



**STUDI LAJU SEDIMENTASI WADUK SAMPEAN BARU
MENGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS 5.0.3**
*(STUDY OF SEDIMENTATION RATE AT SAMPEAN BARU
RESERVOIR USING HEC-RAS 5.0.3)*

SKRIPSI

Oleh

**YULIA NUR AVIVA
NIM 151910301134**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2018



**STUDI LAJU SEDIMENTASI WADUK SAMPEAN BARU
MENGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS 5.0.3**
*(STUDY OF SEDIMENTATION RATE AT SAMPEAN BARU
RESERVOIR USING HEC-RAS 5.0.3)*

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

YULIA NUR AVIVA
NIM 151910301134

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER

2018

RINGKASAN

Studi Laju Sedimentasi Waduk Sampean Baru Menggunakan Program HEC-RAS 5.0.3. Yulia Nur Aviva NIM 151910301134 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Waduk merupakan suatu bangunan air yang berfungsi untuk penampung air pada saat musim hujan dan melepaskan debit pada musim kemarau. Waduk Sampean Baru berlokasi di Desa Bunotan, Kecamatan Tapen, Kabupaten Bondowoso. Waduk Sampean Baru dimanfaatkan sebagai kebutuhan irigasi dan sebagai pembangkit listrik mikro. Selain memiliki banyak fungsi kondisi dan perawatan waduk harus diperhatikan. Salah satu faktor penyebab yang bisa mengurangi keberfungsian waduk yaitu sedimen. Sedimentasi adalah proses pengendapan sedimen hasil erosi yang terbawa oleh aliran air pada suatu tempat yang alirannya melambat. Jadi semakin tinggi tingkat erosi lahan, maka semakin banyak pula sedimen yang dibawa. Perhitungan laju sedimentasi pada waduk Sampean Baru menggunakan program HEC-RAS 5.0.3. Wilayah yang ditinjau untuk hulu yaitu Maesan dan hilir yaitu pada waduk Sampean Baru yang memiliki panjang 44,44 km. Volume sedimen pada tahun 2004 sebesar 858.236,9195 m³. Hasil perhitungan menggunakan program HEC-RAS didapatkan volume sedimen sebesar 2.473.049 ton/th = 1.466.905 m³. Kenaikan volume sedimen dari tahun 2004 sampai dengan 2017 adalah sebesar 70,92 %

Kata kunci : Waduk Sampean Baru, Laju Sedimentasi, HEC-RAS 5.0.3

SUMMARY

Study of Sedimentation Rate at Sampean Baru Reservoir Using Hec-Ras

5.0.3. Yulia Nur Aviva Nim 151910301134. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

Reservoir is a water building that serves to collect water during the rainy season and release the discharge in the dry season. Sampean Baru Reservoir is located in Bunotan Village, Tapen District, Bondowoso District. The Sampean Baru Reservoir is used for irrigation needs and as a microhidro power plant. In addition to having many functions of the condition and maintenance of the reservoir must be considered. The factor can reduce the functioning of the reservoir is sediment. The process of sedimentation is by sediment erosion precipitation carried out by the flow of water in a place where the flow slows down. So the higher the level of soil erosion, the more sediments are brought. The study calculated the sedimentation rate in the New Sampean reservoir using the HEC-RAS 5.0.3 program. The areas reviewed for upstream of Maesan and downstream are on the New Sampean reservoir which has a length of 44.44 km. Sediment volume in 2004 amounted to 858,236.9195 m³. The calculation result using HEC-RAS program obtained sediment volume of 2.473.049 tons/year = 1.466.905 m³. The increase in sediment volume from 2004 to 2017 was 70.92%.

Keyword: New Sampean Reservoir, Sediment rate, HEC-RAS 5.0.3

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY.....	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Alur Sungai	4
2.2 Waduk	4
2.3 Sedimentasi	6
2.3.1 Jenis Transpor sedimen	6
2.4 Penentuan Debit Saluran	8
2.4.1 Perhitungan Kecepatan pada Saluran Terbuka	8
2.4.2 Penentuan Nilai Koefisien Kontraksi dan Ekspansi.....	9
2.5 HEC-RAS.....	10
2.5.1 Analisis Kerja.....	11

2.5.2 Penyimpanan Data dan Manajemen Data	11
2.5.3 Grafik dan Pelaporan.....	12
2.6 Organisasi Data	12
2.7 Koefisien Pengangkutan Sedimen.....	13
2.7.1 Kecepatan Jatuh	20
2.7.2 Gradasi Sedimen	21
2.7.3 Perubahan Dasar.....	22
2.8 Peneliti Terdahulu	23
2.8.1 Analisis Pemodelan Sedimentasi di Saluran Kencong Timur (Bedodo) Menggunakan Program <i>HEC-RAS</i> (2014).....	23
2.8.2 Analisa Transpor Sedimen Sungai Opak Dimana Menggunakan Program <i>HEC-RAS</i> (2016).....	23
2.8.3 Analisis Sedimentasi Sungai Bialo Kabupaten Bulukumba dimana Menggunakan Aplikasi <i>HEC-RAS</i> (2017)	24
2.8.4 Studi Pengaruh Buangan Lumpur Lapindo terhadap Agradasi dan Degradasi Kali Porong dimana Menggunakan Model <i>HEC-RAS</i> v4.1.0....	24
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Lokasi Penelitian	26
3.2 Pengumpulan Data	27
3.3 Analisis Data	27
3.3.1 Data Primer	27
3.3.2 Data Sekunder	28
3.3.3 <i>Running HEC-RAS</i>	28
3.3.4 Analisis Model	29
3.3 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	30
3.4 Diagram Alir <i>HEC-RAS</i>	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Pengambilan Sampel Waduk Sampean Baru	35
4.2 Kondisi Sedimen Waduk Sampean Baru	35
4.2.1 Pelaksanaan Uji Analisis Saringan pada Daerah Maesan	35
4.2.2 Pelaksanaan Uji Analisis Saringan pada Waduk Sampean Baru	37

4.2.3 Data Perencanaan UPT Bondowoso	39
4.3 Penyesuaian Input Model HEC-RAS	39
4.3.1 Penyesuaian <i>Input</i> Koefisien Struktur Hidrolika	40
4.3.2 Penyesuaian <i>Input</i> Gradasi Sedimen	42
4.3.3 Pemilihan Fungsi Pengangkutan Sedimen	43
4.4 Hasil Simulasi Selama Satu Tahun (2016-2017)	45
4.4.1 <i>Sedimen Spatial Plot</i> (Penggambaran Sedimen Spasial)	45
4.4.2 <i>Sediment Cross Section Bed Changes</i> (Perubahan Dasar Sungai Akibat Sedimen).....	72
4.5 Uji Keandalan Hasil Simulasi	72
BAB 5. PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini banyak bendungan atau waduk yang telah dibangun di Indonesia. Menurut Notohadiprawiro (2001:1) “Waduk merupakan suatu piranti untuk membenahi daur hidrologi atau neraca air suatu wilayah sehingga lebih bermanfaat bagi pemenuhan kebutuhan penduduk”. Bendungan dibuat atau dibangun memiliki fungsi untuk pengendalian banjir, PLTA, irigasi, air minum, pariwisata, dan lain-lain (Soediby, 2003:3). Selain memiliki banyak fungsi kondisi dan perawatan waduk harus diperhatikan. Seiring berjalannya waktu permasalahan muncul dan menyebabkan turunnya manfaat dari pengoperasian waduk itu sendiri. Permasalahan yang timbul berupa sedimentasi yang dapat mengancam usia gunanya waduk. Proses terjadinya sedimentasi yaitu pengendapan sedimen hasil erosi yang terbawa oleh aliran air pada suatu tempat yang alirannya melambat. Jadi semakin tinggi tingkat erosi lahan, maka semakin banyak pula sedimen yang dibawa.

Waduk Sampean Baru berlokasi di Desa Bunotan, Kecamatan Tapen, Kabupaten Bondowoso. Waduk Sampean Baru dimanfaatkan sebagai kebutuhan irigasi dan sebagai pembangkit listrik mikro. Perubahan tata guna lahan yang terjadi di wilayah Sampean Baru mengakibatkan erosi dan sedimentasi yang mengakibatkan terjadinya pendangkalan waduk. Hal lainnya adalah terjadinya banjir saat musim hujan. Perubahan tata guna lahan dapat meningkatkan sedimen dan mengurangi kapasitas waduk yang mempengaruhi kemampuan waduk dalam menampung debit aliran. Oleh karena itu keberfungsian waduk harus dijaga agar dapat mengurangi jumlah volume sedimen yang masuk pada waduk.

Hydraulic Engginering Center-River Analysis System (HEC-RAS) adalah program yang dapat digunakan untuk menganalisa seluruh penampang pada sungai dan Waduk Sampean Baru. Program *HEC-RAS* mampu melakukan pemodelan sedimentasi dengan pemilihan input gradiasi sedimen.

Penelitian sedimentasi dengan menggunakan program *HEC-RAS* sebelumnya telah dilakukan di beberapa lokasi yaitu seperti: Analisis Pemodelan Sedimentasi di Saluran Kencong Timur Bedodo (Irawan, 2014), Analisis Transpor Sedimen Sungai Opak (Wardhana, 2016), Analisis Sedimentasi Sungai Bialo Kabupaten Bulukumba (Juddah, 2017), Studi Pengaruh Buangan Lumpur Lapindo terhadap Agradasi dan Degradasi Kali Porong dengan Menggunakan Model *HEC-RAS* V4.1.0 (Arif, 2011).

Penelitian terhadap aliran sungai dan pola pengendapan sedimentasi pada Waduk Sampean Baru diharapkan mampu mengetahui pola penyebaran sedimen. Proses sedimentasi yang terjadi pada aliran sungai mengakibatkan pendangkalan pada dasar sungai dan perubahan elevasi yang dapat mempengaruhi morfologi sungai. Pada musim kemarau akan berdampak kekurangan air dan pada musim penghujan akan mengalami banjir. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui studi laju sedimentasi pada Waduk Sampean Baru menggunakan program *HEC-RAS* 5.0.3.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berapa laju sedimentasi yang terjadi pada Waduk Sampean Baru?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui laju sedimentasi di Waduk Sampean Baru.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilakukannya penelitian studi laju sedimentasi menggunakan program *HEC-RAS* adalah sebagai berikut:

- a. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi masukan atau referensi bagi instansi terkait
- b. Penulis dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang metode-metode dalam menghitung volume sedimen
- c. Dapat dijadikan sebagai kajian untuk bahan penelitian selanjutnya

1.5 Batasan Masalah

Dalam perencanaan studi laju sedimentasi di Waduk Sampean Baru menggunakan program *HEC-RAS*, dibatasi masalah berikut ini :

- a. Tidak membahas sedimen *suspended load*
- b. Pengambilan data tidak dilakukan pada saat musim kemarau
- c. Memodelkan laju sedimentasi tahun 2016-2017
- d. Lokasi kajian yang ditinjau dari waduk Sampean Baru ke hulu (Maesan) sepanjang 44,44 km
- e. Tidak membahas mengenai bangunan pengendali sedimen, *check dam* dan *ground sill*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alur Sungai

Alur sungai dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

a. Bagian Hulu

Pada bagian Hulu sungai merupakan daerah sumber erosi karena pada umumnya alur sungai melalui daerah pegunungan, bukit, atau lereng gunung yang terkadang memiliki ketinggian yang cukup besar dari muka air laut. Alur sungai yang ada di bagian hulu ini biasa memiliki kecepatan aliran yang lebih besar dibandingkan dengan bagian hilir.

b. Bagian Tengah

Pada bagian tengah ini merupakan daerah peralihan antara bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungaipun lebih landai sehingga kecepatan alirannya relatif lebih kecil dari pada bagian hulu. Bagian ini merupakan daerah keseimbangan sedimentasi yang sangat bervariasi dari musim ke musim.

c. Bagian Hilir

Pada bagian hilir biasanya melalui dataran yang mempunyai kemiringan dasar sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat. Keadaan tersebut sangat memudahkan terbentuknya pengendapan atau sedimentasi. Endapan yang terbentuk biasanya berupa endapan pasir halus, lumpur, endapan organik dan berupa jenis endapan lain yang sangat labil.

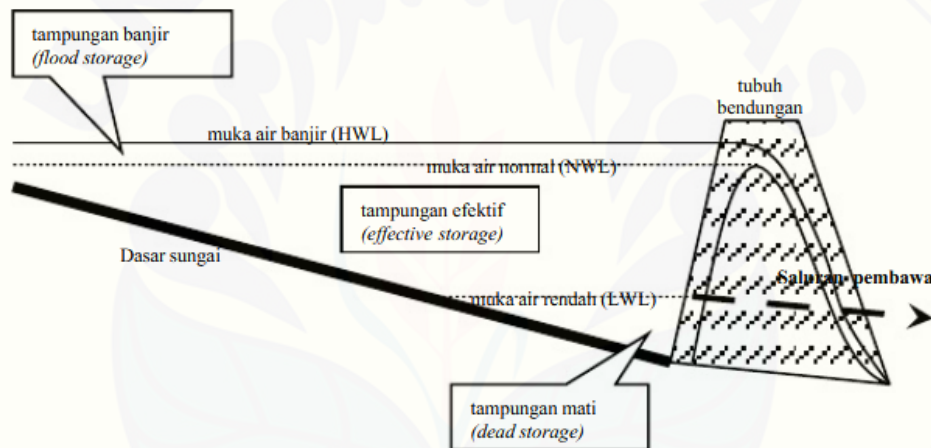
2.2 Waduk

Waduk (*reservoir*) adalah tempat pada permukaan tanah yang digunakan untuk menampung air saat terjadi kelebihan air/musim penghujan, sehingga air itu dapat dimanfaatkan pada saat musim kering. Sumber air waduk terutama berasal dari aliran permukaan ditambah dengan air hujan langsung. Waduk dapat dimanfaatkan antara lain sebagai berikut :

- a. Untuk irigasi
- b. Penyedia energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga air (PLTA)
- c. Penyedia air minum

- d. Pengendali banjir
- e. Perikanan
- f. Transportasi

Waduk merupakan suatu bangunan air yang berfungsi untuk penampung air pada saat musim hujan dan melepaskan debit pada musim kemarau. Debit yang masuk pada waduk tidak hanya air tetapi membawa kandungan sedimen. Dapat disimpulkan bahwa tidak ada waduk yang bebas dari sedimentasi. Besar kecilnya kandungan sedimen berdampak langsung atau tak langsung terhadap sedimentasi waduk (USBR dalam Prabowo 2000:1).



Gambar 2.1 Struktur Tampungan Waduk

Keterangan :

- a. Tampungan mati (*dead storage*) adalah volume waduk yang terletak di bagian terbawah dari bangunan pembawa
- b. Tampungan efektif (*effective storange*) adalah volume waduk yang dapat digunakan untuk memenuhi manfaat dari waduk tersebut (pengairan, PLTA dan pengendali banjir).
- c. Tampungan tambahan yang biasanya dimanfaatkan untuk pengendalian banjir (*flood storage*) adalah sebagian dari volume aktif yang digunakan untuk mengontrol (meredam) banjir yang terjadi.

2.3 Sedimentasi

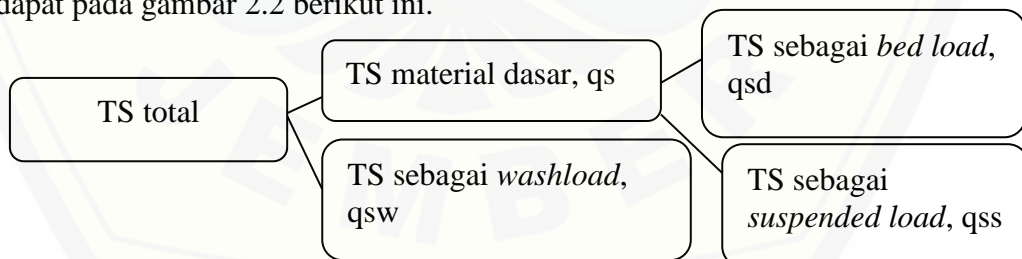
Secara umum sedimen merupakan tanah atau bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai (DAS) dan masuk kedalam badan air. Sedimen biasanya mengendap dibagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, di sungai dan di waduk.

Hasil sedimen (*sedimen yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi pada daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat yang telah ditentukan. Hasil sedimen ini biasanya didapat dari pengukuran sedimen yang terlarut pada sungai atau dengan pengukuran langsung di dalam waduk.

Berdasarkan jurnal yang telah ditulis oleh *Xiaoqing Yang dkk*, yang berjudul *The Sedimentation and Dredging of Guanting Reservoir* (2003), mengatakan sedimentasi waduk dapat berdampak serius pada pasokan air dan pengendalian banjir, oleh sebab itu sedimentasi waduk harus diatur dan dikendalikan.

2.3.1 Jenis Transpor Sedimen

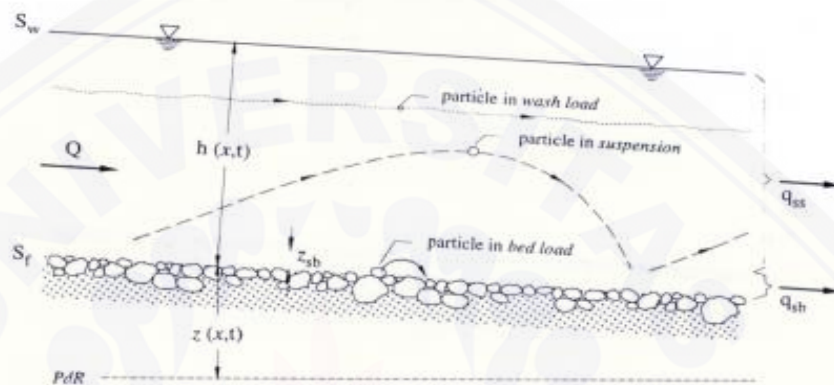
Transpor sedimen oleh aliran air adalah transpor seluruh butir padat (*solid*) yang melewati tampang lintang suatu aliran air. Transpor sedimen umumnya dikelompokkan berdasarkan cara transpor yang disajikan pada skema yang terdapat pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Pengelompokan Cara Transpor Sedimen

1. Transpor sedimen dasar (*bed load*), q_{sb} (debit solid per satuan lebar, m^3/s), yaitu gerak butir sedimen yang selalu berada di dekat dasar saluran atau sungai. Butir sedimen bergerak dengan cara bergeser atau meluncur, mengguling, atau dengan lompatan pendek. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen yang berukuran relatif besar.

2. Transpor sedimen suspensi (*suspended solid*), q_{ss} yaitu gerak butir sedimen yang sesekali bersinggungan dengan dasar sungai atau saluran. Butir sedimen bergerak dengan lompatan yang jauh dan tetap di dalam aliran. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen yang berukuran relatif kecil. Berikut ini skema transpor sedimen disajikan pada gambar 2.3 berikut ini.



Sumber : (Wardhana, 2015)

Gambar 2.3 Skema Cara Transpor sedimen

Adapun kegiatan yang dapat dilakukan untuk mencegah erosi dan sedimentasi yaitu :

1. Tidak melakukan penggarapan tanah pada lereng terjal. Bila kelerengan lebih dari 40% maka tidak diperkenankan samasekali untuk bercocok tanam tanaman semusim. Sedangkan bercocok tanam pada 10 kawasan yang berlereng antara 15-25 % dilakukan dengan membuat teras terlebih dahulu.
2. Untuk mencegah terjadinya sedimentasi pada sungai, maka pada berbagai lokasi di kawasan berlereng dibuat bangunan jebakan lumpur, berupa parit-parit buntu sejajar kontur dengan berbagai variasi panjang, lebar dan dalamnya parit. Secara periodik parit ini dibersihkan agar dapat berfungsi sebagai penjebak lumpur, terutama pada musim penghujan.
3. Mencegah pemanfaatan lahan secara intensif pada lahan yang berada di atas ketinggian lebih dari 1000 m di atas permukaan laut.
4. Mencegah pemanfaatan lahan yang memiliki nilai erosi lebih tinggi dari erosi yang diperbolehkan.

2.4 Penentuan Debit Saluran

Debit saluran adalah volume air yang mengalir per satuan waktu. Data debit merupakan data yang sangat penting sekali perannya, karena merupakan variabel utama untuk menentukan sebuah saluran. Adapun penentuan pemilihan debit dapat dilakukan dengan mengetahui perbandingan luas penampang melintang saluran dengan durasi waktu. Persamaan tersebut bisa dilihat dari rumus debit berikut ini. Persamaan dasar untuk menentukan debit sungai berikut ini. (D.G Romy, 1932)

$$Q = V/T \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan $Q = \text{Debit Sungai (m}^3/\text{dt)}$
 $V = \text{Volume (m}^3\text{)}$
 $T = \text{Waktu (dt)}$

2.4.1 Perhitungan Kecepatan pada Saluran Terbuka

Untuk perhitungan kecepatan pada saluran terbuka dapat menggunakan rumus *manning*. Parameter yang dijadikan acuan antara lain adalah jari-jari hidrolis, kemiringan dasar saluran dan koefisien *manning* yang dapat dilihat dari tabel 2.1 berikut ini. Untuk persamaannya bisa dilihat dari rumus 2.2 berikut ini. (Robert Manning, 1889)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan $V = \text{Kecepatan Aliran (m/s)}$
 $R = \text{Jari-jari Hidrolis (m)}$
 $i = \text{Kemiringan Dasar Saluran}$
 $n = \text{Koefisien Manning}$

Dalam menentukan kekasaran *manning* yang sesuai untuk berbagai kondisi sungai bervariasi dan tergantung dari berbagai faktor. Faktor-faktor yang berpengaruh biasanya pada kekasaran baik pada saluran batuan maupun alam. menurut (*Hec-Ras Reference Manual*) adalah sebagai berikut : Tumbuhan, kedalaman air dan debit, kekasaran permukaan, taraf air dan debit, trase saluran, pengendapan dan gerusan, ukuran dan bentuk butiran.

Apabila debit terlalu besar, air banjir dapat melimpas ke sungai dan sebagian aliran akan mengairi daratan banjir. Nilai n pada bantaran banjir biasanya lebih besar dari pada di saluran dan besarnya tergantung pada kondisi permukaan dan tumbuhnya. Adapun nilai angka kekasaran *manning* tersebut disajikan pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penentuan Nilai angka Koefisien *Manning*

Saluran Alam (Dataran Banjir)	n
a. Padang Rumput Tanpa Belukar	
Rumput pendek	0.025-0.035
Rumput tinggi	0.03-0.05
b. Daerah Pertanian	
Tanpa tanaman	0.02-0.04
Tanaman dibariskan	0.025-0.045
Tanaman tidak dibariskan	0.03-0.05

Sumber : Ven Te Chow (1997)

2.4.2 Penentuan Nilai Koefisien Kontraksi dan Ekspansi

Penentuan nilai koefisien Kontraksi dan ekspansi merupakan penentuan nilai koefisien berdasarkan kondisi tampang lintang aliran yang memenuhi sepanjang saluran. Nilai koefisien ini nantinya akan digunakan untuk input data *HEC-RAS*. *HEC-RAS Reverence Manual* telah menjelaskan bagaimana penentuan nilai koefisien kontraksi dan ekspansi. Tabel nilai koefisien kontraksi dan ekspansi disajikan pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Penentuan Nilai Koefisien Konsentrasi dan Ekspansi

<i>Subcritical flow contraction and expansion coefficient</i>	<i>contraction</i>	<i>Expansion</i>
<i>No Transition Loss Computed</i>	0	0
<i>Gradual Transition</i>	0,1	0,3
<i>Typical Bridge Sections</i>	0,3	0,5
<i>Abrupt Transitions</i>	0,6	0,8

Sumber : Hec-Ras Reverence Manual 2010

Menurut *Hec-Ras Reverence Manual*, ada beberapa kategori penyesuaian koefisien Kontraksi dan Ekspansi, yaitu:

- Ketika perubahan penampang sungai kecil, dan alirannya bertahap, maka nilai koefisien kontraksi dan ekspansi adalah 0,1 dan 0,3
- Ketika perubahan pada penampang efektif adalah tiba-tiba misalnya aliran pada jembatan, maka nilai koefisien kontraksi dan ekspansi adalah 0,3 dan 0,5
- Ketika perubahan penampang terjadi tiba-tiba dan bentuk penampang gorong-gorong maka nilai koefisien kontraksi dan ekspansi adalah 0,6 dan 0,8

2.5 HEC-RAS

HEC-RAS adalah sistem *software* terintegrasi, yang didesain untuk digunakan secara interaktif pada kondisi tugas yang beraneka ragam. *Software* ini dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. Sistem ini terdiri dari *interface* grafik pengguna, komponen analisa hidrolika terpisah, kemampuan manajemen dan tampilan data, fasilitas pelaporan dan grafik.

Menurut *Simple Geometry River* (2011) apabila kecepatan, kedalaman, dan debit aliran tidak berubah terhadap waktu dalam kasus aliran permanen, maka ketiga parameter tersebut merupakan fungsi waktu dalam kasus aliran tak permanen (*unsteady flow*). Contoh dari aliran tidak permanen adalah perubahan debit di dalam pipa atau saluran, aliran banjir di sungai dan aliran di muara sungai yang dipengaruhi pasang surut.

Sistem *HEC-RAS* pada akhirnya akan memuat tiga komponen analisa hidrolika satu dimensi untuk :

1. Simulasi tidak seragam
2. Perhitungan profil muka air aliran seragam (*steady flow*)
3. Perhitungan transport sedimen dengan batas yang bisa dipindahkan

Ketiga komponen tersebut akan menggunakan representasi data geometri serta perhitungan hidrolika dan geometri seperti pada umumnya. Versi terakhir

dari *HEC-RAS* yaitu *HEC-RAS* 5.0.3 mendukung untuk perhitungan transport sedimentasi.

Adapun yang harus diperhatikan dalam membuat model hidrolika dengan menggunakan *HEC-RAS* yaitu :

- a. Memulai projek baru
- b. Memasukkan data geometri
- c. Memasukkan data aliran dan kondisi batas
- d. Melakukan perhitungan hidrolika
- e. Menampilkan dan mencetak hasil dalam bentuk data dan grafik
- f. Penyusunan laporan

2.5.1 Analisis Kerja

a. *Sediment Transport/ Movable Boundary Computations*

Modul ini dapat mensimulasikan transport sedimen satu dimensi (simulasi perubahan dasar sungai) akibat erosi atau deposisi dalam waktu yang cukup panjang (umumnya tahunan, namun dapat pula dilakukan simulasi perubahan dasar sungai akibat sejumlah banjir di waduk).

Potensi transport sedimen dihitung berdasarkan fraksi ukuran butir sedimen sehingga memungkinkan simulasi dilakukan. Fitur utama modul transport sedimen berbagai alternatif waduk dan pemakaian berbagai persamaan (empiris) transport sedimen. Modul transport sedimen dirancang untuk mensimulasikan trend jangka panjang erosi dan deposisi yang diakibatkan oleh perubahan frekuensi dan durasi debit atau muka air, ataupun perubahan geometri sungai.

2.5.2 Penyimpanan Data dan Manajemen Data

Manajemen data dilakukan melalui *user interface*. Pemakai diminta untuk menuliskan satu nama file untuk *project* yang sedang dibuat. *HEC-RAS* akan menciptakan beberapa file secara otomatis (file-file: *plan*, *geometry*, *steady flow*, *unsteady flow*, *output*, dan lain-lain.) dan menamainya sesuai dengan nama file *project* yang dituliskan oleh pemakai.

Penggantian nama file, pemindahan lokasi penyimpanan file, penghapusan file dilakukan oleh pemakai melalui fasilitas *interface*, operasi tersebut dilakukan

berdasarkan *project-by-project*. penggantian nama, pemindahan lokasi penyimpanan, ataupun penghapusan file yang dilakukan dari luar *HEC-RAS* (dilakukan langsung pada folder), biasanya akan menyebabkan kesulitan pada saat pemakaian *HEC-RAS* karena perubahan yang dilakukan dari luar *HEC-RAS* tersebut kemungkinan besar tidak dikenali oleh *HEC-RAS*. Oleh karena itu, operasi atau modifikasi file-file harus dilakukan melalui perintah dari dalam *HEC-RAS*.

2.5.3 Grafik dan Pelaporan

Fasilitas grafik yang disediakan oleh *HEC-RAS* mencakup grafik X-Y alur sungai, tampang lintang, *rating curves*, hidrograf dan grafik-grafik lain yang merupakan plot X-Y berbagai variabel hidraulik. *HEC-RAS* menyediakan pula fitur plot 3D beberapa tampang lintang sekaligus. Hasil keluaran model dapat pula fasilitas pelaporan pada *HEC-RAS* dapat berupa pencetakan data masukan dan keluaran hasil pada printer atau plotter.

2.6 Organisasi Data

Simulasi aliran memakai *HEC-RAS* memerlukan sejumlah file, terdiri dari file data, file *run*, serta file output. File-file dalam *HEC-RAS* yang mencerminkan suatu model aliran di sungai dirangkum dalam suatu *project*. Sebuah *project* merupakan komplikasi satu set file data yang mempresentasikan model waduk yang dikaji. Biasanya, *project* diberi nama sesuai dengan nama waduk yang dimodelkan, misalnya Sampean Baru, Code, tapen, Bondowoso, dsb.

Dengan *project* ini, pemakai *HEC-RAS* mengaplikasikan seluruh atau sebagian kemampuan *HEC-RAS* untuk melakukan analisis hidrolika. File data yang diperlukan untuk menyusun suatu model aliran adalah data plan, data geometri, data aliran, data desain hidrolika dan data sedimen. Data plan menyimpan informasi untuk mengendalikan simulasi aliran (*run data*) seperti data geometri, data aliran, *computational time step*, dan *simulation time*.

Data geometri menyimpan informasi geometri sungai yaitu alur, tampang lintang dan tampang memanjang waduk. Data aliran menyimpan informasi debit dan syarat batas, data aliran dapat berupa data aliran permanen (untuk melakukan

simulasi aliran permanen) dan data aliran tak permanen (untuk melakukan simulasi aliran tak permanen).

Data desain hidrolika diperlukan apabila pemakai melakukan suatu desain hidrolika yang dicobakan untuk disimulasikan. Data sedimen diperlukan untuk melakukan simulasi transport sedimen.

2.7 Koefisien Pengangkutan Sedimen

Perhitungan besarnya angkutan sedimen rata-rata dilakukan untuk setiap kondisi hidrolik dan parameter sedimen dengan gradasi butiran tertentu. Kapasitas pengangkutan ditentukan untuk setiap ukuran butir mewakili ukuran butiran tertentu yang membentuk 100% dari material dasar. Ada 7 tipe pengangkutan sedimen yang akan dijelaskan di bawah ini.

1. Persamaan Meyer Peter Muller

Persamaan Meyer-Peter dan Muller (1948) adalah salah satu persamaan paling awal dikembangkan dan masih salah satu yang paling banyak digunakan. Persamaan ini secara kasar diturunkan dari percobaan aliran pasir dan kerikil dalam kondisi dasar datar. Sebagian besar data yang dikembangkan relatif seragam diantara kerikil. MPM paling berhasil menerapkan persamaan selama rentang gradasi adalah kerikil. Ini cenderung tidak bisa memprediksi pengangkutan sedimen dengan gradasi yang lebih halus. Untuk mengetahui tingkat kecepatan angkutan sedimen, variabel yang dimasukkan antara lain data koefisien kekasaran, satuan berat air yang dapat dilihat pada rumus 2.3 berikut ini. (*HEC-RAS reference Manual*, 2010)

$$\left(\frac{K_r}{K_r'}\right)^{3/2} \gamma_s = 0,047 (\gamma_s - \gamma) d_m + 0,25 \left(\frac{\gamma}{g}\right)^{1/3} \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s}\right)^{2/3} g_s^{3/3} \dots\dots\dots(2.3)$$

- dengan
- g_s = Satuan kecepatan angkutan sedimen
 - K_r = Koefisien Kekasaran
 - K_r' = Koefisien Kekasaran berdasarkan butiran
 - γ = Satuan berat air
 - γ_s = Satuan berat sedimen
 - g = Percepatan grafitasi
 - d_m = Diameter rata-rata partikel

- r = Jari-jari hidrolis
- s = Kemiringan energi

wong (2003) dan wong dan parker (2007) menunjukkan bahwa fungsi ini bisa diprediksi angkutan oleh 2 faktor. Kesimpulan ini tidak didasarkan pada data baru tapi pada analisis-ulang hasil asli MPM. Untuk meningkatkan fungsi, mereka melakukan perombakan pada rumus dasar yaitu menjadi

$$q_b = (8(\tau - \tau_c)^{3/2}, \tau_c = 0,047 \dots\dots\dots(2.4)$$

Menjadi,

$$q_b = (3,97(\tau - \tau_c)^{3/2}, \tau_c = 0,0495 \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana q_b adalah satuan sedimen dasar Einstein, (berhubungan dengan dasar saluran, τ adalah tegangan shield, dan τ_c tegangan Shield kritis).

2. Yang

Yang (1973, 1984) adalah persamaan angkutan beban total yang berbasis pada *stream power*, produk dari kecepatan dan tegangan geser. Persamaan ini terdiri dari dua hubungan terpisah untuk pengangkutan pasir dan kerikil. Transisi antara pasir dan kerikil yang diperhalus untuk menghindari diskontinuitas besar. Yang cenderung sangat sensitif terhadap kecepatan aliran dan lebih sensitif terhadap kecepatan jatuh dari pada kebanyakan fungsi angkutan. Untuk mengetahui tingkat konsentrasi sedimen, variabel yang dimasukkan antara lain data angkutan sedimen, berat sedimen, yang bisa dilihat dari rumus 2.6 dan 2.7 di bawah ini. (*HEC-RAS reverence Manual*, 2010)

untuk pasir $d_m < 2mm$ menggunakan rumus:

$$\log Ct = 5,435 - 0,286 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 0,457 \log \frac{U_*}{\omega} + (1,7499 - 0,409 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 0,314 \log \frac{U_*}{\omega}) \log \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{VcrS}{\omega} \right) \dots\dots\dots(2.6)$$

untuk kerikil $d_m > 2mm$ menggunakan rumus:

$$\log Ct = 6,681 - 0,633 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 4,81 \log \frac{U_*}{\omega} + (2,784 - 0,409 \log \frac{\omega d_m}{\nu} - 0,282 \log \frac{U_*}{\omega}) \log \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{VcrS}{\omega} \right) \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan	C_t	= Konsentrasi Sedimen Total
	ω	= Kecepatan jatuh sedimen (ft/s)
	D	= Diameter tengah partikel (ft)
	ν	= Viskositas kinematic (ft ² /s)
	V	= Kecepatan aliran (ft/s)
	S	= Kemiringan Saluran
	V_{cr}	= Kecepatan kritis
	U^*	= Kecepatan Geser (ft/s)

3. Laursen-Copeland

Laursen (1968) juga merupakan fungsi beban total yang awalnya berdasarkan persamaan flume dan kemudian diperluas oleh Madden untuk mencakup data *Arkansas River*. Ini adalah fungsi dasar dari nilai geser yang besar dan rasio dari kecepatan geser terhadap kecepatan jatuh. Kemudian, Copeland (1989) mengumumkan persamaan untuk angkutan kerikil maka persamaan tersebut dapat digunakan untuk dasar yang bervariasi.

Ciri khas dari Laursen adalah bahwa fungsi ini dikembangkan untuk meluas ke dalam kisaran lumpur. Setiap potensi sedimen yang dihitung untuk lanau oleh fungsi lainnya akan di ekstrapolasi, faktor kesalahan yang diakibatkan akan lebih besar karena ekstrapolasi ini. Penelitian terbaru di Colorado State telah menunjukkan bahwa Laursen melebihi fungsi angkutan lainnya dalam kisaran lumpur. Rentang ukuran nilai tengah sedimen yang diaplikasikan 0,11 sampai 29 mm. Untuk mengetahui konsentrasi tingkat sedimen, variabel yang dimasukkan antara lain data satuan berat air, diameter partikel rata-rata, kedalaman efektif pada aliran yang dapat dilihat pada rumus di bawah ini. (HEC-RAS *reference Manual*, 2010)

$$C_m = 0,01\gamma \left(\frac{ds}{D}\right)^{7/6} \left(\frac{\tau_0}{\tau_c} - 1\right) f \frac{U^*}{w} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan

C_m = konsentrasi aliran sedimen

γ = berat jenis air

d_s = nilai tengah diameter partikel

D = kedalaman efektif

τ_0 = tegangan geser halus

τ_c = tegangan geser dasar kritis

$f\left(\frac{u_*}{\omega}\right)$ = fungsi dari rasio kecepatan geser dan kecepatan jatuh

4. England Hansend

England Hansen (1967) merupakan fungsi muatan total yang dikembangkan dari data aliran. Gradasi sedimen yang digunakan adalah ukuran 0,19 mm sampai 0,93 mm. Ciri khas dari fungsi ini adalah merupakan fungsi yang tidak sulit diaplikasikan, tetapi fungsi ini merupakan fungsi yang sangat sederhana mengenai kecepatan, tegangan geser dan material d_{50} . Apabila ini cocok digunakan untuk sungai berpasir. Untuk mengetahui tingkat angkutan sedimen, variabel yang dimasukkan antara lain data satuan berat untuk air, satuan berat untuk partikel solid, yang bisa dilihat dari rumus 2.9 berikut ini.

(HEC-RAS *reference Manual*, 2010)

$$g_s = 0,005 \gamma_s V^2 \sqrt{\frac{d_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma}\right) \left[\frac{\tau_0}{\gamma_s - \gamma d_{50}}\right]^{3/2}} \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan

g_s = Satuan angkutan sedimen

γ = Satuan berat untuk air

γ_s = satuan berat untuk partikel solid

V = Kecepatan rata-rata untuk saluran

τ_0 = Tegangan geser pada dasar

d_{50} = ukuran partikel pada 50% ukuran

5. Acher dan white

Acher dan white (1973) adalah fungsi beban total yang dikembangkan dari data saluran untuk gradasi relatif seragam mulai dari pasir sampai kerikil halus. Sedimen halus yang dimaksud adalah lanau berukuran kurang dari 0,04 mm dan sedimen kasar berukuran lebih dari 2,5 mm. Hidrodinamika dipilih untuk mencakup berbagai konfigurasi dasar bukit pasir dan kondisi bidang dasar. Sedimen suspensi merupakan fungsi dari kecepatan geser sementara sedimen dasar merupakan fungsi dari tegangan geser. Untuk mengetahui tingkat konsentrasi sedimen, variabel yang dimasukkan antara lain data angkutan sedimen dan berat sedimen yang dapat dilihat pada rumus 2.10 berikut ini. (*HEC-RAS reference Manual*, 2010)

$$X = \frac{G_{gr} d_{ss}}{D V^n} \text{ atau } G_{gr} = C \left(\frac{F_{gr}}{A} - 1 \right) \dots \dots \dots (2.10)$$

dengan

X = Konsentrasi sedimen, pembagian

G_{gr} = Angkutan Sedimen

S = Berat sedimen

d_s = Diameter rata-rata partikel

D = Kedalaman Efektif

U = Kecepatan geser

V = Kecepatan rata-rata saluran

n = Eksponen peralihan

c = koefisien

F_{gr} = Partikel pergerakan sedimen

A = Partikel pergerakan sedimen kritis

6. Toffaleti

Seperti England-Hansen, Toffaleti (1968) merupakan fungsi beban total dikembangkan terutama partikel pasir. Toffaleti umumnya dianggap fungsi untuk sungai. Fungsi ini tidak tergantung pada kecepatan geser atau geser dasar. Sebaliknya, rumusan dari regresi pada temperatur dan eksponen

empiris menggambarkan hubungan antara sedimen dan karakteristik hidrolis.
(HEC-RAS *reference Manual*, 2010)

$$g_{ssL} = M \frac{\left(\frac{R}{11,24}\right)^{1+n_v-0,756z}}{1+n_v-0,756z} \dots\dots\dots (2.11)$$

Zona tengah

$$g_{ssM} = M \frac{\left(\frac{R}{11,24}\right)^{0,244z} \left[\left(\frac{R}{2,5}\right)^{1+n_v-z} - \left(\frac{R}{11,24}\right)^{1+n_v-z}\right]}{1+n_v-z} \dots\dots\dots (2.12)$$

Zona atas

$$g_{ssU} = M \frac{\left(\frac{R}{11,24}\right)^{0,244z} \left(\frac{R}{2,5}\right)^{0,5z} \left[R^{1+n_v-1,5z} - \left(\frac{R}{2,5}\right)^{1+n_v-1,5z}\right]}{1+n_v-1,5z} \dots\dots\dots (2.13)$$

Zona dasar

$$g_{sb} = M(2d_m)^{1+n_v+0,756z} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$M = 43,2C_L(1+n_v)VR^{0,756z-n_v} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$g_s = g_{ssL} + g_{ssM} + g_{ssU} + g_{sb} \dots\dots\dots (2.16)$$

dengan

g_{ssL} = angkutan sedimen melayang pada zona rendah

g_{ssM} = angkutan sedimen melayang pada zona tengah

g_{ssU} = angkutan sedimen melayang pada zona atas

g_{sb} = angkutan sedimen dasar

g_s = angkutan sedimen total

M = parameter konsentrasi sedimen

C_L = konsentrasi sedimen pada zona rendah

R = radius hidrolis

d_m = nilai tengah diameter partikel

z = nilai yang menggambarkan hubungan antara sedimen dan karakteristik hidrolis

n_v = nilai temperatur

7. Wilcock

Pemilihan rumus angkutan sedimen perlu dipertimbangkan berdasarkan data yang dibutuhkan dalam persamaan tersebut. Berikut ini tabel 2.3 *Range Input* data untuk persamaan angkutan sedimen ditunjukkan kebutuhan data yang diperlukan dari masing-masing persamaan. (*HEC-RAS reference Manual*, 2010)

dengan

d = semua diameter partikel

d_m = nilai tengah diameter partikel

s = *specific gravity* sedimen

V = kecepatan rata-rata penampang

D = kedalaman penampang

S = kemiringan garis energi

W = lebar saluran

T = suhu air

R = jari-jari hidrolis

NA = data tidak ditentukan

Tabel 2.3 *Range Input* Data untuk Persamaan Angkutan Sedimen

Fungsi	d	D_m	S	V	D	S	W	T
Ackers- White (<i>Flume</i>)	0.04- 7	NA	NA	0.07-7.1	0.01-1.4	0.00006- 0.037	0.23- 4	46-89
England- Hansen (<i>Flume</i>)	NA	0.19-0.93	NA	0.65- 6.34	0.19- 1.33	0.000055- 0.019	NA	45-93
Laursen (<i>Field</i>)	NA	0.08-0.7	NA	0.068- 7.8	0.67-54	0.0000021- 0.0018	63- 3640	32-93
Laursen (<i>Flume</i>)	NA	0.011-29	NA	0.7-9.4	0.03-3.6	0.00025- 0.025	0.25-6.6	46-83

Fungsi	d	Dm	S	V	D	S	W	T
Meyer-Peter Muller			1.25-			0.0004-		
(Flume)	0.4-29	NA	4	1.2-9.4	0.03-3.9	0.02	0.5-6.6	NA
Tofaletti (Field)	0.062-4	0.095-0.76	NA	0.7-7.8	0.07-56.7R	0.000002-0.0011	63-3640	32-93
Tofaletti (Flume)	0.062-4	0.45-0.91	NA	0.7-6.3	0.07-1.1R	0.00014-0.019	0.8-8	40-93
Yang (Field-Sand)	0.15-1.7	NA	NA	0.8-6.4	0.04-50	0.000043-0.028	0.44-1750	32-94
Yang (Field-gravel)	2.5-7	NA	NA	1.4-5.1	0.08-0.72	0.0012-0.029	0.44-1750	32-94

(Sumber: US Army Corp Engineers. 2010)

dengan

- d = diameter partikel keseluruhan, mm
- dm = diameter partikel rata-rata, mm
- s = berat jenis sedimen
- V = kecepatan aliran rata-rata, fps
- D = kedalaman aliran, ft
- S = kemiringan garis energi
- W = lebar sungai, ft
- T = suhu air, F°
- (R) = jari-jari hidrolis, ft
- NA = data tidak tersedia

2.7.1 Kecepatan Jatuh

Kecepatan jatuh berpengaruh besar dalam proses angkutan sedimen. Suatu sedimen akan tetap melayang atau tidak mengendap selama kecepatan aliran arah vertikal lebih besar dari kecepatan jatuh. Pada *software HEC-RAS* terdapat tiga metode perhitungan kecepatan jatuh yaitu Toffaletti (1968), Van Rijn (1993), dan Rubey (1933).

Faktor bentuk penting untuk partikel bergolongan ukuran *medium sand* atau yang lebih besar. Toffateli menggunakan sf 0,9. Perbedaan kecepatan jatuh dipengaruhi oleh suhu dan ukuran partikel. Sedangkan Van Rijn nilai sf-nya 0,7 yang sama dengan perkiraan untuk besar pasir murni. Persamaan kecepatan jatuh menurut Van Rijn adalah sebagai berikut:

Untuk $0,001 < d \leq 0,1$ mm

$$\omega = \frac{(s-1)gd}{18\nu} \dots\dots\dots (2.17)$$

Untuk $0,1 < d \leq 1$ mm

$$\omega = \frac{10\nu}{d} \left[\left(1 + \frac{0,01(s-1)gd^3}{\nu^2} \right)^{0,5} - 1 \right] \dots\dots\dots (2.18)$$

Untuk $d > 1$ mm

$$\omega = 1,1[(s-1)gd]^{0,5} \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan ω = kecepatan jatuh partikel
 ν = viskositas kinematis
 s = *specific gravity* partikel
 d = diameter partikel

Persamaan Rubey dapat digunakan untuk jenis partikel sedimen dari lanau, pasir, dan kerikil. *Specific gravity* yang terbaik untuk diaplikasikan adalah 2,65. Persamaan Rubey adalah sebagai berikut:

$$\omega = F_1 \cdot [(s-1)gd]^{0,5} \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan nilai F1

$$F_1 = \sqrt{\frac{3}{2} + \frac{36\nu^2}{gd^3(s-1)}} - \sqrt{\frac{36\nu^2}{gd^3(s-1)}} \dots\dots\dots (2.21)$$

2.7.2 Gradiasi Sedimen

Gradasi partikel sedimen berpengaruh besar dalam terjadinya angkutan sedimen. Kapasitas angkutan sedimen untuk semua ukuran merupakan penjumlahan dari kapasitas angkutan sedimen total.

$$g_s = \sum_{i=1}^n g_{si} p_i \dots\dots\dots (2.22)$$

dengan

- g_s = angkutan sedimen total
 n = jumlah kelas ukuran sedimen
 g_{si} = angkutan sedimen ukuran i
 p_i = fraksi kelas ukuran i

Kelas ukuran sedimen berdasarkan *American Geophysical Union* yang digunakan pada *software HEC-RAS* disajikan pada tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4 Klasifikasi Ukuran Partikel

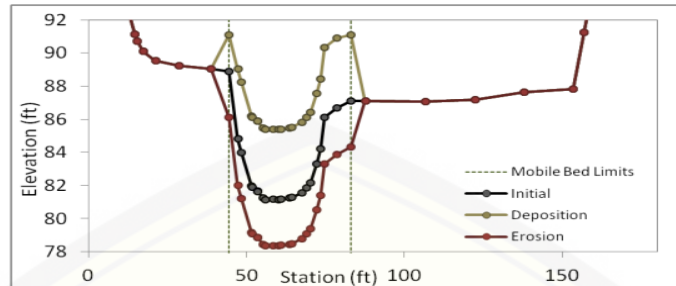
Sediment Material	Gradain Range(mm)	Diameter Geometric Median Diameter (mm)
<i>Clay</i>	0.002-0.004	0.003
<i>very fine silt</i>	0.004-0.008	0.006
<i>fine silt</i>	0.008-0.016	0.011
<i>medium silt</i>	0.016-0.032	0.023
<i>coarse silt</i>	0.032-0.0625	0.045
<i>very fine sand</i>	0.0625-0.125	0.088
<i>fine sand</i>	0.125-0.250	0.177
<i>medium sand</i>	0.250-0.5	0.354
<i>coarse sand</i>	0.5-1.0	0.707
<i>very coarse sand</i>	1-2	1.41
<i>very fine gravel</i>	2-4	2.83
<i>fine gravel</i>	4-8	5.66
<i>medium gravel</i>	8-16	11.3
<i>coarse gravel</i>	16-32	22.6
<i>very coarse gravel</i>	32-64	45.3
<i>small cobbles</i>	64-128	90.5
<i>large cobbles</i>	128-256	181
<i>small boulders</i>	256-512	362
<i>medium boulders</i>	512-1024	724
<i>large boulders</i>	1024-2048	1448

Sumber : *Hec-Ras Reference Manual 2010*

2.7.3 Perubahan Dasar

Surplus maupun defisit sedimen pada *cross section* tertentu akan menimbulkan perubahan pada dasar saluran baik berupa erosi maupun

sedimentasi. Pada gambar 2.4 ditunjukkan contoh perubahan dasar sungai akibat erosi dan sedimentasi.



(Sumber: US Army Corps of Engineers, 2016)

Gambar 2.4 Perubahan Dasar Saluran

2.8 Peneliti Terdahulu

2.8.1 Analisis Pemodelan Sedimentasi di Saluran Kencong Timur (Bedodo) Menggunakan Program *HEC-RAS* (2014)

Dari penelitian yang dilakukan hasil yang dicapai yaitu dengan menggunakan program *HEC-RAS* yaitu hasil kalibrasi debit observasi dan debit *running* didapatkan berdasarkan penyesuaian koefisien kekasaran *manning* wilayah saluran (*channel*) 0,025-0,033 dan tepi saluran (*overbank*) 0,020-0,035, sedangkan nilai koefisien kontraksi dan ekspansi sebesar 0,1 dan 0,3 dengan keadaan penampang sungai kecil dan alirannya bertahap.

Berdasarkan hasil *running* model menggunakan percobaan aliran tetap (*Quasi Steady*), diketahui pada bulan kering cenderung menunjukkan adanya pengendapan (*agradasi*) disetiap titik stasiun dan ketika bulan basah (hujan) cenderung menunjukkan adanya pengikisan (*degradasi*) disetiap titik stasiun. Kapasitas angkutan sedimen pada akhir simulasi memperlihatkan volume pengendapan cukup besar.

2.8.2 Analisa Transpor Sedimen Sungai Opak Dengan Menggunakan Program *HEC-RAS* (2016)

Berdasarkan simulasi transpor sedimen selama 365 hari dengan menggunakan program *HEC-RAS* 4.1.0, terdapat surplus deposit material sedimen pada Sungai Opak, sedangkan pada Sungai Oyo dan Sungai Winongo mengalami

defisit deposit material sedimen. Surplus deposit sedimen dan defisit sedimen tersebut tersebar diseluruh tampang melintang pada penggal sungai tersebut. Perhitungan kapasitas transpor sedimen oleh program *HEC-RAS* dilakukan di setiap tampang melintang, sehingga pada setiap tampang melintang tersebut dapat diketahui perubahan tampangnya sehingga dapat digunakan sebagai masukan untuk mengevaluasi tampang melintang tersebut di lapangan. Tampang melintang paling hilir Sungai Opak mengalami perubahan yang tidak ekstrim. Hasil simulasi transport sedimen dengan menggunakan program *HEC-RAS* dapat digunakan untuk memprediksi kecenderungan perilaku transport sedimen di setiap tampang melintang.

2.8.3 Analisis Sedimentasi Sungai Bialo Kabupaten Bulukumba dengan Menggunakan Aplikasi *HEC-RAS* (2017)

Dari hasil pengujian karakteristik sedimen yang berasal dari lokasi penelitian pada muara Sungai Bialo, diperoleh jenis sedimen yaitu lempung organik (*Organic Clay*). Besar diameter sedimen (d_{90}) pada *downstream* Sungai Bialo adalah 1,28 mm dan (d_{50}) adalah 0,23 mm.

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan *HEC-RAS* 5.0.1 dapat diketahui perubahan dasar sungai terjadi di beberapa area pada (sta 0+000), (sta 0+024,93), (sta 0+434,96), dan (sta 1+117,35) mengalami aggradasi setebal 0,062 m, 0,078 m, 0,065 m, dan 0,078 m. Sedangkan pada (sta 0+146,08), (sta 0+489,29), (sta 0+538,95), dan (sta 1+169,85) mengalami degradasi setebal 0,239 m, 0,066 m, 0,096 m, dan 0,112 m. Untuk aggradasi terbesar terjadi di (sta 0+024,93) setebal 0,078 m sedangkan degradasi terbesar terjadi di (sta 0+146,08) setebal 0,239 m.

2.8.4 Studi Pengaruh Buangan Lumpur Lapindo terhadap Aggradasi dan Degradasi Kali Porong dengan Menggunakan Model *HEC-RAS* v4.1.0

Dari hasil simulasi berdasarkan kontrol kurva rating curve hipotetik adalah linier berdasarkan selisih nilai $R^2 = 0,003$ dan kontrol elevasi penampang dengan RMSE adalah $4,73\% < 5\%$.

Penampang sungai kali porong sebagian besar mengalami degradasi (penggerusan) dengan tinggi gerusan berkisar antara 0,027 m sampai 0,946 m. Kapasitas sedimen pada akhir simulasi terbesar 51.562,94 ton/tahun pada penampang 220.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni dan bersifat laboratoris yang berfokus pada studi laju sedimentasi pada Waduk Sampean Baru.

3.1 Lokasi Penelitian

Kabupaten Bondowoso memiliki luas wilayah 1.560,10 km² yang secara geografis berada pada koordinat antara 113°48'10"-113°48'26" BT dan 7°50'10"-7°56'41" LS. Berdasarkan tinjauan geografi, topografi, jenis tanah dan pola pemanfaatan lahan, wilayah Kabupaten Bondowoso memiliki karakteristik sebagai kawasan rawan terhadap terjadinya bencana alam, khususnya banjir dan longsor. Kabupaten Bondowoso memiliki suhu udara sejuk berkisar 15,40 °C – 25,10 °C dan memiliki kurang lebih 23 Kecamatan yang terbagi menjadi beberapa desa.

Secara geografis, Kabupaten Bondowoso mempunyai batas-batas wilayah sebagai berikut.:

- Sebelah Utara : Kabupaten Situbondo
- Sebelah Timur : Kabupaten Situbondo dan Banyuwangi
- Sebelah Selatan : Kabupaten Jember
- Sebelah Barat : Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Probolinggo

Lokasi pengambilan sampel dilaksanakan di Waduk Sampean Baru yang berlokasi di Desa Bunotan, Kecamatan Tapen, Kabupaten Bondowoso.



Sumber : *Google earth*

Gambar 3.1 Peta Lokasi Waduk Sampean Baru

3.2 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan yaitu survei lapang di sungai Maesan dan di Waduk Sampean Baru guna untuk mengambil sampel, sedangkan data sekunder yang dibutuhkan yaitu diperoleh melalui kajian pustaka, wawancara dengan pihak Dinas terkait seperti UPTD Sampean Baru.

3.3 Analisis Data

3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan berdasarkan pengamatan di lapangan. Data primer yang didapat merupakan data hasil observasi dan pengamatan yang dilakukan di Waduk Sampean Baru. Data yang di ambil yaitu:

a. Observasi dan Pengambilan sampel Sedimen di lapangan

Observasi dan Pengambilan sampel di lapangan dilakukan pada tanggal 22 November 2017 saat musim hujan. pengambilan sampel berada di tepi waduk, dengan mengambil sampel di tepi kanan dan tepi kiri waduk.

b. Pengolahan sampel dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah

Pelaksanaan uji analisa saringan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah. Alat yang digunakan dalam uji analisa saringan yaitu :

1. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
2. Satu set saringan dengan beberapa diameter ukuran
3. Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji
4. Mesin pengguncang saringan
5. Talam, kuas, sikat dan alat lainnya

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapat dari Dinas terkait seperti UPT Dinas Pengairan Kabupaten Bondowoso.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu :

- a. Peta kontur
- b. Penampang melintang dan memanjang dari waduk
- c. Data debit tahunan

3.3.3 *Running HEC-RAS*

Untuk menjalankan *running* model *HEC-RAS*, file data yang diperlukan untuk menyusun suatu model aliran yaitu :

- a. Data Plan
- b. Data geometri
- c. Data aliran
- d. Data desain hidrolika
- e. Data sedimen

Pada saat akan melakukan *running* data yang dibutuhkan harus tersedia seperti yang sudah disebutkan di atas. Dalam hal ini analisis kerja dari *HEC-RAS* yaitu :

1. Geometri Model, untuk membuat simulasi aliran dan morfologi sungai diperlukan layout sungai. Proses digitasi sungai menggunakan perangkat lunak pemetaan. Dengan perangkat lunak ini semua data hasil digitasi dapat langsung dibaca ke *software HEC-RAS*. Untuk kemiringan sungai digunakan data kontur.
2. Setelah Geometri model proses selanjutnya yaitu memodelkan tampang melintang dari sungai tersebut. Biasanya jarak antar tampang melintang

dalam model dibuat dengan ketentuan untuk pias sungai yang lurus jarak antar tampang melintang 50 sd 100 m.

Dalam hal ini angka kekasaran *manning* digunakan, biasanya dilakukan penyederhanaan. Angka kekasaran *manning* dibuat seragam dari hulu ke hilir untuk setiap sisi alur dalam model. Angka kekasaran *manning* diperoleh dengan melakukan kalibrasi hidrolika. Kalibrasi dilakukan dengan cara melakukan simulasi awal dengan data debit dari pengukuran. Selanjutnya hasil simulasi kecepatan dibandingkan dengan data di lapangan.

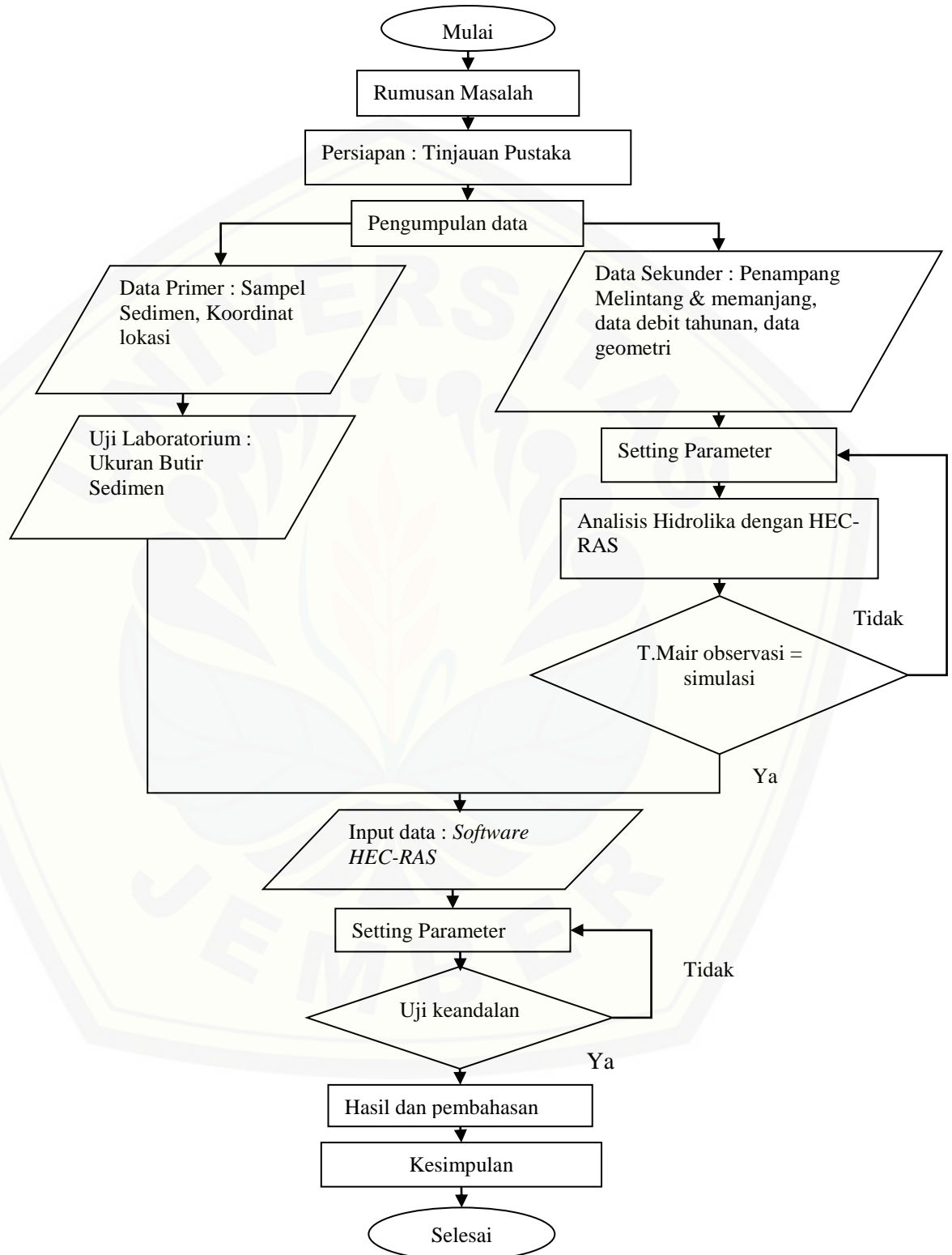
3. Kondisi batas model, kondisi batas meliputi kondisi hulu dan hilir. Untuk kondisi batas hulu adalah debit aliran (*flow series*) sungai yang diperoleh dari Instansi terkait. Kondisi batas hilir adalah kedalaman aliran normal (*normal depth*). Dalam kondisi ini batas hilir berupa muka air dan akan ditentukan sendiri oleh model matematik. Input yang dipakai adalah kemiringan dasar saluran rata-rata.
4. Data Sedimen, Untuk membuat simulasi sedimen maka diperlukan data sedimen. Data sedimen ini diperoleh dari pengambilan sampel material dasar dari sungai.

Sehingga output yang diperoleh dapat mengetahui seberapa besar sedimentasi yang mengendap di Waduk.

3.3.4 Analisis Model

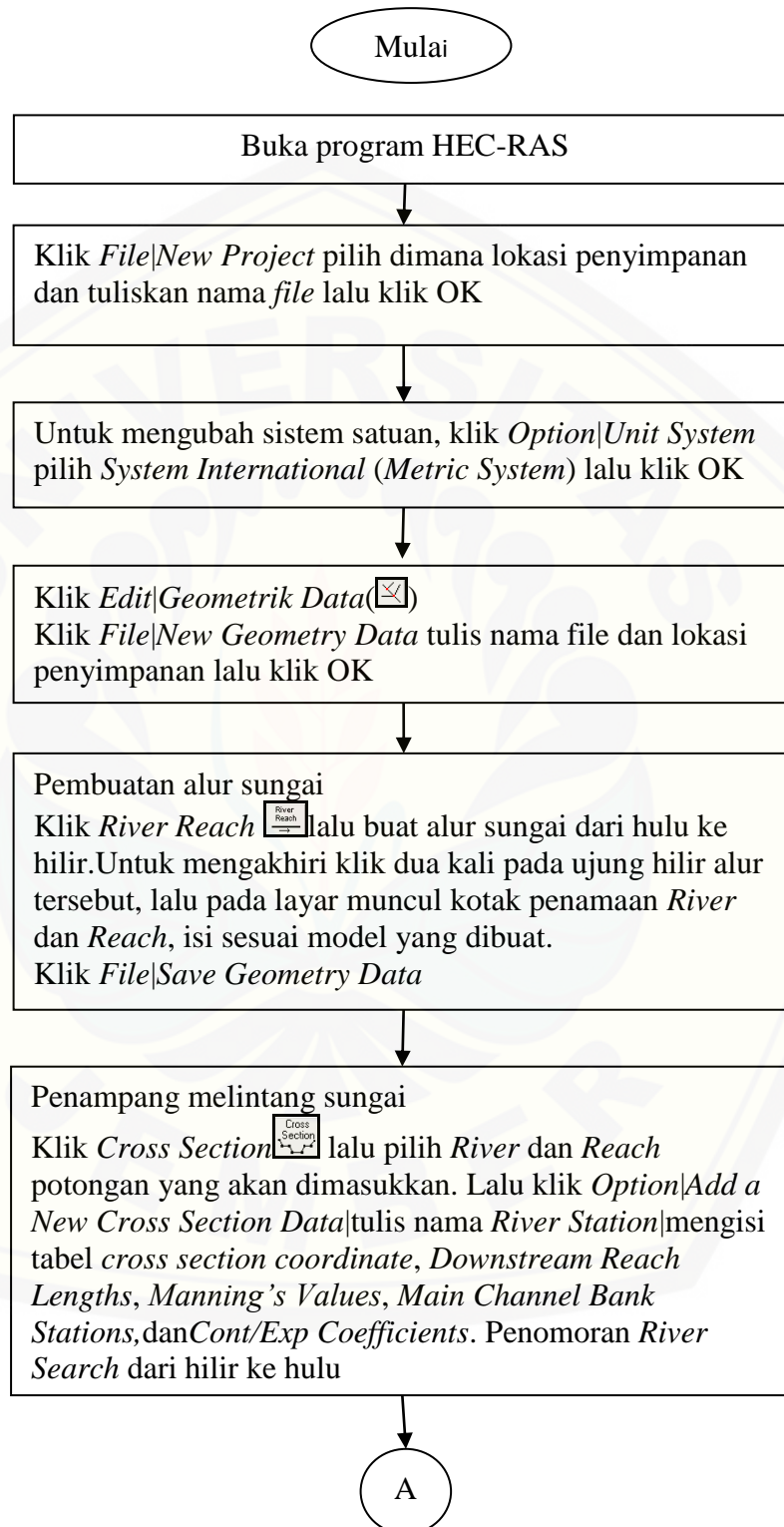
Analisis model yang sudah *dirunning* dengan *HEC-RAS* berupa data pengukuran *long* dan *cross section* dan debit maksimum setelah disimulasi selama 1 tahun (2016-2017). Pendekatan *error* menggunakan uji RSME untuk mengetahui fungsi pengangkutan sedimen yang mendekati kondisi eksisting. Kemudian kondisi hasil simulasi dibandingkan dengan kondisi eksisting tahun 2004.

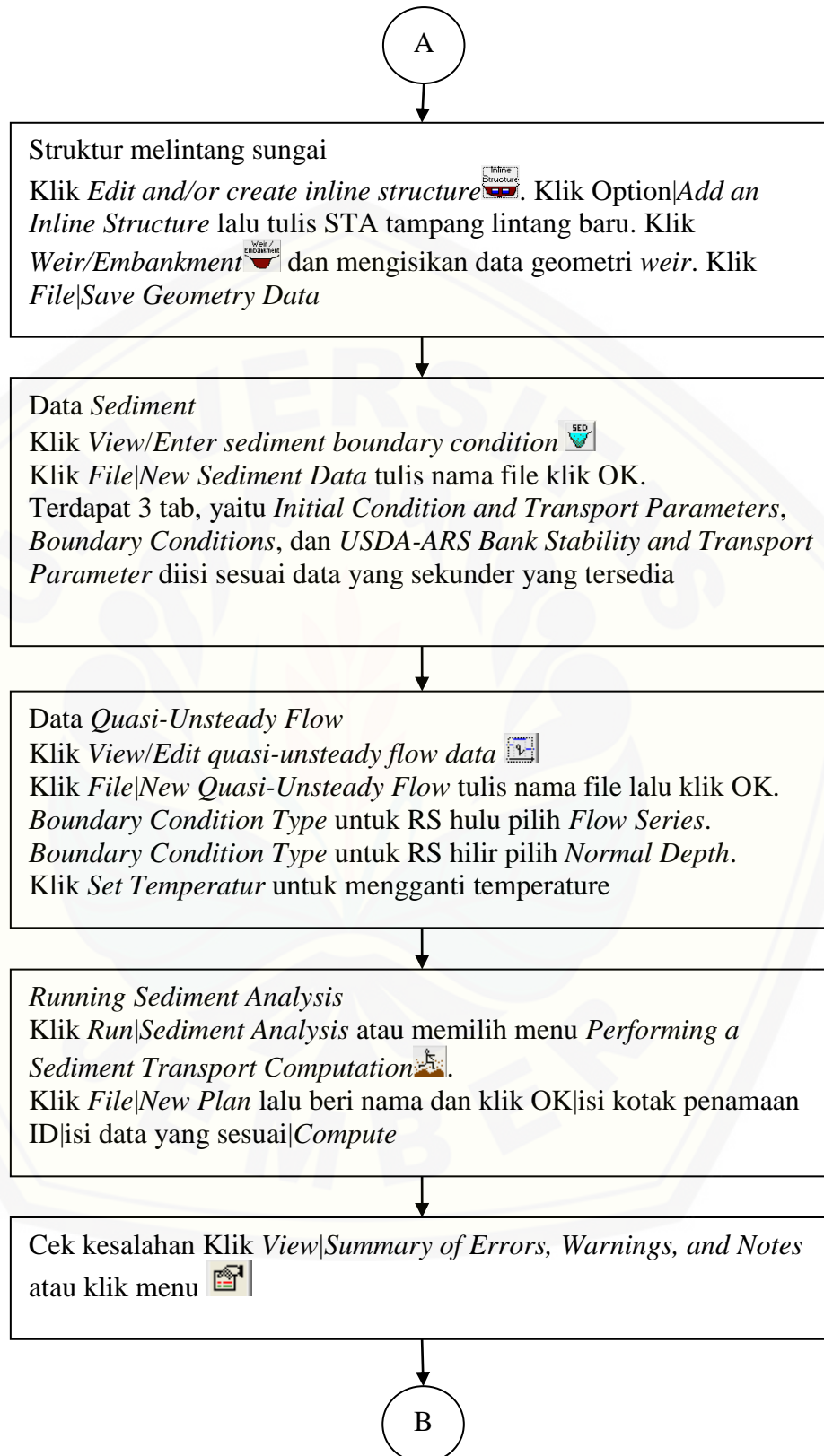
3.4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

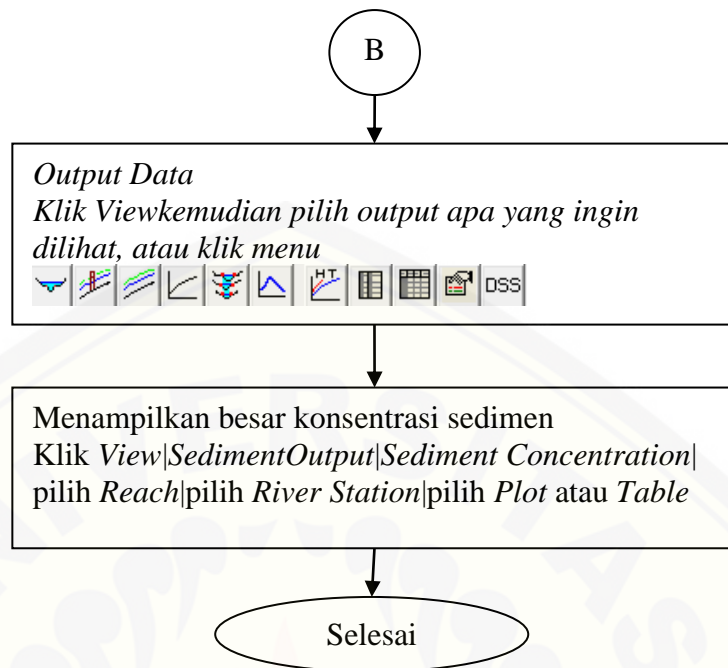


Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.5 Diagram Alir HEC-RAS







Gambar 3.3 Diagram Alir Software HEC-RAS

Pada saat akan melaksanakan suatu penelitian harus mengetahui rumusan masalahnya. Selanjutnya melaksanakan persiapan yaitu tinjauan pustaka, penyiapan dan penentuan alat yang akan dipakai pada saat mencari sampel. Selanjutnya pengumpulan data yang dipakai dalam penelitian ini ada 2 yaitu berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan di lokasi penelitian yaitu di Waduk Sampean Baru yang berlokasi di Bondowoso dan data sekunder didapatkan di Dinas Pengairan Bondowoso. Data Sekunder berupa Penampang Melintang dan memanjang, data debit tahunan, peta kontur, Peta skema konstruksi, data aliran.

Selanjutnya dari data primer yang telah didapatkan, sampel tersebut di uji di Laboratorium Mekanika Tanah untuk mengetahui butiran sedimen. Selanjutnya menganalisis data yang sudah ada, baik dari data primer maupun data sekunder. Selanjutnya menginput data dengan menggunakan program *HEC-RAS*. Hasil outputnya berupa simulasi *quasi unsteady flow*, perubahan dasar sungai dan titik sedimentasi. Setelah semua dikerjakan maka dapat diketahui hasil dan kesimpulan yang telah dilaksanakan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel Waduk Sampean Baru

Pengambilan sampel Waduk Sampean Baru totalnya ada 6 sampel. Tiga sampel bagian kiri pintu bendungan dan tiga sampel dibagian kanan pintu bendungan. Lokasi pengambilan sampel disajikan pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel di Waduk Sampean Baru

Nama Sampel	LS	BT
KA 1	7°49'31,78"	113°56'14,55"
KA 2	7°49'30,32"	113°56'14,01"
KA 3	7°49'30,09"	113°56'14,51"
KI 1	7°49'36,54"	113°56'13,33"
KI 2	7°49'36,55"	113°56'13,34"
KI 3	7°49'39,76"	113°56'13,78"

Keterangan

KA = Kanan pintu bendung

KI = Kiri pintu bendung

Dari ke enam sampel tersebut dijadikan satu, sehingga pengambilan sedimen yang berada pada lokasi Waduk Sampean Baru dapat merata.

4.2 Kondisi Sedimen Waduk Sampean Baru

Kondisi sedimen Waduk Sampean Baru merupakan klasifikasi sedimen dasar (*bed load*) yang digunakan untuk sampel pemodelan. Dengan mengetahui klasifikasi dari sedimen tersebut akan diketahui seberapa besar tingkat gradasi sedimen dasar, nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk analisis saringan yang digunakan sebagai klasifikasi dan gradasi sedimen.

4.2.1 Pelaksanaan Uji Analisis Saringan pada Daerah Maesan

Pelaksanaan uji analisis saringan dilakukan dengan melakukan pemilihan tingkat gradasi berdasarkan butirannya. Setelah melakukan uji analisis saringan

maka data sedimen dimasukkan dalam tabel gradasi butiran dimana data ini nanti dipakai untuk data input perhitungan selanjutnya.

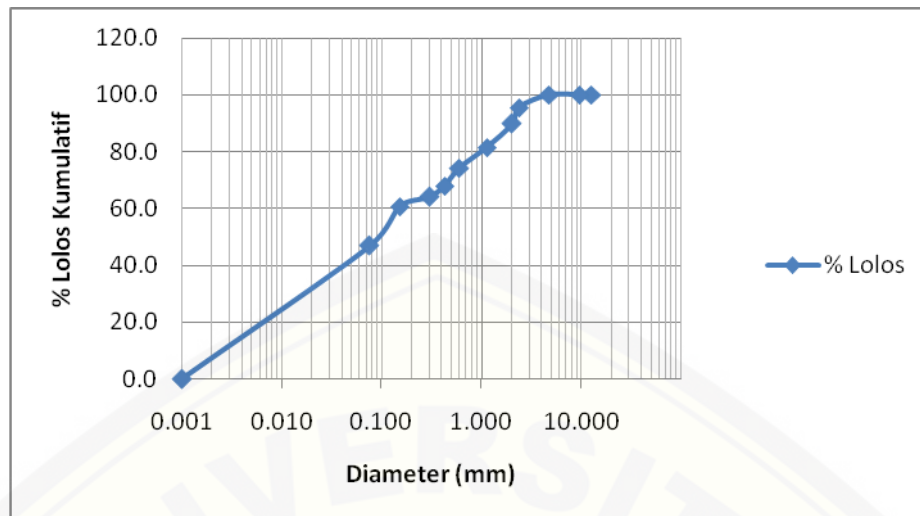
Berikut ini adalah hasil analisis saringan yang telah diketahui, disajikan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 berikut ini.

Tabel 4.2 Persentase Gradasi Butiran Dasar (*Bed Load*) Daerah Hulu Maesan

<i>Sieve No</i>	<i>Sieve Opening (mm)</i>	<i>WT. Sieve (g)</i>	<i>WT. Sieve + Soil (g)</i>	<i>WT. Soil Retained (g)</i>	<i>Persen Retined (%)</i>	<i>Kumulatif Persen Retained (%)</i>	<i>Persen Finer (%)</i>
3/4		606	606	0	0	0	100
1/2"	12,7	588	588	0	0	0	100
3/8"	9,525	574	574	0	0	0	100
4	4,75	480	480	0	0	0	100
8	2,36	439	461,36	22,36	4,48	4,5	95,5
10	2	412	440,18	28,18	5,64	10,1	89,9
16	1,13	285	314,27	29,27	5,86	16	84
30	0,6	421	447,27	26,27	5,26	21,2	78,8
40	0,425	416	438,73	22,73	4,55	25,8	74,2
50	0,3	417	432,83	15,83	3,17	29	71
100	0,15	411	435,21	24,21	4,85	33,8	66,2
200	0,075	272	368,25	96,25	19,27	53,1	46,9
pan	0,001	470	704,47	234,47	46,93	100	0
SUM				500	100		

Sumber : Hasil Pengukuran dan Uji Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.2 data sedimen dengan total 500 g setelah dilakukan uji analisis saringan menggunakan diameter 3/4 -200 memiliki berat tertinggal yang bervariasi. Saringan dengan ukuran halus (100 dan 200) memiliki berat tertinggal 24,21 g dan 96,25 g. Untuk mengetahui pendekatan maksimum persentase analisis saringan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Gradasi Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Berdasarkan Gambar 4.1 diketahui bahwa persentase butiran halus (0,075 mm dan 0,15 mm) memiliki persentase lewat yang besar yaitu 46,9 % dan 66,2 %, sehingga berdasarkan peraturan AASHTO T-27-74 mengenai analisis saringan dapat disimpulkan klasifikasi sedimen dasar masih tergolong dalam keadaan jenis pasir sangat halus (*Very Fine Sand*).

4.2.2 Pelaksanaan Uji Analisis Saringan pada Waduk Sampean Baru

Pelaksanaan uji analisis saringan dilakukan dengan melakukan pemilihan tingkat gradasi berdasarkan butirannya. Setelah melakukan uji analisis saringan maka data sedimen dimasukkan dalam tabel gradasi butiran, data ini nanti dipakai untuk data input perhitungan selanjutnya.

Berikut ini adalah hasil analisis saringan yang telah diketahui ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 berikut ini.

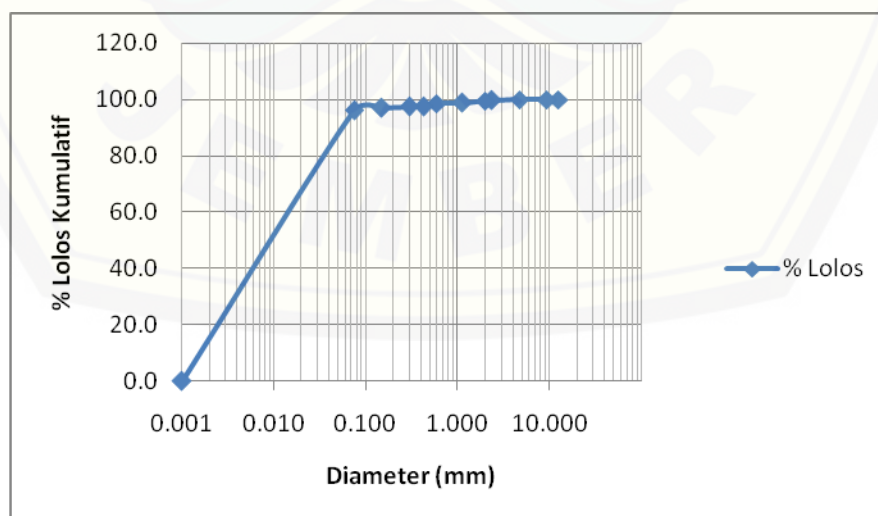
Tabel 4.3 Persentase Gradasi Butiran Dasar (*Bed Load*) Daerah Hilir Waduk

Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (g)	WT. Sieve + Soil (g)	WT. Soil Retained (g)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		606	606	0	0	0	100
1/2"	12,7	444	444	0	0	0	100

Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (g)	WT. Sieve + Soil (g)	WT. Soil Retained (g)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/8"	9,525	421	421	0	0	0	100
4	4,75	480	480	0	0	0	100
8	2,36	439	440	2	0,29	0,3	99,6
10	2	437	438,08	1,08	0,31	0,6	99,4
16	1,13	424	427,22	3,22	0,64	1,2	98,7
30	0,6	397	398,15	1,15	0,33	1,6	98,5
40	0,425	366	370,95	4,95	1,42	3	97,5
50	0,3	285	285,94	0,94	0,27	3,2	97
100	0,15	389	390,77	1,77	0,51	3,8	96,2
200	0,075	349	354,17	5,17	1,48	5,2	94,8
pan	0,001	454	935,72	481,72	138,03	143,3	0
SUM				500	100		

Sumber : Hasil Pengukuran dan Uji Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.3 data sedimen dengan total 500 g setelah dilakukan uji analisis saringan menggunakan diameter 3/4 -200 memiliki berat tertinggal yang bervariasi. Saringan dengan ukuran halus (100 dan 200) memiliki berat tertinggal 1,77 g dan 5,17 g. Untuk mengetahui pendekatan maksimum persentase analisis saringan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.2 Gradasi Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa persentase butiran halus (0.075 mm dan 0.15 mm) memiliki persentase lewat yang besar yaitu 94,8 % dan 96,2 %, sehingga berdasarkan peraturan AASHTO T-27-74 mengenai analisis saringan dapat disimpulkan klasifikasi sedimen dasar masih tergolong dalam keadaan jenis pasir sangat halus (*Very Fine Sand*).

4.2.3 Data Perencanaan UPT Bondowoso

Berdasarkan data perencanaan UPT Bondowoso didapat tinggi muka air, lebar saluran, luas, waktu, kecepatan dan debit. Data tersebut digunakan untuk perbandingan antara debit di lapangan dengan debit hasil simulasi. Sehingga hasil perbandingan digunakan untuk mencocokkan kebenaran data sehingga didapatkan model yang sesuai. Berikut ini merupakan tabel data debit lapangan yang disajikan pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Data Debit di Lapangan

Muka Air (m)	Lebar Saluran		Luas A (m ²)	Waktu T (dt)	Kecepatan V (m/dt)	Debit Q (m ³ /dt)
	Lebar Bawah	Lebar atas				
	2,4	2	4	7,8	2,86	0,35
2,1	2,3	4	7,56	2,61	0,38	2,90
2	2,2	3,8	7,2	2,43	0,41	2,97
1,94	2,2	3,9	6,71	2,49	0,4	2,69
2,89	2,2	4	9,92	2,47	0,41	2,76

Sumber : UPT Bondowoso

Berdasarkan Tabel 4.4 di atas, diketahui bahwa penentuan data debit hasil observasi didapatkan berdasarkan tinggi muka air, luas penampang saluran, kecepatan dan waktu.

4.3 Penyesuaian *input* Model HEC-RAS

HEC-RAS mengutamakan data dengan resolusi tinggi (*time series*) dengan menggunakan kondisi sebenarnya (*real time*) yang telah diutamakan dari pada pendekatan metode hidrograf satuan sintetik. Dengan ketelitian seperti itu, maka data masukan (*input*) harus disesuaikan sedemikian rupa dengan kondisi sebenarnya agar tidak terjadi kesalahan dalam pemodelan. Metode untuk

menyesuaikan data masukan *HEC-RAS* adalah dengan menggunakan penyesuaian dan pemilihan fungsi pengangkutan sedimen.

Penyesuaian *input* adalah pencocokan dari parameter-parameter model terhadap kondisi sebenarnya agar pemodelan yang dihasilkan akurat. Penyesuaian *input* dalam *HEC-RAS* dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Koefisien struktur hidrolika (*hydraulic structure coefficients*) seperti nilai koefisien kontraksi dan ekspansi dan nilai koefisien *manning* (n).
2. Penyesuaian *input* gradasi sedimen

Penyesuaian *input* di atas akan dijelaskan sebagai berikut :

4.3.1 Penyesuaian *Input* Koefisien Struktur Hidrolika

Input koefisien struktur hidrolika yang harus ada adalah koefisien kontraksi ekspansi dan koefisien *manning* (n).

Nilai kontraksi dan ekspansi mempengaruhi kehilangan energi sepanjang aliran antar tiap *section*. Nilai koefisien kontraksi dan ekspansi di Waduk Sampean Baru ditentukan berdasarkan Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Penentuan Nilai Koefisien Konsentrasi dan Ekspansi

<i>Subcritical flow contraction and expansion coefficient</i>	<i>Contraction</i>	<i>Expansion</i>
<i>No Transition Loss Computed</i>	0	0
<i>Gadual Transition</i>	0,1	0,3
<i>Typical Bridge Sections</i>	0,3	0,5
<i>Abrupt Transitions</i>	0,6	0,8

Sumber : *Hec-Ras Reverence Manual 2010*

Berdasarkan kondisi Waduk Sampean Baru yang alirannya bertahap dan berubah sepanjang waktu, maka koefisien kontraksi dan ekspansi adalah 0.1 dan 0.3 (Kuntjoro, 2009). Selain koefisien kontraksi dan ekspansi, nilai koefisien *manning* (n) juga harus disesuaikan dengan kondisi penampang aliran. Nilai koefisien *manning* (n) ditentukan berdasarkan Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Nilai Koefisien *Manning* (n)

Saluran Alam (Dataran Banjir)	n
a. Padang Rumput Tanpa Belukar	
Rumput pendek	0,025-0,035
Rumput tinggi	0,03-0,05
b. Daerah Pertanian	
Tanpa tanaman	0,02-0,04
Tanaman dibariskan	0,025-0,045
Tanaman tidak dibariskan	0,03-0,05

Sumber : Ven Te Chow (1997)

Untuk menentukan koefisien *manning* (n) pada Waduk Sampean Baru, maka perlu dilakukan uji coba *running* model. Tujuan dari dilakukannya uji coba *running* yaitu untuk mendapatkan nilai n yang cocok, maka cek tinggi muka air hasil observasi pada hilir dan dibandingkan dengan muka air hasil simulasi.

Evaluasi nilai koefisien *manning* didapatkan dengan melihat langsung tinggi muka air di hilir, kemudian didapatkan kecepatan (v) dan debit (Q). Untuk mendapatkan nilai koefisien *manning* yang tepat maka dilihat dari tinggi muka air dan debit (Q) observasi dibandingkan dengan tinggi muka air dan debit (Q) hasil simulasi. Berikut ini adalah tabel perbandingan antara muka air dan debit (Q) observasi dengan muka air dan debit (Q) hasil simulasi yang disajikan pada Tabel 4.7 berikut ini.

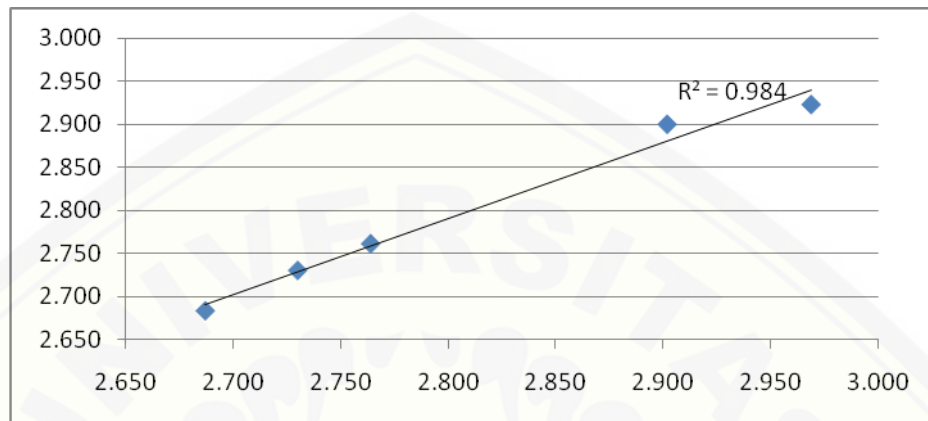
Tabel 4.7 Perbandingan Debit (Q) Observasi dengan Debit (Q) Simulasi

Observasi		Hec-Ras	
Muka air (m)	Q (m ³ /s)	Muka air	Q (m ³ /s)
2,4	2,73	2,4	2,73
2,1	2,90	2,21	2,91
2	2,97	1,92	2,92
1,94	2,69	2,87	2,68
2,89	2,76	3,01	2,81

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.7 debit hasil observasi dengan debit hasil simulasi memiliki nilai angka yang tidak jauh berbeda, dengan memasukkan nilai koefisien

mannig dan nilai kontraksi dan ekspansi yang telah ditentukan sebelumnya. Sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menganalisis sedimentasi yang ada pada Waduk Sampean Baru. Berikut ini adalah gambar perbandingan debit observasi dengan debit simulasi.



Gambar 4.3 Scatter Plot Debit Observasi dan Debit Simulasi

Berdasarkan Gambar 4.3 data Scatter Plot antara debit observasi dan data debit hasil simulasi memiliki nilai koefisien deterministik sebesar $R^2 = 0,984$. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa hasil pemodelan debit aliran mendekati nilai debit observasi. Kondisi ini dicapai pada nilai koefisien *mannig* sebesar 0,025.

4.3.2 Penyesuaian Input Gradasi Sedimen

Penyesuaian *input* gradasi sedimen adalah penyesuaian ukuran butiran keadaan sebenarnya (*real condition*) dengan ukuran butiran yang tersedia dalam program *HEC-RAS*. Dari tabel 4.2 dan 4.3 ukuran butiran sedimen yang ada disesuaikan dengan ukuran butiran dalam *HEC-RAS*, seperti pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Penyesuaian Input Gradasi Sedimen

HEC-RAS		Laboratorium	
Jenis Butiran	Diameter (mm)	Diameter Saringan (mm)	% Lolos
<i>Clay</i>	0,004	-	-
<i>Very Fine Silt</i>	0,008	-	-
<i>Fine Silt</i>	0,016	-	-
<i>Medium Silt</i>	0,032	-	-

HEC-RAS		Laboratorium	
Jenis Butiran	Diameter (mm)	Diameter Saringan (mm)	% Lolos
<i>Coarse Silt</i>	0,063	-	-
<i>Very Fine Sand</i>	0,125	0,075	96,5%
<i>Fine Sand</i>	0,25	0,15	98,2%
<i>Medium Sand</i>	0,5	0,3	99%
<i>Coarse Sand</i>	1	0,85	
<i>Very Coarse Sand</i>	2	2	99,0%
<i>Very Fine Gavel</i>	4	2,36	99,2%

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.8 setelah disesuaikan, maka butiran sedimen dasar Waduk Sampean Baru masuk dalam klasifikasi VFS (*Very Fine Sand*), FS (*Fine Sand*), MS (*Medium Sand*), CS (*Coarse Sand*), pasir sangat halus (*Very Fine Sand*) adalah jenis pasir dengan diameter 0,0626-0,125 mm dan merupakan butiran dengan kondisi tidak terikat (*non cohesive*). (*HEC-RAS Reference Manual, 2010*).

4.3.3 Pemilihan Fungsi Pengangkutan Sedimen

HEC-RAS menggunakan tujuh fungsi pengangkutan sedimen yang telah dijelaskan pada sub bab 2.7, tujuh model tersebut memiliki jangkauan *input* masing-masing. Jika data yang dimasukkan tidak masuk pada jangkauan *input*, *HEC-RAS* akan mengabaikannya. Oleh karena itu, sebelum *running* dilakukan harus dipilih dulu fungsi pengangkutan yang mencakup semua parameter *input* seperti yang dijelaskan pada sub bab itu pula, maka pemilihan fungsi pengangkutan sedimen berdasarkan variabel yang sifatnya tetap, dalam hal ini adalah gradasi dan lebar saluran.

Sesuai dengan data yang diperoleh, maka analisis jangkauan *input* dapat dilihat pada Tabel 4.9 yang disajikan berikut ini.

Tabel 4.9 Analisis Jangkauan Input Berdasarkan Gradasi Butiran Sedimen Dasar, Lebar Sungai dan Kecepatan Aliran

Fungsi	HEC-RAS			Waduk Sampean Baru			Ket
	V (m/s)	d (mm)	W (m)	V (m/s)	d (mm)	W (m)	
Ackers-White (Flume)	0,07-7,1	0,04-7	0,07015-1,22	0,78-3,10	0,075-2,36	21,045-30,805	**
England-Hansen (Flume)	0,65-6,34	NA	NA	0,78-3,11	0,075-2,36	21,045-30,805	**
Laursen (Field)	0,068-7,8	NA	19,215-111,02	0,78-3,12	0,075-2,36	21,045-30,805	**
Laursen (Flume)	0,7-9,4	NA	0,07625-2,013	0,78-3,13	0,075-2,36	21,045-30,805	**
Meyer-Peter Muller (Flume)	1,2-9,4	0,4-29	0,1525-2,013	0,78-3,14	0,075-2,36	21,045-30,805	**
Tofaletti (Field)	0,7-7,8	0,062-4	19,215-111,02	0,78-3,15	0,075-2,36	21,045-30,805	*
Tofaletti (Flume)	0,7-6,3	0,062-4	0,244-2,44	0,78-3,16	0,075-2,36	21,045-30,805	**
Yang (Field-Sand)	0,8-6,4	0,15-1,7	0,1342-0,53375	0,78-3,17	0,075-2,36	21,045-30,805	**
Yang (Field-gavel)	1,4-5,1	2,5-7	0,1342-0,53375	0,78-3,18	0,075-2,36	21,045-30,805	**

Sumber : hasil perhitungan

Ket

* = Memenuhi

** = Tidak memenuhi

Berdasarkan Tabel 4.9, maka digunakan Tofaletti (*field*) sebagai fungsi pengangkutan sedimen. Untuk membuktikan keandalan fungsi tersebut, maka pemodelan dilakukan selama periode 2016-2017.

4.4 Hasil Simulasi Selama Satu Tahun (2016-2017)

Setelah penyesuaian dan pendekatan nilai fungsi pengangkutan sedimen, maka harus ditentukan *plan* (rencana) untuk menentukan durasi *running*, setelah itu *HEC-RAS* akan memberikan beberapa *output* sebagai berikut:

4.4.1 *Sedimen Spatial Plot* (Penggambaran Sedimen Spasial)

Sedimen Spatial Plot (Penggambaran Sedimen Spasial) adalah penggambaran *output* secara menyeluruh setiap penampang melintang dan memanjang, *Sedimen Spatial Plot* terdiri atas beberapa *output*, yaitu :

a. Agradasi dan Degradasi

Agradasi dan Degradasi adalah perubahan penampang saluran setelah akhir simulasi pada tanggal 01 Januari 2017. Perubahan ini menggambarkan agradasi atau degradasi pada penampang saluran. Perubahan penampang ini dapat dilihat pada tabel 4.10 yang disajikan berikut ini.

Tabel 4.10 Perubahan Penampang Sungai (Agradasi dan Degradasi) pada Penampang Memanjang

RS	02 Jan 2016	01 Jan 2017	Selisih	Keterangan
404	5,261,400	5,250,161	11,239	agradasi
403	5,250,101	5,236,212	13,889	agradasi
402	523,89	5,212,897	26,003	agradasi
401	5,224,001	5,209,578	14,423	agradasi
400	5,210,501	5,181,229	29,272	agradasi
399	5,196,301	5,161,098	35,203	Agradasi
398	5,181,899	5,159,373	22,526	Agradasi
397	5,171,301	5,150,225	21,076	Agradasi
396	515,91	513,159	2,751	agradasi
395	5,146,999	5,126,205	20,794	agradasi
394	5,134,899	5,112,365	22,534	agradasi
393	512,17	5,100,918	20,782	agradasi
392	5,108,201	5,094,365	13,836	agradasi
391	5,095,201	5,083,779	11,422	agradasi
390	508,19	5,069,587	12,313	agradasi
389	5,069,101	504,532	23,781	agradasi
388	5,055,501	5,023,045	32,456	agradasi
387	5,037,101	5,011,584	25,517	agradasi
386	5,019,501	5,000,926	18,575	agradasi
385	5,001,798	4,987,438	1,436	agradasi
384	4,983,699	4,964,832	18,867	agradasi

RS	02 Jan 2016	01 Jan 2017	Selisih	Keterangan
383	4,965,799	4,946,743	19,056	agradasi
382	4,946,401	4,932,424	13,977	agradasi
381	4,926,299	491,287	13,429	agradasi
380	4,907,301	4,894,904	12,397	agradasi
379	489,19	487,936	1,254	agradasi
378	4,875,401	486,096	14,441	agradasi
377	4,859,399	4,841,842	17,557	agradasi
376	4,843,199	4,819,715	23,484	agradasi
375	4,828,401	4,806,075	22,326	agradasi
374	4,814,901	4,794,626	20,275	agradasi
373	4,800,301	4,778,067	22,234	agradasi
372	4,784,299	4,757,225	27,074	agradasi
371	477,09	4,742,732	28,168	agradasi
370	475,47	4,729,418	25,282	agradasi
369	4,739,101	4,715,212	23,889	agradasi
368	4,724,699	4,702,887	21,812	agradasi
367	4,708,401	468,722	21,181	agradasi
366	4,690,899	467,008	20,819	agradasi
365	4,674,001	4,650,065	23,936	agradasi
364	4,656,801	4,627,217	29,584	agradasi
363	464,08	4,610,615	30,185	agradasi
362	4,607,799	4,593,123	14,676	agradasi
361	459,13	4,583,105	0,8195	agradasi
360	457,57	4,564,794	10,906	agradasi
359	455,95	4,537,632	21,868	agradasi
358	454,39	4,507,549	36,351	agradasi
357	452,76	4,505,964	21,636	agradasi
356	4,511,899	4,487,006	24,893	agradasi
355	4,495,699	4,473,915	21,784	agradasi
354	4,480,801	4,454,463	26,338	agradasi
353	4,465,399	4,435,852	29,547	agradasi
352	445,04	442,298	2,742	agradasi
351	4,434,099	441,056	23,539	agradasi
350	4,418,701	4,396,035	22,666	agradasi
349	4,402,501	4,383,611	1,889	agradasi
348	438,56	4,367,026	18,574	agradasi
347	436,84	4,353,068	15,332	agradasi
346	435,18	4,328,076	23,724	agradasi
345	4,331,699	4,291,709	3,999	agradasi
344	4,312,801	427,953	33,271	agradasi
343	4,295,101	4,265,887	29,214	agradasi

RS	02 Jan 2016	01 Jan 2017	Selisih	Keterangan
342	4,277,399	4,260,612	16,787	agradasi
341	4,261,799	425,78	0,3999	agradasi
340	4,245,901	4,253,583	-0,7682	degradasi
339	4,275,999	4,244,725	31,274	agradasi
338	4,229,801	420,701	22,791	agradasi
337	4,214,399	4,197,177	17,222	agradasi
336	4,199,699	4,178,379	2,132	agradasi
335	4,186,599	4,166,169	2,043	agradasi
334	417,37	4,157,751	15,949	agradasi
333	416,18	414,368	1,812	agradasi
332	4,149,901	4,126,852	23,049	agradasi
331	413,78	4,114,624	23,176	agradasi
330	4,123,401	4,103,152	20,249	agradasi
329	410,8	4,081,703	26,297	agradasi
328	409,23	4,072,108	20,192	agradasi
327	407,57	4,054,712	20,988	agradasi
326	4,060,201	4,043,793	16,408	agradasi
325	404,39	4,029,232	14,668	agradasi
324	4,027,999	4,008,813	19,186	agradasi
323	401,25	398,761	2,489	agradasi
322	399,85	3,979,072	19,428	agradasi
321	398,38	3,968,298	15,502	agradasi
320	3,968,401	395,15	16,901	agradasi
319	3,953,899	3,932,157	21,742	agradasi
318	393,89	3,914,438	24,462	agradasi
317	3,925,001	390,467	20,331	agradasi
316	389,56	3,893,741	0,1859	agradasi
315	389,56	3,880,447	15,153	agradasi
314	3,884,398	3,863,752	20,646	agradasi
313	3,870,298	3,848,786	21,512	agradasi
312	3,856,701	3,839,272	17,429	agradasi
311	3,841,501	3,823,078	18,423	agradasi
310	382,72	3,790,201	36,999	agradasi
309	3,813,999	3,782,177	31,822	agradasi
308	3,801,499	3,768,366	33,133	agradasi
307	379,17	3,760,624	31,076	agradasi
306	3,781,501	3,746,865	34,636	agradasi
305	3,767,599	3,730,683	36,916	agradasi
304	3,752,301	3,722,852	29,449	agradasi
303	374,05	3,711,486	29,014	agradasi
302	3,728,399	3,702,478	25,921	agradasi

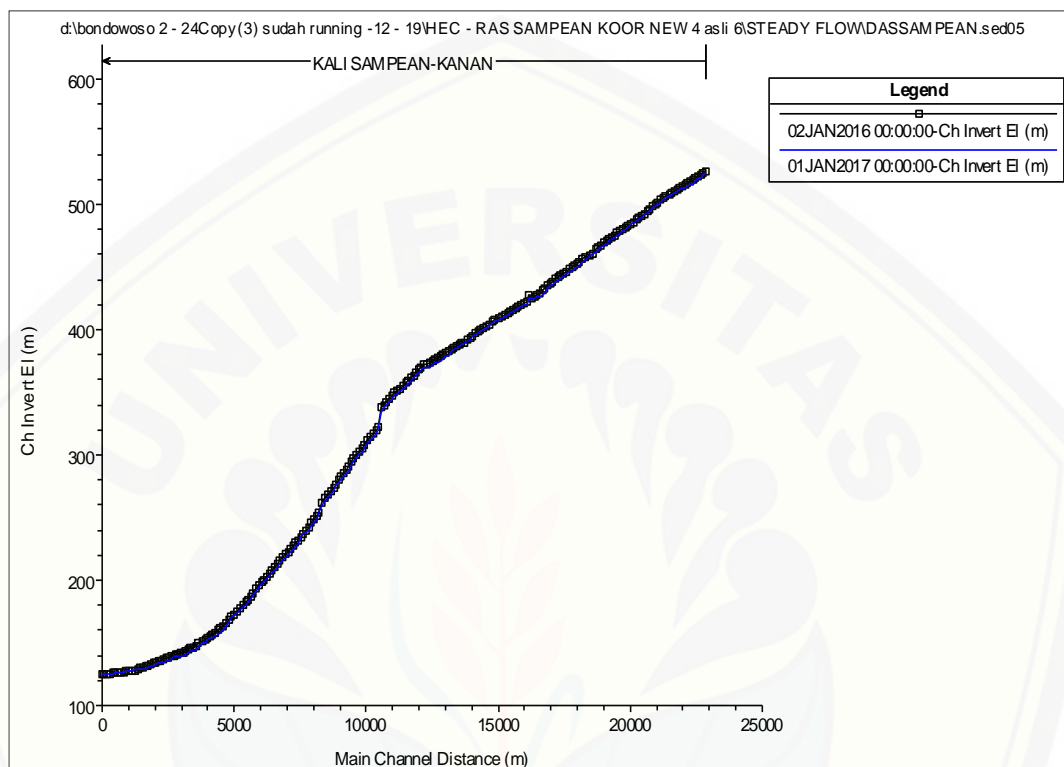
RS	02 Jan 2016	01 Jan 2017	Selisih	Keterangan
301	3,718,499	369,433	24,169	agradasi
300	3,703,299	3,673,615	29,684	agradasi
299	3,680,201	3,653,954	26,247	agradasi
298	3,657,201	3,637,323	19,878	agradasi
297	3,634,301	3,617,829	16,472	agradasi
296	3,612,801	3,589,516	23,285	agradasi
295	3,591,199	3,569,606	21,593	agradasi
294	3,573,499	3,549,519	2,398	agradasi
293	3,550,801	3,532,814	17,987	agradasi
292	3,532,501	3,515,361	1,714	agradasi
291	351,87	3,497,509	21,191	agradasi
290	350,15	3,469,781	31,719	agradasi
289	347,64	3,447,864	28,536	agradasi
288	345,14	3,424,162	27,238	agradasi
287	3,426,501	3,400,305	26,196	agradasi
286	3,401,199	3,379,892	21,307	agradasi
285	3,382,399	3,343,114	39,285	agradasi
284	3,219,499	3,203,812	15,687	agradasi
283	3,196,099	3,171,335	24,764	agradasi
282	317,11	3,150,525	20,575	agradasi
281	314,35	3,129,055	14,445	agradasi
280	311,27	3,098,559	14,141	agradasi
279	3,085,399	3,054,998	30,401	agradasi
278	305,68	301,681	3,999	agradasi
277	302,97	3,015,599	14,101	agradasi
276	3,000,101	2,985,415	14,686	agradasi
275	2,972,099	2,956,246	15,853	agradasi
274	2,943,201	291,665	26,551	agradasi
273	2,910,301	2,872,551	3,775	agradasi
272	2,882,101	2,863,441	1,866	agradasi
271	285,33	2,837,716	15,584	agradasi
270	2,825,402	2,803,867	21,535	agradasi
269	2,797,202	2,770,116	27,086	agradasi
268	2,769,401	2,749,247	20,154	agradasi
267	2,741,301	2,723,002	18,299	agradasi
266	271,29	2,688,371	24,529	agradasi
265	268,48	2,655,872	28,928	agradasi
264	2,656,302	2,624,904	31,398	agradasi
263	2,618,799	258,811	30,689	agradasi
262	2,543,501	2,534,855	0,8646	agradasi
261	2,509,299	2,485,587	23,712	agradasi

RS	02 Jan 2016	01 Jan 2017	Selisih	Keterangan
260	2,482,502	2,451,286	31,216	agradasi
259	245,51	2,423,778	31,322	agradasi
258	2,426,299	2,404,571	21,728	agradasi
257	2,398,401	2,385,376	13,025	agradasi
256	2,370,801	2,361,296	0,9505	agradasi
255	2,345,701	2,337,712	0,7989	agradasi
254	2,320,199	2,280,209	3,999	agradasi
253	2,297,201	2,262,282	34,919	agradasi
252	227,25	2,240,607	31,893	agradasi
251	2,247,199	2,224,452	22,747	agradasi
250	2,224,699	2,207,373	17,326	agradasi
249	2,206,499	2,188,183	18,316	agradasi
248	218,21	2,165,737	16,363	agradasi
247	2,157,499	2,136,885	20,614	agradasi
246	2,130,601	2,104,359	26,242	agradasi
245	210,28	2,082,802	19,998	agradasi
244	2,078,099	2,061,707	16,392	agradasi
243	2,053,502	2,028,893	24,609	agradasi
242	2,028,599	2,010,079	1,852	agradasi
241	2,005,901	1,986,905	18,996	agradasi
240	1,983,401	1,967,502	15,899	agradasi
239	1,955,899	1,937,571	18,328	agradasi
238	192,84	1,909,985	18,415	agradasi
237	1,901,099	1,889,997	11,102	agradasi
236	1,873,301	1,857,119	16,182	agradasi
235	1,845,899	1,830,584	15,315	agradasi
234	1,824,201	181,434	0,9861	agradasi
233	1,800,201	1,787,184	13,017	agradasi
232	177,56	1,735,808	39,792	agradasi
231	1,754,301	1,718,375	35,926	agradasi
230	1,729,999	1,700,566	29,433	agradasi
229	1,707,301	1,668,954	38,347	agradasi
228	1,682,499	1,642,606	39,893	agradasi
227	165,87	1,622,519	36,181	agradasi
226	163,56	159,573	3,987	agradasi
225	1,614,699	1,577,791	36,908	agradasi
224	159,96	156,994	2,966	agradasi
223	1,584,299	1,556,672	27,627	agradasi
222	1,569,799	154,664	23,159	agradasi
221	1,554,599	1,538,505	16,094	agradasi
220	1,539,301	152,172	17,581	agradasi

RS	02 Jan 2016	01 Jan 2017	Selisih	Keterangan
219	1,523,299	1,501,998	21,301	agradasi
218	150,83	1,494,554	13,746	agradasi
217	1,493,499	1,468,122	25,377	agradasi
216	147,86	1,454,895	23,705	agradasi
215	146,55	143,619	2,931	agradasi
214	1,456,402	1,416,412	3,999	agradasi
213	144,67	140,671	3,999	agradasi
212	143,52	1,395,764	39,436	agradasi
211	142,54	1,391,041	34,359	agradasi
210	141,55	1,393,921	21,579	agradasi
209	1,412,001	1,392,724	19,277	agradasi
208	140,76	139,008	1,752	agradasi
207	1,399,501	1,388,224	11,277	agradasi
206	139,19	1,377,061	14,839	agradasi
205	1,383,801	1,350,231	3,357	agradasi
204	1,376,199	1,338,769	3,743	agradasi
203	1,368,601	1,329,033	39,568	agradasi
202	1,360,399	1,322,712	37,687	agradasi
201	1,352,501	1,318,804	33,697	agradasi
200	1,344,299	1,311,878	32,421	agradasi
199	1,336,201	1,300,696	35,505	agradasi
198	1,328,599	1,296,358	32,241	agradasi
197	1,320,601	1,294,374	26,227	agradasi
196	1,312,801	1,293,416	19,385	agradasi
195	1,305,099	1,292,924	12,175	agradasi
194	129,69	1,291,209	0,5691	agradasi
193	1,288,999	1,289,742	-0,0743	degradasi
192	1,281,099	1,282,689	-0,159	degradasi
191	1,278,599	1,277,352	0,1247	agradasi
190	1,275,701	1,273,217	0,2484	agradasi
189	1,272,199	1,268,966	0,3233	agradasi
188	1,269,199	1,264,838	0,4361	agradasi
187	126,41	1,262,205	0,1895	agradasi
186	1,263,899	1,260,182	0,3717	agradasi
185	1,261,101	1,258,465	0,2636	agradasi
184	1,258,199	1,256,537	0,1662	agradasi
183	125,52	1,254,546	0,0654	agradasi
182	1,252,999	1,252,226	0,0773	agradasi
181	1,250,201	1,250,679	-0,0478	degradasi
180	1,246,099	1,250,017	-0,3918	degradasi

Sumber: Hasil Perhitungan HEC-RAS 5.0.3

Berdasarkan Tabel 4.10, diketahui bahwa beberapa penampang mengalami degradasi (penurunan elevasi) dan agradasi (kenaikan elevasi). Agradasi dan degradasi ini disebabkan oleh pola aliran dan laju sedimen sepanjang durasi simulasi (1 tahun). Gambar di atas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4.4 Perubahan Penampang Elevasi Minimum Penampang Saluran Awal dan Akhir Simulasi

Berdasarkan Gambar 4.4 terlihat bahwa agradasi terjadi di Waduk Sampean Baru dengan agradasi terbesar terjadi pada penampang 185 dan degradasi terbesar terjadi pada penampang 180.

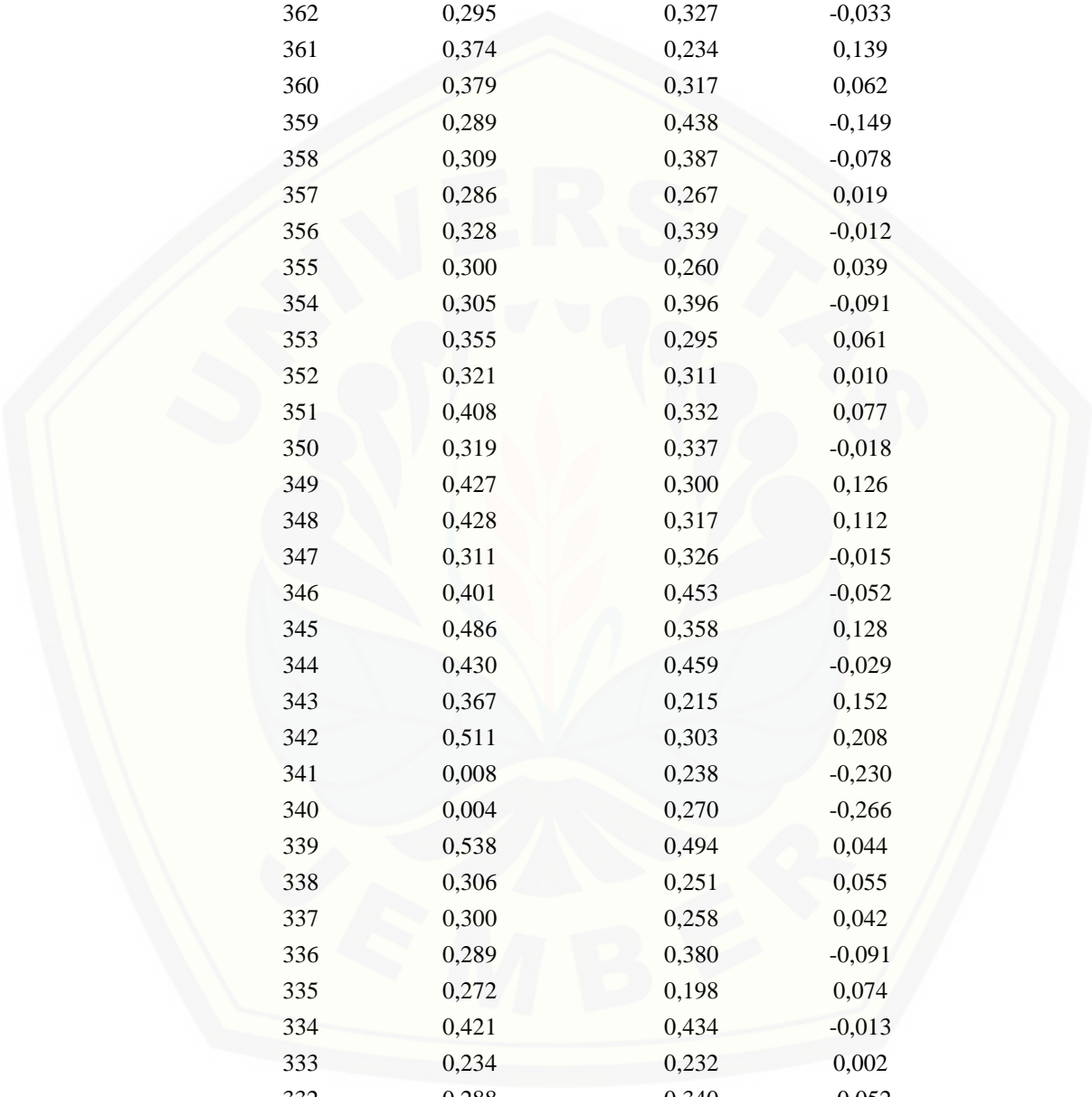
b. *Velocity* (Kecepatan Aliran)

Velocity (Kecepatan Aliran) berdasarkan fungsi pengangkutannya sedimen menggunakan Toffaleti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.7 yang bergantung pada gradasi, kedalaman aliran, jari-jari hidrolis, dan sebagainya. Fungsi kecepatan akan disesuaikan oleh *HEC-RAS* sesuai dengan fungsi pengangkutan

Toffaletti. Untuk lebih jelasnya, perbedaan kecepatan aliran pada awal dan akhir simulasi disajikan dalam Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Kecepatan Aliran Awal dan Akhir Simulasi

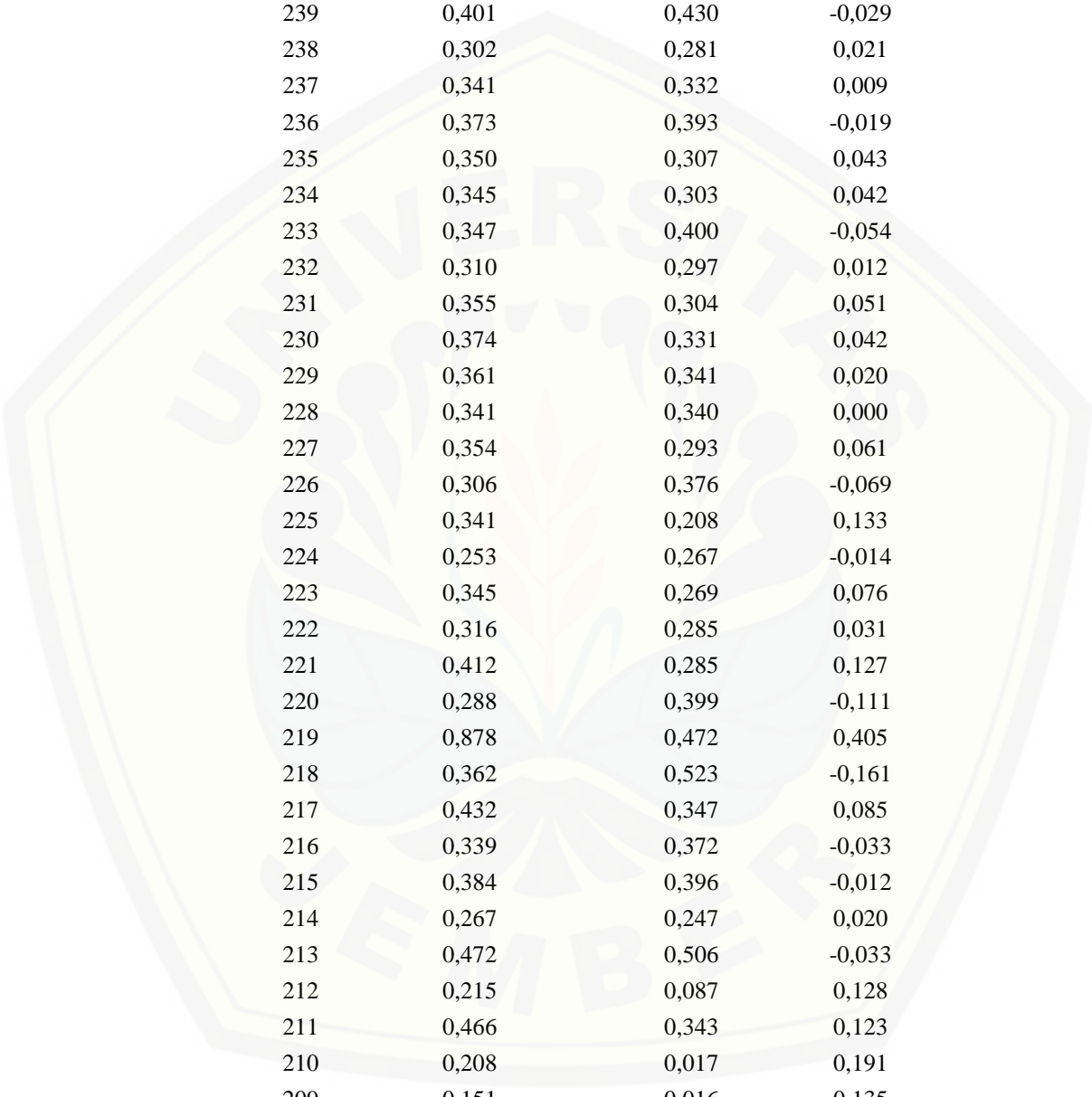
RS	02 Jan 2016 (m/s)	01 Jan 2017 (m/s)	Selisih
404	0,320	0,576	-0,257
403	0,339	0,833	-0,493
402	0,320	0,139	0,181
401	0,400	0,864	-0,464
400	0,356	0,537	-0,181
399	0,528	0,187	0,341
398	0,224	0,199	0,025
397	0,373	0,350	0,023
396	0,294	0,226	0,069
395	0,379	0,278	0,100
394	0,231	0,284	-0,052
393	0,510	0,322	0,188
392	0,290	0,262	0,028
391	0,421	0,376	0,045
390	0,316	0,326	-0,010
389	0,339	0,468	-0,129
388	0,392	0,344	0,047
387	0,414	0,325	0,089
386	0,400	0,372	0,028
385	0,485	0,401	0,084
384	0,309	0,393	-0,084
383	0,414	0,294	0,120
382	0,388	0,412	-0,024
381	0,488	0,401	0,087
380	0,327	0,357	-0,030
379	0,472	0,378	0,095
378	0,311	0,362	-0,051
377	0,474	0,387	0,087
376	0,277	0,325	-0,048
375	0,325	0,242	0,083
374	0,272	0,304	-0,032
373	0,344	0,301	0,043
372	0,264	0,320	-0,057
371	0,340	0,271	0,068
370	0,244	0,252	-0,008
369	0,380	0,323	0,058
368	0,350	0,340	0,010
367	0,368	0,335	0,033



RS	02 Jan 2016 (m/s)	01 Jan 2017 (m/s)	Selisih
366	0,364	0,363	0,001
365	0,320	0,326	-0,006
364	0,278	0,295	-0,016
363	0,361	0,325	0,036
362	0,295	0,327	-0,033
361	0,374	0,234	0,139
360	0,379	0,317	0,062
359	0,289	0,438	-0,149
358	0,309	0,387	-0,078
357	0,286	0,267	0,019
356	0,328	0,339	-0,012
355	0,300	0,260	0,039
354	0,305	0,396	-0,091
353	0,355	0,295	0,061
352	0,321	0,311	0,010
351	0,408	0,332	0,077
350	0,319	0,337	-0,018
349	0,427	0,300	0,126
348	0,428	0,317	0,112
347	0,311	0,326	-0,015
346	0,401	0,453	-0,052
345	0,486	0,358	0,128
344	0,430	0,459	-0,029
343	0,367	0,215	0,152
342	0,511	0,303	0,208
341	0,008	0,238	-0,230
340	0,004	0,270	-0,266
339	0,538	0,494	0,044
338	0,306	0,251	0,055
337	0,300	0,258	0,042
336	0,289	0,380	-0,091
335	0,272	0,198	0,074
334	0,421	0,434	-0,013
333	0,234	0,232	0,002
332	0,288	0,340	-0,052
331	0,326	0,279	0,047
330	0,482	0,483	-0,001
329	0,338	0,296	0,042
328	0,528	0,341	0,187
327	0,451	0,321	0,131
326	0,339	0,353	-0,014

RS	02 Jan 2016 (m/s)	01 Jan 2017 (m/s)	Selisih
325	0,378	0,311	0,066
324	0,334	0,449	-0,115
323	0,447	0,352	0,094
322	0,330	0,314	0,017
321	0,467	0,345	0,122
320	0,314	0,387	-0,073
319	0,479	0,395	0,084
318	0,285	0,312	-0,027
317	0,534	0,336	0,198
316	0,103	0,348	-0,244
315	0,287	0,331	-0,045
314	0,395	0,386	0,009
313	0,332	0,332	0,000
312	0,440	0,330	0,110
311	0,375	0,514	-0,139
310	0,694	0,998	-0,304
309	0,333	0,251	0,081
308	0,290	0,330	-0,041
307	0,360	0,290	0,070
306	0,212	0,296	-0,084
305	0,476	0,318	0,158
304	0,257	0,260	-0,003
303	0,462	0,378	0,085
302	0,315	0,315	0,000
301	0,368	0,272	0,096
300	0,289	0,273	0,016
299	0,360	0,313	0,047
298	0,405	0,355	0,051
297	0,391	0,380	0,010
296	0,293	0,288	0,006
295	0,345	0,301	0,044
294	0,328	0,242	0,086
293	0,254	0,255	-0,001
292	0,301	0,262	0,039
291	0,201	0,263	-0,063
290	0,329	0,269	0,060
289	0,244	0,265	-0,021
288	0,362	0,283	0,079
287	0,288	0,272	0,016
286	0,330	0,279	0,051
285	0,372	0,338	0,033

RS	02 Jan 2016 (m/s)	01 Jan 2017 (m/s)	Selisih
284	0,270	0,259	0,011
283	0,247	0,260	-0,014
282	0,389	0,291	0,098
281	0,242	0,271	-0,030
280	0,399	0,287	0,112
279	0,273	0,342	-0,069
278	0,507	0,518	-0,011
277	0,361	0,389	-0,028
276	0,360	0,339	0,021
275	0,286	0,317	-0,031
274	0,336	0,320	0,016
273	0,691	0,536	0,155
272	0,328	0,314	0,015
271	0,273	0,242	0,030
270	0,280	0,350	-0,070
269	0,352	0,302	0,050
268	0,333	0,300	0,033
267	0,370	0,361	0,010
266	0,354	0,357	-0,003
265	0,412	0,406	0,006
264	0,429	0,338	0,091
263	0,334	0,351	-0,018
262	0,294	0,307	-0,013
261	0,288	0,242	0,046
260	0,260	0,341	-0,081
259	0,402	0,281	0,121
258	0,409	0,359	0,050
257	0,444	0,381	0,063
256	0,309	0,297	0,011
255	0,254	0,234	0,020
254	0,262	0,212	0,051
253	0,327	0,336	-0,009
252	0,296	0,251	0,045
251	0,332	0,268	0,064
250	0,272	0,257	0,015
249	0,288	0,289	-0,001
248	0,337	0,292	0,044
247	0,271	0,319	-0,048
246	0,385	0,321	0,064
245	0,384	0,364	0,020
244	0,517	0,452	0,065

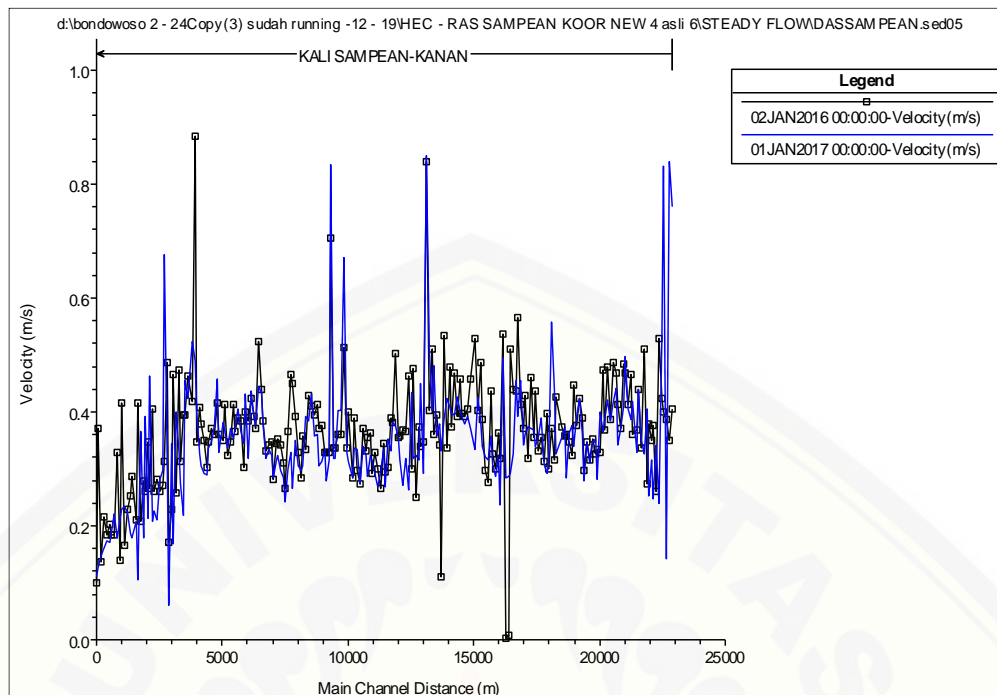


RS	02 Jan 2016 (m/s)	01 Jan 2017 (m/s)	Selisih
243	0,372	0,331	0,041
242	0,323	0,334	-0,010
241	0,423	0,375	0,048
240	0,315	0,294	0,021
239	0,401	0,430	-0,029
238	0,302	0,281	0,021
237	0,341	0,332	0,009
236	0,373	0,393	-0,019
235	0,350	0,307	0,043
234	0,345	0,303	0,042
233	0,347	0,400	-0,054
232	0,310	0,297	0,012
231	0,355	0,304	0,051
230	0,374	0,331	0,042
229	0,361	0,341	0,020
228	0,341	0,340	0,000
227	0,354	0,293	0,061
226	0,306	0,376	-0,069
225	0,341	0,208	0,133
224	0,253	0,267	-0,014
223	0,345	0,269	0,076
222	0,316	0,285	0,031
221	0,412	0,285	0,127
220	0,288	0,399	-0,111
219	0,878	0,472	0,405
218	0,362	0,523	-0,161
217	0,432	0,347	0,085
216	0,339	0,372	-0,033
215	0,384	0,396	-0,012
214	0,267	0,247	0,020
213	0,472	0,506	-0,033
212	0,215	0,087	0,128
211	0,466	0,343	0,123
210	0,208	0,017	0,191
209	0,151	0,016	0,135
208	0,436	0,337	0,099
207	0,267	0,469	-0,202
206	0,244	0,264	-0,020
205	0,230	0,329	-0,100
204	0,260	0,215	0,046
203	0,227	0,282	-0,055

RS	02 Jan 2016 (m/s)	01 Jan 2017 (m/s)	Selisih
202	0,385	0,222	0,163
201	0,232	0,203	0,029
200	0,329	0,353	-0,024
199	0,224	0,237	-0,013
198	0,268	0,154	0,114
197	0,179	0,110	0,069
196	0,415	0,134	0,280
195	0,185	0,095	0,089
194	0,260	0,195	0,065
193	0,222	0,209	0,013
192	0,210	0,192	0,018
191	0,147	0,218	-0,070
190	0,416	0,206	0,210
189	0,124	0,182	-0,058
188	0,329	0,155	0,174
187	0,165	0,176	-0,011
186	0,163	0,138	0,025
185	0,183	0,145	0,038
184	0,164	0,149	0,015
183	0,196	0,153	0,043
182	0,122	0,144	-0,021
181	0,370	0,128	0,242
180	0,089	0,107	-0,018

Sumber: Hasil Perhitungan HEC-RAS 5.0.3

Berdasarkan Tabel 4.11, dapat dilihat bahwa kecepatan aliran selama masa simulasi cenderung menurun. Penurunan dan kenaikan kecepatan dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Kecepatan Aliran Awal dan Akhir Simulasi

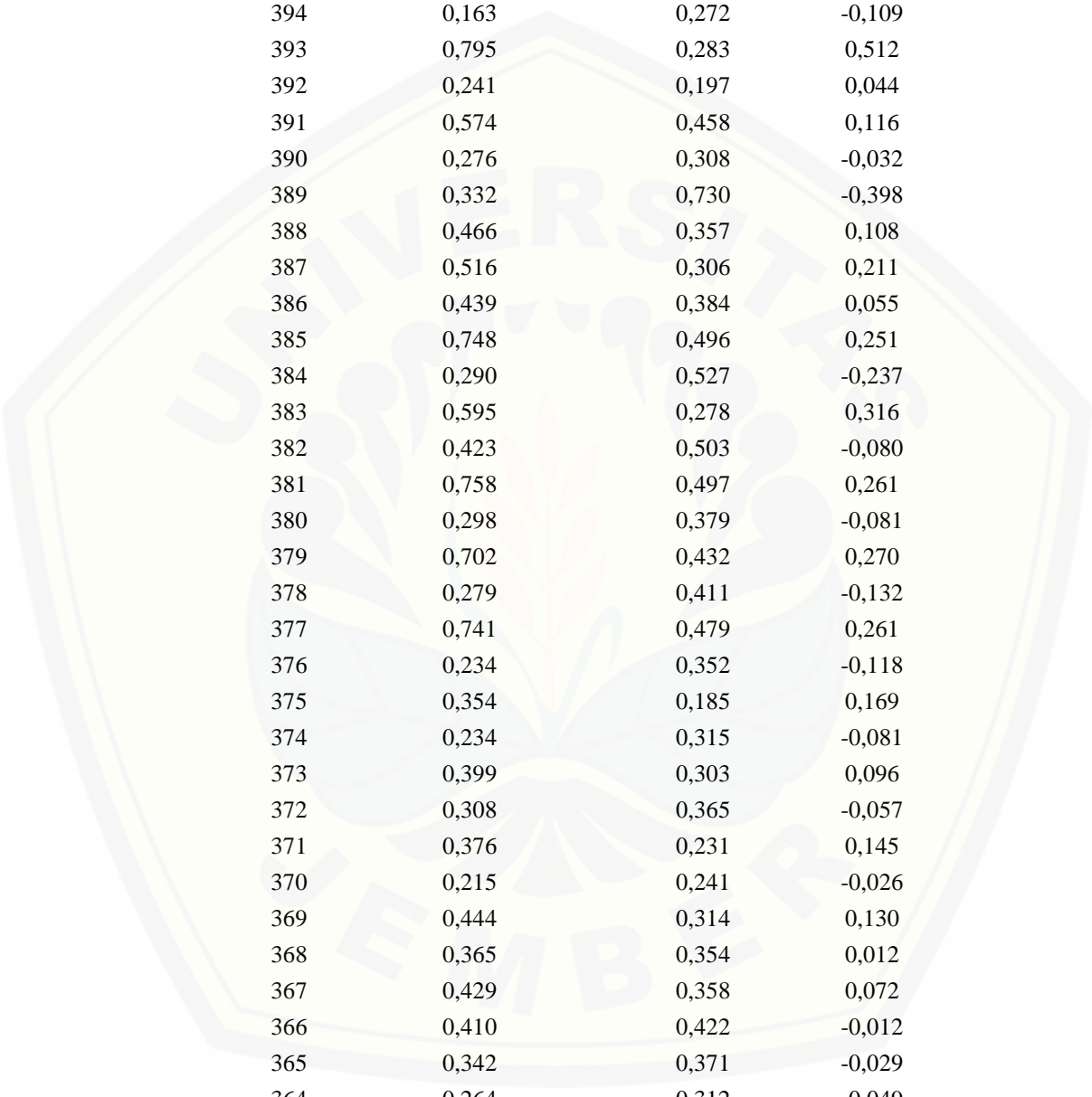
Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui untuk peningkatan aliran sungai sangat kecil (0,280 m/s) dan untuk penurunannya besar (-0,493 m/s). Pada kondisi ini, kecepatan aliran ditentukan oleh pengangkutan sedimen, dengan pengangkutan sedimen yang besar dapat memperkecil kecepatannya.

c. *Shear Stress* (Tegangan Geser)

Tegangan Geser permukaan diperoleh berdasarkan interpolasi oleh *HEC-RAS*, terhadap persamaan energi dan momentum selama satu tahun pada saat simulasi, lebih jelasnya tegangan geser permukaan disajikan pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Tegangan Permukaan Awal dan Akhir Simulasi

RS	02 Jan 2016 (pa)	01 Jan 2017 (pa)	Selisih
404	0,200	0,094	0,106
403	0,261	0,156	0,106
402	0,297	0,044	0,253
401	0,444	0,170	0,274
400	0,334	0,901	-0,567
399	0,836	0,077	0,759



RS	02 Jan 2016 (pa)	01 Jan 2017 (pa)	Selisih
398	0,147	0,116	0,031
397	0,481	0,431	0,050
396	0,245	0,137	0,108
395	0,513	0,260	0,253
394	0,163	0,272	-0,109
393	0,795	0,283	0,512
392	0,241	0,197	0,044
391	0,574	0,458	0,116
390	0,276	0,308	-0,032
389	0,332	0,730	-0,398
388	0,466	0,357	0,108
387	0,516	0,306	0,211
386	0,439	0,384	0,055
385	0,748	0,496	0,251
384	0,290	0,527	-0,237
383	0,595	0,278	0,316
382	0,423	0,503	-0,080
381	0,758	0,497	0,261
380	0,298	0,379	-0,081
379	0,702	0,432	0,270
378	0,279	0,411	-0,132
377	0,741	0,479	0,261
376	0,234	0,352	-0,118
375	0,354	0,185	0,169
374	0,234	0,315	-0,081
373	0,399	0,303	0,096
372	0,308	0,365	-0,057
371	0,376	0,231	0,145
370	0,215	0,241	-0,026
369	0,444	0,314	0,130
368	0,365	0,354	0,012
367	0,429	0,358	0,072
366	0,410	0,422	-0,012
365	0,342	0,371	-0,029
364	0,264	0,312	-0,049
363	0,426	0,345	0,081
362	0,272	0,359	-0,087
361	0,468	0,164	0,304
360	0,486	0,332	0,154
359	0,258	0,705	-0,447
358	0,331	0,020	0,311

RS	02 Jan 2016 (pa)	01 Jan 2017 (pa)	Selisih
357	0,270	0,239	0,031
356	0,361	0,407	-0,046
355	0,293	0,219	0,074
354	0,291	0,557	-0,265
353	0,403	0,270	0,133
352	0,311	0,299	0,012
351	0,536	0,342	0,194
350	0,301	0,354	-0,053
349	0,638	0,292	0,346
348	0,644	0,330	0,313
347	0,295	0,342	-0,047
346	0,502	0,691	-0,189
345	0,644	0,328	0,316
344	0,592	0,714	-0,122
343	0,381	0,114	0,267
342	0,824	0,253	0,571
341	0,000	0,144	-0,144
340	0,000	0,188	-0,188
339	0,902	0,767	0,134
338	0,317	0,207	0,111
337	0,303	0,221	0,082
336	0,277	0,544	-0,267
335	0,241	0,119	0,122
334	0,494	0,548	-0,054
333	0,180	0,183	-0,003
332	0,291	0,445	-0,154
331	0,296	0,213	0,083
330	0,717	0,747	-0,030
329	0,315	0,239	0,076
328	0,838	0,314	0,524
327	0,663	0,310	0,353
326	0,340	0,387	-0,046
325	0,438	0,289	0,148
324	0,329	0,678	-0,350
323	0,601	0,359	0,242
322	0,298	0,273	0,024
321	0,717	0,368	0,349
320	0,285	0,480	-0,194
319	0,743	0,492	0,251
318	0,227	0,291	-0,064
317	0,859	0,304	0,555

RS	02 Jan 2016 (pa)	01 Jan 2017 (pa)	Selisih
316	0,021	0,365	-0,344
315	0,225	0,327	-0,102
314	0,486	0,477	0,008
313	0,324	0,337	-0,013
312	0,564	0,300	0,265
311	0,401	0,866	-0,464
310	0,162	0,110	0,052
309	0,357	0,193	0,165
308	0,236	0,332	-0,096
307	0,391	0,245	0,146
306	0,150	0,339	-0,188
305	0,749	0,304	0,445
304	0,186	0,198	-0,013
303	0,701	0,454	0,247
302	0,236	0,244	-0,008
301	0,518	0,265	0,253
300	0,297	0,270	0,028
299	0,497	0,373	0,124
298	0,479	0,364	0,115
297	0,552	0,538	0,014
296	0,283	0,281	0,003
295	0,468	0,352	0,116
294	0,417	0,213	0,204
293	0,229	0,239	-0,010
292	0,341	0,255	0,086
291	0,132	0,259	-0,127
290	0,444	0,287	0,157
289	0,222	0,279	-0,058
288	0,525	0,306	0,219
287	0,320	0,292	0,029
286	0,442	0,310	0,133
285	0,546	0,455	0,091
284	0,319	0,300	0,019
283	0,227	0,267	-0,040
282	0,574	0,303	0,271
281	0,204	0,277	-0,073
280	0,691	0,332	0,360
279	0,294	0,517	-0,222
278	0,396	0,042	0,355
277	0,435	0,536	-0,101
276	0,430	0,387	0,043

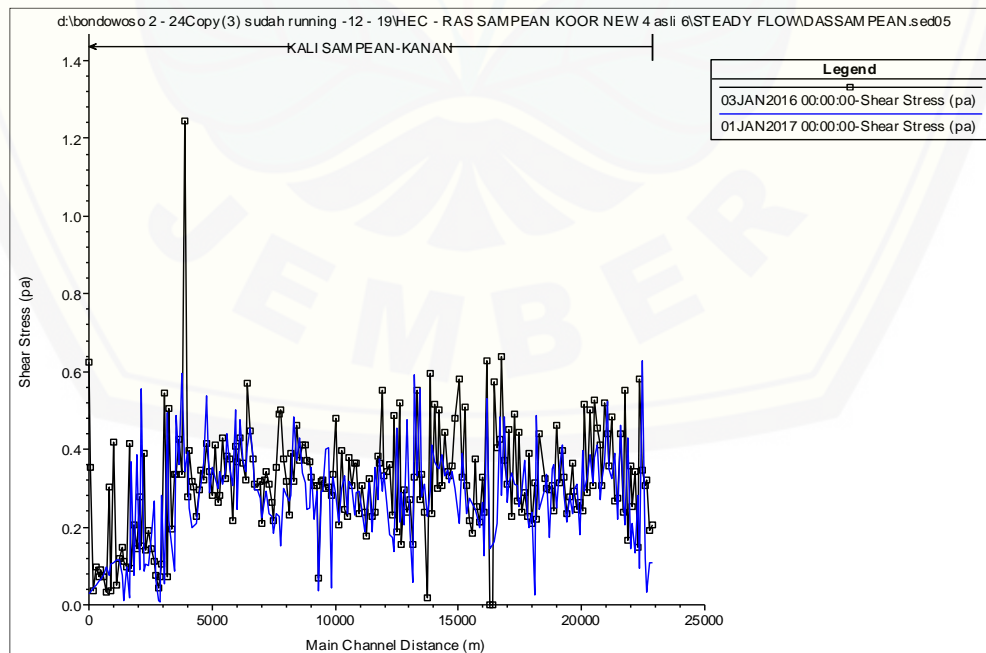
RS	02 Jan 2016 (pa)	01 Jan 2017 (pa)	Selisih
275	0,317	0,416	-0,099
274	0,459	0,425	0,035
273	0,097	0,025	0,072
272	0,443	0,413	0,031
271	0,288	0,226	0,061
270	0,325	0,564	-0,239
269	0,456	0,331	0,125
268	0,418	0,339	0,079
267	0,459	0,448	0,012
266	0,462	0,489	-0,027
265	0,535	0,536	-0,001
264	0,667	0,397	0,269
263	0,460	0,538	-0,079
262	0,359	0,412	-0,053
261	0,343	0,236	0,107
260	0,266	0,517	-0,251
259	0,572	0,257	0,315
258	0,580	0,443	0,137
257	0,637	0,462	0,174
256	0,343	0,326	0,017
255	0,283	0,241	0,041
254	0,258	0,162	0,096
253	0,401	0,444	-0,043
252	0,328	0,232	0,096
251	0,427	0,269	0,158
250	0,281	0,255	0,026
249	0,292	0,306	-0,014
248	0,420	0,314	0,107
247	0,279	0,424	-0,145
246	0,540	0,367	0,173
245	0,475	0,434	0,041
244	0,798	0,605	0,193
243	0,464	0,367	0,098
242	0,335	0,373	-0,038
241	0,614	0,481	0,133
240	0,334	0,295	0,039
239	0,585	0,715	-0,130
238	0,314	0,276	0,038
237	0,409	0,398	0,011
236	0,504	0,587	-0,083
235	0,422	0,321	0,100

RS	02 Jan 2016 (pa)	01 Jan 2017 (pa)	Selisih
234	0,407	0,312	0,095
233	0,406	0,589	-0,183
232	0,346	0,326	0,020
231	0,415	0,301	0,114
230	0,468	0,367	0,101
229	0,494	0,449	0,045
228	0,377	0,391	-0,013
227	0,444	0,296	0,148
226	0,317	0,529	-0,212
225	0,408	0,133	0,275
224	0,215	0,253	-0,038
223	0,418	0,243	0,175
222	0,301	0,244	0,056
221	0,588	0,259	0,329
220	0,256	0,566	-0,310
219	1,757	0,456	1,301
218	0,348	0,849	-0,501
217	0,524	0,327	0,197
216	0,341	0,439	-0,098
215	0,456	0,506	-0,050
214	0,195	0,168	0,027
213	0,729	0,856	-0,127
212	0,076	0,021	0,055
211	0,785	0,398	0,387
210	0,119	0,000	0,119
209	0,077	0,000	0,076
208	0,054	0,017	0,037
207	0,084	0,048	0,036
206	0,136	0,292	-0,156
205	0,152	0,363	-0,211
204	0,231	0,153	0,078
203	0,147	0,252	-0,106
202	0,503	0,145	0,359
201	0,156	0,118	0,037
200	0,353	0,426	-0,073
199	0,146	0,171	-0,025
198	0,273	0,077	0,195
197	0,097	0,032	0,065
196	0,597	0,045	0,552
195	0,104	0,023	0,081
194	0,134	0,016	0,118

RS	02 Jan 2016 (pa)	01 Jan 2017 (pa)	Selisih
193	0,158	0,143	0,016
192	0,141	0,119	0,022
191	0,054	0,138	-0,084
190	0,603	0,121	0,482
189	0,041	0,103	-0,063
188	0,437	0,078	0,359
187	0,040	0,082	-0,042
186	0,078	0,055	0,023
185	0,101	0,061	0,040
184	0,077	0,064	0,013
183	0,112	0,065	0,046
182	0,040	0,060	-0,020
181	0,512	0,045	0,467
180	1,000	0,040	0,960

Sumber: Hasil Perhitungan HEC-RAS 5.0.3

Berdasarkan Tabel 4.12 tegangan geser selama simulasi 1 tahun cenderung mengalami penurunan dan kenaikan, hal ini ditentukan oleh penurunan dan kenaikan kecepatan aliran yang terjadi. Selain kecepatan aliran, penumpukan sedimen juga berpengaruh pada tegangan geser dasar sungai. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Tegangan Geser

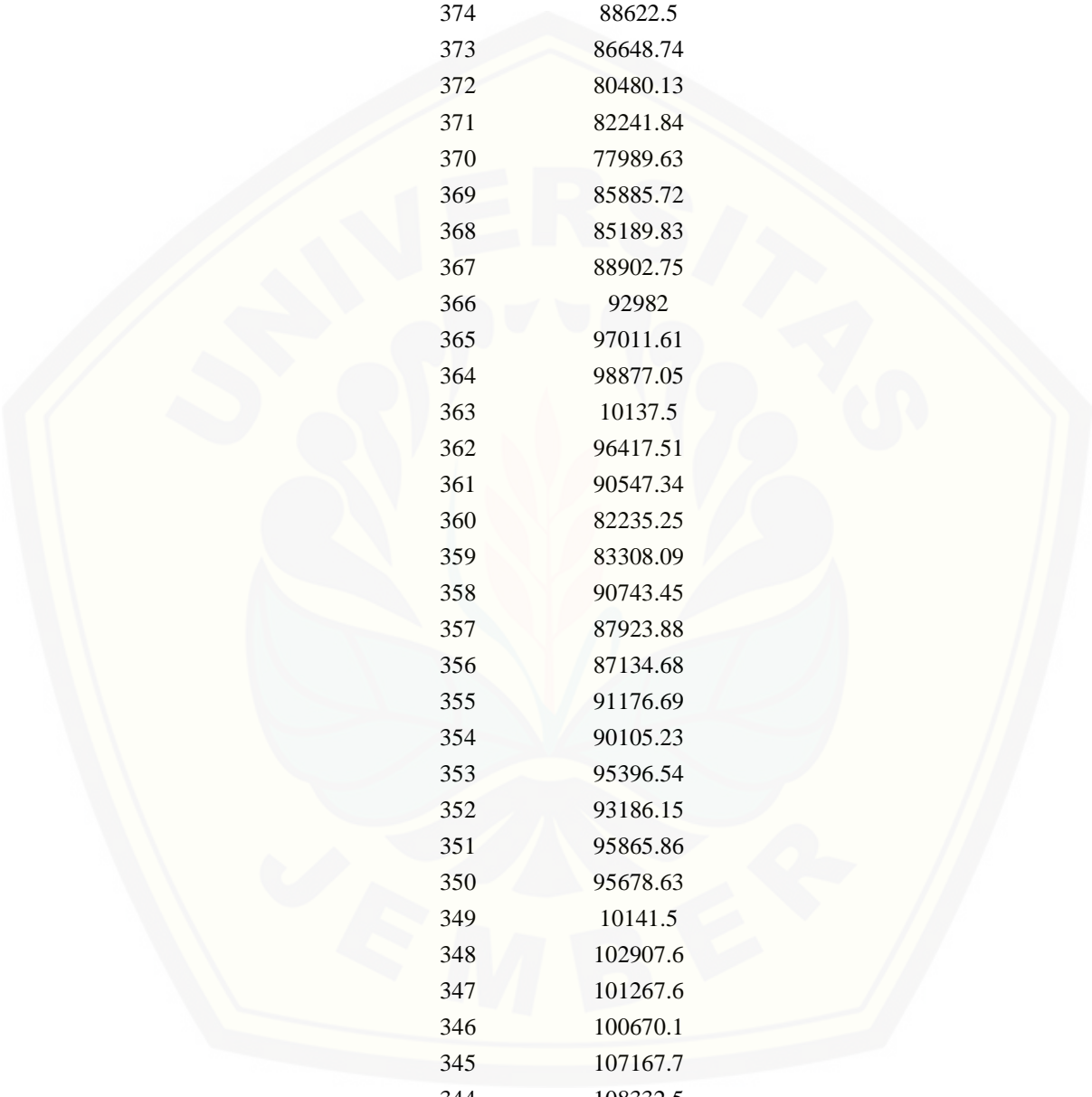
Berdasarkan Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa tegangan geser yang terjadi pada sungai dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan penumpukan sedimen terjadi pada setiap penampang.

d. *Mass in* (Kapasitas Massa Sedimen)

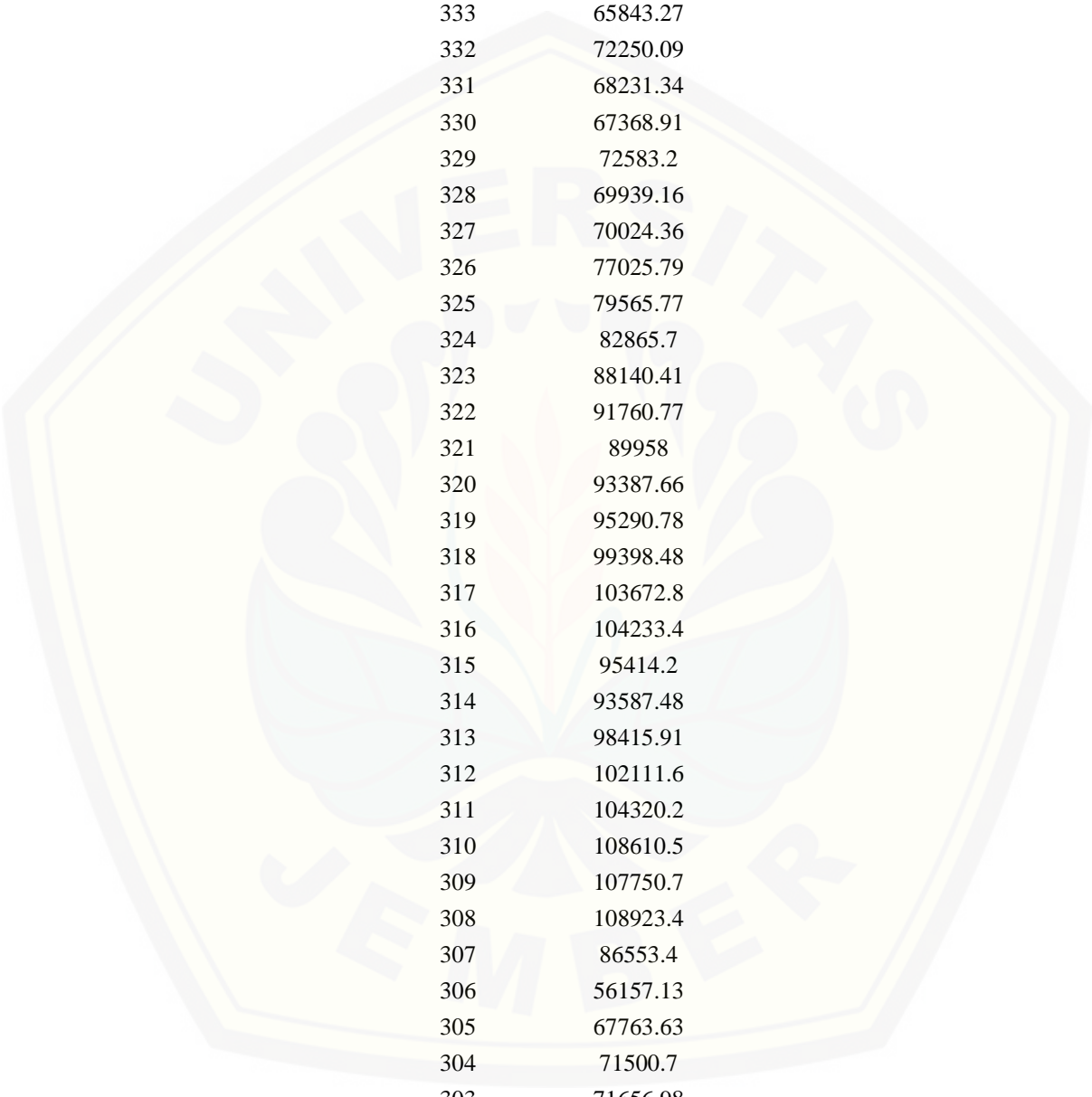
Kapasitas massa sedimen adalah jumlah sedimen pada akhir simulasi dihitung berdasarkan pengangkutan sedimen menggunakan metode Toffaleti (*field*). Kapasitas sedimen untuk mengetahui jumlah sedimen perhari dalam satuan ton selama periode simulasi, jumlah kapasitas massa sedimen digambarkan pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.7 berikut ini.

Tabel 4.13 Kapasitas Massa Sedimen Akhir Simulasi

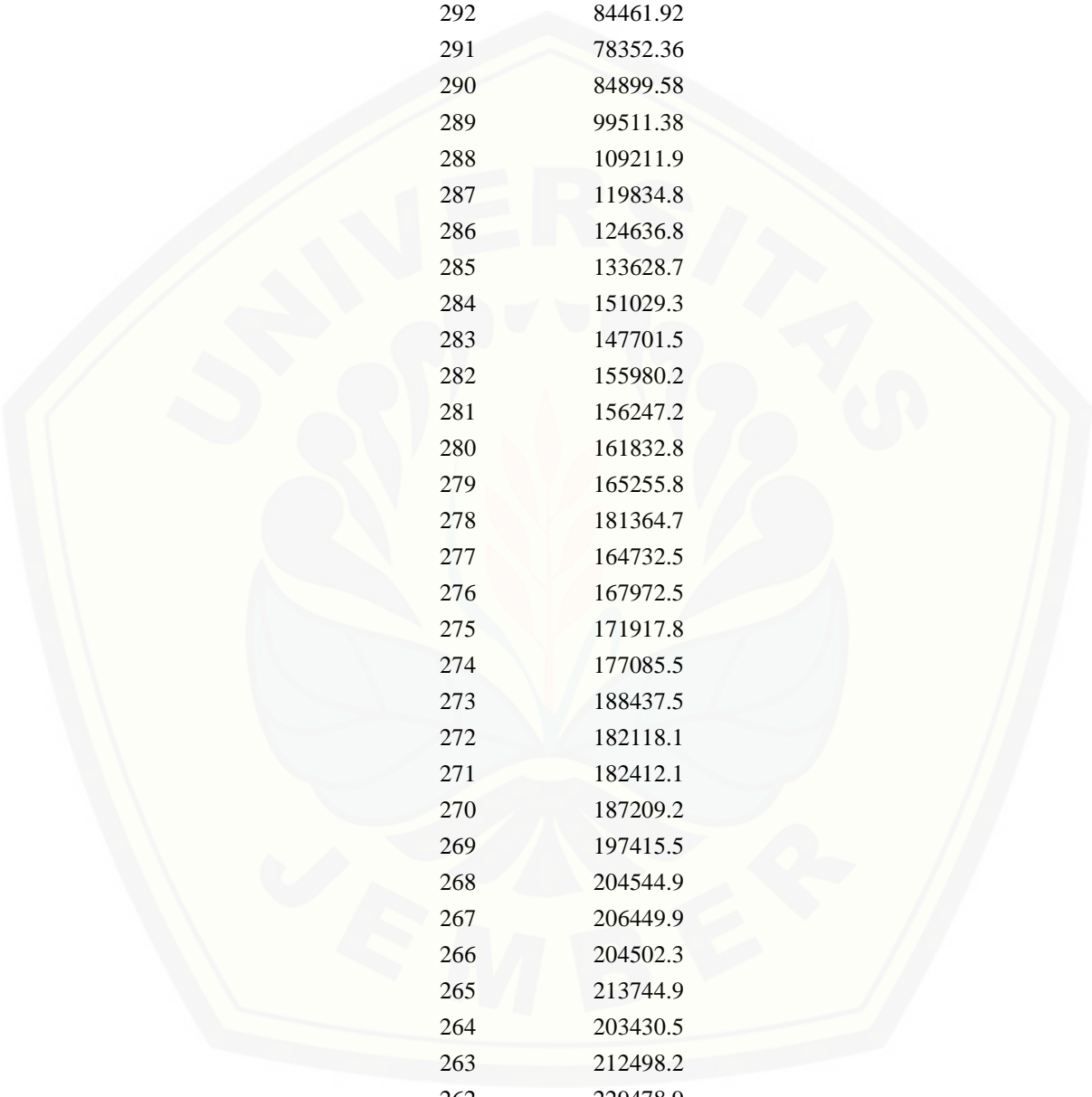
RS	01Jan 2017 (ton)
404	5.078
403	885.325
402	3469.487
401	8129.186
400	10863.81
399	14482.56
398	19260.36
397	24475.63
396	30086.96
395	35261.66
394	39122.64
393	44114.01
392	47527.38
391	49910.4
390	52483.13
389	54701.38
388	59363.91
387	64612.67
386	68724.44
385	72650.96
384	75063.82
383	78459.2
382	82309
381	83763.2
380	85347.99
379	86410.59



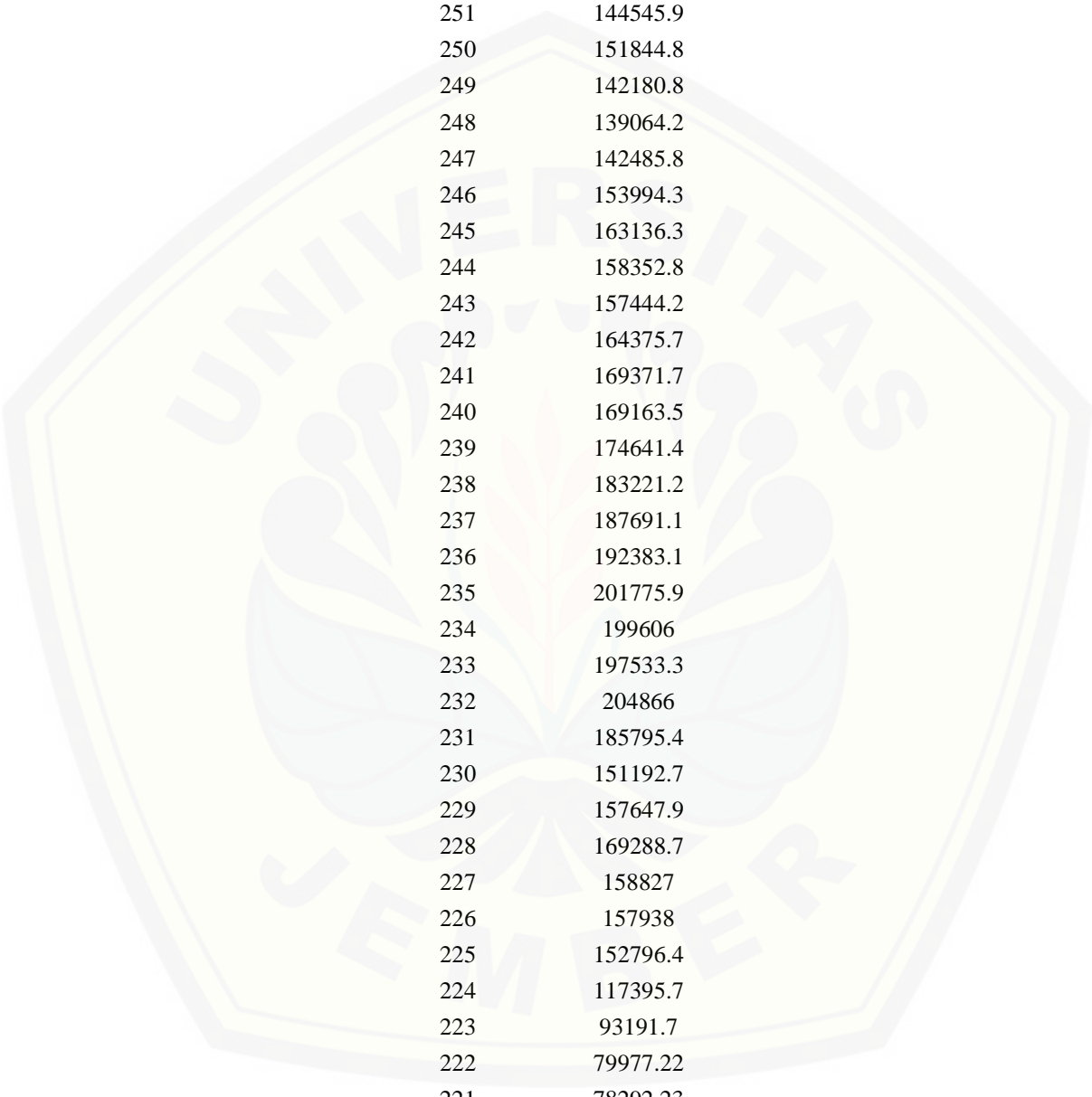
RS	01Jan 2017 (ton)
378	87561.16
377	89917.57
376	92927.13
375	95060.52
374	88622.5
373	86648.74
372	80480.13
371	82241.84
370	77989.63
369	85885.72
368	85189.83
367	88902.75
366	92982
365	97011.61
364	98877.05
363	10137.5
362	96417.51
361	90547.34
360	82235.25
359	83308.09
358	90743.45
357	87923.88
356	87134.68
355	91176.69
354	90105.23
353	95396.54
352	93186.15
351	95865.86
350	95678.63
349	10141.5
348	102907.6
347	101267.6
346	100670.1
345	107167.7
344	108332.5
343	113821.8
342	99284.44
341	56499.73
340	36862.15
339	36521.36
338	42506.51



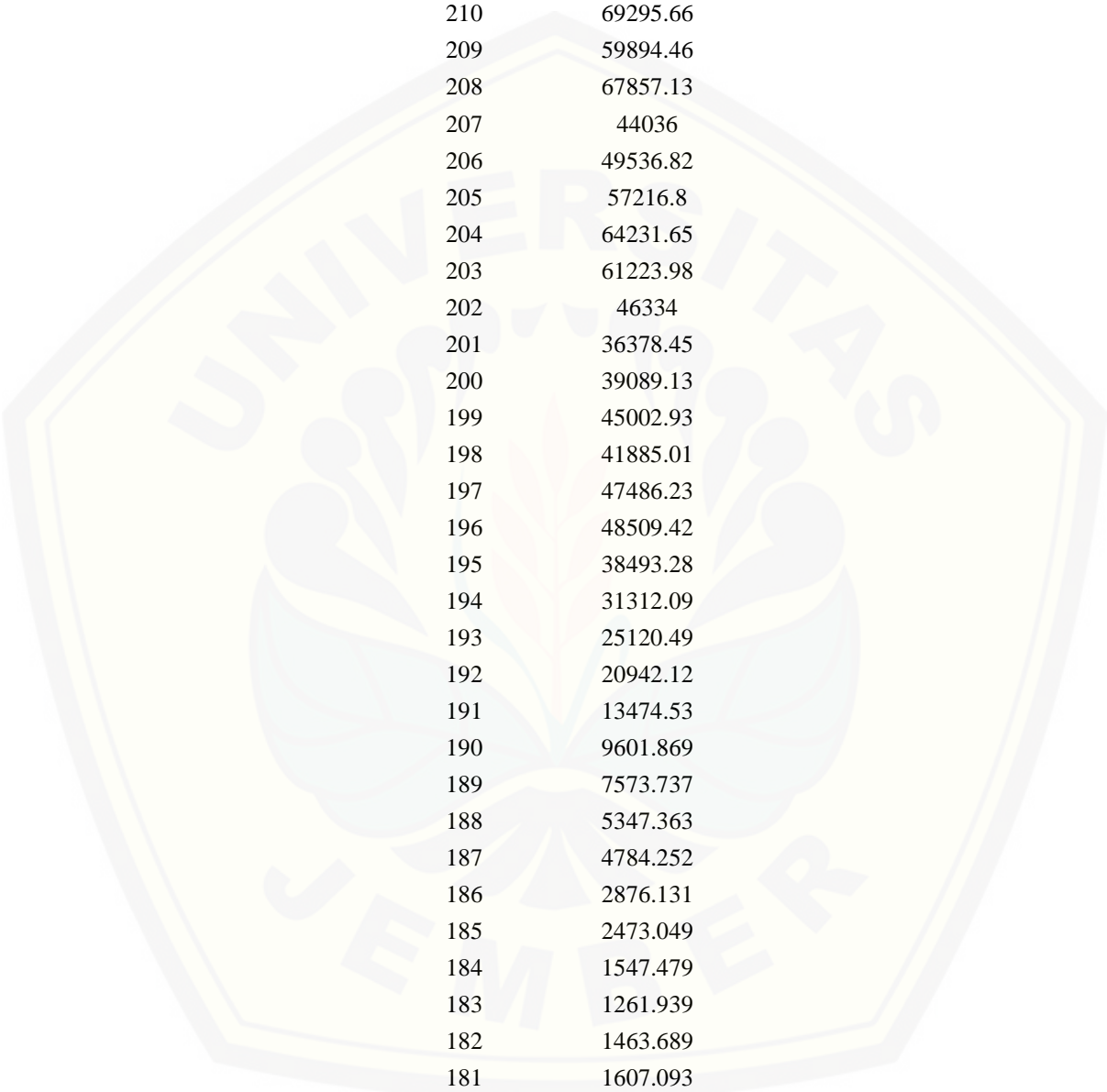
RS	01Jan 2017 (ton)
337	48877.3
336	54565.05
335	63899.77
334	67045.74
333	65843.27
332	72250.09
331	68231.34
330	67368.91
329	72583.2
328	69939.16
327	70024.36
326	77025.79
325	79565.77
324	82865.7
323	88140.41
322	91760.77
321	89958
320	93387.66
319	95290.78
318	99398.48
317	103672.8
316	104233.4
315	95414.2
314	93587.48
313	98415.91
312	102111.6
311	104320.2
310	108610.5
309	107750.7
308	108923.4
307	86553.4
306	56157.13
305	67763.63
304	71500.7
303	71656.98
302	70920.75
301	61898.29
300	66686.66
299	79184.77
298	88152.34
297	90912.08



RS	01Jan 2017 (ton)
296	95608.73
295	99192.13
294	97119.41
293	90439.48
292	84461.92
291	78352.36
290	84899.58
289	99511.38
288	109211.9
287	119834.8
286	124636.8
285	133628.7
284	151029.3
283	147701.5
282	155980.2
281	156247.2
280	161832.8
279	165255.8
278	181364.7
277	164732.5
276	167972.5
275	171917.8
274	177085.5
273	188437.5
272	182118.1
271	182412.1
270	187209.2
269	197415.5
268	204544.9
267	206449.9
266	204502.3
265	213744.9
264	203430.5
263	212498.2
262	229478.9
261	228093
260	215587.1
259	220397.3
258	212214.7
257	205677.6
256	188190.6



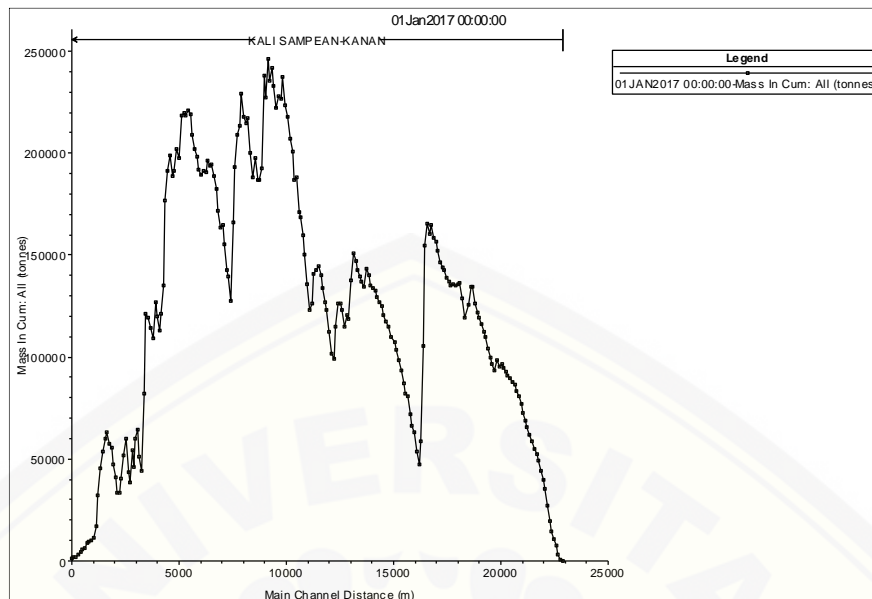
RS	01Jan 2017 (ton)
255	179084.2
254	139055.3
253	136984.9
252	143899.2
251	144545.9
250	151844.8
249	142180.8
248	139064.2
247	142485.8
246	153994.3
245	163136.3
244	158352.8
243	157444.2
242	164375.7
241	169371.7
240	169163.5
239	174641.4
238	183221.2
237	187691.1
236	192383.1
235	201775.9
234	199606
233	197533.3
232	204866
231	185795.4
230	151192.7
229	157647.9
228	169288.7
227	158827
226	157938
225	152796.4
224	117395.7
223	93191.7
222	79977.22
221	78292.23
220	82806.57
219	89669.4
218	82006.05
217	86616.67
216	91898.82
215	97087.66



RS	01Jan 2017 (ton)
214	98636.41
213	95904.13
212	79499.4
211	80267.45
210	69295.66
209	59894.46
208	67857.13
207	44036
206	49536.82
205	57216.8
204	64231.65
203	61223.98
202	46334
201	36378.45
200	39089.13
199	45002.93
198	41885.01
197	47486.23
196	48509.42
195	38493.28
194	31312.09
193	25120.49
192	20942.12
191	13474.53
190	9601.869
189	7573.737
188	5347.363
187	4784.252
186	2876.131
185	2473.049
184	1547.479
183	1261.939
182	1463.689
181	1607.093
180	1101.816

Sumber: Hasil Perhitungan HEC-RAS 5.0.3

Berdasarkan Tabel 4.13 kapasitas massa sedimen Waduk Sampean Baru setelah simulasi yaitu memiliki nilai 2.473.049 ton.



Gambar 4.7 Massa Sedimen Akhir Simulasi

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa kecepatan aliran sangat mempengaruhi, semakin menurun maka distribusi sedimen semakin meningkat.

e. *Output-output pada Sediment Spatial Plot*

Pada bagian *Sediment Spatial Plot* terjadi 13 output lainnya, namun tidak dibahas secara detail, lebih jelasnya mengenai output lain ini bisa dilihat di lampiran.

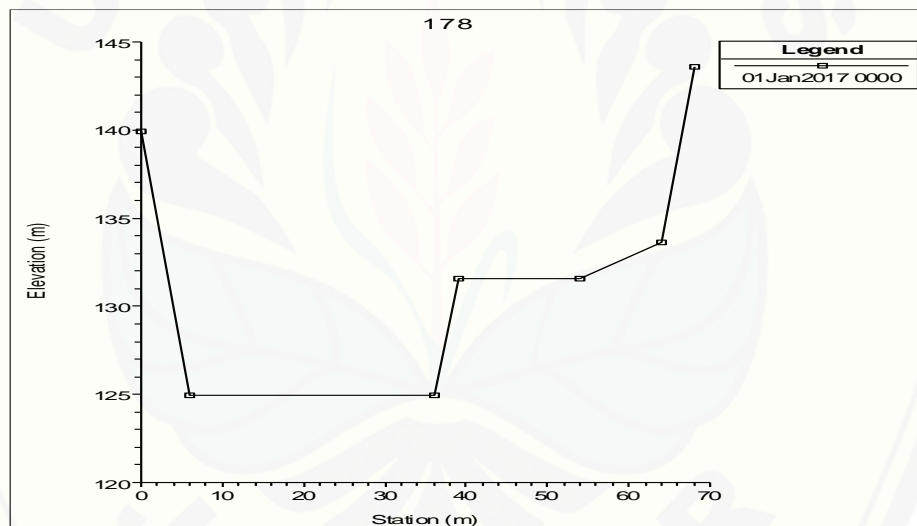
Adapun output-output tersebut adalah:

- 1) *Invert change* : perubahan delta pada elevasi minimum saluran utama
- 2) *Flow* : perubahan debit pada setiap penampang
- 3) *E.G slope*: kemiringan gradient energi pada setiap penampang
- 4) *Mass Bed Change* : perubahan massa kumulatif pada elevasi dasar
- 5) *Mean eff ch invert*: rata-rata elevasi minimum saluran utama dengan mengurangi kedalaman efektif dari elevasi saluran utama
- 6) *Mean eff ch invert change*: rata-rata perubahan elevasi minimum saluran utama dengan mengurangi kedalaman efektif dari elevasi saluran utama
- 7) *Long cum mass change*: total perubahan massa dasar sungai diakumulasi berdasarkan spasial dan waktu simulasi

4.4.2 *Sediment Cross Section Bed Changes (Perubahan Dasar Sungai akibat Sedimen)*

Salah satu fungsi dari pemodelan sungai adalah untuk memprediksi kondisi yang akan terjadi setelah masa simulasi, serta untuk mengatasi masalah melalui simulasi yang ada. Misalnya untuk mengendalikan sedimen dan sebagainya. *HEC-RAS* menyediakan fungsi ini dengan memberikan hasil akhir berupa elevasi dasar sungai beserta koefisien-koefisien yang mendukung untuk disimulasikan pada masa-masa yang akan datang.

Setelah simulasi, *HEC-RAS* secara otomatis akan merubah kondisi dasar sungai akibat simulasi tersebut. Kondisi terakhir simulasi ini dapat dijadikan data geometri lagi untuk disimulasikan di tahun-tahun berikutnya. Berikut ini adalah contoh penampang hasil simulasi yang bisa digunakan lagi untuk simulasi.



Gambar 4.8 Penampang Sungai pada Akhir Simulasi

4.5 Uji Keandalan Hasil Simulasi

Sebelum menganalisis hasil *running* program selama satu tahun (2016-2017), maka dibutuhkan uji keandalan setiap akhir tahun simulasi. Uji keandalan menggunakan data volume pengerukan sedimen Waduk Sampean Baru tahun 2004 yang disajikan pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 Volume Sedimen Pengerukan Dam Sampean Baru

No.	TAMPANG LEBAR	JARAK (M)	LUASAN (M ²)	VOLUME SEDIMEN (M ³)
1	TP 0 - TP 1	60	8097,650	48.585,9000
2	TP 1 - TP 2	100	1.981,6650	139.571,5000
3	TP 2 - TP 3	80	2.466,6854	177.934,0160
4	TP 3 - TP 4	80	4.342,4645	272.365,9960
5	TP 4 - TP 5	70	1.129,8875	191.532,3200
6	TP 5 - TP 6	50	0	28.247,1875
VOLUME SEDIMEN TOTAL (M3)			10.730,4674	858.236,9195

Sumber : Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Sampean Bondowoso Tahun 2004

Pada tahun 2004 di Waduk Sampean Baru telah dilakukan pengerukan sedimen yang menggunakan alat echo sounding. Volume sedimen yang diperoleh pada saat pengerukan sebesar 858.236,9195 m³.

Pada Waduk Sampean Baru setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan program *HEC-RAS* 5.0.3 menghasilkan volume sedimen sebesar 2.473.049 ton/th = 1.466.905 m³. Dapat dinyatakan bahwa pada tahun 2004 sampai dengan tahun 2017 mengalami kenaikan volume sedimen sebesar 70,92 %. Berikut ini adalah paparan mengenai perhitungannya :

$$\frac{\text{Volume hasil simulasi} - \text{Volume pengerukan}}{\text{Volume pengerukan}} \times 100 \%$$

$$\frac{1.466.905 - 858.236,9195}{858.236,9195} \times 100\%$$

$$= 70,92 \%$$

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada sub bab sebelumnya, dapat dinyatakan bahwa pemodelan debit aliran memberikan hasil yang memadai. Hal ini ditunjukkan pada nilai koefisien deterministik sebesar $R^2 = 0,984$. Hasil pemodelan menunjukkan terjadi kenaikan volume sedimen mulai tahun 2004 sampai dengan 2017 sebesar 70,92 %.

5.2 Saran

Simulasi yang digunakan dengan menggunakan *HEC-RAS* 5.0.3 merupakan pemodelan satu dimensi sehingga memiliki beberapa keterbatasan. Agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal disarankan melakukan penelitian lanjutan menggunakan model 2 dimensi atau 3 dimensi, seperti *software* CCHE-MESH Versi 3.0 dan CCHE-GUI versi 3.05.

DAFTAR PUSTAKA

- Harijadi. 2015. Analisis Banjir Way Besai dimana Model Matematis Unsteady Flow Menggunakan Software HEC-RAS. *Jurnal Rekayasa*. Vol. 19 (1): 14-28.
- Halik, G., Wahyuni S., dan Maududie A. 2010. Dampak Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Respon Hidrograf Banjir di Daerah Sungai Sampean Baru. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Irawan, S. T. 2014. Analisis Pemodelan Sedimentasi di Saluran Kencong Timur (BEDODO) Menggunakan Program HEC-RAS. Fakultas teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
- Juddah., A. H. 2017. Analisis Sedimen Sungai Bialo Kabupaten Bulukumba dimana Menggunakan Aplikasi HEC-RAS 5.0.1. *Jurnal Teknik Sipil*. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Modul Praktikum Uji Tanah 2012. *Buku Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Pangestu, H., dan Helmi, H. 2013. Analisis Angkutan Sedimen Total Pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol 1 (1): 103-109.
- Prasetyo, D., Dermawan, dan Primanto. 2015. Kajian Penanganan Sedimentasi Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang. *Jurnal Pengairan*. Vol. 6 (1): 76-87.
- Indarto. 2015. Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai. Jember: Bumi Aksara.
- Wardhana, P. N. 2015. Analisis Transpor Sedimen Sungai Opak Dimana Menggunakan Program HEC-RAS 4.1.0. *Jurnal Teknisia*. Vol. XX (1): 22-31.