



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG 141536

ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* DAMPAK BENCANA LUMPUR SIDOARJO MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT *MULTITEMPORAL*
(Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo)

SYAIFUL BUDIANTO
NRP 3512100099

Pembimbing
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - RG 141536

ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) DAMPAK BENCANA LUMPUR MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT *MULTITEMPORAL*
(Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo)

SYAIFUL BUDIANTO
NRP 3512100099

Pembimbing
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

**ANALYSIS OF CHANGES IN CONCENTRATION
OF TOTAL SEDIMENT SOLID (TSS) IMPACT OF
SIDOARJO MUDFLOW DISASTER USING
MULTITEMPORAL LANDSAT IMAGERY
(Case Study : Porong River, Sidoarjo)**

SYAIFUL BUDIANTO
NRP 3512100099

Advisor
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.

GEOMATIC ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)* DAMPAK BENCANA LUMPUR SIDOARJO MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT *MULTITEMPORAL*

(Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SYAIFUL BUDIANTO

Nrp. 3512100090

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.

NIP. 1959 0819 1985 02 1 001



Pembimbing I

SURABAYA, JUNI 2016

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, atas segala nikmat, ridho, lindungan, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul **“Analisa Perubahan Konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* Dampak Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat *Multitemporal* (Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo)”**. Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan tingkat sarjana (S-1) pada Jurusan Teknik Geomatika, FTSP, ITS Surabaya.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini, penulis ingin berterima kasih kepada :

1. Bapak Rianto (Alm) dan Ibu Lilik Sunarlik, kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan dalam berbagai hal dan doa serta curahan kasih sayang yang selalu diberikan setiap detiknya untuk penulis.
2. Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
3. Dr.Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberikan kritik serta saran sehingga tugas akhir ini bisa diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Alwi Husein, S.Si, M.Si. selaku Ketua Sub Kelompok Kerja Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo.
5. Bapak Dwinata Irawan, A.Md selaku pembimbing dari pihak Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo yang telah membantu dalam pengambilan data di lapangan.

6. Semua dosen di Jurusan Teknik Geomatika yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini.
7. Rekan-rekan angkatan 2012 Teknik Geomatika ITS atas dukungan dan doanya.
8. Segenap pihak yang telah membantu dan membimbing penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan tugas akhir ini kedepannya.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika pada khususnya.

Sidoarjo, Juni 2016

Penulis

ANALISA PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) DAMPAK BENCANA LUMPUR SIDOARJO MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT *MULTITEMPORAL*
(Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo)

Nama Mahasiswa : SYAIFUL BUDIANTO
NRP : 3512 100 099
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Pembimbing : Dr.Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.

ABSTRAK

Sungai Porong merupakan area pembuangan Lumpur Lapindo, tidak menutup kemungkinan bahwa dengan adanya aliran lumpur lapindo mengakibatkan material lumpur tidak banyak mengendap di sepanjang sungai, tetapi mengendap di daerah muara Sungai Porong hingga ke sepanjang pantai . Oleh karena itu metode penginderaan jauh dengan citra satelit dapat menjadi solusi untuk melakukan penelitian masalah TSS (*Total Suspended Solids*) yang menjadi salah satu parameter dampak sedimentasi di daerah perairan tersebut. Citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8 L1T hasil perekaman secara multi temporal pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2016 sehingga dapat diketahui nilai dan persebaran TSS (*Total Sediment Solid*).

Penelitian ini menggunakan 3 algoritma untuk menentukan nilai TSS yaitu, algoritma Guzman dan Santaella (2009), algoritma Syarif Budiman (2004), dan algoritma Laili (2015). Waktu penelitian dilakukan pada musim penghujan yang dilakukan pada bulan april. Daerah penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Muara Sungai Porong yaitu di sepanjang pesisir pantai Surabaya – Sidoarjo.

Dari hasil pengolahan data dan analisa didapatkan nilai TSS dari tahun 2014 – 2016 bervariasi antara 1.4 mg/l – 118 mg/l. Uji validasi nilai TSS yang paling baik dalam penelitian ini adalah perhitungan menggunakan algoritma Laili (2015) dengan

Koefisien Determinasi (R) sebesar 73,81 % dan regresi linier (R²) sebesar 0.5449. Daerah yang mengalami dampak sebaran TSS tinggi adalah muara Sungai Porong, Pantai Pasuruan, muara Kali Alo, selatan Sungai Porong, dan daerah pantai utara Kali Alo. Nilai dan sebaran TSS dipengaruhi oleh pasang surut, arus, angin, dan gelombang. Hasil analisis dan pengolahan data ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam penelitian selanjutnya.

Kata Kunci : *TSS, Muara Sungai Porong, Citra Landsat-8 LIT, Algoritma Guzman-Santaella, Algoritma Syarif Budiman, Algoritma Laili.*

**ANALYSIS OF CHANGES IN CONCENTRATION
OF TOTAL SEDIMENT SOLID (TSS) IMPACT OF
SIDOARJO MUDFLOW DISASTER USING
MULTITEMPORAL LANDSAT IMAGERY
(Case Study : Porong River, Sidoarjo)**

Nama Mahasiswa : SYAIFUL BUDIANTO
NRP : 3512 100 099
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Pembimbing : Dr.Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.

ABSTRACT

Porong River is the Lapindo mud disposal area , did not rule out the possibility that the presence of the Lapindo mud flow the resulting sludge is not much material settles along the river , but settles in the area up to the Porong River along the coast . Therefore , methods of remote sensing satellite imagery can be a solution to the problem of research TSS (Total Suspended Solids) , which Became one of the parameters of the effect on sedimentation in this coast area. Satellite imagery used in this study is Landsat 8 imagery, image recording results in multi temporal from 2014 to 2016 so that can know the value and distribution of TSS (Total Suspended Solid).

This study uses three different algorithms to Determine the value of TSS , the algorithm Guzman and Santaella (2009) , the algorithm Syarif Budiman (2004) , and the algorithm Laili (2015) . This research was conducted during the rainy season in April . The area of research used in this research is the which is the Porong River estuary along the coast of Surabaya - Sidoarjo.

From the results of data processing and analysis of the TSS values obtained in 2014 - 2016 in the study area varies between

1.4 mg / l – 118 mg / l. Validation Test of TSS best value in these studies is a calculation using the algorithm Laili (2015) with a coefficient of determination (R) amounted to 73.81 % and linear regression (R²) of 0.5449 . Areas affected by the distribution of high value TSS is Porong River estuary, south of Kali Porong, Pasuruan beach, Kali Alo estuaries, and coastal areas north of Kali Alo. TSS values and distribution are influenced by tides, currents flow, wind, and waves. The results of data processing and analysis can be used as reference material in the next

Keywords : Total Sediment Solid (TSS), Porong River Estuary, Landsat-8 LIT Imagery, Guzman-Santaella's Algorithm, Syarif Budiman's Algorithm, Nurahida Laili's Algorithm..

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PENGESAHAN.....	IV
KATA PENGANTAR	VI
ABSTRAK.....	IX
ABSTRACT	XI
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR GAMBAR	XV
DAFTAR TABEL.....	XVII
DAFTAR DIAGRAM	XIX
DAFTAR LAMPIRAN	XXI
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PERAIRAN SIDOARJO	5
2.2 SEDIMENTASI.....	6
2.3 <i>TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)</i>	7
2.4 CITRA LANDSAT	8
2.4.1 <i>Citra Landsat 8</i>	9
2.5 KOREKSI ATMOSFERIK	14
2.6 KOREKSI RADIOMETRIK	15
2.7 KLASIFIKASI CITRA	15
2.7.1 <i>Klasifikasi Terbimbing</i>	16
2.8 KORELASI LINIER	16
2.9 <i>GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)</i>	18
2.10 PASANG SURUT.....	19
2.11 ARUS PASANG SURUT	20
2.12 GELOMBANG.....	21

2.13	PENELITIAN TERDAHULU	23
2.13.1	<i>Rencana Penelitian</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		27
3.1	LOKASI PENELITIAN.....	27
3.2	DATA DAN PERALATAN	28
3.2.1	<i>Data</i>	28
3.2.2	<i>Peralatan</i>	28
3.3	METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.3.1	<i>Tahapan Pelaksanaan Penelitian</i>	29
BAB IV HASIL DAN ANALISA		37
4.1	DATA.....	37
4.1.1	<i>Data Citra Landsat 8 LIT Tahun 2014-2016</i>	37
4.1.2	<i>Data In Situ (Data Lapangan)</i>	37
4.2	PENGOLAHAN DATA CITRA	39
4.2.1	<i>Kalibrasi Radiometrik</i>	39
4.2.2	<i>Melakukan Koreksi Atmosferik</i>	40
4.2.3	<i>Pemisahan Perairan dan daratan (NDWI)</i>	41
4.3	PERHITUNGAN NILAI TSS (<i>TOTAL SUSPENDED SOLID</i>)	42
4.4	VALIDASI HASIL PENGOLAHAN CITRA DENGAN DATA LAPANGAN.....	44
4.5	NILAI DAN LUAS SEBARAN TSS HASIL PENGOLAHAN CITRA LANDSAT-8 TAHUN 2014-2016	47
4.6	ANALISA PERBANDINGAN NILAI TSS CITRA LANDSAT-8 PADA 10 JANUARI 2016 DENGAN DATA LAPANGAN.....	48
4.7	ANALISA ANALISA SEBARAN KONSENTRASI TSS TAHUN 2014 – 2016.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	KESIMPULAN.....	55
5.2	SARAN.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN		
BIOGRAFI PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kali Porong.....	5
Gambar 2. 2 Satelit Landsat	9
Gambar 2. 3 Cara Kerja Metode Supervised.....	16
Gambar 2. 4 Gelombang Angin	22
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian TSS Perairan Sidoarjo.....	27
Gambar 4. 1 Citra Landsat 8 Sebelum Kalibrasi Radiometrik	39
Gambar 4. 2 Citra Landsat 8 Setelah Kalibrasi Radiometrik	40
Gambar 4. 3 Hasil Perhitungan Koreksi 6SV Band 2.	41
Gambar 4. 4 Hasil perhitungan koreksi atmosfer 6SV band 4.	41
Gambar 4. 5 Hasil citra Landsat 8 setelah koreksi atmosfer 6SV.	41
Gambar 4. 6 Hasil citra Landsat 8 setelah koreksi atmosfer 6SV.	42
Gambar 4. 7 Titik Pengambilan Sampel TSS In Situ.....	44
Gambar 4. 8 Uji Korelasi Nilai TSS Algoritma Guzman dan Santaella (2009)	46
Gambar 4. 9 Uji Korelasi Nilai TSS Algoritma Syarif Budiman (2004).....	46
Gambar 4. 10 Uji Korelasi Nilai TSS Algoritma Nurahida Laili (2015).....	46
Gambar 4. 11 Grafik Nilai Konsentrasi TSS pada citra tahun 2014 – 2016.....	48
Gambar 4. 12 Peta Sebaran TSS Tahun 2006-2008	50
Gambar 4. 13 Peta Sebaran TSS Tahun 2014	521
Gambar 4. 14 Peta Sebaran TSS Tahun 2015	521
Gambar 4. 15 Peta Sebaran TSS Tahun 2016	52
Gambar 4. 16 Grafik Luas Sebaran TSS tahun 2014 – 2016	523

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Macam Macam Produk Landsat 8.....	10
Tabel 2	Daftar 9 band yang terdapat pada Sensor OLI	12
Tabel 3	Daftar 2 band yang terdapat pada Sensor TIRS	12
Tabel 4	Tanggal Akuisisi Data Citra Landsat	37
Tabel 5	Data pengamatan TSS Lapangan	38
Tabel 6	Nilai Konsentrasi TSS Menggunakan 3 Algoritma Berbeda.....	43
Tabel 7	Nilai Konsentrasi TSS tahun 2014-2016.....	47
Tabel 8	Nilai TSS tahun 2014-2016.....	52

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 3. 1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	30
Diagram 3. 2 Tahapan Pengolahan Data	32

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

A. Hasil Pekerjaan

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.

Lampiran 2. Hasil Waypoint Koordinat Titik In Situ

Lampiran 3. Hasil Laboratorium Nilai TSS

Lampiran 4. Tabel Nilai TSS Perairan Sidoarjo tahun 2014 – 2016

Lampiran 5. Nilai Konsentrasi TSS Menggunakan 3 Algoritma
Berbeda

Lampiran 6. Hasil Peta Sebaran Nilai TSS

B. Administrasi

Lampiran 7. Surat Permohonan Tugas Akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana lumpur panas Sidoarjo, juga dikenal dengan sebutan Lumpur Lapindo atau Lumpur Sidoarjo (Lusi), adalah peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc. di Dusun Balongnongo, Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia, sejak tanggal 29 Mei 2006 (Akbari & Hariyanto, 2012).

Kali Porong merupakan area pembuangan Lumpur Lapindo, demikian dilakukan untuk mencegah jebolnya tanggul akibat penuhnya tanggul Lumpur Lapindo. Pembuangan material lumpur dalam jumlah yang besar dan terus menerus mengakibatkan terjadinya sedimentasi di Kali Porong, tidak menutup kemungkinan bahwa adanya aliran lumpur lapindo mengakibatkan material lumpur tidak banyak mengendap di sepanjang kali, tetapi mengendap di daerah muara Kali Porong, yang berada di Selat Madura (Walhi Jatim, 2006). Sedimentasi tersebut akan berakibat pada perubahan garis pantai atau penambahan daratan di pesisir Surabaya-Sidoarjo yang selanjutnya mengakibatkan perubahan penggunaan lahan daerah tersebut, selain itu juga berpengaruh pada sebaran Total Suspended Solids (TSS) di Perairan Sidoarjo.

TSS merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0.042 mm. Nilai konsentrasi TSS yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa dan penambahan panas di permukaan air sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati (Murphy, 2007 dalam Wirasatriya, 2011).

Oleh karena itu metode penginderaan jauh dengan citra satelit dapat menjadi solusi untuk melakukan penelitian masalah TSS

(Total Suspended Solids) di daerah perairan Sidoarjo, tepatnya di Muara Kali Porong yang merupakan areal pembuangan lumpur Sidoarjo. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sedimentasi yang terjadi pada tahun 2013, 2014, dan 2015 akibat aliran lumpur tersebut, metode penginderaan jauh digunakan karena lebih efisien dan efektif dalam penelitian berskala spasial yang luas dan kontinyu. Citra satelit yang digunakan adalah citra satelit Landsat-8 tahun 2013, 2014, dan 2015, dikarenakan telah banyak penelitian kualitas air dengan parameter menggunakan TSS pada citra Landsat 8. Sehingga akan lebih mudah dalam pencarian algoritma yang sesuai untuk melihat parameter-parameter yang ada dan penyelesaian bila terjadi permasalahan dikarenakan akan memiliki banyak referensi selain itu keunggulan lainnya yaitu data citra Landsat 8 mudah didapat. Algoritma algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma-algoritma yang sudah umum dipakai untuk penelitian di Indonesia, yaitu untuk TSS menggunakan algoritma Jing Li (2008) yang selanjutnya akan divalidasi menggunakan data *insitu*. Bila hasil validasi dengan pemrosesan citra memiliki kesalahan yang besar / *Normalized Mean Absolute Error* $\leq 30\%$ maka akan dilakukan suatu pemodelan ulang pada algoritma yang akan digunakan untuk penelitian ini.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak dari perubahan konsentrasi TSS akibat pembuangan lumpur Sidoarjo di muara Kali Porong tahun 2013, 2014, dan 2015. Penelitian ini juga melanjutkan dari penelitian-penelitian terdahulu, pada penelitian terdahulu, peneliti telah meneliti masalah sedimentasi menggunakan citra satelit Landsat-7. Dengan adanya hasil yang didapat dari penelitian tersebut dirasa perlu melanjutkan penelitian dengan melakukan analisa menggunakan citra satelit Landsat-8, sehingga digunakan sebagai optimalisasi hasil penelitian sebaran TSS (Total Suspended Solids) untuk kualitas perairan di muara Kali Porong (Perairan Sidoarjo) dan bisa digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sebaran konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Perairan Sidoarjo pada tahun 2014,2015, dan 2016 ?
2. Bagaimana perubahan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Perairan Sidoarjo pada tahun 2014,2015, dan 2016 ?
3. Bagaimana kesesuaian konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) citra Landsat dengan konsentrasi TSS data *In Situ*.
4. Bagaimana cara memetakan sebaran perubahan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solids*) pada tahun 2014, 2015, dan 2016 menggunakan citra landsat 8 ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Data citra yang digunakan adalah data citra Landsat-8 Level 1T, sehingga perlu dilakukan koreksi selanjutnya ;
2. Wilayah penelitian berada di perairan Sidoarjo yang termasuk pada citra Landsat-8 dengan *path* 118 dan *row* 65 pada tahun 2014,2015, dan 2016;
3. Algoritma TSS yang akan digunakan adalah Algoritma Syarif Budiman (2004),Guzman & Santaella (2009), dan Nurahida Laili (2015).
4. Hasil penelitian adalah peta sebaran konsentrasi TSS dan peta perubahan konsentrasi TSS di perairan Sidoarjo yang terkena dampak Lumpur Sidoarjo;

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui sebaran konsentrasi TSS (*Total Suspended Solids*) di Perairan Sidoarjo pada tahun 2014, 2015, dan 2016.
2. Untuk menganalisis perubahan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Perairan Sidoarjo pada tahun 2014,2015, dan 2016.

3. Untuk mengetahui kesesuaian konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) citra Landsat dengan konsentrasi TSS data *In Situ*.
4. Untuk menghasilkan peta sebaran konsentrasi TSS (*Total Suspended Solids*) pada Tahun 2014, 2015, dan 2016 menggunakan citra landsat 8.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai penelitian lanjutan dari penelitian yang sudah ada dengan memanfaatkan data citra Landsat Multitemporal untuk keperluan pengamatan sedimentasi di perairan Sidoarjo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perairan Sidoarjo

Semburan Lumpur Sidoarjo yang telah berlangsung selama sembilan tahun lebih, kini telah mengakibatkan dampak terhadap kondisi air tanah di daerah Sidoarjo dan sekitarnya. Dampak tersebut telah menyebabkan terjadinya perubahan kondisi air tanah, baik terhadap kuantitas maupun kualitas air tanah. Semburan Lumpur Sidoarjo kini telah mengakibatkan terjadinya penurunan kuantitas air tanah, yang ditunjukkan oleh adanya penurunan muka air tanah tertekan yang cukup signifikan di daerah Sidoarjo dan sekitarnya apabila dibandingkan dengan sebelum terjadinya semburan lumpur. Muka air tanah tertekan di daerah Sidoarjo dan sekitarnya yang diukur melalui sumurbor produksi dan sumur pantau menunjukkan adanya penurunan antara 0,15 – 11,18 m setelah terjadinya semburan Lumpur.

Di samping itu semburan Lumpur Sidoarjo juga telah menimbulkan dampak yang berupa penurunan kualitas (pencemaran) air tanah baik air tanah tertekan maupun air tanah tak-tertekan, yakni telah mengakibatkan air tanah di daerah Sidoarjo tercemar oleh lumpur yang tercampur dengan air formasi, sehingga menjadi payau/asin.



Gambar 2. 1 Kali Porong
(Sumber : Lensa Indonesia 2013)

Hal ini diketahui dari meningkatnya kadar kegaraman air tanah, yang ditunjukkan oleh meningkatnya kandungan ion khlorida antara 0,1 – 335,7 mg/l dan meningkatnya nilai DHL antara 4 –

1762 μ S/cm air tanah pada beberapa sumurbor di daerah Sidoarjo dan sekitarnya (IAGI,2013).

2.2 Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu proses pengendapan material yang ditransport oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Pethick (1984) mendefinisikan sedimen secara umum sebagai sekumpulan rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu. Delta yang terdapat di mulut-mulut sungai adalah hasil dan proses pengendapan material-material yang diangkut oleh air sungai, sedangkan bukit pasir (sand dunes) yang terdapat di gurun dan di tepi pantai adalah pengendapan dari material-material yang diangkut oleh angin. Batuan hasil pengendapan oleh air disebut sedimen akuatis. Bentang alam hasil pengendapan oleh air, antara lain meander, dataran banjir, tanggul alam dan delta.

Sedimentasi di pantai timbul karena adanya sedimen yang mengendap secara cepat dan terus menerus sehingga mengakibatkan berubahnya bentuk garis pantai. Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai dan bermuara di pantai. Oleh karena itu di pantai yang banyak terdapat muara sungainya akan lebih mudah mengalami proses sedimentasi. Selain itu, daerah dengan gelombang yang tidak terlalu besar juga akan mempercepat proses sedimentasi (Triatmodjo, 1999).

Di dalam mempelajari proses sedimentasi, maka sangat penting mengetahui sifat-sifat dari sedimen itu sendiri. Beberapa sifat sedimen menurut Triatmodjo (1999) adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk dan kecepatan sedimen, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Di antara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting. Sedimen pantai diklasifikasikan berdasar ukuran butir menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral (pebble), cobble, dan batu (boulder).

2.3 Total Suspended Solid (TSS)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion terlarut. Dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organik, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel. Analisa kandungan padatan tersuspensi sangat penting bagi penentuan komponen air secara lengkap dan juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. (Sumestri & G, 1984)

TSS adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan miliopore dengan diameter pori $0,45\mu\text{m}$. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis. Penyebaran TSS di perairan pantai dan estuari dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik antara lain angin, curah hujan, gelombang, arus, dan pasang surut (Effendi, 2000). konsentrasi TSS dalam perairan umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, limbah manusia, limbah hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, serta limbah industri. Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air (Effendi, 2000).

TSS yang tinggi menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis dimana proses fotosintesis ini sendiri merupakan proses penunjang ketersediaan oksigen bagi biota laut yang didalamnya. Kekeruhan air yang disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi ini bersifat anorganik ataupun organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan.

Rumus menghitung *TSS* dari data *survey* lapangan:

$$\text{TSS (mg/l)} = (\text{Tb} - \text{Ta}) / \text{volume air yang disaring.....(1)}$$

Ket : Ta = Berat kertas saring awal

Tb = Berat kertas saring akhir

Untuk dapat menghitung nilai *TSS* dari citra *Aqua MODIS*, diperlukan suatu algoritma. Algoritma digunakan untuk menghitung nilai *TSS* berdasarkan nilai spektral yang terekam oleh citra. Melalui proses memasukkan algoritma ini, *software* pengolahan citra akan merubah nilai *Digital Number* kanal-kanal tertentu sesuai dengan algoritma yang dimasukkan menjadi nilai *TSS* yang secara otomatis akan ditampilkan di citra. Pada penelitian *TSS* ini digunakan 3 Algoritma yang berbeda untuk menghasilkan nilai *TSS* yang baik. Tiga algoritma yang digunakan adalah **algoritma Guzman dan Santaella (2009)** dengan persamaan adalah sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/l)} = 602.63 * (0.0007e^{47.755 * \text{Landsat Band4}}) + 3.1481.....(2)$$

algoritma Syarif Budiman (2004) dengan persamaan adalah sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/l)} = 8.1429 * (\exp(23.704 * 0.94 * \text{LandsatBand4}))..(3)$$

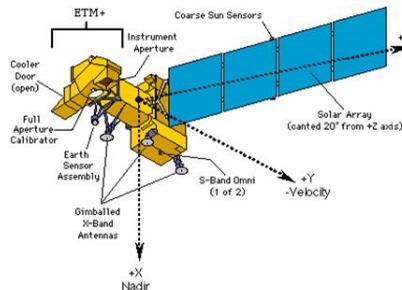
algoritma Nurahida Laili (2015) dengan persamaan adalah sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/l)} = 31.42 * ((\text{Log (RRS2)} / (\text{Log (RRS4)})) - 12.719)..(4)$$

2.4 Citra Landsat

Citra Landsat merupakan gambaran permukaan bumi yang diambil dari luar angkasa dengan ketinggian kurang lebih 818 km dari permukaan bumi, dengan skala 1:250.000. Dalam setiap perekaman citra landsat mempunyai cakupan area 185 km x 185 km sehingga aspek dari objek tertentu yang cukup luas dapat diidentifikasi tanpa menjelajah seluruh daerah yang disurvei atau yang dianalisa. Citra landsat merupakan citra yang dihasilkan dari beberapa spectrum dengan panjang gelombang yang berbeda.

Data Landsat TM (Thematic Mapper) diperoleh pada tujuh saluran spectral yaitu tiga saluran tampak, satu saluran inframerah dekat, dua saluran inframerah tengah, dan satu saluran inframerah thermal. Lokasi dan lebar dari ketujuh saluran ini ditentukan dengan mempertimbangkan kepekaannya terhadap fenomena alami tertentu dan untuk menekan sekecil mungkin pelemahan energy permukaan bumi oleh kondisi atmosfer bumi. Data TM mempunyai proyeksi tanah IFOV (Instantaneous Field of View) atau ukuran daerah yang diliput dari setiap piksel atau sering disebut resolusi spasial. Resolusi spasial untuk keenam saluran spectral sebesar 30 meter, sedangkan resolusi spasial untuk saluran inframerah thermal adalah 120 m.



Gambar 2. 2 Satelit Landsat

(sumber: <http://www.thegeofactor.com>)

Citra Landsat adalah citra yang diambil menggunakan satelit landsat tentu memiliki kelebihan dan kekurangan diantaranya, kelebihannya adalah dapat merekam wilayah di permukaan bumi dengan lebih luas atau cakupannya lebih besar. Pada setiap topografi yang ada di permukaan bumi dibedakan dengan warna serta setiap kejadian yang ada di permukaan bumi dapat dibedakan dengan panjang gelombang yang ada di citra landsat.

2.4.1 Citra Landsat 8

Landsat Data Continuity Mission (LDCM) atau dikenal juga dengan nama Landsat 8 merupakan satelit generasi terbaru dari Program Landsat. Satelit ini merupakan project gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA Goddard Space Flight Center dan

diluncurkan pada hari Senin, 11 Februari 2013 di Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg, California – Amerika Serikat.

Landsat 8 lebih cocok disebut sebagai satelit dengan misi melanjutkan landsat 7 daripada disebut sebagai satelit baru dengan spesifikasi yang baru pula. Ini terlihat dari karakteristiknya yang mirip dengan landsat 7, baik resolusinya (spasial, temporal dan spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Hanya saja ada beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan dari landsat 7 seperti jumlah kanal, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai Digital Number) dari tiap piksel citra.

Satelit landsat 8 memiliki sensor Onboard Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (kanal 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (kanal 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan landsat 7.

Tabel 1 Tabel Macam Macam Produk Landsat 8

Level	Karakteristik
OR	Level ini dapat dikatakan sebagai data mentahnya Landsat 7, dimana dalam data Landsat belum mengalami koreksi radiometrik dan geometrik.
1R	Produk pada level ini adalah level OR yang telah mengalami koreksi radiometrik
1G	Produk pada level ini adalah level 1R yang telah mengalami koreksi geometrik pada proyeksi tertentu. Terdapat 7 pilihan proyeksi yang biasa digunakan yaitu: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Universal Traverse Mercator</i> - <i>Lambert Conformal Conic</i> - <i>Polyconic</i>

- *Transverse Mercator*
 - *Hotline Oblique Mercator A*
 - *Space Oblique Mercator*
-

Keunggulan landsat 8 dibandingkan versi-versi sebelumnya, landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi kanal-kanal yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Sebagaimana telah diketahui, warna objek pada citra tersusun atas 3 warna dasar, yaitu Red, Green dan Blue (RGB). Dengan makin banyaknya kanal sebagai penyusun RGB komposit, maka warna-warna obyek menjadi lebih bervariasi.

Ada beberapa spesifikasi baru yang terpasang pada kanal landsat ini khususnya pada kanal 1, 9, 10, dan 11. Kanal 1 (*ultra blue*) dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dari pada kanal yang sama pada landsat 7, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau aerosol. Kanal ini unggul dalam membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda. Deteksi terhadap awan cirrus juga lebih baik dengan dipasangnya kanal 9 pada sensor OLI, sedangkan kanal thermal (kanal 10 dan 11) sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 m. Pemanfaatan sensor ini dapat membedakan bagian permukaan bumi yang memiliki suhu lebih panas dibandingkan area sekitarnya. Pengujian telah dilakukan untuk melihat tampilan kawah puncak gunung berapi, dimana kawah yang suhunya lebih panas, pada citra landsat 8 terlihat lebih terang dari pada area-area sekitarnya.

Satelit Landsat 8 yang direncanakan mempunyai durasi misi selama 5 – 10 tahun ini, dilengkapi dua sensor yang merupakan hasil pengembangan dari sensor yang terdapat pada satelit-satelit pada Program Landsat sebelumnya. Kedua sensor tersebut yaitu Sensor Operational Land Manager (OLI) yang terdiri dari 9 band serta Sensor Thermal InfraRed Sensors (TIRS) yang terdiri dari 2

band. Untuk Sensor OLI yang dibuat oleh Ball Aerospace, terdapat 2 band yang baru terdapat pada satelit Program Landsat yaitu Deep Blue Coastal/Aerosol Band (0.433 – 0.453 mikrometer) untuk deteksi wilayah pesisir serta Shortwave-InfraRed Cirrus Band (1.360 – 1.390 mikrometer) untuk deteksi awan cirrus. Sedangkan sisa 7 band lainnya merupakan band yang sebelumnya juga telah terdapat pada sensor satelit Landsat generasi sebelumnya. Dan untuk lebih detailnya, berikut ini daftar 9 band yang terdapat pada Sensor OLI :

Tabel 2 Daftar 9 band yang terdapat pada Sensor OLI

Kanal	Resolusi Spasial (m)	Panjang Gelombang (μm)
Kanal 1 – Pesisir & Aerosol	30 m	0,435-0,451
Kanal 2- Biru	30 m	0,452-0,512
Kanal 3 –Hijau	30 m	0,533-0,590
Kanal 4-Merah	30 m	0,636-0,673
Kanal 5- NIR	30 m	0,851-0,879
Kanal 6-SWIR 1	30 m	1,566-1,651
Kanal 7-SWIR 2	30 m	2,107-2,294
Kanal 8 - Pankromatik	15 m	0,503-0,676
Kanal 9 – Cirrus	30 m	1,363-1,384

(sumber: NASA. “Landsat Data Continuity Mission Brochure”)

Tabel 3; Daftar 2 band yang terdapat pada Sensor TIRS

Kanal	Resolusi Spasial (m)	Panjang Gelombang (μm)
-------	----------------------	-------------------------------------

Kanal 10-Inframerah Thermal 1	100 m	10,60 – 11,19
Kanal	Resolusi Spasial (m)	Panjang Gelombang (μm)
Kanal 11 – Inframerah Thermal (TIRS) 2	100 m	11,50-12,51

(Sumber: NASA. “Landsat Data Continuity Mission Brochure”)

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang untuk pertama kali menjadi satelit pengamat bumi sejak 1972 (Landsat 1). Landsat 1 yang awalnya bernama Earth Resources Technology Satellite 1 diluncurkan 23 Juli 1972 dan mulai beroperasi sampai 6 Januari 1978. Generasi penerusnya, Landsat 2 diluncurkan 22 Januari 1975 yang beroperasi sampai 22 Januari 1981. Landsat 3 diluncurkan 5 Maret 1978 berakhir 31 Maret 1983; Landsat 4 diluncurkan 16 Juli 1982, dihentikan 1993. Landsat 5 diluncurkan 1 Maret 1984 masih berfungsi sampai dengan saat ini namun mengalami gangguan berat sejak November 2011, akibat gangguan ini, pada tanggal 26 Desember 2012, USGS mengumumkan bahwa Landsat 5 akan dinonaktifkan. Berbeda dengan 5 generasi pendahulunya, Landsat 6 yang telah diluncurkan 5 Oktober 1993 gagal mencapai orbit. Sementara Landsat 7 yang diluncurkan April 15 Desember 1999, masih berfungsi walau mengalami kerusakan sejak Mei 2003.

Terkait resolusi spasial, landsat 8 memiliki kanal-kanal dengan resolusi tingkat menengah, setara dengan kanal-kanal pada landsat 5 dan 7. Umumnya kanal pada OLI memiliki resolusi 30 m, kecuali untuk pankromatik 15 m. Dengan demikian produk-produk citra yang dihasilkan oleh landsat 5 dan 7 pada beberapa dekade masih relevan bagi studi data time series terhadap landsat 8.

Kelebihan lainnya tentu saja adalah akses data yang terbuka dan gratis. Meskipun resolusi yang dimiliki tidak setinggi citra

berbayar seperti Ikonos, Geo Eye atau Quick Bird, namun resolusi 30 m dan piksel 12 bit akan memberikan begitu banyak informasi berharga bagi para pengguna. Terlebih lagi, produk citra ini bersifat time series tanpa striping (kelemahan landsat 7 setelah tahun 2003). Dengan memanfaatkan citra-citra keluaran versi sebelumnya, tentunya akan lebih banyak lagi informasi yang dapat tergal.

2.5 Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosfer adalah koreksi untuk menghilangkan kesalahan radiansi yang terekam pada citra sebagai akibat dari hamburan atmosfer (path radiance). Hamburan atmosfer bervariasi menurut panjang gelombang, oleh karena itu nilai koreksi atmosfer berbeda-beda pada masing-masing band citra. Koreksi atmosfer merupakan langkah pertama yang sangat penting untuk melakukan penginderaan jauh pada water color. Koreksi atmosfer sendiri adalah koreksi yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Kadang kala perlu dilakukan tapi juga dapat tidak dilakukan. Tidak perlu dilakukannya koreksi atmosfer yaitu untuk keperluan klasifikasi misalnya. Sedangkan untuk proses penelitian lebih lanjut yang menitik beratkan pada spectral dan kanal koreksi ini harus dilakukan.

Koreksi atmosfer sendiri memiliki berbagai metode yang umum digunakan, salah satunya adalah koreksi atmosfer metode Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector (6SV) yang dilakukan melalui website 6s.ltdri.org dengan 6 parameter pengolahan koreksi tersebut yaitu, Geometrical Condition, Atmospherical Model, Target and Sensor Altitude, Spectral Condition, Ground Reflectance, Signal. Dalam penelitian ini, koreksi dari efek atmosfer dilakukan dengan menggunakan parameter koreksi dari hasil simulasi menggunakan Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector (6SV), dengan persamaan

$$Y = X_a \times (L_\lambda) - X_b \quad (5)$$

$$arc = Y / (1. + X_c \times Y) \quad (6)$$

$$Rrs(\lambda) = arc / \pi \quad (7)$$

Dimana :

Arc = atmospheric correction reflectance

L_λ = nilai radian TOA

$Rrs(\lambda)$ = reflektan permukaan

X_a, X_b, X_c = koefisien parameter koreksi atmosfer

2.6 Kalibrasi Radiometrik

Koreksi Radiometrik merupakan proses untuk memperbaiki kualitas visual citra, dalam hal memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Koreksi yang bertumpu pada informasi dalam citra antara lain : Koreksi histrogram, penyesuaian regresi, koreksi berbasis diagram pancar, kalibrasi bayangan dan kenampakan gelap. Koreksi yang bertumpu pada data diluar citra, menurut Mather (2004), dipengaruhi oleh lima faktor yakni : pantulan atau reflektansi objek, bentuk dan besaran interaksi atmosfer, kemiringan dan arah hadap lereng, sudut pandang sensor, dan sudut ketinggian matahari.

$$L'\lambda = L\lambda \frac{\cos(x)}{\cos(\theta)} \quad (8)$$

Koreksi pengaruh posisi matahari dapat dilakukan dengan persamaan 4, dimana $L'\lambda$ menunjukkan radiasi spektral terkoreksi, $L\lambda$ menunjukkan radiasi spectral sebelum terkoreksi, x menunjukkan sudut pandang sensor dan θ menunjukkan sudut zenith matahari.

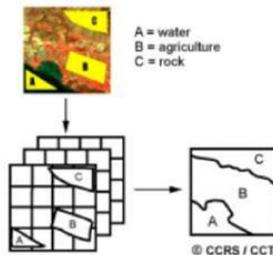
2.7 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan proses yang berusaha mengelompokkan seluruh pixel pada suatu citra ke dalam sejumlah class (kelas), sedemikian hingga tiap class merepresentasikan suatu entitas dengan properti yang spesifik (Chein-I Chang dan H.Ren, 2000). Klasifikasi citra menurut Lillesand dan Kiefer (1990), dibagi ke dalam dua klasifikasi yaitu klasifikasi terbimbing (supervised classification) dan klasifikasi tidak terbimbing

(unsupervised classification). Pemilihannya bergantung pada ketersediaan data awal pada citra itu.

2.7.1 Klasifikasi Terbimbing

Pada metode *supervised* ini, analisis terlebih dulu menetapkan beberapa training area (daerah contoh) pada citra sebagai kelas lahan tertentu. Penetapan ini berdasarkan pengetahuan analisis terhadap wilayah dalam citra mengenai daerah-daerah tutupan lahan. Nilai-nilai piksel dalam daerah contoh kemudian digunakan oleh komputer sebagai kunci untuk mengenali piksel lain. Daerah yang memiliki nilai-nilai piksel sejenis akan dimasukkan ke dalam kelas lahan yang telah ditetapkan sebelumnya. Jadi dalam metode *supervised* ini analisis mengidentifikasi kelas informasi terlebih dulu yang kemudian digunakan untuk menentukan kelas spektral yang mewakili kelas informasi tersebut. (Indriasari, 2009).



Gambar 2. 3 Cara Kerja Metode Supervised
(Sumber : CCRS 2013)

Algoritma yang bisa digunakan untuk menyelesaikan metode *supervised* ini diantaranya adalah *minimum distance* dan *parallelepiped*.

2.8 Korelasi Linier

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai

hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah dan berlaku sebaliknya. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono:2006):

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- >0 – 0,25: Korelasi sangat lemah
- >0,25 – 0,5: Korelasi cukup
- >0,5 – 0,75: Korelasi kuat
- >0,75 – 0,99: Korelasi sangat kuat
- 1: Korelasi sempurna

Korelasi linear adalah ukuran hubungan linier antara dua peubah X dan Y. Kekuatan hubungan antara dua peubah tersebut dapat dinyatakan dalam sebuah bilangan yang disebut koefisien korelasi yang dinyatakan dengan r. jadi, r mengukur sejauh mana titik-titik menggerombol di sekitar sebuah garis lurus. Bila titik-titik menggerombol mengikuti sebuah garis lurus dengan kemiringan positif, maka ada korelasi positif yang tinggi antara kedua peubah. Akan tetapi bila titik-titik menggerombol mengikuti sebuah garis lurus dengan kemiringan negatif, maka antara kedua peubah terdapat korelasi negatif yang tinggi. Korelasi antara kedua peubah semakin menurun secara numerik dengan semakin memencarnya atau menjauhnya titik-titik dari garis lurus (Walpole, 1995) .

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \dots\dots\dots(9)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \dots\dots\dots(10)$$

$$S_x^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)} \dots\dots\dots(11)$$

$$S_y^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n(n-1)} \dots \dots \dots (12)$$

$$JKG = (n - 1)(S_y^2 - b^2 S_x^2) \dots \dots \dots (13)$$

Dengan membagi kedua sisi persamaan ini dengan $(n - 1)S_y^2$, diperoleh hubungan :

$$r^2 = 1 - \frac{JKG}{(n-1)S_y^2} \dots \dots \dots (14)$$

Dimana :

- x : data acuan
- y : data yang dihitung korelasinya
- n : jumlah data
- b : parameter kuadrat terkecil
- S_x^2 : rumus perhitungan variable dalam JKG
- S_y^2 : rumus perhitungan variable dalam JKG
- JKG : jumlah kuadrat galat
- r : koefisien korelasi
- r^2 : koefisien determinasi

Karena JKG dan S_y^2 keduanya tidak pernah negatif, maka disimpulkan bahwa r^2 nilainya nol dan 1. Akibatnya, r mungkin mengambil nilai dari -1 sampai +1. Nilai r masih mempunyai sifat asli dari hubungan linear itu sendiri, yaitu hubungan positif atau negatif. Sehingga jika ingin menyatakan hubungan dalam bentuk prosentase, maka dapat menggunakan nilai r^2 .

2.9 Global Positioning System (GPS)

GPS (Global Positioning System) adalah sistem satelit navigasi dan penentu posisi yang memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi dan informasi waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa tergantung kepada waktu dan cuaca (Abidin et al., 2009).

GPS (Global Positioning System) adalah sebuah sistem atau proses untuk menentukan suatu posisi manapun di planet bumi ini

berdasarkan 4 faktor: latitude, longitude, altitude dan time. Istilah lengkap GPS adalah NAVSTAR-GPS (Navigation System Timing and Ranging– GPS). Dibangun oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat dengan dua tipe pelayanan: (1) SPS (Standard Positioning System untuk warga sipil), dan (2) PPS (Precise Positioning System untuk militer). Satelit GPS pertama, diluncurkan pada 22 Februari 1978. Fungsi GPS selain untuk menentukan posisi dari sesuatu benda/hal, GPS digunakan juga untuk menentukan variabel-variabel turunan seperti: (1) Kecepatan, (2) Percepatan (Akselerasi), (3) Arah laju, dan (4) Ukuran Interval (i.e. Jarak, Selang waktu) (Firdaus, 2010).

GPS atau Global Positioning System, merupakan sebuah alat atau sistem yang dapat digunakan untuk menginformasikan penggunaanya dimana dia berada (secara global) di permukaan bumi yang berbasiskan satelit. Data dikirim dari satelit berupa sinyal radio dengan data digital. Dimanapun berada, maka GPS bisa membantu menunjukkan arah, selama melihat langit. GPS adalah sistem navigasi berbasis satelit yang saling berhubungan di orbitnya. Satelit-satelit tersebut milik Departemen Pertahanan Amerika Serikat yang pertama kali diperkenalkan mulai tahun 1978 dan pada tahun 1994 sudah memakai 24 satelit.

2.10 Pasang Surut

Menurut Dronkers dalam Triatmojo (1999), pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya grafitasi dan gaya tarik-menarik antara benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil.

Pasang surut laut adalah gelombang Gelombang yang dibangkitkan oleh adanya interaksi antara laut, matahari dan bulan . Menurut Pariwono dalam Triatmojo (1999), fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala

akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (bulge) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari

Pasang laut menyebabkan perubahan kedalaman perairan dan mengakibatkan arus pusaran yang dikenal sebagai arus pasang, sehingga perkiraan kejadian pasang sangat diperlukan dalam navigasi pantai. Wilayah pantai yang terbenam sewaktu pasang naik dan terpapar sewaktu pasang surut, disebut mintakat pasang, dikenal sebagai wilayah ekologi laut yang khas.

2.11 Arus Pasang Surut

Gerakan air vertikal yang berhubungan dengan naik dan turunnya pasang surut, diiringi oleh gerakan air horizontal yang disebut dengan arus pasang surut. Permukaan air laut senantiasa berubah-ubah setiap saat karena gerakan pasut, keadaan ini juga terjadi pada tempat-tempat sempit seperti teluk dan selat, sehingga menimbulkan arus pasut (Tidal current). Gerakan arus pasut dari laut lepas yang merambat ke perairan pantai akan mengalami perubahan, faktor yang mempengaruhinya antara lain adalah berkurangnya kedalaman (Mihardja dalam Triatmojo, 1999).

Menurut King dalam Triatmojo (1999), arus yang terjadi di laut teluk dan laguna adalah akibat massa air mengalir dari permukaan yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah yang disebabkan oleh pasut. Arus pasang surut adalah arus yang cukup

dominan pada perairan teluk yang memiliki karakteristik pasang (Flood) dan surut atau ebb. Pada waktu gelombang pasut merambat memasuki perairan dangkal, seperti muara sungai atau teluk, maka badan air kawasan ini akan bereaksi terhadap aksi dari perairan lepas.

Pada daerah-daerah di mana arus pasang surut cukup kuat, tarikan gesekan pada dasar laut menghasilkan potongan arus vertikal, dan resultan turbulensi menyebabkan bercampurnya lapisan air bawah secara vertikal. Pada daerah lain, di mana arus pasang surut lebih lemah, pencampuran sedikit terjadi, dengan demikian stratifikasi (lapisan-lapisan air dengan kepadatan berbeda) dapat terjadi. Perbatasan antar daerah-daerah kontras dari perairan yang bercampur dan terstratifikasi seringkali secara jelas didefinisikan, sehingga terdapat perbedaan lateral yang ditandai dalam kepadatan air pada setiap sisi batas.

2.12 Gelombang

Gelombang merupakan usikan atau gangguan dari keadaan setimbang yang merambat dalam ruang. Gelombang yang memerlukan medium untuk merambat disebut gelombang mekanik sedangkan yang tidak memerlukan medium untuk merambat disebut gelombang elektromagnetik.

Gelombang laut merupakan contoh dari gelombang mekanik. Secara umum, gelombang ini terjadi karena hembusan angin secara teratur, terus-menerus, di atas permukaan air laut. Hembusan angin yang demikian akan membentuk riak permukaan, yang bergerak kira-kira searah dengan hembusan angin.



Gambar 2. 4 Gelombang Angin

(Sumber: Mustain, M. 2009)

Berikut adalah dua tipe gelombang yang mempengaruhi sebaran TSS yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Gelombang Angin

Gelombang angin disebabkan oleh tiupan angin di permukaan laut. Gelombang ini dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai. Selain itu juga dapat menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus di sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak pelabuhan, alur pelayaran, dan perencanaan bangunan pantai.

2. Gelombang Pasang Surut

Gelombang pasang surut disebabkan adanya pasang surut air laut. Pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pasang surut air laut ini juga merupakan faktor yang penting karena bisa menimbulkan arus yang cukup kuat terutama di daerah yang sempit, misalkan di teluk dan muara sungai. Elevasi muka air pasang dan air surut juga sangat penting untuk merencanakan bangunan – bangunan pantai. Sebagai contoh elevasi puncak bangunan pantai ditentukan oleh elevasi muka air pasang untuk mengurangi limpasan air, sementara kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

2.13 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan Penelitian (Rashita Megah Putra, 2014) yang dilakukan pada tahun 2014, penulis menyoroti tentang peningkatan konsentrasi sedimentasi yang terjadi di pesisir bagian timur Sidoarjo. Faktor yang mempengaruhi peningkatan TSM (Total Suspended Matter) di pesisir timur Sidoarjo ini antara lain karena pembuangan lumpur dari pusat semburan ke sungai Porong, sehingga terjadinya sedimentasi di muara sungai. TSM ini adalah material tersuspensi (diameter $> 1 \mu\text{m}$) yang terdiri dari lumpur, pasir halus, dan jasad-jasad renik. Untuk melakukan pengamatan TSM pada rentang tahun 2007-2013, penulis memanfaatkan teknologi penginderaan jauh, dan menggunakan citra satelit (Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI, dan SPOT-4). Kemudian penulis juga melakukan pengambilan data di lapangan berjumlah 35 titik dengan kedalaman ± 30 cm untuk melakukan validasi dari analisa nilai TSM citra satelit.

Selanjutnya dari penelitian Pahlevi (2010), Pada penelitian ini, penulis menitik beratkan permasalahan sedimentasi yang terjadi di muara Sungai Porong, sebagai akibat aliran material lumpur buangan dari tanggul penahanan lumpur di Porong. Metodologi yang digunakan penulis adalah pemanfaatan teknologi penginderaan jauh, dengan menggunakan data utama citra satelit ASTER level 1B dan Landsat 5 TM serta Landsat 7 ETM+ level 1G sebagai pembanding. Sebagai data pendukung, penulis menggunakan data pasut selat Madura, data bathimetri selat Madura berdasarkan peta LPI 2002, dan peta RBI 1999 skala 1:25.000 untuk data acuan pengambilan daerah penelitian. Metode pengolahan data citra yang digunakan oleh penulis, yaitu algoritma Jing Li (2008) untuk mendapatkan nilai reflektansinya. Dan penulis pun menerapkan algoritma Lemigas (1997) dalam menentukan nilai Digital Number (DN). Dan dari uji statistik citra hasil klasifikasi, didapatkan nilai akurasi citra sebesar 87,778 %, dan koefisien Kappa 0,878, yang berarti proses klasifikasi citra sudah dapat dikelaskan dengan benar. Berdasarkan penerapan kedua algoritma untuk menghitung regresi linier analisa

sedimentasi pada data citra dan lapangan, didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,827 terhadap data lapangan (algoritma Jing Ling). Sedangkan pada algoritma Lemigas, didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,605 terhadap data lapangan.

Berdasarkan penelitian Handayani (2011), penelitian ini membahas pengaruh semburan lumpur lapindo di Sidoarjo dengan kualitas air di Selat Madura yang dianalisa dari segi kandungan Total Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid/TSS). Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui perubahan kandungan total suspended solid (TSS) di Selat Madura akibat pembuangan lumpur panas Lapindo di Sungai Porong serta untuk memonitoring perubahan dari kandungan sedimen tang tersuspensi. Data primer meliputi citra satelit ASTER, peta lingkungan pantai Indonesia, dan data lapangan yang diambil secara insitu di beberapa titik lokasi penelitian. Data yang dikumpulkan berupa pengambilan sampel air laut menggunakan alat botol nansen pada kedalaman ± 2 m dan ± 4 m yang mewakili periran turbid dan semi turbid. Sedangkan data sekunder diperoleh dari presentasi kejadian angin diperoleh dari BMG Stasiun Tanjung Perak Surabaya dalam waktu 10 tahun (1995-2005), kemudian ada batimetri yang diperoleh dari Peta Lingkungan Pantai Indonesia skala 1: 50.000. Dari pengolahan data citra ASTER 2005-2008, diketahui bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan Delta Porong cenderung dinamis, dan terus meningkat. Dari data di lapangan, kandungan rata-rata sedimen tersuspensinya 1090 mg/l, dengan peningkatan kandungan sedimen terbesar mencapai > 500 mg/l, lebih tepatnya ialah 564 mg/l (menurut citra ASTER).

2.13.1 Rencana Penelitian

Pada penelitian ini penulis berencana untuk melakukan penelitian tentang sedimentasi air atau kualitas air dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Dalam penginderaan jauh terdapat banyak jenis citra maupun sensor yang digunakan sesuai dengan kebutuhan penelitian yang ada. Pada penelitian ini,

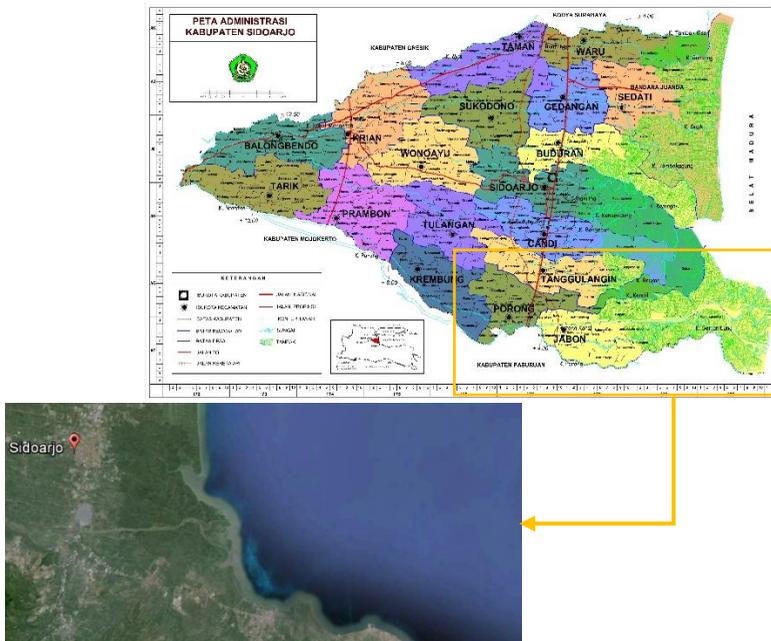
citra yang digunakan adalah Landsat 8 dikarenakan telah banyak penelitian kualitas air dengan parameter menggunakan TSS pada Landsat 8. Sehingga akan lebih mudah dalam pencarian algoritma yang sesuai untuk melihat parameter-parameter yang ada dan penyelesaian bila terjadi permasalahan dikarenakan akan memiliki banyak referensi. Sehingga pada penelitian ini juga akan dilakukan perhitungan algoritma pada Landsat 8 dengan membandingkan hasil TSS dari data lapangan (*In Situ*), hal yang diharapkan adalah hasil perhitungan menggunakan citra satelit tidak jauh berbeda dengan hasil TSS dari data lapangan. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma- algoritma yang umum digunakan untuk mencari nilai TSS pada perairan di Indonesia, algoritma tersebut antara lain yaitu algoritma Syarif Budiman (2004), algoritma Guzman & Santaella (2009), dan algoritma Nurahida Laili (2015), selanjutnya perhitungan nilai TSS akan divalidasi menggunakan data *insitu* menggunakan koreksi linier antara dua peubah X dan Y. Tiga (3) algoritma yang digunakan akan dipilih perhitungan nilai TSS yang memiliki tingkat kesesuaian paling baik dengan kondisi wilayah maupun cuaca yang ada di Perairan Sidoarjo. Hasil perhitungan paling baik akan digunakan untuk melakukan evaluasi pada tahun sebelumnya.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dari tugas akhir ini adalah kawasan perairan yang dilalui oleh pembuangan lumpur sidoarjo meliputi Sungai Porong hingga Laut Jawa, di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Kawasan area perairan Lumpur Sidoarjo ini secara geografis terletak di antara $7^{\circ}21'3.22''$ - $7^{\circ}44'57.48''$ LS dan $112^{\circ}47'53.59''$ - $113^{\circ}22'36.48''$ BT.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian TSS Perairan Sidoarjo
(Sumber: Dokumen Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Lapindo dan Google Earth 2015)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Adapun data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis data, yaitu :

- a. Citra satelit Landsat-8 L1T multi temporal pada kawasan perairan terdampak lumpur Sidoarjo scene path 118 row 65 tahun 2014,2015 dan 2016;
- b. Data nilai TSS di 15 titik pengamatan di lapangan. Data ini akan digunakan sebagai data untuk melakukan validasi dan analisa nilai TSS citra.

3.2.2 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari :

- a. Perangkat keras (*Hardware*)
 - 1) Notebook, untuk pengolahan data citra satelit, perhitungan nilai TSS, analisis data hasil pengolahan, pembuatan peta sebaran TSS, dan penulisan laporan;
 - 2) GPS navigasi/handheld, untuk menandai atau mengetahui titik rencana pengambilan data *In Situ* TSS di sungai porong;
 - 3) Perahu motor, untuk pengambilan sampel air di muara sungai porong sebanyak 15 titik sampel yang tersebar sepanjang muara;
 - 4) Jam digital, untuk pencatatan waktu sampel air sebagai dokumentasi;
 - 5) Botol sampel, digunakan sebagai tempat penyimpanan sampel air sungai porong;
 - 6) Alat Tulis;
 - 7) Kamera Digital, ndigunakan untuk keperluan dokumentasi penelitian.
- b. Perangkat lunak (*Software*)
 - 1) Microsoft Office 2013 (Ms.Word, Ms.Excel, Ms.Power Point, Microsoft Visio), yang

- digunakan untuk pembuatan laporan, diagram alir, serta pengolahan data;
- 2) ArcGIS 10.3 digunakan untuk pembuatan peta, analisis spasial dan menampilkan hasil akhir;
 - 3) Sistem Operasi *Windows 10*, untuk system operasi *Notebook* yang digunakan untuk mendukung kegiatan penelitian meliputi pengolahan data hingga penulisan laporan;
 - 4) *Google Earth*, digunakan untuk menentukan lokasi penelitian hingga rencana survey lapangan.
 - 5) Oruxmaps Free, perangkat lunak yang digunakan untuk merencanakan survey lapangan atau membuat jalur pengambilan sampel di lapangan;
 - 6) Beam VISAT 5.0, perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data citra Landsat8 L1T untuk mendapatkan nilai TSS.

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

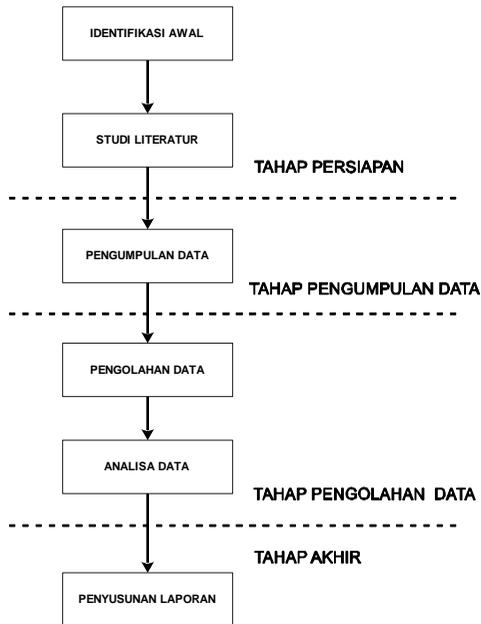


Diagram 3. 1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penjelasan diagram alir tahapan pelaksanaan penelitian:

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah:

i. Identifikasi Awal

Identifikasi awal, bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan dalam suatu penelitian. Adapaun permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana sebaran konsentrasi beserta perubahan konsentrasi TSS (Total Suspended Solid) pada tahun 2014, 2015, dan 2016 di wilayah perairan sidoarjo, selain itu dampak yang ditimbulkan dari perubahan TSS (Total Suspended Solids) tersebut di wilayah perairan sidoarjo akibat pembuangan lumpur.

ii. Studi Literatur

Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan perhitungan sedimentasi (*Total Suspended Solids*) menggunakan citra Landsat-8 L1T. Kemudian cara mengklasifikasi citra landsat untuk memisahkan daratan dan perairan dengan algoritma tertentu, dan metode pengumpulan data di lapangan. Semua literatur dicari berdasarkan literatur yang mendukung, baik dari buku, jurnal, paper, makalah ilmiah, internet, dan lain sebagainya.

b. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mencari data-data yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain Citra satelit Landsat-8 L1T multi temporal pada kawasan perairan terdampak lumpur Sidoarjo scene path 118 row 65 tahun 2014,2015 dan 2016; dan data nilai TSS di 15 titik pengamatan di lapangan.

c. Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data yang telah diperoleh dan data penunjang lainnya.

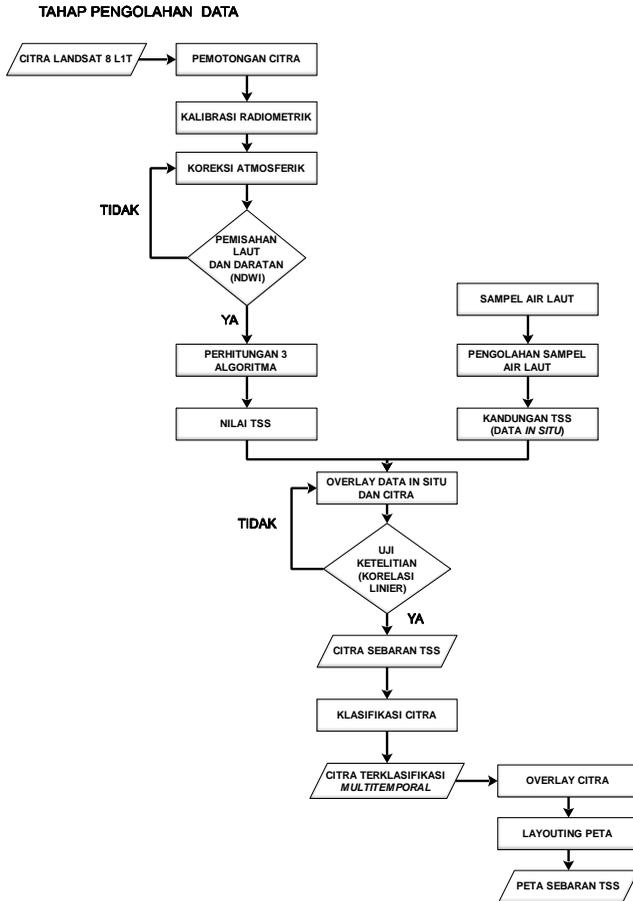


Diagram 3. 2 Tahapan Pengolahan Data

1. Pemotongan citra

Setelah didapatkan citra landsat 8 L1T tahun 2014 – 2016 selanjutnya dilakukan pemotongan citra sesuai dengan area yang diperlukan untuk penelitian. Dalam studi kasus ini area citra yang diperlukan yaitu pada area perairan sidoarjo yang terkena dampak pada pembuangan Lumpur sidoarjo.

2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk mengubah data Landsat 8 (Level 1 T) dengan format data Digital Number (DN) ke radiance atau reflectance untuk dilakukan proses selanjutnya.

3. Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik dilakukan untuk mereduksi bias ataupun scattering yang disebabkan oleh efek atmosfer yang ada sehingga nilai reflectance yang didapat oleh sensor tidak sama dengan nilai reflectance pada objek. Untuk meminimalisir perbedaan antara reflektan objek dengan reflektan sensor maka perlu dilakukan koreksi atmosfer. Koreksi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode 6SV dengan menggunakan 6 parameter yaitu ;

4. Pemisahan Laut dari Daratan

Pemisahan darat dan Laut menggubakan algoritma NDWI (*Normalized Difference Water Index*), yaitu data citra akan terpisah menjadi dua pixel valu, bila nilai NDWI >0 , maka daerah tersebut berupa daratan dan bila NDWI <0 , maka daerah tersebut berupa perairan.

5. Perhitungan 3 Algoritma

Penerapan 3 Algoritma Nilai TSS formula yang menggunakan Multi Band dalam perhiitungannya, di dalam formula ini menggunakan pendekatan nilai reflektansi pada citra Landsat .

Adapun 3 Algoritma yang digunakan untuk menentukan nilai TSS (*Total Suspended Solid*), kemudian untuk hasil algoritma yang paling baik akan digunakan untuk menentukan nilai TSS di kawasan Sungai Poroing, ketiga algoritma itu adalah :

Penerapan Algoritma Guzman & Santaella (2009). Pada perhitungan nilai TSS yang pertama akan digunakan

Algoritma dari penelitian Guzman-Santaella tahun 2009. Algoritma ini menggunakan nilai reflektan *Landsat 8 Band 4* (636-673 nm) dikarenakan panjang gelombang tersebut memberikan nilai reflektan yang baik untuk TSS. Rumus algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{TSS (mg/l)} = 602.63 * (0.0007e^{47.755 * \text{Landsat BAND 4}}) + 3.1481 \dots\dots\dots(15)$$

Penerapan Algoritma Syarif Budiman (2004)

Pada perhitungan nilai TSS yang kedua akan digunakan algoritma dari penelitian Syarif Budiman (2004) . Rumus algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{TSS (mg/l)} = 8.1429 * (\exp (23.704 * 0.94 * \text{Band4})) \dots\dots\dots(16)$$

Penerapan Algoritma Laili (2015)

Pada perhitungan nilai TSS yang ketiga akan digunakan algoritma dari penelitian Nurahida Laili (2015). Rumus algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut;

$$\text{TSS (mg/l)} = 31.42 * ((\text{Log (RRS2)} / (\text{Log (RRS4)})) - 12.719) \dots\dots\dots(17)$$

Sehingga dengan ketiga algoritma tersebut dapat diketahui nilai sedimentasi pada citra Landsat-8.

5. Data *In Situ*

Data insitu diperoleh dengan melakukan pengambilan sampel air dari pembuangan lumpur secara acak pada perairan sidoarjo, meliputi area tepi hingga tengah sungai dan juga air laut yang berada pada selat Madura. Air sungai atau laut yang dijadikan sampel adalah air yang berada pada permukaan danau (<50cm). Dalam waktu yang bersamaan dengan pengambilan sampel air, dilakukan juga pengambilan data koordinat titik sampel menggunakan GPS Handheld.

Pengolahan data *in situ* dilakukan oleh Laboratorium. Pengambilan titik dilakukan secara merata sesuai dengan

keadaan sedimentasi pada obyek penelitian guna keperluan pengolahan data hingga mendapatkan nilai konsentrasi TSS.

6. Uji Ketelitian

Uji ketelitian dilakukan melakukan validasi data citra terhadap data *In Situ*. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan korelasi dengan membandingkan data olahan citra dengan data hasil *ground truth* TSS yang ada di lapangan. Hal ini digunakan untuk melihat sejauh mana kedekatan atau kebaikan data citra yang digunakan.

7. Klasifikasi Citra

Klasifikasi Citra dilakukan untuk membuat region region berdasarkan tingginya rentang konsentrasi TSS yang ada pada daerah tersebut.

8. *Overlay* Citra

Overlay (penampalan) citra dilakukan untuk melihat dalam satu layout peta perbedaan konsentrasi TSS pada daerah yang sama (Perairan wilayah Sidoarjo) dilihat dari tahun 2013, 2014 dan 2015.

9. *Layouting* peta

Layouting Peta, pada tahapan ini dibuat muka peta dengan judul Peta Sebara TSS pada Perairan di Sidoarjo sesuai dengan kaidah kartografi

10. Peta Sebaran TSS

Peta sebaran TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan hasil yang diperoleh dari penelitian konsentrasi sedimentasi pada pembuangan lumpur sidoarjo dengan menggunakan metode penginderaan jauh menggunakan citra satelit Landsat yang di validasi dengan hasil nilai TSS dari data *In Situ*.

d. Tahap Akhir

1. Analisis

Pada tahapan ini dilakukan analisa terhadap hasil peta sebaran TSS di perairan Sidoarjo

2. Pembuatan Laporan

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan laporan sebagai hasil akhir dari penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Data

4.1.1 Data Citra Landsat 8 L1T Tahun 2014-2016

Data citra yang digunakan adalah Citra Landsat 8 L1T sehingga perlu dilakukan koreksi selanjutnya bulan maret 2014, bulan april 2015, dan bulan januari 2016. Pemilihan citra dilakukan berdasarkan kebersihan dari tutupan awan pada daerah penelitian dan kedekatan waktu dengan tanggal pengambilan data *In Situ*. Karena pada bulan maret – april tahun 2016 semua data citra tertutup awan, maka pada penelitian ini dilakukan pemilihan citra pada bulan januari 2016. Hal ini dimaksudnya akurasi validasi citra dengan data lapangan. Berikut file citra Landsat 8 L1T yang digunakan dalam penelitian ini;

Tabel 4.1 di bawah ini adalah tabel data citra Landsat 8 L1T yang digunakan dalam penelitian ini :

Tabel 4; Tanggal Akuisisi Data Citra Landsat

No	Tanggal Akuisisi	Nama File
1	25 Maret 2014	LC81180652014084LGN00_B1.data
2	29 April 2015	LC81180652015119LGN00_B1.data
3	10 Januari 2016	LC81180652016010LGN00_B1.data

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

4.1.2 Data In Situ (Data Lapangan)

Data *In Situ* (Data Lapangan) diambil pada tanggal 20 April 2016 di sepanjang muara Kali Porong. Data ini digunakan untuk validasi data dengan citra Landat 8. Tabel 4.2 berikut adalah tabel data lapangan.

Tabel 5; Data pengamatan TSS Lapangan

No	Tanggal Akuisisi	Koordinat Geografis		Waktu	TSS In Situ mg/l
		X	Y		
1	20 April 2016	112.8786	-7.5577	9:39:17	48.00
2	20 April 2016	112.8786	-7.5507	9:46:20	28.00
3	20 April 2016	112.8798	-7.5425	9:52:53	42.72
4	20 April 2016	112.8801	-7.5337	10:00:32	72.00
5	20 April 2016	112.8693	-7.5153	10:16:38	74.00
6	20 April 2016	112.8769	-7.5194	10:45:10	80.00
7	20 April 2016	112.8802	-7.5231	10:50:00	70.00
8	20 April 2016	112.8825	-7.5308	10:56:45	72.00
9	20 April 2016	112.8888	-7.5387	11:04:46	18.00
10	20 April 2016	112.8847	-7.5476	11:13:07	84.00
11	20 April 2016	112.8855	-7.5553	11:19:56	88.00
12	20 April 2016	112.8874	-7.5621	11:27:16	118.00
13	20 April 2016	112.8945	-7.569	11:35:49	74.00
14	20 April 2016	112.9032	-7.589	12:03:23	42.00
No	Tanggal	Koordinat Geografis		Waktu	

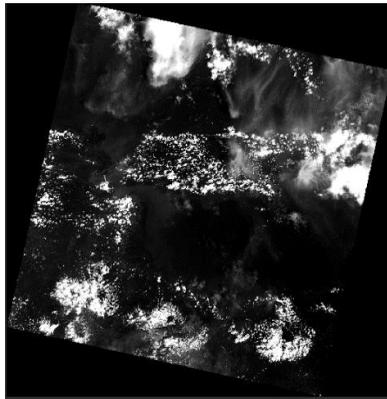
		X	Y		TSS In Situ mg/l
15	20 April 2016	112.8947	-7.5804	12:12:47	68.00

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

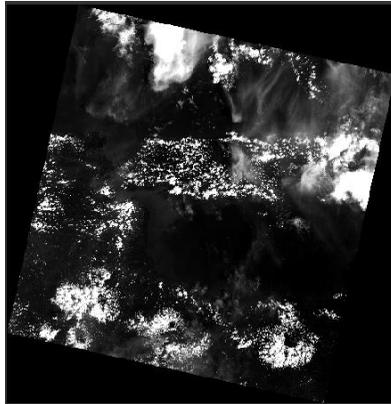
4.2 Pengolahan Data Citra

4.2.1 Kalibrasi Radiometrik

Koreksi Radiometrik merupakan proses untuk memperbaiki kualitas visual citra, dalam hal memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Setelah memasukkan semua band yang diperlukan dalam perhitungan nilai TSS yaitu band 1 hingga band 5, maka dilakukan koreksi radiometrik untuk memperbaiki kualitas visual dan nilai piksel citra Landsat 8. Kalibrasi radiometrik mengubah DN (*Digital Number*) menjadi radian *TOA (Top Of Atmosphere)* yaitu hasil kalibrasi radiometrik.



Gambar 4. 1 Citra Landsat 8 Sebelum Kalibrasi Radiometrik
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 2 Citra Landsat 8 Setelah Kalibrasi Radiometrik
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

4.2.2 Melakukan Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosfer adalah koreksi untuk menghilangkan kesalahan radiansi yang terekam pada citra sebagai akibat dari hamburan atmosfer (*path radiance*). Hamburan atmosfer bervariasi menurut panjang gelombang, oleh karena itu nilai koreksi atmosfer berbeda - beda pada masing-masing band citra. Koreksi atmosfer merupakan metode yang penting untuk melakukan penginderaan jauh pada *water color*.

Pada penelitian ini koreksi atmosfer dilakukan menggunakan metode koreksi atmosfer *Second Simulation Of A Satellite Signal In The Solar Spectrum-Vector* (6SV). Dalam melakukan koreksi atmosfer 6SV, diperlukan beberapa parameter dalam pengolahannya sebelum *processing run 6SV*. berikut 6 parameter dalam pemrosesan koreksi 6SV, yaitu; 1. Geometrical Condition, 2. Atmospheric Model, 3. Target and Sensor Altitude, 4. Spectral Condition, 5. Ground Reflectance, 6. Signal, Dan proses terakhir adalah Result. Berikut hasil perhitungan koreksi atmosfer menggunakan metode 6SV.

```

*****
*                               atmospheric correction result                               *
*                               -----                               *
*   input apparent reflectance   :   0.100   *
*   measured radiance [w/m2/sr/mic] :   54.956   *
*   atmospherically corrected reflectance *
*   Lambertian case :   -0.00491   *
*   BRDF case :   -0.00491   *
*   coefficients xa xb xc         :   0.00248   0.14142   0.21286   *
*   y=xa*(measured radiance)-xb; acr=y/(1.+xc*y) *
*****

```

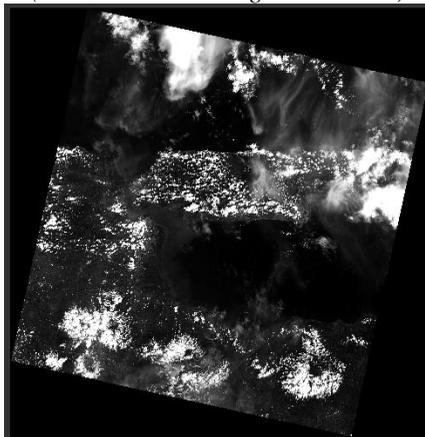
Gambar 4. 3 Hasil Perhitungan Koreksi 6SV Band 2.
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

```

*****
*                               atmospheric correction result                               *
*                               -----                               *
*   input apparent reflectance   :   0.100   *
*   measured radiance [w/m2/sr/mic] :   43.894   *
*   atmospherically corrected reflectance *
*   Lambertian case :   0.05987   *
*   BRDF case :   0.05987   *
*   coefficients xa xb xc         :   0.00284   0.06413   0.14136   *
*   y=xa*(measured radiance)-xb; acr=y/(1.+xc*y) *
*****

```

Gambar 4. 4 Hasil perhitungan koreksi atmosfer 6SV band 4.
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 5 Hasil citra Landsat 8 setelah koreksi atmosfer 6SV.
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

4.2.3 Pemisahan Perairan dan daratan (NDWI)

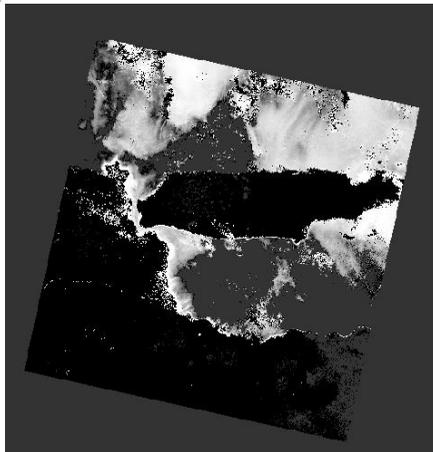
Setelah koreksi atmosferik dilakukan maka hasil yang diberikan berupa nilai reflektan terkoreksi, kemudian nilai reflektan ini diubah menjadi nilai *Reflectance Remote Sensing* (RRS). Rumus yang digunakan adalah;

$$\text{Reflectance}/\pi \dots\dots\dots(18)$$

Setelah nilai RSS didapatkan maka dilakukan pemisahan antara perairan dan daratan. Pemisahan ini digunakan untuk membedakan antara daratan dan perairan. Daratan dan perairan dibedakan menggunakan algoritma *Land Water* yaitu *Normalized Difference Water Index (NDWI)*. Rumus dari algoritma ini adalah:

$$NDWI = \frac{Rrs3 - Rrs5}{Rrs3 + Rrs5} \dots\dots\dots(19)$$

Ketika nilai $NDWI > 0$ maka daerah tersebut adalah perairan. Sedangkan ketika nilai $NDWI \leq 0$, maka daerah tersebut merupakan daratan.



Gambar 4. 6 Hasil citra Landsat 8 setelah koreksi atmosfer 6SV.
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

4.3 Perhitungan Nilai TSS (*Total Suspended Solid*)

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan *TSS* dengan menggunakan 3 algoritma yang berbeda dari penelitian terdahulu. Penerapan algoritma tersebut digunakan untuk menghitung nilai

TSS pada perairan tropis yang karakteristiknya menyerupai sungai porong. Ketiga Algoritma adalah;

Algoritma Syarif Budiman tahun 2004 yang menggunakan *Reflectance Remote Sensing (RRS)* pada *band 4* (merah) Citra Landsat 8 dengan rentang panjang gelombang (0,636-0,673). Algoritma dari penelitian Guzman-Santaella tahun 2009 . Algoritma ini menggunakan nilai reflektan *Landsat 8 Band 4* (merah) (636-673 nm) dikarenakan panjang gelombang tersebut memberikan nilai reflektan yang baik untuk TSS. Pada perhitungan nilai TSS yang ketiga akan digunakan algoritma dari penelitian Nurahida Laili (2015) yang menggunakan nilai reflektan pada *Band 2* (biru) yang memiliki panjang gelombang (0,452-0,512nm) dan *Band 4* (merah) dengan rentang panjang gelombang (0,636-0,673).

Perbandingan Nilai *TSS Citra* 10 Januari 2016 menggunakan 3 algoritma dengan *TSS In Situ* ;

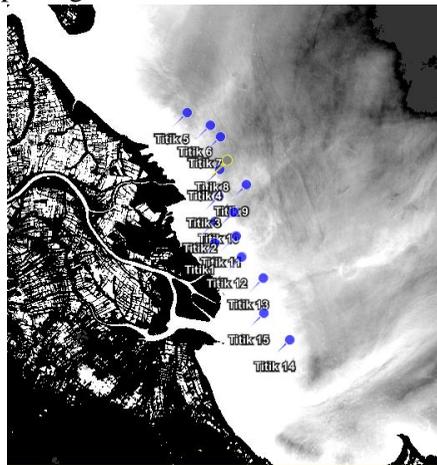
Tabel 6; Nilai Konsentrasi TSS Menggunakan 3 Algoritma Berbeda

No	Koordinat Geografis		TSS In Situ mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Guzman)mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Laili)mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Budiman S)mg/l
	X	Y				
1	112.8786	-7.5577	48.00	16.709	17.650	13.192
2	112.8786	-7.5507	28.00	16.611	18.275	13.172
3	112.8798	-7.5425	42.72	15.156	17.044	12.912
4	112.8801	-7.5337	72.00	20.480	18.582	13.802
5	112.8693	-7.5153	74.00	17.973	22.863	13.406
6	112.8769	-7.5194	80.00	24.790	20.749	14.419
7	112.8802	-7.5231	70.00	27.150	21.475	14.728
8	112.8825	-7.5308	72.00	23.710	20.090	14.273
9	112.8888	-7.5387	18.00	19.624	18.463	13.671
10	112.8847	-7.5476	84.00	27.470	20.631	14.774
11	112.8855	-7.5553	88.00	30.547	22.281	15.140
12	112.8874	-7.5621	118.00	38.610	22.383	16.049
13	112.8945	-7.569	74.00	36.572	21.521	15.830

No	Koordinat Geografis		TSS In Situ mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Guzman)mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Laili)mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Budiman S)mg/l
	X	Y				
1	112.8786	-7.5577	48.00	16.709	17.650	13.192
14	112.9032	-7.589	42.00	27.726	20.149	14.804
15	112.8947	-7.5804	68.00	22.277	19.922	14.070

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Gambar 4.7 di bawah ini mendeskripsikan posisi titik pengambilan data *In situ*. Pengambilan sampel *In Situ* dilakukan di sepanjang muara sungai porong agar merepresentasikan kondisi konsentrasi TSS sebenarnya. Dari gambar tersebut dapat diketahui titik mana saja yang akan dilakukan perhitungan nilai konsentrasi TSS pada muara sungai porong.



Gambar 4. 7 Titik Pengambilan Sampel TSS *In Situ*.

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

4.4 Validasi Hasil Pengolahan Citra dengan Data Lapangan.

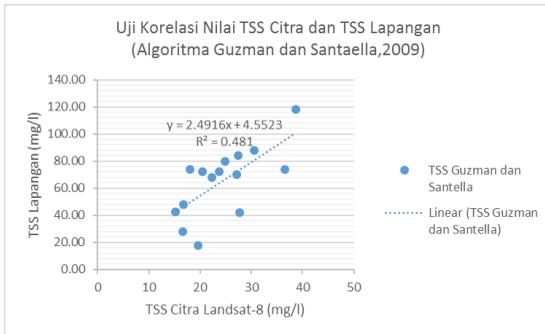
Uji validasi dilakukan menggunakan data Citra *Landsat 8 LIT* pada tanggal 10 Januari 2016, sedangkan untuk pengambilan data

In Situ diambil pada tanggal 20 April 2016. Akan tetapi data In Situ ini dianggap sama dengan waktu pengambilan citra untuk kemudian menjadi bahan identifikasi maupun analisis pada kegiatan penelitian ini. Pada uji validasi dilakukan perhitungan korelasi dengan membandingkan data olahan citra dengan data hasil *ground truth* TSS yang ada di lapangan. Hal ini digunakan untuk melihat sejauh mana kedekatan atau kebaikan data citra yang digunakan.

Pada uji validasi ini dihasilkan nilai koefisien determinasi sebagai berikut:

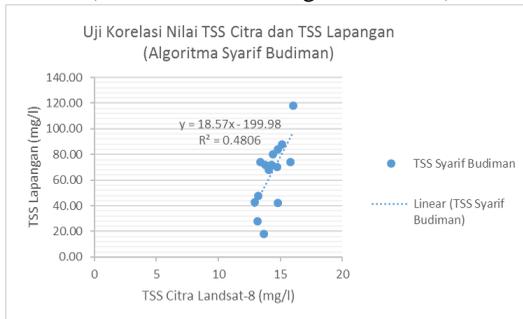
- Uji korelasi data lapangan TSS (*Total Suspended Solid*) dengan data hasil olahan TSS (*Total Suspended Solid*) Citra Landsat 8 LIT menggunakan Algoritma **Guzman dan Santaella (2009)** mempunyai nilai koefisien korelasi sebesar 69,35 %. Hal ini menjelaskan bahwa ada hubungan antara nilai TSS data citra dengan nilai TSS data *In Situ* yang baik.
- Uji korelasi data lapangan TSS (*Total Suspended Solid*) dengan data hasil olahan TSS (*Total Suspended Solid*) Citra Landsat 8 LIT menggunakan Algoritma **Syarif Budiman (2004)** mempunyai nilai koefisien korelasi sebesar 69,32 %. Hal ini menjelaskan bahwa ada hubungan antara nilai TSS data citra dengan nilai TSS data *In Situ* yang baik.
- Uji korelasi data lapangan TSS (*Total Suspended Solid*) dengan data hasil olahan TSS (*Total Suspended Solid*) Citra Landsat 8 LIT menggunakan Algoritma **Nurahida Laili (2015)** mempunyai nilai koefisien korelasi sebesar 73,81 %. Hal ini menjelaskan bahwa ada hubungan antara nilai TSS data citra dengan data *In Situ* yang paling baik apabila dibandingkan dengan 2 algoritma sebelumnya dengan nilai $R = >0,5 - 0,75$ atau bisa disebut Korelasi kuat (Sarwono, 2006).

Berikut adalah grafik uji validasi antara data lapangan dengan data citra:



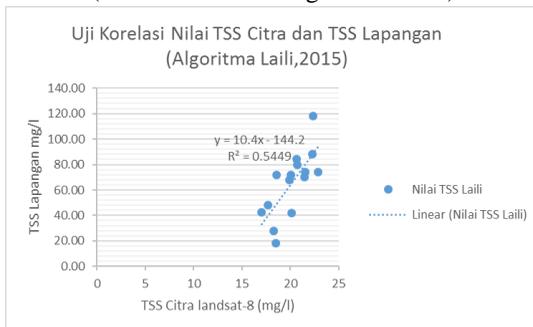
Gambar 4. 8 Uji Korelasi Nilai TSS Algoritma Guzman dan Santaella (2009)

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 9 Uji Korelasi Nilai TSS Algoritma Syarif Budiman (2004)

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 10 Uji Korelasi Nilai TSS Algoritma Nurahida Laili (2015)

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

4.5 Nilai TSS Hasil Pengolahan Citra Landsat-8 Tahun 2014-2016

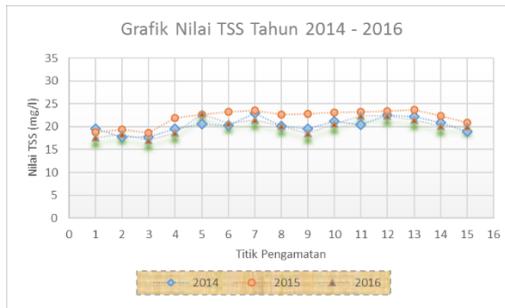
Selanjutnya dilakukan perhitungan Nilai dan luas sebaran TSS Landsat 8 tahun 2014 hingga tahun 2016, dengan menggunakan algoritma yang paling baik diantara ketiga algoritma yang telah diuji ketelitiannya. Algoritma yang dipakai yaitu algoritma Laili (2015). Adapun hasil luas sebaran TSS seperti berikut :

Tabel 7; Nilai Konsentrasi TSS tahun 2014-2016

No Titik	Koordinat Geografis		Nilai TSS Per-Tahun di Tiap Titik Pengamatan (mg/l)			TSS Lapangan mg/L
	X	Y	2014	2015	2016	
1	112.8786	-7.5577	19.506	18.832	17.650	48.00
2	112.8786	-7.5507	17.794	19.443	18.275	28.00
3	112.8798	-7.5425	17.725	18.638	17.044	42.72
4	112.8801	-7.5337	19.467	21.977	18.582	72.00
5	112.8693	-7.5153	20.560	22.718	22.863	74.00
6	112.8769	-7.5194	20.200	23.234	20.749	80.00
7	112.8802	-7.5231	22.901	23.530	21.475	70.00
8	112.8825	-7.5308	20.058	22.654	20.090	72.00
9	112.8888	-7.5387	19.544	22.867	18.463	18.00
10	112.8847	-7.5476	21.123	23.096	20.631	84.00
11	112.8855	-7.5553	20.363	23.204	22.281	88.00
12	112.8874	-7.5621	22.497	23.446	22.383	118.00
13	112.8945	-7.569	22.163	23.762	21.521	74.00
14	112.9032	-7.589	20.891	22.303	20.149	42.00
15	112.8947	-7.5804	18.977	20.892	19.922	68.00

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Dari table 4.3 tersebut dapat dilihat nilai TSS pada tiap titik dan pada tiap tahun. Nilai TSS tiap titik pengamatan tiap tahun tidak selalu naik secara linier, namun kadang juga mengalami penurunan di beberapa titik pengamatan. Untuk lebih jelasnya akan disajikan dalam grafik di bawah ini ;



Gambar 4. 11 Grafik Nilai Konsentrasi TSS pada citra tahun 2014 – 2016

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa nilai TSS di 15 titik pengamatan bernilai tertinggi pada tahun 2015. Hal ini karena terdapat peningkatan nilai TSS dari tahun 2014.

4.6 Analisa Perbandingan Nilai TSS Citra Landsat-8 pada 10 Januari 2016 dengan Data Lapangan.

Pada tahap ini data-data informasi harga tanah. Nilai R^2 yang didapat dari rumus regresi linear menjelaskan bahwa koefisien determinasi dari data citra untuk dapat menggambarkan data di lapangan yang paling baik adalah sebesar 73,81%. Dari hubungan ini dijelaskan bahwa sebagian besar TSS di lapangan dapat dijelaskan oleh citra, sedangkan sisanya sebesar 26,19% adalah faktor-faktor lain yang tidak diamati oleh citra. Dengan demikian nilai korelasi yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi syarat yang ditentukan yaitu nilai $R = >0,5 - 0,75$ atau disebut Korelasi kuat (Sarwono, 2006). Untuk perhitungan TSS menggunakan algoritma lainnya memiliki perbedaan yang cukup menonjol antara citra dan data lapangan hal ini dapat disebabkan karena :

1. Perbedaan waktu perekaman citra dan waktu pengambilan data.

Waktu perekaman citra adalah Tanggal 10 Januari 2016 sedangkan waktu pengambilan data lapangan

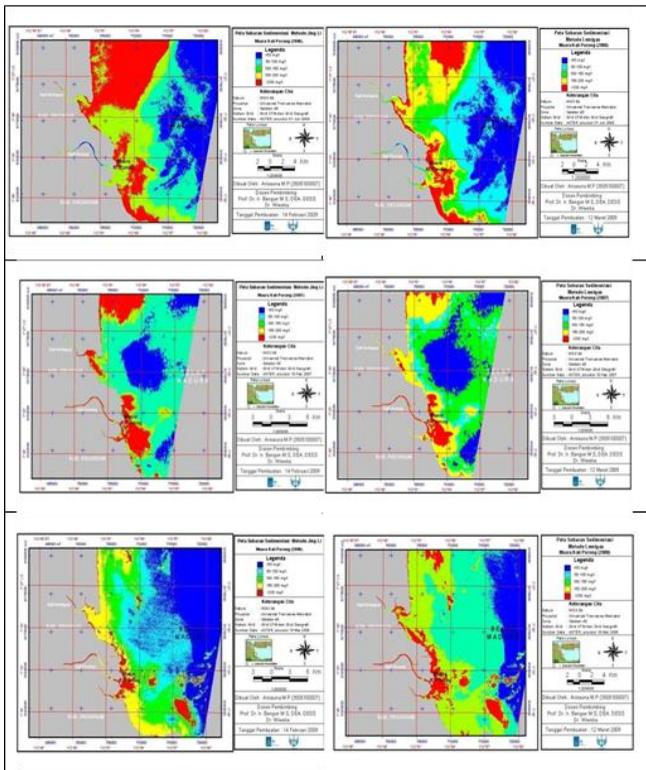
adalah Tanggal 16 April 2016. Akan tetapi data *In Situ* dalam penelitian ini dianggap sama untuk kemudian dilakukan analisis dan identifikasi. Dapat dilihat selang waktu yang cukup menonjol terjadi. Hal ini dapat mengakibatkan perubahan / dinamika kondisi perairan yang mengakibatkan perubahan nilai dan sebaran TSS

2. Pengaruh radiometrik

Perbedaan nilai TSS citra dan *In Situ* dapat disebabkan karena pengaruh radiometrik / gangguan perambatan gelombang di udara.

4.7 Analisa Sebaran konsentrasi TSS Pada Penelitian Sebelumnya.

Berikut ini adalah hasil penelitian dari Arizona M.P tahun 2010 tentang nilai TSS di Muara Kali porong. Hasil pengujian kedua algoritma yang digunakan untuk menghitung sedimentasi dijelaskan dengan memakai analisa regresi linear antara hasil algoritma pada citra dengan data lapangan. Hasilnya koefisien determinasi paling baik adalah pada tahun 2008. Dengan algoritma Jing Li memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.827 terhadap data lapangan dan algoritma Lemigas, memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.605 terhadap data lapangan. Berdasarkan data citra ASTER 2005 – 2008, Landsat5 TM 1994, dan Landsat7 ETM+ 2003. Persebaran sedimen di muara kali porong bersifat dinamis. Dipengaruhi oleh faktor musim, pasang surut air laut, arus pasang surut, kontur bathimetri, dan sumber material sedimen. Terdapat lonjakan konsentrasi sedimen di Kali Porong, untuk tahun 1994 – 2005 Berikut ini adalah peta sebaran TSS tahun 2006 – 2008 di pesisir pantai Surabaya – Sidoarjo menggunakan algoritma Jingli dan Lemigas pada penelitian sebelumnya.



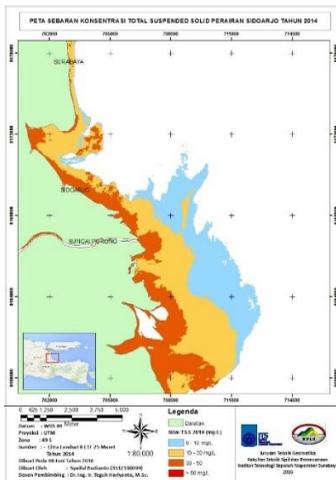
Gambar 4.12 Peta Sebaran TSS Tahun 2006-2008
(Sumber : Pahlevi,2010)

konsentrasi sedimen berada dalam kelas 50 – 100 mg/l, pada tahun 2006 berada dalam kelas 100-150 mg/l, sedangkan pada tahun 2007 – 2008 berada dalam kelas >200 mg/l. Perubahan daratan di Pesisir Sidoarjo-Pasuruan, Khususnya Muara Kali Porong mengalami pertambahan daratan setiap tahunnya, dan laju pertambahan daratan tertinggi adalah tahun 2006 – 2007 sebesar 93.298 Ha.

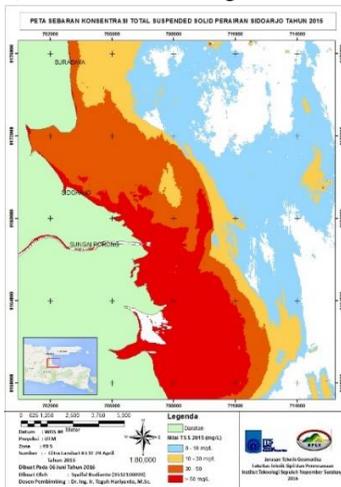
4.8 Analisa Sebaran Konsentrasi TSS Tahun 2014 – 2016.

Berikut ini adalah gambar peta sebaran TSS tahun 2014 – 2016 di Perairan Sidoarjo. Klasifikasi Konsentrasi TSS dibuat

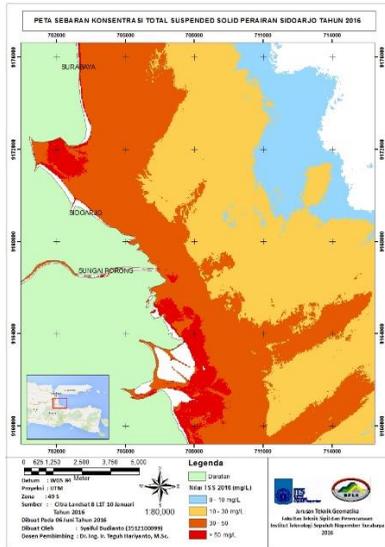
berdasarkan peraturan pemerintah no 82 tahun 2001, tentang kualitas air dengan batas maksimal klasifikasi 50 mg/l konsentrasi TSS untuk baku mutu air.



Gambar 4. 13 Peta Sebaran TSS Tahun 2014
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 14 Peta Sebaran TSS Tahun 2015
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4. 15Peta Sebaran TSS Tahun 2016
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

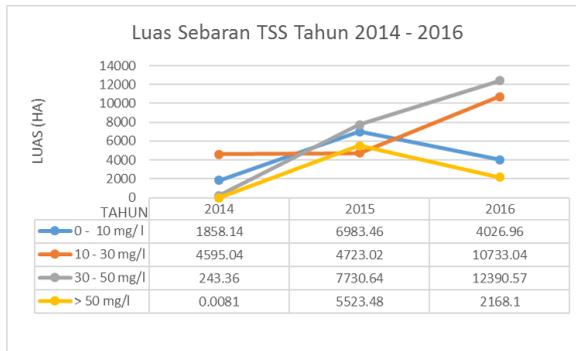
Berikut ini akan dijelaskan luas sebaran TSS per kelas hasil pengolahan citra Landsat 8 tahun 2014 – 2016 dengan menggunakan software ArcGis 10.3. Tabel 8 menggunakan satuan luas dalam Ha (Hektare).

Tabel 8; Luas Sebaran TSS tahun 2014-2016

Nilai TSS mg/l	Luas Sebaran TSS Per-Tahun di Tiap Titik Pengamatan (Ha)		
	2014	2015	2016
0 - 10	1858.14	6983.46	4026.96
10 – 30	4595.04	4723.02	10733.04
30 - 50	243.36	7730.64	12390.57
>50	0.0081	5523.48	2168.1

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Apabila disajikan dalam bentuk grafik luas sebaran nilai TSS akan menjadi sebagai berikut ;



Gambar 4. 16 Grafik Luas Sebaran TSS tahun 2014 – 2016
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa luas sebaran pada tahun 2014 hingga tahun 2016 tidak selalu naik secara linier, namun kadang juga mengalami penurunan sebaran TSS pada konsentrasi tertentu. Pada tahun 2014 luas sebaran terbesar terjadi pada konsentrasi nilai TSS 10 – 30 mg/l sebesar 4594.04 hektar. Pada tahun 2015 luas sebaran terbesar terjadi pada konsentrasi nilai TSS 30 – 50 mg/l sebesar 7730.64 hektar. Sedangkan pada tahun 2016 luas sebaran terbesar terjadi pada konsntrasi TSS 30 – 50 mg/l dengan luas sebaran 12390.57 hektar.

Dari peta sebaran TSS tahun 2014-2016 hasil pengolahan citra *Landsat 8* di atas dapat dianalisa bahwa nilai dan sebaran TSS di Perairan Sidoarjo yang dikarenakan buangan material lumpur dari kali porong terbilang cukup besar yaitu mencapai 120 mg/L. Daerah yang terkena dampak paling besar adalah di muara Kali Porong karena merupakan tempat bertemunya aliran sungai dan laut (gelombang dan arus) sehingga ada banyak material TSS yang terkonsentrasi di daerah tersebut. Pantai Pasuruan merupakan salah satu dampaknya karena pergerakan TSS cenderung ke arah Pasuruan dan terdapat daratan yang menjorok ke dalam daratan di antara Kali Porong dan Pasuruan hal ini mengakibatkan material TSS terkonsentrasi di daerah tersebut karena pengaruh arus dan

gelombang, muara Kali Alo (Kali Alo adalah anak sungai Kali Porong) sehingga material lumpur juga mengalir ke Kali Alo dan di sebelah utara Kali Alo terdapat daratan yang menjorok ke dalam daratan sehingga material *TSS* terkonsentrasi di tempat tersebut karena pengaruh arus dan gelombang. Daerah-daerah tersebut perlu diperlakukan secara khusus untuk mencegah atau mengurangi dampak sebaran *TSS* karena jika dibiarkan terus-menerus akan menghasilkan sedimentasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa penelitian ini yang telah di kemukakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari peta sebaran *TSS* tahun 2014-2016 hasil pengolahan citra *Landsat 8* di atas dapat dianalisa bahwa nilai *TSS* di Perairan Sidoarjo yang dikarenakan buangan material lumpur dari kali porong terbilang cukup besar yaitu mencapai 118 mg/L yang didapatkan dari uji lab *TSS* menggunakan metode gravimetri. Persebaran konsentrasi *TSS* terjadi pada muara Kali Porong karena merupakan tempat bertemunya aliran sungai dan laut (gelombang dan arus) sehingga ada banyak material *TSS* yang terkonsentrasi di daerah tersebut.
2. Luas sebaran *TSS* di muara sungai porong mengalami kenaikan pada tahun 2015 di konsentrasi > 50 mg/L dengan luas 5523.48 Ha lebih banyak dari tahun 2014 yaitu 0.0081 Ha dengan nilai konsentrasi yang sama. Kemudian luas sebaran *TSS* mengalami penurunan menjadi 2168.1 Ha di tahun 2016. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai dan sebaran sedimentasi seperti arus, pasang surut air laut, gelombang, arah angin. Pergerakan material *TSS* dipengaruhi 4 hal tersebut sehingga *TSS* tidak terkonsentrasi pada satu tempat saja.
3. Uji korelasi data lapangan *TSS* (Total Suspended Solid) dengan data hasil olahan *TSS* Citra *Landsat 8* LIT menggunakan Algoritma Guzman dan Santaella (2009) mempunyai nilai koefisien determinasi sebesar 69.35 %, Algoritma Syarif Budiman (2004) mempunyai nilai koefisien determinasi sebesar 69.32 %, dan Algoritma Nurahida Laili (2015) mempunyai nilai koefisien determinasi sebesar 73,81 %. Dari data uji korelasi antara data lapangan dengan data citra didapatkan 2 algoritma yang mempunyai hubungan

kurang baik / belum memenuhi syarat. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal seperti waktu pengambilan data *In Situ* dengan data citra yang berbeda, penggunaan algoritma yang kurang sesuai dengan daerah penelitian, dan lain sebagainya.

4. Penggunaan citra satelit Landsat 8 pada penelitian konsentrasi nilai TSS pada tahun 2014 hingga 2016 ini menghasilkan nilai R^2 paling baik dihasilkan dengan menggunakan algoritma laili (2015), menghasilkan koefisien determinasi sebesar 73,81%. Nilai koefisien determinasi yang mendekati satu atau 100% menunjukkan hubungan yang positif, sebaliknya jika R^2 mendekati nol, maka memiliki hubungan jelek. Dengan demikian citra Landsat 8 dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi Perairan Sidoarjo seperti pada kondisi yang ada di lapangan.

5.2 **Saran**

Berdasarkan hasil kesimpulan penelitian ini yang telah di kemukakan, adapun saran yang diberikan penulis;

1. Pengaruh pasang surut, arus, dan angin. Selama selang perbedaan waktu perekaman citra dan pengambilan data lapangan harus diperhatikan peristiwa-peristiwa perubahan pasang surut, arus, dan angin agar tidak mempengaruhi hasil perhitungan konsentrasi nilai TSS.
2. Pengambilan data *In Situ* sebaiknya dilakukan pada tanggal atau waktu yang sama dengan akuisisi data citra yang akan digunakan.
3. Perlu perhatian dan penanganan khusus dalam masalah TSS ini karena jika dibiarkan terus menerus akan menghasilkan dampak sedimentasi pada Perairan Sidoarjo.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (1995). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. (2001). *Geodesi Satelit*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Aini, A. (2008). *Sistem Informasi Geografis Pengertian dan Aplikasinya*. Yogyakarta: STMIK AMIKOM.
- Akbari, A. M., & Hariyanto, T. (2012). *PERHITUNGAN VOLUME SEMBURAN DAN SEBARAN LUMPUR SIDOARJO DENGAN CITRA*. Surabaya: Teknik Geomatika ITS.
- Badan Pelaksana-Badan penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BAPEL-BPLS). (2011). Peranan Porong Dalam Mengalirkan Lumpur Sidoarjo ke Laut. Sidoarjo.
- Bafdal, Nurpilihan, Kharistya Amaru, Boy Macklin PP. (2011). *Buku Ajar Sistem Geografis*. Bandung: Jurusan Teknik Manajemen Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjajaran.
- Budiman, S. (2004). Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta. In M. Thesis. Netherland.
- CCRS. (2013). *Fundamental Of Remote Sensing*. Canada.
- EVAN. (2014, September 11). <http://nasional.tempo.co/>. Jakarta, Indonesia. Retrieved from TEMPO: <http://nasional.tempo.co/read/news/2014/09/11/058606020/tanggul-lapindo-dari-jebol-ke-jebol>
- Firdaus, O. M. (2010). Analisis Implementasi Global Positioning System (GPS) pada Moda Transportasi di PT.X. *Proceeding Seminar on Application and Research in Industrial Technology (SMART 2010)*. Yogyakarta: UGM Yogyakarta.

- Handayani, H. H. (2011). Penginderaan Jauh Untuk Estimasi Kandungan TSS di Wilayah Pantai Timur Surabaya Akibat Pembuangan Lumpur Sidoarjo. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2011*. Surabaya: ISBN.
- Hasniati Astika, Z. B. (2013). *PENILAIAN DAN PENERAPAN RESIKO KECELAKAAN KERJA DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN PENAMBANGAN MINERAL DAN BATUBARA DI INDONESIA*. Bandung: PUSLITBANG TEKNOLOGI MINERAL DAN BATUBARA .
- IAGI. (2013, july 5). Dampak Semburan Lumpur lapindo Terhadap Kondisi Air Tanah di Daerah Sidoarjo dan Sekitarnya.
- Jonathan, Sarwono. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Yogyakarta :Graha Ilmu
- Kahar, J. (2008). *Geodesi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Krisna, T. C. (2011). *Analisa Sebaran TSS (Total Suspended Solid) Dengan Menggunakan Citra Satelit Aqua Modis Tahun 2005-1011*. Surabaya: Teknik Geomatika ITS.
- Lensa, I. (2013, April 20). Debit air kali porong meningkat, petugas siaga tanggul jebol.
- Mather, P. (1987). Computer Processing of Remotely- Sensed Imaged. *an introduction*.
- Murai, S. (1999). *Textbook on Remote Sensing and GIS*. Tokyo, jepang: the National Space Development Agency of Japan (NASDA) at Asian Institute of Technology.
- Nurahida Laili, L. J. (2015). DEVELOPMENT OF WATER QUALITY PARAMETER RETRIEVAL ALGORITHMS FOR ESTIMATING TOTAL SUSPENDED SOLIDS AND CHLOROPHYLL-A CONCENTRATION USING LANDSAT-8 IMAGERY AT POTERAN ISLAND WATER. 55-62.

- Pahlevi, A. M. (2010). Analisa Sedimentasi di Muara Kali Porong Akibat Pembuangan Lumpur Lapindo Menggunakan Data Citra Aster. Jakarta: Bakosurtanal.
- Plew, R Stephens and Ronald. (2000). *Databae Design*. 1 st ed: Sams Publishing.
- Raisz, E. (1948). *General Cartography*. New York: McGraw-Hill.
- Rashita Megah Putra, B. S. (2014). Analisa Sedimen Tersuspensi (Total Suspended Matter) di Perairan Timur Sidoarjo Menggunakan Citra Satelit Landsat Dan SPOT. *Deteksi Parameter dan Diseminasi Penginderaan Jauh*.
- Shiddiq,Rahmad, dkk. (2012). *Rancangan Bangun Alat tangkap kalibrasi sensor dengan Menggunakan Metode Euticlean*. Surabaya: ITS.
- Sumestri, S., & G, A. A. (1984). *Metoda Peneitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Tempfli, K. (1991). DTM and Differential Modeling. In R. Suharyadi, *petunjuk praktikum sistem informasi geografis*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Walhi, J. (2006). *Walhi jatim Tolak Pembuangan Lumpur Lapindo ke Badan Sungai dan Laut*. Sidoarjo.
- Wirasatriya, A. (2011). Pola Distribusi Klorofil-a dan Total Suspended Solid (TSS) di teluk Toli Toli, Sulawesi. UNDIP.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

A. HASIL PENELITIAN

Lampiran 1. Dokumrentasi Penelitian.

Gambar 1. Persiapan Alat Pengambilan Sampel Air Laut



Gambar 2. Persiapan Alat Pengambilan Sampel Air Laut



Gambar 3. Situasi Kali Porong .



Gambar 4. Pembuangan Lumpur Sidoarjo Ke Kali Porong.



Gambar 5. Pengambilan Sampel Air Laut



Gambar 6. Pengambilan Sampel Air laut



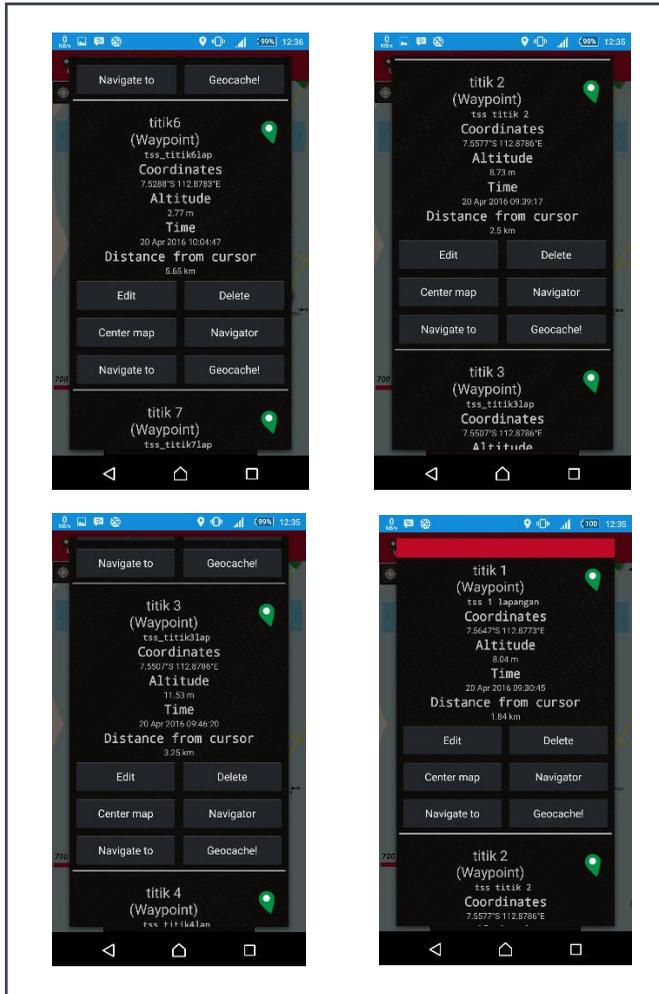
Gambar 7. Pengambilan sampel air laut.



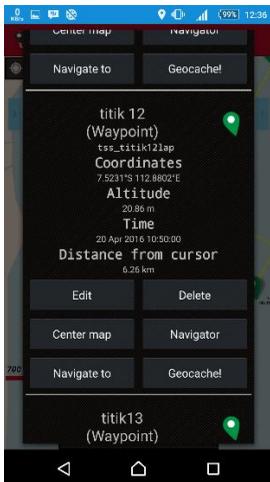
Gambar 8. Hasil Sampling Air Muara Kali Porong.



Lampiran 2. Hasil Waypoint Koordinat Titik In Situ









Lampiran 3. Hasil Laboratorium Nilai TSS



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX, (031)5928387

DATA ANALISA TOTAL SOLID

Dikirim Oleh : Sdr. Saiful
Diterima Tanggal : 21 April 2016
Sampel Dari : Air Laut Porong

No	Kode Sampel	Hasil Analisa TSS (mg/L)	Metoda Analisa
X 11		128,00	Gravimetri
22		48,00	
33		28,00	
44		42,72	
55		72,00	
X 66		106,00	
X 77		96,00	
88		74,00	
X 99		58,00	
X 1010		50,00	
1111		80,00	
1212		70,00	
1313		72,00	
1414		18,00	
1515		84,00	
1616		88,00	
1717		118,00	
1818		74,00	
X 1919		26,00	
X 2020		20,00	
X 2121		30,00	
2222		42,00	
2323		68,00	
X 2424		140,00	
X 2525		390,00	



Surabaya, 03 Mei 2016
Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001

Catatan :
Laporan ini dibuat untuk contoh air yang diterima laboratorium kami

Lampiran 4. Tabel Nilai TSS Perairan Sidoarjo tahun 2014 – 2016

No Titik	Koordinat Geografis		Nilai TSS Per-Tahun di Tiap Titik Pengamatan (mg/l)			TSS Lapangan mg/L
	X	Y	2014	2015	2016	
1	112.8786	-7.5577	19.506	18.832	17.650	48.00
2	112.8786	-7.5507	17.794	19.443	18.275	28.00
3	112.8798	-7.5425	17.725	18.638	17.044	42.72
4	112.8801	-7.5337	19.467	21.977	18.582	72.00
5	112.8693	-7.5153	20.560	22.718	22.863	74.00
6	112.8769	-7.5194	20.200	23.234	20.749	80.00
7	112.8802	-7.5231	22.901	23.530	21.475	70.00
8	112.8825	-7.5308	20.058	22.654	20.090	72.00
9	112.8888	-7.5387	19.544	22.867	18.463	18.00
10	112.8847	-7.5476	21.123	23.096	20.631	84.00
11	112.8855	-7.5553	20.363	23.204	22.281	88.00
12	112.8874	-7.5621	22.497	23.446	22.383	118.00
13	112.8945	-7.569	22.163	23.762	21.521	74.00
14	112.9032	-7.589	20.891	22.303	20.149	42.00
15	112.8947	-7.5804	18.977	20.892	19.922	68.00

Lampiran 5. Nilai Konsentrasi TSS Menggunakan 3 Algoritma Berbeda

No	Koordinat Geografis		TSS In Situ mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Guzman)mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Laili)mg/l	TSS Citra Tahun 2016 (Algoritma Budiman S)mg/l
	X	Y				
1	112.8786	-7.5577	48.00	16.709	17.650	13.192
2	112.8786	-7.5507	28.00	16.611	18.275	13.172
3	112.8798	-7.5425	42.72	15.156	17.044	12.912
4	112.8801	-7.5337	72.00	20.480	18.582	13.802
5	112.8693	-7.5153	74.00	17.973	22.863	13.406
6	112.8769	-7.5194	80.00	24.790	20.749	14.419
7	112.8802	-7.5231	70.00	27.150	21.475	14.728
8	112.8825	-7.5308	72.00	23.710	20.090	14.273
9	112.8888	-7.5387	18.00	19.624	18.463	13.671
10	112.8847	-7.5476	84.00	27.470	20.631	14.774
11	112.8855	-7.5553	88.00	30.547	22.281	15.140
12	112.8874	-7.5621	118.00	38.610	22.383	16.049
13	112.8945	-7.569	74.00	36.572	21.521	15.830
1	112.8786	-7.5577	48.00	16.709	17.650	13.192
14	112.9032	-7.589	42.00	27.726	20.149	14.804
15	112.8947	-7.5804	68.00	22.277	19.922	14.070

Lampiran 6. Hasil Peta Sebaran Nilai TSS

- Peta Sebaran Nilaian Konsentrasi TSS Perairan Sidoarjo tahun 2014
- Peta Sebaran Nilaian Konsentrasi TSS Perairan Sidoarjo tahun 2015
- Peta Sebaran Nilaian Konsentrasi TSS Perairan Sidoarjo tahun 2016

B ADMINISTRASI

Lampiran 7.Surat Permohonan Tugas Akhir



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp: 031-5929486-87, 5994251-55, Fax: 031-5929487, PABX: 1149
E-mail: geodesy@its.ac.id
http://www.geomatika.its.ac.id

Surabaya, 10 Februari 2016

Nomor : 136 /IT2.3.1.4/TU.00.09/2016
Perihal : Permohonan Tugas Akhir
Lampiran : 1 (satu) Lembar

Kepada Yth :

Sekertaris Bapel BPLS
Jl. Gayung Kebonsari No. 50
Surabaya, 60235 - Indonesia

Dengan hormat,

Sehubungan dengan mata kuliah Tugas Akhir di Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, dengan ini kami mengharapkan kerjasama dengan Instansi yang Bapak/Ibu pimpin untuk mempertimbangkan mahasiswa kami yang bernama :

No	Nama	NRP
1	Syaiful Budianto	3512 100 099

Agar dapat melaksanakan Tugas Akhir dan mendapatkan pembimbingan di Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo. Mengenai waktu pelaksanaan Tugas Akhir selama 2 bulan (waktu dapat menyesuaikan dengan jadwal yang diberikan Badan Pelaksana Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo).

Demikian atas perhatian serta kerjasama Bapak/Ibu kami mengucapkan banyak terima kasih.



Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 1981 1223 200501 1 002

Tembusan:

1. Deputi Bidang Operasi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA

Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111
Telp: 031-5929486-87, 5994251-55, Fax: 031-5929487, PABX: 1149
E-mail: geodesy@its.ac.id
<http://www.geomatika.its.ac.id>

Nomor : 127 /IT2.3.1.4/TU.00.09/2016 Surabaya, 10 Februari 2016
Perihal : Permohonan Bantuan Data
Lampiran : 1 (satu) Lembar

Kepada Yth:

Sekretaris Bapel BPLS

Jl. Gayung Kebonsari No. 50
Surabaya, 60235 - Indonesia

Dengan hormat,

Sehubungan dengan kegiatan Tugas Akhir mahasiswa kami angkatan 2012 Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang berjudul "Analisa Perubahan Konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* Dampak Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat *Multitemporal*", dengan ini kami mengharapkan kerjasama berupa permohonan data sebagai berikut :

1. Citra Satelit Landsat-8 tahun 2013-2016 beserta metadata dengan format (*.TIF), sesuai dengan lokasi penelitian, yaitu yang berada di dalam kawasan area terdampak Lumpur Sidoarjo dan Perairan Sidoarjo; dan
2. Data sampel air pembuangan Lumpur Sidoarjo di sepanjang aliran pembuangan lumpur meliputi Sungai Porong, Muara Sungai Porong, hingga Laut Madura.

Adapun nama mahasiswa tersebut adalah :

Nama : Syaiful Budianto

NRP : 3512 100 099

Demikian atas perhatian dan bantuannya kami mengucapkan banyak terima kasih.



Tembusan:

1. Deputi Bidang Operasi

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Syaiful Budiando dilahirkan di Sidoarjo, 18 Desember 1993, merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di Kota Surabaya dengan rincian, SD Khadijah Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, dan SMA Negeri 16 Surabaya.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan mengambil Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)

pada tahun 2012 dengan NRP 35 12 100 099. Selama menjadi mahasiswa, Penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa seperti PRA LKMM -TD 2012. Penulis pun aktif dalam kegiatan kepanitian di tingkat jurusan maupun fakultas. Selain itu penulis juga mengikuti kegiatan survei seperti survey topografi dan bathimetri pantai Dalegan Kabupaten Gresik, perhitungan volume lumpur panas Sidoarjo, Monitoring deformasi tanggul penahan lumpur panas sidoarjo, Perencanaan pembuatan jalan di Tarakan, Kalimantan Utara.

Dalam penyelesaian syarat kuliah, penulis memilih tugas akhir dengan Judul “Analisis Perubahan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Dampak Bencana Lumpur Menggunakan Citra Landsat *Multitemporal* (Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo)”. Jika ingin menghubungi penulis dapat menghubungi email: Syaifulbudi.a@gmail.com.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”