4	Point ZM	0
5	Point ZM	0
6	Point ZM	0
7	Point ZM	0
8	Point ZM	0
9	Point ZM	0
10	Point ZM	0
11	Point ZM	6,773
12	Point ZM	0

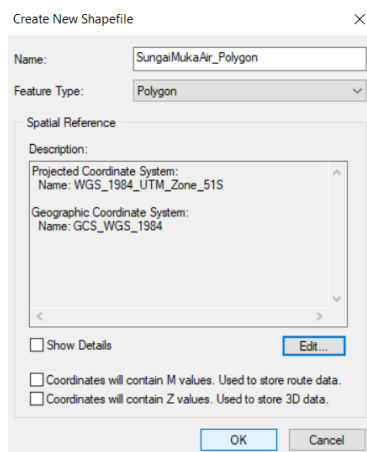
**Gambar 5. 17** Klik selected pada tabel untuk menghapus titik

- h) Kemudian input batas sungai kedalam layer, karena batas sungai masih berfitur garis (line), buatlah layer baru dengan fitur polygon. Untuk membuat layer (shapefile) baru, *buka catalog* → *klik kanan pada folder yang digunakan untuk menyimpan SHP* → *new* → *Shapefile*.



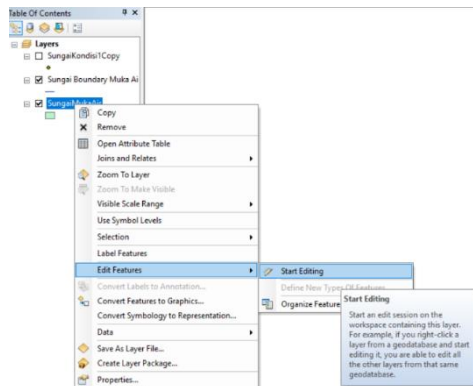
**Gambar 5. 18** Input batas sungai ke dalam layer

- i) Pada jendela create new shapefile, isikan nama dari layer SHP dan pilih feature typenya dengan polygon. Pada spatial reference, klik edit dan pilih sistem koordinatnya sama seperti dengan titik ketinggian sungai yaitu WGS 1984 UTM Zone 51S. Klik OK.



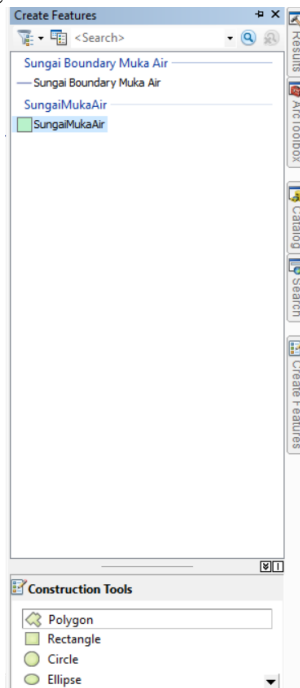
**Gambar 5.19** Isi layer shp dan pilih feature type dengan polygon

- j) Kemudian buatlah fitur polygon dari layer sungai yang baru saja dibuat. Langkah pertama *klik kanan pada layer sungai* → *editing* → *start editing*.



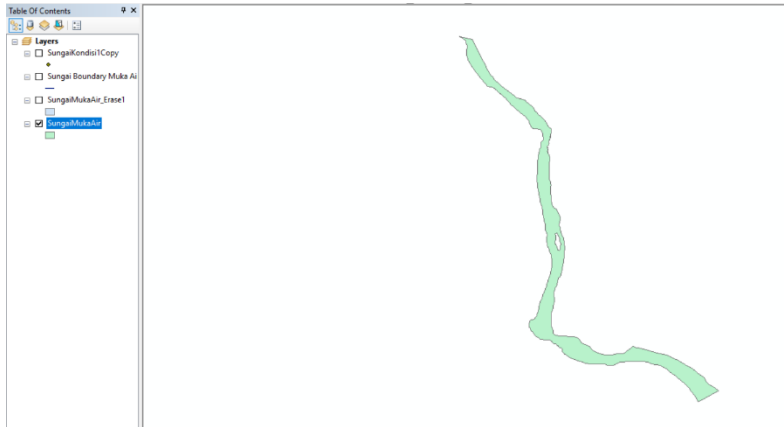
**Gambar 5.20** Buat fitur polygon dari layer sungai yang baru saja dibuat

- k) Untuk membuat fitur polygon baru, *klik create features pada kanan tampilan software ArcGIS* → *klik layer yang memiliki fitur polygon* → *klik polygon pada construction tools*. Kemudian buatlah sungai sesuai dengan bentuk polygon pada sungai yang telah di convert dari AutoCAD.



**Gambar 5. 21** Buatlah sungai sesuai dengan bentuk polygon pada sungai yang telah di convert dari AutoCAD

- 1) Berikut merupakan bentuk sungai dengan fitur polygon yang telah dibuat. Fitur ini kemudian digunakan sebagai batas pemotong pembuatan kontur dan hillshade.

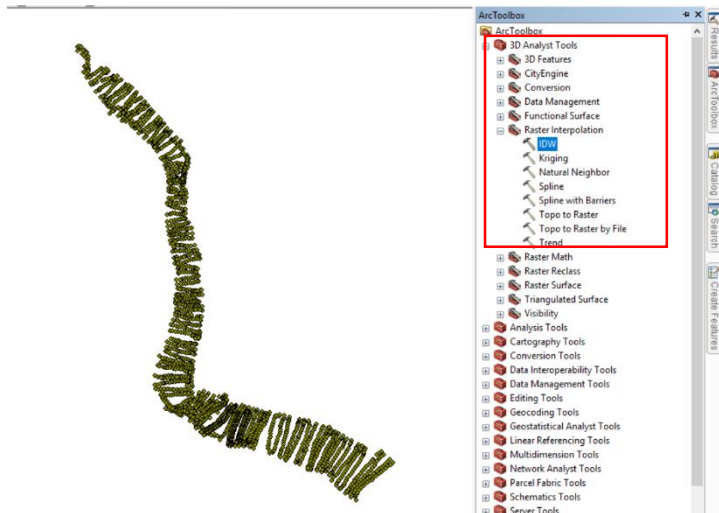


**Gambar 5. 22** Berikut merupakan bentuk sungai dengan fitur polygon yang telah dibuat dan digunakan sebagai batas pemotong pembuatan kontur dan hillshade.



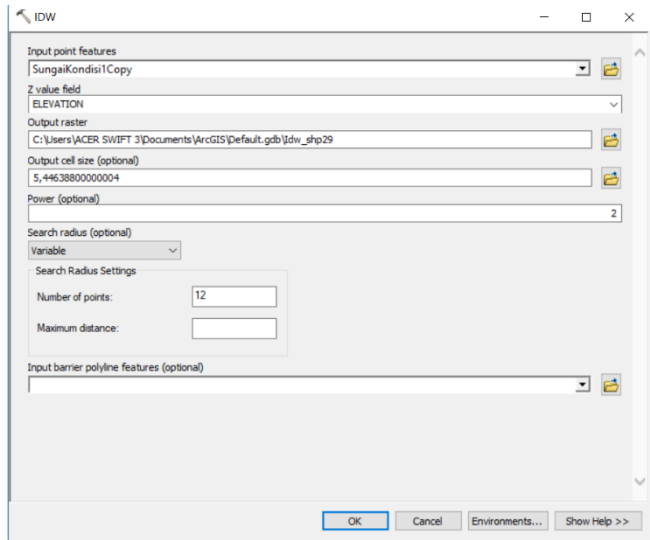
### 3. Pembuatan Kontur dan Hillshade pada ArcGIS

- a) Setelah data titik dan data batas area didapatkan, untuk pembuatan kontur dan hillshade bisa menggunakan tool yang terdapat pada ArcToolbox. Langkah pertama buka ArcToolbox yang terletak pada bagian kiri tampilan ArcGIS → 3D Analyst Tools → Raster Interpolation → IDW. Pada langkah ini titik-titik yang memiliki ketinggian akan interpolasi nilainya dengan metode IDW sehingga membentuk kontur dengan hasil akhir data raster.



**Gambar 5. 23** Langkah awal penggambaran kontur dan hillshade pada ArcGIS

- b) Pada menu IDW, pilih input featuresnya dengan data titik yang memiliki ketinggian. Pilih Z valuesnya dengan kolom data yang berisi nilai tinggi. Letakkan hasil pada folder yang diinginkan pada tab output raster. Dan pada output cell size pilih sesuai kebutuhan, semakin kecil nilainya maka resolusi yang ditampilkan semakin bagus. Kemudian klik OK.



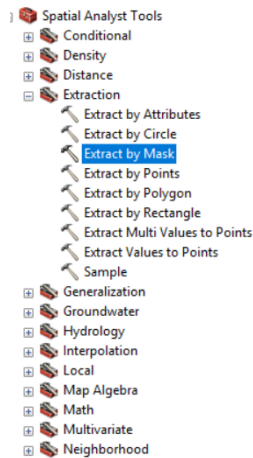
**Gambar 5. 24** Memasukkan nilai ketinggian z

- c) Berikut merupakan hasil dari kontur raster dari titik-titik yang telah diinput. Langkah selanjutnya adalah memotong kontur raster agar sesuai pada areanya.



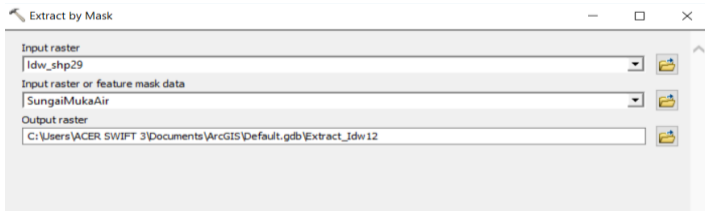
**Gambar 5. 25** Hasil dari kontur raster dari titik-titik yang telah diinput

- d) Untuk memotong area kontur raster, gunakan ArcToolbox. Pilih Spatial Analyst Tools → Extraction → Extract by Mask.



**Gambar 5. 26** Proses memotong area kontur raster

- e) Pada menu extract by mask, pilih input rasternya pada dengan hasil interpolasi dengan metode IDW dan input raster or feature mask data dengan data polygon sungai yang telah dibuat. Pilih folder penyimpanan sesuai keinginan pada output raster. Klik OK.



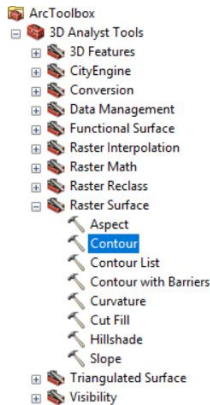
**Gambar 5. 27** Memasukkan data polygon pada menu extract by mask

- f) Berikut merupakan hasil dari pemotongan data interpolasi kontur raster dengan batas areanya.



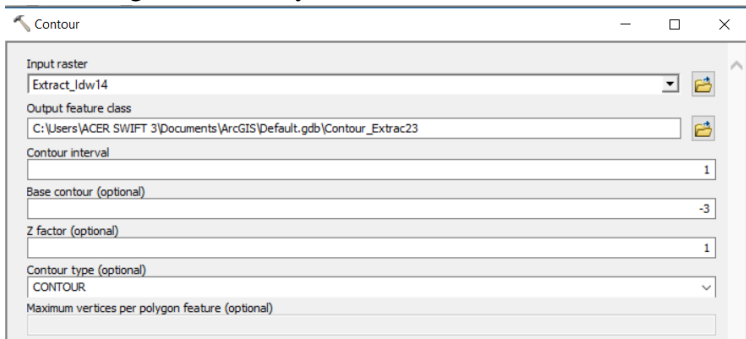
**Gambar 5. 28** Hasil dari pemotongan data interpolasi kontur raster dengan batas areanya

- g) Untuk membuat kontur data vektorya klik 3D Analyst Tools pada ArcToolbox. Buka Raster Surface → Contour.



**Gambar 5. 29** Proses membuat kontur

- h) Pada menu kontur pilih input raster dengan data interpolasi kontur yang telah dipotong sesuai batas. Selanjutnya isi interval kontur sesuai keinginan anda dan base contour sesuai dengan terendahnya. Kemudian klik OK.



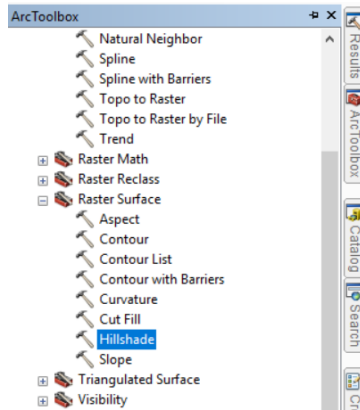
**Gambar 5. 30** Proses input data untuk menggambar kontur

- i) Berikut merupakan kontur data vektor yang dihasilkan. Untuk menampilkan angka intervalnya dapat dilakukan dengan klik kanan pada layer kontur → properties → label. Pada tab label anda dapat mengatur tampilan intervalnya.



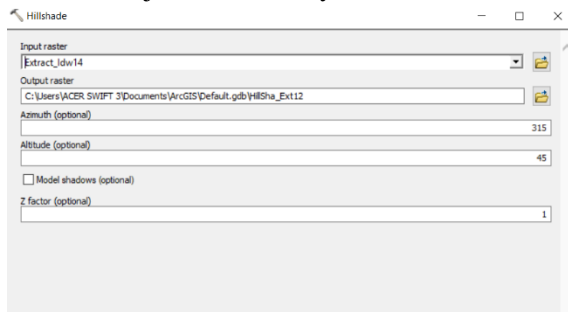
**Gambar 5. 31** Berikut merupakan kontur data vektor yang dihasilkan

- j) Untuk melihat relief dari kontur sungai, agar terkesan lebih 3D dapat menggunakan hillshade. Untuk membuat hillshade buka ArcToolbox → 3D Analyst Tools → Raster Surface → Hillshade.



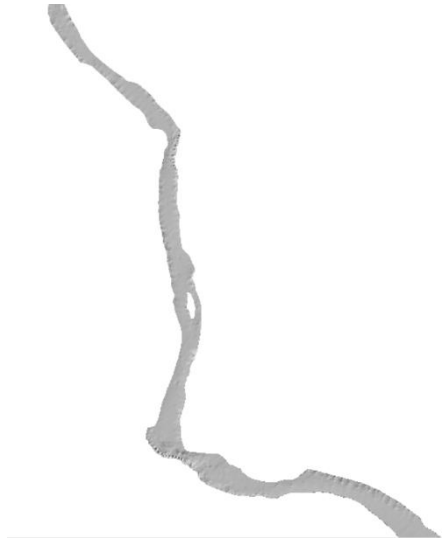
**Gambar 5. 32** Proses penggambaran relief dari kontur sungai dengan menggunakan menu hillshade

- k) Pada menu hillshade pilih input rasternya dengan data raster interpolasi yang telah dipotong dengan batas areanya. Pada Z factor isi sesuai dengan keinginan anda, nilai standar dari Z factor adalah 1, dengan semakin besar maka relief 3D akan semakin menonjol berbedaannya.



**Gambar 5. 33** Proses input data pada menu hillshade

- 1) Berikut merupakan data relief hillshade yang dihasilkan.

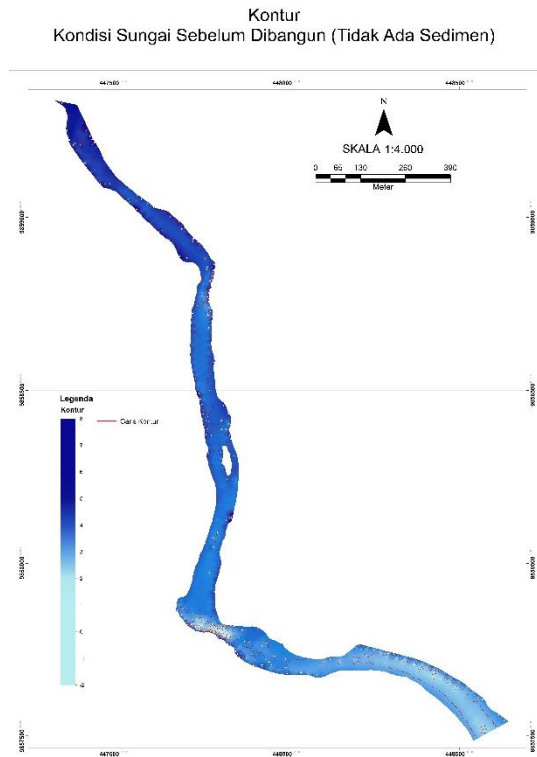


**Gambar 5.34** Hasil akhir data relief hillshade yang telah digambarkan



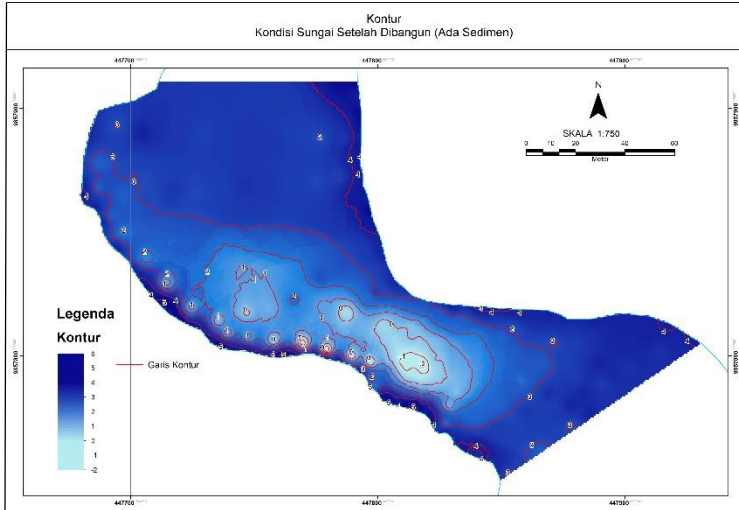
### 5.3.2 Penggambaran Kondisi Sedimentasi Bangunan Perlindungan Pipa

Dalam penggambaran kondisi sedimentasi pada bangunan perlindungan pipa ini digambarkan kondisi eksisting sebelum dirubah tata letaknya dan kondisi setelah dirubah tata letaknya guna melihat perbedaan yang terjadi akibat pengaruh sedimentasi. **Gambar 5.35** adalah kondisi kontur awal sebelum dibangun bangunan perlindungan crossing pipa dan sebelum terjadinya sedimentasi lebih detail terdapat pada **Lampiran 12**.



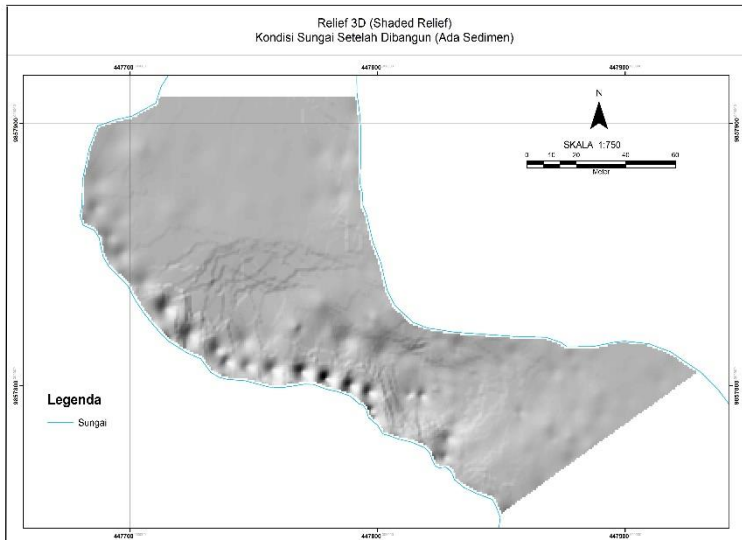
**Gambar 5.35** Kontur awal sebelum dibangun bangunan perlindungan crossing pipa

### A. Pada kondisi eksisting sebelum dirubah tata letaknya



**Gambar 5.36** Kontur eksisting sebelum dirubah tata letaknya

Setelah digambarkan kontur **Gambar 5.36** pada kondisi eksisting sebelum dirubah tata letaknya kemudian digambarkan persebaran sedimentasi yang terjadi pada area hulu bangunan perlindungan pipa STA 0+010 – STA 200 dengan menggunakan bantuan software *ArcGIS*. Dengan inputan koordinat x, y, dan z yang diketahui melalui *GoogleEarth* dan *AutoCAD*. Gambar lebih detail terdapat pada **Lampiran 13**.



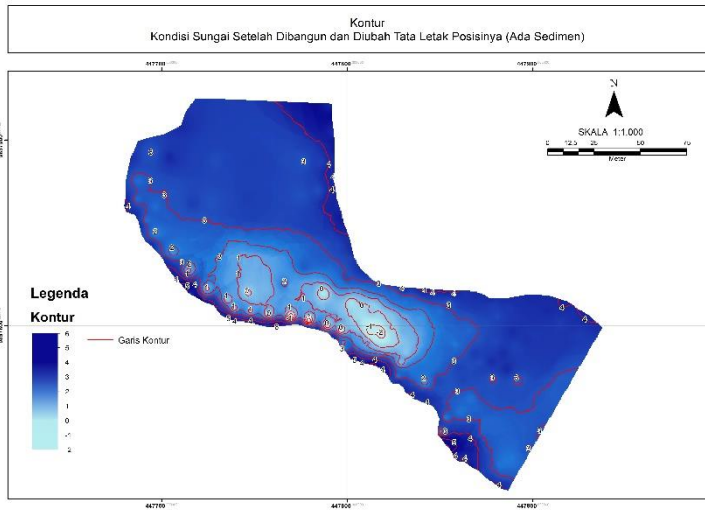
**Gambar 5.37** Kondisi eksisting persebaran sedimentasi

**Gambar 5.37** adalah kondisi eksisting persebaran sedimentasi yang terjadi pada hulu crossing pipa STA 0+010 – STA 0+200.

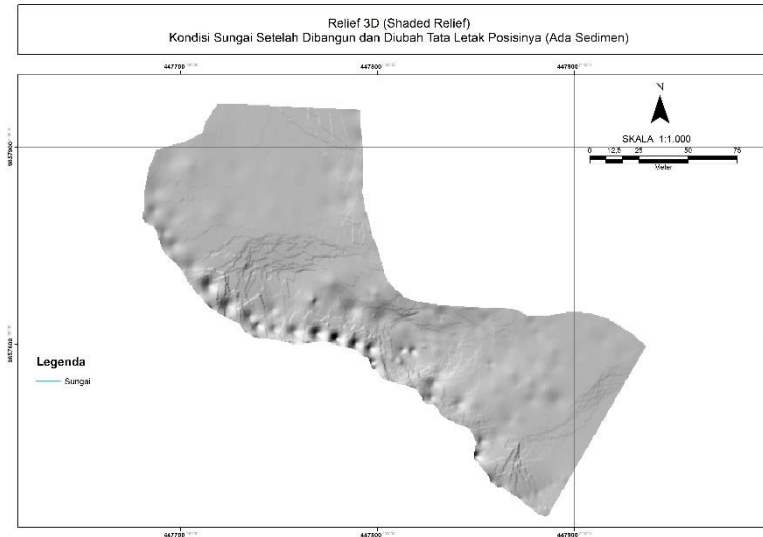
Pada **Gambar 5.37** adalah kondisi eksisting persebaran sedimentasi, terlihat bentuk kontur yang mempunyai tonjolan di sebelah kanan sungai adalah gambaran dari sebaran sedimentasi. Dari perhitungan analisa sedimentasi yang sudah terinput dalam penggambaran tersebut memang sedimentasi yang tertinggi terdapat pada STA 0+150 hingga STA 0+180 yang terdapat pada area 150 meter area hulu bangunan perlindungan crossing pipa dengan sudut kemiringan eksisting bangunan perlindungan crossing pipa sebesar  $32^{\circ}$ . Untuk gambar lebih detail terlampir pada **Lampiran 13**.

## B. Pada kondisi setelah dirubah tata letaknya

Setelah dilakukan penggambaran kontur pada bangunan perlindungan pipa terlihat pada **Gambar 5.38** guna menjadi langkah awal penggambaran persebaran sedimentasi, lalu langkah selanjutnya adalah dengan sedikit mengubah sudut kemiringan bangunan perlindungan crossing pipa, dengan agak ditegakkan dari kondisi semula (eksisting) dengan sudut kemiringan sebesar  $62^{\circ}$  selanjutnya digambarkan kondisi setelah dirubah tata letaknya yang digambarkan persebaran sedimentasi yang terjadi, tergambar pada **Gambar 5.39**. Untuk gambar lebih detail terlampir dalam **Lampiran 14**.



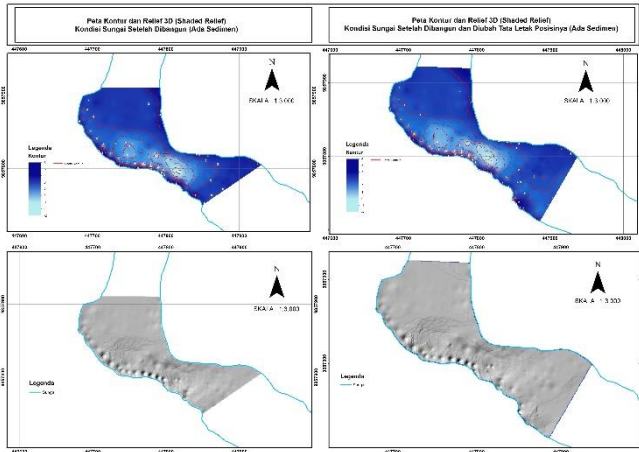
**Gambar 5. 38** Kondisi kontur setelah dirubah tata letaknya



**Gambar 5.39** Kondisi sedimentasi setelah dirubah tata letaknya

Kondisi **Gambar 5.39** adalah kondisi dimana persebaran sedimentasi digambarkan pada kondisi setelah tata letak dirubah, pada penggambaran ini dengan sudut kemiringan telah dirubah sebesar  $62^0$  sehingga mengubah STA tiap cross sungai, untuk itu kembali menghitung sedimentasi dengan cross pada STA baru sesuai kemiringan setelah ditegakkan yang mempunyai tujuan melihat perbedaan kondisi sedimentasi eksisting dan kondisi sedimentasi setelah dirubah tata letaknya guna melihat persebaran sedimentasinya. Terlihat pada **Gambar 5.39** kondisi persebaran sedimentasi setelah dirubah tata letaknya tidak terlalu terlihat perbedaannya dengan kondisi eksisting, sedimentasi tertinggi tersebar hanya pada sisi kanan sungai. Untuk gambar lebih detail terlampir pada **Lampiran 14**.

C. Digambarkan kondisi eksisting dan setelah dirubah tata letak bangunan perlindungan crossing pipa



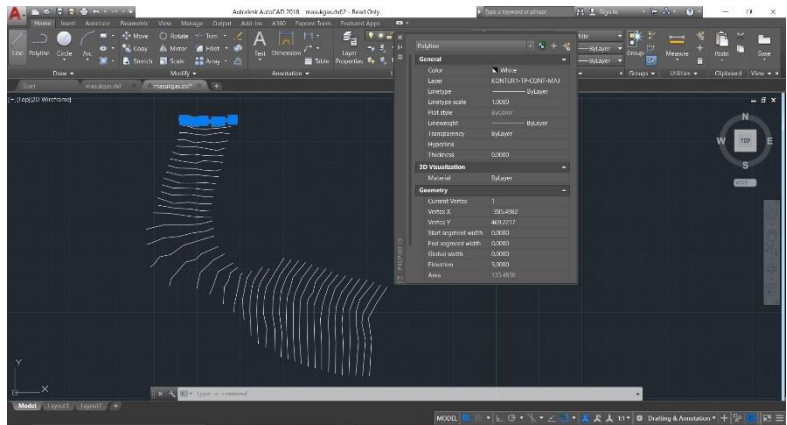
**Gambar 5. 40** Perbandingan kondisi eksisting (kiri) dan setelah dirubah tata letaknya (kanan)

Pada analisa penggambaran sedimentasi kondisi eksisting dan kondisi sedimentasi setelah dirubah tata letaknya terlihat perbedaan sebaran sedimentasinya, karena cross sungai yang telah dihitung pada rekap perhitungan di **Tabel 5.1** dan **Tabel 5.2** mempunyai perbedaan tiap cross dan lokasi yang berbeda guna mengetahui persebaran sedimentasi yang terjadi.

Dalam penulisan tugas akhir ini menyarankan kondisi eksisting lebih aman dibangun karena sumbu bangunan penahan sedimen telah tegak lurus arah aliran di bagian hilirnya dan sesuai dengan persyaratan dalam SNI – 2851 – 2015 Tentang Desain Bangunan Penahan Sedimen sedangkan kondisi yang telah dirubah tata letaknya hanya berupa simulasi permodelan serta hanya berdasarkan coba – coba dalam memilih letak yang baru.

### 5.3.3 Simulasi Pola Arus Menggunakan Software SMS (*Surface Water Modelling Systems*)

1. Pembuatan file dengan file .dxf
  - a. Tahapan awal pembuatan data topografi/batimetri. Untuk mendapatkan digitasi yang akurat, terlebih dahulu koordinat peta diikat dengan Global Mapper. Lalu digitasi dilanjutkan dengan menggunakan software AutoCAD.



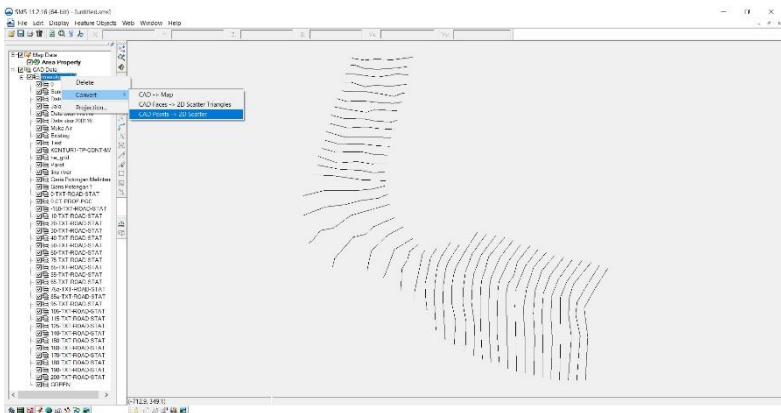
**Gambar 5. 41** Proses digitasi pada AutoCAD

- b. Import file .dxf dalam window utama SMS, dengan cara: Masuk menu file > Open maka akan muncul dialog open file > Pilih file \*.dxf.



**Gambar 5. 42** Tampilan data bathimetri pada window utama SMS

- c. Langkah berikutnya adalah untuk mendapatkan titik-titik scatter. Dengan cara: klik kanan pada file AutoCAD.DXF > pilih Convert > CAD Point to 2D Scatter.



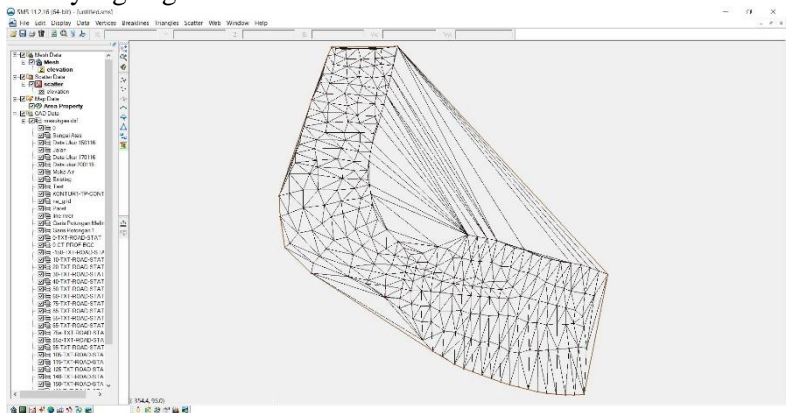
**Gambar 5. 43** Proses untuk mendapatkan titik-titik scatter



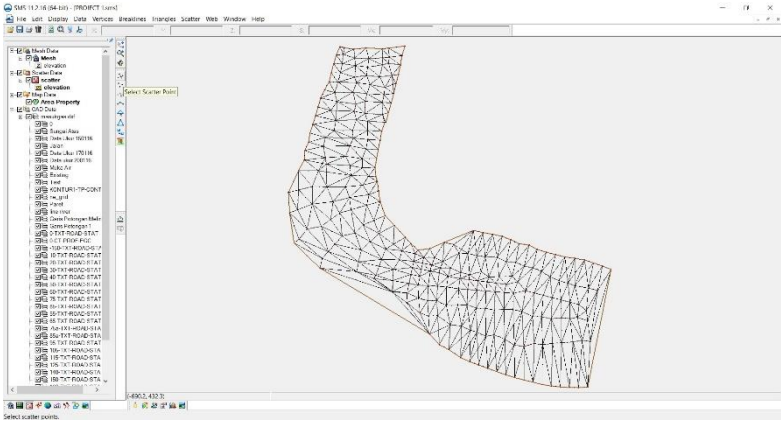


**Gambar 5. 44 Hasil 2D Scatter**

- d. Editing MESH bertujuan untuk mendapatkan bentuk mesh yang bagus.

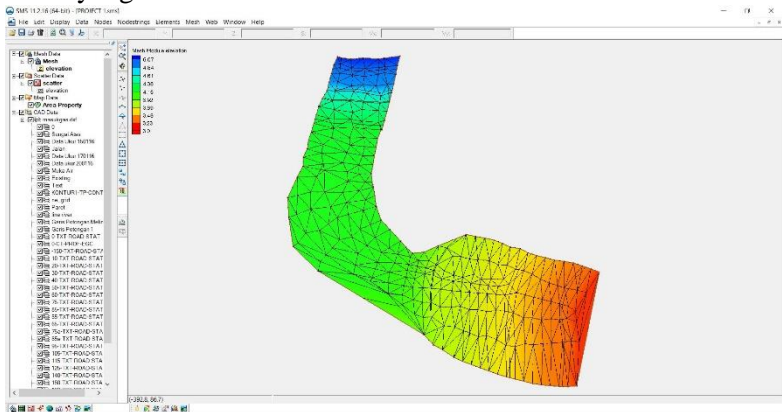


**Gambar 5. 45 Editing mesh awal**



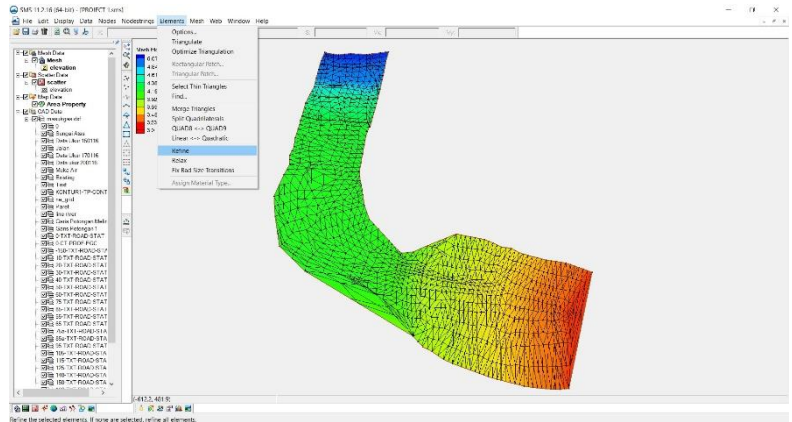
**Gambar 5. 46** Hasil dari editing mesh

- e. Linier-Quadratic pada mesh untuk mendapatkan mesh yang lebih detail.

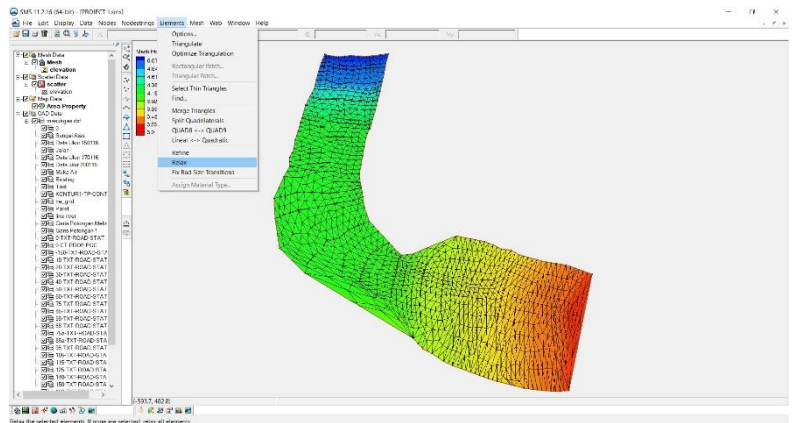


**Gambar 5. 47** Hasil linear quadratic dan penghapusan thin mesh

- f. Refine dan Relax Mesh dilakukan untuk mendapatkan tampilan sudut mesh yang lebih rapi.



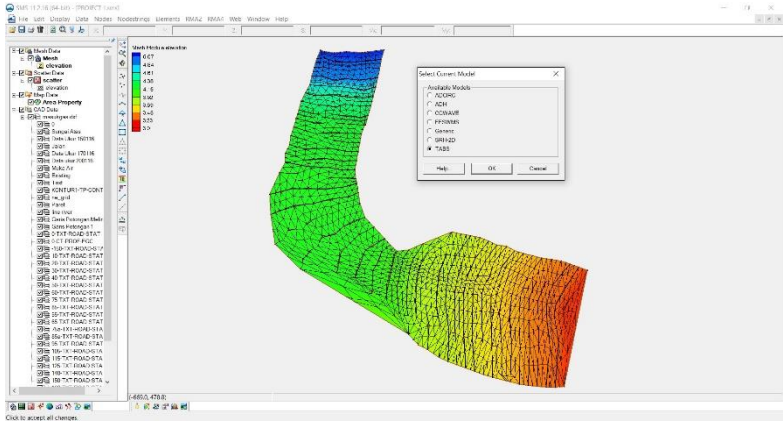
**Gambar 5. 49** Hasil dari refine mesh



**Gambar 5. 48** Hasil dari relax mesh

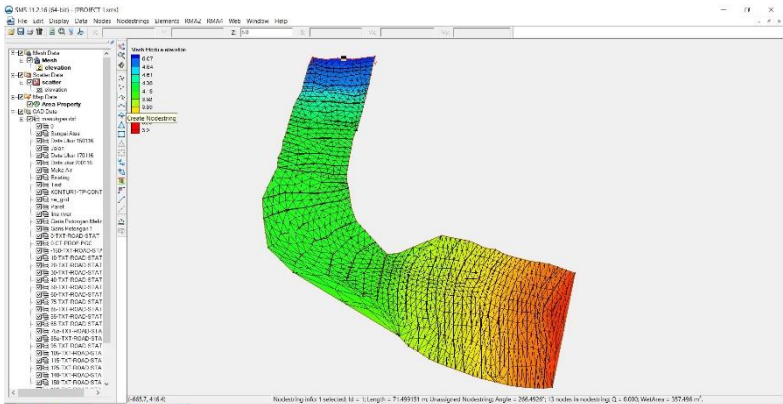
## 2. Permodelan arus RMA2 (*Steady State Analysis*)

- a. Menampilkan Menu RMA2 dengan cara: Menu DATA > Switch Current Model > TABS.

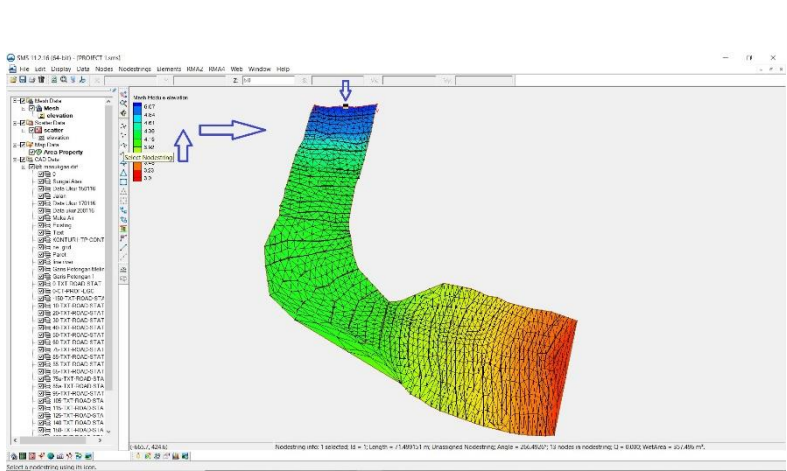


**Gambar 5. 50** Menampilkan menu pada RMA2

- b. Membuat boundary condition biasanya disingkat BC, data BC ini data di inputkan kedalam node atau node string. Cara untuk membuat node string adalah dengan menggunakan tool create node string.

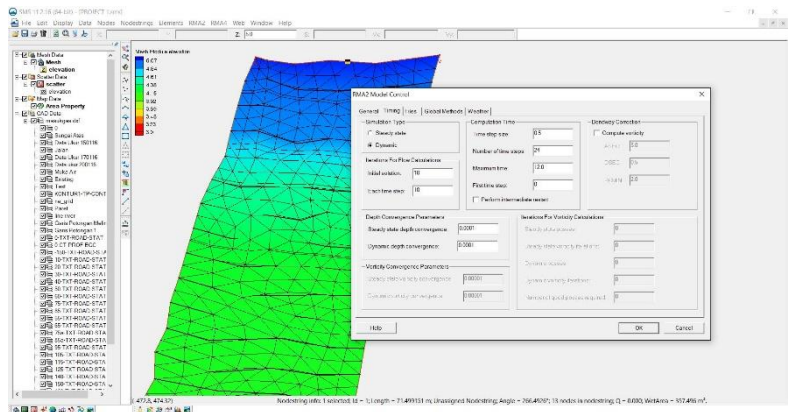


**Gambar 5. 51** Step awal adalah klik create nodestring dahulu

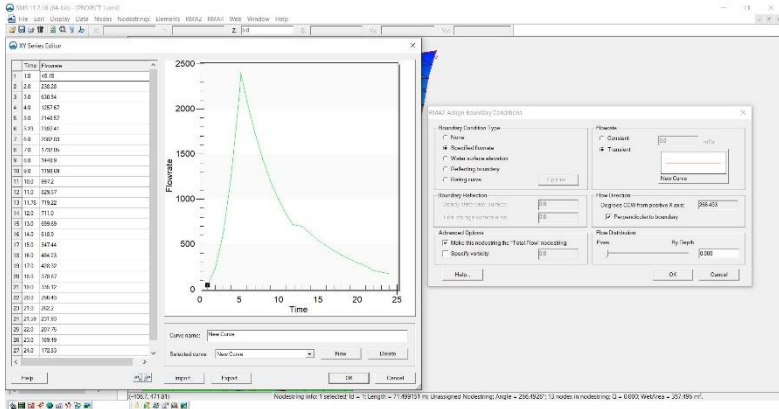


**Gambar 5.52** Lalu klik select nodestring untuk ke step assign bc

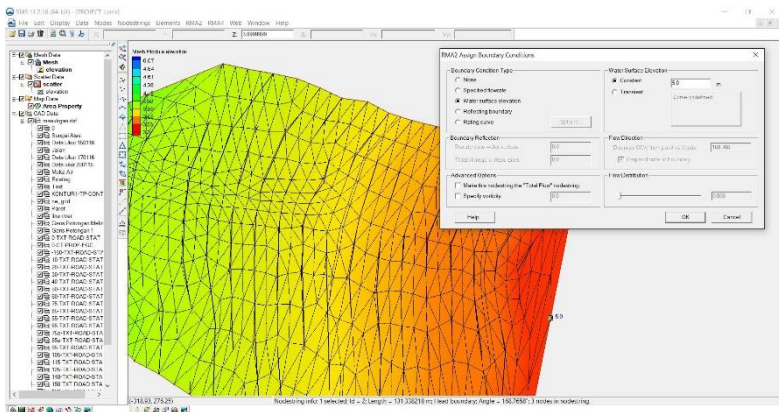
- c. Setelah node string dibuat anda dapat memasukkan data BC yang diinginkan, yaitu dengan memilih nodestring tersebut kemudian pilih Assign BC pada menu RMA2. Isilah besarnya flow dalam  $m^3/det$  dan head (pasut) dalam m, anda dapat memasukkan nilai – nilai tersebut constan atau transient.



**Gambar 5.53** Pilih timing untuk memilih debit yang akan dimasukkan apakah konstan atau transient

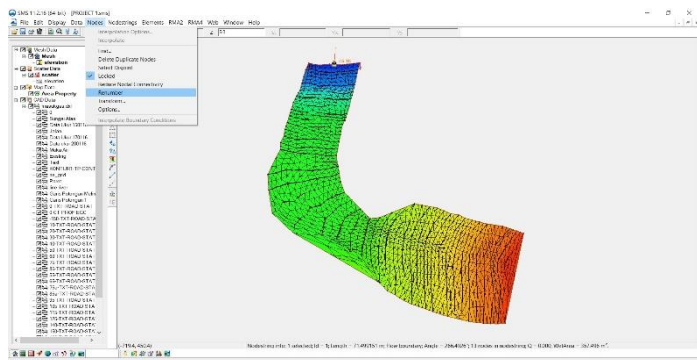


**Gambar 5.55** Kemudian isi debit dengan data perhitungan debit jam-jaman



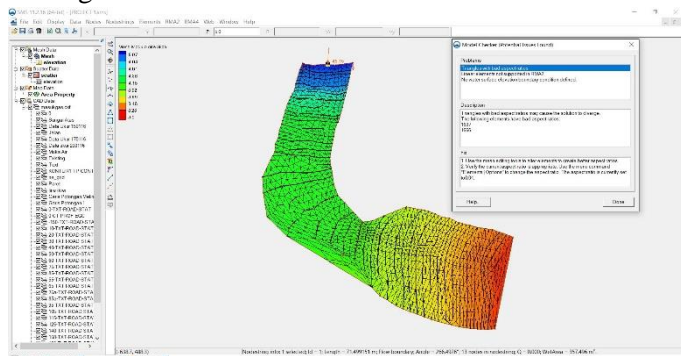
**Gambar 5.54** Dan isi debit pada hilir sungai

- d. Kemudian lakukan perintah renumbering yang terdapat pada menu `nodestrings`, pilihlah node string pada head boundary, pada menu renumbering pilih `band with` untuk penghitungan nomor node dari head. Khusus jika pada saat cek terdapat peringatan “water surface too low” maka pastikan anda menggunakan fasilitas `wet and dry` pada menu `optinal BC control`.



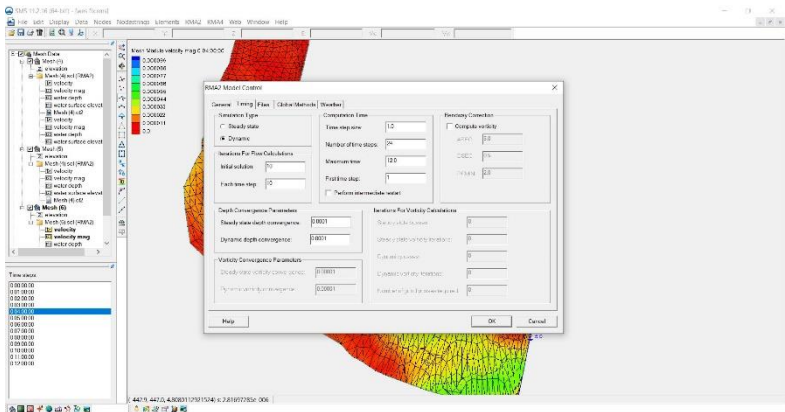
**Gambar 5.56** Renumber mesh

- e. Berikutnya dilakukan model cek untuk memeriksa model yang anda buat, menu ini terletak di `RMA2` menu, jika ada peringatan tertentu dari model cek ini, click peringatan tersebut kemudian akan muncul bagaimana cara memperbaiki kekurangan model anda.

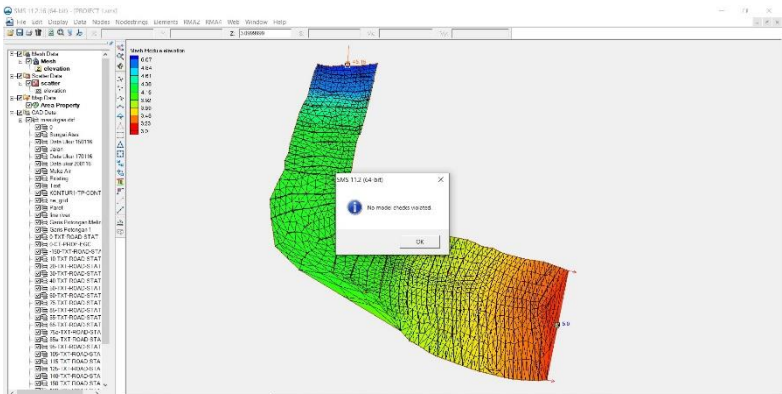


**Gambar 5.57** Model check RMA2

- f. Selanjutnya masuklah ke menu RMA2 Model control dimana pada menu ini anda diharuskan memasukkan jenis analisa yaitu steady state atau dynamic. Kemudian isilah masukkan data waktu yang dilakukan jika anda memilih dynamic analisis, masukkan langkah waktu (time step), total waktu (Num. Time step) dan dimulainya waktu (first time step).



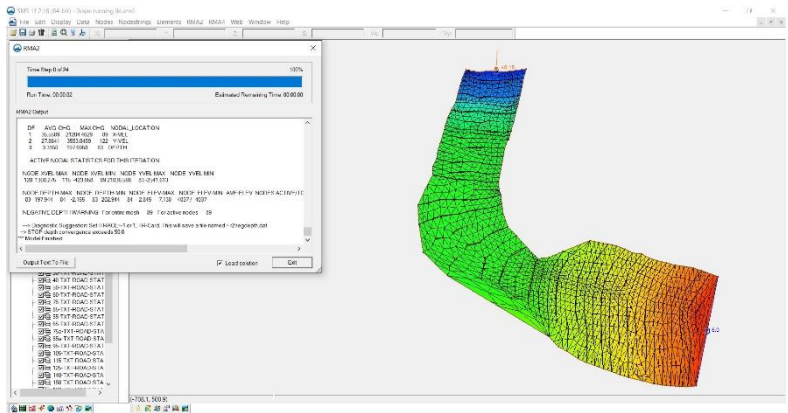
**Gambar 5. 59 Model control RMA2**



**Gambar 5. 58** Dan pastikan tidak ada masalah ketika check ke model check

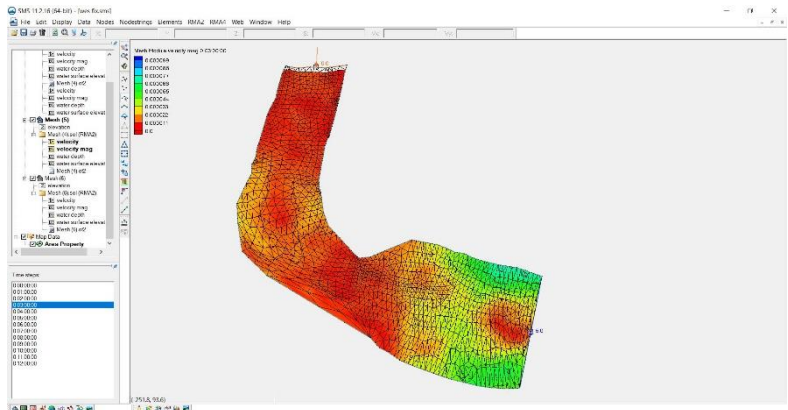


- g. Setelah dilakukan Model Check dan Model control maka selanjutnya model sudah siap di running dengan cara: klik menu RMA2 > Run RMA2 > tunggu sampai proses running selesai.

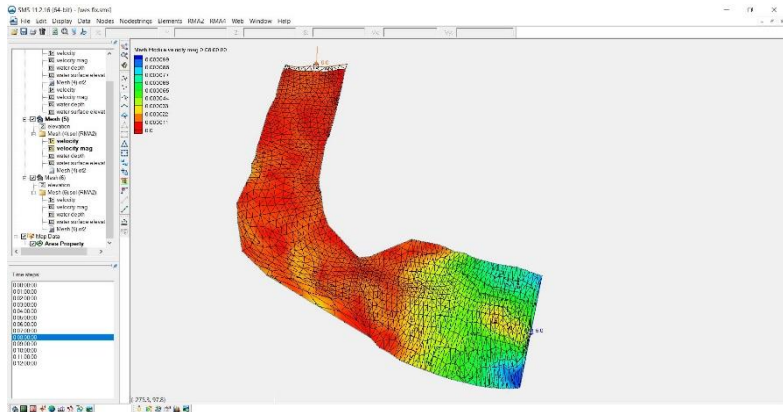


**Gambar 5. 60** Proses running model RMA2

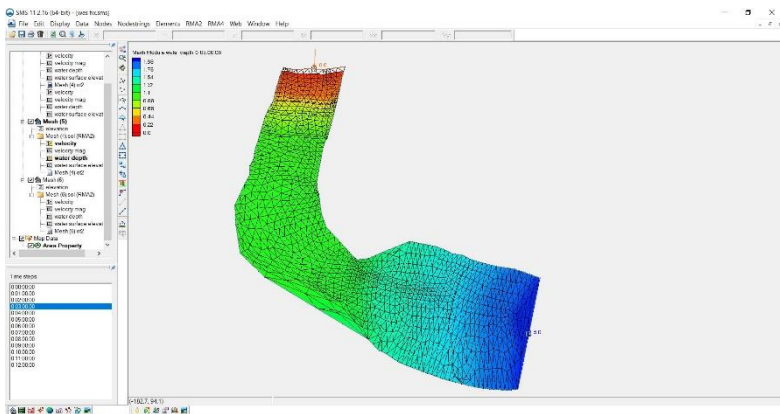
## 5.2.4 Penggambaran Kondisi Arus Sungai Batui Hasil running arus RMA2 (*Steady State Analysis*)



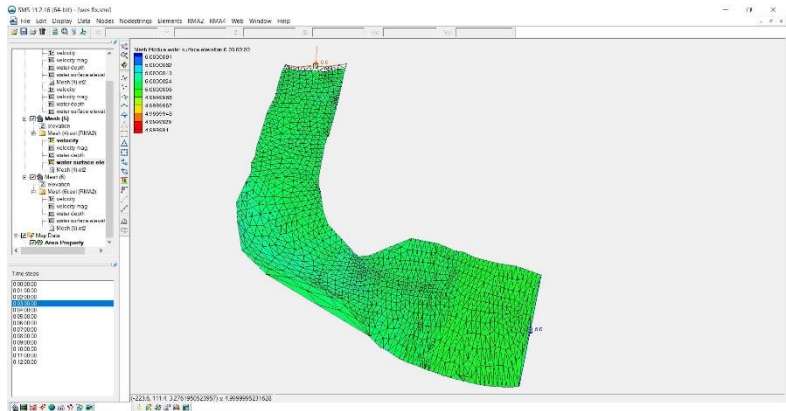
**Gambar 5. 61** Hasil velocity pada jam 03.00



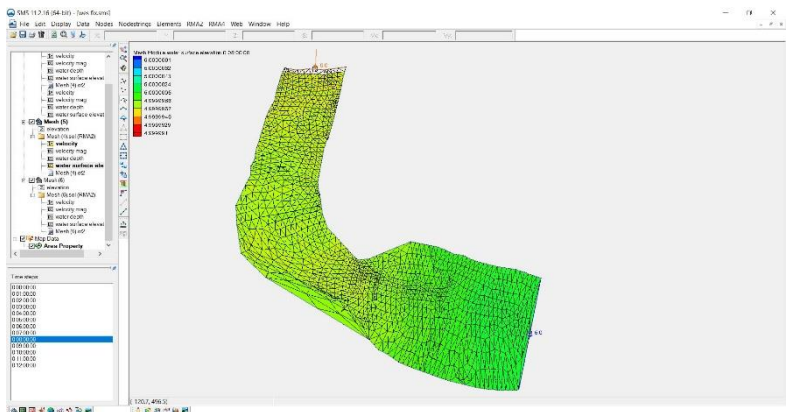
Gambar 5. 62 Hasil velocity pada jam 08.00



Gambar 5. 63 Hasil water depth



Gambar 5. 65 Hasil water surface pada jam 03.00



Gambar 5. 64 Hasil water surface pada jam 08.00

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB VI

## PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan guna menghitung evaluasi kinerja bangunan perlindungan crossing pipa disimpulkan bahwa:

#### A. Analisa Sedimentasi

Perhitungan angkutan sedimen berdasarkan rumus empiris dengan metode Meyer Peter Muller, Kalinske – Frijlink dan Zhou Liou dengan menggunakan debit banjir rencana 25 tahun. Diperoleh hasil total angkutan sedimen dasar atau *bed load* tertinggi terletak pada area 160 meter dari arah hulu bangunan perlindungan crossing pipa sebesar 105,552 m<sup>3</sup>/bulan dengan perubahan elevasi akibat sedimentasi sebesar 0,00032 m. Sedangkan angkutan sedimen dasar terendah terletak pada area 10 meter arah hulu bangunan perlindungan crossing pipa sebesar 50,793 m<sup>3</sup>/bulan dengan perubahan elevasi akibat sedimentasi sebesar 0,00012 m.

#### B. Analisa Stabilitas

Guna mewujudkan syarat – syarat kestabilan konstruksi perlu dilakukan perhitungan gaya – gaya yang bekerja pada suatu bidang. Berikut adalah hasil cek perhitungan keamanan kondisi bangunan perlindungan crossing pipa:

- Stabilitas terhadap penggulingan:  
 $FK_{guling} = 5,8105 > 1,5$  AMAN (OK)
- Stabilitas terhadap penggeseran:  
 $FK_{geser} = 3,3547 > 1,5$  AMAN (OK)
- Stabilitas terhadap daya dukung fondasi:  
 $\sigma_1 = 9,1401 \text{ ton/m}^2 < 100$  AMAN (OK)  
 $\sigma_2 = 19,0595 \text{ ton/m}^2 < 100$  AMAN (OK)

### C. Tata Letak Check Dam

Dengan menggunakan software *ArcGIS* guna mengetahui pola sebaran sedimen yang paling baik yaitu terjadi pada kondisi eksisting, dimana sumbu radian telah sesuai dengan syarat – syarat perencanaan bangunan perlindungan crossing pipa sehingga sedimen yang mengendap tersebar merata tiap pias dalam STA dan tidak mengendap pada beberapa titik saja dengan rerata pertambahan elevasi akibat pengendapan sedimentasi sebesar 0,0003 m.

Pola sebaran sedimen memiliki pola yang relatif tetap dengan membandingkan kondisi eksisting dan kondisi tata letak bangunan yang telah diubah, artinya bila sedimen tersebut dipindahkan maka pola sebaran sedimen kembali terkonsentrasi pada sisi kanan sungai.

## 6.2 Saran

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat banyak sekali kekurangan entah dalam penulisan maupun perhitungan, untuk itu sangat terbuka bagi pembaca untuk mengkritisi bersama atas kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini sehingga dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu teknik sipil khususnya bangunan keairan

## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak. (1995). *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Pedoman Teknis. (2004). *Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai*. Jakarta: Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Ram, G. S. (1989). *Hydrology And Hydraulic System*. New Jersey: Prentic Hall.
- SNI 03-2851. (1991). *Tata Cara Perencanaan Teknis Bendung Penahan Sedimen*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2851. (2015). *Tentang Desain Bangunan Penahan Sedimen*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sosrodarsono, S. (1985). *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta: Airlangga.
- Suharjoko. (2016). *Analisis Tata Letak Krib Yang Baik Pada Belokan Sungai*. Surabaya: Seminar Nasional ATPW IX.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan Cetakan Pertama*. Yogyakarta: Beta Offset.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **LAMPIRAN**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN 1

### Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+020	17	P. 1	1.435	1.165	0.3333	0.0455	0.0231
		P. 2	1.421	2.236	0.3333	0.0455	0.0618
		P. 3	1.402	2.566	0.3333	0.0455	0.0603
		P. 4	1.457	4.439	0.3333	0.0455	0.0641
		P. 5	1.4945	6.486	0.3333	0.0455	0.0622
		P. 6	1.5	7.08	0.3333	0.0455	0.0542
		P. 7	1.5	7.493	0.3333	0.0455	0.0543
		P. 8	1.768	7.658	0.3333	0.0455	0.0544
		P. 9	1.3075	10.674	0.3333	0.0455	0.0540
		P. 10	1.3075	11.499	0.3333	0.0455	0.0538
		P. 11	1.2965	12.209	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 12	1.3115	13.636	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 13	1.407	14.309	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 14	1.451	14.759	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 15	1.466	13.474	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 16	1.0975	7.83	0.3333	0.0455	0.0579
		P. 17	0.923	3.797	0.3333	0.0455	0.0528

Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+030	15	P. 1	2.6011	1.49	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 2	2.6085	3.924	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 3	2.607	6.997	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 4	2.5921	8.48	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 5	2.5911	10.482	0.3333	0.0455	0.0487
		P. 6	2.173	11.279	0.3333	0.0455	0.0579
		P. 7	2.613	13.245	0.3333	0.0455	0.0528
		P. 8	3.253	14.033	0.3333	0.0455	0.0514
		P. 9	2.987	14.564	0.3333	0.0455	0.0491
		P. 10	3.471	15.65	0.3333	0.0455	0.0459
		P. 11	4.568	15.65	0.3333	0.0455	0.0661
		P. 12	4.959	23.816	0.3333	0.0455	0.0596
		P. 13	5.217	25.423	0.3333	0.0455	0.0464
		P. 14	4.938	22.415	0.3333	0.0455	0.0466
		P. 15	3.588	15.291	0.3333	0.0455	0.0487
STA 0+040	13	P. 1	1.017	3.36	0.3333	0.0455	0.0579
		P. 2	1.65	6.817	0.3333	0.0455	0.0528

## Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+040	13	P. 3	1.9	8.876	0.3333	0.0455	0.0514
		P. 4	2.469	11.185	0.3333	0.0455	0.0491
		P. 5	3.7201	13.151	0.3333	0.0455	0.0459
		P. 6	3.427	15.142	0.3333	0.0455	0.0661
		P. 7	3.685	18.009	0.3333	0.0455	0.0596
		P. 8	4.442	20.18	0.3333	0.0455	0.0464
		P. 9	5.886	25.56	0.3333	0.0455	0.0466
		P. 10	7.461	33.409	0.3333	0.0455	0.0465
		P. 11	3.7201	36.156	0.3333	0.0455	0.0548
		P. 12	3.7201	27.964	0.3333	0.0455	0.0489
		P. 13	3.801	11.05	0.3333	0.0455	0.0459
		P. 1	0.5495	3.699	0.3333	0.0455	0.0661
		P. 2	0.883	7.26	0.3333	0.0455	0.0596
STA 0+050	13	P. 3	3.477	10.897	0.3333	0.0455	0.0464
		P. 4	3.397	14.747	0.3333	0.0455	0.0466
		P. 5	3.421	18.782	0.3333	0.0455	0.0465
		P. 6	4.785	22.341	0.3333	0.0455	0.0548

Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+050	13	P. 7	5.601	25.925	0.3333	0.0455	0.0489
		P. 8	6.834	30.742	0.3333	0.0455	0.0457
		P. 9	8.904	38.107	0.3333	0.0455	0.0457
		P. 10	9.77	44.366	0.3333	0.0455	0.0456
		P. 11	8.3	35.77	0.3333	0.0455	0.0497
		P. 12	5.443	20.767	0.3333	0.0455	0.0454
		P. 13	2.938	8.94	0.3333	0.0455	0.0465
STA 0+060	12	P. 1	1.345	4.063	0.3333	0.0455	0.0548
		P. 2	2.534	9.786	0.3333	0.0455	0.0489
		P. 3	3.852	15.8	0.3333	0.0455	0.0457
		P. 4	3.824	22.333	0.3333	0.0455	0.0457
		P. 5	3.883	30.177	0.3333	0.0455	0.0456
		P. 6	9.202	38.739	0.3333	0.0455	0.0497
		P. 7	11.516	51.763	0.3333	0.0455	0.0454
		P. 8	11.766	57.151	0.3333	0.0455	0.0430
		P. 9	10.369	44.938	0.3333	0.0455	0.0413
		P. 10	7.763	33.397	0.3333	0.0455	0.0401

## Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+060	12	P. 11	5.596	22.41	0.3333	0.0455	0.0490
		P. 12	3.368	6.786	0.3333	0.0455	0.0456
STA 0+075	10	P. 1	2.305	6.847	0.3333	0.0455	0.0497
		P. 2	3.993	15.728	0.3333	0.0455	0.0454
		P. 3	5.717	24.268	0.3333	0.0455	0.0430
		P. 4	7.484	32.924	0.3333	0.0455	0.0413
		P. 5	9.19	41.553	0.3333	0.0455	0.0401
		P. 6	10.352	49.476	0.3333	0.0455	0.0490
		P. 7	11.005	53.573	0.3333	0.0455	0.0450
		P. 8	11.005	50.909	0.3333	0.0455	0.0424
		P. 9	9.093	26.501	0.3333	0.0455	0.0407
		P. 10	1.823	1.707	0.3333	0.0455	0.0401
STA 0+085	9	P. 1	2.518	8.646	0.3333	0.0455	0.0490
		P. 2	4.235	16.882	0.3333	0.0455	0.0450
		P. 3	6.23	26.075	0.3333	0.0455	0.0424
		P. 4	8.265	36.239	0.3333	0.0455	0.0407
		P. 5	9.28	45.604	0.3333	0.0455	0.0401

Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+085	9	P. 6	10.015	48.237	0.3333	0.0455	0.0587
		P. 7	10.747	51.913	0.3333	0.0455	0.0476
		P. 8	11.289	55.47	0.3333	0.0455	0.0427
		P. 9	11.289	42.883	0.3333	0.0455	0.0401
STA 0+095	8	P.1	0.949	2.382	0.3333	0.0455	0.0587
		P.2	3.001	9.272	0.3333	0.0455	0.0476
		P.3	5.964	22.053	0.3333	0.0455	0.0427
		P.4	8.647	37.6	0.3333	0.0455	0.0405
		P.5	9.519	41.457	0.3333	0.0455	0.0399
		P.6	10.252	49.428	0.3333	0.0455	0.0734
		P.7	10.976	53.417	0.3333	0.0455	0.0589
		P.8	10.976	27.998	0.3333	0.0455	0.0399
STA 0+105	11	P.1	0.357	0.549	0.3333	0.0455	0.0734
		P.2	0.935	3.249	0.3333	0.0455	0.0589
		P.3	1.285	5.808	0.3333	0.0455	0.0553
		P.4	1.718	6.981	0.3333	0.0455	0.0524
		P.5	4.683	15.59	0.3333	0.0455	0.0443



## Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+105	11	P.6	7.345	31.189	0.3333	0.0455	0.0686
		P.7	7.811	37.889	0.3333	0.0455	0.0581
		P.8	8.378	40.194	0.3333	0.0455	0.0542
		P.9	9.622	44.995	0.3333	0.0455	0.0521
		P.10	10.77	51.189	0.3333	0.0455	0.0510
		P.11	10.77	26.402	0.3333	0.0455	0.0443
STA 0+115	14	P.1	0.468	0.898	0.3333	0.0455	0.0686
		P.2	1.004	3.719	0.3333	0.0455	0.0581
		P.3	1.427	6.071	0.3333	0.0455	0.0542
		P.4	1.77	8.098	0.3333	0.0455	0.0521
		P.5	2.004	9.45	0.3333	0.0455	0.0510
		P.6	2.948	11.02	0.3333	0.0455	0.0682
		P.7	3.788	17.085	0.3333	0.0455	0.0577
		P.8	4.637	21.06	0.3333	0.0455	0.0555
		P.9	5.445	25.474	0.3333	0.0455	0.0528
		P.10	6.841	29.284	0.3333	0.0455	0.0521
		P.11	9.055	40.058	0.3333	0.0455	0.0625

Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+115	14	P.12	9.055	46.159	0.3333	0.0455	0.0573
		P.13	8.641	34.229	0.3333	0.0455	0.0572
		P.14	4.327	9.397	0.3333	0.0455	0.0510
STA 0+125	16	P.1	0.48	1.034	0.3333	0.0455	0.0682
		P.2	1.04	3.821	0.3333	0.0455	0.0577
		P.3	1.268	6.099	0.3333	0.0455	0.0555
		P.4	1.642	7.104	0.3333	0.0455	0.0528
		P.5	1.768	8.683	0.3333	0.0455	0.0521
		P.6	1.836	8.982	0.3333	0.0455	0.0625
		P.7	2.098	9.622	0.3333	0.0455	0.0573
		P.8	2.515	11.533	0.3333	0.0455	0.0572
		P.9	3.244	13.852	0.3333	0.0455	0.0548
		P.10	4.721	19.913	0.3333	0.0455	0.0548
		P.11	6.198	27.296	0.3333	0.0455	0.0645
		P.12	7.167	33.332	0.3333	0.0455	0.0602
		P.13	8.468	39.598	0.3333	0.0455	0.0570
		P.14	8.185	36.726	0.3333	0.0455	0.0570

## Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+125	16	P.15	6.59	33.686	0.3333	0.0455	0.0562
		P.16	6	20.11	0.3333	0.0455	0.0521
STA 0+140	17	P.1	0.707	2.108	0.3333	0.0455	0.0625
		P.2	1.074	4.777	0.3333	0.0455	0.0573
		P.3	1.086	5.372	0.3333	0.0455	0.0572
		P.4	1.343	6.369	0.3333	0.0455	0.0548
		P.5	1.354	6.672	0.3333	0.0455	0.0548
		P.6	1.574	7.318	0.3333	0.0455	0.0645
		P.7	1.941	8.682	0.3333	0.0455	0.0602
		P.8	3.186	12.31	0.3333	0.0455	0.0570
		P.9	4.506	19.639	0.3333	0.0455	0.0570
		P.10	5.063	23.474	0.3333	0.0455	0.0562
		P.11	6.034	27.742	0.3333	0.0455	0.0601
		P.12	6.608	32.019	0.3333	0.0455	0.0532
		P.13	6.717	33.312	0.3333	0.0455	0.0510
		P.14	6.825	33.854	0.3333	0.0455	0.0510
		P.15	6.825	34.047	0.3333	0.0455	0.0510

Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi	Luas Pias	K	Ws	U*
			Muka Air	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup> /s	
			m				
STA 0+140	17	P.16	6.574	24.946	0.3333	0.0455	0.0748
		P.17	2.524	3.239	0.3333	0.0455	0.0548
STA 0+150	19	P.1	0.613	1.487	0.3333	0.0455	0.0645
		P.2	0.842	3.879	0.3333	0.0455	0.0602
		P.3	1.101	4.396	0.3333	0.0455	0.0570
		P.4	1.101	5.507	0.3333	0.0455	0.0570
		P.5	1.188	5.549	0.3333	0.0455	0.0562
		P.6	1.201	5.893	0.3333	0.0455	0.0601
		P.7	1.166	5.679	0.3333	0.0455	0.0532
		P.8	1.67	6.849	0.3333	0.0455	0.0510
		P.9	3.011	12.129	0.3333	0.0455	0.0510
		P.10	3.211	15.554	0.3333	0.0455	0.0510
		P.11	4.11	18.172	0.3333	0.0455	0.0748
		P.12	4.746	22.248	0.3333	0.0455	0.0590
		P.13	4.857	24.329	0.3333	0.0455	0.0542
P.14	4.857	24.669	0.3333	0.0455	0.0532		
P.15	4.857	24.961	0.3333	0.0455	0.0533		

## Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+150	19	P.16	4.857	25.256	0.3333	0.0455	0.0619
		P.17	5.725	27.066	0.3333	0.0455	0.0558
		P.18	6.065	28.367	0.3333	0.0455	0.0526
		P.19	4.558	13.043	0.3333	0.0455	0.0562
STA 0+160	21	P.1	0.849	2.378	0.3333	0.0455	0.0601
		P.2	1.572	6.055	0.3333	0.0455	0.0532
		P.3	1.994	9.254	0.3333	0.0455	0.0510
		P.4	1.994	10.076	0.3333	0.0455	0.0510
		P.5	1.994	9.917	0.3333	0.0455	0.0510
		P.6	1.994	9.536	0.3333	0.0455	0.0748
		P.7	1.994	9.414	0.3333	0.0455	0.0590
		P.8	1.994	9.414	0.3333	0.0455	0.0542
		P.9	2.33	9.733	0.3333	0.0455	0.0532
		P.10	2.54	12.295	0.3333	0.0455	0.0533
		P.11	2.936	13.28	0.3333	0.0455	0.0619
		P.12	3.571	16.431	0.3333	0.0455	0.0558
		P.13	3.993	19.16	0.3333	0.0455	0.0526

Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+160	21	P.14	3.993	19.995	0.3333	0.0455	0.0526
		P.15	4.15	20.116	0.3333	0.0455	0.0543
		P.16	4.769	22.297	0.3333	0.0455	0.0745
		P.17	5.387	25.39	0.3333	0.0455	0.0605
		P.18	5.89	28.063	0.3333	0.0455	0.0560
		P.19	6.048	29.562	0.3333	0.0455	0.0538
		P.20	6.132	28.634	0.3333	0.0455	0.0540
		P.21	4.515	13.787	0.3333	0.0455	0.0510
STA 0+170	22	P.1	0.332	0.435	0.3333	0.0455	0.0748
		P.2	0.926	3.206	0.3333	0.0455	0.0590
		P.3	1.432	5.945	0.3333	0.0455	0.0542
		P.4	1.572	7.79	0.3333	0.0455	0.0532
		P.5	1.57	7.481	0.3333	0.0455	0.0533
		P.6	1.379	6.281	0.3333	0.0455	0.0619
		P.7	1.162	5.493	0.3333	0.0455	0.0558
		P.8	1.035	4.811	0.3333	0.0455	0.0526
		P.9	0.883	4.018	0.3333	0.0455	0.0526

## Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+180	22	P.6	1.184	5.58	0.3333	0.0455	0.0745
		P.7	1.055	4.951	0.3333	0.0455	0.0605
		P.8	0.925	4.296	0.3333	0.0455	0.0560
		P.9	0.794	3.695	0.3333	0.0455	0.0538
		P.10	0.794	3.617	0.3333	0.0455	0.0540
		P.11	0.794	4.05	0.3333	0.0455	0.0596
		P.12	1.174	5.256	0.3333	0.0455	0.0566
		P.13	1.272	6.109	0.3333	0.0455	0.0530
		P.14	1.577	7.198	0.3333	0.0455	0.0505
		P.15	1.511	6.337	0.3333	0.0455	0.0505
		P.16	1.063	4.818	0.3333	0.0455	0.0499
		P.17	1.419	5.853	0.3333	0.0455	0.0506
		P.18	1.939	8.39	0.3333	0.0455	0.0512
		P.19	2.508	10.517	0.3333	0.0455	0.0519
P.20	3.174	14.173	0.3333	0.0455	0.0526		
P.21	3.223	15.435	0.3333	0.0455	0.0519		
P.22	2.707	6.529	0.3333	0.0455	0.0543		

### Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+190	24	P.1	0.336	0.759	0.3333	0.0455	0.0745
		P.2	0.826	2.906	0.3333	0.0455	0.0605
		P.3	1.206	5.293	0.3333	0.0455	0.0560
		P.4	1.485	6.579	0.3333	0.0455	0.0538
		P.5	1.463	6.645	0.3333	0.0455	0.0540
		P.6	1.2	5.628	0.3333	0.0455	0.0596
		P.7	1.052	4.887	0.3333	0.0455	0.0566
		P.8	0.903	4.149	0.3333	0.0455	0.0530
		P.9	0.759	3.579	0.3333	0.0455	0.0505
		P.10	0.797	3.678	0.3333	0.0455	0.0505
		P.11	0.946	4.352	0.3333	0.0455	0.0499
		P.12	1.098	5.109	0.3333	0.0455	0.0506
		P.13	1.206	5.836	0.3333	0.0455	0.0512
		P.14	1.206	6.028	0.3333	0.0455	0.0519
		P.15	1.206	5.617	0.3333	0.0455	0.0526
		P.16	0.971	3.929	0.3333	0.0455	0.0519
		P.17	0.603	2.153	0.3333	0.0455	0.0512



## Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi	Luas Pias	K	Ws	U*
			Muka Air			m <sup>2</sup>	
			m				
STA 0+190	24	P.18	0.787	2.827	0.3333	0.0455	0.0505
		P.19	1.447	5.552	0.3333	0.0455	0.0504
		P.20	2.122	8.924	0.3333	0.0455	0.0506
		P.21	2.277	11.191	0.3333	0.0455	0.0516
		P.22	2.277	11.041	0.3333	0.0455	0.0528
		P.23	2.206	7.87	0.3333	0.0455	0.0551
		P.24	0.7	0.672	0.3333	0.0455	0.0540
STA 0+200	25	P.1	0.881	1.609	0.3333	0.0455	0.0596
		P.2	1.144	5.451	0.3333	0.0455	0.0566
		P.3	1.62	6.878	0.3333	0.0455	0.0530
		P.4	2.109	9.322	0.3333	0.0455	0.0505
		P.5	2.109	10.712	0.3333	0.0455	0.0505
		P.6	2.247	10.841	0.3333	0.0455	0.0499
		P.7	2.096	10.107	0.3333	0.0455	0.0506
		P.8	1.949	9.392	0.3333	0.0455	0.0512
		P.9	1.808	8.684	0.3333	0.0455	0.0519
		P.10	1.677	8.247	0.3333	0.0455	0.0526

### Perhitungan settling velocity

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	K	Ws m <sup>2</sup> /s	U*
STA 0+200	25	P.11	1.817	8.732	0.3333	0.0455	0.0519
		P.12	1.958	9.437	0.3333	0.0455	0.0512
		P.13	2.1	10.144	0.3333	0.0455	0.0505
		P.14	2.144	10.657	0.3333	0.0455	0.0504
		P.15	2.093	9.91	0.3333	0.0455	0.0506
		P.16	1.871	8.808	0.3333	0.0455	0.0516
		P.17	1.644	7.624	0.3333	0.0455	0.0528
		P.18	1.309	5.809	0.3333	0.0455	0.0551
		P.19	1.04	4.657	0.3333	0.0455	0.0577
		P.20	1.666	6.672	0.3333	0.0455	0.0527
		P.21	2.569	10.587	0.3333	0.0455	0.0488
		P.22	3.144	14.797	0.3333	0.0455	0.0472
		P.23	3.105	14.101	0.3333	0.0455	0.0473
		P.24	2.553	10.725	0.3333	0.0455	0.0489
		P.25	1.474	3.534	0.3333	0.0455	0.0539

## LAMPIRAN 2

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+020	17	P.1	1.435	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	1.421	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	1.402	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	1.457	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	1.4945	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	1.5	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	1.5	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	1.768	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	1.3075	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	1.3075	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	1.2965	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	1.3115	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	1.407	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	1.451	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	1.466	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	1.0975	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	0.923	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+030	15	P.1	2.6011	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	2.6085	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	2.607	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	2.5921	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	2.5911	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	2.173	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	2.613	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.253	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	2.987	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	3.471	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	4.568	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	4.959	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	5.217	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	4.938	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	3.588	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+040	13	P.1	1.0170	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	1.65	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s		
STA 0+040	13	P.3	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.4	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.5	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.6	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.7	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.8	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.9	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.10	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.11	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.12	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		P.13	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
		STA 0+050	13	P.1	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
				P.2	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
P.3	3.4770			18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
P.4	3.3970			18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
P.5	3.4210			18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
P.6	4.7850			18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+050	13	P.7	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+060	12	P.1	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+060	12	P.11	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+075	10	P.1	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+085	9	P.1	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+085	9	P.6	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+095	8	P.1	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+105	11	P.1	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118



## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+105	11	P.6	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+115	14	P.1	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+115	14	P.12	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+125	16	P.1	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+125	16	P.15	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+140	17	P.1	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+140	17	P.16	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+150	19	P.1	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+150	19	P.16	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.18	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.19	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+160	21	P.1	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+160	21	P.14	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.18	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.19	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.20	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.21	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+170	22	P.1	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+170	22	P.10	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.18	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.19	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.20	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.21	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
P.22	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
STA 0+180	22	P.1	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+180	22	P.6	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.18	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.19	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
P.20	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
P.21	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		
P.22	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118		



## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+190	24	P.1	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.11	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+190	24	P.18	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.19	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.20	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.21	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.22	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.23	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.24	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
STA 0+200	25	P.1	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.2	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.3	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.4	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.5	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.6	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.7	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.8	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.9	3.4210	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.10	4.7850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

## Perhitungan threshold sediment

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	S* m	Log S*	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	U* m/s
STA 0+200	25	P.11	1.9000	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.12	2.4690	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.13	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.14	3.4270	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.15	3.6850	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.16	4.4420	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.17	5.8860	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.18	7.4610	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.19	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.20	3.7201	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.21	3.8010	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.22	0.5495	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.23	0.8830	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.24	3.4770	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118
		P.25	3.3970	18.8120	1.2744	0.0176	0.0118

### LAMPIRAN 3

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+020	17	P.1	1.435	1.165	1.964	5.639	0.00025	0.896	645.019
		P.2	1.421	2.236	1.968	5.659	0.00025	0.899	647.410
		P.3	1.402	2.566	1.974	5.688	0.00025	0.904	650.714
		P.4	1.457	4.439	1.957	5.606	0.00025	0.891	641.335
		P.5	1.4945	6.486	1.946	5.553	0.00025	0.882	635.251
		P.6	1.5	7.08	1.944	5.546	0.00024	0.881	634.379
		P.7	1.5	7.493	1.944	5.546	0.00024	0.881	634.379
		P.8	1.768	7.658	1.876	5.220	0.00023	0.829	597.111
		P.9	1.3075	10.674	2.005	5.841	0.00026	0.928	668.256
		P.10	1.3075	11.499	2.005	5.841	0.00026	0.928	668.256
		P.11	1.2965	12.209	2.009	5.860	0.00026	0.931	670.428
		P.12	1.3115	13.636	2.004	5.835	0.00026	0.927	667.473

## Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+020	17	P.13	1.407	14.309	1.972	5.681	0.00025	0.903	649.838
		P.14	1.451	14.759	1.959	5.615	0.00025	0.892	642.331
		P.15	1.466	13.474	1.954	5.593	0.00025	0.889	639.852
		P.16	1.0975	7.83	2.086	6.254	0.00028	0.994	715.518
		P.17	0.923	3.797	2.171	6.707	0.00030	1.066	767.366
STA 0+030	15	P.1	2.6011	1.49	1.728	4.560	0.00020	0.724	521.497
		P.2	2.6085	3.924	1.727	4.556	0.00020	0.724	520.995
		P.3	2.607	6.997	1.727	4.557	0.00020	0.724	521.097
		P.4	2.5921	8.48	1.729	4.565	0.00020	0.725	522.111
		P.5	2.5911	10.482	1.729	4.566	0.00020	0.725	522.179
		P.6	2.173	11.279	1.794	4.851	0.00021	0.771	554.815
		P.7	2.613	13.245	1.726	4.553	0.00020	0.723	520.691

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+030	15	P.8	3.253	14.033	1.650	4.233	0.00019	0.672	484.083
		P.9	2.987	14.564	1.679	4.354	0.00019	0.691	497.865
		P.10	3.471	15.65	1.628	4.145	0.00018	0.658	473.983
		P.11	4.568	15.65	1.541	3.801	0.00017	0.604	434.532
		P.12	4.959	23.816	1.517	3.706	0.00016	0.588	423.687
		P.13	5.217	25.423	1.502	3.649	0.00016	0.579	417.191
		P.14	4.938	22.415	1.518	3.711	0.00016	0.589	424.237
		P.15	3.588	15.291	1.617	4.101	0.00018	0.651	468.942
STA 0+040	13	P.1	1.017	3.36	2.123	6.447	0.00028	1.025	737.660
		P.2	1.65	6.817	1.904	5.353	0.00024	0.851	612.361
		P.3	1.9	8.876	1.847	5.087	0.00022	0.808	581.813
		P.4	2.469	11.185	1.747	4.642	0.00020	0.737	530.839

## Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+040	13	P.5	3.7201	13.151	1.606	4.054	0.00018	0.644	463.535
		P.6	3.427	15.142	1.633	4.162	0.00018	0.661	475.944
		P.7	3.685	18.009	1.609	4.066	0.00018	0.646	464.944
		P.8	4.442	20.18	1.550	3.834	0.00017	0.609	438.320
		P.9	5.886	25.56	1.467	3.519	0.00016	0.559	402.325
		P.10	7.461	33.409	1.403	3.284	0.00014	0.521	375.330
		P.11	3.7201	36.156	1.606	4.054	0.00018	0.644	463.535
		P.12	3.7201	27.964	1.606	4.054	0.00018	0.644	463.535
		P.13	3.801	11.05	1.599	4.026	0.00018	0.639	460.362
STA 0+050	13	P.1	0.5495	3.699	2.461	8.401	0.00037	1.335	961.401
		P.2	0.883	7.26	2.194	6.831	0.00030	1.085	781.536
		P.3	3.477	10.897	1.628	4.143	0.00018	0.658	473.718

## Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+050	13	P.4	3.397	14.747	1.635	4.174	0.00018	0.663	477.303
		P.5	3.421	18.782	1.633	4.165	0.00018	0.661	476.215
		P.6	4.785	22.341	1.527	3.747	0.00017	0.595	428.353
		P.7	5.601	25.925	1.481	3.572	0.00016	0.567	408.342
		P.8	6.834	30.742	1.426	3.368	0.00015	0.535	384.998
		P.9	8.904	38.107	1.357	3.123	0.00014	0.496	356.927
		P.10	9.77	44.366	1.334	3.043	0.00013	0.483	347.803
		P.11	8.3	35.77	1.375	3.185	0.00014	0.506	364.073
		P.12	5.443	20.767	1.490	3.603	0.00016	0.572	411.873
		P.13	2.938	8.94	1.685	4.378	0.00019	0.695	500.606
STA 0+060	12	P.1	1.345	4.063	1.992	5.779	0.00026	0.918	661.063
		P.2	2.534	9.786	1.737	4.601	0.00020	0.731	526.150

Perhitungan bed load transport



No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+060	12	P.3	3.852	15.8	1.595	4.009	0.00018	0.637	458.413
		P.4	3.824	22.333	1.597	4.019	0.00018	0.638	459.479
		P.5	3.883	30.177	1.592	3.999	0.00018	0.635	457.247
		P.6	9.202	38.739	1.349	3.094	0.00014	0.491	353.651
		P.7	11.516	51.763	1.295	2.910	0.00013	0.462	332.476
		P.8	11.766	57.151	1.290	2.893	0.00013	0.459	330.549
		P.9	10.369	44.938	1.320	2.994	0.00013	0.475	342.136
		P.10	7.763	33.397	1.392	3.247	0.00014	0.515	371.078
		P.11	5.596	22.41	1.482	3.573	0.00016	0.567	408.452
		P.12	3.368	6.786	1.638	4.186	0.00018	0.665	478.634
STA 0+075	10	P.1	2.305	6.847	1.772	4.753	0.00021	0.755	543.546
		P.2	3.993	15.728	1.583	3.964	0.00017	0.629	453.216

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan		
STA 0+075	10	P.3	5.717	24.268	1.476	3.550	0.00016	0.564	405.841		
		P.4	7.484	32.924	1.402	3.281	0.00014	0.521	374.997		
		P.5	9.19	41.553	1.349	3.096	0.00014	0.491	353.780		
		P.6	10.352	49.476	1.320	2.995	0.00013	0.475	342.291		
		P.7	11.005	53.573	1.306	2.946	0.00013	0.468	336.604		
		P.8	11.005	50.909	1.306	2.946	0.00013	0.468	336.604		
		P.9	9.093	26.501	1.352	3.105	0.00014	0.493	354.832		
		P.10	1.823	1.707	1.863	5.163	0.00023	0.820	590.530		
		STA 0+085	9	P.1	2.518	8.646	1.739	4.611	0.00020	0.732	527.287
				P.2	4.235	16.882	1.565	3.891	0.00017	0.618	444.899
P.3	6.23			26.075	1.451	3.461	0.00015	0.549	395.599		
P.4	8.265			36.239	1.376	3.189	0.00014	0.506	364.510		

## Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+085	9	P.5	9.28	45.604	1.347	3.087	0.00014	0.490	352.818
		P.6	10.015	48.237	1.328	3.023	0.00013	0.480	345.428
		P.7	10.747	51.913	1.311	2.965	0.00013	0.471	338.793
		P.8	11.289	55.47	1.300	2.925	0.00013	0.464	334.277
		P.9	11.289	42.883	1.300	2.925	0.00013	0.464	334.277
STA 0+105	11	P.1	0.949	2.382	2.157	6.631	0.00029	1.054	758.676
		P.2	3.001	9.272	1.677	4.347	0.00019	0.690	497.095
		P.3	5.964	22.053	1.464	3.506	0.00015	0.557	400.751
		P.4	8.647	37.6	1.365	3.149	0.00014	0.500	359.881
		P.5	9.519	41.457	1.341	3.065	0.00014	0.487	350.326
		P.6	10.252	49.428	1.323	3.003	0.00013	0.477	343.206
		P.7	10.976	53.417	1.306	2.948	0.00013	0.468	336.847

## Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+105	11	P.1	0.357	0.549	2.747	10.351	0.00046	1.646	1184.787
		P.2	0.935	3.249	2.165	6.671	0.00029	1.060	763.307
		P.3	1.285	5.808	2.013	5.881	0.00026	0.934	672.729
		P.4	1.718	6.981	1.887	5.275	0.00023	0.838	603.375
		P.5	4.683	15.59	1.534	3.772	0.00017	0.599	431.205
		P.6	7.345	31.189	1.407	3.299	0.00015	0.524	377.029
		P.7	7.811	37.889	1.391	3.241	0.00014	0.514	370.424
		P.8	8.378	40.194	1.373	3.177	0.00014	0.504	363.109
		P.9	9.622	44.995	1.338	3.056	0.00013	0.485	349.280
		P.10	10.77	51.189	1.311	2.963	0.00013	0.470	338.595
		P.11	10.77	26.402	1.311	2.963	0.00013	0.470	338.595

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+115	14	P.1	0.468	0.898	2.562	9.057	0.00040	1.440	1036.539
		P.2	1.004	3.719	2.129	6.481	0.00029	1.030	741.500
		P.3	1.427	6.071	1.966	5.650	0.00025	0.898	646.381
		P.4	1.77	8.098	1.875	5.218	0.00023	0.829	596.867
		P.5	2.004	9.45	1.826	4.991	0.00022	0.793	570.866
		P.6	2.948	11.02	1.684	4.373	0.00019	0.695	500.041
		P.7	3.788	17.085	1.600	4.031	0.00018	0.640	460.866
		P.8	4.637	21.06	1.537	3.783	0.00017	0.601	432.521
		P.9	5.445	25.474	1.490	3.602	0.00016	0.572	411.828
		P.10	6.841	29.284	1.426	3.367	0.00015	0.535	384.883
		P.11	9.055	40.058	1.353	3.108	0.00014	0.493	355.248
		P.12	9.055	46.159	1.353	3.108	0.00014	0.493	355.248

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+115	14	P.13	8.641	34.229	1.365	3.149	0.00014	0.500	359.951
		P.14	4.327	9.397	1.558	3.865	0.00017	0.614	441.918
STA 0+125	16	P.1	0.48	1.034	2.545	8.948	0.00040	1.422	1024.117
		P.2	1.04	3.821	2.112	6.390	0.00028	1.015	731.054
		P.3	1.268	6.099	2.019	5.911	0.00026	0.939	676.192
		P.4	1.642	7.104	1.906	5.363	0.00024	0.852	613.456
		P.5	1.768	8.683	1.876	5.220	0.00023	0.829	597.111
		P.6	1.836	8.982	1.860	5.150	0.00023	0.818	589.019
		P.7	2.098	9.622	1.808	4.911	0.00022	0.780	561.694
		P.8	2.515	11.533	1.740	4.613	0.00020	0.733	527.502
		P.9	3.244	13.852	1.651	4.237	0.00019	0.673	484.522
		P.10	4.721	19.913	1.532	3.762	0.00017	0.597	430.132

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+125	16	P.11	6.198	27.296	1.453	3.466	0.00015	0.550	396.202
		P.12	7.167	33.332	1.413	3.322	0.00015	0.527	379.712
		P.13	8.468	39.598	1.370	3.167	0.00014	0.503	362.013
		P.14	8.185	36.726	1.379	3.198	0.00014	0.508	365.518
		P.15	6.59	33.686	1.436	3.404	0.00015	0.540	389.112
		P.16	6	20.11	1.462	3.499	0.00015	0.556	400.034
STA 0+140	17	P.1	0.707	2.108	2.313	7.506	0.00033	1.193	858.922
		P.2	1.074	4.777	2.096	6.308	0.00028	1.002	721.707
		P.3	1.086	5.372	2.091	6.280	0.00028	0.998	718.520
		P.4	1.343	6.369	1.993	5.782	0.00026	0.919	661.439
		P.5	1.354	6.672	1.989	5.764	0.00025	0.916	659.384
		P.6	1.574	7.318	1.924	5.447	0.00024	0.865	623.109

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+140	17	P.7	1.941	8.682	1.838	5.048	0.00022	0.802	577.390
		P.8	3.186	12.31	1.657	4.262	0.00019	0.677	487.392
		P.9	4.506	19.639	1.546	3.817	0.00017	0.606	436.377
		P.10	5.063	23.474	1.511	3.683	0.00016	0.585	421.010
		P.11	6.034	27.742	1.460	3.494	0.00015	0.555	399.363
		P.12	6.608	32.019	1.435	3.401	0.00015	0.540	388.801
		P.13	6.717	33.312	1.431	3.385	0.00015	0.537	386.944
		P.14	6.825	33.854	1.426	3.369	0.00015	0.535	385.146
		P.15	6.825	34.047	1.426	3.369	0.00015	0.535	385.146
		P.16	6.574	24.946	1.437	3.407	0.00015	0.541	389.389
P.17	2.524	3.239	1.739	4.607	0.00020	0.732	526.860		

Perhitungan bed load transport



No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+150	19	P.1	0.613	1.487	2.395	7.994	0.00035	1.271	914.798
		P.2	0.842	3.879	2.219	6.967	0.00031	1.107	797.184
		P.3	1.101	4.396	2.085	6.246	0.00028	0.993	714.615
		P.4	1.101	5.507	2.085	6.246	0.00028	0.993	714.615
		P.5	1.188	5.549	2.049	6.062	0.00027	0.963	693.528
		P.6	1.201	5.893	2.044	6.036	0.00027	0.959	690.587
		P.7	1.166	5.679	2.057	6.107	0.00027	0.970	698.624
		P.8	1.67	6.849	1.899	5.330	0.00024	0.847	609.659
		P.9	3.011	12.129	1.676	4.342	0.00019	0.690	496.548
		P.10	3.211	15.554	1.654	4.251	0.00019	0.675	486.146
		P.11	4.11	18.172	1.574	3.928	0.00017	0.624	449.105
		P.12	4.746	22.248	1.530	3.756	0.00017	0.596	429.433

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+150	19	P.13	4.857	24.329	1.523	3.730	0.00016	0.592	426.393
		P.14	4.857	24.669	1.523	3.730	0.00016	0.592	426.393
		P.15	4.857	24.961	1.523	3.730	0.00016	0.592	426.393
		P.16	4.857	25.256	1.523	3.730	0.00016	0.592	426.393
		P.17	5.725	27.066	1.475	3.549	0.00016	0.563	405.671
		P.18	6.065	28.367	1.459	3.488	0.00015	0.554	398.756
		P.19	4.558	13.043	1.542	3.803	0.00017	0.604	434.827
STA 0+160	21	P.1	0.849	2.378	2.214	6.943	0.00031	1.103	794.425
		P.2	1.572	6.055	1.924	5.450	0.00024	0.866	623.402
		P.3	1.994	9.254	1.828	5.000	0.00022	0.794	571.880
		P.4	1.994	10.076	1.828	5.000	0.00022	0.794	571.880
		P.5	1.994	9.917	1.828	5.000	0.00022	0.794	571.880

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+160	21	P.6	1.994	9.536	1.828	5.000	0.00022	0.794	571.880
		P.7	1.994	9.414	1.828	5.000	0.00022	0.794	571.880
		P.8	1.994	9.414	1.828	5.000	0.00022	0.794	571.880
		P.9	2.33	9.733	1.768	4.735	0.00021	0.752	541.521
		P.10	2.54	12.295	1.736	4.597	0.00020	0.730	525.727
		P.11	2.936	13.28	1.685	4.379	0.00019	0.695	500.719
		P.12	3.571	16.431	1.619	4.107	0.00018	0.652	469.659
		P.13	3.993	19.16	1.583	3.964	0.00017	0.629	453.216
		P.14	3.993	19.995	1.583	3.964	0.00017	0.629	453.216
		P.15	4.15	20.116	1.571	3.916	0.00017	0.622	447.739
P.16	4.769	22.297	1.528	3.751	0.00017	0.596	428.794		
P.17	5.387	25.39	1.493	3.614	0.00016	0.574	413.161		

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+160	21	P.18	5.89	28.063	1.467	3.519	0.00016	0.559	402.243
		P.19	6.048	29.562	1.460	3.491	0.00015	0.554	399.089
		P.20	6.132	28.634	1.456	3.477	0.00015	0.552	397.460
		P.21	4.515	13.787	1.545	3.814	0.00017	0.606	436.106
STA 0+170	22	P.1	0.332	0.435	2.801	10.745	0.00047	1.708	1229.957
		P.2	0.926	3.206	2.170	6.698	0.00030	1.064	766.343
		P.3	1.432	5.945	1.965	5.643	0.00025	0.897	645.528
		P.4	1.572	7.79	1.924	5.450	0.00024	0.866	623.402
		P.5	1.57	7.481	1.925	5.452	0.00024	0.866	623.697
		P.6	1.379	6.281	1.981	5.724	0.00025	0.909	654.809
		P.7	1.162	5.493	2.059	6.115	0.00027	0.972	699.566
		P.8	1.035	4.811	2.114	6.402	0.00028	1.017	732.470

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+170	22	P.9	0.883	4.018	2.194	6.831	0.00030	1.085	781.536
		P.10	0.724	3.521	2.300	7.429	0.00033	1.181	850.115
		P.11	0.978	3.88	2.142	6.550	0.00029	1.041	749.426
		P.12	1.492	6.174	1.947	5.557	0.00025	0.883	635.649
		P.13	1.727	8.395	1.885	5.265	0.00023	0.836	602.227
		P.14	2.247	9.947	1.782	4.795	0.00021	0.762	548.373
		P.15	2.685	12.329	1.716	4.511	0.00020	0.717	515.928
		P.16	3.031	14.456	1.674	4.333	0.00019	0.688	495.462
		P.17	3.031	15.42	1.674	4.333	0.00019	0.688	495.462
		P.18	3.031	15.892	1.674	4.333	0.00019	0.688	495.462
		P.19	3.317	16	1.643	4.207	0.00019	0.668	481.016
P.20	3.87	17.924	1.593	4.003	0.00018	0.636	457.734		

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+180	22	P.1	0.74	2.61	2.288	7.360	0.00032	1.170	842.131
		P.2	1.223	4.978	2.035	5.994	0.00026	0.952	685.723
		P.3	1.675	7.238	1.898	5.324	0.00023	0.846	608.992
		P.4	1.675	7.747	1.898	5.324	0.00023	0.846	608.992
		P.5	1.42	6.457	1.968	5.661	0.00025	0.899	647.582
		P.6	1.184	5.58	2.050	6.070	0.00027	0.965	694.443
		P.7	1.055	4.951	2.105	6.353	0.00028	1.010	726.871
		P.8	0.925	4.296	2.170	6.701	0.00030	1.065	766.683
		P.9	0.794	3.695	2.250	7.142	0.00032	1.135	817.158
		P.10	0.794	3.617	2.250	7.142	0.00032	1.135	817.158
		P.11	0.794	4.05	2.250	7.142	0.00032	1.135	817.158
		P.12	1.174	5.256	2.054	6.090	0.00027	0.968	696.753

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$tb$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+180	22	P.13	1.272	6.109	2.017	5.904	0.00026	0.938	675.371
		P.14	1.577	7.198	1.923	5.443	0.00024	0.865	622.669
		P.15	1.511	6.337	1.941	5.531	0.00024	0.879	632.649
		P.16	1.063	4.818	2.101	6.334	0.00028	1.006	724.679
		P.17	1.419	5.853	1.969	5.662	0.00025	0.900	647.754
		P.18	1.939	8.39	1.839	5.050	0.00022	0.802	577.602
		P.19	2.508	10.517	1.741	4.617	0.00020	0.733	528.004
		P.20	3.174	14.173	1.658	4.268	0.00019	0.678	487.996
		P.21	3.223	15.435	1.653	4.246	0.00019	0.674	485.552
		P.22	2.707	6.529	1.713	4.499	0.00020	0.715	514.510
STA 0+190	24	P.1	0.336	0.759	2.792	10.679	0.00047	1.698	1222.330
		P.2	0.826	2.906	2.229	7.023	0.00031	1.116	803.631

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+190	24	P.3	1.206	5.293	2.042	6.027	0.00027	0.958	689.469
		P.4	1.485	6.579	1.949	5.567	0.00025	0.884	636.770
		P.5	1.463	6.645	1.955	5.598	0.00025	0.889	640.345
		P.6	1.2	5.628	2.044	6.038	0.00027	0.959	690.812
		P.7	1.052	4.887	2.106	6.360	0.00028	1.011	727.700
		P.8	0.903	4.149	2.183	6.768	0.00030	1.075	774.324
		P.9	0.759	3.579	2.274	7.280	0.00032	1.157	833.012
		P.10	0.797	3.678	2.248	7.130	0.00031	1.133	815.852
		P.11	0.946	4.352	2.159	6.640	0.00029	1.055	759.659
		P.12	1.098	5.109	2.086	6.253	0.00028	0.994	715.389
		P.13	1.206	5.836	2.042	6.027	0.00027	0.958	689.469
		P.14	1.206	6.028	2.042	6.027	0.00027	0.958	689.469

Perhitungan bed load transport



No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
		P.15	1.206	5.617	2.042	6.027	0.00027	0.958	689.469
		P.16	0.971	3.929	2.146	6.569	0.00029	1.044	751.618
		P.17	0.603	2.153	2.405	8.053	0.00036	1.280	921.588
STA 0+190	24	P.18	0.787	2.827	2.255	7.168	0.00032	1.139	820.236
		P.19	1.447	5.552	1.960	5.621	0.00025	0.893	642.998
		P.20	2.122	8.924	1.803	4.891	0.00022	0.777	559.452
		P.21	2.277	11.191	1.777	4.773	0.00021	0.758	545.853
		P.22	2.277	11.041	1.777	4.773	0.00021	0.758	545.853
		P.23	2.206	7.87	1.789	4.826	0.00021	0.767	551.902
		P.24	0.7	0.672	2.319	7.539	0.00033	1.198	862.651
STA 0+200	25	P.1	0.881	1.609	2.195	6.837	0.00030	1.086	782.272
		P.2	1.144	5.451	2.066	6.152	0.00027	0.978	703.874

Perhitungan bed load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	Tinggi Muka Air m	Luas Pias m <sup>2</sup>	$\tau'b$	$\tau b$	qb m <sup>3</sup> /det	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Volume Sedimen/ bulan m <sup>3</sup> / bulan
STA 0+200	25	P.3	1.62	6.878	1.912	5.390	0.00024	0.856	616.510
		P.4	2.109	9.322	1.806	4.902	0.00022	0.779	560.662
		P.5	2.109	10.712	1.806	4.902	0.00022	0.779	560.662
		P.6	2.247	10.841	1.782	4.795	0.00021	0.762	548.373
		P.7	2.096	10.107	1.808	4.913	0.00022	0.780	561.883
		P.8	1.949	9.392	1.837	5.041	0.00022	0.801	576.543
		P.9	1.808	8.684	1.867	5.178	0.00023	0.823	592.294
		P.10	1.677	8.247	1.897	5.322	0.00023	0.845	608.725
		P.11	1.817	8.732	1.865	5.169	0.00023	0.821	591.233
		P.12	1.958	9.437	1.835	5.032	0.00022	0.799	575.598
		P.13	2.1	10.144	1.807	4.909	0.00022	0.780	561.506
		P.14	2.144	10.657	1.800	4.874	0.00022	0.774	557.431

**LAMPIRAN 4**

Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+010	18	P. 1	0.0176	0.002	0.3033	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	2.1728	0.0118	4.6191
		P. 3	0.0176	0.002	2.0718	0.0118	4.6191
		P. 4	0.0176	0.002	2.3380	0.0118	4.6191
		P. 5	0.0176	0.002	2.1997	0.0118	4.6191
		P. 6	0.0176	0.002	2.6975	0.0118	4.6191
		P. 7	0.0176	0.002	2.3915	0.0118	4.6191
		P. 8	0.0176	0.002	2.3915	0.0118	4.6191
		P. 9	0.0176	0.002	2.5559	0.0118	4.6191
		P. 10	0.0176	0.002	2.6009	0.0118	4.6191
		P. 11	0.0176	0.002	2.4323	0.0118	4.6191
		P. 12	0.0176	0.002	2.6009	0.0118	4.6191
		P. 13	0.0176	0.002	2.1477	0.0118	4.6191
		P. 14	0.0176	0.002	2.0828	0.0118	4.6191
		P. 15	0.0176	0.002	2.0625	0.0118	4.6191
		P. 16	0.0176	0.002	2.1359	0.0118	4.6191
		P. 17	0.0176	0.002	2.2753	0.0118	4.6191
		P. 18	0.0176	0.002	2.7074	0.0118	4.6191
STA 0+020	17	P.1	0.0176	0.002	1.6700	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.6762	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.6848	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.6605	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.6447	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.6425	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+020	17	P.7	0.0176	0.002	1.6425	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.5460	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.7302	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.7302	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.7358	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.7282	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.6825	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.6631	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.6566	0.0118	4.6191
		P.16	0.0176	0.002	1.8526	0.0118	4.6191
		P.17	0.0176	0.002	1.9868	0.0118	4.6191
STA 0+030	15	P.1	0.0176	0.002	1.3502	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.3489	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.3492	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.3518	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.3520	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.4365	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.3481	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.2533	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.2890	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.2272	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.1250	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.0970	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.0802	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.0984	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.2141	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+040	13	P.1	0.0176	0.002	1.9099	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.5855	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.5064	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.3744	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.2001	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.2323	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.2038	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.1349	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.0417	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	0.9718	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.2001	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.2001	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.1919	0.0118	4.6191
STA 0+050	13	P.1	0.0176	0.002	2.4892	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	2.0235	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.2265	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.2358	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.2330	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.1090	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.0572	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	0.9968	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	0.9241	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	0.9005	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	0.9426	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.0664	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.2961	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+060	12	P.1	0.0176	0.002	1.7116	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.3623	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.1869	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.1896	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.1839	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	0.9156	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	0.8608	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	0.8558	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	0.8858	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	0.9608	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.0575	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.2392	0.0118	4.6191
STA 0+075	10	P.1	0.0176	0.002	1.4073	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.1734	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.0508	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	0.9709	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	0.9160	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	0.8862	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	0.8715	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	0.8715	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	0.9187	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.5289	0.0118	4.6191
STA 0+085	9	P.1	0.0176	0.002	1.3652	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.1519	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.0242	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	0.9438	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+085	9	P.5	0.0176	0.002	0.9135	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	0.8943	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	0.8772	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	0.8655	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	0.8655	0.0118	4.6191
STA 0+095	8	P.1	0.0176	0.002	1.9643	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.2870	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.0376	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	0.9318	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	0.9070	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	0.8886	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	0.8721	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	0.8721	0.0118	4.6191
STA 0+105	11	P.1	0.0176	0.002	3.0675	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.9763	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.7418	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.5622	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.1164	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	0.9762	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	0.9591	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	0.9401	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	0.9043	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	0.8767	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	0.8767	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+115	14	P.1	0.0176	0.002	2.6837	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.9198	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.6735	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.5453	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.4780	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.2947	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.1932	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.1198	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.0663	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	0.9965	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	0.9198	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	0.9198	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	0.9320	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.1442	0.0118	4.6191
STA 0+125	16	P.1	0.0176	0.002	2.6515	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.8928	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.7507	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.5883	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.5460	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.5250	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.4543	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.3658	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.2545	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.1137	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.0258	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	0.9831	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	0.9373	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	0.9464	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.0075	0.0118	4.6191
		P.16	0.0176	0.002	1.0357	0.0118	4.6191



## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+140	17	P.1	0.0176	0.002	2.2238	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.8686	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.8603	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.7125	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.7072	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.6133	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.4949	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.2619	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.1298	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.0900	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.0340	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.0066	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.0018	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	0.9972	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	0.9972	0.0118	4.6191
		P.16	0.0176	0.002	1.0082	0.0118	4.6191
		P.17	0.0176	0.002	1.3641	0.0118	4.6191
STA 0+150	19	P.1	0.0176	0.002	2.3685	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	2.0640	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.8502	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.8502	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.7956	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.7880	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.8088	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.5785	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.2856	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.2587	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.1628	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.1118	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.1040	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+150	19	P.14	0.0176	0.002	1.1040	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.1040	0.0118	4.6191
		P.16	0.0176	0.002	1.1040	0.0118	4.6191
		P.17	0.0176	0.002	1.0503	0.0118	4.6191
		P.18	0.0176	0.002	1.0324	0.0118	4.6191
		P.19	0.0176	0.002	1.1258	0.0118	4.6191
STA 0+160	21	P.1	0.0176	0.002	2.0568	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.6141	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.4807	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.4807	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.4807	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.4807	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.4807	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.4807	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.4021	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.3612	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.2964	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.2160	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.1734	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.1734	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.1592	0.0118	4.6191
P.16	0.0176	0.002	1.1102	0.0118	4.6191		
P.17	0.0176	0.002	1.0697	0.0118	4.6191		
P.18	0.0176	0.002	1.0414	0.0118	4.6191		
P.19	0.0176	0.002	1.0333	0.0118	4.6191		
P.20	0.0176	0.002	1.0291	0.0118	4.6191		
P.21	0.0176	0.002	1.1291	0.0118	4.6191		
STA 0+170	22	P.1	0.0176	0.002	3.1845	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.9841	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.6713	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn		
STA 0+170	22	P.4	0.0176	0.002	1.6141	0.0118	4.6191		
		P.5	0.0176	0.002	1.6148	0.0118	4.6191		
		P.6	0.0176	0.002	1.6954	0.0118	4.6191		
		P.7	0.0176	0.002	1.8112	0.0118	4.6191		
		P.8	0.0176	0.002	1.8964	0.0118	4.6191		
		P.9	0.0176	0.002	2.0235	0.0118	4.6191		
		P.10	0.0176	0.002	2.2010	0.0118	4.6191		
		P.11	0.0176	0.002	1.9403	0.0118	4.6191		
		P.12	0.0176	0.002	1.6458	0.0118	4.6191		
		P.13	0.0176	0.002	1.5592	0.0118	4.6191		
		P.14	0.0176	0.002	1.4198	0.0118	4.6191		
		P.15	0.0176	0.002	1.3358	0.0118	4.6191		
		P.16	0.0176	0.002	1.2828	0.0118	4.6191		
		P.17	0.0176	0.002	1.2828	0.0118	4.6191		
		P.18	0.0176	0.002	1.2828	0.0118	4.6191		
		P.19	0.0176	0.002	1.2454	0.0118	4.6191		
		P.20	0.0176	0.002	1.1851	0.0118	4.6191		
		P.21	0.0176	0.002	1.1602	0.0118	4.6191		
		P.22	0.0176	0.002	0.0000	0.0118	4.6191		
		STA 0+180	22	P.1	0.0176	0.002	2.1804	0.0118	4.6191
				P.2	0.0176	0.002	1.7754	0.0118	4.6191
				P.3	0.0176	0.002	1.5767	0.0118	4.6191
P.4	0.0176			0.002	1.5767	0.0118	4.6191		
P.5	0.0176			0.002	1.6767	0.0118	4.6191		
P.6	0.0176			0.002	1.7980	0.0118	4.6191		
P.7	0.0176			0.002	1.8819	0.0118	4.6191		
P.8	0.0176			0.002	1.9850	0.0118	4.6191		
P.9	0.0176			0.002	2.1157	0.0118	4.6191		
P.10	0.0176			0.002	2.1157	0.0118	4.6191		
P.11	0.0176			0.002	2.1157	0.0118	4.6191		

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+180	22	P.12	0.0176	0.002	1.8040	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.7486	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.6122	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.6380	0.0118	4.6191
		P.16	0.0176	0.002	1.8763	0.0118	4.6191
		P.17	0.0176	0.002	1.6771	0.0118	4.6191
		P.18	0.0176	0.002	1.4955	0.0118	4.6191
		P.19	0.0176	0.002	1.3671	0.0118	4.6191
		P.20	0.0176	0.002	1.2635	0.0118	4.6191
		P.21	0.0176	0.002	1.2571	0.0118	4.6191
		P.22	0.0176	0.002	1.3321	0.0118	4.6191
STA 0+190	24	P.1	0.0176	0.002	3.1647	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	2.0807	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.7851	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.6487	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.6579	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.7886	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.8841	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	2.0048	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	2.1568	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	2.1123	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.9668	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.8522	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.7851	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.7851	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.7851	0.0118	4.6191
		P.16	0.0176	0.002	1.9460	0.0118	4.6191
		P.17	0.0176	0.002	2.3861	0.0118	4.6191
		P.18	0.0176	0.002	2.1237	0.0118	4.6191
		P.19	0.0176	0.002	1.6648	0.0118	4.6191

## Perhitungan suspended load transport

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	$\theta_c$ kg/m <sup>3</sup>	ks m	Ca	U*	Rn
STA 0+190	24	P.20	0.0176	0.002	1.4485	0.0118	4.6191
		P.21	0.0176	0.002	1.4133	0.0118	4.6191
		P.22	0.0176	0.002	1.4133	0.0118	4.6191
		P.23	0.0176	0.002	1.4289	0.0118	4.6191
		P.24	0.0176	0.002	2.2335	0.0118	4.6191
STA 0+200	25	P.1	0.0176	0.002	2.0254	0.0118	4.6191
		P.2	0.0176	0.002	1.8224	0.0118	4.6191
		P.3	0.0176	0.002	1.5962	0.0118	4.6191
		P.4	0.0176	0.002	1.4516	0.0118	4.6191
		P.5	0.0176	0.002	1.4516	0.0118	4.6191
		P.6	0.0176	0.002	1.4198	0.0118	4.6191
		P.7	0.0176	0.002	1.4548	0.0118	4.6191
		P.8	0.0176	0.002	1.4927	0.0118	4.6191
		P.9	0.0176	0.002	1.5335	0.0118	4.6191
		P.10	0.0176	0.002	1.5761	0.0118	4.6191
		P.11	0.0176	0.002	1.5308	0.0118	4.6191
		P.12	0.0176	0.002	1.4903	0.0118	4.6191
		P.13	0.0176	0.002	1.4538	0.0118	4.6191
		P.14	0.0176	0.002	1.4432	0.0118	4.6191
		P.15	0.0176	0.002	1.4555	0.0118	4.6191
		P.16	0.0176	0.002	1.5147	0.0118	4.6191
		P.17	0.0176	0.002	1.5876	0.0118	4.6191
		P.18	0.0176	0.002	1.7294	0.0118	4.6191
		P.19	0.0176	0.002	1.8928	0.0118	4.6191
		P.20	0.0176	0.002	1.5799	0.0118	4.6191
		P.21	0.0176	0.002	1.3559	0.0118	4.6191
		P.22	0.0176	0.002	1.2674	0.0118	4.6191
		P.23	0.0176	0.002	1.2726	0.0118	4.6191
		P.24	0.0176	0.002	1.3588	0.0118	4.6191
		P.25	0.0176	0.002	1.6533	0.0118	4.6191

## LAMPIRAN 5

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	$\tau_x$	$\tau_c$	$\Delta Z$ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+020	17	P.1	0.8959	0.0455	1.964	5.639	0.00025	1.4350	1.4352
		P.2	0.8992	0.0455	1.968	5.659	0.00025	1.4210	1.4212
		P.3	0.9038	0.0455	1.974	5.688	0.00025	1.4020	1.4022
		P.4	0.8907	0.0455	1.957	5.606	0.00025	1.4570	1.4572
		P.5	0.8823	0.0455	1.946	5.553	0.00025	1.4945	1.4947
		P.6	0.8811	0.0455	1.944	5.546	0.00025	1.5000	1.5002
		P.7	0.8811	0.0455	1.944	5.546	0.00025	1.5000	1.5002
		P.8	0.8293	0.0455	1.876	5.220	0.00024	1.7680	1.7682
		P.9	0.9281	0.0455	2.005	5.841	0.00025	1.3075	1.3077
		P.10	0.9281	0.0455	2.005	5.841	0.00025	1.3075	1.3077
		P.11	0.9311	0.0455	2.009	5.860	0.00025	1.2965	1.2967
		P.12	0.9270	0.0455	2.004	5.835	0.00025	1.3115	1.3117
		P.13	0.9026	0.0455	1.972	5.681	0.00025	1.4070	1.4072
		P.14	0.8921	0.0455	1.959	5.615	0.00025	1.4510	1.4512
		P.15	0.8887	0.0455	1.954	5.593	0.00025	1.4660	1.4662
		P.16	0.9938	0.0455	2.086	6.254	0.00025	1.0975	1.0978
		P.17	1.0658	0.0455	2.171	6.707	0.00026	0.9230	0.9233

## Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume timbunan/bulan m/bulan	$\Delta Z$ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+030	15	P.1	0.7243	0.0455	1.728	4.560	0.00023	2.6011	2.6013	0.7243
		P.2	0.7236	0.0455	1.727	4.556	0.00023	2.6085	2.6087	0.7236
		P.3	0.7237	0.0455	1.727	4.557	0.00023	2.6070	2.6072	0.7237
		P.4	0.7252	0.0455	1.729	4.565	0.00024	2.5921	2.5923	0.7252
		P.5	0.7252	0.0455	1.729	4.566	0.00024	2.5911	2.5913	0.7252
		P.6	0.7706	0.0455	1.794	4.851	0.00024	2.1730	2.1732	0.7706
		P.7	0.7232	0.0455	1.726	4.553	0.00023	2.6130	2.6132	0.7232
		P.8	0.6723	0.0455	1.650	4.233	0.00023	3.2530	3.2532	0.6723
		P.9	0.6915	0.0455	1.679	4.354	0.00023	2.9870	2.9872	0.6915
		P.10	0.6583	0.0455	1.628	4.145	0.00023	3.4710	3.4712	0.6583
		P.11	0.6035	0.0455	1.541	3.801	0.00022	4.5680	4.5682	0.6035
		P.12	0.5885	0.0455	1.517	3.706	0.00022	4.9590	4.9592	0.5885
		P.13	0.5794	0.0455	1.502	3.649	0.00022	5.2170	5.2172	0.5794
		P.14	0.5892	0.0455	1.518	3.711	0.00022	4.9380	4.9382	0.5892
		P.15	0.6513	0.0455	1.617	4.101	0.00023	3.5880	3.5882	0.6513
STA 0+040	13	P.1	1.0245	0.0455	2.123	6.447	0.00025	1.0170	1.0173	1.0245
		P.2	0.8505	0.0455	1.904	5.353	0.00024	1.6500	1.6502	0.8505

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	τ <sub>x</sub>	τ <sub>c</sub>	Volume timbunan/bulan m/bulan	ΔZ m	H Awal m	H Akhir m		
STA 0+040	13	P.3	0.8081	0.0455	1.847	5.087	0.00024	1.9000	1.9002	0.8081		
		P.4	0.7373	0.0455	1.747	4.642	0.00024	2.4690	2.4692	0.7373		
		P.5	0.6438	0.0455	1.606	4.054	0.00023	3.7201	3.7203	0.6438		
		P.6	0.6610	0.0455	1.633	4.162	0.00023	3.4270	3.4272	0.6610		
		P.7	0.6458	0.0455	1.609	4.066	0.00023	3.6850	3.6852	0.6458		
		P.8	0.6088	0.0455	1.550	3.834	0.00023	4.4420	4.4422	0.6088		
		P.9	0.5588	0.0455	1.467	3.519	0.00022	5.8860	5.8862	0.5588		
		P.10	0.5213	0.0455	1.403	3.284	0.00022	7.4610	7.4612	0.5213		
		P.11	0.6438	0.0455	1.606	4.054	0.00023	3.7201	3.7203	0.6438		
		P.12	0.6438	0.0455	1.606	4.054	0.00023	3.7201	3.7203	0.6438		
		P.13	0.6394	0.0455	1.599	4.026	0.00023	3.8010	3.8012	0.6394		
		STA 0+050	13	P.1	1.3353	0.0455	2.461	8.401	0.00027	0.5495	0.5498	1.3353
				P.2	1.0855	0.0455	2.194	6.831	0.00026	0.8830	0.8833	1.0855
P.3	0.6579			0.0455	1.628	4.143	0.00023	3.4770	3.4772	0.6579		
P.4	0.6629			0.0455	1.635	4.174	0.00023	3.3970	3.3972	0.6629		
P.5	0.6614			0.0455	1.633	4.165	0.00023	3.4210	3.4212	0.6614		
P.6	0.5949			0.0455	1.527	3.747	0.00022	4.7850	4.7852	0.5949		



## Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	$W_s$	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
			$m^3/det$	$m^2/s$			timbunan/bulan		m	m
STA 0+050	13	P.7	0.5671	0.0455	1.481	3.572	0.00022	5.6010	5.6012	0.5671
		P.8	0.5347	0.0455	1.426	3.368	0.00022	6.8340	6.8342	0.5347
		P.9	0.4957	0.0455	1.357	3.123	0.00021	8.9040	8.9042	0.4957
		P.10	0.4831	0.0455	1.334	3.043	0.00021	9.7700	9.7702	0.4831
		P.11	0.5057	0.0455	1.375	3.185	0.00021	8.3000	8.3002	0.5057
		P.12	0.5720	0.0455	1.490	3.603	0.00022	5.4430	5.4432	0.5720
		P.13	0.6953	0.0455	1.685	4.378	0.00023	2.9380	2.9382	0.6953
STA 0+060	12	P.1	0.9181	0.0455	1.992	5.779	0.00025	1.3450	1.3452	0.9181
		P.2	0.7308	0.0455	1.737	4.601	0.00024	2.5340	2.5342	0.7308
		P.3	0.6367	0.0455	1.595	4.009	0.00023	3.8520	3.8522	0.6367
		P.4	0.6382	0.0455	1.597	4.019	0.00023	3.8240	3.8242	0.6382
		P.5	0.6351	0.0455	1.592	3.999	0.00023	3.8830	3.8832	0.6351
		P.6	0.4912	0.0455	1.349	3.094	0.00021	9.2020	9.2022	0.4912
		P.7	0.4618	0.0455	1.295	2.910	0.00021	11.5160	11.5162	0.4618
		P.8	0.4591	0.0455	1.290	2.893	0.00021	11.7660	11.7662	0.4591
		P.9	0.4752	0.0455	1.320	2.994	0.00021	10.3690	10.3692	0.4752
		P.10	0.5154	0.0455	1.392	3.247	0.00022	7.7630	7.7632	0.5154

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	τ <sub>x</sub>	τ <sub>c</sub>	Volume timbunan/bulan m/bulan	ΔZ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+060	12	P.11	0.5673	0.0455	1.482	3.573	0.00022	5.5960	5.5962	0.5673
		P.12	0.6648	0.0455	1.638	4.186	0.00023	3.3680	3.3682	0.6648
		P.1	0.7549	0.0455	1.772	4.753	0.00024	2.3050	2.3052	0.7549
		P.2	0.6295	0.0455	1.583	3.964	0.00023	3.9930	3.9932	0.6295
		P.3	0.5637	0.0455	1.476	3.550	0.00022	5.7170	5.7172	0.5637
		P.4	0.5208	0.0455	1.402	3.281	0.00022	7.4840	7.4842	0.5208
STA 0+075	10	P.5	0.4914	0.0455	1.349	3.096	0.00021	9.1900	9.1902	0.4914
		P.6	0.4754	0.0455	1.320	2.995	0.00021	10.3520	10.3522	0.4754
		P.7	0.4675	0.0455	1.306	2.946	0.00021	11.0050	11.0052	0.4675
		P.8	0.4675	0.0455	1.306	2.946	0.00021	11.0050	11.0052	0.4675
		P.9	0.4928	0.0455	1.352	3.105	0.00021	9.0930	9.0932	0.4928
		P.10	0.8202	0.0455	1.863	5.163	0.00024	1.8230	1.8232	0.8202
STA 0+085	9	P.1	0.7323	0.0455	1.739	4.611	0.00024	2.5180	2.5182	0.7323
		P.2	0.6179	0.0455	1.565	3.891	0.00023	4.2350	4.2352	0.6179
		P.3	0.5494	0.0455	1.451	3.461	0.00022	6.2300	6.2302	0.5494
		P.4	0.5063	0.0455	1.376	3.189	0.00022	8.2650	8.2652	0.5063
		P.5	0.4900	0.0455	1.347	3.087	0.00021	9.2800	9.2802	0.4900

## Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	$\tau_x$	$\tau_c$	$\Delta Z$ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+085	9	P.6	0.4798	0.0455	1.328	3.023	0.00021	10.0150	10.0152
		P.7	0.4705	0.0455	1.311	2.965	0.00021	10.7470	10.7472
		P.8	0.4643	0.0455	1.300	2.925	0.00021	11.2890	11.2892
		P.9	0.4643	0.0455	1.300	2.925	0.00021	11.2890	11.2892
STA 0+095	8	P.1	1.0537	0.0455	2.157	6.631	0.00026	0.9490	0.9493
		P.2	0.6904	0.0455	1.677	4.347	0.00023	3.0010	3.0012
		P.3	0.5566	0.0455	1.464	3.506	0.00022	5.9640	5.9642
		P.4	0.4998	0.0455	1.365	3.149	0.00021	8.6470	8.6472
		P.5	0.4866	0.0455	1.341	3.065	0.00021	9.5190	9.5192
		P.6	0.4767	0.0455	1.323	3.003	0.00021	10.2520	10.2522
		P.7	0.4678	0.0455	1.306	2.948	0.00021	10.9760	10.9762
		P.8	0.4678	0.0455	1.306	2.948	0.00021	10.9760	10.9762
STA 0+105	11	P.1	1.6455	0.0455	2.747	10.351	0.00028	0.3570	0.3573
		P.2	1.0601	0.0455	2.165	6.671	0.00026	0.9350	0.9353
		P.3	0.9343	0.0455	2.013	5.881	0.00025	1.2850	1.2852
		P.4	0.8380	0.0455	1.887	5.275	0.00024	1.7180	1.7182
		P.5	0.5989	0.0455	1.534	3.772	0.00022	4.6830	4.6832

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	τ <sub>x</sub>	τ <sub>c</sub>	ΔZ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+105	11	P.6	0.5237	0.0455	1.407	3.299	0.00022	7.3450	7.3452
		P.7	0.5145	0.0455	1.391	3.241	0.00022	7.8110	7.8112
		P.8	0.5043	0.0455	1.373	3.177	0.00021	8.3780	8.3782
		P.9	0.4851	0.0455	1.338	3.056	0.00021	9.6220	9.6222
		P.10	0.4703	0.0455	1.311	2.963	0.00021	10.7700	10.7702
		P.11	0.4703	0.0455	1.311	2.963	0.00021	10.7700	10.7702
STA 0+115	14	P.1	1.4396	0.0455	2.562	9.057	0.00027	0.4680	0.4683
		P.2	1.0299	0.0455	2.129	6.481	0.00025	1.0040	1.0043
		P.3	0.8978	0.0455	1.966	5.650	0.00025	1.4270	1.4272
		P.4	0.8290	0.0455	1.875	5.218	0.00024	1.7700	1.7702
		P.5	0.7929	0.0455	1.826	4.991	0.00024	2.0040	2.0042
		P.6	0.6945	0.0455	1.684	4.373	0.00023	2.9480	2.9482
		P.7	0.6401	0.0455	1.600	4.031	0.00023	3.7880	3.7882
		P.8	0.6007	0.0455	1.537	3.783	0.00022	4.6370	4.6372
		P.9	0.5720	0.0455	1.490	3.602	0.00022	5.4450	5.4452
		P.10	0.5346	0.0455	1.426	3.367	0.00022	6.8410	6.8412
		P.11	0.4934	0.0455	1.353	3.108	0.00021	9.0550	9.0552

## Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	$\tau_x$	$\tau_c$	$\Delta Z$ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+115	14	P.12	0.4934	0.0455	1.353	3.108	0.00021	9.0550	9.0552
		P.13	0.4999	0.0455	1.365	3.149	0.00021	8.6410	8.6412
		P.14	0.6138	0.0455	1.558	3.865	0.00023	4.3270	4.3272
STA 0+125	16	P.1	1.4224	0.0455	2.545	8.948	0.00027	0.4800	0.4803
		P.2	1.0154	0.0455	2.112	6.390	0.00025	1.0400	1.0403
		P.3	0.9392	0.0455	2.019	5.911	0.00025	1.2680	1.2682
		P.4	0.8520	0.0455	1.906	5.363	0.00024	1.6420	1.6422
		P.5	0.8293	0.0455	1.876	5.220	0.00024	1.7680	1.7682
		P.6	0.8181	0.0455	1.860	5.150	0.00024	1.8360	1.8362
		P.7	0.7801	0.0455	1.808	4.911	0.00024	2.0980	2.0982
		P.8	0.7326	0.0455	1.740	4.613	0.00024	2.5150	2.5152
		P.9	0.6729	0.0455	1.651	4.237	0.00023	3.2440	3.2442
		P.10	0.5974	0.0455	1.532	3.762	0.00022	4.7210	4.7212
		P.11	0.5503	0.0455	1.453	3.466	0.00022	6.1980	6.1982
		P.12	0.5274	0.0455	1.413	3.322	0.00022	7.1670	7.1672
		P.13	0.5028	0.0455	1.370	3.167	0.00021	8.4680	8.4682
		P.14	0.5077	0.0455	1.379	3.198	0.00022	8.1850	8.1852

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	τ <sub>x</sub>	τ <sub>c</sub>	Volume timbunan/bulan m/bulan	ΔZ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+125	16	P.15	0.5404	0.0455	1.436	3.404	0.00022	6.5900	6.5902	0.5404
		P.16	0.5556	0.0455	1.462	3.499	0.00022	6.0000	6.0002	0.5556
STA 0+140	17	P.1	1.1929	0.0455	2.313	7.506	0.00026	0.7070	0.7073	1.1929
		P.2	1.0024	0.0455	2.096	6.308	0.00025	1.0740	1.0743	1.0024
		P.3	0.9979	0.0455	2.091	6.280	0.00025	1.0860	1.0863	0.9979
		P.4	0.9187	0.0455	1.993	5.782	0.00025	1.3430	1.3432	0.9187
		P.5	0.9158	0.0455	1.989	5.764	0.00025	1.3540	1.3542	0.9158
		P.6	0.8654	0.0455	1.924	5.447	0.00024	1.5740	1.5742	0.8654
		P.7	0.8019	0.0455	1.838	5.048	0.00024	1.9410	1.9412	0.8019
		P.8	0.6769	0.0455	1.657	4.262	0.00023	3.1860	3.1862	0.6769
		P.9	0.6061	0.0455	1.546	3.817	0.00023	4.5060	4.5062	0.6061
		P.10	0.5847	0.0455	1.511	3.683	0.00022	5.0630	5.0632	0.5847
		P.11	0.5547	0.0455	1.460	3.494	0.00022	6.0340	6.0342	0.5547
		P.12	0.5400	0.0455	1.435	3.401	0.00022	6.6080	6.6082	0.5400
		P.13	0.5374	0.0455	1.431	3.385	0.00022	6.7170	6.7172	0.5374
		P.14	0.5349	0.0455	1.426	3.369	0.00022	6.8250	6.8252	0.5349
		P.15	0.5349	0.0455	1.426	3.369	0.00022	6.8250	6.8252	0.5349

## Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	$W_s$	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume timbunan/bulan m/bulan	$\Delta Z$ m	H	H
			m <sup>3</sup> /det	m <sup>2</sup> /s					Awal	Akhir
STA 0+140	17	P.16	0.0037	0.0455	1.4367	3.4065	0.2149	0.0072	6.5740	6.5812
		P.17	0.0007	0.0455	1.7386	4.6069	0.2314	0.0077	2.5240	2.5317
STA 0+150	19	P.1	0.0005	0.0455	2.3949	7.9940	0.2603	0.0087	0.6130	0.6217
		P.2	0.0012	0.0455	2.2187	6.9671	0.2533	0.0084	0.8420	0.8504
		P.3	0.0012	0.0455	2.0846	6.2462	0.2476	0.0083	1.1010	1.1093
		P.4	0.0015	0.0455	2.0846	6.2462	0.2476	0.0083	1.1010	1.1093
		P.5	0.0015	0.0455	2.0487	6.0621	0.2461	0.0082	1.1880	1.1962
		P.6	0.0016	0.0455	2.0437	6.0365	0.2458	0.0082	1.2010	1.2092
		P.7	0.0015	0.0455	2.0575	6.1066	0.2464	0.0082	1.1660	1.1742
		P.8	0.0016	0.0455	1.8991	5.3299	0.2392	0.0080	1.6700	1.6780
		P.9	0.0023	0.0455	1.6762	4.3422	0.2282	0.0076	3.0110	3.0186
		P.10	0.0029	0.0455	1.6543	4.2514	0.2270	0.0076	3.2110	3.2186
		P.11	0.0031	0.0455	1.5741	3.9280	0.2227	0.0074	4.1100	4.1174
		P.12	0.0037	0.0455	1.5299	3.7562	0.2203	0.0073	4.7460	4.7533
		P.13	0.0040	0.0455	1.5230	3.7297	0.2199	0.0073	4.8570	4.8643
		P.14	0.0041	0.0455	1.5230	3.7297	0.2199	0.0073	4.8570	4.8643
		P.15	0.0041	0.0455	1.5230	3.7297	0.2199	0.0073	4.8570	4.8643

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	$W_s$	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
			m <sup>3</sup> /det	m <sup>2</sup> /s			timbunan/bulan			
STA 0+150	19	P.16	0.0042	0.0455	1.5230	3.7297	0.2199	0.0073	4.8570	4.8643
		P.17	0.0042	0.0455	1.4752	3.5487	0.2172	0.0072	5.7250	5.7322
		P.18	0.0044	0.0455	1.4589	3.4883	0.2162	0.0072	6.0650	6.0722
		P.19	0.0022	0.0455	1.5421	3.8033	0.2210	0.0074	4.5580	4.5654
STA 0+160	21	P.1	0.0007	0.0455	2.2144	6.9430	0.2531	0.0084	0.8490	0.8574
		P.2	0.0015	0.0455	1.9244	5.4499	0.2404	0.0080	1.5720	1.5800
		P.3	0.0020	0.0455	1.8276	5.0000	0.2358	0.0079	1.9940	2.0019
		P.4	0.0022	0.0455	1.8276	5.0000	0.2358	0.0079	1.9940	2.0019
		P.5	0.0022	0.0455	1.8276	5.0000	0.2358	0.0079	1.9940	2.0019
		P.6	0.0021	0.0455	1.8276	5.0000	0.2358	0.0079	1.9940	2.0019
		P.7	0.0021	0.0455	1.8276	5.0000	0.2358	0.0079	1.9940	2.0019
		P.8	0.0021	0.0455	1.8276	5.0000	0.2358	0.0079	1.9940	2.0019
		P.9	0.0020	0.0455	1.7681	4.7349	0.2329	0.0078	2.3300	2.3378
		P.10	0.0025	0.0455	1.7363	4.5970	0.2313	0.0077	2.5400	2.5477
		P.11	0.0026	0.0455	1.6849	4.3787	0.2286	0.0076	2.9360	2.9436
		P.12	0.0030	0.0455	1.6190	4.1075	0.2252	0.0075	3.5710	3.5785
		P.13	0.0034	0.0455	1.5831	3.9639	0.2232	0.0074	3.9930	4.0004



## Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c m <sup>3</sup> /det	W <sub>s</sub> m <sup>2</sup> /s	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume timbunan/bulan m/bulan	$\Delta Z$ m	H Awal m	H Akhir m
STA 0+160	21	P.14	0.0035	0.0455	1.5831	3.9639	0.2232	0.0074	3.9930	4.0004
		P.15	0.0035	0.0455	1.5710	3.9161	0.2226	0.0074	4.1500	4.1574
		P.16	0.0037	0.0455	1.5285	3.7506	0.2202	0.0073	4.7690	4.7763
		P.17	0.0040	0.0455	1.4926	3.6141	0.2182	0.0073	5.3870	5.3943
		P.18	0.0044	0.0455	1.4671	3.5188	0.2167	0.0072	5.8900	5.8972
		P.19	0.0046	0.0455	1.4597	3.4912	0.2163	0.0072	6.0480	6.0552
		P.20	0.0044	0.0455	1.4559	3.4770	0.2160	0.0072	6.1320	6.1392
		P.21	0.0023	0.0455	1.5450	3.8145	0.2211	0.0074	4.5150	4.5224
STA 0+170	22	P.1	0.0002	0.0455	2.8005	10.7453	0.2748	0.0092	0.3320	0.3412
		P.2	0.0009	0.0455	2.1697	6.6979	0.2513	0.0084	0.9260	0.9344
		P.3	0.0015	0.0455	1.9646	5.6430	0.2423	0.0081	1.4320	1.4401
		P.4	0.0019	0.0455	1.9244	5.4499	0.2404	0.0080	1.5720	1.5800
		P.5	0.0018	0.0455	1.9250	5.4524	0.2405	0.0080	1.5700	1.5780
		P.6	0.0016	0.0455	1.9811	5.7241	0.2430	0.0081	1.3790	1.3871
		P.7	0.0015	0.0455	2.0591	6.1149	0.2465	0.0082	1.1620	1.1702
		P.8	0.0014	0.0455	2.1144	6.4021	0.2489	0.0083	1.0350	1.0433
		P.9	0.0012	0.0455	2.1940	6.8305	0.2523	0.0084	0.8830	0.8914

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	W <sub>s</sub>	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
			m <sup>3</sup> /det	m <sup>2</sup> /s			timbunan/bulan			
STA 0+170	22	P.10	0.0012	0.0455	2.3000	7.4292	0.2566	0.0086	0.7240	0.7326
		P.11	0.0011	0.0455	2.1423	6.5502	0.2501	0.0083	0.9780	0.9863
		P.12	0.0015	0.0455	1.9468	5.5568	0.2415	0.0080	1.4920	1.5000
		P.13	0.0020	0.0455	1.8852	5.2650	0.2386	0.0080	1.7270	1.7350
		P.14	0.0021	0.0455	1.7817	4.7948	0.2336	0.0078	2.2470	2.2548
		P.15	0.0025	0.0455	1.7164	4.5115	0.2303	0.0077	2.6850	2.6927
		P.16	0.0028	0.0455	1.6739	4.3328	0.2281	0.0076	3.0310	3.0386
		P.17	0.0029	0.0455	1.6739	4.3328	0.2281	0.0076	3.0310	3.0386
		P.18	0.0030	0.0455	1.6739	4.3328	0.2281	0.0076	3.0310	3.0386
		P.19	0.0030	0.0455	1.6434	4.2066	0.2265	0.0075	3.3170	3.3245
		P.20	0.0032	0.0455	1.5931	4.0033	0.2238	0.0075	3.8700	3.8775
		P.21	0.0032	0.0455	1.5719	3.9193	0.2226	0.0074	4.1390	4.1464
P.22	0.0012	0.0455	1.7161	4.5103	0.2303	0.0077	2.6870	2.6947		
STA 0+180	22	P.1	0.0008	0.0455	2.2880	7.3595	0.2561	0.0085	0.7400	0.7485
		P.2	0.0013	0.0455	2.0353	5.9940	0.2455	0.0082	1.2230	1.2312
		P.3	0.0017	0.0455	1.8979	5.3240	0.2392	0.0080	1.6750	1.6830
		P.4	0.0018	0.0455	1.8979	5.3240	0.2392	0.0080	1.6750	1.6830

## Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	W <sub>s</sub>	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
			m <sup>3</sup> /det	m <sup>2</sup> /s			timbunan/bulan			
STA 0+180	22	P.6	0.0015	0.0455	2.0503	6.0701	0.2461	0.0082	1.1840	1.1922
		P.7	0.0014	0.0455	2.1051	6.3532	0.2485	0.0083	1.0550	1.0633
		P.8	0.0013	0.0455	2.1703	6.7008	0.2513	0.0084	0.9250	0.9334
		P.9	0.0012	0.0455	2.2498	7.1415	0.2546	0.0085	0.7940	0.8025
		P.10	0.0011	0.0455	2.2498	7.1415	0.2546	0.0085	0.7940	0.8025
		P.11	0.0013	0.0455	2.2498	7.1415	0.2546	0.0085	0.7940	0.8025
		P.12	0.0014	0.0455	2.0543	6.0903	0.2463	0.0082	1.1740	1.1822
		P.13	0.0016	0.0455	2.0173	5.9036	0.2447	0.0082	1.2720	1.2802
		P.14	0.0017	0.0455	1.9231	5.4435	0.2404	0.0080	1.5770	1.5850
		P.15	0.0015	0.0455	1.9413	5.5306	0.2412	0.0080	1.5110	1.5190
		P.16	0.0013	0.0455	2.1014	6.3341	0.2484	0.0083	1.0630	1.0713
		P.17	0.0015	0.0455	1.9685	5.6625	0.2425	0.0081	1.4190	1.4271
		P.18	0.0019	0.0455	1.8386	5.0500	0.2364	0.0079	1.9390	1.9469
		P.19	0.0021	0.0455	1.7409	4.6169	0.2315	0.0077	2.5080	2.5157
		P.20	0.0027	0.0455	1.6582	4.2676	0.2273	0.0076	3.1740	3.1816
		P.21	0.0029	0.0455	1.6530	4.2462	0.2270	0.0076	3.2230	3.2306
		P.22	0.0013	0.0455	1.7135	4.4991	0.2301	0.0077	2.7070	2.7147

Perhitungan perubahan elevasi akibat transport sedimen

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	W <sub>s</sub>	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
			m <sup>3</sup> /det	m <sup>2</sup> /s			timbunan/bulan			
STA 0+190	24	P.1	0.0004	0.0455	2.7916	10.6788	0.2745	0.0092	0.3360	0.3452
		P.2	0.0009	0.0455	2.2288	7.0234	0.2537	0.0085	0.8260	0.8345
		P.3	0.0014	0.0455	2.0418	6.0267	0.2458	0.0082	1.2060	1.2142
		P.4	0.0016	0.0455	1.9488	5.5666	0.2416	0.0081	1.4850	1.4931
		P.5	0.0016	0.0455	1.9552	5.5978	0.2418	0.0081	1.4630	1.4711
		P.6	0.0015	0.0455	2.0441	6.0384	0.2459	0.0082	1.2000	1.2082
		P.7	0.0014	0.0455	2.1065	6.3605	0.2486	0.0083	1.0520	1.0603
		P.8	0.0012	0.0455	2.1825	6.7675	0.2518	0.0084	0.9030	0.9114
		P.9	0.0012	0.0455	2.2741	7.2799	0.2556	0.0085	0.7590	0.7675
		P.10	0.0012	0.0455	2.2478	7.1301	0.2545	0.0085	0.7970	0.8055
		P.11	0.0013	0.0455	2.1589	6.6395	0.2508	0.0084	0.9460	0.9544
		P.12	0.0014	0.0455	2.0859	6.2530	0.2477	0.0083	1.0980	1.1063
		P.13	0.0016	0.0455	2.0418	6.0267	0.2458	0.0082	1.2060	1.2142
		P.14	0.0016	0.0455	2.0418	6.0267	0.2458	0.0082	1.2060	1.2142
		P.15	0.0015	0.0455	2.0418	6.0267	0.2458	0.0082	1.2060	1.2142
		P.16	0.0011	0.0455	2.1459	6.5693	0.2503	0.0083	0.9710	0.9793
		P.17	0.0008	0.0455	2.4046	8.0532	0.2607	0.0087	0.6030	0.6117

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	W <sub>s</sub>	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
			m <sup>3</sup> /det	m <sup>2</sup> /s			timbunan/bulan			
STA 0+190	24	P.18	0.0009	0.0455	2.2546	7.1684	0.2548	0.0085	0.7870	0.7955
		P.19	0.0014	0.0455	1.9600	5.6210	0.2421	0.0081	1.4470	1.4551
		P.20	0.0019	0.0455	1.8035	4.8915	0.2346	0.0078	2.1220	2.1298
		P.21	0.0024	0.0455	1.7767	4.7728	0.2333	0.0078	2.2770	2.2848
		P.22	0.0023	0.0455	1.7767	4.7728	0.2333	0.0078	2.2770	2.2848
		P.23	0.0017	0.0455	1.7886	4.8256	0.2339	0.0078	2.2060	2.2138
		P.24	0.0002	0.0455	2.3188	7.5387	0.2573	0.0086	0.7000	0.7086
STA 0+200	25	P.1	0.0005	0.0455	2.1952	6.8369	0.2523	0.0084	0.8810	0.8894
		P.2	0.0015	0.0455	2.0664	6.1525	0.2468	0.0082	1.1440	1.1522
		P.3	0.0016	0.0455	1.9118	5.3897	0.2398	0.0080	1.6200	1.6280
		P.4	0.0020	0.0455	1.8058	4.9021	0.2348	0.0078	2.1090	2.1168
		P.5	0.0023	0.0455	1.8058	4.9021	0.2348	0.0078	2.1090	2.1168
		P.6	0.0023	0.0455	1.7817	4.7948	0.2336	0.0078	2.2470	2.2548
		P.7	0.0022	0.0455	1.8082	4.9127	0.2349	0.0078	2.0960	2.1038
		P.8	0.0021	0.0455	1.8366	5.0407	0.2363	0.0079	1.9490	1.9569
		P.9	0.0020	0.0455	1.8666	5.1783	0.2377	0.0079	1.8080	1.8159
		P.10	0.0019	0.0455	1.8974	5.3217	0.2392	0.0080	1.6770	1.6850

No. STA	Jumlah Pias	No. Pias	c	W <sub>s</sub>	$\tau_x$	$\tau_c$	Volume	$\Delta Z$	H Awal	H Akhir
			m <sup>3</sup> /det	m <sup>2</sup> /s			timbunan/bulan			
STA 0+200	25	P.11	0.0020	0.0455	1.8646	5.1690	0.2376	0.0079	1.8170	1.8249
		P.12	0.0021	0.0455	1.8348	5.0325	0.2362	0.0079	1.9580	1.9659
		P.13	0.0022	0.0455	1.8075	4.9094	0.2348	0.0078	2.1000	2.1078
		P.14	0.0023	0.0455	1.7995	4.8739	0.2344	0.0078	2.1440	2.1518
		P.15	0.0021	0.0455	1.8088	4.9152	0.2349	0.0078	2.0930	2.1008
		P.16	0.0020	0.0455	1.8528	5.1148	0.2370	0.0079	1.8710	1.8789
		P.17	0.0018	0.0455	1.9056	5.3606	0.2395	0.0080	1.6440	1.6520
		P.18	0.0015	0.0455	2.0044	5.8389	0.2441	0.0081	1.3090	1.3171
		P.19	0.0013	0.0455	2.1120	6.3898	0.2488	0.0083	1.0400	1.0483
		P.20	0.0016	0.0455	1.9001	5.3346	0.2393	0.0080	1.6660	1.6740
		P.21	0.0021	0.0455	1.7322	4.5793	0.2311	0.0077	2.5690	2.5767
		P.22	0.0028	0.0455	1.6614	4.2809	0.2274	0.0076	3.1440	3.1516
		P.23	0.0027	0.0455	1.6657	4.2985	0.2276	0.0076	3.1050	3.1126
		P.24	0.0022	0.0455	1.7345	4.5891	0.2312	0.0077	2.5530	2.5607
		P.25	0.0009	0.0455	1.9520	5.5821	0.2417	0.0081	1.4740	1.4821

## LAMPIRAN 6



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
**STASIUN METEOROLOGI BUBUNG LUWUK**

DATA CURAH HUJAN TAHUN 2010  
 POS HUJAN KECAMATAN BATUI  
 KABUPATEN BANGGAI

BLN / TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	2	-	-	6	18	26	-	-	57	18	-	-
2	-	-	-	-	-	-	11	-	-	13	11	8
3	-	-	7	-	-	16	8	-	-	-	5	45
4	4	-	-	8	-	-	3	73	-	10	-	-
5	-	-	-	-	14	12	0	69	-	4	-	-
6	-	-	4	-	-	9	-	90	-	6	8	-
7	2	-	5	11	-	11	-	102	3	-	10	-
8	2	-	-	-	-	-	10	-	20	-	-	-
9	-	-	8	-	-	8	17	0	7	0	14	-
10	-	-	-	-	-	4	-	5	-	5	22	-
11	12	-	-	17	4	12	-	3	-	0	-	2
12	-	-	-	9	7	-	-	0	-	-	-	17
13	-	-	5	-	-	-	-	18	-	2	-	4
14	-	26	-	-	-	18	-	40	5	17	12	4
15	23	-	3	11	8	-	-	54	-	-	10	1
16	-	-	9	-	-	-	0	-	-	20	5	-
17	-	-	-	8	8	7	3	-	-	3	2	-
18	17	-	7	-	-	9	51	28	-	-	-	-
19	-	-	-	8	-	-	-	30	-	-	-	3
20	-	-	-	-	6	-	0	35	-	-	4	1
21	-	13	11	7	22	-	39	15	-	6	2	-
22	-	17	-	8	-	5	0	0	0	3	1	86
23	-	-	3	-	-	-	40	-	23	-	1	-
24	-	-	-	-	12	5	59	-	0	-	-	4
25	0	11	14	-	-	8	-	6	1	-	-	-
26	-	-	18	10	7	-	-	4	0	-	-	-
27	-	13	2	-	-	4	-	-	-	-	2	5
28	-	-	-	-	19	-	-	-	13	-	2	-
29	-	-	3	-	-	4	38	-	-	-	-	0
30	-	-	3	5	-	7	10	22	-	9	-	0
31	-	-	-	-	-	-	18	26	-	-	-	5
<b>JUMLAH</b>	62	80	102	108	125	165	307	620	129	116	111	185
<b>HH</b>	8	5	15	12	11	17	17	20	11	15	16	15

**Keterangan**

Hujan di ukur dalam ( mm )  
 0 : Hujan tidak terukur  
 - : Tidak terjadi hujan  
 0 - 10 : Hujan Ringan  
 10 - 50 : Hujan Sedang  
 50 - 100 : Hujan Lebat  
 100 keatas : Hujan Sangat Lebat  
 [Yellow Box] : Tidak terjadi hujan dalam 1 bulan

Luwuk, 16 Februari 2016

An. Kepala Stasiun Meteorologi Luwuk  
 Kepala Kelompok Tekhnisi

**ISKANDAR SUKIBANG, S.Pd**  
 NIP. 19590323 198211 1 001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
**STASIUN METEOROLOGI BUBUNG LUWUK**

DATA CURAH HUJAN TAHUN 2011  
 POS HUJAN KECAMATAN BATUI  
 KABUPATEN BANGGAI

BLN / TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	-	-	45	8	26	-	0	4	-	-	-
2	-	3	11	-	4	-	8	281	-	-	-	-
3	6	10	-	14	15	-	3	45	-	-	-	0
4	-	0	-	2	14	8	25	6	16	-	-	5
5	-	-	-	0	17	34	32	-	14	-	-	12
6	-	-	-	-	-	18	6	43	-	-	11	-
7	-	36	-	-	-	-	-	34	-	11	-	5
8	-	-	9	-	-	-	5	0	81	-	2	0
9	-	2	-	-	-	0	110	-	7	-	3	2
10	-	11	-	-	-	20	1	5	0	-	-	10
11	0	40	-	-	-	-	9	-	110	-	-	-
12	-	-	-	-	-	20	-	12	79	-	-	-
13	-	-	-	-	-	39	3	3	38	-	-	-
14	99	8	0	-	-	4	41	-	78	-	-	-
15	5	-	1	-	-	92	-	-	0	-	-	27
16	-	-	-	-	38	34	-	-	13	-	-	-
17	8	15	8	-	-	26	3	14	50	-	-	-
18	-	-	-	-	3	5	60	12	4	-	-	-
19	-	-	-	-	-	10	107	-	62	-	-	-
20	30	39	-	3	-	9	18	-	6	-	-	-
21	-	-	-	1	23	-	5	18	-	-	-	-
22	-	-	5	-	51	45	7	1	-	-	-	-
23	28	-	0	49	-	1	76	3	-	-	-	-
24	0	-	-	7	7	-	10	5	-	7	-	-
25	-	-	-	13	2	1	22	0	-	2	-	-
26	1	-	14	2	8	27	-	11	-	0	-	2
27	3	-	-	2	14	48	21	71	-	-	-	0
28	-	-	-	-	15	-	4	-	-	-	0	-
29	71	-	-	-	-	-	16	3	-	-	-	2
30	0	-	-	11	4	-	84	1	-	-	6	-
31	-	-	-	-	-	-	66	136	-	-	-	-
<b>JUMLAH</b>	251	164	48	149	223	476	733	704	562	20	22	65
<b>HH</b>	12	10	8	12	15	21	24	22	16	4	5	11

**Keterangan**

- Hujan di ukur dalam ( mm )
- 0 : Hujan tidak terukur
- : Tidak terjadi hujan
- 0 - 10 : Hujan Ringan
- 10 - 50 : Hujan Sedang
- 50 - 100 : Hujan Lebat
- 100 keatas : Hujan Sangat Lebat
- : Tidak terjadi hujan dalam 1 bulan

Luwuk, 16 Februari 2016

An. Kepala Stasiun Meteorologi Luwuk  
 Kepala Kelompok Tekhnisi

**ISKANDAR SUKIBANG, S.Pd**  
 NIP. 19590323 198211 1 001





BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
**STASIUN METEOROLOGI BUBUNG LUWUK**

DATA CURAH HUJAN TAHUN 2012  
 POS HUJAN KECAMATAN BATUI  
 KABUPATEN BANGGAI

BLN / TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	12	-	-	-	-	31	1	25	-	-	9	-
2	-	-	-	25	32	-	154	8	-	-	-	-
3	10	-	-	-	-	0	2	5	-	-	0	-
4	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
5	2	-	9	13	32	-	67	3	-	-	-	-
6	-	-	10	-	7	0	21	10	-	-	-	-
7	-	-	-	-	0	53	64	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	41	-	71	2	0	-	-	4
9	-	0	-	-	25	1	20	3	-	-	-	-
10	-	13	-	-	4	50	6	120	-	-	-	-
11	-	-	-	1	-	37	-	0	-	-	-	0
12	-	-	33	-	-	14	-	-	-	-	-	10
13	3	3	-	-	-	-	68	1	-	-	-	-
14	1	-	4	-	-	12	10	5	9	-	0	-
15	-	-	-	-	-	30	8	2	8	1	-	-
16	-	-	-	1	-	7	7	-	77	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	0	0	8	2	-
18	-	-	-	-	35	17	38	46	-	-	-	-
19	-	-	-	-	28	-	25	-	-	-	-	-
20	-	-	-	10	16	11	2	0	-	-	-	47
21	-	4	-	1	0	118	14	13	-	-	-	-
22	-	19	-	-	40	-	10	1	-	-	-	-
23	0	-	0	-	10	29	6	-	-	-	-	-
24	1	-	12	1	8	155	29	-	-	8	-	-
25	-	-	8	-	5	52	7	-	-	0	-	-
26	-	-	11	-	1	-	64	80	1	-	-	-
27	-	-	-	-	-	17	38	59	-	-	-	-
28	17	-	-	1	0	6	3	8	-	3	-	48
29	30	-	-	-	12	10	2	0	-	-	3	-
30	-	-	-	-	152	-	2	0	0	-	-	-
31	-	-	-	-	20	-	1	7	-	-	-	-
<b>JUMLAH</b>	76	39	87	53	468	650	740	399	96	20	14	109
<b>HH</b>	9	5	8	8	20	20	27	24	8	5	5	5

**Keterangan**

Hujan di ukur dalam ( mm )

0 : Hujan tidak terukur

- : Tidak terjadi hujan

0 - 10 : Hujan Ringan

10 - 50 : Hujan Sedang

50 - 100 : Hujan Lebat

100 keatas : Hujan Sangat Lebat

: Tidak terjadi hujan dalam 1 bulan

Luwuk, 16 Februari 2016

An. Kepala Stasiun Meteorologi Luwuk  
 Kepala Kelompok Tekhnisi

**ISKANDAR SUKIBANG, S.Pd**  
 NIP. 19590323 198211 1 001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
**STASIUN METEOROLOGI BUBUNG LUWUK**

DATA CURAH HUJAN TAHUN 2013  
 POS HUJAN KECAMATAN BATUI  
 KABUPATEN BANGGAI

BLN / TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	4	2.3	16.2	-	-	-	24.5	0	-	-	-	-
2	2	-	-	-	-	-	45	-	8	-	-	-
3	-	-	-	1	23	-	-	15	0	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	17	35	17	-	-	-
5	-	13	-	-	-	5	1	-	41	-	-	-
6	48	-	7.5	-	-	-	14	-	20	11	1	-
7	-	-	-	-	20.5	2	5.6	-	44	0	-	-
8	-	-	-	1.8	-	-	58	16	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-
10	-	-	2	-	15	4	2	11	-	-	-	-
11	-	-	-	7	-	3	32	-	30	-	-	-
12	-	-	-	-	3	18	1.8	1.5	7.2	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	0	-	0	-	-	-
14	-	-	-	-	-	17	0	-	-	-	-	-
15	24	-	-	-	-	-	9	0	-	-	-	4.5
16	-	-	-	-	2	-	2.5	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	10.3	-	62	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	24	7	-	-	-	7
19	-	-	-	0	-	10.6	110	5	-	-	-	0
20	-	18	11.6	21.5	-	-	9	8	-	-	-	-
21	-	6	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-
22	-	0	-	-	-	-	106	13	-	-	-	51
23	-	0	35	11	0	0	0	-	-	1.5	43	2
24	5	-	-	1	-	-	35.1	6	-	-	0	-
25	-	17.8	-	10.5	-	-	10.1	5	-	-	-	-
26	0	-	1.7	2.3	-	-	0.5	2	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	4	1.5	-	-	-	-
28	28	-	-	0.5	18.1	-	0	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	9	22.1	14.5	14.2	-	-	-	0
30	-	-	-	-	28	1	33	-	4.8	0.4	-	0.5
31	-	-	-	-	-	-	0	-	-	0	-	29
<b>JUMLAH</b>	111	57.1	76	56.6	128.9	82.7	622.6	180.2	172	12.9	44	94
<b>HH</b>	7	7	7	10	10	11	28	17	10	5	3	8

**Keterangan**

Hujan di ukur dalam ( mm )

0 : Hujan tidak terukur

- : Tidak terjadi hujan

0 - 10 : Hujan Ringan

10 - 50 : Hujan Sedang

50 - 100 : Hujan Lebat

100 keatas : Hujan Sangat Lebat

: Tidak terjadi hujan dalam 1 bulan

Luwuk, 16 Februari 2016

An. Kepala Stasiun Meteorologi Luwuk  
 Kepala Kelompok Tekhnisi

**ISKANDAR SUKIBANG, S.Pd**  
 NIP. 19590323 198211 1 001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
**STASIUN METEOROLOGI BUBUNG LUWUK**

DATA CURAH HUJAN TAHUN 2014  
 POS HUJAN KECAMATAN BATUI  
 KABUPATEN BANGGAI

BLN / TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	5	-	-	-	-	26	0	-	-	-	4	-
2	-	-	-	-	-	10	9	0	-	-	-	-
3	1	-	-	-	-	27	48.5	2	-	-	12	1
4	27	-	-	-	-	3	7.3	-	-	-	-	31
5	-	-	-	-	2	20.6	20	8	2	-	-	-
6	-	-	-	-	-	8	8	3	-	-	-	-
7	-	-	-	3	-	24	1	0.5	-	-	-	26
8	-	-	-	7	2.5	1.6	7	14.3	3	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-	-	2
10	14	-	-	-	-	-	-	65	-	-	-	-
11	-	-	1	-	-	12	13	50	-	-	-	-
12	5.6	28	-	-	7	51	9.5	9	-	-	-	-
13	-	-	1	-	77.2	-	-	6	-	-	-	-
14	-	-	-	-	10	10.5	-	55.7	-	-	-	-
15	-	-	-	-	3	9	0	276	-	-	-	-
16	-	0	0	-	6	23	10	71	-	3.4	-	-
17	-	-	-	-	4	15	3	45	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	3.8	17	24	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	14	6	5	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	29	-	-	4	-	-
21	-	-	0	1.4	-	1	3.5	-	-	7.6	-	0
22	10	-	-	0	9	4	31	-	-	-	-	-
23	-	-	-	15	2.4	18	-	-	-	-	-	-
24	-	-	1	2	-	0	-	-	-	-	1	-
25	24	-	3	0	-	9.5	15	-	-	-	-	-
26	0	-	2	4	-	11.5	13	38	-	-	-	10
27	0	-	0	0	-	169	24	77.5	-	-	-	-
28	-	0	-	-	25.4	35	6	0.6	-	0	-	18
29	-	-	-	-	-	4	3	2	-	-	-	-
30	-	-	0	-	12.2	46	10	0	-	0.5	-	-
31	-	-	0	-	-	-	1.8	-	-	-	-	0
<b>JUMLAH</b>	86.6	28	8.0	32.4	160.7	556.5	295.6	799.6	5	15.5	17	88
<b>HH</b>	9	3	10	9	12	26	25	22	2	5	3	8

**Keterangan**

Hujan di ukur dalam ( mm )

0 : Hujan tidak terukur

- : Tidak terjadi hujan

0 - 10 : Hujan Ringan

10 - 50 : Hujan Sedang

50 - 100 : Hujan Lebat

100 keatas : Hujan Sangat Lebat

: Tidak terjadi hujan dalam 1 bulan

Luwuk, 16 Februari 2016

An. Kepala Stasiun Meteorologi Luwuk  
 Kepala Kelompok Tekhnisi

**ISKANDAR SUKIBANG, S.Pd**  
 NIP. 19590323 198211 1 001



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
**STASIUN METEOROLOGI BUBUNG LUWUK**

DATA CURAH HUJAN TAHUN 2016  
POS HUJAN KECAMATAN BATUI  
KABUPATEN BANGGAI

BLN / TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1	-	4	41	-	9	44	8	3.5	-	-	-	-
2	-	-	0	0	-	32	20	7	-	-	10	-
3	-	5	-	-	-	18	24	4	-	-	-	-
4	-	-	-	-	1	51	-	7	-	0	-	-
5	-	-	-	-	-	0	4	3	-	-	-	-
6	1	-	-	9	34	3	0	4.2	-	-	-	0
7	-	-	2	-	1	10	1	0	-	-	0	-
8	-	-	-	-	34	1	-	1	-	-	-	-
9	-	-	-	-	0	50	-	-	-	-	-	-
10	-	3	-	-	5	103	-	-	-	-	-	-
11	-	6	-	-	-	15	5	-	0	-	-	-
12	-	-	-	2	-	128	-	1.5	1	-	-	-
13	21	-	-	0	18	3	-	4	4	-	-	-
14	-	28	-	35	51	8	3	4.5	-	-	-	-
15	-	12	-	-	16	0	0	0	1	3	-	-
16	0	-	-	1	18	2	4	-	-	-	-	-
17	-	1	1	-	-	18	0	-	-	-	-	-
18	29	0	0	-	30	1	14	-	-	-	-	1
19	3	27	-	-	-	17	5	0	1	-	-	-
20	-	-	-	-	-	5	-	-	4	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0
22	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-
23	0	-	-	40	16	26	24	-	-	-	1	-
24	-	-	-	-	90	0	-	-	-	-	-	-
25	-	-	0	1	-	58	3	-	-	-	-	-
26	-	-	33	46	-	14	20	-	-	-	-	2
27	9	3	-	83	-	3	6	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	1	23	-	-	-	-	-
29	5	-	-	-	1	20	158	-	-	9	-	-
30	-	-	-	-	-	-	24	-	-	1	-	-
31	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-	-
<b>JUMLAH</b>	68	89	77.0	217	324	653	368	39.7	11	13	14	3
<b>HH</b>	8	10	7	10	15	28	21	13	6	4	4	4

## Keterangan

- Hujan di ukur dalam ( mm )  
 0 : Hujan tidak terukur  
 - : Tidak terjadi hujan  
 0 - 10 : Hujan Ringan  
 10 - 50 : Hujan Sedang  
 50 - 100 : Hujan Lebat  
 100 keatas : Hujan Sangat Lebat  
 [Yellow Box] : Tidak terjadi hujan dalam 1 bulan

Luwuk, 16 Februari 2016

An. Kepala Stasiun Meteorologi Luwuk  
Kepala Kelompok Tekhnisi

**ISKANDAR SUKIBANG, S.Pd**  
NIP. 19590323 198211 1 001

## LAMPIRAN 7

Data uji tes tanah

### KESIMPULAN HASIL PENGUJIAN TANAH

Proyek : Pekerjaan Penyelidikan Tanah Fasilitas Senoro  
 Pembert Tugas: Job. Pertamina – Medco ETP Tomori Sulawesi  
 Lokasi : KP 14+000 Sungai Banti, Luwuk Banggai, Sulawesi Tengah

#### Data Laboratorium BH 1:

Jenis Pengujian	Satuan	Kedalaman (m)						
		3,0 – 3,5	5,0 – 5,5	7,0 – 7,5	9,0 – 9,5	11,0 – 11,5	13,0 – 13,5	
Kadar Air	%	13,72	9,73	13,43	13,81	9,74	8,15	
Berat Isi	gr/cm <sup>3</sup>	1,71	1,70	1,70	1,71	1,72	1,72	
Berat Jenis		2,59	2,59	2,60	2,60	2,59	2,60	
Atterberg Liquid - Batas Cair	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	
- Batas Plastis	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	
- Indeks Plastis	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	
Uji Sarifigan: - Kecil	%	31,57	28,02	35,55	21,35	51,84	34,19	
- Pasir	%	65,72	67,55	61,09	74,02	45,84	62,87	
- Lempung	%	2,71	4,43	3,36	4,62	2,32	2,94	
Uji Geier Lajisung: $\theta$	°	31,43	30,82	29,87	28,89	32,37	29,54	
c	gr/cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Uji Permeabilitas	cm/det.	0,000334927	0,00023343	-	-	-	-	



## Data uji tes tanah

## KESIMPULAN HASIL PENGUJIAN TANAH

Proyek : Pekerjaan Penyelidikan Tanah Fasilitas Senoro  
 Pemberi Tugas: Job. Pertamina – Medco E7P Tomori Sulawesi  
 Lokasi : KP 14+000 Sungai Batui, Luwuk Banggai, Sulawesi Tengah

## Data Laboratorium BH 2:

Jenis Pengujian	Satuan	Kedalaman (m)											
		3,0-3,5	5,0-5,5	7,0-7,5	9,0-9,5	11,0-11,5	13,0-13,5	15,0-15,5	17,0-17,5	19,0-19,5			
Kadar Air	%	18,73	11,54	14,18	23,58	19,51	15,38	9,75	13,51	13,51	13,51	13,51	13,05
Berat Isi	gr/cm <sup>3</sup>	1,71	1,70	1,69	1,70	1,69	1,70	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71
Berat Jenis		2,60	2,59	2,59	2,58	2,60	2,59	2,60	2,59	2,59	2,59	2,59	2,59
Atterberg Limit: -Batas Cair -Batas Plastis -Indeks Plastis	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis
	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis
	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis
Uji Saringan: -Kerikil -Pasir -Lempung	%	22,72	10,70	9,55	13,02	9,19	7,58	15,52	11,07	11,07	11,07	12,21	12,21
	%	74,82	85,26	86,53	81,32	86,04	87,68	81,09	85,88	83,91	85,88	83,91	83,91
	%	2,46	4,04	3,92	5,66	4,77	4,74	3,38	3,05	3,05	3,05	3,88	3,88
Uji Gesar Langsung: - $\phi$ c	..	32,37	31,14	28,24	32,66	28,89	28,24	27,90	27,57	27,57	27,57	30,50	30,50
	gr/cm <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uji Permeabilitas	cm/det.	0,0002396	0,0003268	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## Data uji tes tanah

## KESIMPULAN HASIL PENGUJIAN TANAH

Proyek : Pekerjaan Penyediaan Tanah Fasilitas Senoro  
 Pemberi Tugas : Job. Pertamina – Medco E7P Tomori Sulawesi  
 Lokasi : KP 14+000 Sungai Batui, Luwuk Banggai, Sulawesi Tengah

## Data Laboratorium:

Jenis Pengujian	Satuan	BT 1 Kedalaman (m)		BT 2 Kedalaman (m)		BT 3 Kedalaman (m)		BT 4 Kedalaman (m)	
		2,5 - 3,0	4,5 - 5,0	2,5 - 3,0	4,5 - 5,0	2,5 - 3,0	4,5 - 5,0	2,5 - 3,0	4,5 - 5,0
Kadar Air	%	13,58	16,42	13,84	20,99	8,55	10,01	8,63	10,47
Berat Isi	gr/cm <sup>3</sup>	1,68	1,70	1,68	1,69	1,68	1,69	1,72	1,72
Berat Jenis	%	2,59	2,60	2,59	2,60	2,59	2,59	2,59	2,59
Aterberg Limit: -Batas Cair	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis
-Batas Plastis	%	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis	non plastis
-Indeks Plastis	%	0,00	0,79	0,07	0,09	0,68	10,26	30,94	2,76
Uji Saringan: -Kerikil	%	68,26	82,69	97,81	96,97	61,60	67,64	66,65	96,55
-Pasir	%	31,64	16,53	2,13	2,94	37,72	22,11	2,41	0,69
-Lempung/Lempung	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uji Geier Langsung: $\phi$	gr/cm <sup>2</sup>	27,57	30,50	27,23	31,14	26,89	28,56	29,86	32,98
Uji Permeabilitas	cm/det.	8,636E-06	0,0002691	0,0002839	0,0002853	8,3017E-06	1,2376E-05	0,0002527	0,0003043

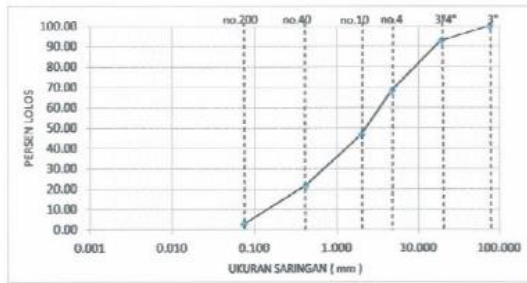
Makassar, 14 Maret 2016  
 Kepala Laboratorium Pengujian Tanah



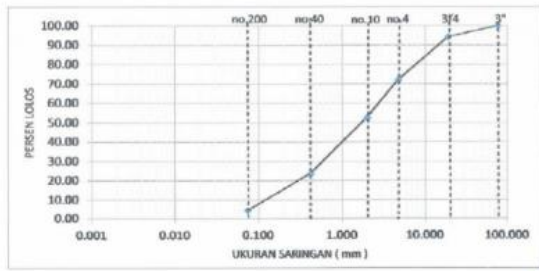
Abdul Nabi, S.T., M.T.  
 Nip. 19631231 199003 1 031

## LAMPIRAN 8

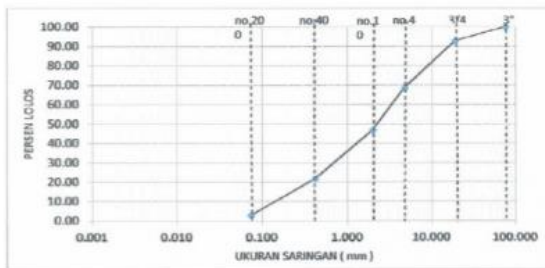
Data grafik gradasi sedimen



**Gambar 4.1.** Grafik Gradasi Sedimen BH 1 Kedalaman 3,00 m - 3,50 m



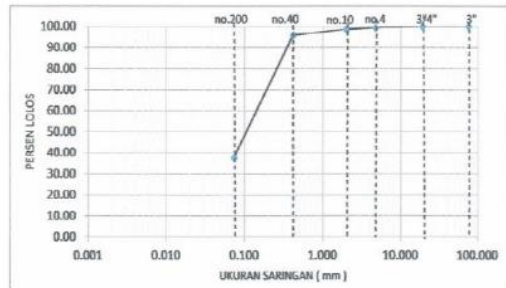
**Gambar 4.2.** Grafik Gradasi Sedimen BH 1 Kedalaman 5,00 m - 5,50 m



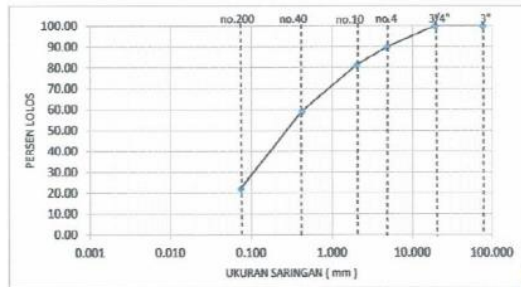
**Gambar 4.3.** Grafik Gradasi Sedimen BH 1 Kedalaman 7,00 m - 7,50 m



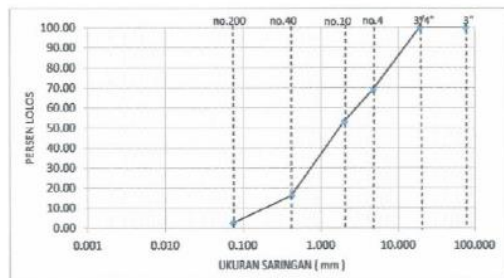
## Data grafik gradasi sedimen



**Gambar 4.20.** Grafik Gradasi Sedimen BT 3 Kedalaman 2,50 m – 3,00 m

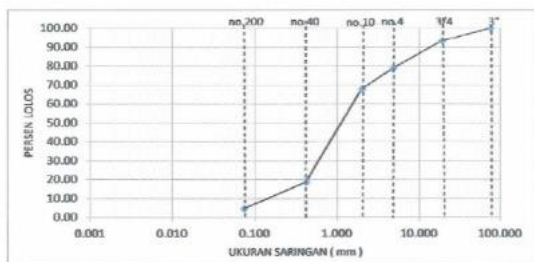


**Gambar 4.21.** Grafik Gradasi Sedimen BT 3 Kedalaman 4,50 m – 5,00 m

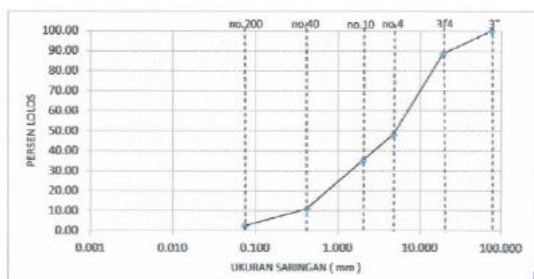


**Gambar 4.22.** Grafik Gradasi Sedimen BT 4 Kedalaman 2,50 m – 3,00 m

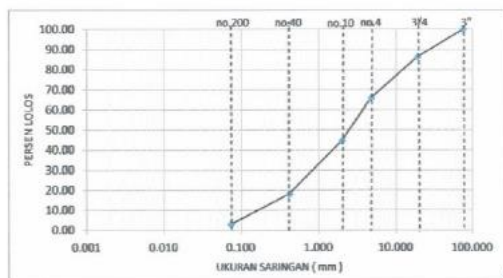
## Data grafik gradasi sedimen



**Gambar 4.4.** Grafik Gradasi Sedimen BH 1 Kedalaman 9,00 m – 9,50 m

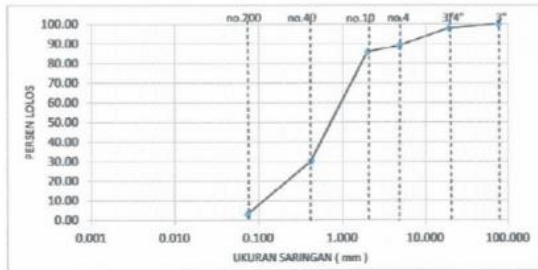


**Gambar 4.5.** Grafik Gradasi Sedimen BH 1 Kedalaman 11,00 m – 11,50 m



**Gambar 4.6.** Grafik Gradasi Sedimen BH 1 Kedalaman 13,00 m – 13,50 m

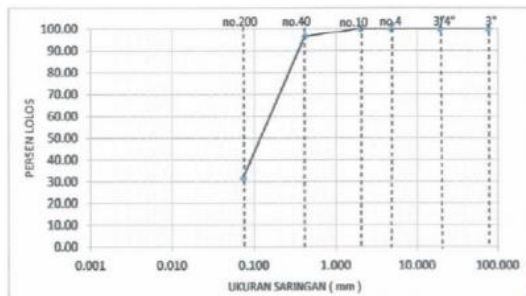
## Data grafik gradasi sedimen



**Gambar 4.14.** Grafik Gradasi Sedimen BH 2 Kedalaman 17,00 m – 17,50 m



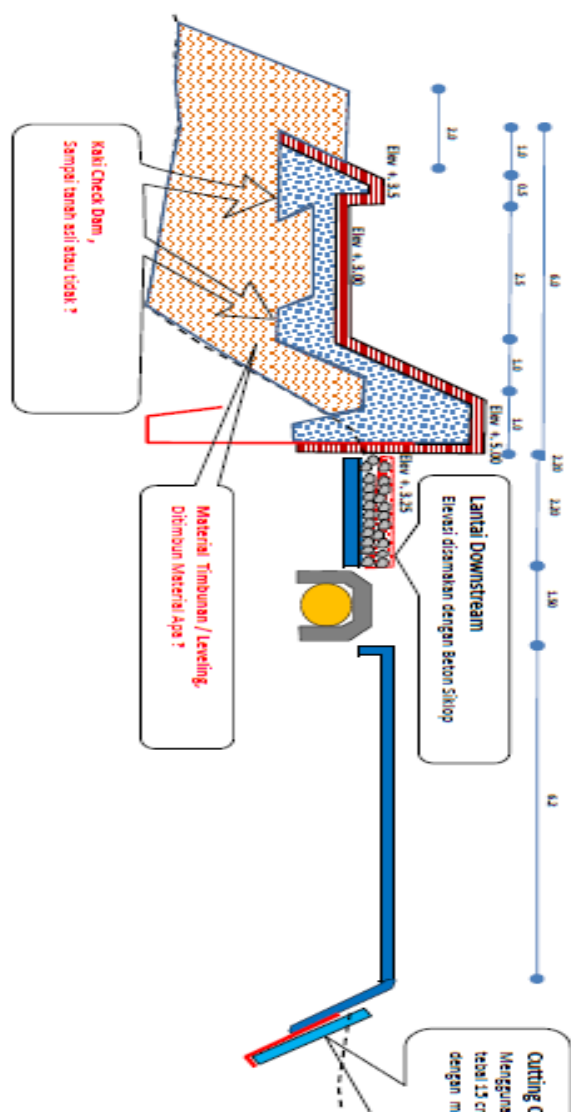
**Gambar 4.15.** Grafik Gradasi Sedimen BH 2 Kedalaman 19,00 m – 19,50 m



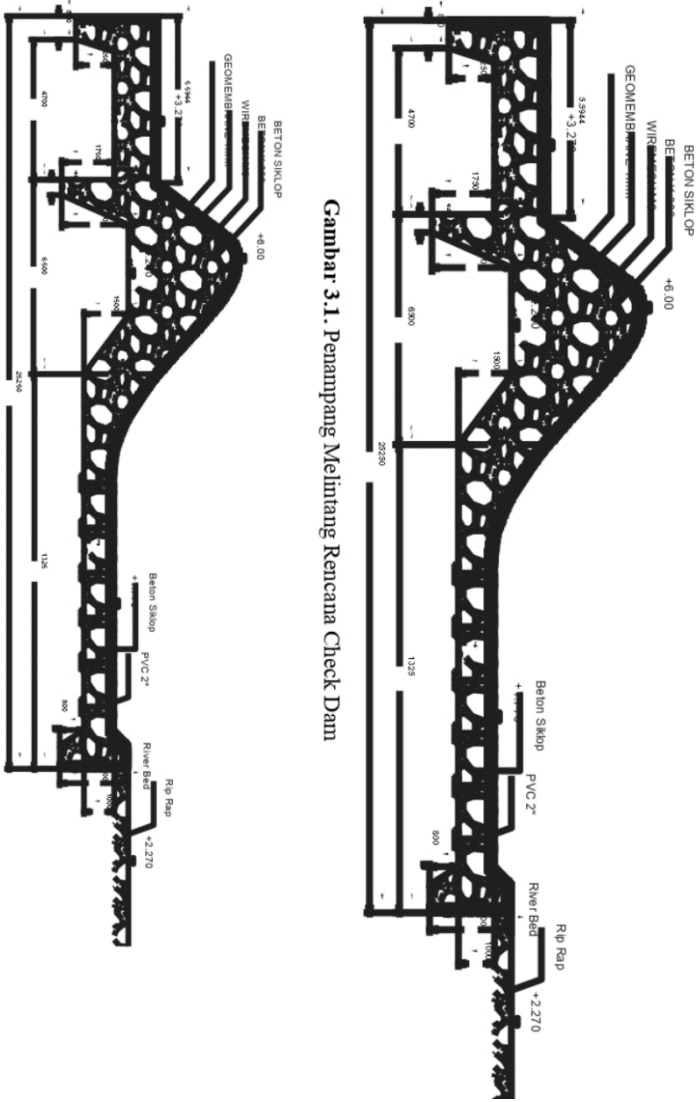
**Gambar 4.16.** Grafik Gradasi Sedimen BT 1 Kedalaman 2,50 m – 3,00 m



Data dimensi bangunan perlindungan crossing pipa



Data dimenci bangunan perlindungan crossing pipa

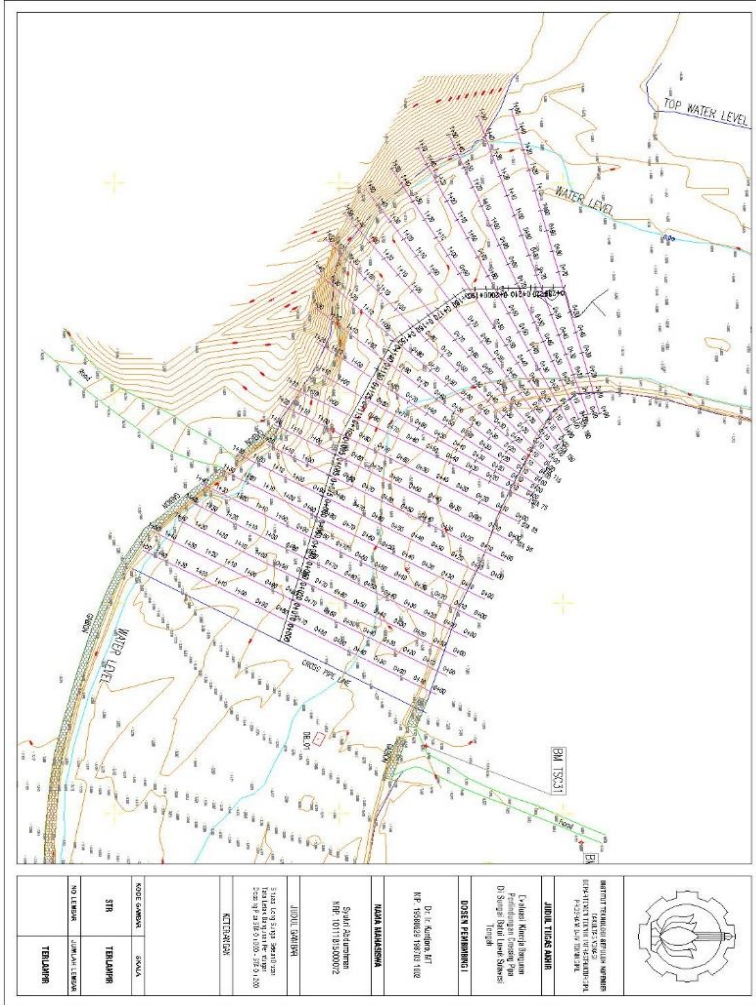


Gambar 3.1. Penampang Melintang Rencana Check Dam



### LAMPIRAN 11

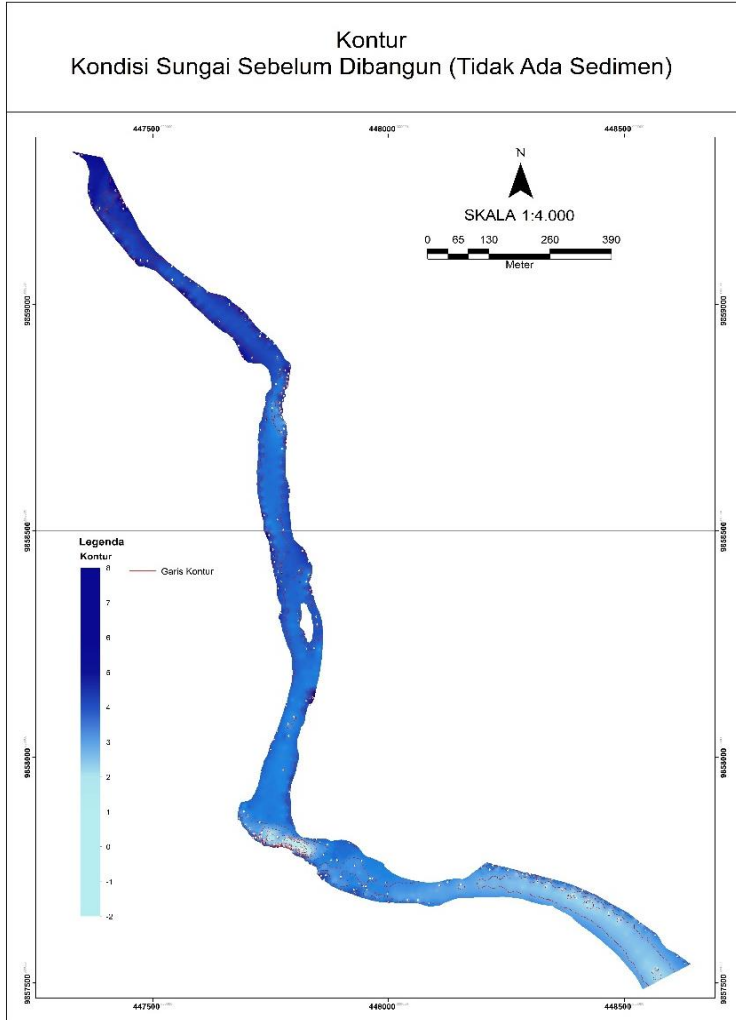
Kondisi rencana letak check dam baru STA 0+000 sampai STA 0+230





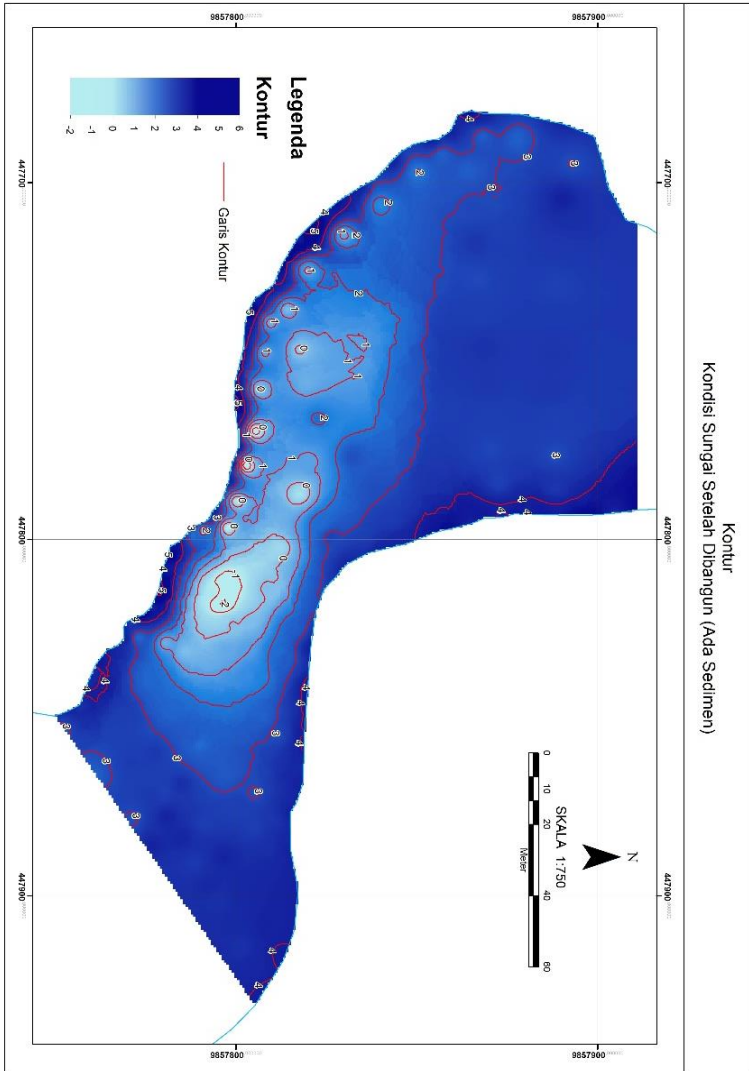
### LAMPIRAN 12

Kontur sungai sebelum dibangun bangunan perlindungan crossing pipa

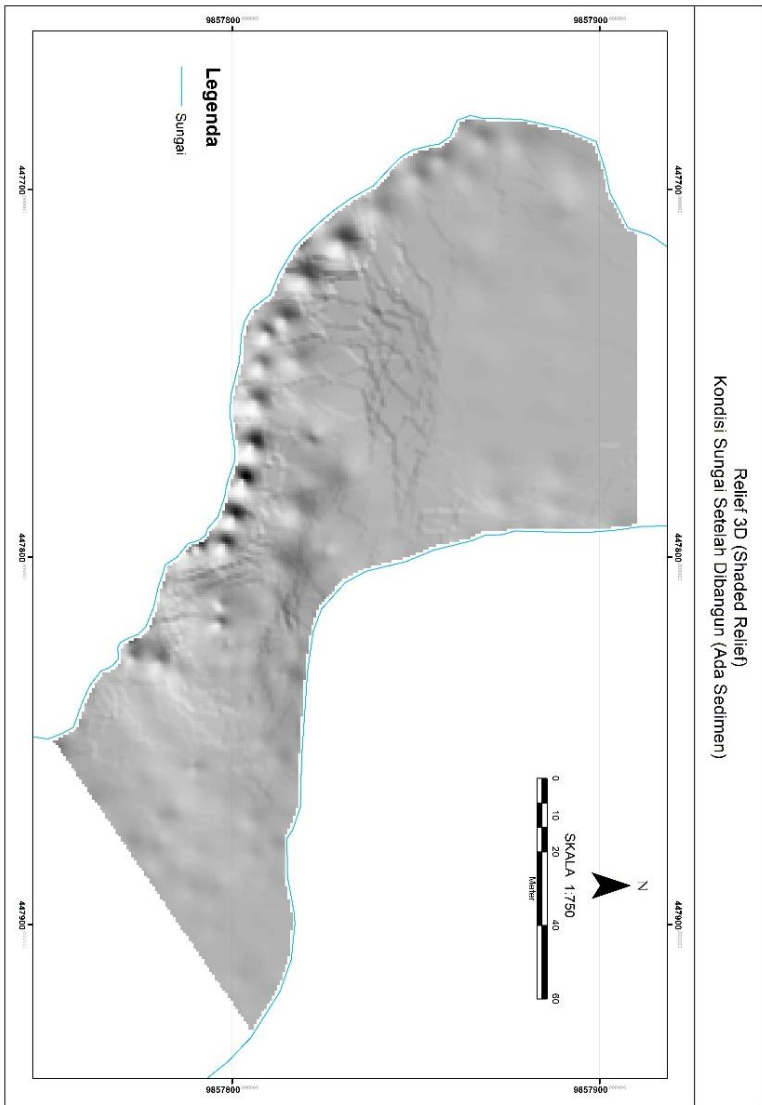


### LAMPIRAN 13

Kontur eksisting sungai

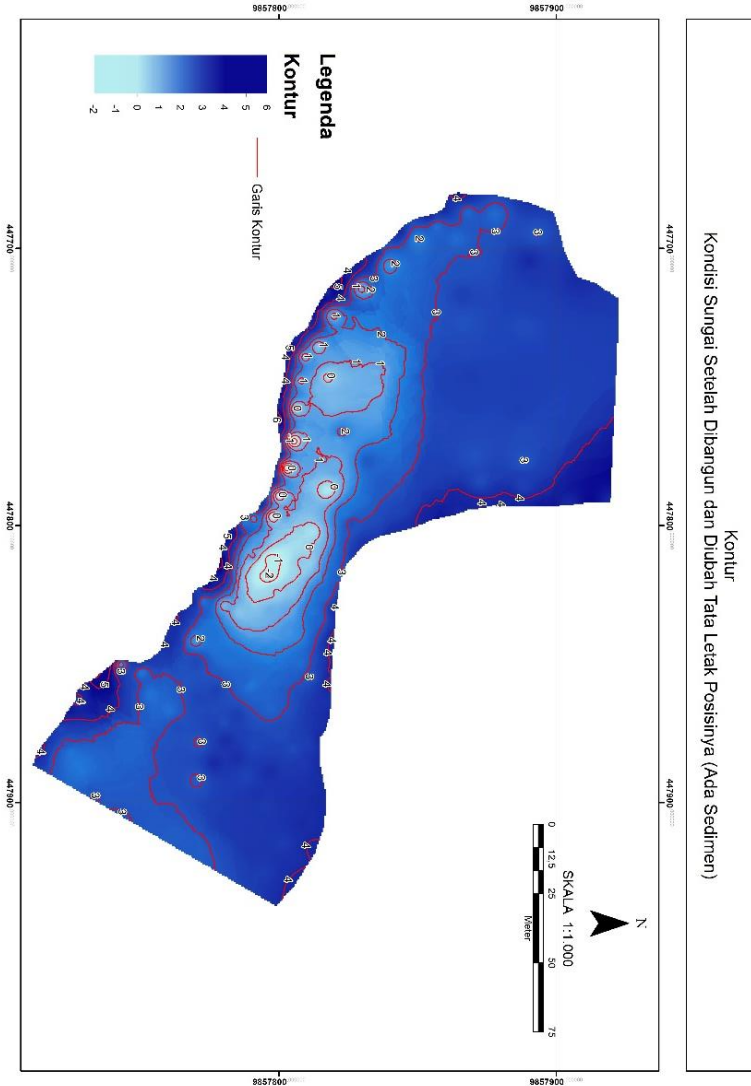


### Kondisi eksisting sebaran sedimen

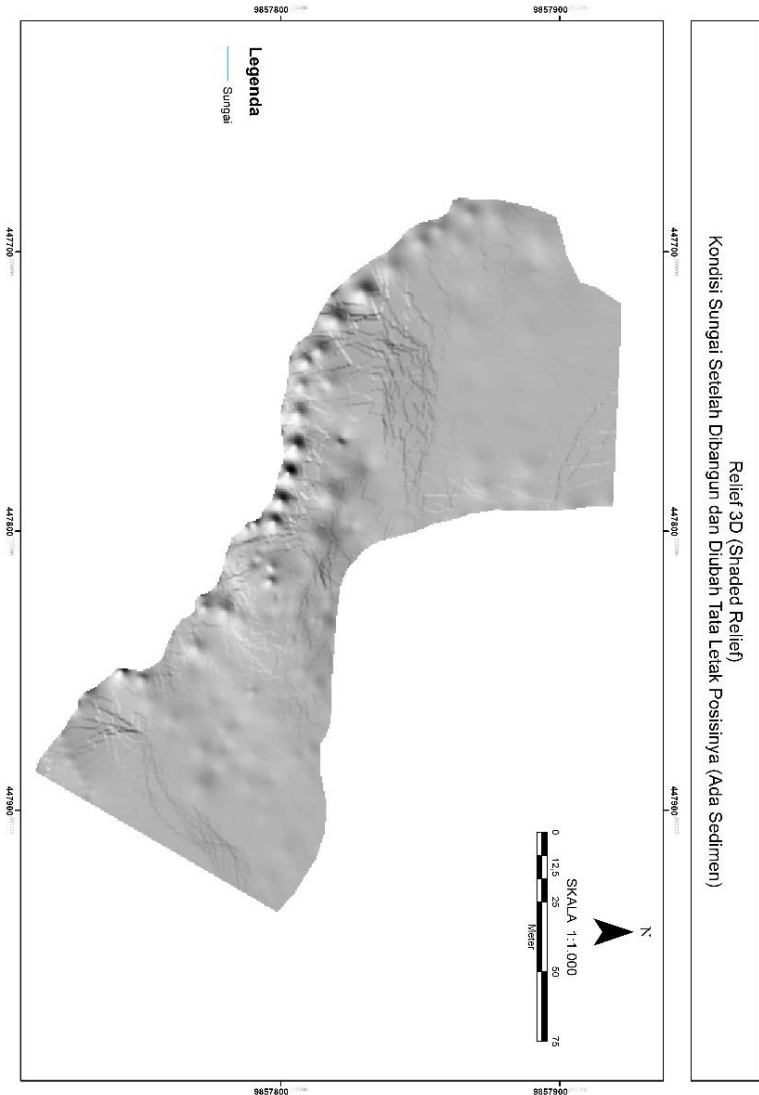


### LAMPIRAN 14

Kontur setelah dirubah tata letaknya

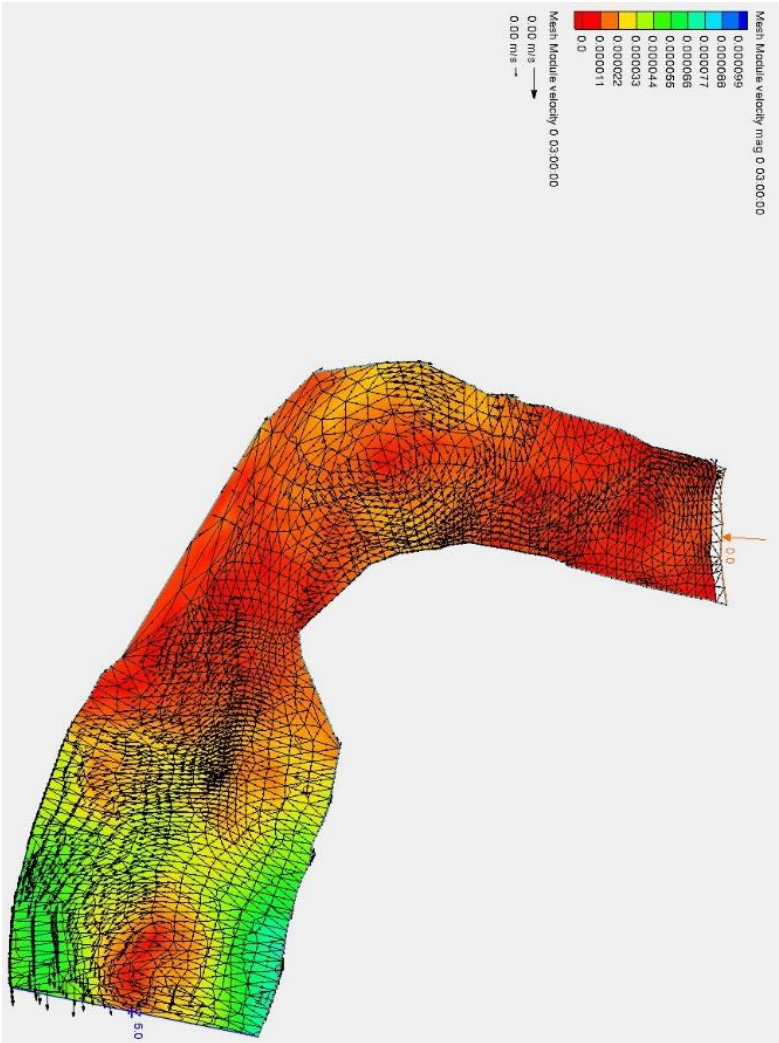


### Kondisi sebaran sedimen setelah dirubah tata letaknya

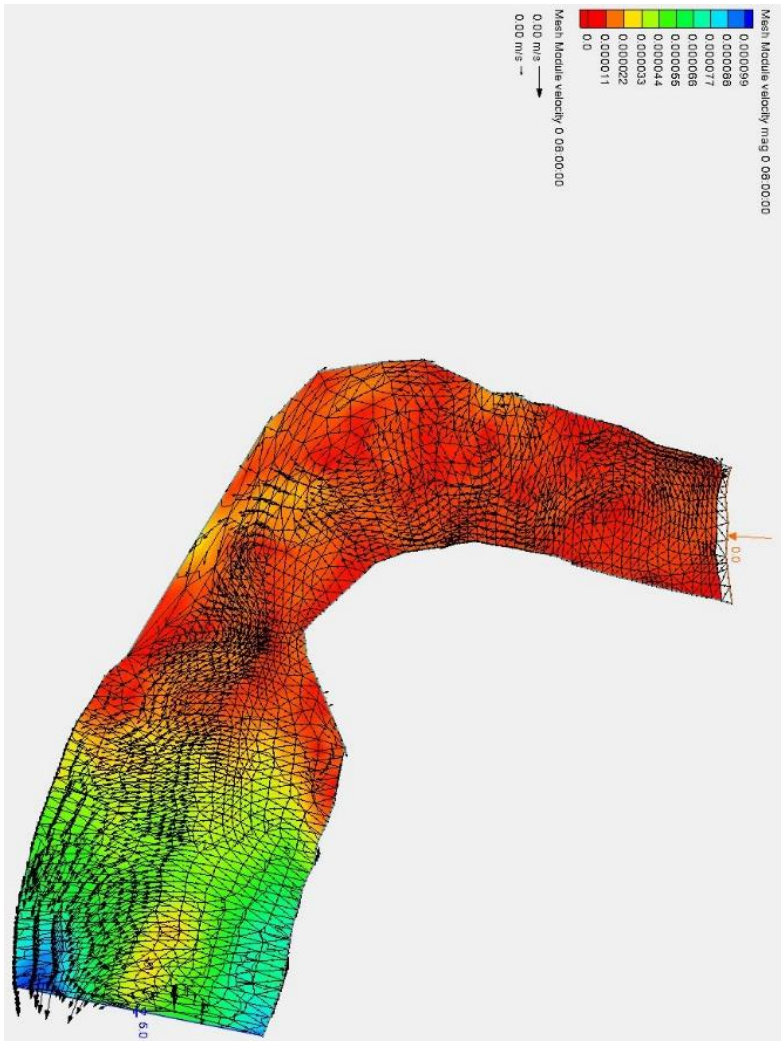


### LAMPIRAN 15

Kondisi velocity sungai batui

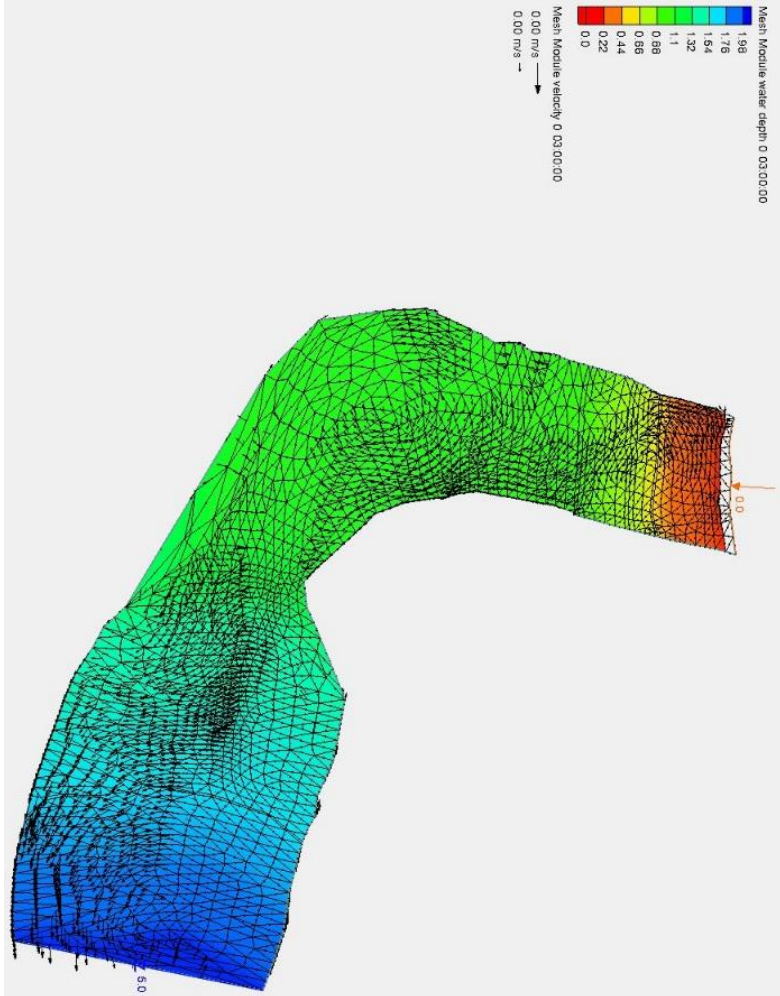


### Kondisi velocity sungai batu



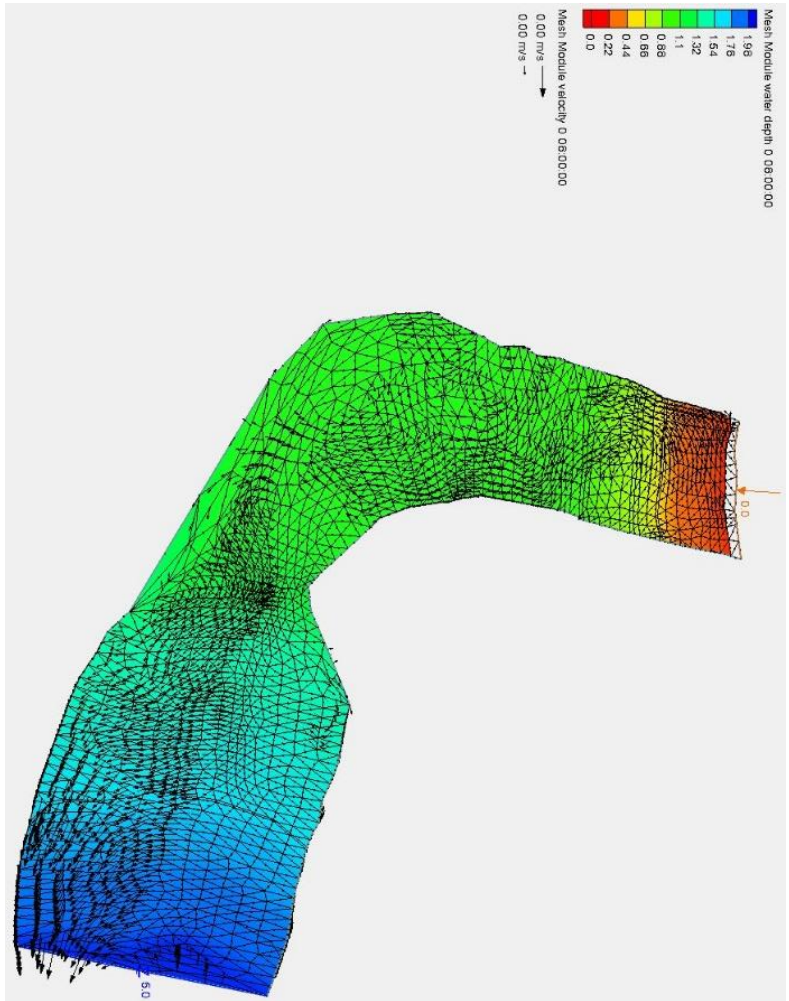
### LAMPIRAN 16

Kondisi water depth sungai batui



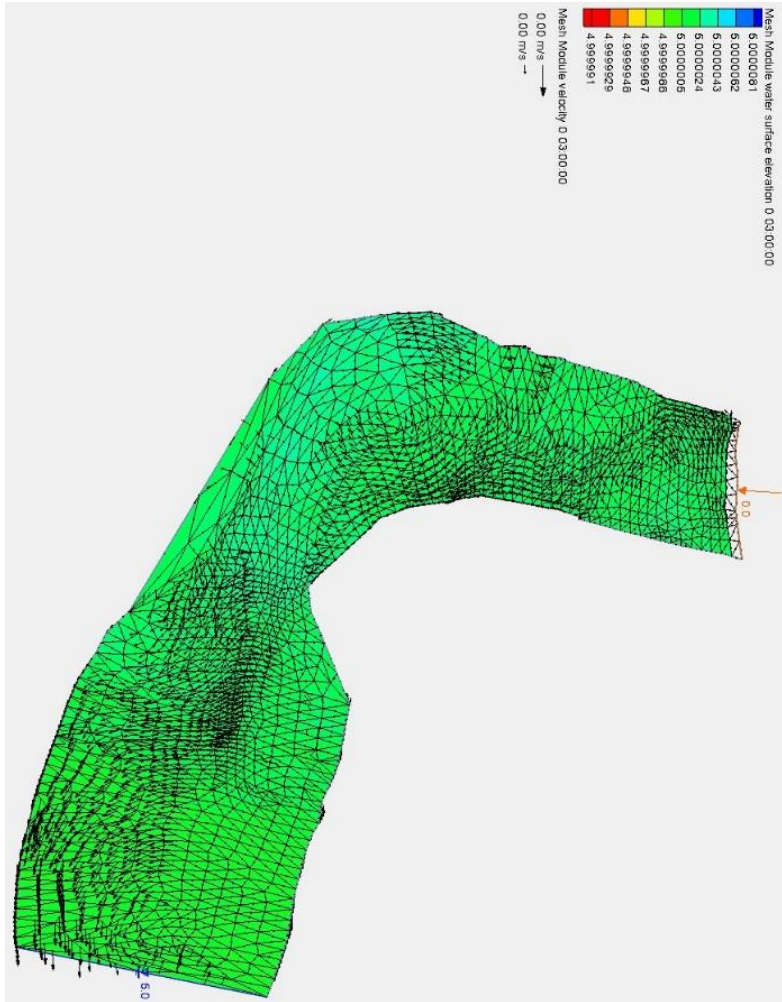


### Kondisi water depth sungai batui

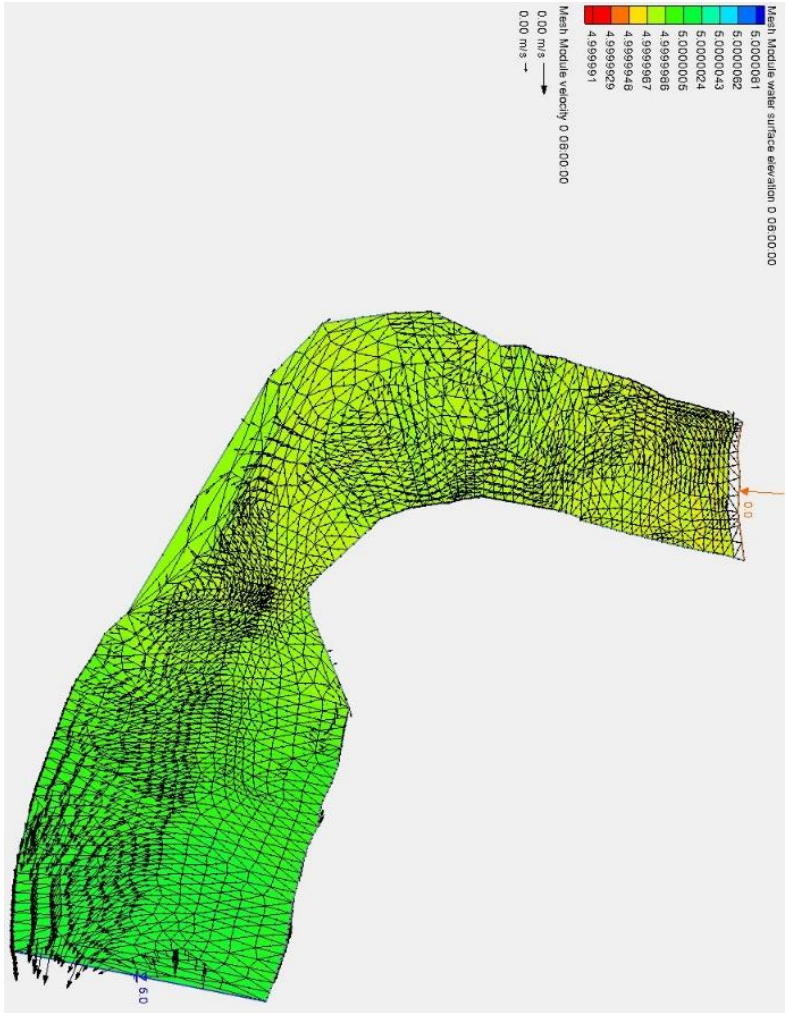


### LAMPIRAN 17

Kondisi water surface sungai batu



### Kondisi water surface sungai batu



## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Syukri Abdurrohman dilahirkan di Surabaya, 21 Januari 1997, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al Islah Surabaya, SD Al Islah Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, dan SMA Negeri 6 Surabaya. Setelah lulus dari SMANAM tahun 2015, Penulis melanjutkan pendidikan kuliah dan diterima di Program Studi Diploma Teknik Sipil Fakultas

Vokasi – ITS dengan jenjang D4 pada tahun 2015 dengan NRP 10111815000072.

Di jurusan teknik sipil, penulis mengambil bidang studi Bangunan Keairan. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan yang diadakan di Jurusan. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan pengembangan diri baik yang diadakan di Jurusan, Fakultas maupun Institut. Selain itu penulis juga aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan dalam beberapa *event* Jurusan maupun Institut serta aktif dalam kegiatan kontribusi lainnya. Di tahun terakhir penulis mengabdikan sebagai Dirjen Kajian Strategis di Kementerian Kebijakan Publik Badan Eksekutif Mahasiswa ITS. Dan sempat menorehkan prestasi bidang keilmiah dengan menjuarai Juara 1 event perlombaan yang diadakan oleh Institut Teknologi Bandung dengan nama event ICEE ITB.