



TUGAS AKHIR - RE 141581

# STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN BOEZEM MOROKREMBANGAN

RAHMAH FITRIANINGTYAS  
3314100008

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

# **STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN BOEZEM MOROKREMBANGAN**

**RAHMAH FITRIANINGTYAS  
3314100008**

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**FINAL PROJECT - RE 141581**

# **SEDIMENT SPREAD MAPPING STUDY IN BOEZEM MOROKREMBANGAN**

**RAHMAH FITRIANINGTYAS**  
3314100008

Supervisor  
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc

DEPARTEMEN OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Technology Sepuluh Nopember Surabaya  
Surabaya 2018

## LEMBAR PENGESAHAN

**Studi Pemetaan Persebaran Sedimen Boezem  
Morokrempangan**

### TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**pada**

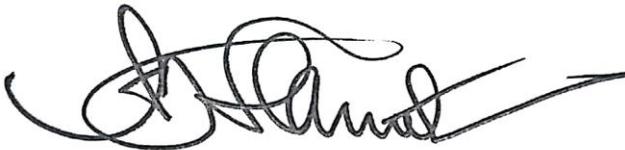
**Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumiharian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**RAHMAH FITRIANINGTYAS**

**NRP. 3314100008**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc**  
**NIP 19590811 196701 1 001**



## STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN BOEZEM MOROKREMBANGAN

Nama Mahasiswa : Rahmah Fitrianingtyas  
NRP : 3314100008  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., M.Sc

### ABSTRAK

Boezem Morokrembangan Sisi Selatan merupakan salah satu *retention basin* atau embung pengendali banjir di Kota Surabaya. Boezem Morokrembangan bagian selatan, memiliki 2 inlet saluran drainase yaitu Kali Greges dan Kali Purwodadi. Kedua saluran tersebut merupakan badan air kelas IV menurut PP No.82/2001 yang tertuang dalam PERDA Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004. Kali Greges dan Kali Purwodadi menerima air limbah domestik dari pemukiman yang dilayani. Boezem saat ini tidak berfungsi secara optimal karena terjadi pendangkalan akibat sedimen yang berasal dari air limbah domestik. Dalam PP No 38 Tahun 2001 pengelolaan atau perlindungan Boezem atau waduk harus dilakukan guna mempertahankan volume yang dapat ditampung yaitu 95%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju akumulasi lumpur dan melakukan pemetaan persebaran sedimen Boezem Morokrembangan sisi selatan.

Penelitian dilakukan 2 kegiatan yaitu observasi di lapangan dan analisis pemetaan persebaran sedimen dengan Surfer 10. Observasi lapangan dilakukan antara lain pengukuran debit, kualitas air (TS, TSS) dan akumulasi lumpur dengan *Imhoff cone* dan *mass balance*. Pengukuran kualitas air, debit dan akumulasi lumpur dilakukan selama 7 hari berturut-turut selama 3 waktu yaitu pagi, siang dan sore. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di 3 titik sampling yaitu 2 inlet Boezem Morokrembangan Sisi Selatan yaitu Kali Geges dan Kali Purwodadi dan outlet. Pemetaan persebaran sedimen dilakukan dengan pengukuran kualitas air (*Total suspended solid*) dengan lokasi sampel berdasarkan transek 100 m x 100 m. Pengambilan sampel air untuk persebaran sedimen dilakukan 3 kali, dengan waktu pengambilan sampel

yaitu 2 hari 1x selama 1 minggu. Hasil dari analisa kualitas air akan dibuat peta menggunakan *software* Surfer 10.

Hasil penelitian ini didapatkan laju akumulasi lumpur berdasarkan pengukuran dengan metode *Imhoff cone* pada air Boezem Morokrembangan sisi selatan adalah 11010,30 sampai 12653,64 m<sup>3</sup>/tahun dan dengan metode *mass balance* adalah 4481,22 sampai 5150,04 m<sup>3</sup>/tahun. Dari peta persebaran atau isokonsentrasi *total suspended solid* menggunakan Surfer 10 menunjukkan perubahan yang dinamis yaitu terjadi penurunan dari inlet menuju tengah Boezem dan meningkat menuju ke outlet. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya pengerukan dan pertumbuhan alga. Pada tepi Boezem juga menunjukkan adanya *dead zone* yang disebabkan oleh aliran air rendah dan adanya alga pada perairan. Rekomendasi penanganan pengendapan sedimen atau lumpur di Boezem Morokrembangan dapat menggunakan barrier dan menggunakan eceng gondok (*Eichornia crassipes*).

**Kata Kunci : akumulasi lumpur, boezem morokrembangan, pemetaan sedimen, surfer 10**

## **SEDIMENT SPREAD MAPPING STUDY IN BOEZEM MOROKREMBANGAN**

Name : Rahmah Fitrianingtyas  
NRP : 3314100008  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., M.Sc

### **ABSTRACT**

Eastern part of Boezem Morokrembangan is a “retention basin” or small-scale reservoir that has been utilized to control waterflooding in Surabaya city. This boezem has two inlets which are Greges River and Purwodadi River. Both inlets are IV class water bodies based on PP No.82/2001 and represented in the Local Regulation (PERDA) of Surabaya City No. 02 - 2004. Greges River and Purwodadi River receives domestic waste water generated from residences that surround them. Currently, this boezem is not working optimally because of shallower base. This effect is caused by sedimentation from the domestic waste. In PP No. 38/2001, boezem has to be maintained on its capability to accommodate 95% volume. This research is aimed to get a rate of mud accumulation and build a map of sediment distribution on eastern part of Boezem Morokrembangan.

This research was derived into field observation and mapping of sediment distribution using software Surfer 10. The field observation that have been done were measurement of rate, water quality (TS, TSS), and mud accumulation with *Imhoff cone settling test* and mass balance analyst. These measurements had been done for 7 days in a row with three times a day, morning, noon, and afternoon. The measurement samples were taken from three locations: Greges River, Purwodadi River, and the boezem’s outlet. Next, to obtain sediment distribution data, other measurements were taken by measuring *total suspended solid* (TSS). Three samples were taken based on transects location of 100m x 100m in two days interval. The TSS results were used to build a map using Surfer 10.

The mud accumulation rate obtained from this research based on Imhoff cone testing was 11010,3 to 12653,64 m<sup>3</sup>/year. While based on mass balance, the rate was 4481,22 to 5150,04 m<sup>3</sup>/year. Then, from the sediment distribution map with Surfer 10, it shows that there is a decreasing concentration from the inlets and increasing towards the outlet. This condition occurs due dredging process and presence by alga. On the edge of the Boezem also shows that there is a dead zone caused by low velocity and alga in water. To encounter this sedimentation, this research recommendation to use a barrier of water hyacinth (*Eichornia crassipes*).

**Keywords: mud accumulation, boezem morokrempangan, sediment distribution, surfer 10**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Pemetaan Persebaran Sedimen Boezem Morokrembangan” ini dengan tepat waktu. Tugas akhir ini dibuat guna memenuhi saah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Lingkungan, FTSP, ITS.

Dengan selesainya tugas akhir ini, tidak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah mengajar dan membimbing dengan penuh kesabaran.
2. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE, M.Sc., Ph.D Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., MT, Ibu Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Alfan Purnomo, ST., MT selaku dosen pengarah tugas akhir yang telah memberikan masukan dan bimbingannya.
3. Ayah, Ibu, serta keluarga dan teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2014.
4. Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya dan Balai Besar Wilayah Sungai Brantas yang telah membantu penulis dalam pemberian data sekunder.
5. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Desember 2017

Penulis

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Boezem Morokrembangan .....	5
2.2 Definisi Sedimentasi .....	7
2.3 Karakteristik Lumpur .....	7
2.3.1 Zat Padat .....	7
2.3.2 Zat Padat Tersuspensi .....	8
2.3.1 Zat Padat Terlarut .....	8
2.4 Akumulasi Lumpur .....	8
2.5 Mekanisme Pengendapan Sedimen .....	10
2.6 Kecepatan Pengendapan .....	12
2.7 Kecepatan <i>Scouring</i> ( $V_{sc}$ ) .....	15
2.8 Pengerukan ( <i>Dredging</i> ) .....	16
2.9 Pola Aliran dan Kecepatan Aliran .....	16
2.10 Penelitian Terdahulu .....	18
2.11 Software Surfer 10 .....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	21
3.1 Umum .....	21
3.2 Ide Penelitian .....	21
3.3 Studi Literatur .....	23
3.4 Pengumpulan Data .....	24
3.4.1 Data Primer .....	24
3.4.1 Data Sekunder .....	24
3.5 Persiapan Penelitian .....	25
3.5.1 Persiapan alat .....	25
3.5.2 Persiapan bahan .....	26
3.6 Pelaksanaan Penelitian .....	26

3.6.1	Lokasi sampling .....	26
3.6.2	Pelaksanaan lapangan .....	28
3.6.3	Pengambilan sampel .....	30
3.6.4	Pelaksanaan laboratorium .....	30
3.7	Analisa Data dan Pembahasan .....	31
3.8	Kesimpulan dan Saran .....	32
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
4.1	Pengukuran Debit .....	33
4.2	Akumulasi Lumpur .....	36
4.2.1	Analisa <i>Total solid</i> .....	37
4.2.2	Analisa <i>Total suspended solid</i> .....	43
4.2.3	Akumulasi Lumpur .....	46
4.2.4	Analisa <i>Mass Balance</i> .....	52
4.3	Analisa Persebaran Sedimen .....	54
4.3.1	Analisa Kecepatan Aliran .....	56
4.3.2	Kecepatan Pengendapan dan Pengendapan Lumpur .....	61
4.3.3	Analisa Volume Lumpur dan <i>Sludge Volume Index</i> .....	63
4.3.4	Analisa Persebaran Sedimen .....	68
4.4	Rekomendasi Penanganan Sedimen .....	72
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	87
5.1	Kesimpulan .....	87
5.2	Saran .....	87
DAFTAR PUSTAKA	.....	89
BIOGRAFI PENULIS	.....	139

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Boezem Morokrempangan Sisi Selatan (Google earth (2017).....	6
Gambar 2. 2 Pola Membujur Pengendapan Sedimen dalam Reservoir (Morris dan Fan, 1998) .....	11
Gambar 2. 3 Skema Umum Fase Pengendapan Lumpur Terflokulasi (Eckenfelder,1989) .....	12
Gambar 2. 4 Grafik Kecepatan Sedimentasi (Abuzar,2010)..	15
Gambar 2. 5 Arah dan Kecepatan Aliran Pada Reservoir Berbentuk Segi Empat (Kantoush, 2008) .....	17
Gambar 2. 6 Kecepatan Aliran Air (Trilita, 2010) .....	17
Gambar 2. 7 Arah Aliran Air Pada Pertemuan Sungai dengan Sudut 30° (Trilita, 2010) .....	17
Gambar 2. 8 Memasukkan Data X,Y,Z dalam Aplikasi Surfer 10 .....	19
Gambar 2. 9 Tampilan Menu Grid.....	20
Gambar 2. 10 Menampilkan Hasil Kontur yang Diinginkan....	20
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian .....	23
Gambar 3. 2 Lokasi Sampling Boezem Morokrempangan ....	27
Gambar 3. 3 Transek Lokasi Sampling Persebaran Sedimen .....	27
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Debit Air Rata-Rata dan Waktu Pengukuran.....	35
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan <i>Total solid</i> dan Waktu Pengukuran .....	39
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan <i>Total solid</i> Sebelum dan Setelah Pengendapan dan Waktu Pengukuran Kali Purwodadi .....	41
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan <i>Total solid</i> Sebelum dan Setelah Pengendapan dan Waktu Pengukuran Kali Greges.....	42
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan <i>Total suspended solid</i> dan Waktu Pengukuran.....	45
Gambar 4. 6 <i>Mass Balance</i> dari Boezem Morokrempangan Sisi Selatan <i>Imhoff cone</i> .....	53
Gambar 4. 7 <i>Mass Balance</i> dari Boezem Morokrempangan Sisi Selatan .....	54
Gambar 4. 8 Lokasi Pengerukan Ketika Pengambilan Sampel Persebaran Sedimen .....	55

Gambar 4. 9 (a) Kondisi Aliran Air dan (b) Sedimen Boezem Morokrempangan di Bawah Tol .....	55
Gambar 4. 10 Grid Peta Kecepatan Aliran .....	57
Gambar 4. 11 Pengaruh Waktu Detensi (td) Terhadap Persentase Removal <i>Total suspended solid</i> pada Pengendapan Tipe I (Metcalf dan Eddy, 2014) .....	61
Gambar 4. 12 Akar Eceng Gondok (a) Kondisi Bersih (b) Setelah Menurunkan TSS dan Bahan Organik (Pujawati, 2006).....	73
Gambar 4. 13 Pembatas untuk Eceng Gondok di Danau Limboto (Rekomendasi Teknologi Kelautan dan Perikanan, 2014) .....	75
Gambar 4. 14 Peta Isokonsentrasi <i>Total suspended solid</i> 11 September 2017 .....	77
Gambar 4. 15 Peta Isokonsentrasi <i>Total suspended solid</i> 13 September 2017 .....	79
Gambar 4. 16 Peta Isokonsentrasi <i>Total suspended solid</i> 15 September 2017 .....	81
Gambar 4. 17 Kedalaman Boezem Morokrempangan 13 September 2017 .....	83
Gambar 4. 18 Kedalaman Boezem Morokrempangan 15 September 2017 .....	85
Gambar L. 1 Penampang Basah Saluran Kali Purwodadi .....	99
Gambar L. 2 Pengambilan Sampel Air .....	137
Gambar L. 3 Penimbangan Berat Awal Kertas Saring dengan Neraca Analitik .....	137
Gambar L. 4 Koordinat Titik Sampling Lapangan .....	137
Gambar L. 5 Pengukuran Luas Penampang Basah Saluran .....	137
Gambar L. 6 Pengukuran Endapan Lumpur dengan Imhoffcone.....	138
Gambar L. 7 Penyaringan <i>Total suspended solid</i> dengan Vacuum Pump.....	138
Gambar L. 8 Pengukuran Suhu Air di Saluran .....	138

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Koordinat Titik Sampling .....	28
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Debit Air Kali Purwodadi .....	34
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Debit Air Kali Greges .....	34
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Debit Air Outlet Boezem Morokrengan Sisi Selatan .....	34
Tabel 4. 4 Konsentrasi <i>Total solid</i> Inlet Kali Purwodadi .....	37
Tabel 4. 5 Konsentrasi <i>Total solid</i> Inlet Kali Greges .....	37
Tabel 4. 6 Konsentrasi <i>Total solid</i> Outlet Boezem Morokrengan Sisi Selatan .....	38
Tabel 4. 7 Konsentrasi <i>Total solid</i> Setelah Pengendapan (Ce) Kali Purwodadi.....	40
Tabel 4. 8 Konsentrasi <i>Total solid</i> Setelah Pengendapan (Ce) Kali Greges.....	41
Tabel 4. 9 Konsentrasi <i>Total suspended solid</i> Kali Purwodadi.....	43
Tabel 4. 10 Konsentrasi <i>Total suspended solid</i> Kali Greges .....	43
Tabel 4. 11 Konsentrasi <i>Total suspended solid</i> Outlet.....	44
Tabel 4. 12 Densitas Sedimen .....	50
Tabel 4. 13 Hasil PerhitunganKecepatan Aliran ( $V_r$ ) dan Waktu Tinggal Air Tiap Segmen (t) .....	57
Tabel 4. 14 <i>Specific Gravity</i> Sedimen Dasar Boezem Morokrengan Sisi Selatan .....	60
Tabel 4. 15 Volume Lumpur Hasil Analisa <i>Imhoff cone</i> .....	63
Tabel 4. 16 Volume Lumpur Tiap Transek.....	65
Tabel 4. 17 SVI Tiap Titik Sampling .....	67

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Prosdur Analisis Laboratorium.....	97
Lampiran B	Hasil Pengukuran Debit Air.....	99
Lampiran C	<i>Total solid</i> Awal (Co), <i>Total solid</i> Akhir (Ce) Dan <i>Total suspended solid</i> .....	121
Lampiran D	Hasil Pengukuran Imhoffcone Akumulasi Lumpur .....	127
Lampiran E	Hasil Pengukuran Persebaran Sedimen .....	129
Lampiran F	Hasil Pengukuran Kedalaman Boezem Morokrembangan.....	135
Lampiran H	Dokumentasi .....	137

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Boezem Morokrembangan merupakan salah satu Boezem terbesar di Surabaya. Boezem merupakan muara dari saluran drainase Surabaya yang juga memiliki fungsi sebagai pengendali banjir. Saat ini, Boezem mengalami pendangkalan yang diakibatkan oleh tingginya air limbah domestik yang di salurkan ke Boezem bersama dengan air drainase. Hal tersebut mengakibatkan Boezem Morokrembangan memiliki air yang berwarna hitam.

Boezem Morokrembangan ini memiliki daerah tangkapan 25% dari luas wilayah Surabaya dengan input yaitu Kali Greges, Kali Purwodadi dan Kali Pesapen. Kedua sungai tersebut telah ditetapkan menjadi Badan Air Kelas IV PP No.82/2001 yang tertuang dalam PERDA Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004. Sebagian besar air yang masuk kedalam Boezem merupakan air yang berasal dari air limbah domestik. Berdasarkan karakteristik air limbah pada umumnya, air limbah ini mengandung bahan organik yang tinggi. Hal tersebut sesuai dengan hasil COD pada Kali Greges, Kali Purwodadi dan outlet Boezem Morokrembangan yaitu 75,0 mg/L, 48,232 mg/L dan 45,137 mg/L (Hananta, 2010). Nilai COD tersebut telah melampaui baku mutu menurut Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 dengan batas COD yang diijinkan dalam 50 mg/L. Boezem Morokrembangan memiliki *self purification* dalam menurunkan beban organik yang masuk kedalam boezem. Pemurnian alami pada suatu badan air diindikasikan dengan adanya penurunan konsentrasi badan pencemar dari sumber menuju outlet itu sendiri (Ifabiyi, 2008).

Pertambahan penduduk kota Surabaya akan meningkatkan produksi air limbah sehingga jumlah sedimentasi di dalam Boezem Morokrembangan pun juga meningkat. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hartati (2012), kadar COD, TS dan TSS yang masuk ke Boezem Morokrembangan bagian selatan saat musim kemarau adalah 44,97 ton/hari, 233,815 ton/hari, dan 9,375 ton/hari. Saat musim hujan kadar COD, TS, dan TSS

mengalami peningkatan yaitu 115,17 ton/hari, 444,875 ton/hari, dan 24,98 ton/hari.

Kondisi air di Boezem Morokrempangan pada saat ini terutama sisi selatan sangat berbau dan berwarna hitam. Kondisi ini diakibatkan oleh pengendapan sedimen yang berasal dari air limbah domestik dari *catchment area* Boezem Morokrempangan. Sedimentasi yang berasal dari alga atau partikel diskrit akan mendangkalan Boezem dan mempengaruhi penurunan kadar air limbah (Mat, 2010). Dalam jangka panjang, efisiensi kerja Boezem dipengaruhi oleh akumulasi lumpur yang mengurangi volume efektif (Persson and Wittgren, 2003). Hal tersebut karena berkurangnya kapasitas tampung air akibat adanya sedimentasi dalam Boezem (Wulandari, 2007). Bahan-bahan pencemar dalam sumber-sumber air yang terlarut dalam partikel tersuspensi juga akan membahayakan ekosistem badan air (Moelyo, 2012).

Pengerukan yang dilakukan eksisting tidak dilakukan secara periodik (Satwika, 2012). Hal tersebut disebabkan oleh sedimen yang masuk ke dalam Boezem Morokrempangan tersebar merata ke seluruh area Boezem. Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan laju akumulasi lumpur yang masuk ke dalam Boezem Morokrempangan dan pemetaan sedimen yang terdapat pada Boezem Morokrempangan sisi Selatan. Pemetaan sedimen yang dilakukan menggunakan Surfer 10.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa laju akumulasi lumpur yang terjadi di Boezem Morokrempangan Sisi Selatan?
2. Bagaimana pemetaan persebaran sedimen di Boezem Morokrempangan Sisi Selatan ?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan laju akumulasi lumpur Boezem Morokrempangan Sisi Selatan.

2. Memetakan persebaran sedimen yang berada pada Boezem Morokrempangan Sisi Selatan.

#### 1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Lokasi studi adalah Boezem Morokrempangan Sisi Selatan.
2. Penelitian kualitas air dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Lingkungan ITS.
3. Penelitian ini dilakukan pada musim kemarau.
4. Sampel air yang digunakan adalah air limbah domestik perkotaan yang berasal dari Boezem Morokrempangan Sisi Selatan.
5. Parameter yang dianalisis selama penelitian antara lain :
  - a. Analisis *Total solid* (TS) dan *Total suspended solid* (TSS)
  - b. Analisis kecepatan pengendapan
  - c. Analisis laju akumulasi lumpur
6. Penelitian di lapangan meliputi pengukuran debit Boezem Morokrempangan yang dilakukan di inlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan yaitu Kali Greges dan Kali Purwodadi dan outlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan.
7. Variasi yang digunakan adalah :
  - a. Lokasi : lokasi ditetapkan yaitu 3 titik sampling, 2 berada pada inlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan yaitu Kali Greges dan Kali Pesapen dan 1 Outlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan untuk sampel analisa TSS, TS dan *Imhoff cone* untuk laju akumulasi lumpur. Sedangkan untuk pemetaan sedimen digunakan transek 100 m x 100 m pada Boezem Morokrempangan.
  - b. Waktu pengambilan sampel untuk analisa *Total solid*, *Total suspended solid* dan akumulasi lumpur yaitu pagi sekitar pukul 08.00 WIB, siang sekitar pukul 12.00 dan sore hari sekitar pukul 16.00 WIB. Sedangkan untuk sampel pemetaan sedimen diambil sekitar pukul 08.00 WIB 2 hari 1 kali selama 3 kali berturut-turut.

8. Pemetaan yang dilakukan merupakan pemetaan konsentrasi *Total suspended solid*.
9. Pemetaan sedimen Boezem Morokembangan Sisi Selatan menggunakan Surfer 10.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat penelitian ini antara lain :

1. Sebagai referensi data akumulasi lumpur dan persebaran sedimen yang masuk ke Boezem Morokembangan Sisi Selatan.
2. Sebagai rekomendasi pengelolaan Boezem Morokembangan Sisi Selatan dalam pengerukan sedimen yaitu berupa data persebaran sedimen.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

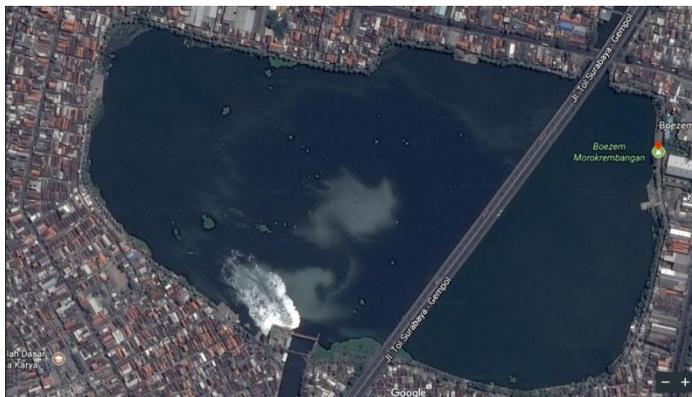
#### **2.1 Boezem Morokrembangan**

Boezem Morokrembangan merupakan bagian dari saluran drainase yang melayani daerah Surabaya Barat. Boezem ini memiliki 2 bagian yaitu bagian utara dan selatan. Boezem Morokrembangan bagian selatan memiliki luas  $\pm 37,6$  ha dan bagian utara  $\pm 41,58$  ha. Boezem Morokrembangan memiliki fungsi sebagai penampung air hujan dan penampung air limbah domestik yang langsung dibuang ke badan air. Boezem juga dapat diibaratkan sebagai reaktor alam atau kolam stabilisasi, dimana boezem memiliki kemampuan dalam menurunkan bahan pencemar yang masuk kedalamnya.

Tiga saluran drainase yang ditampung oleh Boezem Morokrembangan adalah Kali Greges, Kali Pesapen dan Kali Purwodadi. Kondisi masing-masing saluran drainase sebagai berikut :

- a. Kali Greges  
Kali Greges ini berada di sekitar daerah pemukiman dengan padat penduduk yaitu pemukiman daerah Asemworo dan Tambak Asri. Luas *catchment area* kali ini adalah 2325,72 ha. Kali ini memiliki saluran yang paling lebar diantara saluran lainnya yaitu pada muaranya 33 m. Permasalahan utama pada kali ini adalah sampah dan sedimentasi yang menumpuk.
- b. Kali Pesapen  
Kali Pesapen ini berada di Jl. Tanjung Sadari dan berada pada daerah pemukiman padat penduduk yaitu daerah Tanjungsari. Luas *catchment area* pada kali ini adalah 278,53 ha. Lebar saluran Kali Pesapen adalah 6,5 m. Permasalahan pada kali ini adalah buangan sampah, air limbah dan sedimentasi.
- c. Kali Purwodadi  
Kali Purwodadi ini berada di daerah pemukiman padat penduduk yaitu kelurahan Jepara dan Sedayu. Kali ini merupakan muara dari Sungai Jepara. Kali ini memiliki *catchment area* 87,89 ha dan lebar saluran 7,5 m.

Boezem Morokrempangan Sisi selatan memiliki 2 saluran inlet yaitu Kali Greges dan Kali Purwodadi dan Outlet dari Boezem Morokrempangan Sisi selatan adalah inlet dari Boezem Morokrempangan sisi utara. Untuk gambar Boezem Morokrempangan dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Boezem Morokrempangan Sisi Selatan (Google earth (2017)

Boezem Morokrempangan mengalami penyusutan luas yang diakibatkan oleh adanya sedimen dan eceng gondok yang berasal dari air limbah domestik. Berikut ini adalah data teknis Boezem Morokrempangan :

Tabel 2. 1 Data Teknis Boezem Morokrempangan

<b>Uraian</b>	<b>Boezem Sisi Utara</b>	<b>Boezem Sisi Selatan</b>	<b>Total</b>
<b>Luas awal</b>	45,10 Ha	39,60 Ha	84,70 Ha
<b>Luas sebelum ditangani</b>	41,58 Ha	37,38 Ha	78,96 Ha
<b>Penyusutan luas</b>	<b>7,8 %</b>	<b>5,61 %</b>	<b>6,78 %</b>
<b>Kapasitas awal</b>	956.340 m <sup>3</sup>	859.740 m <sup>3</sup>	1.816.080 m <sup>3</sup>
<b>Kapasitan sebelum ditangani</b>	415.790 m <sup>3</sup>	434.466 m <sup>3</sup>	850.256 m <sup>3</sup>
<b>Penyusutan kapasitas</b>	<b>56,52 %</b>	<b>49,47 %</b>	<b>53,18 %</b>

Sumber : PU Pematusan, 2007

Boezem Morokrempangan Sisi Selatan pada tahun 2007-2009 dilakukan pengerukan sedimen sejumlah 276.227 m<sup>3</sup>. Pada tahun 2009 dilakukan pengerukan Boezem Morokrempangan Sisi Utara 59.589 m<sup>3</sup> dan tahun 2012-2013 sebanyak 299.850 m<sup>3</sup> (PU Pematusan, 2007)

## **2.2 Definisi Sedimentasi**

Sedimentasi adalah terbawanya material hasil dari pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser ke suatu wilayah yang kemudian diendapkan (Wulandari, 2007). Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Sedimen terdiri dari partikel material padat mineral dan organik yang diangkut oleh aliran air (Asdak, 1995). Menurut Thomas dan Goudy (2000), sedimen merupakan partikel batuan atau mineral dan bahan biologis atau organik alam yang diangkut oleh air. Material tersebut diangkut oleh air dalam kondisi tersuspensi (terendap) pada dasar dari badan air. Padatan yang terendap tersebut dapat berupa pasir, kerikil dan lumpur (PIANC, 2002).

## **2.3 Karakteristik Lumpur**

Lumpur yang berasal dari air limbah domestik merupakan lumpur anaerobik. Lumpur tersebut berwarna coklat atau hitam dan mengandung kuantitas gas yang besar (Metcalf dan Eddy, 1991).

### **2.3.1 Zat Padat**

Padatan terjadi karena adanya zat-zat koloid yaitu zat yang terapung serta terurai secara halus. Hal itu disebabkan oleh kehadiran zat organik yang terurai halus seperti jasad-jasad renik, lumpur, tanah liat dan zat koloid-koloid yang serupa (Soemarwoto, 1984).

Zat pada total (*Total solid*) adalah semua zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana apabila sampel air dalam bejana dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat Total terdiri dari zat padat tersuspensi (*total suspended solid*) dan zat padat terlarut (*total dissolved solid*) (Metcalf dan Eddy, 2003).

### 2.3.2 Zat Padat Tersuspensi

TSS (*Total suspended solid*) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi didalam air berupa bahan-bahan organik dan inorganik yang dapat disaring dengan kertas Millipore berpori 0,45 µm (Huda, 2009)

### 2.3.1 Zat Padat Terlarut

Zat padat terlarut (*Total dissolved solid*) adalah zat padat yang lolos filter pada saat analisis zat padat tersuspensi. Larutan tersebut kemudian diuapkan pada suhu 105°C. Residu yang tertinggal pada zat padat terlarut yang merupakan garam-garam yang dahulu terlarut dan juga sedikit zat padat koloidal (Alaerts, 1987).

## 2.4 Akumulasi Lumpur

Metode perhitungan akumulasi lumpur menggunakan konsep neraca massa. Pendekatan fundamental untuk menunjukkan perubahan yang terjadi dalam suatu bejana atau tangki adalah *mass balance analysis*. Untuk proses non-nuklir, massa tidak dapat diciptakan maupun dihancurkan. Oleh karena itu, massa yang terakumulasi sama dengan aliran massa yang masuk dikurangi dengan massa yang dikonversi dikurangi dengan aliran massa yang keluar, atau sebagai berikut :

$$[\text{Akumulasi}] = [\text{input}] - [\text{penurunan karena reaksi}] - [\text{out}] \dots \dots \dots 2. 1$$

Komponen *mass balance* yang terjadi adalah :

$$dC_1V = Qc_0dt - Vr dt - QC_1dt \dots \dots \dots 2. 2$$

Dimana :

$dC_1$  = perubahan komponen A pada bejana, massa/volume

$V$  = volume bejana, volume

$Q$  = debit, volume/waktu

$C_0$  = konsentrasi awal, massa/volume

$C_1$  = konsentrasi akhir, massa/volume

$dt$  = kenaikan waktu, waktu

$r$  = laju reaksi komponen A, massa/volume-waktu

Apabila dicari perubahan  $C_1$  dalam reaktor dari waktu nol (0) ke beberapa waktu kemudian, seperti dari awal/nol ke hari berikutnya berurutan. Maka, persamaan *mass balance* menjadi :

$$dC_1V/dt = QC_0 - Vr - QC_1 \dots \dots \dots 2.3$$

Jika reaksi kesetimbangan adalah orde pertama,  $-r = kC_1$  maka kesetimbangan menjadi :

$$dC_1V/dt = QC_0 - (VKC_1) - QC_1 \dots \dots \dots 2.4$$

Dari persamaan (2.3) dan (2.4) dapat dilihat bahwa  $dC_1V/dt$  mewakili laju akumulasi dari komponen A dalam sistem.  $QC_0$  mewakili laju aliran komponen A yang masuk ke dalam sistem.  $Vr$  dan  $VkC_1$  mewakili laju perubahan komponen A dalam sistem dan  $QC_1$  mewakili laju aliran komponen A keluar dari sistem (Reynolds, 1993).

Pada kondisi *steady state*  $dC/dt = 0$  (Eckenfelder, 2000), maka:

$$0 = QC_0 - QC_1 - VKC_1 \text{ atau } 0 = Q(C_0 - C_1) - (k.C_1)V$$

$$C_0 = C_1(1+k)(V/Q)$$

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{1}{1+k.td} \dots \dots \dots 2.5$$

Dimana :

$K$  = Koefisien biodegradasi = (0,05 – 0,8)/hari

$td$  = waktu detensi

Harga  $k$  bergantung pada temperatur air, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$kT = 0,25 (1,06)^{T-20} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

T = suhu (°C)

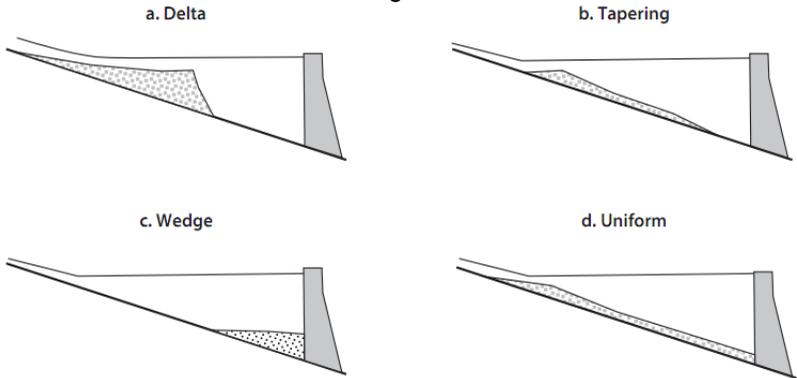
## 2.5 Mekanisme Pengendapan Sedimen

Sedimen dapat diangkut dengan 2 metode yaitu konvensional dan kerapatan sedimen. Arus kerapatan sedimen terjadi apabila sedimen yang diangkut merupakan sedimen yang memiliki kerapatan (*density*) lebih besar daripada air pada reservoir. Transportasi sedimen secara konvensional terjadi ketika terdapat turbulensi pada air. Sehingga, sedimen yang terbawa akan terdistribusi ke seluruh permukaan sedimen (Annandale, 2016).

Menurut Morris dan Fan (2008), terdapat 4 jenis pola pengendapan pada reservoir anantara lain sebagai berikut :

1. *Wedge-shaped deposits*  
Sedimen paling banyak berada di dekat outlet dan semakin ke arah hulu reservoir, sedimen semakin berkurang. Pola ini diawali dari pengangkutan sedimen halus menuju outlet. Pengendapan sedimen dengan pola ini biasanya terjadi pada reservoir kecil dengan aliran air yang didominasi oleh sedimen halus.
2. Pengendapan lonjong (*tapering deposits*)  
Pola pengendapan ini terjadi ketika sedimen yang mengendap semakin sedikit ke arah outlet. Pola pengendapan ini merupakan pola pengendapan yang umum pada reservoir yang panjang.
3. Pengendapan di delta (*delta deposits*)  
Adanya fraksi sedimen yang kasar pada inlet reservoir menyebabkan pola pengendapan di delta. Sedimen tersebut kemungkinan seluruhnya adalah partikel kasar yang juga mengandung sedimen halus atau lumpur.
4. Pengendapan seragam (*uniform deposits*)  
Pola pengendapan ini tidak umum terjadi pada reservoir. Ciri pengendapan ini terjadi pada reservoir kecil dengan level air yang sering berfluktuasi dan

kecilnya jumlah sedimen halus yang bisa membuat kedalaman reservoir seragam.

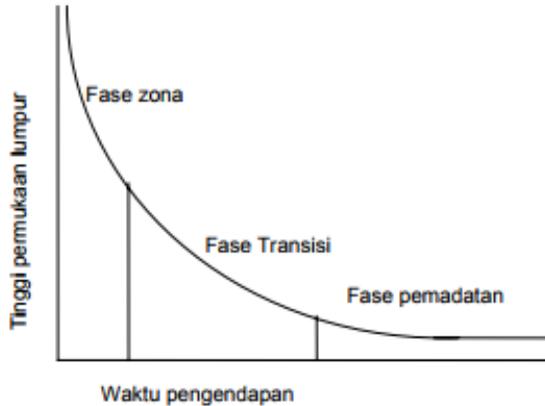


Gambar 2. 2 Pola Membujur Pengendapan Sedimen dalam Reservoir (Morris dan Fan, 1998)

Mekanisme pengendapan sedimen pada reservoir menurut Vanoni (2006), saat aliran masuk terjadi peningkatan kedalaman air dan penurunan kecepatan aliran. Hal tersebut menyebabkan kemampuan aliran air menjadi menghilang dan terendapnya sejumlah sedimen yang dibawa bersama aliran. Umumnya, pola pengendapan akan mengendapkan partikel kasar di area hulu reservoir yang bertahap dan membentuk delta.

Sementara partikel kasar mengendap pada area hulu reservoir. Pengendapan lumpur memiliki tahapan yang membentuk suatu pola secara kontinyu terhadap waktu. Pola pengendapan tersebut dapat digunakan untuk mempercepat penanggulangan apabila terjadi *bulking* (lumpur sulit mengendap) dan *carry over* (sebagian terbawa ke outlet) (Muhammad, 2007 dalam Riansoni, 2007). Salah satu alat untuk mengetahui proses pengendapan adalah *Imhoff cone*. *Imhoff cone* memiliki fungsi untuk mengukur volume lumpur yang mengendap dalam waktu tertentu (Alaerts, 1987). Penelitian pengendapan lumpur dengan *Imhoff cone* digunakan untuk menghubungkan volume lumpur yang mengendap pada 1 liter air dalam *Imhoff cone* setelah 30 menit waktu pengendapan (Sojka, 1992).

Menurut Eckenfelder (1989), terdapat 3 fase pengendapan yaitu fase zona, fase transisi dan fase pemadatan. Skema fase pengendapan dapat dilihat pada **Gambar 2.3**. Menurut Morris dan Fan (1998), pola pengendapan membujur dipengaruhi oleh geometri kolam, debit aliran, ukuran butiran reservoir dan pengoperasian reservoir.



Gambar 2. 3 Skema Umum Fase Pengendapan Lumpur Terflokulasi (Eckenfelder,1989)

## 2.6 Kecepatan Pengendapan

Pola pengendapan lumpur dapat diidentifikasi apabila diketahui kecepatan pengendapan lumpur. Kecepatan pengendapan lumpur tersebut dipengaruhi oleh faktor waktu dan konsentrasi lumpur (Riansoni, 2007).

Pada proses sedimentasi, ada berbagai macam cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan kecepatan pengendapan, antara lain :

### 1. Persamaan Stokes-Newton Law

Jika sebuah partikel turun di dalam fluida karena gaya gravitasi, maka kecepatan pengendapan akan tercapai apabila jumlah dari gaya friksi (*drag force*) dan gaya apung (*buoyancy*) sebanding dengan gaya gravitasi benda (Batchelor, 1967). Pada sebuah partikel yang mulai tenggelam, kecepatan turunnya partikel dinyatakan dalam persamaan 2.7.

$$V_s = \sqrt{\frac{4 g D_s(\rho_s - \rho)}{3 C_d \rho}} \dots\dots\dots 2. 7$$

Koefisien drag (Cd) merupakan fungsi dari *Reynold's number*. Untuk aliran laminer, harga Cd ditentukan melalui persamaan 2.8.

$$C_d = \frac{24}{Re} \dots\dots\dots 2. 8$$

Persamaan Reynolds number disajikan pada persamaan 2.9.

$$Re = \frac{\rho D_s v_s}{\mu} \dots\dots\dots 2. 9$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.8 dan 2.9 ke persamaan 2.7, maka akan diperoleh persamaan 2.10.

$$V_s = \sqrt{\frac{g D_s^2 (\rho_s - \rho)}{18 \mu}} \dots\dots\dots 2. 10$$

dimana  $V_s$  adalah kecepatan pengendapan, g adalah percepatan gravitasi,  $D_s$  adalah diameter partikel,  $\rho_s$  adalah densitas partikel,  $\rho$  adalah densitas cairan, dan  $\mu$  adalah viskositas cairan.

2. Persamaan Farag

Farag merumuskan suatu persamaan yang merupakan penyempurnaan dari persamaan Stokes-Newton Law (Farag, 1996). Persamaan Farag disajikan pada persamaan 2.11.

$$v = \frac{g d_p^2 (\rho_s - \rho_f) \epsilon f^2}{18 \mu f b} \dots\dots\dots 2. 11$$

dimana b adalah konstanta yang diperoleh dari persamaan 2.12.

$$b = 10^{1.82 (1 - \epsilon f)} \dots\dots\dots 2. 12$$

Dimana, v adalah kecepatan pengendapan, g adalah percepatan gravitasi,  $d_p$  adalah diameter partikel,  $\rho_s$  adalah densitas partikel,  $\rho$  adalah densitas cairan,  $\mu$  adalah viskositas cairan, f adalah fraksi folume cairan, dan  $\rho_s$  adalah densitas partikel.

3. Persamaan Fergusson-Church

Proses sedimentasi suatu partikel dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain diameter partikel, gravitasi, densitas, serta viskositas. Fergusson dan Church merumuskan (2004) menurunkan persamaan kecepatan sedimentasi dari Stokes Law dan Laminer Drag Law. Persamaan kecepatan pengendapan disajikan pada persamaan 2.13.

$$V_s = \frac{S_g D^2}{C_1 \mu_k + \sqrt{0,75 C_2 S_g D^3}} \dots\dots\dots 2. 13$$

Definisi dari gravitasi spesifik (S) disajikan pada persamaan 2.14.

$$S = \frac{\rho_s}{\rho} \dots\dots\dots 2. 14$$

Sedangkan definisi dari viskositas kinematis ( $\mu_k$ ) disajikan pada persamaan 2.15

$$\mu_k = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots 2. 15$$

Sehingga persamaan 2.14 dapat diatur ulang menjadi persamaan 2.16.

$$V_s = \frac{\rho_s g D^2}{C_1 \mu + \sqrt{0,75 C_2 \rho_s \rho g D^3}} \dots\dots\dots 2. 16$$

Data untuk C1 dan C2 disajikan pada **Tabel 2.2**.

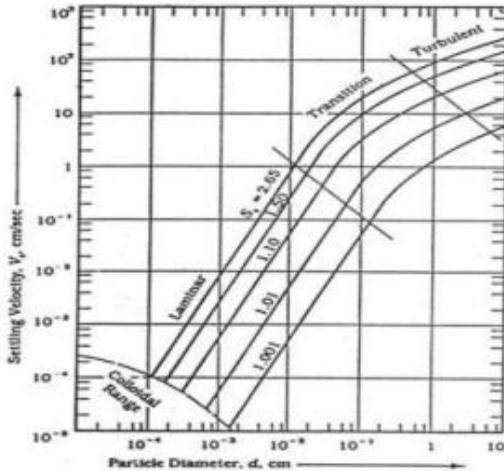
Tabel 2. 2 Konstanta Persamaan Fergusson-Church

Konstanta	Bola	Diameter Partikel	
		Ayakan	Nominal
C1	18	18	20
C2	0,4	1	1,1

Dimana,  $V_s$  adalah kecepatan pengendapan,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $D$  adalah diameter partikel,  $\rho_s$  adalah densitas partikel,  $\rho$  adalah densitas air, dan  $\mu$  adalah viskositas air.

4. Metode Grafik

Pada proses sedimentasi, salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan sedimentasi adalah *specific gravity* dan diameter partikel (Abuzar, 2010). Kecepatan pengendapan sebagai fungsi *specific gravity* dan diameter partikel dapat digambarkan dalam sebuah **Gambar 2.4**. Grafik kecepatan sedimentasi ditunjukkan pada **Gambar 2.4** dimana  $d$  adalah diameter partikel (cm),  $V_s$  adalah kecepatan pengendapan, dan  $S$  adalah *specific gravity*.



Gambar 2. 4 Grafik Kecepatan Sedimentasi (Abuzar,2010)

**2.7 Kecepatan Scouring ( $V_{sc}$ )**

Kecepatan *scouring* ( $V_{sc}$ ) digunakan untuk mengetahui terjadinya resuspensi (*scouring*) dari pengendapan partikel sedimen oleh kecepatan aliran. Kecepatan horizontal ( $V_h$ ) harus dijaga cukup rendah ( $V_{sc}$  lebih besar daripada  $V_h$ ) agar tidak terjadi resuspensi. Kecepatan *scouring* dapat dihitung dengan persamaan 2.17.

$$V_{sc} = \left( \frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana :

- k = konstanta berdasarkan material yang akan mengalami scoring ( $k = 0,04$  untuk susunan sedimen pasir tidak beraturan dan  $k = 0,06$  untuk susunan sedimen lebih padat).
- g = kecepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).
- s = *specific gravity*.
- d = diameter partikel.
- f = koefisien Darcy-Weisbach (umumnya  $0,02$  sampai  $0,03$ )

## 2.8 Pengerukan (*Dredging*)

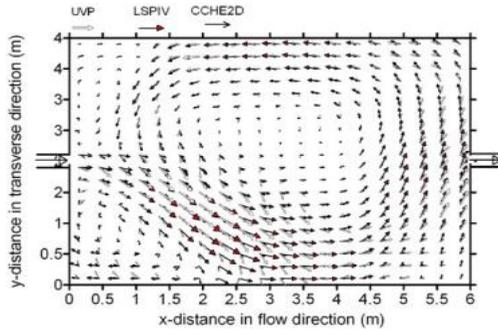
Pengerukan adalah pekerjaan perbaikan sungai terutama dalam masalah penggalan sedimen di bawah permukaan air dan dapat dilaksanakan baik dengan tenaga manusia maupun dengan alat berat (Andriawati, 2015). Menurut Yuwono dan Muhammad (2015), Pengerukan adalah mengambil tanah atau material dari lokasi didasar air, perairan dangkal seperti danau, sungai, muara ataupun laut dangkal, dan memindahkan atau membuangnya kelokasi lain.

Pengerukan merupakan penanganan sedimen yang memerlukan biaya mahal. Oleh karena itu pengerukan lebih efektif untuk dilakukan didekat pinggiran bendungan. Meskipun mahal, pengerukan secara mekanis memiliki biaya lebih murah dibandingkan dengan pengerukan secara hidrolis (Kondolf, 2014).

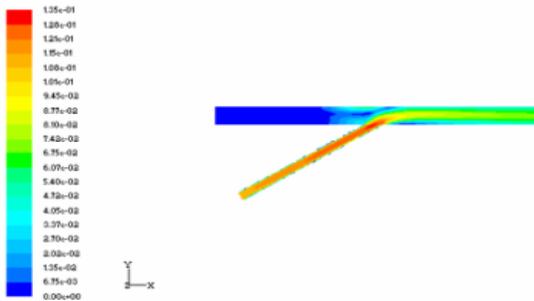
## 2.9 Pola Aliran dan Kecepatan Aliran

Pola aliran dalam penelitian Kantoush (2008) memprediksikan kondisi arah aliran dan kecepatan aliran pada reservoir dengan bentuk segi empat menggunakan UPV (*Ultrasonic Doppler Velocity Profiler*). LSPIV (*Large-Scale Particle Image Velocimetry*) dan numeric dengan CCHE2D yang kemudian *over lay* menjadi **Gambar 2.5**. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa aliran yang masuk kedalam *reservoir* berbentuk segi empat akan berbelok pada sebelah kanan kemudian sebagian akan keluar menuju outlet dan sebagian akan berputar

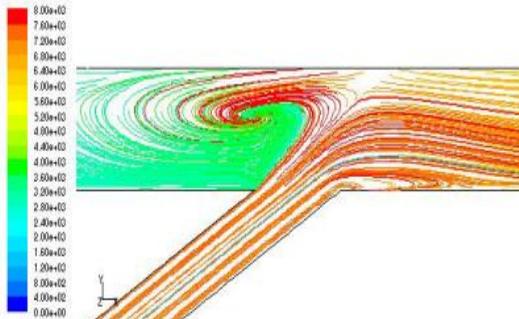
berlawanan dengan arah jarum jam pada *reservoir* tersebut



Gambar 2. 5 Arah dan Kecepatan Aliran Pada Reservoir Berbentuk Segi Empat (Kantoush, 2008)



Gambar 2. 6 Kecepatan Aliran Air (Trilita, 2010)



Gambar 2. 7 Arah Aliran Air Pada Pertemuan Sungai dengan Sudut 30° (Trilita, 2010)

Trilita (2010) juga memprediksikan arah aliran air dan kecepatan aliran pada pertemuan sungai pada sudut 30° dengan input aliran yang berasal dari 1 aliran saja seperti pada **Gambar 2.6** dan **2.7**. Pada gambar tersebut aliran air sebagian akan berbelok ke arah kanan dan sebagian akan berbelok ke arah kiri kemudian berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Kecepatan aliran akan berkurang ketika berbelok ke arah kanan dan kecepatan rendah terdapat pada bagian kiri.

## **2.10 Penelitian Terdahulu**

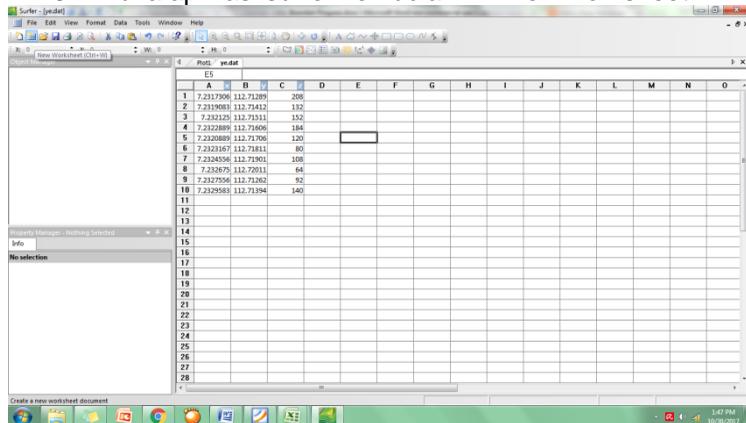
Ada beberapa studi terdahulu yang dilakukan di Boezem Morokrempangan dan memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan antara lain :

- a. Hasriyani (2010), konsentrasi TS dan TSS yang masuk ke dalam Boezem Morokrempangan bagian selatan mengalami fluktuasi pada musim kemarau yaitu kisaran 412 sampai 868 mg/l dan 19,74 sampai 281,01 mg/l. Nilai tertinggi TS dan TSS ditemukan pada Kali Greges. Boezem Morokrempangan memiliki kemampuan untuk menurunkan beban pencemar TS dan TSS yaitu 19,22% dan 14,23%.
- b. Septiana (2011), uji pengendapan lumpur di laboratorium menggunakan *Imhoff cone* diperoleh akumulasi *Total solid* (TS) di Boezem Morokrempangan Sisi Selatan adalah 21.937,45 m<sup>3</sup>/tahun. Pada tahun 1997, Boezem Morokrempangan Sisi Selatan pernah dilakukan : Volume pengerukan sedimen adalah 766.276,355 m<sup>3</sup> dan setelah dikeruk volume sedimen di Boezem mencapai 965.439,575 m<sup>3</sup>.
- c. Mangisu (2008), memperkirakan kapasitas daya tampung, timbunan sampah dan *cross section* berdasarkan data hidrograf *inflow* dan didapatkan perkiraan sedimen rata-rata sebesar 599.500,308 m<sup>3</sup>/tahun.

## 2.11 Software Surfer 10

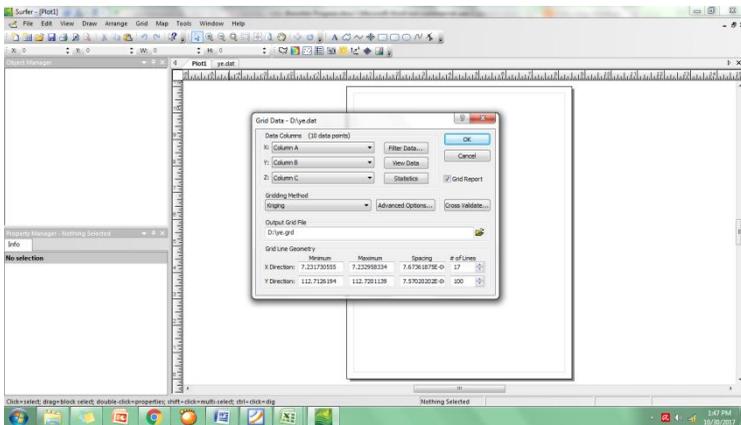
Surfer adalah program aplikasi pemetaan berbasis grid yang ada sejak tahun 1984. Aplikasi ini menginterpolasikan XYZ yang tidak beraturan kedalam grid dengan spasi secara teratur. Berbagai jenis peta termasuk kontur, vector, gambar, relief, permukaan 3D dan lain-lain dapat dibuat dengan aplikasi ini (Golden Software, 2011). Langkah – langkah dalam menggunakan aplikasi ini adalah :

1. Mengubah data koordinat titik X dan Y menjadi desimal.
2. Memasukkan data hasil (Z) ke dalam worksheet
3. Buka aplikasi surfer kemudian klik new worksheet.



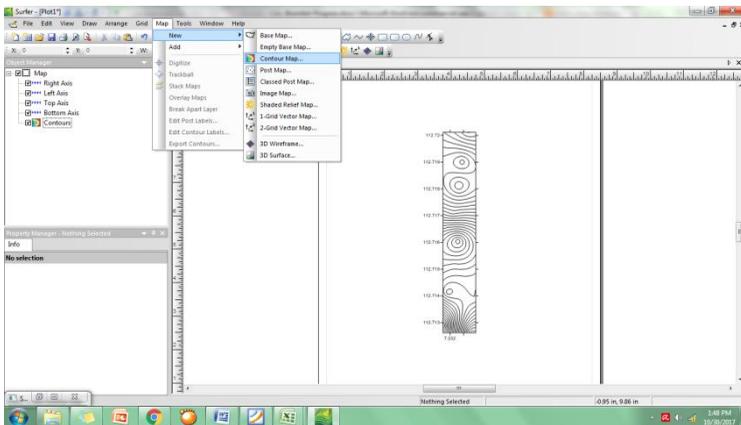
Gambar 2. 8 Memasukkan Data X,Y,Z dalam Aplikasi Surfer 10

4. Masukkan data yang diinginkan dan simpan data dengan format dat.
5. Pilih menu grid, kemudian pastikan data telah telah terbaca seluruhnya dalam aplikasi dan klik OK.



Gambar 2. 9 Tampilan Menu Grid

6. Lihat hasil gambar dengan cara pilih menu map dan pilih new contour map.



Gambar 2. 10 Menampilkan Hasil Kontur yang Diinginkan

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju akumulasi lumpur dan pemetaan persebaran sedimen Boezem Morokrengangan sisi Selatan dengan Surfer 10. Penelitian ini dilakukan di lapangan dan laboratorium. Penelitian lapangan berupa pengukuran debit dan pengukuran dimensi Boezem. Sedangkan penelitian laboratorium berupa analisa TS dan TSS, dan laju akumulasi lumpur.

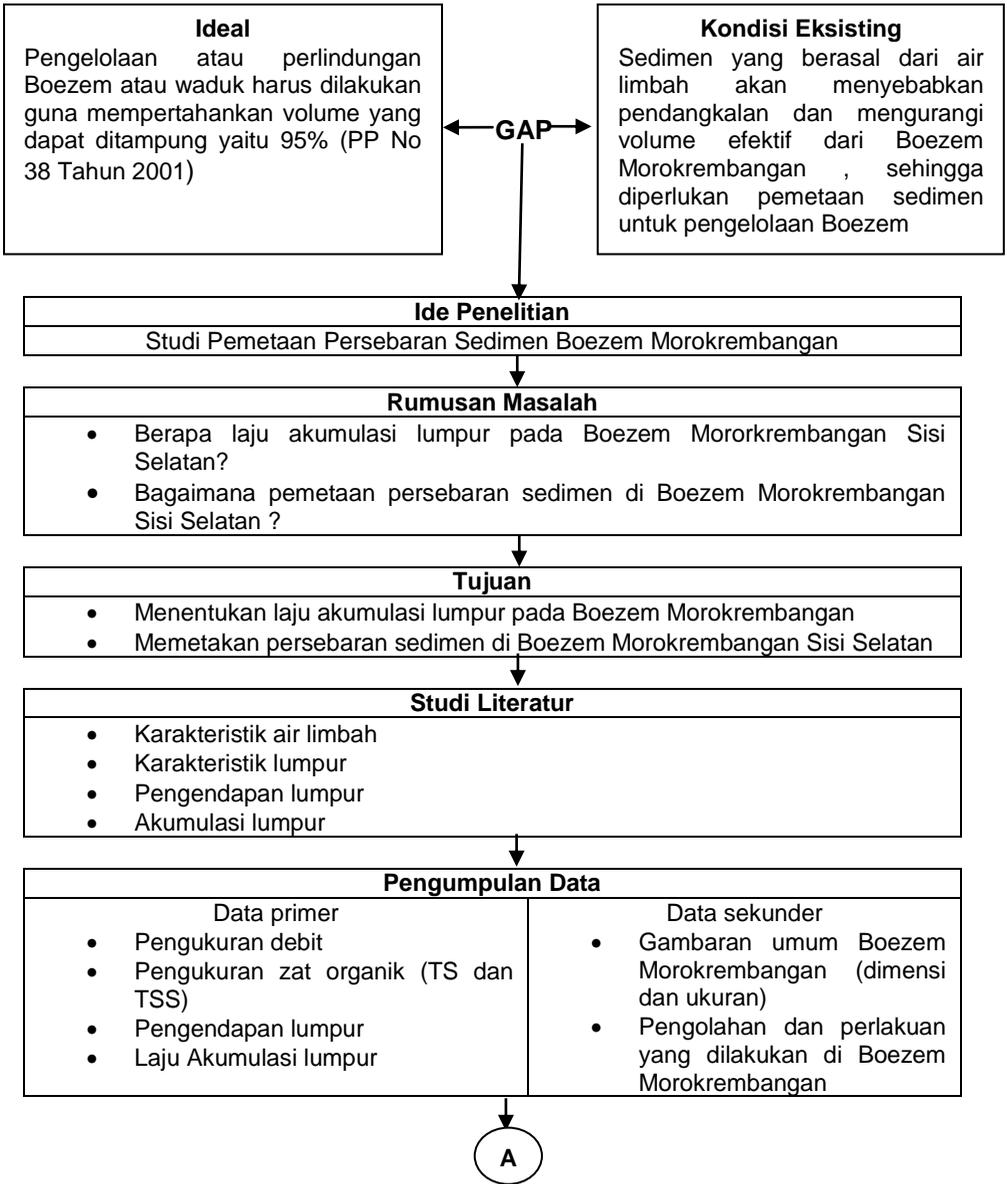
Kerangka penelitian yang digunakan adalah merumuskan ide studi, melakukan peninjauan pada pustaka yang ada, melakukan penelitian, membahas hasil penelitian dan menarik kesimpulan. Penyusunan kerangka penelitian ini disusun dengan tujuan :

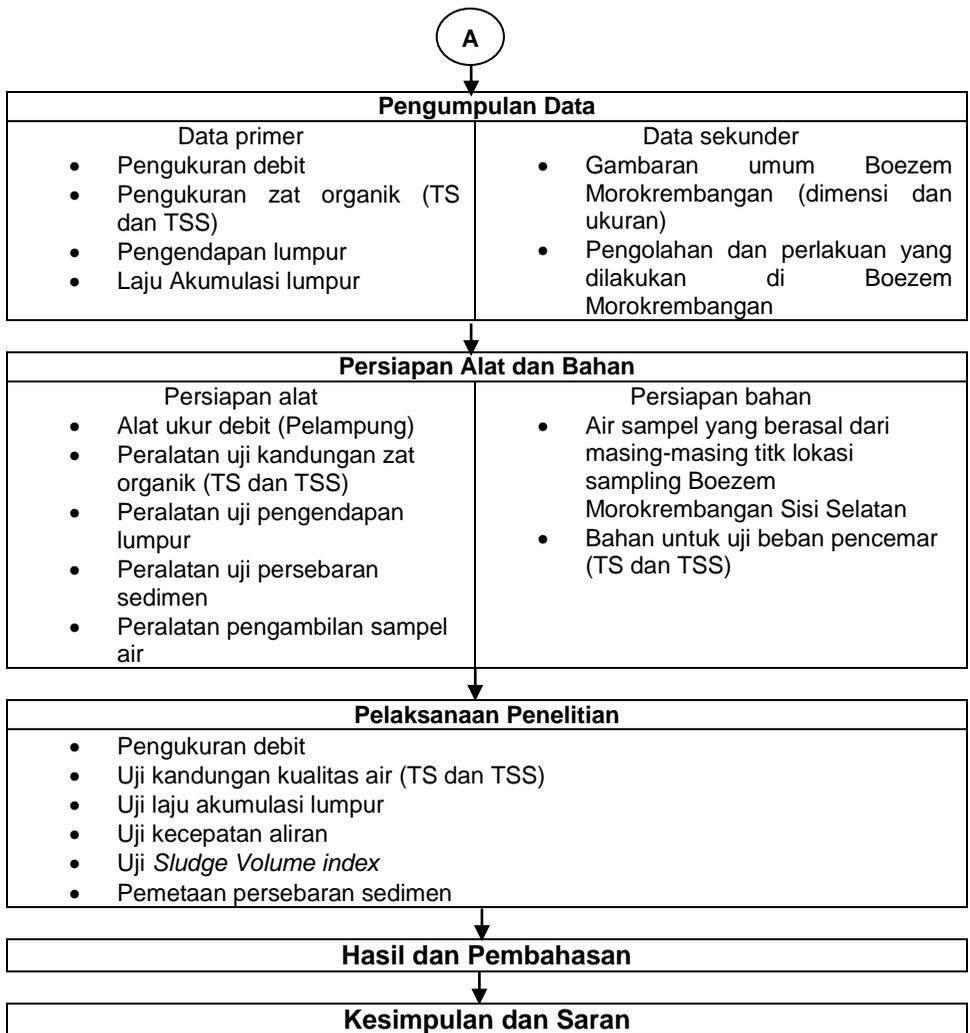
1. Mengetahui tahap-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian.
2. Mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian demi tercapainya tujuan penelitian.
3. Mengurang dan mencegah terjadinya kesalahan-kesalahan selama melakukan penelitian.

Kerangka penelitian dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1

#### **3.2 Ide Penelitian**

Ide tugas akhir ini berasal dari kondisi eksisting Boezem Morokrengangan sisi Selatan yaitu terjadi pendangkalan akibat adanya sedimen atau padatan. Keadaan ini secara langsung mempengaruhi Boezem Morokrengangan Sisi Selatan yaitu penurunan daya tampung di Boezem tersebut. Sedimen yang dihasilkan juga menyebar ke segala sisi Boezem Morokrengangan, oleh karena itu diperlukan akumulasi lumpur dan pemetaan sedimen untuk mengetahui persebaran sedimen yang berada pada Boezem Morokrengangan sisi selatan.





Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari artikel-artikel yang menunjang penelitian dari sumber-sumber yang ada (*textbook*, jurnal penelitian, internet, dan sebagainya). Data-data tersebut dapat berupa pustaka tentang karakteristik air

limbah, karakteristik lumpur, pengendapan lumpur, akumulasi lumpur, dan proses penurunan beban pencemar.

### 3.4 Pengumpulan Data

#### 3.4.1 Data Primer

Data-data primer pada penelitian ini diperoleh dari analisa laboratorium. Data primer tersebut dijabarkan sebagai berikut :

- a. Pengamatan di lokasi studi
  - Kondisi Boezem Morokrempangan bagian selatan melalui pengamatan lapangan dengan tujuan mengetahui permasalahan yang terjadi secara langsung, mengetahui pola aliran air, dan mengetahui lokasi-lokasi pengendapan sedimen.
  - Kondisi Kali Greges dan Kali Pesapen yang bermuara pada Boezem Morokrempangan Sisi Selatan
- b. Pengukuran di lokasi studi
  - Luas penampang basah meliputi lebar dan kedalaman air dalam masing-masing yang dibutuhkan dalam perhitungan debit airan.
  - Koordinat titik sampling agar data dapat diverifikasi jika terdapat penelitian lanjutan.
  - Kecepatan aliran air yang akan digunakan untuk menentukan debit air dalam Boezem.
  - Sampel air yang berada pada 2/3 kedalaman Boezem Morokrempangan.
- c. Analisis laboratorium
  - Pengukuran kualitas air (TS dan TSS) untuk mengetahui jumlah zat organik yang terdapat pada air di Boezem Morokrempangan.
  - Laju akumulasi lumpur dengan menggunakan *Imhoff cone*, untuk mengetahui volume lumpur yang diendapkan dalam waktu tertentu.

#### 3.4.1 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini adalah :

- a. Gambaran umum Boezem Morokrempangan berupa luas area yang diperoleh dari Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya.
- b. Pengolahan dan perlakuan eksisting di Boezem Morokrempangan Sisi Selatan yang diperoleh dari Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya.

### 3.5 Persiapan Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan alat

- Peralatan untuk pengambilan sampel
  - Jerigen 10 L digunakan untuk tempat menaruh sampel yang akan diambil dari Boezem Morokrempangan dalam jumlah banyak.
  - Botol digunakan untuk tempat menaruh sampel yang akan di ambil dari Boezem Morokrempangan.
- Peralatan untuk pengukuran debit
  - Pelampung digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air.
  - Rol pengukur digunakan untuk alat pengukur lebar saluran.
- Peralatan analisa *total solid* dan *total suspended solid*
  - *Furnace* dengan suhu 550° C untuk proses pembakaran zat-zat organis seperti bakteri atau mikroorganisme lain yang akan memungkinkan masuk pada sampel pada saat analisis karena dapat mengganggu hasil analisis.
  - Oven dengan suhu 105° C untuk mengeringkan peralatan, lumpur, dan sebagainya dengan tujuan menghilangkan kadar air yang terdapat pada sampel.
  - Cawan porselin sebagai tempat untuk meletakkan sampel air yang akan dianalisis.
  - Neraca analitik untuk menimbang berat sampel sebelum dan sesudah analisis.

- Desikator sebagai tempat untuk menstabilkan suhu sampel dengan suhu ruangan setelah pemanasan dalam oven.
- *Vacuum Filter* sebagai alat penyaring padatan tersuspensi dan cairan.
- Kertas saring Whatman sebagai tempat untuk menyaring *suspended solid* bersamaan dengan penggunaan *vacuum filter*.
- Peralatan pengendapan lumpur
  - *Imhoff cone* sebagai wadah untuk mengetahui laju sedimentasi dari lumpur pada air Boezem Morokrempangan.
  - Pengaduk.
  - *Stopwatch*.
  - Tempat tabung sebagai tempat untuk berdirinya tabung.

### 3.5.2 Persiapan bahan

- Air sampel yang akan dianalisis adalah air yang berasal dari Boezem Morokrempangan sisi Selatan.

## 3.6 Pelaksanaan Penelitian

### 3.6.1 Lokasi sampling

Penelitian ini menggunakan analisis *Total solid*, *Total suspended solid*, pola aliran, dan akumulasi lumpur. Penentuan lokasi sampling untuk analisa laju akumulasi lumpur yaitu 2 titik pada inlet Boezem yaitu Kali Greges dan Kali Purwodadi dan outlet Boezem Morokrempangan sisi Selatan. Hal tersebut didasarkan untuk pengukuran sedimen atau endapan yang berada pada Boezem Morokrempangan. Pembagian lokasi sampling selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

Waktu yang digunakan dalam pengambilan air sampel analisis *Total solid*, *Total suspended solid*, dan akumulasi lumpur adalah 3 kali sehari selama 7 hari berturut-turut. Rincian waktu yang digunakan dalam

pengambilan sampel yaitu pada pagi hari sekitar pukul 08.00, siang hari sekitar pukul 12.00, dan sore sekitar pukul 16.00 WIB. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi adanya debit yang fluktuatif.

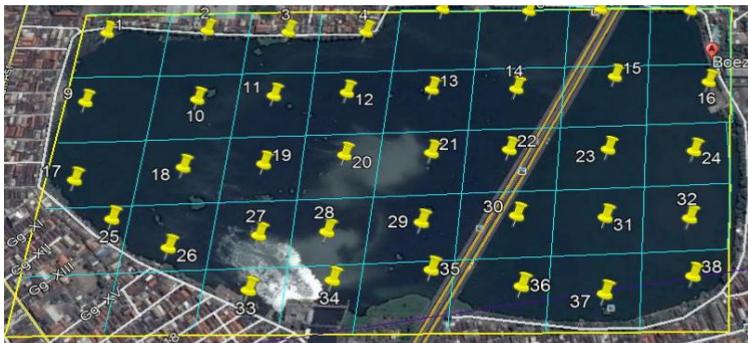


Gambar 3. 2 Lokasi Sampling Boezem Morokrempangan

Keterangan Gambar:

- Titik 1 : Inlet Boezem Morokrempangan (Kali Greges)
- Titik 2 : Inlet Boezem Morokrempangan (Kali Purwodadi)
- Titik 3 : Outlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan

Lokasi sampling untuk pemetaan persebaran sedimen dilakukan dengan menggunakan transek 100 m x 100 m, dengan titik-titik lokasi yang dapat dilihat pada **Gambar 3.3**. Waktu pengambilan sampel untuk persebaran sedimen dilakukan 2 hari 1 kali selama 3 kali berturut-turut.



Gambar 3. 3 Transek Lokasi Sampling Persebaran Sedimen

Tabel 3. 1 Koordinat Titik Sampling

No	Garis Lintang	Garis Bujur	No	Garis Lintang	Garis Bujur
1	7°13'54.23"S	112°42'46.42"T	20	7°14'2.67"S	112°42'56.11"T
2	7°13'54.87"S	112°42'50.83"T	21	7°14'3.22"S	112°42'59.72"T
3	7°13'55.65"S	112°42'54.39"T	22	7°14'3.65"S	112°43'2.97"T
4	7°13'56.24"S	112°42'57.81"T	23	7°14'4.35"S	112°43'7.07"T
5	7°13'55.52"S	112°43'1.40"T	24	7°14'5.10"S	112°43'10.60"T
6	7°13'56.34"S	112°43'5.21"T	25	7°14'4.14"S	112°42'46.48"T
7	7°13'56.84"S	112°43'8.43"T	26	7°14'5.92"S	112°42'48.69"T
8	7°13'57.63"S	112°43'12.41"T	27	7°14'5.96"S	112°42'52.27"T
9	7°13'57.92"S	112°42'45.43"T	28	7°14'6.27"S	112°42'54.99"T
10	7°13'58.64"S	112°42'50.18"T	29	7°14'6.52"S	112°42'58.81"T
11	7°13'59.03"S	112°42'53.45"T	30	7°14'6.90"S	112°43'2.67"T
12	7°13'59.41"S	112°42'56.58"T	31	7°14'7.61"S	112°43'6.21"T
13	7°13'59.91"S	112°43'0.23"T	32	7°14'8.27"S	112°43'9.57"T
14	7°14'0.55"S	112°43'3.85"T	33	7°14'8.40"S	112°42'51.69"T
15	7°14'0.65"S	112°43'8.22"T	34	7°14'8.53"S	112°42'54.97"T
16	7°14'1.68"S	112°43'12.17"T	35	7°14'8.77"S	112°42'58.88"T
17	7°14'1.94"S	112°42'44.98"T	36	7°14'10.13"S	112°43'2.26"T
18	7°14'2.10"S	112°42'49.43"T	37	7°14'11.05"S	112°43'5.40"T
19	7°14'2.52"S	112°42'52.74"T	38	7°14'10.90"S	112°43'9.01"T

### 3.6.2 Pelaksanaan lapangan

Pelaksanaan penelitian yang dilakukan di lapangan antara lain yaitu pengukuran debit dan pengambilan sampel. Pengukuran debit dilakukan untuk mendapatkan data akurat dan sesuai dengan kondisi eksisting dari debit air di Boezem Morokrengan sisi Selatan.

Pada pengukuran debit dibagi menjadi 2 tahap yaitu pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang basah. Berikut ini merupakan langkah-langkah masing-masing pengukuran :

- Luas penampang basah  
Mekanisme pengukuran kedalaman air meliputi hal-hal berikut :
  1. Membagi penampang melintang sungai atau saluran menjadi beberapa bagian.
  2. Dengan menggunakan alat pengukur kedalaman, diukur kedalaman saluran hingga mencapai dasar. Kemudian dari hasil tersebut dicatat angka yang didapatkan.
  3. Dari beberapa bagian penampang melintang sungai atau saluran, dihitung kedalaman rata-ratanya.
- Kecepatan aliran  
Mekanisme pengukuran kecepatan aliran meliputi hal-hal berikut :
  1. Memilih lokasi pengukuran pada bagian sungai atau saluran yang relatif lurus dan tidak terdapat banyak pusaran air.
  2. Membagi penampang melintang sungai atau saluran menjadi beberapa bagian.
  3. Dengan menggunakan pelampung berdasarkan SNI 8066 2015, mengukur kecepatan aliran. Kemudian debit didapatkan dengan persamaan sebagai berikut :
 
$$Q = A \times v \dots\dots\dots 3.1$$
 Dimana : Q = Debit (m<sup>3</sup>)  
           A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)  
           V = Kecepatan aliran (m/s)

Pengambilan sampel persebaran sedimen dilakukan pada 38 titik sesuai dengan koordinat pada Tabel 3.1. Berdasarkan PU (2007), pengerukan yang dilakukan pada tahun 1997 menjadikan volume Boezem Morokrengan mencapai 965439,575 m<sup>3</sup> dan Satwika (2012) debit yang masuk ke Boezem Morokrengan Sisi Selatan 5,73 m<sup>3</sup>/detik. Pengambilan sampel untuk persebaran sedimen dilakukan dengan waktu 2 hari sekali berdasarkan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Volume} \cdot t_d \\
 5,73 &= 965439,575 \times t_d \\
 t_d &= 46,8 \text{ jam} &= 1,95 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan waktu tingga air di Boezem Morokrempangan Sisi Selatan adalah 1,95 hari. Sehingga dalam melakukan pengambilan sampel air untuk persebaran sedimen.

### 3.6.3 Pengambilan sampel

Pengambilan sampel pada analisis *Total solid*, *Total suspended solid*, Akumulasi Lumpur, dan kecepatan pengendapan diambil berupa air dan sedikit lumpur yang terbawa. Air sampel ini diambil pada pagi hari sekitar pukul 08.00, siang hari sekitar pukul 12.00, dan sore sekitar pukul 16.00 WIB selama 7 hari berturut-turut. Pemilihan waktu tersebut berdasarkan atas fluktuasi debit puncak yang dihasilkan di Boezem Morokrempangan Sisi Selatan. Pengambilan air sampel ini dilakukan di 3 titik yang sudah ditentukan pada kedalaman 2/3 dari kedalaman Boezem. Hal itu dilakukan agar sampel air yang didapatkan mewakili karakteristik air secara keseluruhan. Berikut ini akan disajikan kondisi alam saat pengambilan sampel :

1. Tanggal 20 September hingga 23 September dan 26 September 2017 Boezem Morokrempangan tidak mengalami hujan.
2. Tanggal 24 September dan 25 September 2017 terjadi hujan pada sore hari.

### 3.6.4 Pelaksanaan laboratorium

Analisis yang dilakukan dilaboratorium terkait dengan penelitian untuk menentukan beban pencemar dan pengendapan lumpur antara lain :

a. Analisa *Total solid* (TS)

Analisa TS dilakukan berdasarkan *Standard Methods Section 2540-B*, dengan metode *Total solid Dried* pada 103<sup>o</sup>-105<sup>o</sup> C (APHA, 2005).

b. Analisa *Total suspended solid* (TS)

Analisa *total solid* berdasarkan *Standard Methods Section 2540-D* dengan metode *Total suspended solid Dried* pada 103°-105° C (APHA, 2005).

c. Analisa Pengendapan Lumpur

Pengendapan lumpur termasuk dalam serangkaian analisis *total solid* yang menggunakan *Imhoff cone*. Analisa pengendapan lumpur ini bertujuan untuk mengetahui volume lumpur yang dihasilkan. Analisis ini dilakukan dengan cara mengamati lumpur yang mengendap dengan menentukan waktu yaitu selama 30 menit. Sehingga setelah 30 menit dilakukan analisis *total solid* yang berdasarkan *Standard Methods Section 2540-B*, dengan metode *Total solid Dried* pada 103°-105° C. Hasil dari analisis tersebut merupakan konsentrasi pengendapan (ce) yang diasumsikan sebagai konsentrasi outlet. Untuk perhitungan jumlah endapan yang telah mengendap yaitu digunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{(Co.Qo - Ce.Qe)}{Co.Qo} \times 100 \% \dots\dots\dots 3. 2$$

Dimana :

- R = Persentase yang mengendap didalam Boezem Morokreimbangan (%)
- Co = Konsentrasi nilai awal *Total solid* uang masuk ke dalam Boezem Morokreimbangan (mg/l)
- Qo = Debit awal yang masuk ke dalam Boezem Morokreimbangan (m<sup>3</sup>)
- Ce = Konsentrasi nilai akhir *Total solid* uang masuk ke dalam Boezem Morokreimbangan (mg/l)
- Qe = Debit awal yang masuk ke dalam Boezem Morokreimbangan (m<sup>3</sup>).

### 3.7 Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data dari hasil laboratorium kemudian dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- a. Akumulasi Lumpur
- b. Kecepatan Pengendapan  
Kecepatan pengendapan dapat dihitung dengan persamaan 2.16.
- c. Pemetaan persebaran sedimen dengan menggunakan surfer 10
- d. Analisa Besarnya Sedimen yang Mengendap.

### **3.8 Kesimpulan dan Saran**

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasan dan jawaban dari rumusan masalah penelitian. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran Debit

Pengukuran debit ini dilakukan untuk mengetahui besar air yang masuk dan keluar dari Boezem Morokrempangan. Pengukuran debit ini berdasarkan SNI 8066 2015 dengan menggunakan alat pelampung. Alat tersebut digunakan untuk mengetahui kecepatan aliran pada saluran. Pengukuran debit ini dilakukan di tiga titik yaitu Inlet Kali Purwodadi, Inlet Kali Greges dan Outlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan. Pengukuran debit pada inlet Kali Greges dan Kali Purwodadi dilakukan pada lokasi sebelum *barscreen* dan outlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan dilakukan sebelum pintu air. Pada saat pengukuran debit pompa tidak dijalankan karena pompa hanya beroperasi ketika musim hujan.

Pengukuran debit ini dilakukan pada tanggal 20 sampai 26 September 2017 pada pagi hari dengan range waktu 07.00 – 09.00 WIB, siang hari dengan range waktu 11.00 – 13.00 dan sore hari dengan range waktu 15.00 – 17.00. Pada tanggal 20 sampai 23 September dan 26 September tidak terjadi hujan. Akan tetapi pada tanggal 24 dan 25 September terjadi hujan pada saat sore hari. Pengukuran debit air bertujuan untuk mengetahui fluktuasi debit yang masuk ke Boezem Morokrempangan. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung debit :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots 4. 1$$

dimana : A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)  
V = kecepatan aliran air (m/detik)

Koreksi alat pelampung sebesar 0,95 sehingga debit air sesungguhnya adalah 0,95 x Qhitung. Hasil pengukuran debit pada Inlet Kali Purwodadi, Inlet Kali Greges dan Outlet Boezem Morokrempangan pada **Tabel 4.1**, **Tabel 4.2** dan **Tabel 4.3** berikut ini. Hasil pengukuran debit dan contoh perhitungan debit dapat dilihat pada **Lampiran B**.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Debit Air Kali Purwodadi

Tanggal	Waktu Pengukuran		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	0,14	0,09	0,30
21-Sep-17	0,15	0,16	0,16
22-Sep-17	0,08	0,17	0,25
23-Sep-17	0,25	0,17	0,21
24-Sep-17	0,15	0,11	0,14
25-Sep-17	0,28	0,37	0,41
26-Sep-17	0,22	0,15	0,37
<b>Rata-Rata</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,26</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Debit Air Kali Greges

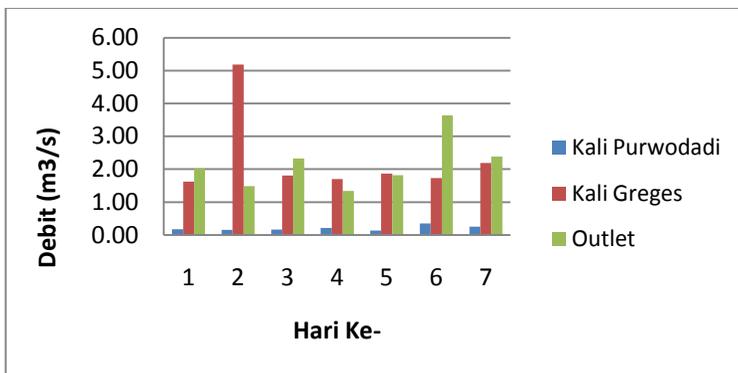
Tanggal	Waktu Pengukuran		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	1,62	1,57	1,67
21-Sep-17	4,97	1,71	8,88
22-Sep-17	2,31	1,12	2,00
23-Sep-17	1,70	1,89	1,51
24-Sep-17	1,85	2,32	1,43
25-Sep-17	1,22	1,04	2,93
26-Sep-17	2,12	1,73	2,72
<b>Rata-Rata</b>	<b>2,25</b>	<b>1,63</b>	<b>3,02</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>1,25</b>	<b>0,44</b>	<b>2,65</b>

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Debit Air Outlet Boezem Morokrempangan Sisi Selatan

Tanggal	Waktu Pengukuran		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	3,08	2,03	0,96

Tanggal	Waktu Pengukuran		
	Pagi	Siang	Sore
21-Sep-17	2,04	1,32	1,09
22-Sep-17	4,09	0,81	2,08
23-Sep-17	1,66	1,46	0,88
24-Sep-17	1,67	2,65	1,14
25-Sep-17	4,24	3,08	3,60
26-Sep-17	3,18	0,93	3,04
Rata-Rata	2,85	1,75	1,83
Standar Deviasi	1,09	0,87	1,11

Dari ketiga pengukuran waktu debit air pada tiap-tiap saluran, kemudian dibuat grafik hubungan antara debit dan waktu pengukuran untuk mengetahui fluktuasi debit air sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Debit Air Rata-Rata dan Waktu Pengukuran

Dari **Gambar 4.1** dapat diketahui bahwa debit air pada Kali Purwodadi, Kali Greges dan Outlet mengalami fluktuatif dan tidak beraturan. Debit yang masuk ke Kali Greges dan Kali Purwodadi dipengaruhi oleh banyaknya sampah yang terbawa oleh aliran air, semakin sedikit sampah yang diangkut

pada aliran akan mempercepat kecepatan aliran air (Hasriyani, 2010). Debit rata-rata tiap saluran dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Debit tiap saluran} = \frac{\text{debit pagi} + \text{debit siang} + \text{debit sore}}{3} \dots\dots\dots 4.2$$

$$\text{Debit Kali Purwodadi} = (0,18 + 0,18 + 0,26) : 3 = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Debit Kali Greges} = (2,25 + 1,63 + 3,02) : 3 = 2,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Debit Outlet} = (2,85 + 1,75 + 1,83) : 3 = 2,14 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debit rata-rata tiap hari pada inlet Kali Purwodadi, Kali Greges dan Outlet Boezem Morokrengan Sisi Selatan adalah 0,21 m<sup>3</sup>/s, 2,3 m<sup>3</sup>/s, dan 2,14 m<sup>3</sup>/s. Hasil pengukuran tersebut berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasriyani (2010) yaitu debit Kali Purwodadi dan Kali Greges pada saat musim kemarau adalah 0,51 m<sup>3</sup>/s dan 3,64 m<sup>3</sup>/s.

Debit hasil pengukuran pada dua saluran yaitu inlet Kali Purwodadi dan inlet Kali Greges lebih besar dibandingkan outlet. Hal itu disebabkan terjadinya evaporasi (transpirasi) dan infiltrasi dalam tanah. Evaporasi (transpirasi) adalah air yang berada dala Boezem menguap ke atmosfer dan kemudian akan menjadi awan dan infiltrasi dalam tanah merupakan pergerakan air yang memasuki pori-pori tanah dan batuan karena aksi kapiler (Rahman, 2008).

#### 4.2 Akumulasi Lumpur

Pengukuran akumulasi lumpur ini untuk mengetahui volume lumpur yang mengendap pada Boezem Morokrengan Sisi Selatan. Perhitungan akumulasi lumpur dilakukan pengambilan sampel pada waktu 7 hari berturut-turut pada inlet Kali Greges, inlet Kali Purwodadi dan Outlet. Pada masing-masing sampel tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan *Imhoff cone* dan dianalisis konsentrasi *total solid* awal dan *total solid* setelah pengendapan.

#### 4.2.1 Analisa *Total solid*

Analisis *total solid* digunakan untuk mengetahui jumlah endapan yang terdapat pada air limbah. Pada penelitian ini analisa *total solid* dilakukan pada 3 titik yaitu Kali Purwodadi, Kali Greges dan Outlet selama 7 hari berturut-turut pada 3 waktu yaitu pagi, siang dan sore. Analisis *total solid* dilakukan pada dua tahap yaitu untuk mendapatkan konsentrasi awal (Co) dan konsentrasi *total solid* setelah dilakukan uji pengendapan dengan *Imhoff cone* selama 30 menit (Ce). Dari analisis tersebut akan didapatkan volume lumpur yang mengendap pada Boezem Morokrembangan.

Hasil konsentrasi *total solid* awal pada inlet Kali Purwodadi, inlet Greges dan outlet Boezem Morokrembangan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**, **Tabel 4.5** dan **Tabel 4.6** berikut ini.

Tabel 4. 4 Konsentrasi *Total solid* Inlet Kali Purwodadi

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
<b>20-Sep-17</b>	684	912	1504
<b>21-Sep-17</b>	864	880	1308
<b>22-Sep-17</b>	1008	804	792
<b>23-Sep-17</b>	960	1268	1192
<b>24-Sep-17</b>	796	740	752
<b>25-Sep-17</b>	760	924	892
<b>26-Sep-17</b>	1008	940	812
<b>Rata-Rata</b>	<b>868</b>	<b>924</b>	<b>1036</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>128,0506</b>	<b>167,7935</b>	<b>296,7738</b>

Tabel 4. 5 Konsentrasi *Total solid* Inlet Kali Greges

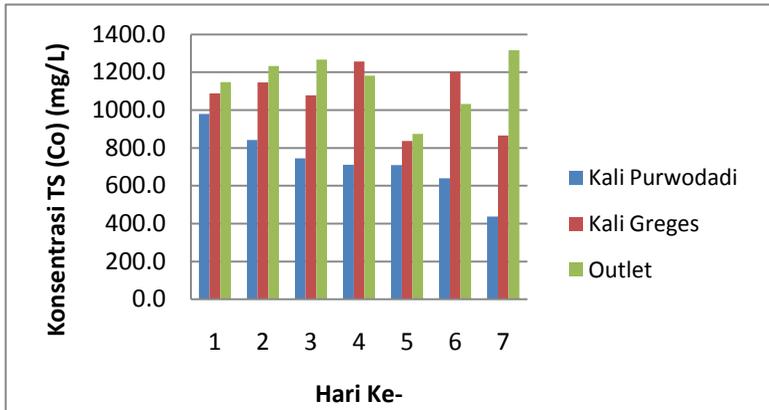
Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
<b>20-Sep-17</b>	1024	1240	1192
<b>21-Sep-17</b>	1100	1384	1476
<b>22-Sep-17</b>	1016	1464	1112

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
23-Sep-17	1648	1276	1272
24-Sep-17	940	852	972
25-Sep-17	1380	1236	2852
26-Sep-17	1312	1196	1032
<b>Rata-Rata</b>	<b>1202</b>	<b>1235</b>	<b>1415</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>254,3039</b>	<b>193,4587</b>	<b>654,9318</b>

Tabel 4. 6 Konsentrasi *Total solid* Outlet Boezem Morokrebangan Sisi Selatan

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	1508	1540	836
21-Sep-17	1420	1280	1284
22-Sep-17	1220	1516	1596
23-Sep-17	1420	1328	1196
24-Sep-17	1248	1168	1200
25-Sep-17	1360	1276	1004
26-Sep-17	1556	1696	1996
<b>Rata-Rata</b>	<b>1390</b>	<b>1400</b>	<b>1301</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>124,6618</b>	<b>186,8394</b>	<b>386,4357</b>

Dari ketiga pengukuran *total solid* pada tiap-tiap saluran, kemudian dibuat grafik hubungan antara *total solid* dan waktu pengukuran untuk mengetahui fluktuasi *total solid* tiap harinya yaitu **Gambar 4.2**. Gambar tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi *total solid* pada masing-masing saluran mengalami fluktuatif dan tidak beraturan. Konsentrasi *total solid* mengalami fluktuatif dipengaruhi oleh beberapa factor seperti erosi yang terjadi pada sedimen sebelum aliran (Tatipata, 2015).



Gambar 4. 2 Grafik Hubungan *Total solid* dan Waktu Pengukuran

Konsentrasi *total solid* (Co) pada masing-masing saluran dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{TS tiap saluran} = \frac{\text{TS pagi} + \text{TS siang} + \text{TS sore}}{3} \dots\dots\dots 4.3$$

$$\text{TS Kali Purwodadi} = (868 + 924 + 1036) : 3 = 942 \text{ mg/L}$$

$$\text{TS Kali Greges} = (1202 + 1235 + 1415) : 3 = 1284 \text{ mg/L}$$

$$\text{TS Outlet} = (1390 + 1400 + 1301) : 3 = 1364 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi *total solid* Kali Purwodadi, Kali Greges dan Outlet adalah 942 mg/L, 1284 mg/L, dan 1364 mg/L, sehingga beban *total solid* pada tiap-tiap saluran adalah sebagai berikut.

$$\text{Beban TS saluran} = \text{Debit Saluran} \times \text{Konsentrasi TS Saluran} \dots\dots\dots 4.4$$

$$\begin{aligned} \text{Beban TS Kali Purwodadi} &= 0,21 \text{ m}^3/\text{s} \times 942 \text{ mg/L} \\ &= 197820 \text{ mg/detik} \\ &= 0,19782 \text{ kg/detik} \\ &= 701,8 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban TS Kali Greges} &= 2,3 \text{ m}^3/\text{s} \times 1284 \text{ mg/L} \\ &= 2953200 \text{ mg/detik} \end{aligned}$$

$$= 2,9532 \text{ kg/detik}$$

$$= 10635,6 \text{ kg/jam}$$

Beban TS Outlet

$$= 2,14 \text{ m}^3/\text{s} \times 1364 \text{ mg/L}$$

$$= 2918960 \text{ mg/detik}$$

$$= 2,91896 \text{ kg/detik}$$

$$= 10533,4 \text{ kg/jam}$$

Beban *total solid* pada Kali Greges lebih besar dibandingkan Kali Purwodadi, hal itu disebabkan *catchment area* Kali Greges lebih besar dibandingkan Kali Purwodadi yaitu  $10,53 \text{ km}^2$  dan  $1,053 \text{ km}^2$  (PU, 2012). Dari *catchment area* tersebut debit air limbah dari Kali Greges akan lebih besar dibandingkan Kali Purwodadi, sehingga *total solid* pada Kali Greges akan lebih besar dibandingkan Kali Purwodadi.

Pengendapan lumpur ini merupakan serangkaian analisa *total solid* dengan menggunakan *Imhoff cone* kemudian digunakan sebagai konsentrasi *total solid* setelah pengendapan (Ce). Dari analisis ini akan diperoleh volume lumpur yang mengendap pada masing-masing saluran. Hasil konsentrasi *total solid* setelah pengendapan (Ce) dapat dilihat pada **Tabel 4.7** dan **Tabel 4.8**.

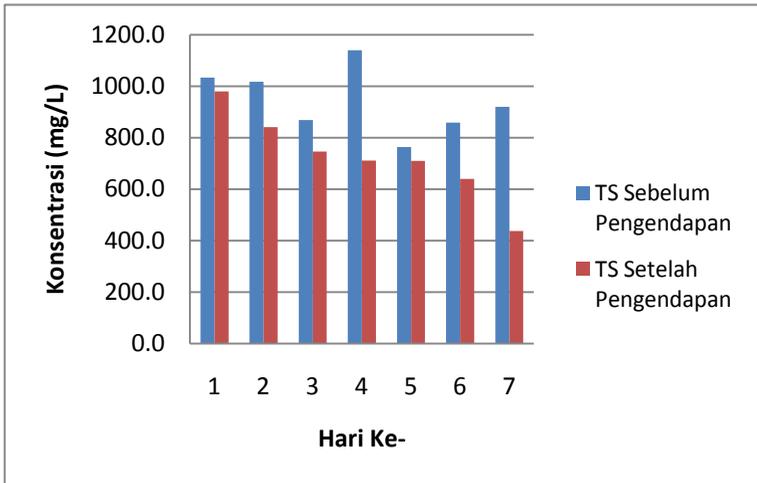
Tabel 4. 7 Konsentrasi *Total solid* Setelah Pengendapan (Ce) Kali Purwodadi

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
<b>20-Sep-17</b>	664	792	1484
<b>21-Sep-17</b>	708	844	972
<b>22-Sep-17</b>	940	676	620
<b>23-Sep-17</b>	652	684	796
<b>24-Sep-17</b>	732	708	688
<b>25-Sep-17</b>	736	648	536
<b>26-Sep-17</b>	632	560	120
<b>Rata-Rata</b>	<b>723,4286</b>	<b>701,7143</b>	<b>745,1429</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>103,5742</b>	<b>93,43396</b>	<b>419,0129</b>

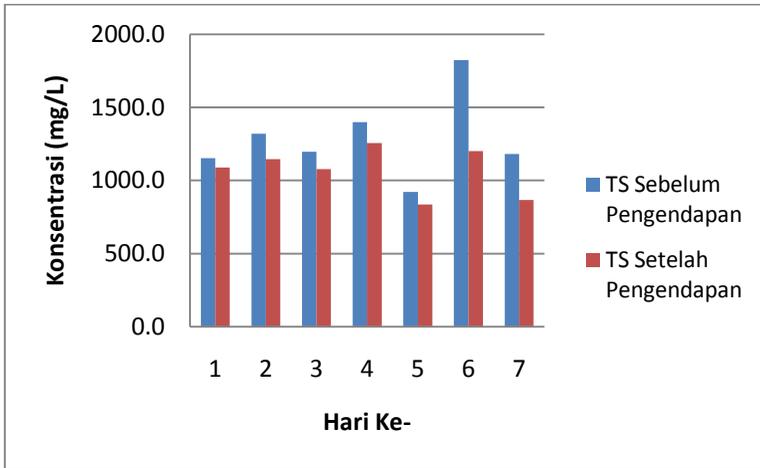
Tabel 4. 8 Konsentrasi *Total solid* Setelah Pengendapan (Ce) Kali Greges

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	932	1228	1104
21-Sep-17	980	1288	1172
22-Sep-17	884	1308	1040
23-Sep-17	1556	1112	1100
24-Sep-17	780	816	912
25-Sep-17	1244	1152	1208
26-Sep-17	868	792	936
<b>Rata-Rata</b>	<b>1034,857</b>	<b>1099,429</b>	<b>1067,429</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>272,1736</b>	<b>213,447</b>	<b>112,0102</b>

Dari kedua pengukuran *total solid* pada tiap-tiap saluran, kemudian dibuat grafik hubungan antara *total solid* sebelum dan sesudah pengendapan dan waktu pengukuran pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**.



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan *Total solid* Sebelum dan Setelah Pengendapan dan Waktu Pengukuran Kali Purwodadi



Gambar 4. 4 Grafik Hubungan *Total solid* Sebelum dan Setelah Pengendapan dan Waktu Pengukuran Kali Greges

Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi *total solid* setelah pengendapan lebih kecil dibandingkan sebelum pengendapan. Hal tersebut membuktikan bahwa adanya lumpur yang mengendap pada Boezem Morokrengan. Kemudian dihitung besarnya konsentrasi *total solid* dan beban masing-masing saluran sebagai berikut.

$$\text{TS tiap saluran} = \frac{\text{TS pagi} + \text{TS siang} + \text{TS sore}}{3} \dots\dots\dots 4.5$$

$$\text{TS Kali Purwodadi} = (723 + 701 + 745) : 3 = 723,4 \text{ mg/L}$$

$$\text{TS Kali Greges} = (1034 + 1099 + 1067) : 3 = 1067 \text{ mg/L}$$

$$\text{Beban TS saluran} = \text{Debit Saluran} \times \text{Konsentrasi TS Saluran} \dots\dots\dots 4.6$$

$$\begin{aligned} \text{Beban TS Kali Purwodadi} &= 0,21 \text{ m}^3/\text{s} \times 723,4 \text{ mg/L} \\ &= 151914 \text{ mg/detik} \\ &= 538,48 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban TS Kali Greges} &= 2,3 \text{ m}^3/\text{s} \times 1067 \text{ mg/L} \\ &= 2454100 \text{ mg/detik} \\ &= 8836,2 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Beban *total solid* setelah pengendapan pada masing-masing saluran berdasarkan perhitungan di atas adalah Kali Purwodadi yaitu 538,48 kg/jam dan Kali Greges yaitu 8836,2 kg/jam.

#### 4.2.2 Analisa *Total suspended solid*

Analisa *total suspended solid* digunakan untuk mengetahui jumlah dan sebaran material tersuspensi pada suatu daerah perairan. Kisaran *total suspended solid* ini dapat menunjukkan kondisi sedimentasi pada suatu perairan dengan adanya penurunan konsentrasi (Siswanto, 2010). Pada penelitian ini analisa *total suspended solid* dilakukan pada 3 titik yaitu Kali Purwodadi, Kali Greges dan Outlet selama 7 hari berturut-turut pada 3 waktu yaitu pagi, siang dan sore. Hasil konsentrasi *total suspended solid* dapat dilihat pada **Tabel 4.9**, **Tabel 4.10** dan **Tabel 4.11**.

Tabel 4. 9 Konsentrasi *Total suspended solid* Kali Purwodadi

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	84	32	40
21-Sep-17	92	40	28
22-Sep-17	56	68	144
23-Sep-17	136	112	132
24-Sep-17	140	92	136
25-Sep-17	148	120	128
26-Sep-17	132	132	140
<b>Rata-Rata</b>	<b>112,5</b>	<b>85,1</b>	<b>106,8</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>35,0</b>	<b>39,4</b>	<b>50,1</b>

Tabel 4. 10 Konsentrasi *Total suspended solid* Kali Greges

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	76	16	68

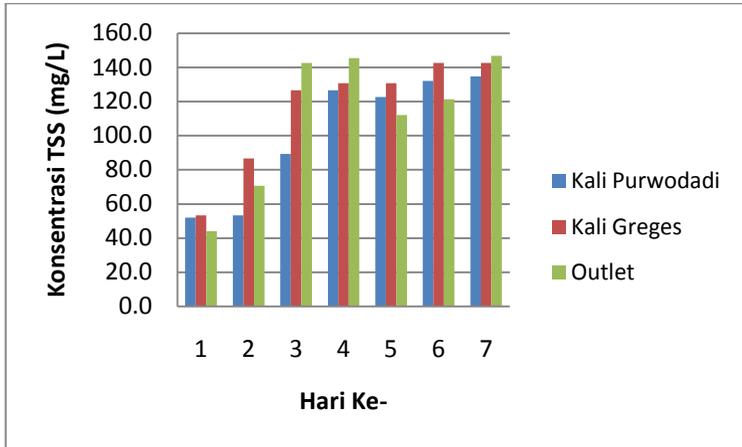
Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
21-Sep-17	124	44	92
22-Sep-17	116	144	120
23-Sep-17	124	120	148
24-Sep-17	156	112	124
25-Sep-17	116	128	184
26-Sep-17	132	152	144
<b>Rata-Rata</b>	<b>120,5</b>	<b>102,2</b>	<b>125,7</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>23,9</b>	<b>51,8</b>	<b>38,1</b>

Tabel 4. 11 Konsentrasi *Total suspended solid* Outlet

Tanggal	Waktu		
	Pagi	Siang	Sore
20-Sep-17	24	44	64
21-Sep-17	64	56	92
22-Sep-17	136	160	132
23-Sep-17	136	140	160
24-Sep-17	96	116	124
25-Sep-17	96	116	152
26-Sep-17	144	144	152
<b>Rata-Rata</b>	<b>99,4</b>	<b>110,8</b>	<b>125,1</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>44,1</b>	<b>44,5</b>	<b>35,4</b>

Dari ketiga pengukuran *total suspended solid* pada tiap-tiap saluran, kemudian dibuat grafik hubungan antara *total suspended solid* dan waktu pengukuran untuk mengetahui fluktuasi *total suspended solid* pada **Gambar 4.5**. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi *total suspended solid* mengalami fluktuasi dan tidak beraturan. Konsentrasi *total suspended solid* mengalami kenaikan dan lebih besar dari pada konsentrasi pada inlet Kali Greges dan inlet Kali Purwodadi adalah adanya alga dan pengerukan pada Boezem

Morokrembangan sisi selatan. Adanya alga dapat terbentuk dengan adanya konsentrasi N dan P yang tinggi yaitu 3,00 – 43,36 mg/L dan 0,01 – 0,2 mg/L (Hananta, 2010). Pengerukan mempengaruhi konsentrasi *total suspended solid* karena pengerukan akan menyebabkan turbulensi aliran sehingga sedimen atau lumpur yang telah mengendap akan menjadi tidak stabil atau tidak beraturan.



Gambar 4. 5 Grafik Hubungan *Total suspended solid* dan Waktu Pengukuran

Konsentrasi *total suspended solid* masing-masing saluran dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Konsentrasi Total suspended solid} = \frac{\text{TSS Pagi} + \text{TSS Siang} + \text{TSS Sore}}{3} \dots\dots 4.7$$

$$\text{Konsentrasi TSS Kali Purwodadi} = 112.5 + 85 + 06.8 = 101.5 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konsentrasi TSS Kali Greges} = 120.5 + 102.2 + 125.7 = 116 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konsentrasi TSS Outlet} = 99.4 + 110.8 + 125.1 = 111.8 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi *total suspended solid* pada Kali Purwodadi, Kali Greges dan Outlet adalah 101,5 mg/L, 116 mg/L dan 111,8 mg/L. Hal tersebut tidak berbeda jauh dengan Satwika

(2012), konsentrasi *total suspended solid* pada Kali Purwodadi, Kali Greges dan Outlet adalah 101,3 mg/L, 126,67 mg/L dan 112 mg/L. Konsentrasi *total suspended solid* dipengaruhi oleh angin, curah hujan, gelombang, arus, dan pasang surut (Fadhliannoor, 2015). Beban sedimen tersuspensi (*total suspended solid*) sebagai berikut.

Beban TSS saluran = Debit Saluran x Konsentrasi TSS Saluran .....4.8

Beban TSS Kali Purwodadi	= 0,21 m <sup>3</sup> /s x 101,5 mg/L = 21315 mg/detik = 76,734 kg/jam
Beban TSS Kali Greges	= 2,3 m <sup>3</sup> /s x 116 mg/L = 266800 mg/detik = 960,48 kg/jam
Beban TSS Outlet	= 2,14 m <sup>3</sup> /s x 111,8 mg/L = 239252 mg/detik = 861,3 kg/jam

Berdasarkan perhitungan beban *total suspended solid* di atas dapat disimpulkan bahwa Kali Greges memiliki beban *total suspended solid* lebih besar dibandingkan Kali Purwodadi dan beban *total suspended solid* menurun pada outlet. Beban *total suspended solid* dipengaruhi oleh debit air yang masuk kedalam saluran. Debit pada inlet Kali Greges lebih besar dibandingkan dengan inlet Kali Purwodadi sehingga menyebabkan beban *total suspended solid* lebih besar.

#### 4.2.3 Akumulasi Lumpur

Setelah hasil masing-masing analisis telah didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan persentase pengendapan metode *Imhoff cone*. Dalam perhitungan metode *Imhoff cone* digunakan asumsi konsentrasi *total solid* setelah pengendapan merupakan konsentrasi *total solid* yang telah diendapkan di Boezem Morokrengangan Sisi Selatan. Perhitungan persentase pengendapan sebagai berikut.

Beban awal = Beban TS Inlet Kali Greges Awal + Beban TS Inlet Kali Purwodadi Awal

$$\begin{aligned}
 &= 10635,6 \text{ kg/jam} + 701,8 \text{ kg/jam} \\
 &= 11337,4 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban akhir} &= \text{Beban TS Inlet Kali Greges Akhir} + \text{Beban TS Inlet Kali Purwodadi Akhir} \\
 &= 8836,2 \text{ kg/jam} + 538,48 \text{ kg/jam} \\
 &= 9374,68 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\%R = \frac{(\text{Beban awal} - \text{Beban Akhir})}{\text{Beban Awal}} \times 100\% \dots\dots\dots 4.9$$

$$\%R = \frac{(11337,4 - 9374,68)}{11343,67} \times 100\%$$

$$\% R = 17,3 \%$$

Dari perhitungan di atas didapatkan persentase pengendapan sedimen (*total solid*) adalah 17,3%. Hal itu berarti 17,3% dari konsentrasi *total solid* yang akan mengendap pada Boezem Morokrengan Sisi Selatan. Akumulasi lumpur atau padatan umumnya sebanding dengan kecepatan arus (Mara, 2003). Apabila kecepatan aliran air atau arus lebih besar daripada kecepatan pengendapan sedimen ( $V_s$ ) maka sedimen yang akan mengendap lebih kecil. Kemudian dari persentase pengendapan tersebut dihitung akumulasi lumpur sebagai berikut.

$$[\text{Akumulasi}] = [\text{input}] - [\text{penurunan karena reaksi}] - [\text{out}] \dots\dots\dots 4.10$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Akumulasi dari Kali Purwodadi per hari :} \\
 \text{Akumulasi} &= \%R \text{ Beban TS Kali Purwodadi} \\
 &= 17,3\% \ 701,8 \text{ kg/jam} \\
 &= 2,9 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Akumulasi dari Kali Greges per hari :} \\
 \text{Akumulasi} &= \%R \text{ Beban TS Kali Greges} \\
 &= 17,3\% \ 10635,6 \text{ kg/jam} \\
 &= 44,18 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Akumulasi Bruto} &= 2,9 \text{ ton/hari} + 44,18 \text{ ton/hari} \\
 &= 47,1 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa kontribusi sedimen yang berasal dari *total solid* dari saluran Kali Greges dan Kali Purwodadi adalah 47,1 ton/hari. Berdasarkan Septiana (2011), proses biodegradasi lumpur didapatkan regresi yang mendekati 1 adalah dengan menggunakan reaksi orde satu dengan persamaan  $y = -0,018x - 0,0313$ , sehingga dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$C_o = \frac{\text{Beban TS awal Kali Purwodadi} + \text{Beban TS awal Greges}}{Q \text{ Greges} + Q \text{ Purwodadi}} \dots\dots\dots 4.11$$

$$C_o = \frac{197820 \frac{mg}{detik} + 4763640 \frac{mg}{detik}}{3,71 \frac{m^3}{detik} + 0,21 \frac{m^3}{detik}}$$

$$C_o = 1255,38 \text{ mg/L}$$

$$C = \%R C_o \dots\dots\dots 4.12$$

$$C = 17,3\% 1255,38$$

$$C = 217,18 \text{ mg/L}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan konsentrasi sedimen yang mengendap adalah 217,18 mg/L, kemudian dilakukan perhitungan konsentrasi akhir ( $C_t$ ) lumpur yang berkurang akibat adanya biodegradasi sebagai berikut.

$$C_t = C e^{-kt} \dots\dots\dots 4.13$$

$$C_t = 217,18 \text{ mg/L } e^{-0,018 \times 1}$$

$$C_t = 213,3 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } kC &= C - C_t \\ &= 217,18 - 213,3 &= 3,9 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan penurunan akibat biodegradasi adalah 3,9 mg/L. Kemudian dihitung volume lumpur yang masuk dan terendapkan dalam Boezem Morokrengan sisi selatan perharinya. Volume lumpur yang terendapkan didapatkan melalui analisa *Imhoff cone* dengan memasukkan air sampel sejumlah 1 liter dan diendapkan selama 30 menit, kemudian diukur selisih tinggi

awal dan tinggi akhir endapan yang berada pada *Imhoff cone*. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada **Lampiran D**.

Volume rata-rata lumpur yang terendapkan pada Kali Purwodadi dan Kali Greges adalah 0,63 mL/L dan 0,46 mL/L dan dihitung volume sedimen yang mengendap pada Boezem Morokrempangan sisi selatan sebagai berikut.

$$V = \frac{V_{\text{purwodadi}} Q_{\text{purwodadi}} + V_{\text{greges}} Q_{\text{greges}}}{Q_{\text{purwodadi}} + Q_{\text{greges}}} \dots\dots\dots 4.14$$

$$v = \frac{0,63 \frac{\text{mL}}{\text{L}} 210 \frac{\text{L}}{\text{detik}} + 0,46 \frac{\text{mL}}{\text{L}} 2300 \frac{\text{L}}{\text{detik}}}{210 \frac{\text{L}}{\text{detik}} + 2300 \frac{\text{L}}{\text{detik}}}$$

$$V = 0,47 \text{ mL/L}$$

Dari perhitungan di atas volume lumpur yang terendapkan pada Boezem Morokrempangan adalah 0,47 mL/L, kemudian dihitung akumulasi total yang berada pada Boezem Morokrempangan sebagai berikut.

Akumulasi = Akumulasi Bruto – Penurunan karena reaksi - out  
 = 47,1 ton/hari – [kC. V] – out  
 = 47,1 ton/hari – [3,9 mg/L 0,47 10<sup>-3</sup> L/L 216864000 L/hari]  
 = 47,1 ton/hari – 0,0003975 ton/hari  
 = 47,09 ton/hari  
 = 1412,99 ton/bulan

Akumulasi total lumpur yang terendapkan pada Boezem Morokrempangan sisi selatan adalah 1412,99 ton/bulan. Untuk mencari volume Boezem Morokrempangan sisi selatan yang berkurang akibat akumulasi lumpur dengan cara membagi akumulasi total lumpur dengan densitas lumpur. Densitas lumpur dapat dilihat pada **Tabel 4.12**. Perhitungan volume lumpur Boezem Morokrempangan sisi selatan sebagai berikut.

Tabel 4. 12 Densitas Sedimen

Lokasi	P (g/cm <sup>3</sup> )	
	Sedimen Dasar	Sedimen Tersuspensi
Kali Greges	1,34	0,99
Kali	1,54	0,99
Purwodadi Outlet	1,5	0,99

Sumber : Satwika, 2012

$$V = \frac{m}{\rho} \dots\dots\dots 4.15$$

$$V = \frac{1412,99 \frac{\text{ton}}{\text{bulan}}}{1340 \text{ sampai } 1540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 917,52 \text{ sampai } 1054,47 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

$$V = 11010,3 \text{ sampai } 12653,64 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Pada perhitungan di atas digunakan densitas sedimen dengan nilai 1340 sampai 1540 kg/m<sup>3</sup>. Akumulasi total lumpur yang didapatkan dengan analisa *Imhoff cone* pada Boezem Morokrengan sisi selatan adalah 11010,3 sampai 12653,64 m<sup>3</sup>/tahun. Setelah mendapatkan akumulasi lumpur menggunakan analisa *Imhoff cone*, dilakukan perhitungan akumulasi lumpur yang terjadi dengan pendekatan *mass balance*. Konsentrasi TS awal (Co) dan akhir (Ce) dan beban TS awal (B) dan akhir (Be) didapatkan berdasarkan pengukuran lapangan yaitu 1255,38 mg/L, 1364 mg/L, 11337,4 kg/jam dan 10533 kg/jam. Kemudian dilakukan perhitungan persentase pengendapan sebagai berikut.

$$\%R = \frac{(11337,4 - 10533)}{11337,4} \times 100\%$$

$$\%R = 7,09$$

Dari perhitungan di atas didapatkan persentase pengendapan lumpur *mass balance* adalah 7,09%.

$$C = \%R \text{ Co}$$

$$C = 7,09\% \text{ } 1255,38$$

$$C = 88,97 \text{ mg/L}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan konsentrasi sedimen yang mengendap adalah 88,97 mg/L, kemudian dilakukan perhitungan konsentrasi akhir (Ct) lumpur yang berkurang akibat adanya biodegradasi sebagai berikut.

$$C_t = C e^{-kt} \dots\dots\dots 4.16$$

$$C_t = 88,97 \text{ mg/L } e^{-0,018 \times 1}$$

$$C_t = 87,38 \text{ mg/L}$$

$$\text{Sehingga } kC = C - C_t$$

$$= 88,97 - 87,38 = 1,58 \text{ mg/L}$$

Volume rata-rata lumpur yang terendapkan pada outlet adalah adalah 0,38 mL/L dan dihitung volume sedimen yang mengendap pada Boezem Morokrempangan sisi selatan sebagai berikut.

$$V = \frac{0,38 \frac{\text{mL}}{\text{L}} 2140 \frac{\text{L}}{\text{detik}}}{2140 \frac{\text{L}}{\text{detik}}}$$

$$V = 0,38 \text{ mL/L}$$

Dari perhitungan di atas volume lumpur yang terendapkan pada Boezem Morokrempangan adalah 0,38 mL/L, kemudian dihitung akumulasi total yang berada pada Boezem Morokrempangan sebagai berikut.

$$\text{Akumulasi Bruto} = 7,09 \% \text{ Beban Awal}$$

$$= 19,296 \text{ ton/hari}$$

$$\text{Akumulasi} = \text{Akumulasi Bruto} - \text{Penurunan karena reaksi}$$

$$= \text{Beban in} - \text{Beban out} - [kC \cdot V]$$

$$= 272,1 \text{ ton/hari} - 252,8 \text{ ton/hari} - [1,58 \text{ mg/L}$$

$$0,38 \cdot 10^{-3} \text{ L/L } 216864000 \text{ L/hari}]$$

$$= 19,16 \text{ ton/hari}$$

$$= 575,09 \text{ ton/bulan}$$

Akumulasi total lumpur dengan metode *mass balance* yang terendapkan pada Boezem Morokrempangan sisi selatan adalah 575,09 ton/bulan. Untuk mencari volume Boezem Morokrempangan sisi selatan yang berkurang akibat

akumulasi lumpur dengan cara membagi akumulasi total lumpur dengan densitas lumpur. Perhitungan volume lumpur Boezem Morokrempangan sisi selatan sebagai berikut.

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{575,09 \frac{\text{ton}}{\text{bulan}}}{1340 \text{ sampai } 1540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 373,135 \text{ sampai } 429,17 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

$$V = 4481,22 \text{ sampai } 5150,04 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan akumulasi total lumpur dengan menggunakan *mass balance* pada Boezem Morokrempangan sisi selatan adalah 4481,22 sampai 5150,04 m<sup>3</sup>/tahun. Hasil tersebut lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan menggunakan metode *Imhoff cone* yaitu 11010,3 sampai 12653,64 m<sup>3</sup>/tahun. Hal tersebut dapat terjadi karena pada metode *Imhoff cone* tidak terjadi aliran masuk dan keluar sehingga pengendapan yang dilakukan maksimal. Disamping itu, pada kondisi eksisting dilakukan pengerukan sedimen/lumpur setiap hari sehingga menimbulkan terjadinya turbulensi pada aliran air dan sedimen yang telah mengendap. Adanya konsentrasi N dan P yang tinggi pada Boezem Morokrempangan akan memicu pertumbuhan alga pada perairan.

#### 4.2.4 Analisa Mass Balance

*Mass balance* digunakan untuk mengetahui kesesuaian hasil perhitungan dengan *Imhoff cone* dan dengan menggunakan *mass balance*. Hasil *mass balance* dapat diketahui pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7** dan perhitungan sebagai berikut.

##### Perhitungan Metode Imhoff cone

Debit total yang masuk (Qo) melalui kedua saluran yaitu:

$$\begin{aligned} Q_o &= Q \text{ Kali Greges} + Q \text{ Kali Purwodadi} \\ &= 2,3 \text{ m}^3/\text{s} + 0,21 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 2,51 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Beban *total solid* yang masuk ( $B_o$ ) melalui kedua saluran yaitu:

$$\begin{aligned} B_o &= \text{Beban TS Kali Purwodadi} + \text{Beban TS Kali Greges} \\ &= 712,15 \text{ kg/jam} + 10631,52 \text{ kg/jam} \\ &= 11337,4 \text{ kg/jam} \\ &= 272,1 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

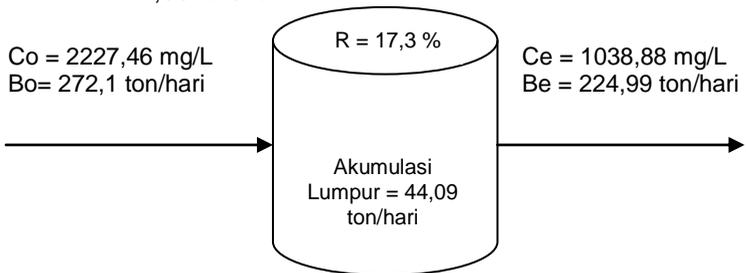
Beban *total solid* yang keluar ( $B_e$ ) dari Boezem adalah 10533,4 kg/jam, sedangkan berdasarkan *Imhoff cone* beban *total solid* yang keluar ( $B_e$ ) yaitu:

$$C_e = \frac{Q_{\text{kali greges}} C_{\text{kali greges}} + Q_{\text{kali purwodadi}} C_{\text{kali purwodadi}}}{Q_{\text{kali greges}} + Q_{\text{kali purwodadi}}} \dots\dots\dots 4.17$$

$$C_e = \frac{2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} 723,43 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,21 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} 1067,2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{2,3 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} + 0,21 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}$$

$$C_e = 1038,88 \text{ mg/L}$$

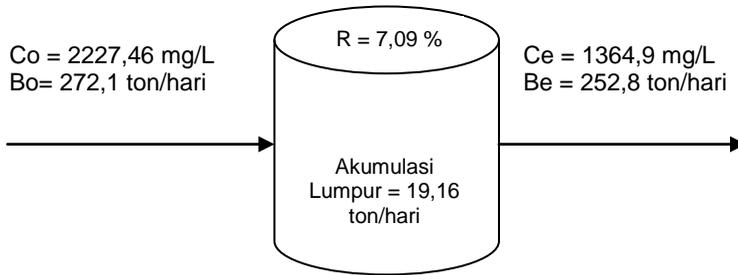
$$\begin{aligned} B_e &= C_e \times (Q_{\text{kali purwodadi}} + Q_{\text{kali greges}}) \\ &= 1038,88 \text{ mg/L} (0,21 \text{ m}^3/\text{s} + 2,3 \text{ m}^3/\text{s}) \\ &= 9374,68 \text{ kg/jam} \\ &= 224,99 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$



Gambar 4. 6 Mass Balance dari Boezem Morokreimbangan Sisi Selatan *Imhoff cone*

Perhitungan Mass Balance

Dalam perhitungan *mass balance* digunakan besar konsentrasi TS awal ( $C_o$ ) dan beban TS konsentrasi awal ( $B_o$ ) sama dengan perhitungan metode *Imhoff cone*. Sehingga *mass balance* sebagai berikut.



Gambar 4. 7 *Mass Balance* dari Boezem Morokrempangan Sisi Selatan

### 4.3 Analisa Persebaran Sedimen

Analisa persebaran sedimen ini digunakan untuk mengetahui pola persebaran sedimen yang berada pada Boezem Morokrempangan sisi selatan. Pengambilan sampel pada analisa persebaran sedimen ini berdasarkan lokasi sampling pada **Tabel 3.1** yang dilakukan selama 3 hari berturut-turut yaitu 11 September, 13 September dan 15 September 2017. Berikut ini adalah gambaran kondisi eksisting pada pengambilan sampel persebaran sedimen:

1. 11 September 2017 dilakukan pada pukul 13.30 sampai 15.00. Pada saat pengambilan dilakukan pengerukan pada titik 1.
2. 13 September 2017 dilakukan pada 09.00 sampai 11.00 . Pada saat pengambilan dilakukan pengerukan pada titik 2.
3. 15 September 2017 dilakukan pada 9.00 sampai 12.00. Pada saat pengambilan dilakukan pengerukan pada titik 3.

Kondisi eksisting aliran air dan sedimen pada Boezem Morokrempangan yang berada dibawah tol berbeda dengan lainnya. Kondisi kotak kuning pada **Gambar 4.8** dapat dilihat pada **Gambar 4.9a**. Pada gambar tersebut terlihat bahwa aliran air dari inlet Kali Greges bisa masuk dan bercampur dengan air dari inlet Kali Purwodadi. Pada daerah selain pada kotak kuning pada **Gambar 4.8** dapat dilihat pada **Gambar 4.9b**. Pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa terbentuk

delta atau daratan yang berasal dari tumpukan sedimen/lumpur, sampah dan eceng gondok. Dari kondisi tersebut menyebabkan tercampurnya konsentrasi air yang berasal dari inlet Kali Purwodadi dan inlet Greges sedikit, sehingga zona Boezem Morokrembangan sisi selatan dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu yang berasal dari inlet Kali Greges dan dan berasal dari inlet Purwodadi.



Gambar 4. 8 Lokasi Pengerukan Ketika Pengambilan Sampel Persebaran Sedimen



(a)



(b)

Gambar 4. 9 (a) Kondisi Aliran Air dan (b) Sedimen Boezem Morokrembangan di Bawah Tol

### 4.3.1 Analisa Kecepatan Aliran

Analisa kecepatan aliran ini digunakan untuk mengetahui kecepatan aliran yang terdapat pada tiap segmen Boezem Morokrempangan Sisi Selatan. Dari kecepatan aliran tersebut kemudian diprediksi lokasi pengendapan sedimen terbesar pada Boezem Morokrempangan sisi selatan. Pola aliran air juga berpengaruh terhadap persebaran sedimen dan lokasi pengendapan sedimen. Hal tersebut karena semakin jauh pola aliran maka kecepatan aliran juga akan semakin lambat dan pada kecepatan tertentu akan mengendapkan sedimen atau lumpur yang lebih banyak (Trilita, 2010). Dalam analisa ini, dilakukan perhitungan kecepatan aliran ( $V_h$ ) dengan mengasumsikan sebagai berikut :

1. Kedalaman boezem sama yaitu 1 m pada tiap segmen Boezem Morokrempangan Sisi Selatan.
2. Aliran air di boezem tidak terjadi pencampuran antara Kali Greges dan Kali Purwodadi.
3. Pola aliran air dari masing-masing saluran satu arah menuju ke outlet.
4. Debit masing-masing segmen sama dengan debit saluran yang masuk.
5. Pompa yang terdapat pada inlet Kali Greges dan Outlet tidak beroperasi dan tidak ada pengerukan.

Dari asumsi tersebut kemudian dilakukan perhitungan kecepatan aliran pada tiap segmen Boezem Morokrempangan sisi selatan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membuat grid pada peta skala 1:1 Boezem Morokrempangan menggunakan autocad. Gambar Boezem Morokrempangan sisi selatan dengan gridnya terdapat pada **Gambar 4.10**.
2. Mengukur panjang dan lebar saluran dengan menggunakan autocad. Hasil pengukuran lebar dan panjang saluran dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.
3. Menghitung  $V_h$  aliran air.
4. Menghitung waktu tinggal air di tiap segmen tersebut. Dari perhitungan waktu tinggal air tersebut kemudian dilakukan prediksi lokasi sedimen dengan menggunakan pendekatan sedimentasi/pengendapan tipe pertama.



Gambar 4. 10 Grid Peta Kecepatan Aliran

Hasil perhitungan  $V_h$  dan waktu tinggal air tiap segmen dapat dilihat pada **Tabel 4.13** sebagai berikut.

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran ( $V_h$ ) dan Waktu Tinggal Air Tiap Segmen (t)

Dari Inlet Kali Greges								
Titik	Lebar (m)	Panjang (m)	Hasumsi (m)	$V_h$ (m/s)	R	Nre	t (detik)	t (jam)
1	386,42	50	1	0,0060	0,99	7054	8400,4	2,33
2	484,7	50	1	0,0047	1,00	5630	10537,0	2,93
3	545,1	50	1	0,0042	1,00	5008	11850,0	3,29
4	552,7	50	1	0,0042	1,00	4940	12015,2	3,34
5	574,9	50	1	0,0040	1,00	4750	12497,8	3,47
6	596,4	50	1	0,0039	1,00	4579	12965,2	3,60
7	437,8	50	1	0,0053	1,00	6230	9517,4	2,64
8	243,2	50	1	0,0095	0,99	11175	5287,0	1,47
9	200	50	1	0,0115	0,99	13565	4347,8	1,21

**Dari Inlet Kali Purwodadi**

Titik	Lebar (m)	Panjang (m)	Hasumsi (m)	Vh (m/s)	R	Nre	t (detik)	t (jam)
1	239,1	50	1	0,0009	0,99	1038	56928,6	15,81
2	348	50	1	0,0006	0,99	715	82857,1	23,02
3	326,5	50	1	0,0006	0,99	762	77738,1	21,59
4	292,6	50	1	0,0007	0,99	849	69666,7	19,35
5	244,3	50	1	0,0009	0,99	1016	58166,7	16,16
6	200,8	50	1	0,0010	0,99	1234	47809,5	13,28
7	157,5	50	1	0,0013	0,99	1569	37500,0	10,42
8	116,9	50	1	0,0018	0,98	2104	27833,3	7,73

Contoh perhitungan untuk segmen 1 dari Inlet Kali Greges sebagai berikut.

Diketahui : Panjang dan lebar saluran berdasarkan pengukuran dengan menggunakan autocad yaitu 50 m dan 366,42 m. Kecepatan aliran ( $V_h$ ) dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_h = \frac{Q}{\text{Across}} = \frac{Q}{L D} \dots\dots\dots 4.18$$

$$V_h = \frac{2,3}{86,42}$$

$$V_h = 0,0060 \text{ m/s}$$

Dari perhitungan di atas kemudian dilakukan perhitungan NRe aliran. NRe dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Reynold dan Richards, 1996).

$$NRe = \frac{V R}{\nu} = \frac{V R \rho}{\mu} \dots\dots\dots 4.19$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/s)

R = jari-jari hidrolis (m)

$\nu$  = viskositas kinematis air ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$\rho$  = densitas air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  = viskositas absolute air ( $\text{N.s}/\text{m}^2$ )

Suhu dalam Boezem Morokrembangan adalah 28°C sehingga berdasarkan Reynolds dan Richards (1996) didapatkan  $\rho = 0,99626 \text{ g/cm}^3$ ,  $\nu = 0,8394 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , dan  $\mu = 0,8363 \cdot 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$ . Sehingga dapat dihitung NRe sebagai berikut .

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{V_h R}{\nu} \\ NRe &= \frac{0,0060 \cdot 0,99}{0,8394 \cdot 10^{-6}} \\ NRe &= 7054 \end{aligned}$$

Crowe (2009) menyatakan bahwa  $NRe < 2000$  menunjukkan aliran laminar dan  $NRe > 3000$  menunjukkan aliran turbulen. Dari perhitungan di atas didapatkan  $NRe > 3000$ , sehingga aliran segmen tersebut turbulen. Dari perhitungan di atas didapatkan  $V_h$  yaitu 0,0060 m/s kemudian dihitung waktu air pada tiap segmen dengan persamaan sebagai berikut.

Dari perhitungan di atas didapatkan  $V_h$  yaitu 0,0060 m/s kemudian dihitung waktu air pada tiap segmen dengan persamaan sebagai berikut.

$$S = V \cdot t \dots\dots\dots 4.20$$

- Dimana :
- S = jarak (m)
  - V = kecepatan (m/s)
  - T = waktu (detik)

$$\begin{aligned} t &= \frac{S}{V} \\ t &= \frac{50}{0,0060} \\ t &= 8400,4 \text{ detik} \\ &= 2,33 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan waktu tinggal air tiap segmen adalah 1,70 jam. Dari peta grid tersebut dapat disimpulkan bahwa :

1. Saluran yang berasal dari Inlet Kali Greges memiliki aliran turbulen sampai menuju outlet. Semakin jauh jarak aliran dengan inlet, kecepatan aliran semakin rendah.
2. Saluran yang berasal dari Inlet Kali Purwodadi memiliki aliran laminar dan meningkat menuju ke outlet. Kecepatan aliran juga kan meningkat seiring dengan arah aliran yang menuju ke outlet.

Kecepatan *scouring* ( $V_{sc}$ ) digunakan untuk mengetahui terjadinya resuspensi sedimen atau lumpur yang terendap pada Boezem. *Scouring* terjadi apabila hasil dari kecepatan *scouring* ( $V_{sc}$ ) lebih lebih kecil daripada kecepatan aliran ( $V_h$ ). Perhitungan kecepatan *scouring* dilakukan menggunakan diameter partikel tertinggi yaitu pasir sangat kasar 2000  $\mu\text{m}$  (Melbourne Water) dan *specific gravity* yang digunakan berdasarkan **Tabel 4.14**. Ditetapkan nilai  $k = 0,05$  dan  $f = 0,025$ . Perhitungan kecepatan *scouring* sebagai berikut.

Tabel 4. 14 *Specific Gravity* Sedimen Dasar Boezem Morokrebangan Sisi Selatan

Lokasi Sampling	<i>Specific Gravity</i> pada Suhu 20° C
<b>Kali Greges</b>	2,45
<b>Kali Purwodadi</b>	2,53
<b>Kanal</b>	2,53
<b>Tepi Boezem</b>	2,17
<b>Area setelah inlet Boezem</b>	2,22
<b>Rata-rata</b>	2,38

Sumber : Satwika, 2012

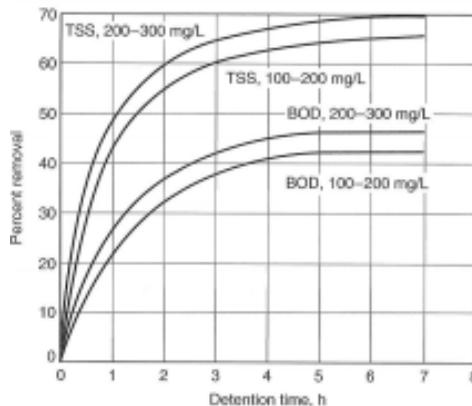
$$V_{sc} = \left( \frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \dots\dots\dots 4.21$$

$$V_{sc} = \left( \frac{8 \times 0,05 (2,38 - 1) 9,81 \times 2 \times 10^{-3}}{0,025} \right)^{1/2}$$

$$V_{sc} = 0,65 \text{ m/s}$$

Dari perhitungan didapatkan bahwa kecepatan *scouring* lebih besar dibandingkan kecepatan aliran sehingga tidak terjadi resuspensi atau erosi sedimen yang telah mengendap. Waktu tinggal air di setiap segmen juga mempengaruhi

pengendapan sedimen, terutama *Total suspended solid*. Dengan menggunakan pendekatan pengendapan tipe pertama, Metcalf dan Eddy (2014) menjelaskan bahwa *total suspended solid* dengan konsentrasi 100 sampai 200 mg/L akan mengalami titik persentase removal tertinggi pada waktu detensi (td) yaitu 3 sampai 5 jam. Hal tersebut dapat di lihat pada **Gambar 4.11** sebagai berikut.



Gambar 4. 11 Pengaruh Waktu Detensi (td) Terhadap Persentase Removal *Total suspended solid* pada Pengendapan Tipe I (Metcalf dan Eddy, 2014)

Dari Tabel 4.13 dapat diketahui bahwa pada Inlet Kali Greges, pengendapan *total suspended solid* paling besar akan terjadi pada segmen 2 sampai 3 pada inlet Kali Greges dan segmen 1 dan 2 pada inlet Kali Purwodadi.

### 4.3.2 Kecepatan Pengendapan dan Pengendapan Lumpur

Kecepatan pengendapan yang dihitung dalam analisis ini adalah kecepatan pengendapan/sedimentasi saat *free settling*. Kondisi *free settling* merupakan kondisi dimana pengendapan tidak dipengaruhi oleh gesekan dinding maupun partikel lainnya (Roessiana, 2014). Kondisi *free settling* hanya memungkinkan sedimen atau lumpur mengendap karena pengaruh gravitasi (Setiyadi, 2013). Dalam penelitian yang

telah dilakukan Satwika (2012), ukuran sedimen pada Boezem Morokrempangan Sisi Selatan dapat digolongkan sebagai pasir bertipe *gap graded* dengan *Specific Gravity* 2,17 – 2,53.

Kecepatan pengendapan dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat pengendapan sedimen tersebut, begitu pula sebaliknya semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin lambat kecepatan sedimentasinya. Satwika (2011) menyatakan bahwa terdapat 4 persentase partikel yang masuk ke dalam Boezem Morokrempangan antara lain kerikil, pasir, tanah liat, dan lanau. Masing-masing partikel tersebut memiliki persentase yang berbeda-beda yaitu pada area setelah inlet Boezem Morokrempangan sisi selatan berturut-turut adalah 0,67%, 56,13%, 37,22% dan 5,87%. Dari persentase tersebut, dalam perhitungan kecepatan pengendapan ini akan digunakan diameter partikel yang paling banyak persentasenya dalam Boezem yaitu partikel pasir dengan ukuran partikel 125 µm (Melbourne Water, 2005). Berdasarkan pengukuran lapangan didapatkan suhu air pada Boezem Morokrempangan sisi selatan adalah 28° C sehingga densitas air 0,99626 g/cm<sup>3</sup> dan viskositas absolut 0,8363 x 10<sup>-3</sup> N.det/m<sup>2</sup> (Reynolds dan Richards, 1996). Densitas sedimen pada Boezem Morokrempangan dapat dilihat pada **Tabel 4.12**. Sehingga dapat dihitung kecepatan pengendapan dengan persamaan 2.16 sebagai berikut.

$$V_s = \frac{\rho_s g D^2}{C1 \mu + \sqrt{0,75 C2 \rho_s \rho g D^3}} \dots \dots \dots 4.22$$

$$V_s = \frac{990 \frac{kg}{m^3} 9,81 (125 \times 10^{-6} m)^2}{18 0,8363 10^{-3} + \sqrt{0,75 0,4 990 \frac{kg}{m^3} 996,26 \frac{kg}{m^3} 9,81 (125 \times 10^{-6} m)^3}}$$

$$V_s = \frac{0,0002}{0,0151}$$

$$V_s = 0,01008 m/s$$

$$V_s = 10,08 mm/s$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan kecepatan pengendapan yaitu 0,01008 m/s, hal tersebut tidak jauh berbeda dalam Melbourne Water (2005) untuk partikel tanah liat adalah 0,011 m/s. Dari pengukuran pada sub bab

sebelumnya didapatkan kecepatan aliran ( $V_h$ ) terbesar adalah 0,0082 m/s, sehingga kecepatan aliran air ( $V_h$ ) lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan pengendapan ( $V_s$ ) partikel. Sedimen atau lumpur dapat mengendap apabila kecepatan pengendapan ( $V_s$ ) partikel lebih besar dibandingkan kecepatan aliran ( $V_h$ ) air (Reynolds dan Richards, 1996). Sehingga partikel pasir pada Boezem Morokrempangan akan mengendap.

#### 4.3.3 Analisa Volume Lumpur dan *Sludge Volume Index*

Analisa lumpur ini digunakan untuk mengetahui jumlah lumpur yang berada pada tiap transek yang sesuai pada lokasi sampling **Tabel 3.1**. Volume lumpur ini didapatkan melalui analisa *Imhoff cone*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan volume lumpur hasil analisa *Imhoff cone* tiap titik sampling.

Tabel 4. 15 Volume Lumpur Hasil Analisa *Imhoff cone*

Titik Sampling	V 1 (ml/L)	V 2 (ml/L)	V3 (ml/L)	Rata-rata (ml/L)
1	2,3	1,3	0,1	1,23
2	2,9	0,5	0,1	1,17
3	1	1	0,6	0,87
4	1,7	1,7	0,2	1,20
5	1,3	0,5	1,1	0,97
6	2,5	0,3	0,2	1,00
7	0,3	0,1	0,3	0,23
8	0,2	0,1	1	0,43
9	0,3	1,9	2,5	1,57
10	2,6	0,4	7,2	3,40
11	1,4	1,5	0,7	1,20
12	1,6	0,4	0,9	0,97
13	1,6	0,5	0,9	1,00
14	1,3	0,1	1,2	0,87
15	0,3	0,4	0,4	0,37

Titik Sampling	V 1 (ml/L)	V 2 (ml/L)	V3 (ml/L)	Rata-rata (ml/L)
16	0,3	1,3	0,2	0,60
17	0,7	1,9	0,6	1,07
18	1,1	1,2	0,3	0,87
19	0,3	1,4	0,3	0,67
20	0,3	2,8	0,8	1,30
21	0,3	0,2	0,5	0,33
22	0,2	0,3	1,5	0,67
23	0,3	0,7	0,4	0,47
24	0,3	0,9	0,6	0,60
25	8,7	1,3	1	3,67
26	2,4	1,1	1,1	1,53
27	0,2	0,7	0,3	0,40
28	1	1,1	1,8	1,30
29	0,7	0,1	0,5	0,43
30	0,9	0,3	4,8	2,00
31	0,4	0,2	0,5	0,37
32	1,1	1,8	0,1	1,00
33	0,5	1,3	1	0,93
34	0,3	0,3	1,2	0,60
35	3,2	0,3	0,6	1,37
36	0,6	5,1	0,1	1,93
37	1,1	0,2	1,4	0,90
38	1,5	0,4	2,1	1,33

Dari hasil rata-rata volume lumpur hasil analisa *Imhoff cone* tiap titiknya pada **Tabel 4.15** kemudian dilakukan perhitungan volume lumpur tiap transek lokasi sampling sebagai berikut.

Tabel 4. 16 Volume Lumpur Tiap Transek

Titik	Panjang (m)	Lebar (m)	Lebar* (m)	Kedalaman	Volume	Volume Lumpur Total (ml)	Volume lumpur (l)
1	100	64,3	22,9	1,105	4817.8	5941.9	5.9
2	100	64,3	48,2	0,685	3853.1	4495.3	4.5
3	100	48,2	51,8	0,675	3375	2925	2.9
4	100	51,8		0,71	3677.8	4413.3	4.4
5	100	100		0,59	5900	5703.3	5.7
6	100	100		1,08	10800	10800	10.8
7	100	100		1,05	10500	2450	2.5
8	100	25	76,5	0,79	4009.2	1737.3	1.7
9	100	100		1,1	11000	17233.3	17.2
10	100	100		0,755	7550	25670	25.7
11	100	100		0,68	6800	8160	8.2
12	100	100		0,78	7800	7540	7.5
13	100	100		0,83	8300	8300	8.3
14	100	100		0,9	9000	7800	7.8
15	100	100		0,925	9250	3391.6	3.4
16	100	76,5	100	0,94	8295.5	4977.3	5.0
17	100	100	86,2	0,68	6330.8	6752.8	6.8
18	100	100		0,875	8750	7583.3	7.6
19	100	100		0,77	7700	5133,3	5,1
20	100	100		1,04	10400	13520	13,5
21	100	100		0,76	7600	2533,3	2,5
22	100	100		0,95	9500	6333,3	6,3
23	100	100		0,85	8500	3966,6	4,0
24	100	100		0,755	7550	4530	4,5
25	71,7	56,6		0,935	1897,218	6956,4	7,0
26	100	56.6	100	0,73	5715,9	8764,3	8,8
27	100	100		1,005	10050	4020	4,0

Titik	Panjang (m)	Lebar (m)	Lebar* (m)	Kedalaman	Volume	Volume Lumpur Total (ml)	Volume lumpur (l)
28	100	100		1,18	11800	15340	15,3
29	100	100		0,785	7850	3401,6	3,4
30	100	100		0,85	8500	17000	17,0
31	100	100		0,795	7950	2915	2,9
32	100	100		0,725	7250	7250	7,3
33	100	15,6	74,4	0,415	1867,5	1743	1,7
34	100	74,4	59,5	1,005	6728,4	4037	4,0
35	100	47,3	59,5	0,64	3417,6	4670,7	4,7
36	100	47,3	88,1	0,48	3249,6	6282	6,3
37	100	88,1	81,9	0,885	7522,5	6770,2	6,8
38	100	81,9		0,45	1842,75	2457	2,5

Keterangan : - Lebar\* (m) adalah lebar 2 saluran 2 jika berbentuk trapesium.  
 - Panjang dan Lebar tiap transek didapatkan dari pengukuran pada autocad.  
 - H didapatkan dari rata-rata pengukuran lapangan. Hasil lengkap terdapat pada **Lampiran F**.

Contoh perhitungan volume lumpur pada titik sampling 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur (L)} &= \text{Volume lumpur hasil analisa imhoffcone (mL/L)} \times \text{volume air tiap titik (L)} \\
 &= \frac{1}{2} (64,3 + 22,9) \times 100 \times 1,105 \times 1,23 \\
 &= 5941.9 \text{ mL} = 5,9 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan SVI (*Sludge Volume Index*). SVI adalah nilai yang menyatakan volume lumpur dapat mengendap tiap 1 g lumpur. Hasil perhitungan SVI tiap titik sampling dapat dilihat pada **Tabel 4.17** dan SVI dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (APHA, 1994).

$$SVI \left( \frac{\text{ml}}{\text{g}} \right) = \frac{SV_{30} \times 1000}{MLSS} \dots\dots\dots 4.23$$

Dimana :

SV<sub>30</sub> : banyaknya lumpur yang mengendap tiap 1 liter air limbah dalam waktu 30 menit (mL/L)

MLSS : *total suspended solid* (mg/L)

Tabel 4. 17 SVI Tiap Titik Sampling

Titik	Volume Lumpur (mL/L)	MLSS (mg/L)	SVI
1	1,23	214,7	5,7
2	1,17	157,3	7,4
3	0,87	141,3	6,1
4	1,20	161,3	7,4
5	0,97	128,0	7,6
6	1,00	105,3	9,5
7	0,23	124,0	1,9
8	0,43	108,0	4,0
9	1,57	161,3	9,7
10	3,40	197,3	17,2
11	1,20	144,0	8,3
12	0,97	133,3	7,2
13	1,00	68,0	14,7
14	0,87	66,7	13,0
15	0,37	64,0	5,7
16	0,60	53,3	11,3
17	1,07	58,7	18,2
18	0,87	73,3	11,8
19	0,67	86,7	7,7
20	1,30	94,7	13,7
21	0,33	58,7	5,7
22	0,67	69,3	9,6

Titik	Volume Lumpur (mL/L)	MLSS (mg/L)	SVI
23	0,47	70,7	6,6
24	0,60	92,0	6,5
25	3,67	262,7	14,0
26	1,53	96,0	16,0
27	0,40	74,7	5,4
28	1,30	86,7	15,0
29	0,43	66,7	6,5
30	2,00	132,0	15,2
31	0,37	80,0	4,6
32	1,00	72,0	13,9
33	0,93	74,7	12,5
34	0,60	68,0	8,8
35	1,37	149,3	9,2
36	1,93	82,7	23,4
37	0,90	54,7	16,5

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil yang berbeda-beda. Semakin kecil *sludge volume index* semakin mudah sedimen/lumpur tersebut mengendap. Begitu pula sebaliknya semakin tinggi *sludge volume indeks* semakin sulit sedimen/lumpur tersebut mengendap. Nilai SVI dibawah 100 mL/g menunjukkan bahwa air limbah tersebut memiliki pengendapan yang baik (Metcalf dan Eddy, 2014).

#### 4.3.4 Analisa Persebaran Sedimen

Persebaran sedimen dapat dilihat dengan penurunan dan peningkatan konsentrasi *total suspended solid* pada air (Helfinalis, 2005). Dalam analisa ini telah dilakukan pengambilan air sampel di Boezem Morokrengan selama 3 hari. Air sampel tersebut kemudian dianalisa kandungan *total suspended solid*. Apabila terjadi penurunan *total suspended solid* maka dipastikan adanya sedimen yang

mengendap. Hasil analisa *total suspended solid* dapat dilihat pada **Lampiran E**, kemudian hasil tersebut dimasukkan dengan software Surfer 10 untuk mengetahui persebaran sedimen.

**Gambar 4.14, 4.15, dan 4.16** merupakan peta persebaran/isokonsentrasi *total suspended solid* pada waktu pengambilan sampel 11, 13 dan 15 September 2017. Peta tersebut berupa konsentrasi *total suspended solid* (TSS, mg/L). **Gambar 4.14** menunjukkan hasil isokonsentrasi pada waktu pengamatan 11 September 2017. Gambar tersebut menunjukkan bahwa sisi kiri yang berasal dari inlet Kali Greges terjadi pengendapan yang tinggi sehingga menimbulkan bukit yang berbetuk setengah lingkaran pada garis isokonsentrasi. Hal tersebut menunjukkan adanya konsentrasi yang tinggi pada air dan adanya tumpukan atau delta sedimen pada daerah tersebut. Adanya tumpukan di dekat inlet sesuai dengan perhitungan tiap segmen pada sub bab sebelumnya bahwa di dekat inlet Kali Greges (segmen 2 sampai 3) terjadi penurunan *total suspended solid* paling tinggi. Semakin jauh dari inlet konsentrasi *total suspended solid* semakin menurun dan akan meningkat lagi. Pada inlet kali Purwodadi didapatkan konsentrasi yang relatif sama tiap daerah pengamatan.

**Gambar 4.15** adalah peta isokonsentrasi *total suspended solid* pada 13 September 2017. Gambar tersebut menunjukkan hal yang hampir sama dengan hasil pengamatan pada 11 September 2017. Pada hari pengamatan 13 September 2017 didapatkan pada daerah belokan dan daerah ujung-ujung Boezem Morokrempangan Sisi Selatan terdapat konsentrasi yang tinggi. Hal tersebut mengindikasikan adanya *dead zone*. *Dead zone* terbentuk karena adanya aliran yang rendah (tenang) sehingga timbul adanya alga. Hal tersebut menyebabkan isokonsentrasi pada daerah pinggir Boezem tinggi. Pada inlet Kali Purwodadi menunjukkan adanya endapan di dekat inlet Kali Purwodadi sesuai dengan perhitungan tiap segmen pada sub bab sebelumnya yaitu segmen 1 dan 2. Konsentrasi *total suspended solid* akan menurun pada tengah boezem dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya jarak dengan inlet.

**Gambar 4.16** merupakan peta isokonsentrasi *total suspended solid* pada 15 September 2017. Gambar tersebut menunjukkan adanya dua daerah tumpukan sedimen yaitu daerah di dekat inlet dan daerah pinggir Boezem. Konsentrasi *total suspended solid* pada 15 September 2017 akan menurun pada tengah boezem dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya jarak dengan inlet. Berdasarkan Satwika (2011) pergerakan sedimen dipengaruhi oleh bentuk, ukuran dan *specific gravity* yang dipengaruhi oleh kecepatan dan turbulensi aliran. Akan tetapi pada **Gambar 4.16** konsentrasi dari tengah Boezem sampai ke outlet memiliki konsentrasi yang sama. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan oleh bentuk partikel sedimen yang sulit mengendap yaitu partikel flokulen dan lumpur biologis. Dari hal tersebut akan menyebabkan timbulnya *Bulking sludge* atau lumpur yang sulit mengendap, sehingga konsentrasi dari tengah Boezem sampai ke outlet menunjukkan konsentrasi yang sama.

Penurunan *total suspended solid* tersebut menunjukkan bahwa partikel sedimen yang memiliki diameter besar dan kecepatan sedimentasi tinggi akan mengendap terlebih dahulu. Hal tersebut sesuai dengan Vanoni (2009) bahwa pengendapan sedimen umumnya bermulanya pengendapan sedimen kasar di daerah hulu *reservoir*.

Peningkatan konsentrasi sedimen tersebut dapat terjadi karena adanya kandungan N dan P yang tinggi pada Boezem sehingga menimbulkan tumbuhnya alga dan ganggang pada Boezem. Hal tersebut dibuktikan pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Hananta (2010) bahwa konsentrasi N-organik dan P-total pada inlet Kali Greges, inlet Kali Purwodadi dan Outlet Boezem Morokrempangan adalah 18,773 mg/L, 18,038 mg/L, dan 16,668 mg/L serta untuk konsentrasi P-total yaitu 0,069 mg/L, 0,071 mg/L dan 0,041 mg/L. Konsentrasi P-total merupakan jumlah total fosfat baik partikulat maupun terlarut. Fosfat terlarut terdiri dari fosfat anorganik dan fosfat organik berupa orthofosfat dan polifosfat (Rumhayati, 2010). Fosfor diserap oleh alga dalam bentuk ortofosfat. Nitrogen organik terdiri dari protein dan urea (Effendi, 2003). Nitrogen akan diserap oleh alga dalam bentuk nitrat (Pandebesie dan Agustina, 2004). N-organik akan dioksidasi oleh bakteri untuk

menjadi nitrogen organik (nitrat dan ammonia) kemudian akan diserap oleh alga.

Nitrogen dan fosfat dibutuhkan oleh seluruh jaringan makhluk hidup, seperti untuk fotosintesis dan respirasi. Kandung nitrat lebih besar 10 mg/l dapat menyebabkan pertumbuhan yang pesat dari alga (*blooming algae*) (Retnosari, 1998). Karbon, nitrogen dan fosfor merupakan faktor lingkungan utama yang harus tersedia dalam pertumbuhan alga (Ali,2013). Dalam pengukuran *total suspended solid* alga atau ganggang tidak dapat dipisahkan dengan jumlah padatnya (lumpur). Oleh karena itu adanya alga atau ganggang dapat meningkatkan konsentrasi *total suspended solid* dalam perairan.

Pada perhitungan kecepatan aliran ( $V_h$ ) dan kecepatan *scouring* ( $V_{sc}$ ) pada sub bab sebelumnya diketahui bahwa aliran air tidak menyebabkan terjadinya *scouring/resuspensi* terhadap sedimen/lumpur yang telah mengendap. Akan tetapi, kondisi eksisting, kegiatan pengerukan setiap hari berpengaruh pada konsentrasi *total suspended solid*. Hal tersebut dikarenakan terjadinya turbulensi pada air sehingga dapat meningkatkan konsentrasi *total suspended solid*. Roswaty (2014) mengatakan bahwa *total suspended solid* dipengaruhi oleh adukan/turbulensi yang diakibatkan oleh kedinamisan kondisi perairan.

**Gambar 4.17 dan 4.18** merupakan pemetaan kedalaman Boezem Morokrempangan dengan pengukuran permukaan air sampai dengan permukaan sedimen pada kondisi eksisting (lapangan). **Gambar 4.17** menunjukkan kedalaman pada 13 September 2017 dan **Gambar 4.18** menunjukkan kedalaman pada 15 September 2017. Pada waktu pengukuran 11 September 2017 tidak dilakukan pemetaan kedalaman dikarenakan data lapangan yang tidak lengkap. Berdasarkan **Gambar 4.17** dapat dilihat bahwa kedalaman yang berasal dari inlet Kali Greges pada tepi Boezem menunjukkan paling rendah. Hal tersebut mengindikasikan jumlah sedimen yang mengendap pada titik tersebut memiliki jumlah yang besar. Disamping itu, kedalaman juga akan menurun dari inlet Kali Greges sampai ke tengah Boezem dan akan meningkat menuju ke outlet. Kedalaman dari inlet Kali Purwodadi menurun sampai ketengah Boezem dan akan meningkat

menuju ke outlet. Pemetaan kedalaman yang berasal dari inlet Kali Purwodadi menunjukkan daerah tepi dan didekat jembatan memiliki kedalaman yang rendah. Hal tersebut sesuai dengan isokonsentrasi total suspended solid di Boezem Morokrempangan pada hari pengamatan 11 September, 13 September dan 15 September.

Pada titik yang dilakukan pengerukan pada **Gambar 4.8** juga memiliki kedalaman yang tinggi. Hal tersebut terjadi karena adanya pengambilan sedimen pada kegiatan eksisting sehingga kedalaman air pada Boezem akan meningkat. Disamping itu, pada tepi Boezem juga diperoleh kedalaman yang rendah yang mengindikasikan adanya *dead zone* pada Boezem. Hal tersebut juga sesuai dengan pemetaan isokonsentrasi pada beberapa tepi Boezem memiliki konsentrasi *total suspended solid* yang tinggi.

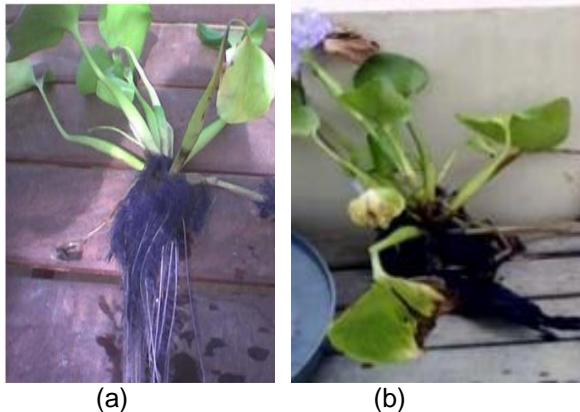
Berdasarkan analisis dapat diketahui bahwa persebaran sedimen berdasarkan konsentrasi *total suspended solid* dan kedalaman pada Boezem Morokrempangan menunjukkan kondisi yang dinamis yaitu mengalami penurunan dari inlet dan meningkat menuju ke outlet. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya pengerukan yang menyebabkan resuspensi sedimen yang telah mengendap dan adanya alga. Pada tepi Boezem juga menunjukkan adanya *dead zone* yang disebabkan oleh aliran air rendah dan adanya alga pada perairan.

#### **4.4 Rekomendasi Penanganan Sedimen**

Persebaran sedimen *Total suspended solid* (TSS) pada Boezem Morokrempangan yang menyebar menunjukkan kecenderungan bahwa sedimen pada Boezem akan mengendap didekat inlet atau hulu reservoir. Air limbah domestik yang masuk ke dalam Boezem Morokrempangan memiliki kandungan zat organik tinggi. Berdasarkan penelitian Gumilang (2010) dan Ratnawati (2011), rasio BOD dan COD dari inlet Kali Grege dan Kali Purwodadi memiliki nilai mendekati 0,5. Hal tersebut menunjukkan bahwa hampir 50% air limbah domestik yang masuk ke dalam Boezem merupakan *biodegradable* dan belum terolah.

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan salah satu tumbuhan air (gulma) yang ditemukan di Boezem

Morokrembangan. Eceng gondok memiliki akar serabut yang dapat mengumpulkan dan mengurangi kadar *Total suspended solid* dalam perairan tercemar (Ratnani, dkk., 2010). Berdasarkan penelitian Hakim (2012), Eceng Gondok yang diberikan air limbah dengan waktu 2 hari, 4 hari dan 6 hari memiliki efisiensi removal *Total Suspended Solid* (TSS) yaitu 37%, 61%, 79%. Ratnani, dkk (2010) menyatakan bahwa keunggulan dari eceng gondok adalah dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor dari air yang tercemar dan berpotensi untuk digunakan sebagai komponen utama pembersih air limbah dari berbagai industri dan rumah tangga. Kemampuan akar eceng gondok dalam menurunkan TSS pada akar dapat dilihat dalam **Gambar 4.12**.



Gambar 4. 12 Akar Eceng Gondok (a) Kondisi Bersih (b) Setelah Menurunkan TSS dan Bahan Organik (Pujawati, 2006)

Mekanisme dari penurunan TSS tersebut adalah eceng gondok memiliki kemampuan mempercepat evapotranspirasi sehingga dapat mengurangi kadar air di dalam air limbah. Evapotranspirasi tersebut juga mendukung laju pengambilan unsur hara yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis melalui bulu-bulu akarnya. Penyerapan unsur hara yang dilakukan merupakan simbiosis akar tanaman dengan mikroba rhizosfer, dimana akan terjadi penguraian zat-zat organik yang terdapat dalam air limbah (Lud Waluyo, 2009).

Dengan demikian zat-zat organik yang berupa sedimen akan menempel pada akar dari eceng gondok. Berdasarkan Rekomendasi Teknologi Kelautan dan Perikanan (2014) yang diterbitkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan, eceng gondok merupakan teknologi pengendalian secara fisik dan biologis. Eceng gondok dapat dimanfaatkan untuk mengurangi kadar polutan seperti TSS, COD, dan lainnya. Penanganan air limbah domestik dengan eceng gondok ini tentunya juga harus dilakukan pengendalian berupa pemanenan eceng gondok secara periodik. Hal tersebut sesuai dengan Utomo (2017) bahwa kisaran perkembangan eceng gondok yaitu 11-18 hari atau memiliki pertumbuhan berkisar 7,1 sampai 10% setiap bulannya.

Masing-masing bagian dalam eceng gondok ini dapat dimanfaatkan, antara lain batang dapat digunakan untuk industri kreatif sebagai kerajinan. Daun eceng gondok dapat digunakan untuk pakan ikan pada budidaya Ikan Koan dan akar eceng gondok yang dapat digunakan untuk kompos atau biogas. Sehingga teknologi menggunakan eceng gondok ini juga dapat mendukung pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yaitu mengoptimalkan manfaat dari sumber daya alam dan sumber daya manusia dengan menyasikan sumber alam dan manusia dalam pembangunan. Penggunaan teknologi dengan menggunakan eceng gondok ini juga harus dilengkapi dengan barrier atau pembatas pada bagian sisi sampingnya. Hal tersebut bertujuan agar pertumbuhan eceng gondok dapat dikendalikan dan dikelola dengan baik sehingga tidak menyebar luas di seluruh permukaan perairan. **Gambar 4.13** adalah contoh pemasangan barrier atau pembatas pada eceng gondok pada perairan.

Pada Boezem Morokrempangan, rekomendasi ini dapat diterapkan pada segmen Boezem tertentu. Berdasarkan segmen pada **Gambar 4.10**, dari inlet Kali Greges dapat diterapkan pada segmen 2 atau 3 dan dari inlet Kali Purwodadi pada segmen 1 dan 2. Hal tersebut berdasarkan pada sub bab sebelumnya yaitu pengendapan sedimen/lumpur yang maksimal berada pada segmen tersebut dan pemetaan kedalaman dari Boezem Morokrempangan. Sehingga dari rekomendasi lokasi penanganan dengan eceng

gondok tersebut, pengerukan dapat di fokuskan ke titik-titik didekat penanaman eceng gondok dan pada tepi bagoan Bpezem Morokrembangan sebagai daerah *dead zone*.



Gambar 4. 13 Pembatas untuk Eceng Gondok di Danau Limboto  
(Rekomendasi Teknologi Kelautan dan Perikanan, 2014)

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN  
BOEZEM MOROKREMBANGAN**

**Gambar 4.14 Peta Isokonsentrasi TSS 11  
September 2017**



Skala : 1:5,000

0 0.075 0.15

Kilometers

**KETERANGAN**

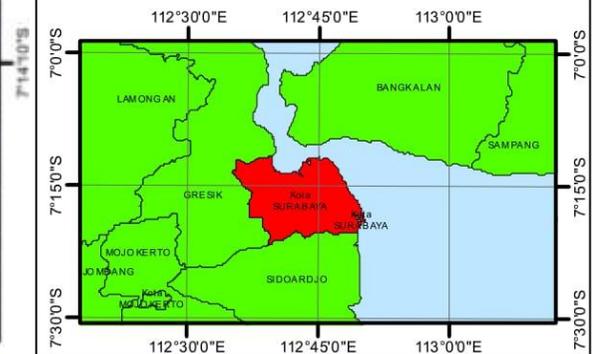
 Garis Kontur

 Area Penelitian



**Dibuat Oleh :**  
Rahmah Fitrianingtyas – 3314100008

**Dosen Pembimbing :**  
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN  
BOEZEM MOROKREMBANGAN**

**Gambar 4.15 Peta Isokonsentrasi TSS 13  
September 2017**



Skala : 1:5,000

0 0.075 0.15  
Kilometers

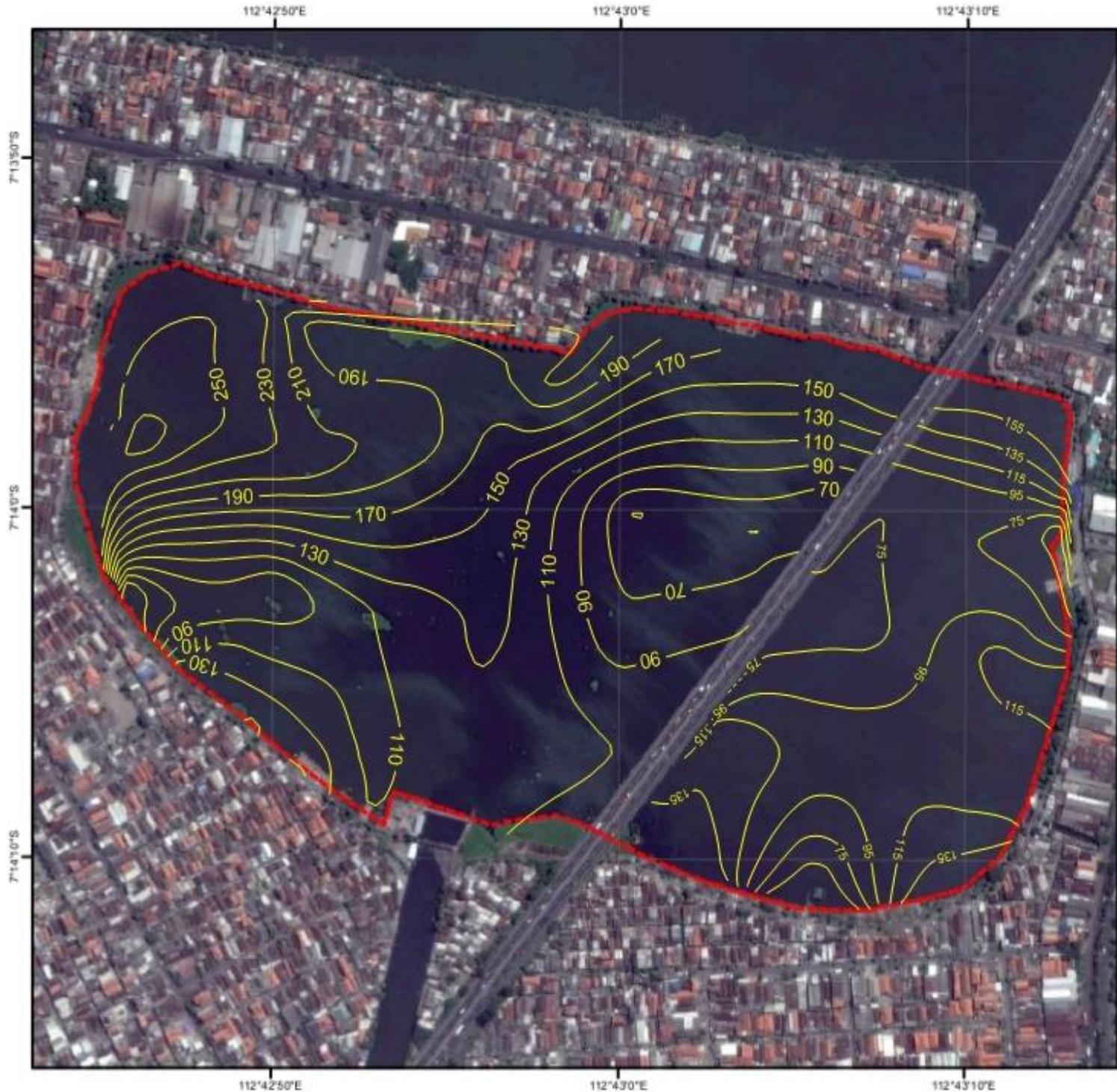
**KETERANGAN**

 Garis Kontur

 Area Penelitian

**Dibuat Oleh :**  
Rahmah Fitrianingtyas – 3314100008

**Dosen Pembimbing :**  
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc

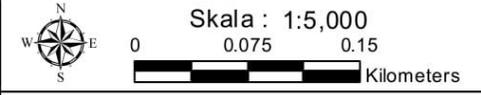


**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN  
 BOEZEM MOROKREMBANGAN**

**Gambar 4.16 Peta Isokonsentrasi TSS 15  
 September 2017**

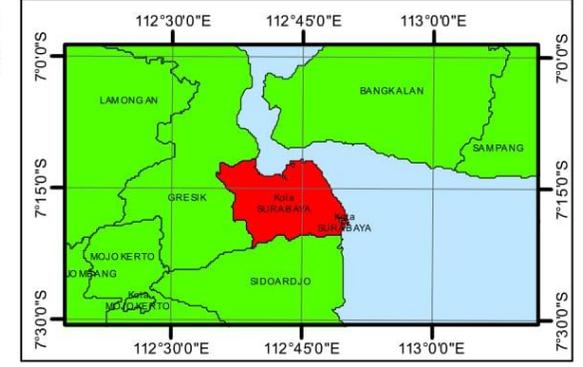


**KETERANGAN**

- Garis Kontur
- Area Penelitian

**Dibuat Oleh :**  
 Rahmah Fitrianingtyas – 3314100008

**Dosen Pembimbing :**  
 Dr. Ir. Aqus Slamet. Dipl. SE.. MSc



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN  
BOEZEM MOROKREMBANGAN**

**Gambar 4.17 Kedalaman Boezem  
Morokrengangan 15 September 2017**



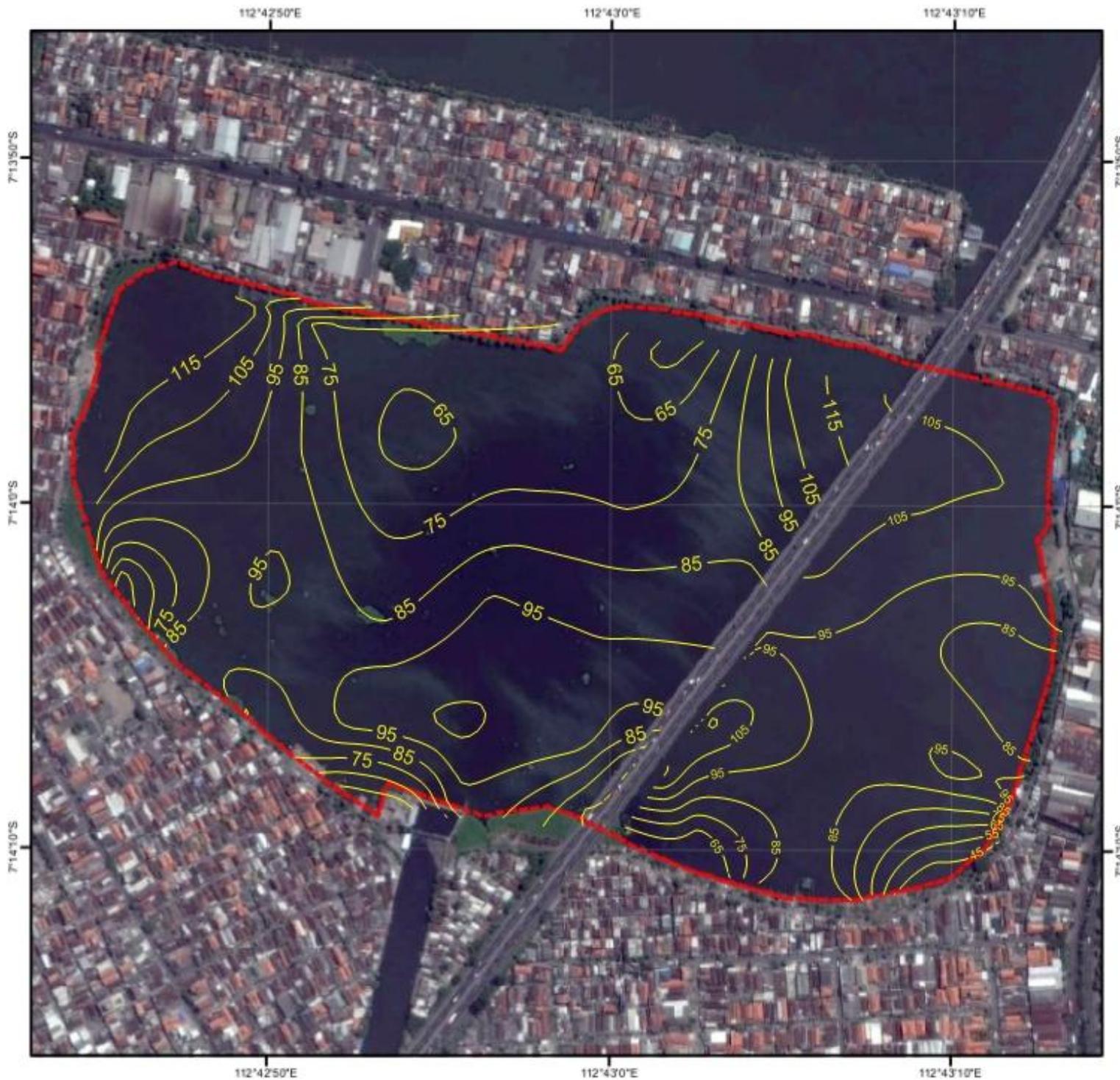
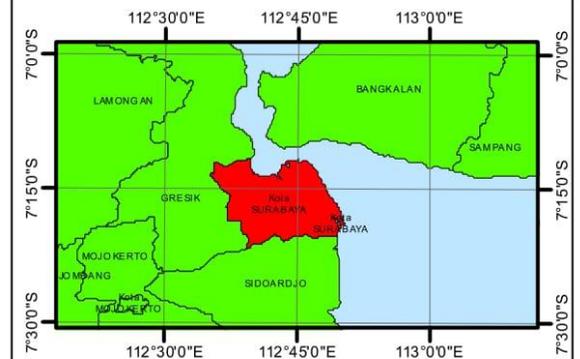
Skala : 1:5,000  
0 0.075 0.15  
Kilometers

**KETERANGAN**

- Garis Kontur
- Area Penelitian

**Dibuat Oleh :**  
Rahmah Fitrianingtyas – 3314100008

**Dosen Pembimbing :**  
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**STUDI PEMETAAN PERSEBARAN SEDIMEN  
 BOEZEM MOROKREMBANGAN**

**Gambar 4.18 Kedalaman Boezem  
 Morokrembangan 15 September 2017**



Skala : 1:5,000  
 0 0.075 0.15  
 Kilometers

**KETERANGAN**

 Garis Kontur

 Area Penelitian



**Dibuat Oleh :**  
 Rahmah Fitrianingtyas – 3314100008

**Dosen Pembimbing :**  
 Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl. SE., MSc



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Laju akumulasi lumpur berdasarkan pengukuran dengan metode *Imhoff cone* pada air Boezem Morokrengangan sisi selatan adalah 11010,30 sampai 12653,64 m<sup>3</sup>/tahun dan dengan metode *mass balance* adalah 4481,22 sampai 5150,04 m<sup>3</sup>/tahun.
2. Persebaran sedimen pada Boezem Morokrengangan Sisi Selatan mengalami perubahan yang dinamis yaitu terjadi penurunan dari inlet menuju tengah Boezem dan meningkat menuju ke outlet. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya pengerukan dan pertumbuhan alga. Pada tepi Boezem juga menunjukkan adanya *dead zone* yang disebabkan oleh aliran air rendah dan adanya alga pada perairan.

#### **5.2 Saran**

Beberapa saran yang berkaitan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengamatan persebaran sedimen juga dilakukan pada musim hujan.
2. Perlunya kajian lebih lanjut tentang transport sedimen berdasarkan ukuran partikel dan kedalaman boezem yang berbeda-beda untuk mengetahui faktor erosi pada persebaran sedimen.
3. Perlunya kajian lebih lanjut tentang pengelolaan sedimen sebelum air limbah domestik masuk ke dalam Boezem Morokrengangan Sisi Selatan sehingga pengurangan volume tampungan Boezem lebih rendah.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abuzar, S. S. 2010. **Sedimentasi**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Aditya, T., Soekarno, I., Setio, W. 2012. Analisis Efektifitas Kegiatan Pengerukan Untuk Pengendalian Sedimentasi Waduk Cirata. **Jurnal Teknik Sipil**. Institut Teknologi Bandung
- Alaerts, G., dan Sumestri, S. 1987. 1987. Surabaya : Usaha Nasional.
- Ali, M. 2013. **Degradasi Nitrat Limbah Domestik Dengan Alga Hijau (*Chlorella sp*)**. UPN Veteran Jawa Timur Surabaya.
- American Public Health Association (APHA). 1994. Standard Methods of the Examination of Water and Waste Water. 19th ed. AWWA. WEF. New York.
- Andriawati, I.D., Rispiningtati, Pitojo, P.T. 2015. "Efektifitas Kegiatan Pengerukan Sedimen Waduk Wonogiri Ditinjau Dari Nilai Ekonomi". **Jurnal Teknik Pengairan**. Vol 6 No. 1.
- Annandale, G. W., Gregory, L.M., Pravin, K. 2016. **Extending the Life of Reservoir; Sustainable Sediment Management of Dam and Run-of-River Hydropower**. World Bank Group.
- Asdak, C. 1995. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Gajahmada University Press. Yogyakarta.
- Chong, J., Kumi, A., Lenny, H. 2015. "Strengthening Local Governance Arrangements for Sanitation". **Aquatic Procedia**. doi: 10.1016/j.aqpro.2016.06.008.
- Crowe, C.T., Elger, D. F., Williams, B.C., Roberson, J.A. 2009. **Engineering Fluid Mechanics 9<sup>th</sup> Edition**. John Wiley & Sons, Inc.
- Eckenfelder, W. W. 1989. **Industrial Water Polution Control 2<sup>nd</sup> Ed**. New York : McGraw-Hill Publishing Company.
- Eckenfelder, W. W. 1991. **Principles of Water Quality Management**. Boston : CBI Publishing.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Kanisius.
- Fadhliannoor. 2015. Pemetaan Distribusi Nilai *Total suspended solid* (TSS) Menggunakan Algoritma Syarif

- Budiman di Perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Samarinda
- Farag, I. 1996. **Fluid Flow**. East Williston : New York.
- Fergusson, R.I. dan Church, M. 2004. "Sedimentation". **Journal of Sedimentary Research**. 933-937.
- Ghermandi, A. and Edna, F. 2015. "Cultural Ecosystem Services of Multifunctional Constructed Treatment Wetlands and Waste Stabilization Ponds : Time to Enter the Mainstream?". **Ecological Engineering**. 84 (2015) 615-623. doi:10.1016/j.ecoleng.2015.09.067.
- Golden Software. 2011. **Quick Start Guide : Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers**. Golden, Colorado, USA.
- Gumilang, R. 2010. Studi Penentuan Koefisien Biodegradasi Air Limbah Domestik Influen Boezem Morokrembangan. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Hakim, I.N. 2012. Pemanfaatan Eceng Gondok (Eicjornia Cassipes) sebagai Media Bioremediasi Terhadap Penurunan Kadar *Total suspended solid* (TSS). **Unnes Journal of Public Health**. Universitas Negeri Semarang.
- Hananta, A. C. 2010. Studi Kinerja Boezem Morokrembangan pada Penurunan Kandungan Nitrogen Organik dan Fosfat Total. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Hartati, P.B.S. 2012. Studi Kinerja Boezem Morokrembangan Pada Penurunan Kadar COD, TS dan TSS Dalam Air Limbah Domestik Perkotaan. Surabaya : Teknik Lingkungan ITS. **Makara, Sains**, Vol 9 No 2 45-51. Pusat Penelitian Oseanografi : LIPI.
- Hasriyani. 2010. Studi Kinerja Boezem Morokrembangan Pada Penurunan Kandungan *Total solid* dan Zat Organik Sebagai *Permanganate Value* (PV). Surabaya : Teknik Lingkungan ITS.
- Helfinalis. 2005. Kandungan *Total suspended solid* dan Sedimen di Dasar Perairan Panimbang.
- Herdianto, R. 2002. The Design of Geometry to Improve Algal Removal of Waste Stabilisation Pond. Master Thesis, Flinders University, Adelaide : Australia.

- Ifabiyi, I.P. 2008. "Self Purification of a Freshwater Stream in Ife-Ife: Lessons for Wastewater Stabilization Ponds". **Ecological Modelling**. 181 (2005): 39-57.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2014. **Rekomendasi Teknologi Kelautan dan Perikanan**. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan Kementrian Kelautan dan Perikanan Indonesia.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Kondolf, G. M., Yongxuan, G., George, w. A., George, L. M., Enhui, J. J. Z., Yongtao, C., Pail, C. Kaidao, F., Qingchao, G., Rollin H., Cristophe, P., Tetsuya, S., Hsiao, W., Zhongmei, W., Zhilin, W., Caiping, W., Chih, T.Y. 2014. "Sustainable Sediment Management in Reservoirs and Regulated Rivers : Experiences from Five Continents". **Research Article : AGU Publications**.
- Lud Waluyo, 2009. **Mikrobiologi Lingkungan**. Malang : UMM Press.
- Mangisu, D. 2009. Analisa Operasioanal Boezem dengan Fasilitas Pengatur Air yang Tersedia (Studi Kasus Boezem Morokrempangan). Tesis. Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Mara, D. 2003. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. London : Eatscan.
- Mat, 2010 in Milledge, J.J., Heaven, S. 2013. "A Review Of Harvesting of Micro-Algae for Biofuel Production". **Enviro Science Biotechnol**. 12: 165. doi:10.1007/s11157-012-9301-z.
- Melbourne Water. 2005. Water Sensitive Urban Design Engineering Procedures. **CSIRO Publishing**. Australia.
- Metcalf dan Eddy, Inc. 1991. **Wastewater Engineering : Treatment and Reuse, 3<sup>rd</sup> Edition**. New York. Mc-Graw Hill.
- Metcalf dan Eddy, Inc. 2003. **Wastewater Engineering : Treatment and Reuse, 4<sup>th</sup> Edition**. New York. Mc-Graw Hill.

- Metcalf dan Eddy, Inc. 2014. **Wastewater Engineering : Treatment and Reuse, 5<sup>th</sup> Edition**. New York. McGraw Hill.
- Moelyo, M., Januar, T., Bambang, P. 2012. "Pengaruh Kualitas Sedimen Dasar Terhadap Karakteristik Lingkungan Keairan, Studi Kasus Saluran Tarum Barat". **Jurnal Irigasi** Vol 7 No 1 Mei 2012.
- Morris, G. L dan Fan, J. 1998. **Reservoir Sedimentation Handbook; Design and Management of Damns, Reservoirs and Watersheds for Sustainable Use**. McGraw Hill Book Companies, Inc. USA.
- Pandebesie, E.S dan Susi Agustina, W. 2004. Inhibisi Nitrat Terhadap Pertumbuhan Algae Hijau (*Chlorella sp*). **Jurnal Rekayasa Perencanaan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**. UPN Veteran Jawa Timur.
- Pekerjaan Umum dan Pematusan Surabaya. 2007. Workshop Boezem Morokrengan. Surabaya.
- Pekerjaan Umum dan Pematusan Surabaya. 2012. Presentasi Boezem Morokrengan. Surabaya.
- Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai.
- Persson, J., Wittgren, H.B. 2003. "How Hydrological and Hydraulic Conditions Affect Performance of Ponds". **Ecology Engineering**. 21 (4e5) 259e269.
- PIANC. 2002. "Environmental Guidelines for Aquatic, Nearshore, and Upland Confined Disposal Facilities for Contaminated Dredged Material". **PIANC International**

- Navigation Association**, Working Group EnviCom 5 Report..
- Pujiwati, E.D. 2006. Pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Mart. Solm) Pada Air Bekas Penambangan Batu Bara. **Jurnal Hutan Tropis Borneo** No. 18.
- Rahman, H. 2008. Aplikasi Program 'Water Balance Model' untuk Manajemen Air Hujan Perkotaan: Studi Kasus Pada Sub-DAS Sugutamu, Jawa Barat, Indonesia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Ratnani, R.D., Gartati, I., Kurniasari, L. 2010. Pemanfaatan Eceng Gondok (*eichornia Crassipes*) untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demand), pH, Bau, dan Warna pada Limbah Cair Tahu. Laporan Penelitian Terapan. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Riansoni, Y. 2007. Aplikasi Model Renko Untuk Memprediksi Pola Pengendapan Lumpur Aktif di Sedimentasi Akhir Pada Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil. Tesis, Institut Pertanian Bogor.
- Retnosari, A.E.P. 1998. Dekonsentrasi Amonium dan Nitrat oleh Duceweed. Jurusan Teknik Lingkungan. Surabaya.
- Reynolds, T. D and Richards P.A. 1993. **Unit Operation and Unit Processes in Environmental Engineering**. California : Texas A&M University, Brook/Cole Engineering Division.
- Reynolds, T. D and Richards P.A. 1996. **Unit Operation and Unit Processes in Environmental Engineering**. California : Texas A&M University, Brook/Cole Engineering Division
- Roessiana, D,L., Setyadi, Sandy, B.H. 2014. Model Persamaan Faktor Koreksi pada Proses Sedimentasi dalam Keadaan Free Settling. **Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan** ISSN: 2085-1227. Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya
- Roswaty, S., Muskananfofa, M.R., Purnomo, P.W. 2014. Tingkat Sedimentasi di Muara Sungai Wedung Kecamatan Wedung, Demak. **Diponegoro Journal Of Maquares Management Of Aquatic Resources** Vol 2 Nomer 3.

- Rumhayati, B. 2010. Studi Senyawa Fosfat dalam Sedimen dan Air menggunakan Teknik *Diffusive Gradient in Thin Films* (DGT). **Jurnal Ilmu Dasar** Vol 11 No 2, Juli-2010.
- Satwika, 2012. Teknik Penanganan Sedimen Secara Kuratif pada Bagian Selatan Boezem Morokrembangan. Tesis. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Setyorini. 2006. Strategi Pemantauan Kawasan Boezem Morokrembangan dengan Pendekatan Partosipatif. Tesis. Jurusan Arsitektur FTSP ITS.
- Setiyadi, Lourentius, S., W. Ariella, E., M.S. Gede, P. 2013. Menentukan Persamaan Kecepatan Pengendapan Pada Sedimentasi. **Jurnal Widaya Teknik** ISSN 1412-7350. Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya.
- Septiana, T. 2011. Studi Laju Akumulasi Lumpur pada Boezem Morokrembangan. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- Siswanto, A.D. 2009. Analisa Distribusi *Total suspended solid* (TSS) Pasca Jembatan Suramadu. **Jurnal Kelautan**. Universitas Trunojoyo Madura.
- Soemarwoto, O. 1984. **Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri**. Jakarta : CV. Rajawali.
- Sojka, R. E., Carter, D.L., Brown, M. J. 1992. "Imhoff Cone Determination of Sediment in Irrigation Runoff". **Soil Science** 56 : 884-890.
- SNI 8066:2015. Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung. Badan Standar Nasional.
- Tatipata, W. H., Indratmo, S., Arwin, S., Sri, L. 2015. Analisis Volume Sedimen yang Mengendap Setelah T-Tahun Waduk Beroperasi (Studi Kasus: Waduk Cirata). **Jurnal Teknik Sipil** Vo; 22 No.3 ISSN 0853-2982.
- Thomas, D.S.G. dan Goudie, A. 2000. **The Dictionary of Physical Geography**. Blackwell. Oxford
- Trilita. 2010. Karakteristik Aliran dan Sedimentasi di Pertemuan Sungai. Distertasi. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS. Surabaya
- Utomo, A.W. 2017. Merajut Hidup dari Bengok : Pola-Pola Pemanfaatan Bengok (Eceng Gondok) di Sekitar Danau Rawa Pening dalam Prespektif Pembangunan Berkelanjutan. **Jurnal Cakrawala** ISSN 1693 6248.

- Vanoni, V. A. 2006. **Sementation Engineering**. American Society of Civil Engineers : Vorgania.
- Wulandari, D. A. 2007. "Penangananana Sedimentasi Waduk Mrica". **Ilmiah Teknik Keairan** Vol 13, No 4 Desember 2007
- Yuwono, E dan Muhammad S. 2015. "Kajian Pengerukan Waduk Sengguruh Kepanjen Kabupaten Malang". **Jurnal Teknologi Terpadu** No. 1 Vol. 2

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## Lampiran A Prosdur Analisis Laboratorium

### - Analisa *Total suspended solid* (TSS)

Alat dan Bahan :

1. Larutan sampel yang akan dianalisis
2. *Furnace* dengan suhu 550°C
3. Oven dengan suhu 105°C
4. Cawan porselin 50 ml
5. Timbangan analitis
6. Desikator
7. Cawan petridis
8. Kertas saring
9. *Vacum filter*

Prosedur Analisis :

1. Cawan porselin dibakar dengan suhu 550°C selama 1 jam, setelah itu dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 15 jam.
2. Masukkan kertas saring ke oven 105°C selama 1 jam.
3. Cawan dan kertas saring di atas didinginkan dalam desikator selama 15 menit.
4. Timbang cawan dan kertas saring dengan timbangan analitis (e mg).
5. Letakkan kertas saring yang telah ditimbang pada vacuum filter.
6. Tuangkan 25 ml sampel di atas filter yang telah dipasang pada vacuum filter, volume sampel yang digunakan ini tergantung dari kepekatannya, catat volume sampel (g ml).
7. Letakkan kertas saring pada cawan Petridis dan masukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam.
8. Dinginkan didalam desikator selama 15 menit.
9. Timbang dengan timbangan analitis (f mg).
10. Hitung jumlah TSS dengan rumus berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = ((f-e)/g) \times 1000 \times 1000$$

dimana: e = cawan kosong setelah difurnace 550°C dan dioven 105°C

f = cawan dan residu setelah dioven 105°C

g = volume sampel

- **Analisis TS (*Total solids*)**

Alat dan Bahan :

1. Larutan sampel yang akan dianalisis (25 ml)
2. *Furnace* dengan suhu 550°C
3. Oven dengan suhu 105°C
4. Cawan porselin
5. Timbangan analitis
6. Desikator

Prosedur Analisis :

1. Cawan dimasukkan *furnace* 550°C selama 1 jam, setelah itu masukkan ke dalam oven 105°C selama 15 menit.
2. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit.
3. Timbang dengan timbangan analitis (a mg).
4. Tuangkan sampel sebanyak 25 mL ke dalam cawan yang telah ditimbang, catat volume sampel (c mL).
5. Masukkan dalam oven 105°C selama 24 jam.
6. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit.
7. Timbang dengan timbangan analitis (b mg).
8. Hitung jumlah zat padat total dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Zat padat total (mg/l)} = ((b-a)/c) \times 1000 \times 1000$$

dimana: a = cawan kosong setelah difurnace 550°C

dan dioven 105°C

b = cawan dan residu setelah dioven 105°C

c = volume sampel

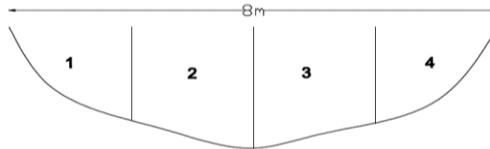
## Lampiran B Hasil Pengukuran Debit Air

Perhitungan debit tiap saluran ini berdasarkan SNI 8066:2015 dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Membagi saluran menjadi beberapa segmen.
2. Menghitung luas penampang basah saluran dengan mengukur kedalaman saluran.
3. Menghitung kecepatan aliran air tiap segmen.
4. Menghitung debit tiap segmen.
5. Hasil debit saluran merupakan akumulasi dari debit tiap segmen.

Berikut ini adalah contoh perhitungan debot saluran Kali Purwodadi pada waktu pengukuran 20 September 2017 saat pagi hari.

1. Membagi segmen saluran Kali Purwodadi menjadi 4 bagian dengan gambar sebagai berikut.



**Gambar L. 1 Penampang Basah Saluran Kali Purwodadi**

Panjang total saluran adalah 8 m dan tiap segmen dibagi dengan panjang masing-masing 2 m.

2. Melakukan pengukuran kedalaman saluran dilapangan, kemudian menghitung luas penampang basah sebagai berikut. Luas penampang basah segmen 1 dan 4 dihitung dengan luas segitiga dan segmen 2 dan 3 dihitung dengan luas trapezium.

Luas penampang segmen 1

$$= \frac{1}{2} x a x t = \frac{1}{2} x 2 m x 0,46 m = 0,46 m^2$$

Luas penampang segmen 2

$$= \frac{1}{2} x (a + b) x t = \frac{1}{2} x (0,46 m + 0,47 m) x 2 m =$$

$$0,94 m^2$$

Luas penampang segmen 3

$$= \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times (0,47 \text{ m} + 0,15 \text{ m}) \times 2 \text{ m} = 0,63 \text{ m}^2$$

Luas penampang segmen 4

$$= \frac{1}{2} \times a \times t = \frac{1}{2} \times 2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} = 0,15 \text{ m}^2$$

3. Menghitung kecepatan aliran setiap segmen.

Kecepatan pada segmen 2

$$v = \frac{L}{t} = \frac{1 \text{ m}}{12 \text{ detik}} = 0,083 \text{ m/detik}$$

Kecepatan pada segmen 2

$$v = \frac{L}{t} = \frac{1 \text{ m}}{12 \text{ detik}} = 0,083 \text{ m/detik}$$

Kecepatan pada segmen 3

$$v = \frac{L}{t} = \frac{1 \text{ m}}{23 \text{ detik}} = 0,043 \text{ m/detik}$$

Kecepatan pada segmen 4

$$v = \frac{L}{t} = \frac{1 \text{ m}}{23 \text{ detik}} = 0,043 \text{ m/detik}$$

4. Menghitung debit tiap segmen. Koreksi alat pelampung dalam pengukuran debit adalah 0,95.

Debit pada segmen 1

$$Q_1 = k \times A \times v = 0,95 \times 0,46 \text{ m}^2 \times 0,079 \text{ m/detik} \\ = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit pada segmen 2

$$Q_2 = k \times A \times v = 0,95 \times 0,94 \text{ m}^2 \times 0,079 \text{ m/detik} \\ = 0,07 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit pada segmen 3

$$Q_3 = k \times A \times v = 0,95 \times 0,63 \text{ m}^2 \times 0,041 \text{ m/detik} \\ = 0,03 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit pada segmen 4

$$Q_4 = k \times A \times v = 0,95 \times 0,15 \text{ m}^2 \times 0,041 \text{ m/detik} \\ = 0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

5. Menghitung debit saluran dnegan menjumlah debit tiap segmen.

Total debit Kali Purwodadi

$$= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\ = 0,04 + 0,07 + 0,03 + 0,01 \\ = 0,14 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel L. 1 Hasil Pengukuran Debit Tiap Saluran

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
20-Sep-17	Pagi	Kali Purwodadi	1	0,083	0,46	0,04	0,14
			2	0,083	0,94	0,07	
			3	0,043	0,63	0,03	
			4	0,043	0,15	0,01	
		Kali Greges	1	0,043	3,91	0,16	1,62
			2	0,038	8,89	0,32	
			3	0,067	9,44	0,60	
			4	0,063	7,04	0,42	
			5	0,048	2,58	0,12	
		Outlet	1	0,143	0,56	0,08	3,08
			2	0,143	3,11	0,42	
			3	0,200	6,16	1,17	
			4	0,200	6,16	1,17	
			5	0,100	2,55	0,24	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
	Siang	Kali Purwodadi	1	0,029	0,46	0,01	0,09
			2	0,042	0,94	0,04	
			3	0,050	0,69	0,03	
			4	0,050	0,21	0,01	
		Kali Greges	1	0,067	3,01	0,19	1,57
			2	0,063	8,00	0,47	
			3	0,100	7,13	0,68	
			4	0,053	3,08	0,15	
			5	0,083	0,92	0,07	
		Outlet	1	0,050	0,49	0,02	2,03
			2	0,111	3,07	0,32	
			3	0,167	5,40	0,85	
			4	0,143	4,90	0,67	
			5	0,083	2,09	0,17	
		Sore	Kali Purwodadi	1	0,100	0,53	0,05
	2			0,125	1,10	0,13	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
21-Sep-17	Pagi	Kali Greges	3	0,100	0,89	0,08	1,67
			4	0,100	0,33	0,03	
			1	0,111	2,80	0,30	
			2	0,063	6,12	0,36	
			3	0,100	6,92	0,66	
		Outlet	4	0,053	4,92	0,25	0,96
			5	0,083	1,32	0,10	
			1	0,067	0,60	0,04	
			2	0,067	3,03	0,19	
			3	0,045	6,39	0,28	
		Kali Purwodadi	4	0,050	6,47	0,31	0,15
			5	0,063	2,51	0,15	
			1	0,100	0,46	0,04	
			2	0,063	0,86	0,05	
					3	0,083	0,63
			4	0,050	0,22	0,01	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
		Kali Greges	1	0,143	1,85	0,25	4,97
			2	0,250	6,58	1,56	
			3	0,200	7,93	1,51	
			4	0,250	6,15	1,46	
			5	0,067	2,95	0,19	
		Outlet	1	0,167	0,41	0,06	2,04
			2	0,167	2,27	0,36	
			3	0,143	4,64	0,63	
			4	0,143	5,40	0,73	
			5	0,100	2,62	0,25	
	Siang	Kali Purwodadi	1	0,063	0,43	0,03	0,16
			2	0,071	0,96	0,07	
			3	0,071	0,79	0,05	
			4	0,071	0,26	0,02	
		Kali Greges	1	0,050	4,92	0,23	1,71
			2	0,063	9,32	0,55	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			3	0,067	7,78	0,49	
			4	0,053	6,27	0,31	
			5	0,042	2,89	0,11	
		Outlet	1	0,111	0,52	0,06	1,32
			2	0,111	2,46	0,26	
			3	0,083	5,78	0,46	
			4	0,067	6,28	0,40	
			5	0,067	2,43	0,15	
	Sore	Kali Purwodadi	1	0,045	0,55	0,02	0,16
			2	0,091	0,94	0,08	
			3	0,050	0,73	0,03	
			4	0,050	0,35	0,02	
		Kali Greges	1	0,250	2,12	0,50	8,88
			2	0,500	6,43	3,05	
			3	0,250	8,73	2,07	
			4	0,333	7,35	2,33	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
22-Sep-17	Pagi	Outlet	5	0,333	2,92	0,93	1,09
			1	0,020	1,33	0,02	
			2	0,200	4,10	0,78	
			3	0,020	6,73	0,13	
			4	0,020	6,39	0,12	
		Kali Purwodadi	5	0,020	2,43	0,05	0,08
			1	0,029	0,47	0,01	
			2	0,022	1,05	0,02	
			3	0,036	0,89	0,03	
		Kali Greges	4	0,036	0,32	0,01	2,31
			1	0,100	2,34	0,22	
			2	0,100	6,03	0,57	
			3	0,091	7,87	0,68	
		Outlet	4	0,100	6,92	0,66	4,09
			5	0,067	2,74	0,17	
			1	0,167	2,09	0,33	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			2	0,167	5,09	0,81	
			3	0,333	6,16	1,95	
			4	0,125	5,44	0,65	
			5	0,167	2,28	0,36	
	Siang	Kali Purwodadi	1	0,063	0,75	0,04	0,17
			2	0,043	1,53	0,06	
			3	0,042	1,16	0,05	
			4	0,042	0,38	0,01	
		Kali Greges	1	0,040	3,01	0,11	1,12
			2	0,040	6,70	0,25	
			3	0,042	8,39	0,33	
			4	0,036	8,46	0,29	
			5	0,036	3,75	0,13	
		Outlet	1	0,031	1,17	0,03	0,81
			2	0,031	4,25	0,13	
			3	0,036	7,69	0,26	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			4	0,038	7,92	0,29	
			5	0,031	3,31	0,10	
	Sore	Kali Purwodadi	1	0,083	0,61	0,05	0,25
			2	0,100	1,21	0,11	
			3	0,077	0,91	0,07	
			4	0,077	0,32	0,02	
			5	0,083	0,61	0,05	
		Kali Greges	1	0,111	2,00	0,21	2,00
			2	0,091	5,26	0,45	
			3	0,100	6,95	0,66	
			4	0,083	6,12	0,48	
			5	0,083	2,43	0,19	
		Outlet	1	0,111	3,92	0,41	2,08
			2	0,100	7,73	0,73	
			3	0,100	6,28	0,60	
			4	0,100	2,99	0,28	
			5	0,100	0,52	0,05	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
23-Sep-17	Pagi	Kali Purwodadi	1	0,100	0,55	0,05	0,25
			2	0,100	1,07	0,10	
			3	0,091	0,85	0,07	
			4	0,083	0,34	0,03	
		Kali Greges	1	0,111	2,64	0,28	1,70
			2	0,091	7,10	0,61	
			3	0,056	8,24	0,43	
			4	0,048	6,00	0,27	
			5	0,048	2,21	0,10	
		Outlet	1	0,091	1,29	0,11	1,66
			2	0,091	3,30	0,28	
			3	0,111	5,70	0,60	
			4	0,077	6,96	0,51	
			5	0,050	3,27	0,16	
		Siang	Kali Purwodadi	1	0,077	0,45	0,03
	2			0,056	1,11	0,06	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			3	0,071	0,94	0,06	
			4	0,071	0,28	0,02	
		Kali Greges	1	0,067	3,38	0,21	1,89
			2	0,111	7,29	0,77	
			3	0,050	7,60	0,36	
			4	0,059	6,77	0,38	
			5	0,059	3,08	0,17	
		Outlet	1	0,091	1,10	0,09	1,46
			2	0,091	3,64	0,31	
			3	0,077	7,34	0,54	
			4	0,048	8,83	0,40	
			5	0,029	4,03	0,11	
	Sore	Kali Purwodadi	1	0,063	0,64	0,04	0,21
			2	0,063	1,25	0,07	
			3	0,071	0,95	0,06	
			4	0,091	0,34	0,03	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
24-Sep-17	Pagi	Kali Greges	1	0,067	1,97	0,12	1,51
			2	0,059	5,75	0,32	
			3	0,056	7,04	0,37	
			4	0,077	6,37	0,47	
			5	0,077	3,11	0,23	
		Outlet	1	0,036	3,23	0,11	0,88
			2	0,040	7,31	0,28	
			3	0,033	7,57	0,24	
			4	0,048	4,60	0,21	
			5	0,048	1,10	0,05	
		Kali Purwodadi	1	0,048	0,70	0,03	0,15
			2	0,038	1,47	0,05	
			3	0,042	1,19	0,05	
			4	0,042	0,42	0,02	
		Kali Greges	1	0,083	3,38	0,27	1,85
2	0,056		8,24	0,43			

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			3	0,048	9,56	0,43	
			4	0,071	7,63	0,52	
			5	0,071	2,92	0,20	
		Outlet	1	0,030	1,71	0,05	1,67
			2	0,071	4,25	0,29	
			3	0,111	6,09	0,64	
			4	0,071	6,85	0,46	
			5	0,071	3,31	0,22	
	Siang	Kali Purwodadi	1	0,032	0,62	0,02	0,11
			2	0,040	1,31	0,05	
			3	0,030	1,09	0,03	
			4	0,030	0,40	0,01	
		Kali Greges	1	0,111	3,14	0,33	2,32
			2	0,091	8,12	0,70	
			3	0,091	9,44	0,82	
			4	0,050	7,20	0,34	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			5	0,050	2,74	0,13	
		Outlet	1	0,063	1,71	0,10	2,65
			2	0,125	4,41	0,52	
			3	0,143	7,61	1,03	
			4	0,111	7,15	0,76	
			5	0,111	2,24	0,24	
	Sore	Kali Purwodadi	1	0,042	0,62	0,02	0,14
			2	0,048	1,26	0,06	
			3	0,050	1,00	0,05	
			4	0,045	0,36	0,02	
		Kali Greges	1	0,050	3,32	0,16	1,43
			2	0,050	7,93	0,38	
			3	0,048	9,10	0,41	
			4	0,048	7,60	0,34	
			5	0,048	3,11	0,14	
		Outlet	1	0,071	1,25	0,08	1,14

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
25-Sep-17	Pagi	Kali Purwodadi	2	0,071	4,06	0,28	0,28
			3	0,059	6,77	0,38	
			4	0,053	6,47	0,32	
			5	0,032	2,51	0,08	
			1	0,048	0,66	0,03	
		Kali Greges	2	0,083	1,34	0,11	1,22
			3	0,111	1,02	0,11	
			4	0,100	0,34	0,03	
			1	0,040	3,17	0,12	
			2	0,033	7,35	0,23	
		Outlet	3	0,045	7,93	0,34	4,24
			4	0,063	6,30	0,37	
			5	0,063	2,55	0,15	
			1	0,200	3,58	0,68	
			2	0,167	8,37	1,33	
			3	0,250	6,62	1,57	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			4	0,200	2,65	0,50	
			5	0,200	0,83	0,16	
	Siang	Kali Purwodadi	1	0,083	0,71	0,06	0,37
			2	0,143	1,37	0,19	
			3	0,100	1,01	0,10	
			4	0,091	0,35	0,03	
			5	0,050	1,88	0,09	
		Kali Greges	1	0,042	2,74	0,11	1,04
			2	0,033	7,20	0,23	
			3	0,040	8,64	0,33	
			4	0,050	6,06	0,29	
			5	0,050	1,88	0,09	
		Outlet	1	0,143	3,61	0,49	3,08
			2	0,167	7,61	1,21	
			3	0,143	6,16	0,84	
			4	0,143	3,11	0,42	
			5	0,143	0,94	0,13	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
26-Sep-17	Sore	Kali Purwodadi	1	0,100	0,56	0,05	0,41
			2	0,143	1,22	0,16	
			3	0,143	1,03	0,14	
			4	0,143	0,38	0,05	
		Kali Greges	1	0,077	2,18	0,16	2,93
			2	0,143	5,87	0,80	
			3	0,125	7,38	0,88	
			4	0,143	6,03	0,82	
			5	0,125	2,34	0,28	
		Outlet	1	0,043	2,39	0,10	3,60
			2	0,167	6,62	1,05	
			3	0,125	9,06	1,08	
			4	0,125	8,91	1,06	
			5	0,083	4,07	0,32	
		26-Sep-17	Pagi	Kali Purwodadi	1	0,063	0,64
2	0,071				1,32	0,09	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			3	0,063	1,06	0,06	
			4	0,091	0,38	0,03	
		Kali Greges	1	0,045	3,44	0,15	2,12
			2	0,038	8,00	0,29	
			3	0,091	8,67	0,75	
			4	0,111	6,95	0,73	
			5	0,071	2,83	0,19	
		Outlet	1	0,059	1,67	0,09	3,18
			2	0,143	4,60	0,62	
			3	0,167	7,57	1,20	
			4	0,143	7,95	1,08	
			5	0,059	3,31	0,18	
	Siang	Kali Purwodadi	1	0,045	0,60	0,03	0,15
			2	0,056	1,36	0,07	
			3	0,038	1,10	0,04	
			4	0,038	0,34	0,01	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
		Kali Greges	1	0,083	3,14	0,25	1,73
			2	0,059	7,38	0,41	
			3	0,063	8,79	0,52	
			4	0,063	6,92	0,41	
			5	0,063	2,37	0,14	
		Outlet	1	0,063	1,13	0,07	0,93
			2	0,071	3,26	0,22	
			3	0,063	5,97	0,35	
			4	0,038	5,86	0,21	
			5	0,036	2,01	0,07	
	Sore	Kali Purwodadi	1	0,143	0,71	0,10	0,37
			2	0,125	1,37	0,16	
			3	0,083	1,07	0,08	
			4	0,077	0,41	0,03	
		Kali Greges	1	0,077	3,17	0,23	2,72
			2	0,083	7,32	0,58	

Hari / Tanggal	Waktu	Titik	Segmen	V (m/s)	Luas Penampang Basah (m <sup>2</sup> )	Debit / Segmen (m <sup>3</sup> /s)	Debit Total (m <sup>3</sup> /s)
			3	0,125	8,33	0,99	
			4	0,083	7,53	0,60	
			5	0,100	3,35	0,32	
		Outlet	1	0,045	1,86	0,08	3,04
			2	0,143	4,67	0,63	
			3	0,167	6,81	1,08	
			4	0,125	7,76	0,92	
			5	0,091	3,77	0,33	

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**Lampiran C**  
**Total solid Awal (Co), Total solid Akhir (Ce) Dan Total suspended solid**

Tabel L. 2 Hasil Pengukuran Analisa Total solid Awal (Co), Total solid Akhir (Ce) dan Total suspended solid

Tanggal	Waktu	Lokasi	TS Awal			TS Akhir			TSS		
			Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	TSS
<b>20-Sep-17</b>	Pagi	Purwodadi	34,5114	34,5285	684	30,6868	30,7034	664	0,1727	0,1748	84
		Greges	32,6588	32,6844	1024	30,8124	30,8357	932	0,1712	0,1731	76
		Outlet	30,1104	30,1481	1508	34,1704	34,2029	1300	0,1735	0,1741	24
	Siang	Purwodadi	35,0818	35,1046	912	30,6573	30,6771	792	0,1716	0,1724	32
		Greges	28,0126	28,0436	1240	33,272	33,3027	1228	0,1684	0,1688	16
		Outlet	31,4357	31,4742	1540	34,4467	34,482	1412	0,1664	0,1675	44
	Sore	Purwodadi	33,874	33,9116	1504	31,0486	31,0857	1484	0,1697	0,1707	40
		Greges	31,8155	31,8453	1192	29,5956	29,6232	1104	0,1724	0,1741	68
		Outlet	34,1927	34,2136	836	27,2008	27,2191	732	0,1694	0,171	64
<b>21-Sep-17</b>	Pagi	Purwodadi	28,1703	28,1919	864	31,8545	31,8722	708	0,1779	0,1802	92
		Greges	28,9851	29,0126	1100	35,0755	35,1	980	0,162	0,1651	124

Tanggal	Waktu	Lokasi	TS Awal			TS Akhir			TSS		
			Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	TSS
<b>22-Sep-17</b>	Siang	Outlet	35,0618	35,0973	1420	33,6345	33,6692	1388	0,1719	0,1735	64
		Purwodadi	32,6662	32,6882	880	30,6853	30,7064	844	0,1714	0,1724	40
		Greges	29,6682	29,7028	1384	31,3347	31,3669	1288	0,1695	0,1706	44
	Sore	Outlet	28,7693	28,8013	1280	28,1706	28,1992	1144	0,1674	0,1688	56
		Purwodadi	31,8223	31,855	1308	34,5103	34,5346	972	0,1675	0,1682	28
		Greges	27,4593	27,4962	1476	32,6647	32,694	1172	0,166	0,1683	92
	Pagi	Outlet	33,3013	33,3334	1284	39,3481	39,3773	1168	0,1707	0,173	92
		Purwodadi	31,9485	31,9737	1008	27,4598	27,4833	940	0,1791	0,1805	56
		Greges	28,0211	28,0465	1016	28,0205	28,0426	884	0,1758	0,1787	116
	Siang	Outlet	29,6117	29,63	1220	27,6682	27,6966	1136	0,174	0,1774	136
		Purwodadi	33,8791	33,8992	804	33,8782	33,8951	676	0,1754	0,1771	68
		Greges	31,8237	31,8603	1464	31,8215	31,8542	1308	0,1802	0,1838	144
	Sore	Outlet	34,2024	34,2403	1516	34,2027	34,2358	1324	0,1757	0,1797	160
		Purwodadi	29,9274	29,9472	792	30,438	30,4535	620	0,1776	0,1812	144
		Greges	28,7146	28,7424	1112	34,4961	34,5221	1040	0,1699	0,1729	120

Tanggal	Waktu	Lokasi	TS Awal			TS Akhir			TSS		
			Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	TSS
23-Sep-17	Pagi	Outlet	35,0635	35,1034	1596	35,6276	35,6611	1340	0,1706	0,1739	132
		Purwodadi	35,0675	35,0915	960	31,3373	31,3536	652	0,1806	0,184	136
		Greges	36,0647	36,1059	1648	29,6614	29,7003	1556	0,1758	0,1789	124
	Siang	Outlet	31,6491	31,6846	1420	28,7756	28,8083	1308	0,1716	0,175	136
		Purwodadi	31,3259	31,3576	1268	31,8273	31,8444	684	0,1759	0,1787	112
		Greges	34,3259	34,3578	1276	35,0824	35,1102	1112	0,1802	0,1832	120
		Outlet	28,4595	28,4927	1328	33,3036	33,3332	1184	0,1658	0,1693	140
		Sore	Purwodadi	28,7727	28,8025	1192	31,951	31,9709	796	0,1736	0,1769
24-Sep-17	Pagi	Greges	31,8617	31,8935	1272	30,108	30,1355	1100	0,172	0,1757	148
		Outlet	32,7866	32,8165	1196	34,4549	34,4812	1052	0,1808	0,1848	160
		Purwodadi	33,2661	33,286	796	27,8046	27,8229	732	0,1653	0,1688	140
	Siang	Greges	39,3429	39,3664	940	30,0975	30,117	780	0,1762	0,1801	156
		Outlet	30,659	30,6902	1248	33,302	33,3322	1208	0,1701	0,1725	96
		Purwodadi	31,0503	31,0688	740	35,0658	35,0835	708	0,1689	0,1712	92
		Greges	29,5931	29,6144	852	31,9534	31,9738	816	0,1724	0,1752	112

Tanggal	Waktu	Lokasi	TS Awal			TS Akhir			TSS		
			Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	TSS
25-Sep-17	Sore	Outlet	27,199	27,2282	1168	30,153	30,1591	244	0,1696	0,1725	116
		Purwodadi	29,6169	29,6357	752	37,2304	37,2476	688	0,1716	0,175	136
		Greges	31,8513	31,8756	972	29,3022	29,325	912	0,1671	0,1702	124
	Pagi	Outlet	28,9822	29,0122	1200	28,4744	28,5037	1172	0,1739	0,177	124
		Purwodadi	33,6325	33,6515	760	35,0651	35,0835	736	0,1655	0,1692	148
		Greges	30,6825	30,717	1380	28,9841	29,0152	1244	0,1607	0,1636	116
	Siang	Outlet	31,9445	31,9785	1360	33,6384	33,667	1144	0,171	0,1734	96
		Purwodadi	30,097	30,1201	924	30,6888	30,705	648	0,193	0,196	120
		Greges	29,6068	29,6377	1236	28,7217	28,7505	1152	0,1988	0,202	128
	Sore	Outlet	27,7968	27,8287	1276	35,6373	35,6616	972	0,1884	0,1913	116
		Purwodadi	29,2989	29,3212	892	32,3054	32,3188	536	0,1926	0,1958	128
		Greges	30,1188	30,1901	2852	34,6483	34,6785	1208	0,1834	0,188	184
26-Sep-17	Pagi	Outlet	31,656	31,6811	1004	33,1158	33,1403	980	0,1938	0,1976	152
		Purwodadi	28,7086	28,7338	1008	36,0773	36,0931	632	0,1931	0,1964	132
		Greges	35,6227	35,6555	1312	29,3712	29,3929	868	0,1971	0,2004	132

Tanggal	Waktu	Lokasi	TS Awal			TS Akhir			TSS		
			Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	TSS
		Outlet	34,4894	34,5283	1556	28,4713	28,5022	1236	0,1975	0,2011	144
	Siang	Purwodadi	39,3386	39,3621	940	30,8164	30,8304	560	0,1905	0,1938	132
		Greges	31,6436	31,6735	1196	34,1772	34,197	792	0,1985	0,2023	152
		Outlet	36,06	36,1024	1696	30,6676	30,698	1216	0,1831	0,1867	144
	Sore	Purwodadi	29,3596	29,3799	812	31,0599	31,0629	120	0,1895	0,193	140
		Greges	28,4567	28,4825	1032	29,599	29,6224	936	0,1882	0,1918	144
		Outlet	30,804	30,8539	1996	31,8601	31,8975	1496	0,1824	0,1862	152

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## Lampiran D

### Hasil Pengukuran Imhoffcone Akumulasi Lumpur

Tabel L. 3 Hasil Pengukuran Imhoffcone Kali Purwodadi

Tanggal	Waktu								
	Pagi			Siang			Sore		
	h1	h2	$\Delta h$	h1	h2	$\Delta h$	h1	h2	$\Delta h$
20-Sep-17	0	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1	0	1,5	1,5
21-Sep-17	0	0,4	0,4	0	0,3	0,3	0,2	1,5	1,3
22-Sep-17	0,1	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0	0,3	0,3
23-Sep-17	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0	0,7	0,7
24-Sep-17	0,1	0,2	0,1	0,1	0,4	0,3	0,1	0,4	0,3
25-Sep-17	0,1	1,3	1,2	0,2	1	0,8	0,1	1,7	1,6
26-Sep-17	0,1	0,7	0,6	0,3	1,4	1,1	0,1	1,5	1,4

Tabel L. 4 Hasil Pengukuran *Imhoff cone* Kali Greges

Tanggal	Waktu								
	Pagi			Siang			Sore		
	h1	h2	$\Delta h$	h1	h2	$\Delta h$	h1	h2	$\Delta h$
20-Sep-17	0,1	1,2	1,1	0,1	0,4	0,3	0	0,7	0,7
21-Sep-17	0	0,2	0,2	0	0,3	0,3	0,2	0,9	0,7
22-Sep-17	0,1	0,2	0,1	0	0,4	0,4	0	0,2	0,2
23-Sep-17	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
24-Sep-17	0,2	3	2,8	0,1	0,7	0,6	0,1	0,8	0,7
25-Sep-17	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3	0,2
26-Sep-17	0,1	0,2	0,1	0	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2

Tabel L. 5 Hasil Pengukuran *Imhoff cone* Outlet

Tanggal	Waktu								
	Pagi			Siang			Sore		
	h1	h2	$\Delta_h$	h1	h2	$\Delta_h$	h1	h2	$\Delta_h$
<b>20-Sep-17</b>	0	0,7	0,7	0,2	0,4	0,2	0	0,3	0,3
<b>21-Sep-17</b>	0	0,2	0,2	0,2	0,7	0,5	0,2	0,4	0,2
<b>22-Sep-17</b>	0,1	0,3	0,2	0	1	1	0,1	0,8	0,7
<b>23-Sep-17</b>	0,1	0,2	0,1	0	0,4	0,4	0	0,2	0,2
<b>24-Sep-17</b>	0	0,2	0,2	0,1	1,3	1,2	0,1	0,2	0,1
<b>25-Sep-17</b>	0	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1
<b>26-Sep-17</b>	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,1	0,8	0,7

## Lampiran E

### Hasil Pengukuran Persebaran Sedimen

Pengukuran *total solid* awal, *total solid* setelah pengendapan dan *total suspended solid* pada pengukuran 11 September 2017.

Tabel L. 6 Hasil Pengukuran Sebaran Sedimen 11 September 2017

No	TS Awal		TS (mg/L)	TSS		TSS
	Cawan Kosong	Cawan Akhir		Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	
1	32,2953	32,3265	1248	0,1684	0,1736	208
2	34,5127	34,5414	1148	0,1609	0,1642	132
3	30,1195	30,1472	1108	0,1635	0,1673	152
4	28,0161	28,0447	1144	0,1621	0,1667	184
5	33,8709	33,8965	1024	0,1693	0,1723	120
6	34,1934	34,2183	996	0,1594	0,1614	80
7	35,0725	35,0947	888	0,165	0,1677	108
8	31,3225	31,3462	948	0,1638	0,1654	64
9	33,2745	33,3013	1072	0,1644	0,1667	92
10	33,6329	33,6591	1048	0,1628	0,1663	140
11	30,6604	30,6898	1176	0,1634	0,1659	100
12	27,1997	27,2254	1028	0,1617	0,1647	120
13	32,2971	32,3228	1028	0,1573	0,1593	80
14	31,0504	31,0829	1300	0,1674	0,1694	80
15	29,5983	29,6234	1004	0,1586	0,1599	52
16	32,6577	32,6796	876	0,1627	0,1641	56
17	30,1101	30,1372	1084	0,166	0,1673	52
18	27,4647	27,4885	952	0,1648	0,1669	84
19	27,204	27,2304	1056	0,1622	0,1641	76
20	33,6378	33,6632	1016	0,1624	0,1642	72

No	TS Awal			TSS		TSS
	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS (mg/L)	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	
21	28,9865	29,0153	1152	0,1662	0,1669	28
22	30,6891	30,714	996	0,1656	0,1664	32
23	34,2028	34,2284	1024	0,1607	0,1619	48
24	29,9272	29,9532	1040	0,1577	0,1597	80
25	35,0754	35,1101	1388	0,1585	0,1729	576
26	35,0791	35,1034	972	0,1589	0,1614	100
27	35,0712	35,0931	876	0,1635	0,1662	108
28	29,6669	29,69	924	0,1702	0,1727	100
29	31,3244	31,3487	972	0,1737	0,1753	64
30	29,6631	29,6882	1004	0,1665	0,1684	76
31	28,775	28,7994	976	0,1582	0,1602	80
32	34,6453	34,6736	1132	0,164	0,166	80
33	31,9473	31,9759	1144	0,1664	0,1683	76
34	30,0923	30,1161	952	0,1662	0,1678	64
35	29,6054	29,6305	1004	0,1587	0,1662	300
36	27,7934	27,8257	1292	0,1673	0,1688	60
37	29,2954	29,3202	992	0,1653	0,1674	84
38	33,2984	33,3256	1088	0,1606	0,1625	76

Pengukuran *total solid* awal, *total solid* setelah pengendapan dan *total suspended solid* pada pengukuran 13 September 2017.

Tabel L. 7 Hasil Pengukuran Sebaran Sedimen 13 September 2017

NO	TS Awal		TS (mg/L)	TSS		TSS
	Cawan Kosong	Cawan Akhir		Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	
1	35,0573	35,0894	1284	0,1669	0,1731	248
2	28,7089	28,7363	1096	0,1583	0,1626	172
3	35,6252	35,6522	1080	0,168	0,1725	180
4	34,4915	34,5192	1108	0,1613	0,1667	216
5	36,0614	36,0898	1136	0,1631	0,1675	176
6	31,6459	31,6703	976	0,1678	0,1716	152
7	32,2969	32,3224	1020	0,1639	0,1681	168
8	28,1654	28,193	1104	0,1636	0,1678	168
9	34,5159	34,5405	984	0,1767	0,1838	284
10	32,6583	32,6833	1000	0,1713	0,1769	224
11	30,1228	30,145	888	0,1628	0,168	208
12	27,455	27,4806	1024	0,1626	0,1663	148
13	28,0129	28,0366	948	0,1696	0,1708	48
14	31,8284	31,8506	888	0,1673	0,1685	48
15	33,8738	33,898	968	0,1684	0,1703	76
16	29,3564	29,3816	1008	0,1627	0,1639	48
17	34,323	34,3487	1028	0,164	0,165	40
18	28,4601	28,486	1036	0,1611	0,1628	68
19	30,8054	30,8308	1016	0,1673	0,1702	116
20	34,1615	34,1885	1080	0,164	0,1674	136
21	32,7883	32,8131	992	0,1639	0,1658	76
22	33,2632	33,2872	960	0,163	0,1653	92
23	39,3404	39,3617	852	0,1692	0,1709	68
24	30,6545	30,6817	1088	0,1632	0,1663	124
25	31,0489	31	964	0,1654	0,1689	140
26	29,5888	29,6141	1012	0,1644	0,1683	156

NO	TS Awal			TSS		TSS
	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS (mg/L)	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	
27	27,1964	27,2284	1280	0,1685	0,171	100
28	37,2283	37,2514	924	0,163	0,1662	128
29	31,8497	31,8746	996	0,1588	0,1617	116
30	28,982	29,0074	1016	0,1621	0,1653	128
31	33,6309	33,656	1004	0,1631	0,1659	112
32	30,6793	30,7058	1060	0,1656	0,1681	100
33	31,8147	31,8349	808	0,1607	0,1635	112
34	34,1919	34,2137	872	0,155	0,1578	112
35	29,9242	29,9613	1484	0,1578	0,1603	100
36	35,0759	35,0994	940	0,1608	0,1645	148
37	33,2991	33,3266	1100	0,164	0,1649	36
38	31,3237	31,3519	1128	0,1525	0,1561	144

Pengukuran *total solid* awal, *total solid* setelah pengendapan dan *total suspended solid* pada pengukuran 15 September 2017.

Tabel L. 8 Hasil Pengukuran Sebaran Sedimen 15 September 2017

No	TS Awal			TSS		TSS
	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS (mg/L)	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	
1	33,2999	33,3271	1088	0,1614	0,1661	188
2	31,9495	31,9768	1092	0,1513	0,1555	168
3	30,0957	30,1209	1008	0,1523	0,1546	92
4	29,6091	29,6359	1072	0,1661	0,1682	84
5	27,7961	27,8248	1148	0,156	0,1582	88
6	29,2986	29,329	1216	0,1562	0,1583	84

No	TS Awal			TSS		TSS
	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS (mg/L)	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	
7	32,2966	32,3251	1140	0,1623	0,1647	96
8	30,1096	30,1369	1092	0,1663	0,1686	92
9	28,7108	28,7365	1028	0,1557	0,1584	108
10	35,6294	35,6623	1316	0,1677	0,1734	228
11	34,5109	34,5398	1156	0,1683	0,1714	124
12	27,803	27,8285	1020	0,1741	0,1774	132
13	30,1091	30,1371	1120	0,1694	0,1713	76
14	29,3589	29,3887	1192	0,1752	0,177	72
15	28,011	28,0383	1092	0,1732	0,1748	64
16	31,435	31,4628	1112	0,1695	0,1709	56
17	30,8064	30,8332	1072	0,1657	0,1678	84
18	31,8184	31,8444	1040	0,1762	0,1779	68
19	34,1932	34,2243	1244	0,1658	0,1675	68
20	29,9261	29,9512	1004	0,1595	0,1614	76
21	35,0781	35,1051	1080	0,1571	0,1589	72
22	35,0618	35,0941	1292	0,1665	0,1686	84
23	39,3449	39,3704	1020	0,1663	0,1687	96
24	29,6735	29,7163	1712	0,1656	0,1674	72
25	28,7711	28,7997	1144	0,1716	0,1734	72
26	31,8246	31,8507	1044	0,1734	0,1742	32
27	32,7824	32,814	1264	0,176	0,1764	16
28	28,9836	29,0116	1120	0,1767	0,1775	32
29	34,1613	34,1955	1368	0,1745	0,175	20
30	35,6282	35,664	1432	0,1672	0,172	192
31	33,2508	33,2942	1736	0,1704	0,1716	48
32	30,6496	30,6828	1328	0,1782	0,1791	36
33	31,0477	31,0779	1208	0,1732	0,1741	36

No	TS Awal			TSS		
	Cawan Kosong	Cawan Akhir	TS (mg/L)	Kertas Saring Kosong	Kertas Saring Akhir	TSS
34	36,0692	36,1006	1256	0,1704	0,1711	28
35	29,3574	29,3939	1460	0,1651	0,1663	48
36	28,4588	28,4918	1320	0,1706	0,1716	40
37	30,8112	30,8357	980	0,1787	0,1798	44
38	34,1707	34,1961	1016	0,166	0,1668	32

**Lampiran F**  
**Hasil Pengukuran Kedalaman Boezem**  
**Morokrembangan**

Tabel L. 9 Hasil Pengukuran Kedalaman Boezem Morokrembangan Sisi Selatan

<b>Titik</b>	<b>Kedalaman 13 September 2017 (cm)</b>	<b>Kedalaman 15 September 2017 (cm)</b>	<b>Rata-Rata (cm)</b>
1	124	97	110,5
2	73	64	68,5
3	71	64	67,5
4	74	68	71
5	50	68	59
6	110	106	108
7	128	82	105
8	104	54	79
9	108	112	110
10	87	64	75,5
11	58	78	68
12	70	86	78
13	74	92	83
14	83	97	90
15	108	77	92,5
16	104	84	94
17	52	84	68
18	99	76	87,5
19	78	76	77
20	96	112	104
21	93	59	76
22	93	97	95

<b>Titik</b>	<b>Kedalaman 13 September 2017 (cm)</b>	<b>Kedalaman 15 September 2017 (cm)</b>	<b>Rata-Rata (cm)</b>
<b>23</b>	94	76	85
<b>24</b>	76	75	75,5
<b>25</b>	95	92	93,5
<b>26</b>	73	73	73
<b>27</b>	105	96	100,5
<b>28</b>	108	128	118
<b>29</b>	103	54	78,5
<b>30</b>	118	52	85
<b>31</b>	91	68	79,5
<b>32</b>	99	46	72,5
<b>33</b>	45	38	41,5
<b>34</b>	90	111	100,5
<b>35</b>	64	64	64
<b>36</b>	57	39	48
<b>37</b>	93	84	88,5
<b>38</b>	41	49	45

## Lampiran H Dokumentasi



Gambar L. 2 Pengambilan Sampel Air



Gambar L. 4 Koordinat Titik Sampling Lapangan



Gambar L. 3 Penimbangan Berat Awal Kertas Saring dengan Neraca Analitik



Gambar L. 5 Pengukuran Luas Penampang Basah Saluran



Gambar L. 6 Pengukuran Endapan Lumpur dengan Imhoffcone



Gambar L. 8 Pengukuran Suhu Air di Saluran



Gambar L. 7 Penyaringan *Total suspended solid* dengan Vacuum Pump

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Rahmah Fitrianingtyas lahir di Jombang pada tanggal 20 Januari 1996. Penulis memiliki riwayat pendidikan pada tahun 2002-2008 di MI Negeri Kauman Utara Jombang dan dilanjutkan di SMPN 1 Jombang pada tahun 2008-2011. Adapun pendidikan tingkat menengah dilalui di SMAN 2 Jombang pada tahun 2011-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3314100008.

Selama perkuliahan penulis aktif di berbagai kegiatan kepanitiaan di HMTL dan aktif menjadi asisten laboratorium Mikrobiologi dan Teknik Analisis Pencemar Lingkungan. Pada tahun 2015-2016 penulis menjadi Staff Bidang Pengembangan Tingkat Dasar Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa dan pada tahun 2016-2017 sebagai Sekertaris Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa. Penulis juga memiliki beberapa prestasi antara lain PKM-GT di danai DIKTI pada tahun 2017, Juara 2 *Environmental Technology Competition* dan Juara 1 *Environmental Research Competition*. Selama perkuliahan penulis juga menerima beasiswa yang berasal dari Yayasan Karya Salemba Empat dan Beasiswa Indofood Sukses Makmur Batch 9. Berbagai pelatihan seperti LKMM Pra-TD, LKMM TD, Indofood Leadership Camp Batch 9, dsb juga telah diikuti penulis dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email rahmahfitrianingtyas96@gmail.com.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**