TUGAS AKHIR RM 184831

ANALISIS SEDIMENTASI TERHADAP PERUBAHAN LUASAN MANGROVE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL (STUDI KASUS: KABUPATEN GRESIK)

NOVA NURUL ANNISA
NRP 033 1 16 4000 0016

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR RM 184831

ANALISIS SEDIMENTASI TERHADAP PERUBAHAN LUASAN MANGROVE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL (STUDI KASUS: KABUPATEN GRESIK)

NOVA NURUL ANNISA
NRP 033 1 16 4000 0016

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT RM 184831

ANALYSYS OF SEDIMENTATION TOWARDS THE CHANGES OF MANGROVE AREA USING MULTITEMPORAL REMOTE SENSING TECHNOLOGY (CASE STUDY: GRESIK REGENCY)

NOVA NURUL ANNISA
NRP 033 1 16 4000 0016

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS SEDIMENTASI TERHADAP PERUBAHAN LUASAN MANGOROVE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL (Studi Kasus: Kabupaten Gresik)

Nama Mahasiswa : Nova Nurul Annisa
NRP : 033 1 16 40000 016
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

ABSTRAK

Kabupaten Gresik merupakan daerah hilir tempat bermuaranya Sungai Bengawan Solo dan terdapat Laut Jawa yang banyak membawa material sedimen ke daerah pantai. Akibatnya terjadi sedimentasi yang semakin lama membentuk suatu tanah timbul sebagai lahan baru untuk ditumbuhi mangrove.

Penelitian ini menganalisis perubahan luasan mangrove akibat adanya sedimentasi sehingga didapatkan informasi spasial mengenai perubahan mangrove dan sedimen tersuspensi di Kabupaten Gresik selama tahun 2016-2019 menggunakan data citra satelit Sentinel-2A. Estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi dari data penginderaan jauh didapatkan menggunakan algoritma dari Budhiman (2004), Parwati (2004), Jaelani (2015), dan Laili (2015). Sementara itu, luasan mangrove didapatkan dari hasil klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat algoritma tersebut tidak memenuhi syarat akurasi menggunakan korelasi dan NMAE sehingga dibuat persamaan empiris baru yaitu *TSS = 3.000.000 × exp(-34,71×((reflektan BOA Band Hijau)/(reflektan BOA Band Merah)))*. Selain itu dari penelitian ini diketahui bahwa terjadi penambahan luasan terbanyak terjadi di periode tahun 2016-2017 sebesar 479,347 Ha dan pengurangan luasan terbanyak terjadi di periode tahun 2018-2019 sebesar 534,087 Ha. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka variabel sedimen tersuspensi sebagai sedimentasi berpengaruh terhadap variabel

mangrove sebesar 64,9%. Serta terdapat pengaruh secara signifikan dari sedimentasi terhadap perubahan luasan mangrove dalam tingkat signifikansi 5% atau tingkat kepercayaan 95%.

Kata Kunci— Maximum Likelihood, Mangrove, Multitemporal, Sentinel-2A, Sedimen Tersuspensi

ANALYSIS OF SEDIMENTATION TOWARDS THE CHANGES OF MANGROVE AREA USING MULTITEMPORAL REMOTE SENSING TECHNOLOGY
(Case Study: Gresik Regency)

Name : **Nova Nurul Annisa**
ID : **033 1 64 40000 016**
Department : **Geomatics Engineering**
Supervisor : **Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS**

ABSTRACT

Gresik Regency is a downstream area where the Bengawan Solo River flows and there is a Java Sea which carries a lot of sediment material to the coast. As a result, there is sedimentation which is forming an arising land that can become new land for mangrove growing.

This study analyzes changes in mangrove area due to sedimentation so that spatial information about changes in mangroves and suspended sediments in Gresik Regency during 2016-2019 uses Sentinel-2A satellite imagery data. Estimated suspended sediment concentration from remote sensing data is obtained using algorithms from Budhiman (2004), Parwati (2004), Jaelani (2015), and Laili (2015). Meanwhile, the mangrove area is obtained from the Maximum Likelihood Supervised Classification.

The results of this research indicate that the four algorithms do not meet the specified accuracy requirements so that a new empirical equation is created, that is *TSS = 3,000,000 × exp (-34.71 × ((BOA reflectance of the green band)/(BOA reflectance of the red band)))*. Also, it is known that the most extensive addition occurred in the 2016-2017 period by 479,347 Ha and the largest reduction in the area occurred in the 2018-2019 period by 534,087 Ha. Based on the results of the analysis, the suspended sediment variable as sedimentation affects the mangrove variable by 64.9%. And there is a significant influence of sedimentation on changes in mangrove area in the significance level of 5% or 95% confidence level.

Kata Kunci— Maximum Likelihood, Mangrove, Multitemporal, Sentinel-2A, Suspended Sediment

ANALISIS SEDIMENTASI TERHADAP PERUBAHAN LUASAN MANGROVE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL
(Studi Kasus: Kabupaten Gresik)

TUGAS AKHIR
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S–1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
NOVA NURUL ANNISA
NRP. 033 1 16 40000 016

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS (.....)
NIP. 19530527 198303 1 001

SURABAYA, 28 JULI 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Analisis Sedimentasi Terhadap Perubahan Luasan Mangrove Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Multitemporal (Studi Kasus: Kabupaten Gresik)" dengan baik dan lancar. Tugas akhir ini dibuat untuk menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana (S-1) di Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tugas akhir ini tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan, saran, dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moral maupun material. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua penulis atas do'a, pengorbanan, dukungan, semangat yang diberikan agar penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS, selaku dosen pembimbing atas motivasi, dukungan, dan bimbingan yang telah diberikan agar tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
3. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS.
4. Bapak dan ibu dosen atas ilmu dan bimbingan selama berkuliah dan menyelesaikan tugas akhir serta karyawan Teknik Geomatika atas segala bantuan yang diberikan.
5. Teman-teman Teknik Geomatika angkatan 2016 (G18) atas semangat, motivasi, batuan, dan kerjasamanya selama menempuh masa perkuliahan serta menyelesaikan tugas akhir.
6. Adik-adik Teknik Geomatika angkatan 2017 (G19) dan angkatan 2018 (G20) atas dukungan dan do'anya.

7. Pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu kelancaran untuk penyelesaian penelitian tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan seluruh pihak-pihak tersebut. Sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih.

Penulis menyadari dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan sehingga diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan kedepannya. Semoga isi dari laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK v
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan 4
1.5 Manfaat 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Mangrove 7
2.1.1 Definisi Mangrove 7
2.1.2 Fungsi Mangrove 8
2.2 Penginderaan Jauh 9
2.3 Sentinel-2A 10
2.4 Resolusi Citra 13
2.5 Koreksi Atmosfer 14
2.6 Klasifikasi Terbimbing 15
2.6.1 *Maximum Likelihood* 15
2.7 Matriks Konfusi 16
2.8 *Analysis Tools* 18
2.9 Sedimentasi 20
2.10 Muatan Sedimen Tersuspensi 21
2.10.1 Algoritma Sedimen Tersuspensi 22
2.11 *Normalized Difference Water Index* 25
2.12 Korelasi 25
2.13 Uji Validasi 27
2.14 Pengujian Hipotesis 27

2.14.1 *Independent Samples t Test* 28
2.15 Penelitian Terdahulu 30
BAB III METODOLOGI 33
3.1 Lokasi Penelitian 33
3.2 Data dan Peralatan 33
3.2.1 Data 33
3.2.2 Peralatan 34
3.3 Metodologi Penelitian 34
3.3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian 34
3.3.2 Pengambilan Data Sedimen Tersuspensi *In Situ* .37
3.3.3 Tahap Pengolahan Data 39
BAB IV HASIL DAN ANALISIS 47
4.1 Korelasi dan Kesesuaian Algoritma dalam Penentuan Nilai Sedimen Tersuspensi 47
4.1.1 Data Citra 47
4.1.2 Data *In Situ* 48
4.1.3 Perhitungan Sedimen Tersuspensi dengan Empat Algoritma Peneliti Terdahulu 50
4.1.4 Validasi Algoritma Ekstraksi Sedimen Tersuspensi dengan Data *In Situ* 54
4.1.5 Pengembangan Model Persamaan Baru 58
4.2 Distribusi dan Perubahan Luas Sedimen Tersuspensi Tahun 2016-2019 66
4.2.1 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi 66
4.2.2 Perubahan Luasan Sedimen Tersuspensi 71
4.3 Distribusi dan Perubahan Luas Mangrove Tahun 2016-2019 77
4.3.1 Identifikasi Vegetasi Mangrove 77
4.3.2 Akurasi Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan 79
4.3.3 Persebaran Mangrove 81
4.3.4 Perubahan Luasan Mangrove 85
4.4 Pengaruh Sedimen Tersuspensi Terhadap Mangrove 88
4.4.1 Uji Korelasi 89
4.4.2 Uji Signifikansi 90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 93

5.1 Kesimpulan 93
5.2 Saran 94
DAFTAR PUSTAKA 95
LAMPIRAN 105
Lampiran 1. Dokumentasi 105
Lampiran 2. Lokasi Pengambilan Sampel 107
Lampiran 3. *Raw Data* Citra Sentinel-2A 111
Lampiran 4. Hasil Laboratorium Pengujian Konsentrasi Sedimen Tersuspensi 115
Lampiran 5. Peta 117
BIODATA PENULIS 131

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mangrove 7
Gambar 2.2 Satelit Sentinel-2 11
Gambar 2.3 Fitur Masukan dan Keluaran dari *Intersect* 19
Gambar 2.4 Fitur Masukan dan Keluaran dari *Erase* 19
Gambar 2.5 Fitur Masukan dan Keluaran dari *Buffer* 20
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 33
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 35
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengambilan Data *In Situ* 37
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data 39
Gambar 3.5 Diagram Alir Pengolahan Data (2) 40
Gambar 4.1 Hasil Plotting Koordinat Titik Sampel 50
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dengan Data *In Situ* 53
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Jaelani (2015) dan Data *In Situ* 55
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Laili (2015) dan Data *In Situ* 55
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Parwati (2004) dan Data *In Situ* 56
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Budhiman (2004) dan Data *In Situ* ... 56
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Nilai Reflektan Band 2 dengan Data *In Situ* 59
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Nilai Reflektan Band 3 dengan Data *In Situ* 60
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Nilai Reflektan Band 4 dengan Data *In Situ* 60
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 2 dan Band 3 dengan Data *In Situ* 60
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 2

dan Band 4 dengan Data *In Situ* 61
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 3 dan Band 2 dengan Data *In Situ* 61
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 3 dan Band 4 dengan Data *In Situ* 61
Gambar 4.14 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 4 dan Band 2 dengan Data *In Situ* 62
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 4 dan Band 3 dengan Data *In Situ* 62
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Kromatisi Reflektan Band 2 dengan Data *In Situ* 62
Gambar 4.17 Grafik Hubungan Kromatisi Reflektan Band 3 dengan Data *In Situ* 63
Gambar 4.18 Grafik Hubungan Kromatisi Reflektan Band 4 dengan Data *In Situ* 63
Gambar 4.19 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Empiris dan Data *In Situ* 66
Gambar 4.20 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2016..... 67
Gambar 4.21 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2017..... 68
Gambar 4.22 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2018..... 69
Gambar 4.23 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2019..... 70
Gambar 4.24 Grafik Luasan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2016-2019 74
Gambar 4.25 Komposit Warna SWIR, NIR, dan *Red* pada Citra Multitemporal Sentinel-2A..... 78
Gambar 4.26 Persebaran Mangrove Tahun 2016..... 81
Gambar 4.27 Persebaran Mangrove Tahun 2017..... 82
Gambar 4.28 Persebaran Mangrove Tahun 2018..... 83
Gambar 4.29 Persebaran Mangrove Tahun 2019..... 84
Gambar 4.30 Grafik Total Luasan Mangrove Tahun

2016-2019 85
Gambar 4.31 Grafik Perubahan Luas Hutan Mangrove Tahun 2016-2019 87
Gambar 4.32 Grafik Hubungan Sedimen Tersuspensi Terhadap Mangrove 89

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Band Sentinel-2A 11
Tabel 2.2 Tingkat Resolusi Spasial 14
Tabel 2.3 Bentuk Matriks Konfusi 17
Tabel 2.4 Interpretasi Koefisien Kappa 18
Tabel 2.5 Pembagian Kelas Konsentrasi Sedimen Tersuspensi 22
Tabel 2.6 Interpretasi Koefisien Korelasi 26
Tabel 4.1 Data Citra Sentinel-2A 47
Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Lapangan 48
Tabel 4.3 Perbandingan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Data Citra Sentinel-2A Tanggal Akusisi 25 Desember 2019 52
Tabel 4.4 Kofisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Keempat Algoritma 57
Tabel 4.5 Nilai NMAE dan RMSE Keempat Algoritma 58
Tabel 4.6 Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Band Tunggal 63
Tabel 4.7 Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Rasio Dua Band 64
Tabel 4.8 Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Kromatisi Antar Band 64
Tabel 4.9 Perbandingan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Empiris dengan Data *In Situ* 65
Tabel 4.10 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2016 72
Tabel 4.11 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2017 72
Tabel 4.12 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2018 72
Tabel 4.13 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2019 73
Tabel 4.14 Matriks Konfusi Klasifikasi Tuttupan Lahan 80
Tabel 4.15 Akurasi Klasfikasi Terbimbing 80
Tabel 4.16 Luasan Mangrove Tahun 2016-2019 85
Tabel 4.17 Hasil Uji T 90

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem utama pendukung aktivitas kehidupan di wilayah pantai yang mana peranan penting dalam menjaga keseimbangan siklus biologis di lingkungannya (Andriani 2017). Selain itu, mangrove memiliki fungsi ekologi dan ekonomi yang tinggi.

Mangrove merupakan komunitas pepohonan yang hidup di antara laut dan daratan, habitatnya dipengaruhi oleh lumpur berpasir dan pasang surut air laut (Irwanto 2007). Oleh karena itu, mangrove tumbuh di pesisir yaitu sepanjang pantai atau muara sungai di daerah tropis dan subtropis (FAO 2007). Brady (1985) dalam Kusmana (2015) menyatakan bahwa tanah mangrove dibentuk oleh adanya akumulasi substrat lumpur dari proses sedimentasi baik sedimen dasar maupun sedimen tersuspensi yang berasal dari sungai, pantai, atau erosi tanah yang terbawa dari dataran tinggi sepanjang sungai atau kanal.

Kabupaten Gresik menjadi daerah hilir tempat bermuaranya Sungai Bengawan Solo yang merupakan sungai terpanjang di Pulau Jawa. Sungai ini mengalir dari Pegunungan Sewu di sebelah barat-selatan Surakarta hingga ke Laut Jawa. Aliran Sungai Bengawan Solo yang panjang membuat sungai ini banyak membawa material sedimen dari hasil erosi yang terangkut oleh arus menuju muara sungai. Akibatnya di muara sungai ini terjadi sedimentasi sehingga semakin lama membentuk suatu tanah timbul atau daratan yang disebut dengan akresi (Anggraini 2015). Tidak hanya dari muara sungai, sedimentasi di pesisir timur Kabupaten Gresik juga berasal dari laut yaitu Laut Jawa yang arusnya membawa material sedimen ke daerah pantai (Triatmojo 2008).

Salah satu jenis sedimen yaitu sedimen tersuspensi menjadi tempat berlangsungnya reaksi kimia yang heterogen dan bahan yang paling awal dalam pembentukan endapan (Arief dkk. 2016). Sedimen tersuspensi atau dikenal dengan istilah *Total Suspended*

Solid, memiliki ukuran >1 mikrometer umumnya terdiri dari lumpur, pasir halus, dan mikroorganisme yang dapat diamati menggunakan metode penginderaan jauh (Budhiman (2005) dalam Suniada (2019)).

Sedimen dan partikel-partikel tanah yang berasal dari daratan dapat terperangkap oleh akar mangrove dan membentuk lumpur. Lumpur tersebut akan mengendap dan terjadi suatu kondisi dimana endapan lumpur tidak hanyut oleh arus dan gelombang. Endapan yang dihasilkan makin lama menjadi tebal dan membentuk lahan baru ke arah laut. Adanya lahan baru dari endapan sedimen dapat ditumbuhi mangrove karena buahnya yang jatuh dapat langsung menancap sehingga membentuk tumbuhan baru (Milton 2018).

Hutan mangrove seiring berjalannya waktu mengalami perubahan luasan yaitu bertambahnya atau berkurangnya luasan hutan mangrove. Perubahan luasan hutan mangrove dapat terjadi secara alami oleh mangrove itu sendiri dan lingkungannya, maupaun hasil campur manusia. Secara alami perubahan terjadi karena adanya proses sedimentasi. Sedangkan perubahan akibat hasil campur tangan manusia terjadi karena alih fungsi hutan mangrove menjadi daerah budidaya tambak, penebangan liar, dan pembangunan di kawasan pesisir (Suwargana 2015). Adanya perubahan luasan yang terjadi pada hutan mangrove dapat diidentifikasi melalui teknologi penginderaan jauh.

Teknologi penginderaan jauh memberikan peluang untuk pemetaan kawasan mangrove yang berada di pesisir secara efektif dan efisien, terutama untuk daerah yang sulit dijangkau (Held dkk. (2003) dalam Kawamuna dkk. (2017)). Data yang dihasilkan dari teknologi penginderaan jauh yang berupa citra satelit yang memiliki kelebihan yaitu daerah cakupannya relatif luas, menjangkau daerah yang sulit dicapai, *real time*, dan periodik dengan adanya resolusi temporal. Kelebihan tersebut dimiliki oleh data citra satelit Sentinel-2A. Sentinel-2A merupakan citra resolusi tinggi yang mudah didapatkan dan tidak berbayar serta memiliki resolusi temporal 5 hari untuk mengunjungi kembali lokasi yang sama di daerah ekuator (ESA 2015).

Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2A untuk mengetahui perubahan luasan mangrove dan sedimentasi dari tahun 2016 sampai tahun 2019 yang terjadi di Kabupaten Gresik. Mangrove dari data tersebut diidentifikasi menggunakan klasifikasi terbimbing dengan metode *Maximum Likelihood*. Metode klasifikasi ini mengelompokkan piksel ke dalam suatu kelas dengan tingkat kemiripan maksimum (Catur dkk. 2015). Adanya perubahan luasan mangrove yang terjadi akan dikorelasikan menggunakan parameter sedimen tersuspensi. Parameter sedimen tersuspensi dipilih karena pada daerah penelitian terjadi sedimentasi. Sedimen tersuspensi dari data citra didapatkan dari pengolahan menggunakan algoritma yang memenuhi uji validasi dengan data lapangan. Hasil dari pengolahan citra menggunakan keempat algoritma akan divalidasi menggunakan data lapangan yang diambil pada tanggal sama dengan tanggal akuisisi citra. Selanjutnya akan dipilih satu algoritma terbaik untuk mendapatkan nilai sedimen tersuspensi yang sesuai dengan kondisi perairan pada lingkup daerah penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kesesuaian antara hasil konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra satelit Sentinel-2A dengan hasil pengukuran *in situ* di Kabupaten Gresik?
2. Bagaimana nilai perubahan luasan sedimen tersuspensi dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019 di Kabupaten Gresik?
3. Bagaimana nilai perubahan luasan mangrove dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019 di Kabupaten Gresik?
4. Bagaimana pengaruh sedimetasi terhadap perubahan luasan mangrove di Kabupaten Gresik?

1.3 Batasan Masalah

Adapun dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan sebagai berikut:

1. Daerah yang menjadi obyek untuk penelitian ini yaitu di Kabupaten Gresik bagian utara dan timur, meliputi Kecamatan Ujung Pangkah, Kecamatan Sidayu, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Manyar.
2. Citra satelit yang digunakan adalah citra satelit Sentinel-2A Level-1C.
3. Parameter yang digunakan untuk mengetahui hubungan sedimentasi terhadap perubahan mangrove adalah muatan sedimen tersuspensi (*Total Suspended Solid)*.
4. Metode yang digunakan identifikasi vegetasi mangrove adalah klasifikasi terbimbing metode *Maximum Likelihood*.
5. Metode yang digunakan untuk identifikasi konsentrasi muatan sedimen tersuspensi dari data citra adalah menggunakan algoritma yang memenuhi uji validasi dengan korelasi dan NMAE.
6. Analisis pengaruh sedimentasi (sedimen tersuspensi) terhadap luasan mangrove didapatkan dari hasil korelasi dengan regresi linier dan uji t.

1.4 Tujuan

Dengan adanya masalah yang telah dirumuskan dengan batasan-batasannya agar mencapai tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis korelasi dan kesesuaian algoritma dalam pengolahan sedimen tersuspensi dengan data pengukuran *in situ* di Kabupaten Gresik.
2. Mengetahui perubahan luasan konsentrasi sedimen tersuspensi di Kabupaten Gresik dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019.
3. Mengetahui perubahan luasan mangrove di Kabupaten Gresik dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019.

4. Menganalisis pengaruh sedimentasi terhadap perubahan luasan area mangrove di Kabupaten Gresik.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan informasi mengenai adanya sedimentasi yang mempengaruhi perubahan luasan mangrove di Kabupaten Gresik.
2. Menjadi pedoman bagi *stakeholder* dalam melakukan upaya pengelolaan kawasan mangrove agar mendapatkan strategi konservasi dan teknologi rehabilitasi yang tepat pada lingkup daerah penelitian ini.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mangrove

2.1.1 Definisi Mangrove

Menurut Snedaker (1978) dalam Kusmana dkk. (2003), mangrove adalah kelompok jenis tumbuhan yang hidup di sepanjang garis pantai tropis sampai sub-tropis dalam suatu lingkungan yang mengandung garam dan bentuk lahan berupa pantai dengan kondisi tanah anaerob. Sedangkan menurut Tomlinson (1986) dalam Majid dkk. (2016), kata mangrove berarti tanaman tropis dan komunitasnya tumbuh pada daerah intertidal yang berada di bawah pengaruh pasang surut air laut. Daerah intertidal terletak di sepanjang garis pantai seperti pantai, laguna, estuari, juga di tepi sungai.

Gambar 2.1 Mangrove
(Sumber: Ilman 2017)

utan mangrove dikenal dengan istilah *tidal forest*, *coastal woodland*, *vloedbosschen*, dan hutan payau namun sebagian besar masyarakat menyebut hutan mangrove sebagai hutan bakau. Penyebutan hutan mangrove sebagai hutan bakau sebenarnya tidak tepat karena bakau merupakan salah satu jenis tumbuhan penyusun hutan mangrove, yaitu *Rhizopora*

spp. (Khazali 1998). Oleh karena itu, telah ditetapkan istilah baku untuk hutan mangrove yaitu *mangrove forest* (Dahuri 2001).

2.1.2 Fungsi Mangrove

Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang mempunyai peranan penting dalam upaya pemanfataan berkelanjutan untuk sumber daya pesisir dan laut, memiliki fungsi penting sebagai penyambung ekologi darat dan laut, serta gejala alam yang ditimbulkan oleh perairan, seperti abrasi, gelombang, dan badai. Disamping itu, mangrove merupakan penyangga kehidupan sumberdaya ikan karena ekosistem mangrove merupakan daerah pemijahan (*spawning ground*), daerah asuhan (*nursery ground*), dan daerah mencari makan (*feeding ground*) (Departemen Kelautan dan Perikanan 2009).

Ujung Kulon *Conservation Society* (2010) dalam Rusidanti (2012) menyatakan bahwa hutan mangrove memiliki beberapa fungsi secara ekologis, diantaranya fungsi fisik dan fungsi biologis. Fungsi fisik dari hutan mangrove adalah menjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai dari erosi (abrasi) dan intrusi air laut, peredam gelombang dan badai, penahan lumpur, penangkap sedimen, pengendali banjir, mengolah bahan limbah, penghasil detritus, memelihara kualitas air, penyerap CO^2, dan penghasil O^2. Sedangkan untuk fungsi biologis mangrove antara lain sebagai tempat hidup biota laut baik berlindung, mencari makan, tempat pemijahan maupun pengasuhan, tempat hidup berbagai satwa lain seperti kera, buaya, dan burung. Menurut Dahuri (1996), fungsi ekologis mangrove adalah sebagai berikut:

1. Terjadi mekanisme hubungan antara ekosistem mangrove dengan jenis-jenis ekosistem lainnya seperti padang lamun dan terumbu karang.

2. Sebagai peredam gelombang, penahan lumpur, dan pelindung pantai dari abrasi, gelombang pasang dan topan karena memiliki sistem perakarannya yang kokoh.
3. Sebagai pengendalian banjir, hutan mangrove yang banyak tumbuh di daerah estuari juga dapat berfungsi untuk mengurangi bencana banjir.
4. Sebagai penyerap bahan-bahan pencemar (*environmental service*) khususnya bahan-bahan organik.
5. Sebagai penghasil bahan organik yang merupakan rantai utama dalam jaring-jaring makanan di ekosistem pesisir. Serasah mangrove yang jatuh dan gugur ke dalam air akan menjadi substrat yang baik bagi bakteri dan sekaligus berfungsi membantu proses daun-daun tersebut menjadi detritus. Selanjutnya detritus menjadi bahan makanan bagi hewan pemakan, seperti cacing dan udang-udang kecil yang akhirnya hewan-hewan ini akan menjadi makanan larva ikan, udang, kepiting dan hewan lainnya.
6. Sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) hewan-hewan muda (*juvenile stage*) yang akan bertumbuh kembang menjadi hewan-hewan dewasa dan daerah pemijahan (*spawning ground*) untuk udang, ikan, dan kerang-kerangan.

2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau *remote sensing* merupakan suatu ilmu dan seni untuk memperoleh data dan informasi dari suatu obyek di pemukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak berhubungan langsung dengan obyek, daerah, atau gejala yang dikajinya (Lillesand dan Kiefer 1979). Menurut Lindgren (1985), penginderaan jauh adalah variasi teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi. Informasi tersebut berbentuk gelombang elektromagnetik yang dipantulkan dan

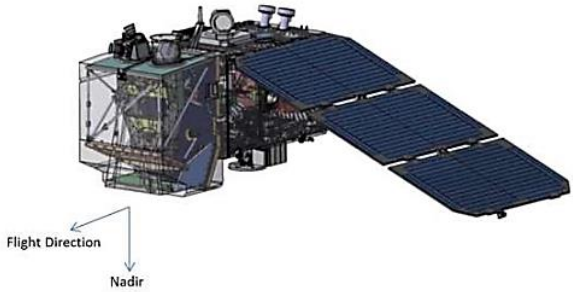
dipancarkan dari obyek di permukaan bumi. Energi dari gelombang elekromagnetrik selanjutnya akan ditangkap dan direkam oleh sensor (Bakara 2014).

Penginderaan jauh memiliki beberapa komponen penting. Beberapa komponen tersebut antara lain obyek, sumber energi, alur transmisi, dan sensor. Keempat komponen saling terkait dan bekerja sama untuk mengukur dan mencatat obyek yang diamati. Sumber energi berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target ke sensor, sedangkan sensor merupakan alat yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mencatat gelombang elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek.

Data yang dihasilkan selanjutnya dikirimkan ke stasiun penerima untuk diproses menjadi citra. Citra kemudian diinterpretasikan agar dapat diambil informasi mengenai obyek yang diamati. Terdapat tiga kelompok utama obyek di permukaan bumi yang dapat dideteksi oleh sensor yaitu air, tanah, dan vegetasi. Masing-masing obyek memiliki energi elektromagnetik dengan panjang gelombang berbeda. Dari panjang gelombang inilah sensor dalam teknologi penginderaan jauh dapat mengenali obyek di permukaan bumi (Gunawan 2014).

2.3 Sentinel-2A

Sentinel-2A merupakan salah satu satelit penginderaan jauh untuk observasi bumi dengan sensor pasif yang dibuat oleh *European Space Agency* (ESA) *Copernicus*. Satelit ini merupakan bagian dari misi Satelit Sentinel-2 yang diluncurkan pertama kali pada 23 Juni 2015 di Guiana *Space Centre*, Kourou, French Guyana, menggunakan Roket Vega. Sebelum diluncurkannya Sentinel-2A, pada 3 April 2014 telah diluncurkan Sentinel-1A yang merupakan satelit radar. Setelah peluncuran Sentinel-2A dilanjutkan peluncuran Sentinel-2B pada 7 Maret 2016. Satelit Sentinel-2A dan Sentinel-2B mengitari daerah ekuator dengan resolusi temporal hingga 5 hari (Yanuar dkk. 2017).



Gambar 2.2 Satelit Sentinel-2
(Sumber: ESA 2015)

Sentinel-2A dilengkapi instrumen multispektral atau *MultiSpectral Instrument* (MSI) yang mempunyai 13 band yang terdiri dari band cahaya tampak, band inframerah dekat, serta band inframerah pendek. Band-band tersebut memiliki resolusi spasial yang berbeda-beda yaitu 4 band beresolusi spasial 10 m, 6 band beresolusi spasial 20 meter, dan 3 band beresolusi spasial 60 meter. Berikut adalah spesifikasi dari setiap band pada Sentinel-2A

Tabel 2.1 Karakteristik Band Sentinel-2A

Band	Panjang Gelombang Tengah (nm)	Resolusi Spasial (m)
Band 1 – *Coastal Aerosol*	442,7	60
Band 2 – *Blue*	492,4	10
Band 3 – *Green*	559,8	10
Band 4 – *Red*	664,6	10
Band 5 – *Vegetation Red Edge*	704,1	20
Band 6 - *Vegetation Red Edge*	740,5	20
Band 7 - *Vegetation Red Edge*	782,8	20
Band 8 – *Near Infared* (NIR)	832,8	10

Band	Panjang Gelombang Tengah (nm)	Resolusi Spasial (m)
Band 8A – *Vegetation Red Edge*	864,7	20
Band 9 – *Water Vapor*	945,1	60
Band 10 – *Shortwave Infrared / Cirrus*	1373,5	60
Band 11 – *Shortwave Infrared* 1 (SWIR1)	1613,7	20
Band 12 – *Shortwave Infrared* 2 (SWIR2)	2202,4	20

Sumber: ESA (2015)

Satelit Sentinel-2A menghasilkan citra satelit yang dapat digunakan untuk pemantauan lahan mulai dari pertanian sampai perhutanan, pemantauan lingkungan sampai dengan perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan dan penggunaan lahan, pemetaan risiko bencana serta beragam aplikasi lainnya (Kawamuna dkk. 2017). Satelit ini menghasilkan beberapa tipe produk sebagai berikut (ESA 2015):

1. Level-0
   Produk Level-0 tidak dilepas untuk publik. Produk level ini berisi data *raw image* dalam format *Instrument Source Packet* (ISP). Informasi dari data tersebut digunakan untuk memproses menjadi produk dengan tingkat yang lebih tinggi, khususnya terkait model geometris.
2. Level-1A
   Produk Level-1A juga merupakan produk yang tidak dilepas untuk publik. Produk ini terbentuk dari dekompresi data *raw image* Level-0. Pada level ini sudah mulai dikembangkan model geometris.

3. Level-1B
   Produk Level-1B merupakan produk dengan tingkat terendah yang dilepas dan dapat digunakan oleh publik. Produk ini diproses dari Level-1A dan sudah terkoreksi radiometrik dalam nilai *Top of Atmospheric* (TOA) *radiance*.
4. Level-1C
   Produk Level-1C merupakan produk yang diproses dari Level-1B yang mana sudah dilakukan koreksi geometrik (termasuk orthorektfikasi atau *ortho-rectified)* dan koreksi radiometrik. Koordinat yang dihasilkan menggunakan datum WGS84 dengan sistem proyeksi UTM. Koreksi radiometrik pada level ini menghasilkan citra dalam nilai *Top of Atmospheric* (TOA) *reflectance*.
5. Level-2A
   Produk Level-2A merupakan produk yang diproses dari Level-1C. Produk ini sudah terkoreksi geometrik dan radiometrik yang tersedia dalam format *Bottom Of Atmospheric* (BOA) *reflectance*.

2.4 Resolusi Citra

Resolusi citra merupakan ukuran untuk menilai kualitas data citra hasil penginderaan jauh. Resolusi ini dibedakan menjadi tiga yaitu resolusi spasial, resolusi multitemporal, dan resolusi spektral. Berikut adalah penjelasan untuk resolusi spasial dan resolusi multitemporal.

1. Resolusi Spasial

   Resolusi spasial merupakan ukuran terkecil suatu obyek di keadaan sebenarnya yang dapat dideteksi oleh data digital maupun citra. Semakin kecil ukuran objek yang dapat dideteksi maka resolusi spasialnya semakin tinggi karena informasi yang dihasilkan lebih detail (Suwargana 2013).

   Resolusi spasial dipengaruhi oleh piksel citra yang apabila jumlahnya semakin banyak dengan ukuran piksel semakin kecil akan menghasilkan citra dengan lebih detail.

Semakin besar matrix piksel maka resolusi spasialnya menjadi lebih tinggi (Setyawan (2014) dalam Oktaviani dan Yarjohan (2016)).

Terdapat tiga tingkatan resolusi spasial untuk menilai kualitas gambar suatu citra. Berikut adalah tingkatannya ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tingkat Resolusi Spasial

No.	Tingkat Resolusi Spasial	Nilai (meter)
1	Tinggi	0,6 – 4
2	Menengah	4 – 30
3	Rendah	30 – >1000

Sumber: Suwargana (2013)

2. Resolusi Multitemporal

Resolusi multitemporal merupakan rentang waktu tertentu yang dimiliki oleh satelit untuk merekam ulang daerah yang sama (Suwargana 2013). Resolusi multitemporal dinyatakan dengan satuan jam atau hari. Semakin banyak jumlah hari yang dibutuhkan untuk melakukan perekaman ulang maka resolusi multitemporalnya semakin rendah, dan sebaliknya (Syah 2010).

Tingkatan resolusi multitemporal dibagi menjadi tiga sebagai berikut (Suwargana 2013).

a. Resolusi temporal tinggi : <24 jam – 3 hari
b. Resolusi temporal sedang : 4 – 16 hari
c. Resolusi temporal rendah : >16 hari

2.5 Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer adalah suatu proses untuk mengeliminasi efek dari gangguan atmosfer agar mendapatkan nilai reflektan permukaan. Dalam proses ini dibutuhkan informasi mengenai kondisi atmosfer dan kandungan aerosol pada saat citra di ambil (Humboldt State University 2017).

Penghapusan efek atmosfer menjadi sangat penting karena 80% dari sinyal yang direkam akan berpengaruh dengan adanya efek atmosfer ini. Adanya efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan obyek di permukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar karena adanya hamburan atau lebih kecil karena adanya proses serapan. Koreksi atmosfer mempengaruhi akurasi data citra satelit (Jaelani (2013) dalam Bobsaid & Jaelani (2017)).

Koreksi atmosfer pada citra Sentinel-2A memanfaatkan *tools* Sen2Cor, yaitu untuk mengoreksi *cirrus* dan *water vapor* (Yanuar dkk. 2017). Koreksi atmosfer akan menghasilkan nilai BOA (*Bottom of Atmosphere*) *reflectance*. BOA *reflectance* lebih baik daripada TOA *reflectance* karena sudah menghilangkan efek atmosfer yang disebabkan oleh propagasi sinyal dari sensor ke obyek dan dari obyek ke sensor (Gumelar dkk. 2018).

2.6 Klasifikasi Terbimbing

Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi dimana analis mempunyai sejumlah piksel yang mewakili dari masing-masing kelas atau kategori yang diinginkan (Setiyono 2006). Klasifikasi terbimbing diawali dengan menentukan area contoh atau *training area* berdasarkan informasi mengenai tutupan lahan yang sebenarnya ada di lapangan. Nilai piksel pada daerah contoh digunakan sebagai sampel untuk piksel-piksel yang lain sehingga terbentuk kelas-kelas klasifikasi dari piksel-piksel pada citra satelit berdasarkan nilai dari piksel area contoh. Salah satu metode klasifikasi terbimbing yang sering digunakan adalah adalah metode *maximum likelihood* (Rusdi (2005) dalam Catur, dkk. (2015)).

2.6.1 *Maximum Likelihood*

Metode *Maximum Likelihood* merupakan metode klasifikasi berbasis piksel dengan mengklasifikasikan setiap piksel pada setiap kelas berdasarkan pada nilai peluang tertinggi. (Catur, dkk. 2015). Peluang ini dinamakan *prior probability*.

Dengan metode *maximum likelihood*, setiap piksel diklasifikasikan ke dalam kelas yang mempunyai kesamaan spektal terbesar dengan kelas pada area contoh (Kohl, dkk. 2006). Apabila vektor belum terklasifikasikan maka akan masuk pada kelas yang memiliki kemiripan maksimal dengan vektor tersebut (Jaya (2010) dalam Thoriq & Sampurno (2016)).

Persamaan untuk metode ini menggunakan Aturan Keputusan dari Bayesian. Berikut adalah persamaannya (Sangadji, dkk. 2018).

$$P = \ln(A_c) - 0{,}5\ln(|\sum c|) - 0{,}5[(X-\mu c)^T(\sum c^{-1})(X-\mu c)] \quad (2.1)$$

dimana:

P : Bobot jarak
c : Indeks kelas
X : Nilai piksel dari calon kelas
μc : Rata-rata kelas *c*
A_c : Presentase apriori kelas *c*
$|\sum c|$: Determinasi varian kelas *c*
$\sum c^{-1}$: Jumlah invers varian matriks kelas *c*
T : Putaran matriks

2.7 Matriks Konfusi

Matriks konfusi atau *confusion matrix* merupakan suatu perhitungan akurasi berdasarkan matriks berukuran $n \times n$ yang memuat informasi mengenai klasifikasi aktual dan klasifikasi prediksi yang didapat dari suatu sistem klasifikasi dengan n adalah jumlah kelas yang berbeda (Visa 2011 dalam Fadila 2018). Matriks ini dapat menghitung besar akurasi pembuat (*producer's accuracy*), akurasi pengguna (*user's accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), dan akurasi kappa yang berupa *kappa coefficient*).

Menurut Jaya (2010) dalam Fadila (2018), akurasi pembuat didapatkan dari pembagian piksel yang terklasifikasi dengan benar terhadap jumlah total piksel *training area* per kelas, pada akurasi

ini terjadi kesalahan yang berupa penghilangan (*omission*). Sebaliknya akurasi pengguna didapatkan dari pembagian antara yang terklasifikasi dengan benar dengan jumlah piksel yang diklassifikasi pada kelas tersebut, pada akurasi ini terjadi kesalahan berupa penambahan (*commission*). Bentuk matriks konfusi dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan persamaan yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan 2.2-2.5.

Tabel 2.3 Bentuk Matriks Konfusi

Data Referensi	Data Kelas di Peta			Jumlah	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{i+}	X_{11}/X_{1+}
B	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{2+}	X_{22}/X_{1+}
C	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{3+}	X_{33}/X_{3+}
Jumlah	X_{+i}	X_{2+}	X_{3+}	N	
Akurasi Pengguna	$X_{11/}$ X_{1+}	$X_{22/}$ X_{1+}	$X_{33/}$ X_{3+}		

Sumber: Arisondang (2015) dalam Marwati, dkk. (2018)

$$\textit{Producer's accuracy} = \frac{Xii}{Xi+} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$\textit{User's accuracy} = \frac{Xii}{Xi+} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$\textit{Overall acccuracy} = \frac{\sum_{i=1}^{r} Xii}{N} \times 100\% \quad (2.4)$$

$$\textit{Kappa Coefficient} = \frac{N\sum_{i=1}^{r} Xii - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+}\, X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+}\, X_{+i})} \quad (2.5)$$

Keterangan:

N : Banyaknya piksel dalam contoh

X_{1+} : Jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{+1} : Jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{ii} : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

Menurut Kushardono (2017), *overall accuracy* biasanya digunakan sebagai indikator ukuran akurasi secara kesuluruhan. Selain itu indikator lain yang biasa digunakan yaitu koefisen kappa atau *kappa coefficient*. Koefisien kappa juga disebut dengan keeratan kesepakatan yaitu perbandingan nilai akurasi keseluruhan dengan akurasi yang diharapkan. Interprestasi hasil koefisien kappa dibagi menjadi tiga kelas sesuai Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Interpretasi Koefisien Kappa

No.	Koefisien Kappa	Interpretasi
1	0 – 0,4	Rendah
2	0,4 – 0,8	Sedang
3	0,8 – 1	Tinggi

Sumber: Landis dan Koch (1977) dalam Utami, dkk. (2017)

2.8 *Analysis Tools*

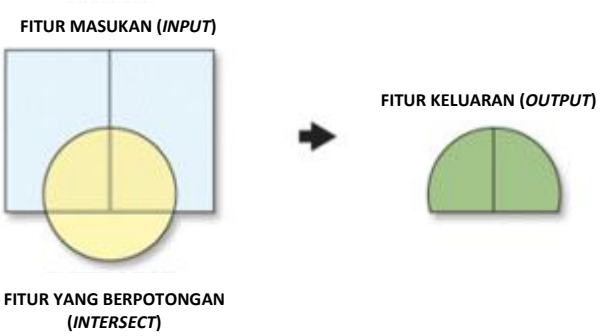
Analysis tools adalah seperangkat alat (*tools*) yang tersedia dalam perangkat lunak pengolah data spasial yaitu ArcGIS. *Analysis tools* digunakan untuk melakukan berbagai macam operasi pengolahan data spasial dalam format data vektor.

Operasi pengolahan data spasial yang dapat dilakukan menggunakan *tools* ini yaitu *overlay*, *buffer*, *extract*, *proximity analysis*, dan perhitungan statitistik (ESRI). Dari kelima *tools* yang ada, dalam penelitian ini menggunakan tiga *tools* yaitu yaitu *buffer* serta *overlay* yang berupa *erase* dan *intersect* digunakan dalam penelitian ini. Berikut adalah definisi dan penjelasan untuk *overlay*, *erase*, *intersect*, dan *buffer* menurut ESRI.

a. *Overlay*

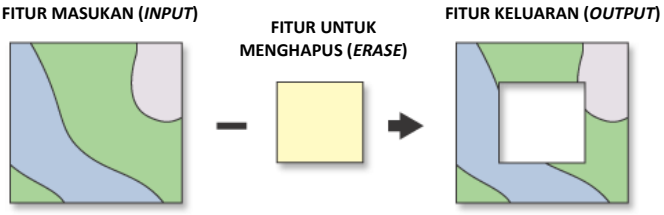
   Overlay merupakan alat untuk membuat tumpang tindih dari beberapa fitur kelas dengan cara menggabungkan (combine), menghapus (erase), memodifikasi (modify), atau memperbarui fitur spasial sehingga membentuk kelas fitur yang baru. Ada tujuh macam bentuk overlay yaitu *erase*, *identity*, *intersect*, *spatial join*, *symmetrical difference*, *union*, dan *update*.

- *Intersect*
  Intersect merupakan alat yang digunakan untuk membuat suatu fitur baru dari area yang berpotongan. Pembentukan fitur hasil *intersect tool* ditunjukkan sesuai Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Fitur Masukan dan Keluaran dari *Intersect*
(Sumber: ESRI)

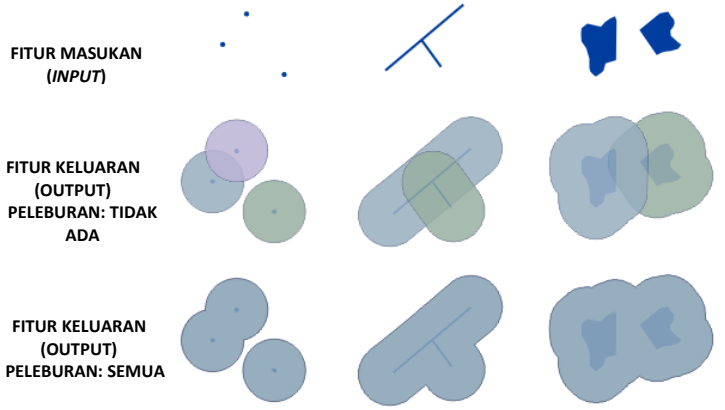
- *Erase*
  Erase merupakan alat yang digunakan untuk menghapus atau menghilangkan fitur yang tumpang tindih. Pembentukan fitur hasil *erase* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Fitur Masukan dan Keluaran dari *Erase*
(Sumber: ESRI)

b. *Buffer*

Buffer adalah suatu alat yang digunakan untuk membuat poligon mengelilingi suatu fitur dengan jarak tertentu. Berikut adalah proses kerja buffer ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Fitur Masukan dan Keluaran dari *Buffer* (Sumber: ESRI)

2.9 Sedimentasi

Menurut Soemarto (1987) dalam Gunawan (2015), sedimentasi merupakan pengangkutan, melayangnya (suspensi), atau mengendapnya material fragmental oleh air yang diakibatkan oleh adanya erosi. Sedimentasi meliputi proses-proses yaitu erosi, angkutan (*transportation*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*). Proses tersebut sangat kompleks yang dimulai dengan hujan yang menghasilkan energi kinetik sebagai awal dari erosi. Karena air hujan, tanah menjadi partikel halus yang menggelinding bersama aliran air yang sebagian akan tertinggal di atas tanah dan sisanya akan masuk terbawa aliran sungai menjadi angkutan sedimen (Soewarno 1991).

Berdasarkan angkutan sedimen, muatan sedimen dibagi menjadi dua macam (Suyono & Masateru 1985):

a) Muatan dasar (*bed load*)

Muatan dasar atau sedimen dasar merupakan material yang bergerak dalam aliran sungai dengan cara menggelinding, meluncur, dan meloncat. Material sedimen dasar berukuran besar dan selalu berada di dekat dasar sungai. Akumulasi sedimentasi menyebabkan munculnya tanah timbul yang semakin lama semakin meluas.

b) Muatan melayang (*suspended load*)
Muatan melayang atau sedimen tersuspensi merupakan butiran-butiran halus. Muatan ini bergerak melayang bersama aliran air.

Kondisi sedimetasi pada suatu perairan dapat diketahui melalui besar konsentrasi material padatan tersuspensi atau muatan melayang di wilayah tersebut (Jiyah, dkk. 2017). Material dari hasil sedimentasi akan mengendap pada daerah-daerah seperti delta, danau, pantai, laut dangkal, sampai dengan laut dalam (Selley 2000).

Sedimentasi dapat menimbulkan terjadinya akresi atau penambahan daratan. Akresi dapat berasal dari erosi garis pantai, daratan yang terbawa aliran sungai, dan laut dalam yang terbawa oleh arus ke daerah pantai (Triatmojo (2008) dalam Anggraini dan Julzarika (2018)).

2.10 Muatan Sedimen Tersuspensi

Muatan padatan tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi dengan diameter >1 μm, yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori sebesar 0,45 μm (Effendi 2003). Muatan padatan tersuspensi terletak pada perairan dengan kedalaman 50 cm dari permukaan air (Sumarno, dkk. 2015).

Muatan padatan tersuspensi terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik (Jiyah, dkk. 2017). Jasad renik dapat membantu perbaikan struktur dan kesuburan tanah, serta meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman karena memakan bahan organik. Bahan organik yang dimakan oleh jasad renik ini akan menjadi zat hara, sebagian akan disimpan dalam tubuh

mereka dan sisanya akan dikeluarkan melalui kotoran mereka (sebagai contoh, phosphor dan nitrogen). Hara di dalam kotoran orgnisme tanah dapat diserap oleh akar tanaman (Moore, dkk. 2007).

Menurut Chester (1990) dalam Arief (2012), pada umumnya muatan padatan tersuspensi material dapat berasal dari aliran sungai berupa hasil pelapukan, material darat, oksihidroksida, dan bahan pencemar; dari atmosfer berupa debu-debu atau abu yang melayang; dari laut berupa sedimen anorganik yang terbentuk di laut; dan sedimen biogenous dari sisa rangka organisme dan bahan organik lainnya, serta dari estuari berupa hasil flokulasi, presipitasi sedimen dan produksi biologis organisme estuari. Sebaran muatan padatan tersuspensi di laut dipengaruhi oleh masukan yang berasal dari darat yang terbawa oleh aliran sungai, atau dari udara dan perpindahan karena resuspensi endapan akibat erosi (Arief, dkk. 2016).

Kementerian Lingkungan Hidup melalui Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 1 Tahun 2010, membagi konsentrasi sedimen tersuspensi menjadi tiga kelas. Berikut adalah pembagiannya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Pembagian Kelas Konsentrasi Sedimen Tersuspensi

Kategori	Rentang Konsentrasi (mg/l)
Rendah	$0 - 100$
Sedang	$100 - 220$
Tinggi	$220 - 350$

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup 2010

2.10.1 Algoritma Sedimen Tersuspensi

Algoritma untuk mendapatkan nilai sedimen tersuspensi dari data citra dapat dibuat menggunakan pendekatan empiris menggunakan regresi antara data konsentrasi muatan padatan tersuspensi di lapangan dengan nilai reflektan berasal dari

band tunggal (*single band*), rasio dua band, ataupun kromatisi antar band (Kusuardini 2011).

Regresi diterapkan pada gelombang cahaya tampak yaitu band biru, band hijau, dan band merah. Penggunaan ketiga band ini berdasarkan prinsip bahwa sedimen tersuspensi yang ada di suatu perairan dapat menyerap dan memantulkan radiasi dari spektrum gelombang cahaya tampak (Nurgiantoro dan Jaelani 2016). Pada gelombang dengan panjang 450-510 nm yang terdapat pada band biru, nilai reflektan akan meningkat sejalan dengan adanya peningkatan konsentrasi sedimen tersuspensi. Band hijau akan sensitif terhadap konsentrasi sedimen tersuspensi yang rendah. Sebaliknya band merah akan sensitif terhadap konsentrasi sedimen tersuspensi yang tinggi (Budhiman 2005).

Persamaan model regresi dapat menggunakan fungsi eksponensial. Kelebihan dari fungsi eksponensial untuk estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi adalah dapat menghindari adanya nilai negatif dan nilai yang sangat ekstrim (Pasterkamp, dkk. (1998) dalam Budhiman, dkk. (2005)). Berikut ini merupakan algoritma dari peneliti terdahulu yang dapat digunakan untuk menghasilkan nilai sedimen tersuspensi dari pengolahan data penginderaan jauh:

1. Algoritma Budhiman (2004)

   Algoritma ini dikembangkan oleh Syarif Budhiman dengan studi kasus di wilayah perairan di Delta Mahakam, Kalimantan Timur, dengan metode *bio-optical model*. Algoritma ini diterapkan pada citra Landsat 7 dan Landsat 8 yang memanfaatkan nilai reflektan dari band merah. Berikut adalah persamaan yang digunakan:

   $$\text{TSS} = 8{,}1429 \times \exp(23{,}704 \times 0{,}95 \times red\ band) \quad (2.6)$$

   dimana *red band* adalah nilai reflektan dari band merah pada citra tersebut dan sudah dilakukan koreksi atmosfer.

2. Algoritma Parwati (2004)

Algoritma ini dikembangkan oleh Ety Parwati dengan studi kasus di wilayah Perairan Berau, Kalimantan Timur. Data citra yang digunakan untuk Algoritma Parwati adalah data Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM yang kemudian digunakan juga untuk data Landsat 8 pada penelitian di lokasi yang sama (Parwati dan Purwanto 2014). Berikut adalah persamaan yang digunakan:

$$\text{TSS} = 3{,}3238 \times \exp(34{,}099 \times \rho(BOA)) \qquad (2.7)$$

dimana $\rho(BOA)$ adalah nilai reflektan band merah pada citra tersebut dan sudah dilakukan koreksi atmosfer.

3. Algoritma Laili (2015)

   Algoritma ini dikembangkan oleh Nurahida Laili dengan studi kasus di wilayah perairan Pulau Poteran, Sumenep, Madura, Jawa Timur. Data citra yang digunakan dalam algoritma ini adalah data Landsat 8. Berikut adalah persamaan yang digunakan:

$$\text{TSS} = 31{,}420 \left(\frac{\log \text{Rrs}(\lambda_2)}{\log \text{Rrs}(\lambda_4)}\right) - 12{,}719 \qquad (2.8)$$

   dimana $\text{Rrs}(\lambda_2)$ adalah nilai *reflectance remote sensing* dari band biru dan $\text{Rrs}(\lambda_4)$ adalah nilai *reflectance remote sensing* dari band merah pada Landsat 8.

4. Algoritma Jaelani (2015)

   Algoritma ini dikembangkan oleh Lalu Muhamad Jaelani dengan studi kasus di wilayah Perairan Poteran dan Gili Iyang, Sumenep, Madura, Jawa Timur. Data citra yang digunakan untuk estimasi nilai TSS dengan Algoritma Jaelani adalah data Landsat 8. Berikut adalah persamaan yang digunakan dan telah dimodifikasi sesuai dengan karakteristik band citra Sentinel-2A (Jaelani & Ratnaningsih 2018):

$$\log(\text{TSS}) = 1{,}5212 \left(\frac{\log \text{Rrs}(\lambda_2)}{\log \text{Rrs}(\lambda_3)}\right) - 0{,}3698 \qquad (2.9)$$

dimana $\mathrm{Rrs}(\lambda_2)$ adalah nilai *reflectance remote sensing* dari band biru dan $\mathrm{Rrs}(\lambda_3)$ adalah nilai *reflectance remote sensing* dari band hijau pada Sentinel-2A.

2.11 *Normalized Difference Water Index*

Normalized Difference Water Index (NDWI) merupakan suatu indeks yang menunjukkan tingkat kebasahan suatu area. NDWI dapat digunakan untuk membedakan wilayah daratan dan perairan dan mempertajam informasi tubuh air (Kusumawardani 2018).

NDWI menggunakan band hijau dan band NIR. Band hijau digunakan karena dapat memaksimalkan reflektan pada badan air sedangkan band NIR dapat meminimalkan reflektan pada badan air (McFeeters 1996). Nilai NDWI dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$NDWI = \frac{(GREEN-NIR)}{(GREEN+NIR)} \tag{2.10}$$

dimana *GREEN* adalah reflektan dari band hijau dan *NIR* adalah reflektan dari band *Near-Infrared* (Inframerah Dekat). Dari persamaan tersebut, nilai NDWI untuk badan air akan menghasilkan nilai yang positif sedangkan tanah dan vegetasi darat akan menghasilkan nilai nol atau negatif sehingga memiliki rentang nilai dari -1 sampai dengan 1 (McFeeters 1996).

2.12 Korelasi

Korelasi merupakan suatu teknik analisis data. Korelasi menyatakan hubungan kedekatan atau erat tidaknya antar dua variabel. Kekuatan hubungan tersebut dinyatakan dengan koefisien korelasi. Koefisien korelasi dilambangkan dengan r. Koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan kuat atau lemahnya hubungan linier antar dua variabel (X dan Y).

Salah satu teknik korelasi yang dapat digunakan untuk menguji hubungan antar dua variabel dalam penelitian adalah Korelasi

Pearson. Korelasi Pearson dinyatakan dengan rumus sebagai berikut (Sugiyono 2008):

$$r = \frac{\mathrm{n}\sum \mathrm{XY} - (\sum \mathrm{X})(\sum \mathrm{Y})}{\sqrt{\{n\sum X^2 - (\sum X)^2\{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (2.10)$$

dimana:

r = korelasi antar variabel
n = jumlah sampel
X = nilai variabel X
Y = nilai variabel Y

Nilai korelasi dinyatakan dengan koefisien korelasi memiliki rentang dari -1 sampai dengan 1 dengan tanda positif atau negatif. Bertanda positif artinya kedua variabel mempunyai hubungan searah, semakin tinggi nilai variabel X maka nilai variabel Y juga semakin tinggi. Bertanda negatif artinya kedua variabel mempunyai hubungan berbanding terbalik, semakin tinggi nilai variabel X maka nilai variabel Y semakin rendah. Nilai koefisien korelasi dapat dinyatakan sebagai berikut (Nugroho dkk. 2008):

1. Jika, r = 1, hubungan variabel X dan Y dianggap sempurna dan positif (hubungannya sangat kuat dan positif)
2. Jika, r = -1, hubungan variabel X dan Y dianggap sempurna dan negatif (hubungannya sangat kuat dan negatif)
3. Jika, r = 0, hubungan variabel X dan Y dianggap sangat lemah atau tidak memiliki hubungan.

Besar kecilnya koefisien korelasi untuk menyatakan keeratan hubungan antara dua variabel, diinterpretasikan sesuai Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Interpretasi Koefisien Korelasi

Rentang Koefisien Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang

Rentang Koefisien Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

Sumber: Sugiyono (2008)

2.13 Uji Validasi

Uji validasi ini digunakan untuk mengetahui ketepatan atau akurasi hasil pengolahan algoritma. Uji validasi yang digunakan yaitu RMSE dan NMAE.

RMSE (*Root Mean Square Error*) merupakan uji akurasi suatu produk yang digunakan untuk menafsirkan kesalahan pengukuran dengan menjumlahkan akar kesalahan sebagai fungsi rata-rata kesalahan pengukuran (Willmott & Matsuura 2005). Semakin mendekati nol maka model semakin baik.

NMAE (*Normalized Mean Absolute Error*) juga merupakan uji akurasi yang digunakan untuk mengetahui sesuai atau tidaknya metode yang digunakan. Nilai toleransi atau syarat minimum NMAE yaitu 30% (Jaelani, dkk. 2015). NMAE dan RMSE dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$NMAE\ (\%) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{x_{estimated,i}-x_{measured,i}}{x_{measured}}\right| \times 100\% \qquad (2.11)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_{estimated,i}-x_{measured,i})^2}{N}} \qquad (2.12)$$

Keterangan:

N = Banyaknya data

$x_{estimated,i}$ = Nilai estimasi (hasil pengolahan)

$x_{measured,i}$ = Nilai hasil pengukuran (yang dianggap benar)

2.14 Pengujian Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban sementara dari rumusan masalah penelitian dan kebenarannya dibuktikan melalui data yang terkumpul (Sugiyono 2008). Pengujian hipotesis dimulai dengan

menetapkan hipotesis nol (Ho) dan hipotesis alternatif (Ha), pemilihan tes statistik dan perhitungan nilai statistik, penetapan signifikansi dan penetapan kriteria pengujian. Salah satu jenis pengujian hipotesis dalam penelitian yaitu uji t.

Uji t merupakan suatu uji signifikansi individual. Uji ini bertujuan menentukan seberapa jauh pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya dengan membandingkan nilai t hasil perhitungan (t hitung) dengan t tabel menggunakan tingkat signifikansi (α) yang ditentukan. yang biasa digunakan. Nilai taraf signifikansi yang biasa digunakan yaitu 5% atau 1% (Azwar 2005).

2.14.1 *Independent Samples t Test*

Independent Sample t-Test merupakan suatu jenis uji-t yang membandingkan rata-rata dua kelompok data yang independen. Uji-t seperti ini digunakan untuk menentukan apakah rata- rata dari populasi yang berkaitan terdapat perbedaan secara signifikan (Ken State University 2019).

Independent Sample t-Test juga dikenal dengan *Independent t Test, Independent Measures t Test, Independent Two-sample t Test, Student t Test, Two-Sample t Test, Uncorrelated Scores t Test, Unpaired t Test, Unrelated t Test.* Data yang dapat diuji memiliki asumsi yaitu skala data interval atau rasio, data berdistribusi normal, dan sampel merupakan dua kelompok data yang saling bebas atau tidak berpasangan.

Perhitungan stasistik untuk jenis uji t ini bergantung pada nilai variansi kedua variabel diasumsikan sama atau tidak yang diperoleh dari uji Levene's (*Levene's Test*). Berikut adalah persamaan untuk mendapatkan nilai t hitung berdasarkan variansi yang dihasilkan (Ken State University 2019):

a) Variansi dianggap sama ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}} \qquad (2.13)$$

dengan

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2+(n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (2.14)$$

dimana:
$\bar{x}_1$ = Rata-rata sampel ke-1
$\bar{x}_2$ = Rata-rata sampel ke-2
n_1 = Banyak sampel ke-1
n_2 = Banyak sampel ke-2
s_1 = Standar deviasi sampel ke-1
s_2 = Standar deviasi sampel ke-2
S_p = Standar deviasi gabungan

Pada perhitungan ini untuk menyimpulkan hasil hipotesis yang akan dibandingkan dengan t tabel, nilai derajat kebebasan yang digunakan yaitu df = n_1+n_2-2.

b) Variansi yang sama tidak diasusmsikan ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)

$$t = \frac{\bar{x}_1-\bar{x}_2}{S_p\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (2.15)$$

dimana:
$\bar{x}_1$ = Rata-rata sampel ke-1
$\bar{x}_2$ = Rata-rata sampel ke-2
n_1 = Banyak sampel ke-1
n_2 = Banyak sampel ke-2
s_1 = Standar deviasi sampel ke-1
s_2 = Standar deviasi sampel ke-2

Pada perhitungan ini untuk menyimpulkan hasil hipotesis yang akan dibandingkan dengan t tabel, nilai derajat kebebasan yang digunakan sebagai berikut.

$$df = \frac{(\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2})^2}{\frac{1}{n_1-1}(\frac{s_1^2}{n_1})^2+\frac{1}{n_2-1}(\frac{s_2^2}{n_2})^2} \quad (2.16)$$

Untuk mengetahui hipotesis yang benar, nilai t hitung dibandingkan dengan t tabel pada tingkat signifikansi tertentu dengan kriteria sebagai berikut:

1. Jika –t tabel > t hitung > t tabel, maka Ho ditolak dan H1 diterima (berpengaruh/terdapat korelasi antar variabel)
2. Jika –t tabel > t hitung < t tabel, maka Ho diterima dan H1 ditolak (tidak berpengaruh/tidak terdapat korelasi antar variabel)

2.15 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Utami dk. (2016). Peneliti melakukan penelitian mengenai perubahan luasan mangrove akibat pengaruh limpasan sedimentasi tersuspensi dengan studi kasus di Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Dalam penelitian tersebut dilakukan identifikasi mangrove dan ekstraksi konsentrasi sedimen tersuspensi menggunakan citra Landsat 5 TM tahun 1994, Landsat 7 ETM+ tahun 2003, dan Landsat 8 tahun 2015. Konsentrasi sedimen tersuspensi didapatkan dari Algoritma Syarif Budhiman dan Algoritma Parwati. Penelitian tersebut membuktikan bahwa Algoritma Parwati dan Syarif Budhiman berpengaruh secara signifikan positif terhadap data *in situ* TSS dengan tingkat signifikansi 5%.

Selanjutnya terdapat penelitian dari Anggraini dkk. (2015). Peneliti melakukan penelitian mengenai pemantauan distribusi sedimentasi menggunakan data Landsat dengan studi kasus di Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik. Data yang digunakan adalah Landsat 7 ETM+ tanggal 28 April 2000 dan Landsat 8 tanggal 3 Agustus 2015 dengan *path row* 118 065. Selain menggunakan data Landsat, peneliti menggunakan data satelit altimetri Jason-2, Saral, dan Cryosat. Data satelit altimetri digunakan untuk menentukan pola arus permukaan laut. Untuk identifikasi distribusi sedimentasi di wilayah tersebut digunakan metode interpretasi visual, *band ratio*, dan pola arus.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, terdapat perbedaan dengan penelitian ini. Perbedaan tersebut adalah penelitian ini mengambil studi kasus di

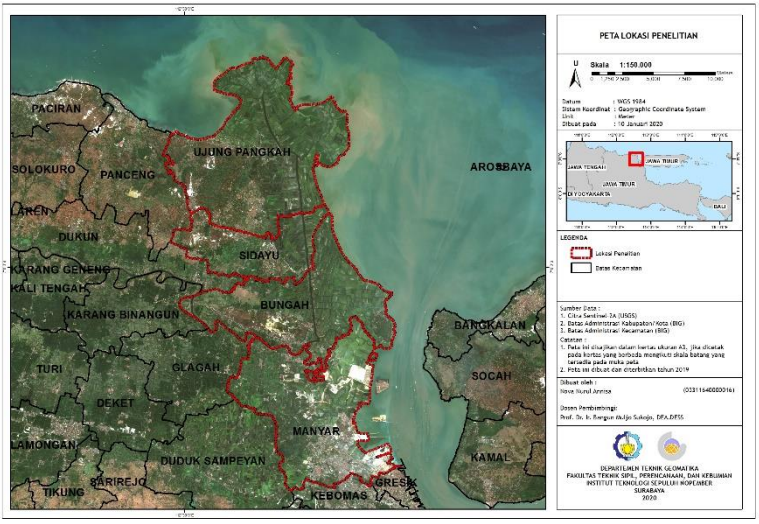
wilayah Kabupaten Gresik yang pesisir utara dan timur yang ditumbuhi oleh vegetasi mangrove. Serta wilayah tersebut merupakan daerah muara dari Sungai Bengawan Solo serta adanya Laut Jawa yan arusnya membawa material sedimen ke daerah pantai sehingga terjadi sedimentasi di daerah pesisirnya. Citra yang digunakan adalah Sentinel-2A tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019. Konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra didapatkan melalui pengolahan menggunakan empat algoritma yaitu Algoritma Syarif Budhiman, Algoritma Parwati, Algoritma Nurahida Laili, dan Algoritma Jaelani. Kemudian juga dilakukan perhitungan luasan mangrove untuk didapatkan pengaruh yang terdapat antara keduanya dengan diperkuat dengan adanya uji signifikansi.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Kabupaten Gresik bagian utara dan timur yang meliputi Kecamatan Ujung Pangkah, Kecamatan Sidayu, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Manyar. Secara geografis wilayah penelitian ini terletak di antara 6°49’4,8”-7°8’13.2” LS dan 112°29’31,2” - 112°39’57,6” BT. Lokasi penelitian tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

a. Data sekunder
   - Citra Sentinel-2A Level-1C tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019.

Citra diperoleh melalui *website* USGS (*United States Geological Survey*) dengan alamat https://earthexplorer.usgs.gov.

b. Data primer
   - Data sampel air di 10 lokasi yang berbeda.
   - Data koordinat titik sampel.

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

a. Perangkat keras (*Hardware*)
   - Laptop, untuk pengolahan data penelitian, penulisan laporan, serta pembuatan peta.
   - GPS *handheld*, untuk mendapatkan koordinat titik sampel.

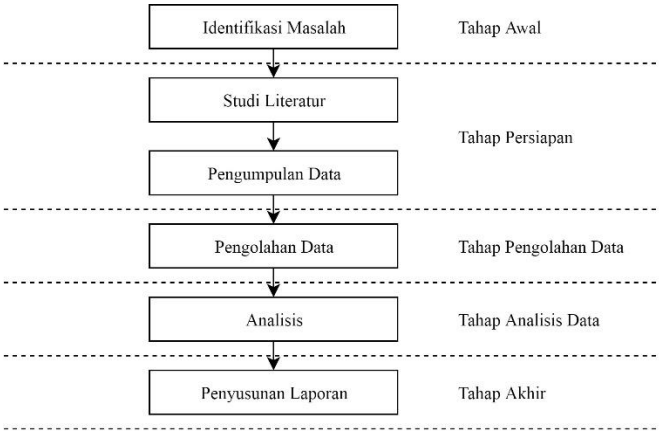
b. Perangkat lunak (*Software*)
   - Perangkat lunak pengolah data citra
   - Perangkat lunak pengolah data spasial
   - Perangkat lunak pengolah angka
   - Perangkat lunak pengolah kata

c. Peralatan untuk pengambilan sampel air
   - Botol plastik ukuran 500 ml, untuk menyimpan air laut
   - Tongkat kayu, untuk membantu pengambilan air laut
   - Kotak *styrofoam*, untuk menjaga suhu sampel dan terhindar dari paparan sinar matahari
   - Tali rafia, untuk mengikat botol ke tongkat kayu
   - Perahu, untuk akses ke titik sampel

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahap dalam pelaksanaannya yang digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir penelitian:

a. Tahap Awal

Tahap awal dalam melakukan penelitian ini adalah melakukan identifikasi masalah. Dari identifikasi masalah ini akan diperoleh permasalahan yang akan dijadikan sebagai penelitian, obyek penelitian, studi kasus yang akan diambil, serta bagaimana cara memecahkan masalah tersebut. Adapun permasalahan dalam penelitian ini yaitu bagaimana adanya sedimentasi di wilayah pesisir Kabupaten Gresik mempengaruhi perubahan luasan mangrove. Adanya sedimentasi diketahui dari nilai sedimen tersuspensi yang didapatkan dengan menggunakan teknik penginderaan jauh yang divalidasi dengan data lapangan.

b. Tahap Persiapan

Tahap persiapan terbagi menjadi dua tahapan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi mengenai teori dan metode yang relevan

dengan permasalahan yang diambil. Langkah ini dilakukan dengan mencari referensi dari berbagai macam sumber seperti buku, jurnal ilmiah, dan artikel ilmiah. Referensi yang akan dicari berkaitan tentang mangrove, sedimentasi, muatan sedimen tersuspensi, pengolahan citra, algoritma untuk mendapatkan nilai sedimen tersuspensi, pengolahan data spasial, dan uji statistik.

2. Pengumpulan Data

   Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian. Data yang dikumpulkan antara lain citra Sentinel-2A Level-1C tahun 2016 sampai tahun 2019, data lapangan yang meliputi sampel air pada 10 titik pengamatan beserta koordinat titik sampelnya, dan data titik di lapangan sebagai validasi hasil akurasi klasifikasi tutupan lahan.

c. Tahap Pengolahan Data

   Pada tahap ini dilakukan pengolahan untuk data citra dan sampel air. Pengolahan data citra meliputi koreksi atmosfer, pemisahan daratan dan perairan dengan NDWI, estimasi nilai sedimen tersuspensi citra, klasifikasi digital, perhitungan luasan mangrove, dan perhitungan luasan sedimen tersuspensi. Pengolahan sampel air dilakukan dengan uji laboratorium di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK, ITS. Dari hasil uji laboratorium akan didapatkan informasi konsentrasi sedimen tersuspensi di lapangan.

d. Tahap Analisis Data

   Tahap ini berisi tahap analisis dari yang telah diolah. Analisis yang dilakukan antara lain mengenai perhitungan algoritma sedimen tersuspensi, hasil

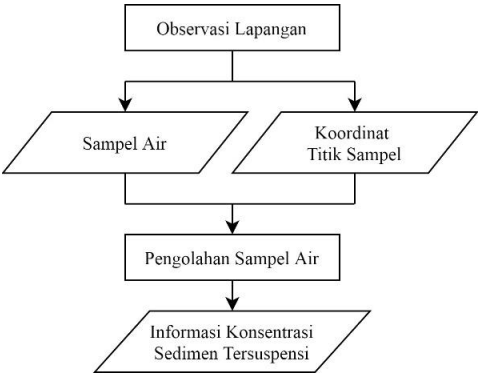
klasifikasi, perhitungan luasan mangrove, perhitungan luasan sedimen tersuspensi, korelasi algoritma sedimen tersuspensi dengan data *in situ*, dan pengaruh sedimen tersuspensi sebagai sedimentasi terhadap mangrove.

e. Tahap Akhir

Tahap akhir merupakan tahap penyelesaian dengan melakukan penyusunan laporan. Penyusunan laporan dilakukan sebagai bagian dari hasil akhir dan dokumentasi hasil penelitian yang telah dikerjakan. Laporan yang dibuat berupa Laporan Tugas Akhir.

3.3.2 Pengambilan Data Sedimen Tersuspensi *In Situ*

Data sedimen tersuspensi *in situ* didapatkan dengan pengambilan data di lapangan yang berupa sampel air yang berlokasi di muara Sungai Bengawan Solo dan laut di sekitarnya. Pelaksanaannya pengambilan data *in situ* digambarkan sesuai Gambar 3.3, sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengambilan Data *In Situ*

Berikut adalah penjelasan dari diagram air di atas:

a. Observasi lapangan

Observasi lapangan meliputi pengambilan sampel air dam koordinat titik sampel pada 10 titik

pengamatan. Penentuan lokasi pengambilan sampel air sebagai data lapangan menggunakan metode *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono 2008). Metode ini dipilih karena terdapat kriteria tertentu untuk mendapatkan sampel air yang representatif. Adapun kriteria untuk sampel yang diambil sebagai berikut:

- Berada pada kedalaman ≤50 cm di bawah permukaan air
- Berada di sekitar muara sungai dengan obyek sekitarnya adalah mangrove atau lumpur hasil sedimentasi.

Sebelum dilakukan pengambilan sampel, dilakukan survei pendahuluan dan penentuan tanggal pengambilan sampel. Survei pendahuluan dilakukan untuk mengetahui keadaan dan kendala di lokasi penelitian serta akses yang dapat dijangkau. Tanggal pengambilan sampel dipilih sesuai dengan tanggal akuisisi citra Sentinel-2A. Satelit Sentinel-2A melintasi dan merekam data di wilayah Kabupaten Gresik dan sekitarnya setiap 10 hari sekali. Tujuan dari penyesuaian tanggal tersebut yaitu agar tidak terdapat perbedaan yang signifikan untuk hasil konsentrasi sedimen tersuspensi di lapangan dengan yang didapatkan dari data citra.

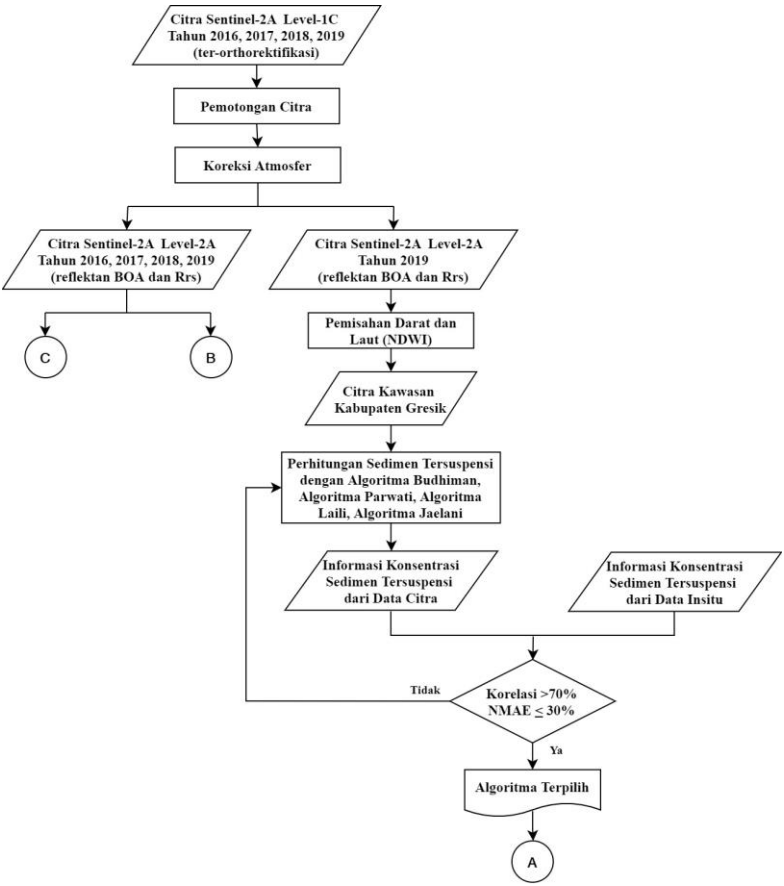
b. Pengolahan Sampel Air
   Sampel air diolah di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK, ITS.

c. Dari pengolahan sampel air akan didapatkan informasi konsentrasi sedimen tersuspensi. Informasi konsentrasi sedimen tersuspensi digunakan sebagai data yang dianggap benar karena sesuai dengan kondisi di

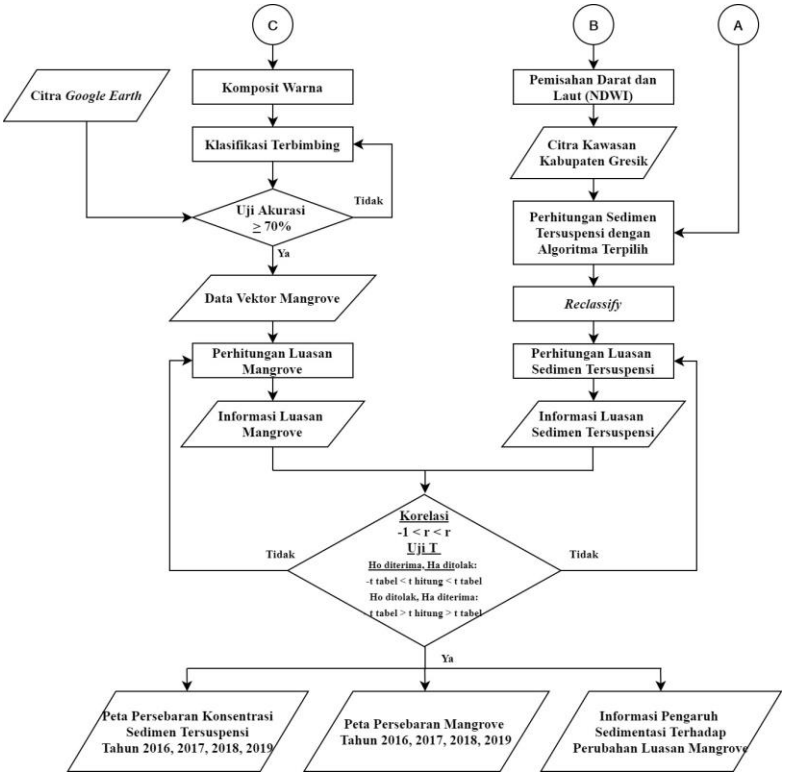
lapangan. Serta digunakan untuk mendapatkan algoritma yang tepat dalam melakukan analisis sedimen tersuspensi di Kabupaten Gresik.

3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dalam penelitian ini digambarkan sesuai diagram berikut:



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data



Gambar 3.5 Diagram Alir Pengolahan Data (2)

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir pengolahan data:

a. Pada tahap awal pengolahan data terdapat data yang akan diolah yaitu Citra Sentinel-2A Level-1C tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019. Level-1C menandakan bahwa citra tersebut sudah ter-orthorektifikasi (sudah dilakukan koreksi geometrik). Penelitian ini menggunakan dua data citra tahun 2019, sebagai berikut:
    - Citra dengan tanggal akuisisi 5 November 2019

Citra tersebut digunakan untuk menghitung luasan mangrove pada tahun 2019. Penggunaan citra tersebut karena citra dengan tanggal akuisisi yang sama dengan pengambilan sampel sebagian besar tertutup awan untuk wilayah Kabupaten Gresik.

- Citra dengan tanggal akuisisi 25 Desember 2019
  Citra tersebut digunakan untuk estimasi nilai sedimen tersuspensi yang akan dikorelasikan dengan data lapangan.

b. Pemotongan citra

Pemotongan citra dilakukan dengan membuat ROI di kawasan area penelitian. Pemotongan citra bertujuan untuk memfokuskan daerah yang digunakan dalam penelitian serta menghemat memori penyimpanan sehingga pengolahan data citra menjadi lebih cepat dan efektif.

c. Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer untuk citra Sentinel-2A dilakukan menggunakan *tool* Sen2Cor. Sen2Cor mengubah data Level-1C dalam format nilai reflektan TOA menjadi data Level-2A dalam format reflektan BOA. Sesuai dengan keperluan, data yang dihasilkan selanjutnya dilakukan pengubahan dari reflektan BOA ke Rrs (*Remote Sensing Reflectance*) dengan data tersebut dibagi dengan π.

e. Dari hasil koreksi atmosfer, dibagi menjadi dua *output* yaitu:

- Citra Sentinel-2A Level-2A Tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019 dengan format reflektan BOA dan Rrs. *Output* tersebut digunakan sebagai *input* untuk tahapan pengolahan mangrove.

- Citra Sentinel-2A Level-2A Tahun 2019 dengan format reflektan BOA dan Rrs. *Output* tersebut digunakan sebagai *input* untuk tahapan pengolahan sedimen tersuspensi.

f. Proses selanjutnya dari hasil koreksi atmosfer dibagi menjadi tiga tahapan yaitu: tahap komposit warna; tahap pemisahan darat dan laut untuk perhitungan sedimen tersuspensi dengan algoritma terpilih; tahap pemisahan darat dan laut untuk perhitungan sedimen tersuspensi dengan Algoritma Budhiman, Algoritma Parwati, Algoritma Laili, dan Algoritma Jaelani.

g. Pemisahan Daratan dan Perairan

Pemisahanan daratan dan perairan dilakukan menggunakan algoritma NDWI. Pemisahan ini dilakukan agar daratan tidak ikut diposes dalam perhitungan nilai sedimen tersuspensi.

Nilai NDWI memiliki pada rentang 1 sampai -1. Nilai NDWI >0 maka daerah dinyatakan sebagai daratan dan nilai NDWI <0 maka daerah dinyatakan sebagai perairan. NDWI ini didapatkan menggunakan Persamaan 2.10.

i. Dari proses pemisahan daratan dan perairan menggunakan NDWI menghasilkan citra kawasan Kabupaten Gresik. Secara visual, obyek perairan akan berwarna putih dan daratan berwarna hitam.

a. Perhitungan Sedimen Tersuspensi dengan Algoritma Budhiman, Algoritma Parwati, Algoritma Laili, dan Algoritma Jaelani

Nilai sedimen tersuspensi dari data citra tahun 2019 diolah menggunakan empat macam algoritma. Algoritma yang digunakan adalah Algoritma Budhiman (2004), Algoritma Parwati (2004), Algoritma Laili (2015), dan Algoritma Jaelani (2015).

k. Hasil proses perhitungan sedimen tersuspensi dengan empat macam algoritma di atas akan dihasilkan peta sedimen teruspensi dari data citra tahun 2019. Hasil ini digunakan untuk mendapatkan kekuatan hubungan antara nilai sedimen tersuspensi di citra dengan nilai sedimen tersuspensi sebenarnya di lapangan.

l. Informasi Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Data *In Situ*

Merupakan hasil pengolahan sampel air. Dari informasi ini akan diketahui konsentrasi sedimen tersuspensi sebenarnya di lapangan.

m. Korelasi dan Uji Akurasi

Korelasi pada tahap ini dilakukan pada keempat algoritma dengan nilai sedimen tersuspensi yang didapatkan dari data *in situ*. Nilai korelasi data citra dengan data lapangan yang dianggap sesuai adalah >70% (Krisna, dkk. 2012). Uji akurasi dilakukan dengan perhitungan NMAE dengan syarat ≤30% (Jaelani 2015). Serta algoritma memiliki nilai RMSE dengan nilai terkecil.

n. Dari hasil korelasi dan uji akurasi akan didapatkan algoritma terpilih.

o. Perhitungan Sedimen Tersuspensi dengan Algoritma Terpilih.

Hasil algoritma terpilih akan digunakan untuk menghitung nilai sedimen tersuspensi untuk data citra tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019 sehingga diketahui perubahan konsentrasi sedimen tersuspensi tiap tahunnya. Serta untuk mengetahui adanya sedimentasi di lokasi penelitian.

p. *Reclassify*

Reclassify dilakukan untuk mengubah hasil pengolahan konsentrasi sedimen tersuspensi menjadi

kelas-kelas tertentu agar persebarannya terlihat secara jelas. Kelas konsentrasi tersebut dibagi menjadi tujuh kelas yaitu 0-5 mg/l, 5-15 mg/l, 15-50 mg/l, 50-100 mg/l, 100-150 mg/l, 150-220 mg/l, dan >220 mg/l.

Dari proses ini dihasilkan peta persebaran sedimen tersuspensi dalam format raster. Selanjutnya dari format raster diubah menjadi format vektor untuk dapat digunakan dalam perhitungan luasan sedimen tersuspensi.

q. Komposit Warna

Komposit warna dilakukan untuk mengidentifikasi area mangrove secara visual dengan lebih jelas. Dari hasil komposit warna ini, akan digunakan sebagai bahan pengambilan *training area* untuk proses klasifikasi terbimbing.

Komposit yang digunakan untuk citra Sentinel-2A adalah RGB 8,11,4 (SWIR, NIR, *Red*). Band 8 dipilih karena menghasilkan nilai reflektan yang lebih rendah pada tanah yang basah sebagai tempat hidup mangrove, band 11 mampu menghasilkan perbedaan nilai dengan vegetasi mangrove ditunjukkan dengan nilai lebih rendah dibandingkan dengan vegetasi non mangrove, dan band 4 berhubungan dengan adanya kandungan klorofil (Aulia, dkk. 2015).

r. Klasifikasi Terbimbing

Klasifikasi terbimbing dilakukan untuk mendapatkan tutupan lahan citra terutama mangrove. Klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi terbimbing dengan metode *Maximum Likelihood*.

s. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada hasil klasifikasi terbimbing yang bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian pemetaan tutupan lahan. Pengujian akurasi menggunakan metode mariks kesalahan (*confusion*

matrix). Hasil klasifikasi tutupan lahan dianggap benar dan data dapat diterima jika *overall accuracy* ≥ 70% (Peka BIG No. 3 tahun 2014)

t. Proses klasifikasi terbimbing yang telah memenuhi uji akurasi menghasilkan *ouput* yaitu data vektor area mangrove.

u. Perhitungan Luasan Mangrove dan Perhitungan Luasan Sedimen Tersuspensi

Dari hasil klasifikasi dilanjutkan dengan perhitungan luasan mangrove dan luasan sedimen tersuspensi. Perhitungan luasan sedimen tersuspensi didapatkan dari data vektor tiap nilai luas kelas konsentrasi tersebut. Perhitungan unutk luasan mangrove dilakukan menggunakan metode *overlay* dengan beberapa *analysis tool* yang tersedia dalam perangkat lunak pengolah data spasial.

v. Korelasi dan Uji Signifikansi

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap kekuatan dan arah hubungan variabel luasan mangrove dan variabel luasan sedimen tersuspensi menggunakan korelasi linier. Syarat untuk nilai korelasi yang dianggap benar yaitu $-1 < r < 1$. Uji signifikansi menggunakan uji t untuk mengetahui apakah sedimentasi dengan variabel luasan sedimen tersuspensi mempengaruhi perubahan luasan mangrove dengan variabel luasan mangrove.

w. Hasil dari keseluruhan proses pengolahan data ini berupa peta persebaran konsentrasi sedimen tersuspensi pada tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019; peta persebaran mangrove pada tahun 2016, 207, 2018, dan 2019; dan informasi pengaruh sedimentasi dengan variabel sedimen tersuspensi terhadap perubahan luasan mangrove.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS

4.1 Korelasi dan Kesesuaian Algoritma dalam Penentuan Nilai Sedimen Tersuspensi

4.1.1 Data Citra

Dalam penelitian ini, data citra yang digunakan adalah data citra Sentinel-2A Level-1C. Citra ini yang telah terkoreksi geometrik dan radiometrik dalam format reflektan yang berupa *Top of Atmosfer* (ToA) *reflectance*. Pemilihan citra dilakukan berdasarkan tingkat tutupan awan sekecil mungkin pada daerah penelitian karena akan mempengaruhi dalam perhitungan luasan mangrove dan estimasi nilai sedimen tersuspensi. Berikut adalah data citra yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 4.1. Untuk *raw data* citra dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.1 Data Citra Sentinel-2A

No.	Tanggal Akuisisi	Nama File
1	2 Agustus 2016	L1C_T49MFN_A005806_20160802T025420
2	7 Agustus 2017	L1C_T49MFN_A011097_20170807T025548
3	22 Agustus 2018	L1C_T49MFN_A017246_20181011T025856
4	5 November 2019	L1C_T49MFN_A022823_20191105T025713
5	25 Desember 2019	L1C_T49MFN_A023538_20191225T025402

Sumber: Hasil Olahan

Berdasarkan tabel di atas, terdapat dua data citra tahun 2019 dengan tanggal akuisisi yang berbeda yaitu citra dengan tanggal akusisi 5 November 2019 dan 25 Desember 2019 serta tiga citra lainnya dengan tahun akuisisi citra yang berbeda.

Citra dengan tanggal akusisi 25 Desember 2019 disesuaikan dengan tanggal pengambilan data *in situ*. Sedangkan citra dengan tanggal akusisi 5 November 2019 digunakan untuk mendapatkan luasan mangrove dan sedimen tersuspensi pada tahun 2019. Ketiga citra lainnya digunakan untuk mendapatkan perubahan luasan mangrove dan sedimen tersuspensi pada tahun 2016, 2017, dan 2018.

4.1.2 Data *In Situ*

Data *in situ* berupa sampel air dan koordinat titik sampel. Data ini diambil pada 25 Desember 2019. Karena adanya keterbatasan akses, untuk penelitian ini pengambilan sampel hanya dilakukan di perairan bagian utara dan barat dari area penelitian yaitu di muara Sungai Bengawan Solo dan laut di sekitarnya yang berada di wilayah Kecamatan Ujung Pangkah. Lokasi pengambilan tiap sampel dapat dilihat di Lampiran 2.

Data *in situ* digunakan untuk melakukan validasi citra dengan kenyataan yang ada di lapangan agar mendapatkan algoritma pengolahan sedimen tersuspensi yang paling sesuai untuk memetakan konsentrasi sedimen tersuspensi pada area penelitian. Berikut adalah hasil pengolahan data *in situ* pada 10 titik pengamatan di lapangan.

Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Lapangan

Titik	Koordinat (meter)		Waktu (hh:mm)	Konsentrasi Sedimen Tersuspensi *In Situ* (mg/l)
	Easting (X)	*Northing* (Y)		
1	669.005	9.241.471	10:00	124
2	668.898	9.241.707	10:06	60
3	669.176	9.241.314	10:11	84
4	667.771	9.240.333	10:24	146
5	667.537	9.240.302	10:27	328

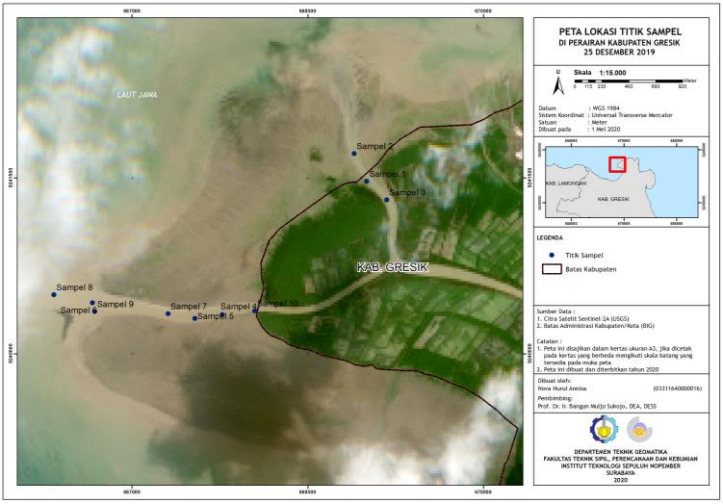
Titik	Koordinat (meter)		Waktu (hh:mm)	Konsentrasi Sedimen Tersuspensi *In Situ* (mg/l)
	Easting (X)	*Northing* (Y)		
6	666.663	9.240.434	10:34	256
7	667.309	9.240.341	10:29	276
8	666.333	9.240.504	10:37	284
9	666.681	9.240.360	10:42	292
10	668.048	9.240.367	10:52	182

Sumber: Hasil Olahan

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pengambilan sampel di mulai pada pukul 10.00 WIB dan berakhir pukul 10.52 WIB. Konsentrasi sedimen tersuspensi terendah berada pada titik 2 dengan nilai 60 mg/l dan tertinggi berada pada titik 5 dengan nilai 328 mg/l.

Dari pembagian kelas menurut Kementerian Lingkungan Hidup, konsentrasi sedimen tersuspensi sebenarnya di lapangan yang tergolong rendah berada pada titik 2 dan titik 3 dengan nilai masing-masing 60 mg/l dan 84 mg/l; tergolong sedang berada pada titik 1, titik 4, dan titik 10 dengan nilai masing-masing 124 mg/l, 146 mg/l, dan 182 mg/l; dan tergolong tinggi berada pada titik 5, titik 6, titik 7, titik 8, dan titik 9 dengan nilai masing-masing 328 mg/l, 256 mg/l, 276 mg/l, dan 292 mg/l. Besarnya konsentrasi sedimen tersuspensi di suatu perairan dapat menjadi tolok ukur dari adanya sedimentasi. Sehingga perairan dengan konsentrasi sedimen tersuspensi yang tinggi akan cenderung mengalami sedimentasi yang juga tinggi.

Selanjutnya hasil koordinat titik sampel yang didapatkan dilakukan *plotting* pada citra dengan tanggal akusisi 25 Desember 2019. Sebaran titik sampel yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Titik Sampel

Pada saat pengambilan sampel di lapangan, kondisi cuaca sedang berawan dengan suhu 24-32°C. Kondisi cuaca tersebut sesuai dengan hasil perekaman citra di tanggal yang sama dengan waktu akuisisi pukul 09.41 WIB yang ditampilkan pada Gambar 4.1. Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa terdapat banyak tutupan awan karena kondisi cuaca yang sedang berawan, namun pada lokasi titik sampel tidak terdapat awan.

4.1.3 Perhitungan Sedimen Tersuspensi dengan Empat Algoritma Peneliti Terdahulu

Konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra didapatkan dengan menerapkan algoritma terdahulu yang memenuhi uji validasi dengan nilai terbaik. Algoritma terdahulu tersebut dengan studi kasus yang berada dalam perairan Indonesia, yaitu: Algoritma Jaelani (2015), Algoritma Laili (2015), Algoritma Parwati (2004), dan Algoritma Budhiman (2004). Keempat algoritma tersebut diterapkan pada citra yang berbeda-beda sebagai berikut:

1. Algoritma Jaelani diterapkan pada citra Sentinel-2A menggunakan nilai *Reflectance Remote Sensing* (Rrs) band hijau dan band biru dengan panjang gelombang masing-masing yaitu 543-578 nm dan 458-523 nm.
2. Algoritma Laili diterapkan pada citra Landsat 8 menggunakan nilai *Reflectance Remote Sensing* (Rrs) band biru dan merah dengan panjang gelombang masing masing yaitu 450-515 nm dan 630-680 nm.
3. Algoritma Parwati diterapkan pada citra Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, dan Landsat 8 menggunakan nilai reflektan band merah dengan panjang gelombang untuk Landsat 5 TM sebesar 630-690 nm, Landsat 7 ETM sebesar 630-690 nm, dan Landsat 8 sebesar 636-673 nm.
4. Algoritma Syarif Budhiman diterapkan pada citra Landsat 7 dan Landsat 8 menggunakan nilai reflektan band merah dengan panjang gelombang masing-masing yaitu 630-690 nm dan 630-680 nm.

Dapat diketahui bahwa tiga dari empat algoritma di atas yaitu Algoritma Laili, Algoritma Parwati, dan Algoritma Budhiman, tidak menggunakan data citra Sentinel-2A namun ketiganya masih dapat digunakan untuk melakukan estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi. Ketiga algoritma diterapkan pada citra Sentinel-2A dengan melakukan pendekatan band yang mempunyai sifat dan panjang gelombang yang sama atau mendekati band-band yang digunakan oleh algoritma-algoritma tersebut.

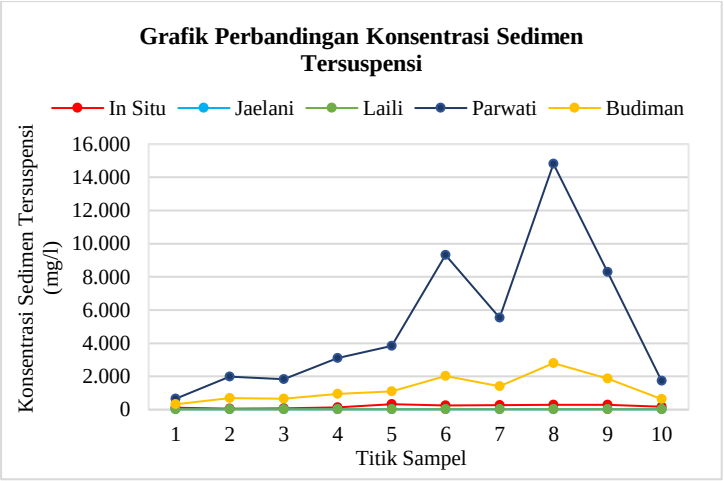
Berikut hasil pengolahan data citra untuk mendapatkan nilai sedimen tersuspensi menggunakan keempat algoritma terdahulu di 10 titik yang sama dengan hasil observasi lapangan yang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Algoritma-algoritma ini diterapkan pada citra Sentinel-2A dengan tangal akuisisi 25 Desember 219 yang sama dengan tanggal pengambilan data *in situ*.

Tabel 4.3 Perbandingan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Data Citra Sentinel-2A Tanggal Akusisi 25 Desember 2019

Titik Sampel	Konsentrasi Sedimen Tersuspensi (mg/l)			
	Jaelani	Laili	Parwati	Budhiman
1	19,791	20,831	656,192	320,944
2	20,433	20,759	1.980,810	691,786
3	20,051	20,852	1.825,161	653,529
4	19,917	21,854	3.106,860	945,930
5	19,996	22,151	3.838,288	1.095,683
6	19,902	22,023	9.314,764	2.029,283
7	20,744	22,633	5.547,214	1.415,357
8	18,685	21,117	14.810,660	2.801,225
9	19,788	22,186	8.295,087	1.872,152
10	18,808	21,451	1.740,077	632,197

Sumber: Hasil Olahan

Dari hasil tersebut, konsentrasi sedimen tersuspensi yang didapatkan dibandingkan dengan data *in situ*. Berikut adalah grafik perbandingan yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dengan Data *In Situ*
(Sumber: Hasil Olahan)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2, estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi yang dihasilkan dari Algoritma Parwati sangat berbeda jauh dengan data *in situ*. Begitu juga pada Algoritma Budhiman juga berbeda jauh namun tidak sejauh yang dihasilkan Algoritma Parwati. Estimasi konsentrasi tersuspensi yang dihasilkan oleh Algoritma Jaelani dan Algoritma Laili memiliki nilai yang hampir sama, terlihat dari grafik yang saling berimpit. Hasil Algoritma Jaelani dan Algoritma Laili memiliki kecenderungan pola yang hampir sama dengan data *in situ* namun masih jauh dari konsentrasi sedimen tersuspensi sebenarnya di lapangan. Perbedaan konsentrasi sedimen tersuspensi hasil pengolahan citra satelit yang didapatkan dari perhitungan algoritma terhadap konsentrasi sedimen tersuspensi di lapangan disebabkan oleh hal-hal berikut:

1. Terjadinya perubahan arus dan angin

Dalam rentang beberapa jam tersebut terjadi peristiwa perubahan arus dan angin yang setiap waktu selalu mengalami perubahan. Hal ini mempengaruhi perubahan konsentrasi sedimen tersuspensi.

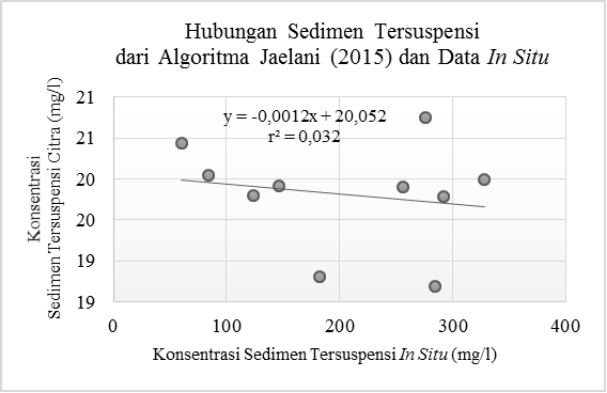
2. Algoritma sedimen tersuspensi bersifat lokal
   Dalam penggunannya algoritma tersebut optimal untuk diterapkan pada perairan dengan karakteristik dan waktu yang sama dengan perairan dimana algoritma tersebut digunakan. Oleh karena itu, jika diterapkan pada perairan dengan karakteristik yang berbeda serta dengan waktu yang juga berbeda maka hasilnya belum tentu optimal.

4.1.4 Validasi Algoritma Ekstraksi Sedimen Tersuspensi dengan Data *In Situ*

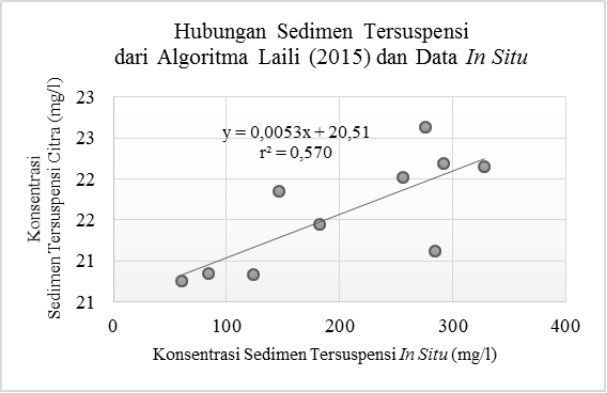
Validasi bertujuan untuk mengetahui akurasi dan kesesuaian nilai sedimen tersuspensi dari data citra dengan sedimen tersuspensi di lapangan sehingga didapatkan algoritma terbaik. Validasi dilakukan dengan analisis hasil perhitungan statistik menggunakan korelasi, NMAE, dan RMSE.

Korelasi digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan konsentrasi sedimen tersuspensi yang didapatkan dari hasil perhitungan masing-masing algoritma terhadap data *in situ* konsentrasi sedimen tersuspensi hasil uji laboratorium. Nilai korelasi antar data tersebut diketahui dari koefisien korelasi yang dilambangkan sebagai r dan interpretasi untuk nilai tersebut dilakukan berdasarkan Tabel 2.2. Algoritma yang akan digunakan harus memenuhi syarat kesesuaian korelasi (r) > 70% atau 0,70 menurut Krisna, dkk (2012) untuk dapat memetakan nilai sedimen tersuspensi di perairan Kabupaten Gresik dengan baik. Berikut adalah grafik perhitungan korelasi hasil pengolahan sedimen tersuspensi dari data citra yang direkam pada 25 Desember 2019 terhadap

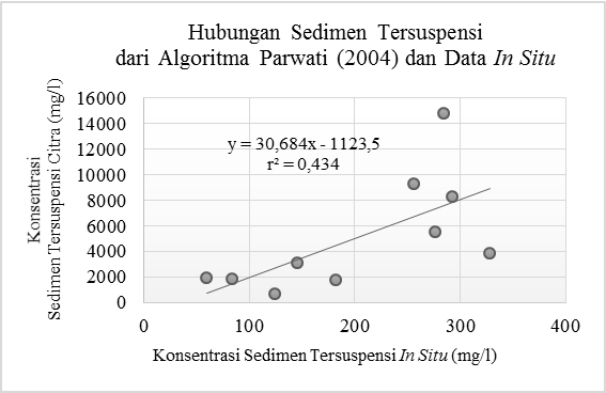
konsentrasi sedimen tersuspensi di lapangan di tanggal yang sama.



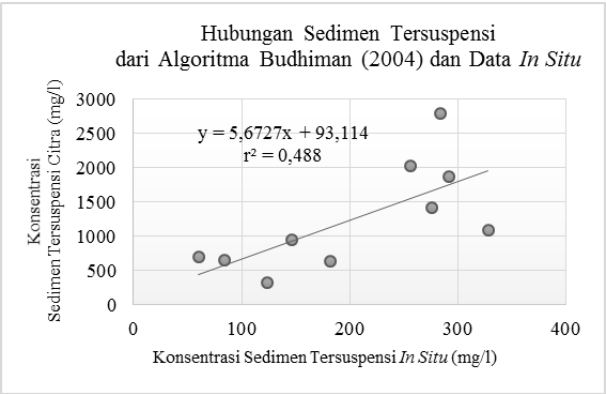
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Jaelani (2015) dan Data *In Situ*



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Laili (2015) dan Data *In Situ*



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Parwati (2004) dan Data *In Situ*



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Budhiman (2004) dan Data *In Situ*

Dari grafik korelasi di atas, perbandingan nilai korelasi untuk keempat algoritma ditunjukkan oleh Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Kofisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Keempat Algoritma

Algoritma	r^2	r
Jaelani	0,032	-0,179
Laili	0,570	0,755
Parwati	0,434	0,659
Budhiman	0,488	0,699

Sumber: Hasi Olahan

Berdasarkan nilai koefisien korelasi (r) yang dihasilkan, kekuatan hubungan setiap algoritma dengan data *in situ* dijelaskan sebagai berikut:

1. Algoritma Jaelani menghasilkan korelasi yang rendah dengan nilai r sebesar -0,179. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra terhadap konsentrasi di lapangan memiliki hubungan yang lemah.
2. Algoritma Laili menghasilkan korelasi yang tinggi dengan nilai r sebesar 0,755. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra terhadap konsentrasi di lapangan memiliki hubungan yang kuat.
3. Algoritma Parwati menghasilkan korelasi yang tinggi dengan nilai r sebesar 0,659. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra terhadap konsentrasi di lapangan memiliki hubungan yang kuat.
4. Algoritma Budhiman menghasilkan korelasi yang tinggi dengan nilai r sebesar 0,699. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra terhadap konsentrasi di lapangan memiliki hubungan yang kuat.

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai NMAE dan RMSE yang digunakan untuk mengetahui akurasi algoritma sedimen tersuspensi dengan data yang dianggap benar yaitu

data lapangan (*in situ*). Syarat NMAE yang ditetapkan yaitu ≤ 30%. Semakin kecil nilai NMAE dan RMSE yang dihasillkan maka semakin baik.

Tabel 4.5 Nilai NMAE dan RMSE Keempat Algoritma

Algoritma	NMAE (%)	RMSE (mg/l)
Jaelani	86,740	204,768
Laili	85,843	202,916
Parwati	2.296,187	6.445,471
Budhiman	558,234	1.280,482

Sumber: Hasil Olahan

Dari Tabel 4.6 diketahui bahwa Algoritma Parwati mempunyai nilai NMAE dan RMSE paling tinggi diantara keempat algoritma tersebut, dengan nilai NMAE yang dihasilkan sebesar 2.296,187% dan RMSE sebesar 6.445,471 mg/l. Sedangkan diantara keempat algoritma, Algoritma Laili mempunyai nilai NMAE dan RMSE paling rendah dengan nilai yang dihasilkan masing-masing sebesar 85,843% dan 202,916 mg/l. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, keempat algoritma tidak memenuhi syarat kesesuaian nilai NMAE dengan RMSE yang dihasilkan keempat algoritma bernilai sangat tinggi.

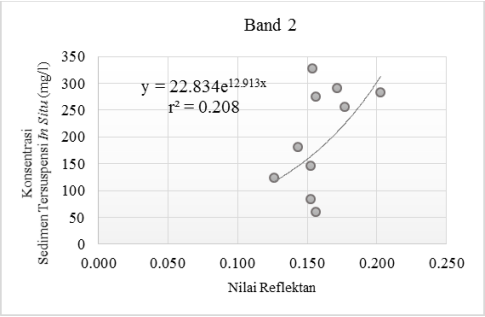
Adapun nilai NMAE yang tidak memenuhi syarat tersebut tidak sejalan dengan koefisien korelasi yang dihasilkan. Algoritma yang paling baik adalah yang memenuhi syarat kesesuaian NMAE dengan nilai RMSE paling rendah serta mempunyai hubungan yang kuat terhadap data *in situ*. Berdasarkan analisis yang diperoleh maka diperlukan persamaan baru untuk estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra karena hasil keempat algoritma tidak memenuhi syarat korelasi dan NMAE.

4.1.5 Pengembangan Model Persamaan Baru

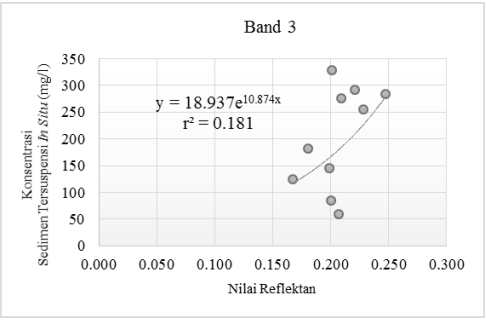
Pengembangan persamaan atau algoritma empiris baru diperlukan karena keempat algoritma yang telah dilakukan

validasi dan uji akurasi tidak memenuhi syarat kesesuaian. Penggunaan persamaan baru dilakukan agar memperoleh konsentrasi sedimen tersuspensi yang mendekati kondisi sebenarnya di lapangan. Model persamaan tersebut dapat dibuat dengan melakukan pendekatan empiris menggunakan regresi antara data konsentrasi muatan padatan tersuspensi di lapangan dengan nilai reflektan berasal dari band tunggal (*single band*), rasio dua band, ataupun kromatisi antar band. Regresi akan diterapkan pada gelombang cahaya tampak yaitu band biru, band hijau, dan band merah.

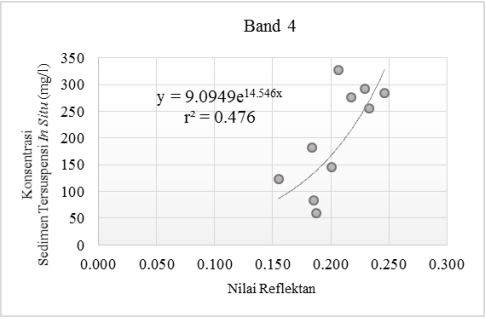
Persamaan model regresi menggunakan fungsi eksponensial agar dapat menghindari adanya nilai negatif dan nilai yang sangat ekstrim. Regresi dengan korelasi yang paling baik ditunjukkan dengan koefisien determinasi (r^2) dan koefisien korelasi (r) paling tinggi dengan syarat $> 70\%$ akan dipilih sebagai algoritma empiris yang digunakan untuk pendugaan konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan Kabupaten Gresik. Berikut adalah hasil regresi untuk band tunggal, rasio dua band, dan kromatisi antar band ditunjukkan pada Gambar 4.7 – 4.18 dan Tabel 4.6 – 4.8.



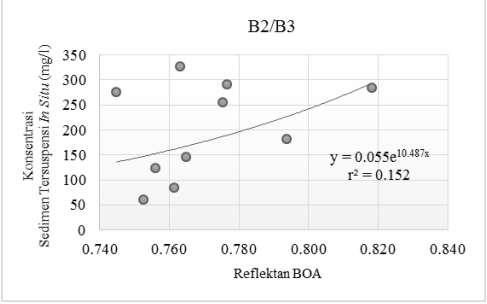
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Nilai Reflektan Band 2 dengan Data *In Situ*



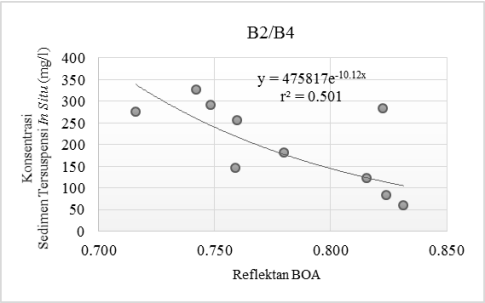
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Nilai Reflektan Band 3 dengan Data *In Situ*



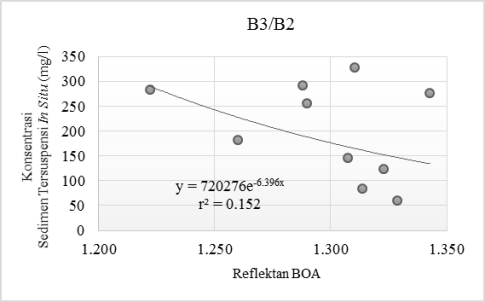
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Nilai Reflektan Band 4 dengan Data *In Situ*



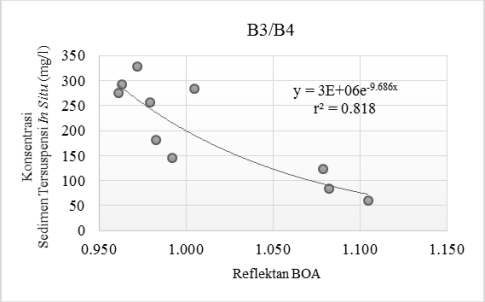
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 2 dan Band 3 dengan Data *In Situ*



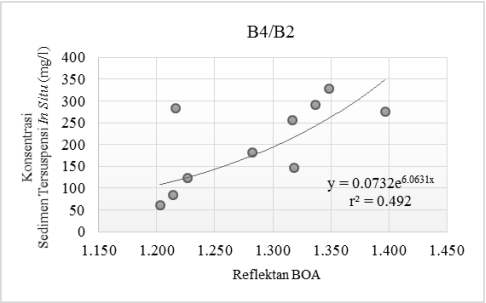
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 2 dan Band 4 dengan Data *In Situ*



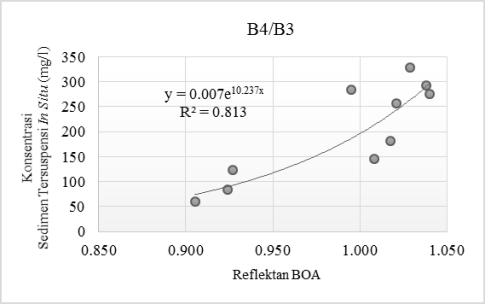
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 3 dan Band 2 dengan Data *In Situ*



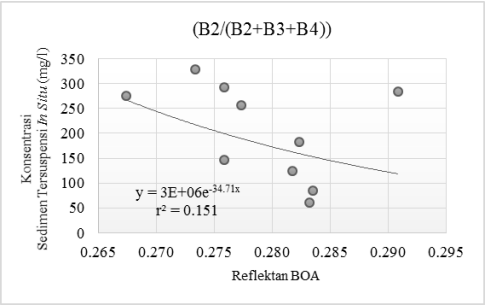
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 3 dan Band 4 dengan Data *In Situ*



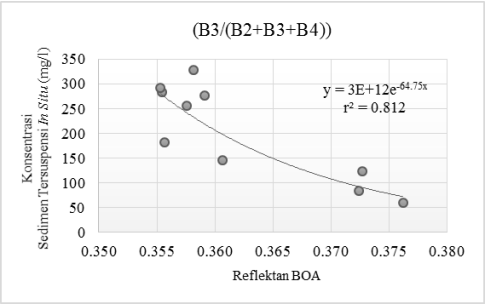
Gambar 4.14 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 4 dan Band 2 dengan Data *In Situ*



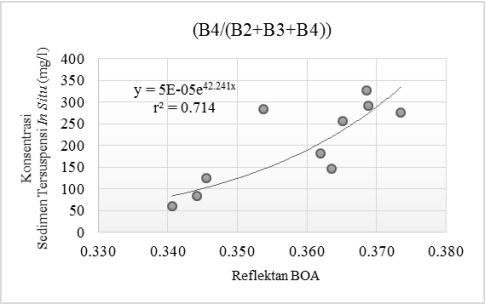
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Rasio Nilai Reflektan Band 4 dan Band 3 dengan Data *In Situ*



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Kromatisi Reflektan Band 2 dengan Data *In Situ*



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Kromatisi Reflektan Band 3 dengan Data *In Situ*



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Kromatisi Reflektan Band 4 dengan Data *In Situ*

Tabel uraian dari grafik-grafik regresi yang telah dihasilkan dijelaskan pada Tabel 4.6-4.8

Tabel 4.6 Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Band Tunggal

Band Tunggal	Persamaan	r^2	r
B2	$y = 22{,}834 \times e^{12.913x}$	0,208	0,456
B3	$y = 18{,}937 \times e^{10.874x}$	0,181	0,425
B4	$y = 9{,}0949 \times e^{14{,}546x}$	0,476	0,690

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 4.7 Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Rasio Dua Band

Rasio Dua Band	Persamaan	r^2	r
B2/B3	$y = 0{,}055 \times e^{10{,}587x}$	0,152	0,390
B2/B4	$y = 47.5817 \times e^{-10{,}12x}$	0,051	0,226
B3/B2	$y = 72.0276 \times e^{-6.396x}$	0,152	0,390
B3/B4	$y = 3.000.000 \times e^{-9.686x}$	0,818	0,904
B4/B2	$y = 0{,}0732 \times e^{6{,}0631x}$	0,492	0,701
B4/B3	$y = 0{,}007 \times e^{-10{,}237x}$	0,813	0,902

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 4.8 Koefisien Determinasi dan Koefisien Korelasi Kromatisi Antar Band

Kromatisi Antar Band	Persamaan	r^2	r
(B2/(B2+B3+B4))	$y = 3.000.000 \times e^{-34{,}71x}$	0,151	0,389
(B3/(B2+B3+B4))	$y = 3 \times 10^{12} \times e^{-64{,}75x}$	0,812	0,901
(B4/(B2+B3+B4))	$y = 5 \times 10^{-5} \times e^{42{,}241x}$	0,714	0,845

Sumber: Hasil Olahan

Berdasarkan ketiga tabel di atas, regresi dengan korelasi paling baik terdapat pada rasio band hijau dan band merah (B3/B4) dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,818 dan koefisien korelasi sebesar 0,904. Hal ini menujukkan bahwa reflektan hasil rasio tersebut memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap data sedimen tersuspensi *in situ*. Oleh karena itu, persamaan yang dihasilkan menjadi algoritma empiris yang dapat digunakan untuk estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi di wilayah perairan Kabupaten Gresik yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$TSS = 3.000.000 \times exp\left(-34{,}71 \times \left(\frac{reflektan\ Band\ 3}{reflektan\ Band\ 4}\right)\right) \quad (4.1)$$

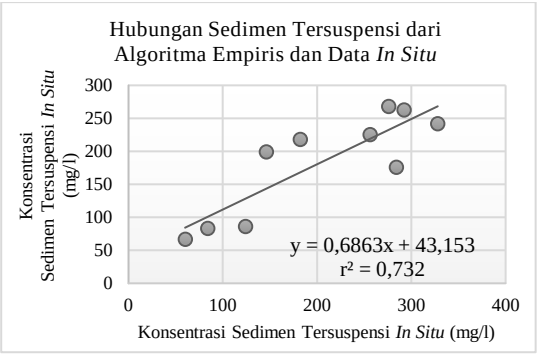
dimana nilai reflektan yang digunakan sudah terkoreksi atmosfer dalam format reflektan BOA (*Bottom of Atmosphere*).

Selanjutnya algoritma empiris diterapkan pada citra Sentinel-2A dengan tanggal akuisisi 25 Desember 2019 agar mendapatkan konsentrasi sedimen tersuspensi dari data citra yang sama dengan tanggal pengambilan data *in situ*. Hasil penerapan ini kemudian digunakan untuk melakukan perhitungan korelasi, NMAE, dan RMSE sebagai validasi akurasi algoritma yang telah dibuat. Berikut adalah adalah perbandingan konsentrasi sedimen tersuspensi yang didapatkan dari penerapan algoritma empiris dengan data di lapangan ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perbandingan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Empiris dengan Data *In Situ*

Titik Sampel	Konsentrasi Sedimen Tersuspensi (mg/l)	
	Algoritma Empiris	*In Situ*
1	85,867	124
2	66,808	60
3	83,039	84
4	199,034	146
5	241,801	328
6	224,996	256
7	267,868	276
8	175,720	284
9	262,759	292
10	218,143	182

Sumber: Hasil Olahan



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dari Algoritma Empiris dan Data *In Situ* (Sumber: Hasil Olahan)

Untuk hasil validasi algoritma empiris, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,856, NMAE sebesar 18,890%, dan nilai RMSE sebesar 51,631 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa nilai korelasi dan NMAE yang dihasilkan oleh algoritma empiris telah memenuhi syarat kesesuaian untuk korelasi yaitu >0,7 dan NMAE yaitu $\leq$30%.

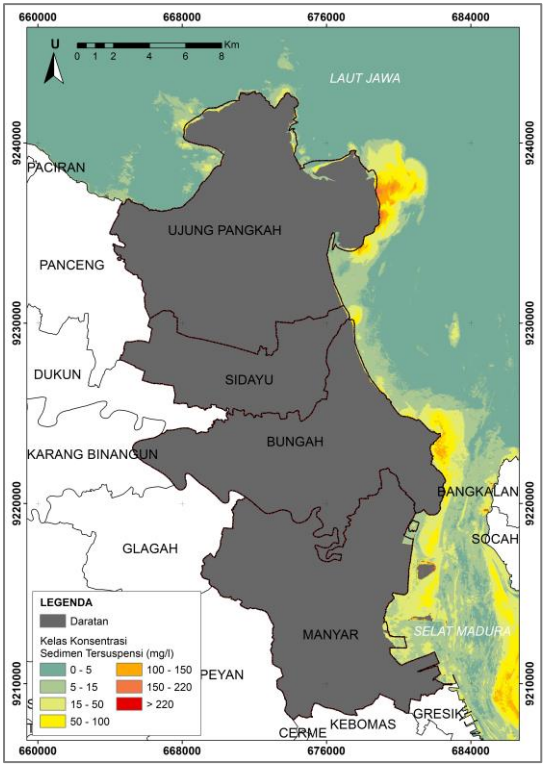
Nilai korelasi yang dihasilkan dari algoritma ini berada pada rentang 0,800−1,000. Oleh karena itu, konsentrasi sedimen tersuspensi yang dihasilkan menggunakan data citra dengan Persamaan 4.1 memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap konsentrasi sedimen tersuspensi di lapangan. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk estimasi nilai sedimen tersuspensi di perairan Kabupaten Gresik serta digunakan untuk pengolahan selanjutnya pada citra multitemporal.

4.2 Distribusi dan Perubahan Luas Sedimen Tersuspensi Tahun 2016-2019

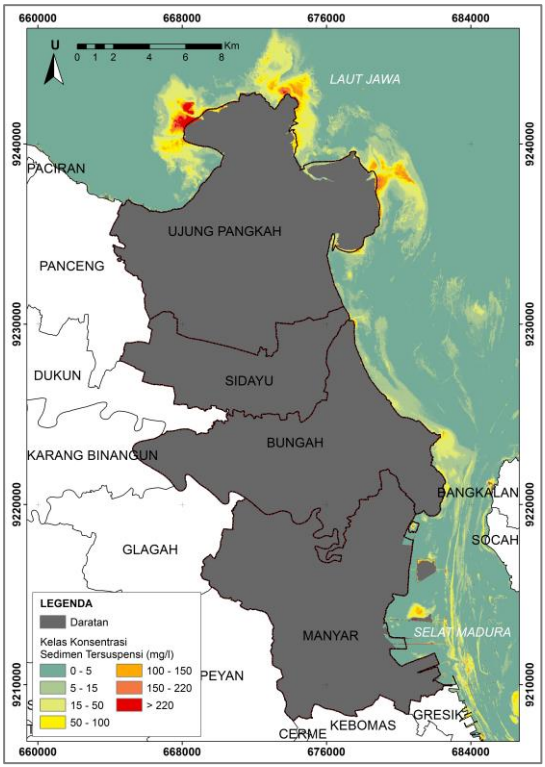
4.2.1 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi

Pengamatan persebaran konsentrasi sedimen tersuspensi di wilayah perairan Kabupaten Gresik tahun 2016, 2017,

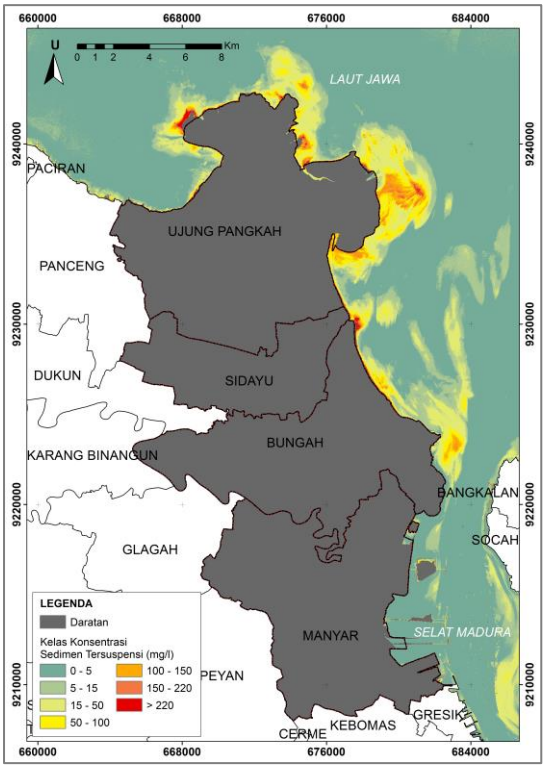
2018, dan 2019 didapatkan dari pengolahan citra Sentinel-2A menggunakan algoritma empiris (Persamaan 4.1). Berikut adalah persebaran sedimen tersuspensi dari tahun 2016-2019 yang dapat dilihat pada Gambar 4.20-4.23.



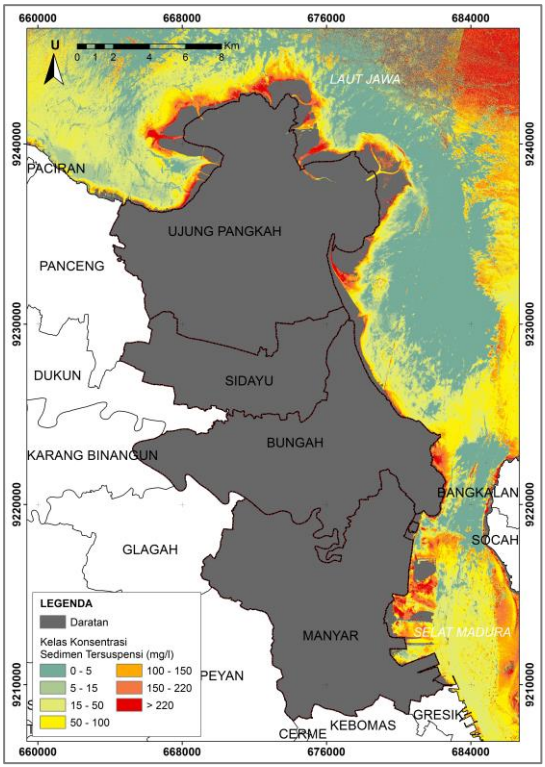
Gambar 4.20 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2016



Gambar 4.21 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2017



Gambar 4.22 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2018



Gambar 4.23 Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2019

Berdasarkan peta persebaran konsentrasi sedimen tersuspensi yang dihasilkan, dapat diketahui bahwa semakin menjauhi pesisir maka konsentrasinya semakin kecil. Sebaliknya semakin dekat dengan pesisir maka konsentrasinya semakin besar.

Dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019, area perairan dengan konsentrasi rendah (0-100 mg/l) yang ditunjukkan dengan warna biru sampai kuning luasnya semakin berkurang. Sedangkan area perairan dengan konsentrasi sedang (100-220 mg/l) yang ditunjukkan dengan warna jingga dan konsentrasi

tinggi (>220 mg/) yang ditunjukkan dengan warna merah semakin meluas. Hal in menujukkan telah terjadi peningkatan konsentrasi sedimen tersuspensi di tiap tahun selama kurun waktu empat tahun.

Peningkatan konsentrasi tersebut dapat menjadi indikator untuk mengetahui kondisi sedimentasi. Sedimentasi yang terjadi di wilayah penelitian ini cukup tinggi dan hasil dari akumulasi sedimentasi yang bertahun-tahun menimbulkan adanya penambahan daratan atau akresi.

Akresi terjadi di hampir seluruh wilayah pesisir Kecamatan Ujung Pangkah, pesisir timur Kecamatan Sidayu, pesisir timur laut Kecamatan Bungah, dan di pesisir timur Kecamatan Manyar. Dari keseluruhan akresi, pesisir timur dan barat dari Kecamatan Ujung Pangkah mengalami penambahan daratan yang paling luas.

Akresi di pesisir Kecamatan Ujung Pangkah yang sangat banyak tersebut terjadi karena wilayah ini merupakan muara atau hilir dari Sungai Bengawan Solo yang anak sungai nya berada di sisi barat dan timur di Desa Pangkah Wetan dan Desa Pangkah Kulon. Aliran air dari Sungai Bengawan Solo membawa berbagai jenis partikel pembentuk sedimen. Partikel yang terbawa berasal dari adanya pembukaan lahan, banjir besar dari hujan yang berkepanjangan, dan pengangkutan sedimen dari badan sungai ke laut (Zonabmi (2015) dalam Anggraini dkk. (2015)). Selain itu, akresi yang terjadi juga dipengaruhi oleh arus Laut Jawa yang dapat menahan keluarnya partikel pembentuk sedimen dari muara sungai. Akibatnya partikel ini terperangkap di tempat yang cekung yaitu di sisi barat dan timur yang menimbulkan sedimentasi (Anggraini 2015) .

4.2.2 Perubahan Luasan Sedimen Tersuspensi

Besar perubahan pada konsentrasi sedimen tersuspensi dan kecenderungan terjadinya penambahan daratan, dilakukan dengan perhitungan luasan dari masing-masing

kelas konsentrasi pada tiap tahunnya. Dalam perhitungan ini dilakukan delineasi area agar mendapatkan cakupan area perhitungan yang sama dan mempermudah dalam perbandingan.

Delineasi area dibuat dengan *buffer* dari garis batas wilayah tahun 2016 sebesar 2.500 meter. Berikut adalah besar luasan konsentrasi sedimen tersuspensi secara multitemporal tahun 2016 hingga 2019 yang didapatkan dari citra hasil estimasi menggunakan algoritma empiris dijelaskan dalam Tabel 4.10-4.13.

Tabel 4.10 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2016

No.	Kelas (mg/l)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	0-5	7.866,754	47,186
2	5-15	4.993,619	29,953
3	15-50	2.603,338	15,615
4	50-100	961,826	5,769
5	100-150	218,412	1,310
6	150-220	27,663	0,166
7	> 220	0,069	0,000
Total		16.671,681	100,000

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 4.11 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2017

No.	Kelas (mg/l)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	0-5	9.408,524	57,241
2	5-15	3.877,547	23,591
3	15-50	2.047,954	12,460
4	50-100	661,753	4,026
5	100-150	250,875	1,526
6	150-220	109,373	0,665
7	> 220	80,751	0,491
Total		16.436,777	100,000

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 4.12 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2018

No.	Kelas (mg/l)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	0-5	9.134,759	56,646
2	5-15	2.381,522	14,768
3	15-50	2.758,139	17,104
4	50-100	1.152,983	7,150
5	100-150	468,106	2,903
6	150-220	168,436	1,045
7	> 220	62,032	0,385
Total		16.125,977	100,000

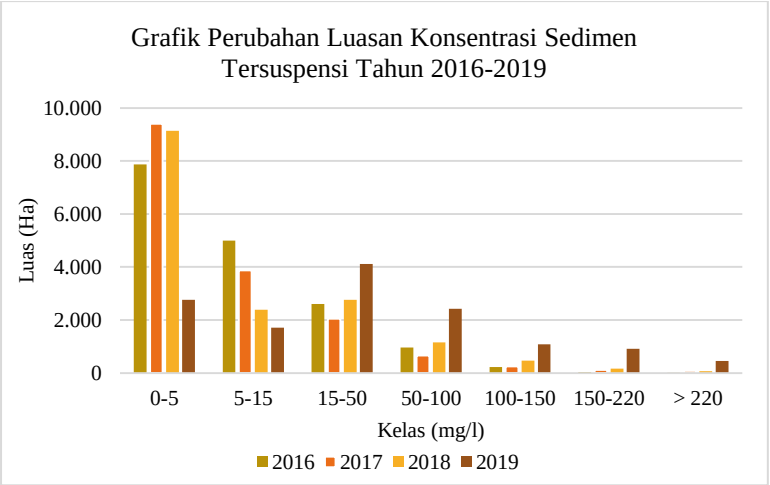
Sumber: Hasil Olahan

Tabel 4.13 Luasan Kelas Sedimen Tersuspensi Tahun 2019

No.	Kelas (mg/l)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	0-5	2.764,650	20,547
2	5-15	1.707,082	12,687
3	15-50	4.114,455	30,579
4	50-100	2.420,384	17,989
5	100-150	1.087,362	8,081
6	150-220	911,674	6,776
7	> 220	449,439	3,340
Total		13.455,046	100,000

Sumber: Hasil Olahan

Perubahan luasan sedimen tersuspensi tahun 2016-2019 dari data Tabel 4.10-4.13 apabila dibuat dalam bentuk grafik maka hasilnya seperti pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Grafik Luasan Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2016-2019
(Sumber: Hasil Olahan)

Berdasarkan Tabel 4.11-4.11, berikut adalah besar perubahan yang terjadi selama tahun 2016-2019 pada luasan konsentrasi sedimen tersuspensi.

1. Sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk tahun 2016 didominasi oleh konsentrasi rendah dengan kelas 0-5 mg/l dengan presentase sebesar 47,186% dari total luasan sedimen tersuspensi tahun 2016, atau seluas 7.866,754 Ha. Adapun total luas konsentrasi rendah adalah 16.457,537 Ha atau 98,524%. Konsentrasi sedang memiliki luas sebesar 246,075 Ha dengan presentase yaitu 1,476% yang tersebar di perairan timur dari Kecamatan Ujung Pangkah dan Kecamatan Bungah. Pada tahun ini tidak ada sedimen tersuspensi dengan konsentasi tinggi.
2. Sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk tahun 2017 juga didominasi oleh konsentrasi rendah dengan kelas 0-5 mg/l dengan presentase sebesar 57,241% dari

total luasan sedimen tersuspensi tahun 2017, atau seluas 9.408,524 Ha. Adapun total luas untuk konsentrasi rendah adalah 15.995,778 Ha atau 97,317%. Konsentrasi sedang memiliki luas sebesar 320,246 Ha atau 2,192%, tersebar di mulut sungai yang ada di utara dan timur dari Kecamatan Ujung Pangkah. Pada tahun ini terdapat sedimen tersuspensi dengan konsentrasi tinggi seluas 80,751 Ha dengan presentase sebesar 0,491% yang tersebar di bagian mulut Sungai Bengawan Solo (utara Kecamatan Ujung Pangkah).

3. Sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk tahun 2018 masih didominasi oleh konsentrasi rendah dengan kelas 0-5 mg/l dengan presentase sebesar 56,646% dari total luasan sedimen tersuspensi tahun 2018, atau seluas 9.134,759 Ha. Adapun total luas untuk konsentrasi rendah adalah 15.427,403 Ha atau 95,668%. Konsentrasi sedang memiliki luas sebesar 636,542 Ha atau 3,947% yang tersebar di perairan utara dan timur dari Kecamatan Ujung Pangkah serta di perairan bagian timur dari Kecamatan Bungah. Pada tahun ini untuk konsentrasi tinggi besarnya seluas 62,032 Ha dengan presentase sebesar 0,385%, banyak tersebar di perairan utara dan timur dari Kecamatan Ujung Pangkah. Serta terdapat di sekitar pesisir timur laut dari Kecamatan Bungah.
4. Untuk tahun 2019, sebarannya didominasi oleh konsentrasi rendah pada kelas 15-50 mg/l yang memiliki luas sebesar 4.144,455 Ha dengan presentase sebesar 30,579%. Adapun total luas untuk konsentrasi rendah adalah 11.006,571 Ha atau 81,803%. Konsentrasi sedang memiliki luas sebesar 1.999,036 Ha atau 14,857% yang tersebar di perairan utara dan timur dari Kecamatan Ujung Pangkah serta perairan timur dari Kecamatan Sidayu, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Manyar. Pada tahun ini untuk konsentrasi tinggi besarnya seluas 449,439 Ha yang tersebar di pesisir timur Kecamatan

Bungah, perairan yang dekat dengan daerah pelabuhan di timur Kecamatan Manyar, dan hampir di seluruh wilayah pesisir Kecamatan Ujung Pangkah.

Adapun presentase perubahan yang terjadi pada tiap kelasnya dari tahun ke tahun dijelaskan sebagai berikut.

1. Konsentrasi rendah (0-100 mg/l)

   Persebaran konsentrasi sedimen tersuspensi dari tahun 2016-2017 pada kelas 0-5 mg/l mengalami kenaikan sebesar 19,598% kemudian mengalami penurunan yang sangat signifikan di tahun 2019 dengan presentase mencapai 69,734% dari sebelumnya.

   Kelas 5-15 mg/l mengalami penurunan persebaran tiap tahunnya dengan penurunan terbesar terjadi pada tahun 2018 dengan presentase sebesar 38,581% dari sebelumnya.

   Kelas 15-50 mg/l dan 50-100 mg/l dari tahun 2016-2017 mengalami penurunan masing-masing sebesar 21,333% dan 31,198%. Setelah mengalami penurunan, terjadi kenaikan di tiap tahunnya hingga tahun 2019 dengan kenaikan signifikan terjadi di tahun 2019 dengan presentase 32,965% dari sebelumnya untuk kelas 15-50 mg/l dan 52,366% dari sebelumnya untuk kelas 50-100 mg/l.

2. Konsentrasi sedang (100-220 mg/l)

   Kelas 100-150 mg/l dan 150-220 mg/l mengalami kenaikan persebaran tiap tahunnya dengan presentase kenaikan yang paling signfikan terjadi di tahun 2018-2019 dengan presentase masing-masing 132,290% dan 441,258%.

3. Konsentrasi tinggi (>220 mg/l)

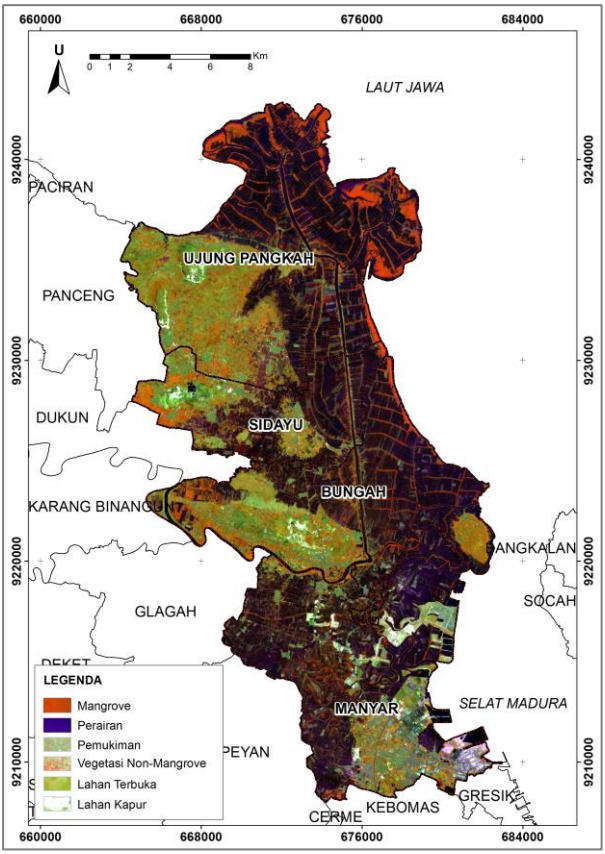
   Kelas konsentrasi di atas 220 mg/l mengalami kenaikan di tahun 2016-2017 kemudian mengalami penurunan di 2018 dan naik lagi di tahun 2019 dengan presentase kenaikan yang signifikan mencapai 624,528% dari sebelumnya.

Dari hasil-hasil tersebut diketahui bahwa penurunan luasan paling banyak terjadi pada periode tahun 2018-2019 dengan luas 2.670,931 Ha dan paling sedikit terjadi pada periode tahun 2016-2017 dengan luas 234,904 Ha. Didapat rata-rata penurunan tiap periodenya sebesar 1.072,212 Ha. Peristiwa penurunan ini membuktikan bahwa telah terjadi penambahan daratan (akresi) di Kabupaten Gresik atau berkurangnya luas kawasan perairan secara linier sebagai salah satu akibat meningkatnya sedimentasi di kawasan tersebut.

4.3 Distribusi dan Perubahan Luas Mangrove Tahun 2016-2019

4.3.1 Identifikasi Vegetasi Mangrove

Keberadaan mangrove dengan data citra Sentinel-2A diketahui dari hasil komposit warna RGB dengan kombinasi band 8 (SWIR), 11 (NIR), dan 4 (*Red*). Komposit warna akan mempertajam visualisasi dan mempermudah interpretasi vegetasi mangrove. Vegetasi mangrove akan terlihat berwarna merah kecoklatan sehingga kontras diantara obyek-obyek lainnya. Berikut adalah komposit warna RGB 8,11,4 yang diterapkan pada citra Sentinel-2A ditampilkan pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Hasil Komposit Warna Citra Sentinel-2A Tahun 2017

Hasil komposit tampak berwarna merah kecoklatan yang banyak terdapat di area pesisir. Warna tersebut sangat kontras dengan obyek disekitarnya seperti tambak yang berwarna biru keunguan dan vegetasi non-mangrove yang berwarna jingga dan hijau.

4.3.2 Akurasi Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan citra diperoleh menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Pengelompokan jenis-jenis tutupan dibuat menjadi lima kelas yaitu mangrove, vegetasi non-mangrove, lahan terbangun, lahan terbuka, dan perairan. Vegetasi non-mangrove mencakup sawah, ladang, pepohonan, dan semak-semak. Lahan terbangun mencakup pemukiman, area perindustrian dan pabrik, serta pelabuhan. Perairan mencakup sungai dan tambak.

Hasil klasifikasi tutupan lahan diuji menggunakan metode matriks konfusi (*confusion matrix*) dengan nilai minimal *overall accuracy* sebesar ≥ 70% sesuai dengan Perka BIG No. 3 tahun 2014. Tujuannya dari perhitungan matriks konfusi ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi hasil klasifikasi. Uji akurasi ini diterapkan pada hasil klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood* untuk citra tanggal akuisisi 5 November 2019. Data yang dijadikan acuan validasi hasil akurasi untuk mengetahui obyek sebenarnya di lapangan adalah citra resolusi tinggiyang didapatkan dari *Google Earth Pro*.

Berikut adalah matriks konfusi klasifikasi tutupan lahan dengan 5 kelas yang dapat dilihat pada Tabel 4.14. Dari *confusion matrix* diperoleh nilai akurasi yang berupa akurasi penghasil (*producer's accuracy*), akurasi pengguna (*user's accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), koefisien kappa (*kappa coefficient*), kekurangan (*omission*), dan kelebihan (*commission*) dijelaskan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.14 Matriks Konfusi Klasifikasi Tutupan Lahan

Kelas	1	2	3	4	5	Total
1	43	0	7	0	0	50
2	4	37	4	2	3	50
3	0	3	47	0	0	50
4	0	1	12	37	0	50
5	0	0	10	1	39	50
Total	47	41	80	40	42	250

Sumber: Hasil Olahan

Keterangan kelas:
Kelas 1 = Mangrove
Kelas 2 = Vegetasi non-mangrove
Kelas 3 = Lahan terbangun
Kelas 4 = Lahan terbuka
Kelas 5 = Perairan

Tabel 4.15 Akurasi Klasfikasi Terbimbing

	Tutupan Lahan	Akurasi Penghasil		Akurasi Pengguna		*Overall Accuracy* (%)	*Kappa Coefficient*
		Akurasi (%)	Omisi (%)	Akurasi (%)	Komisi (%)		
1	Mangrove	86	14	91,489	8,511	81,2	0,765
2	Vegetasi Non-Mangrove	74	26	90,244	9,756		
3	Lahan Terbangun	94	3	58,750	41,250		
4	Lahan Terbuka	74	26	92,500	7,500		
5	Perairan	78	22	92,857	7,143		

Sumber: Hasil Olahan

Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) untuk hasil pengolahan klasifikasi tutupan lahan yaitu 81,2% dengan nilai *kappa coefficient* sebesar 0,765. Hal ini menunjukkan bahwa hasil

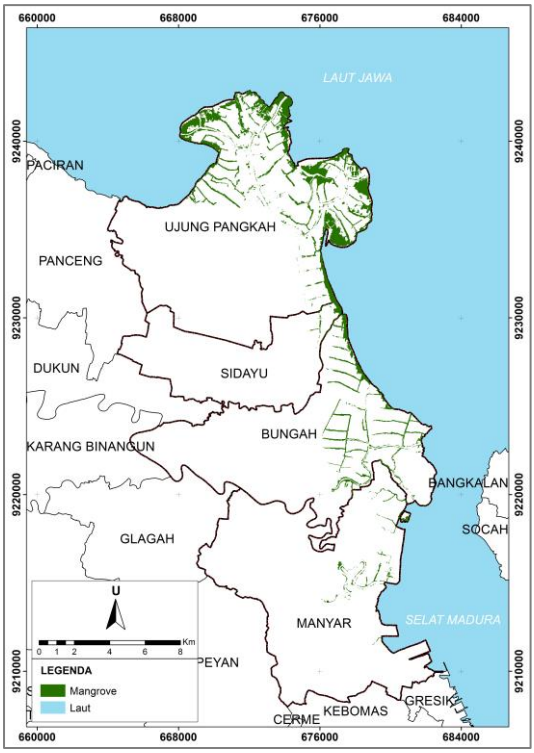
pengolahan tersebut sudah memenuhi kriteria yang ditetapkan ≥ 70% dan dilihat dari nilai *kappa coefficient*, akurasi yang dihasilkan tergolong sedang karena berada pada rentang nilai 0,4-0,8. Berdasarkan nilai tersebut maka hasil klasifikasi tutupan lahan ini dapat digunakan untuk proses selanjutnya.

4.3.3 Persebaran Mangrove

Dari hasil klasifikasi terbimbing citra Sentinel-2A, didapatkan persebaran mangrove di lokasi penelitian pada tahun 2016-2019 yang ditunjukkan pada Gambar 4.26-4.29. Peta ini dibuat dengan format lembar kertas ukuran A3 dengan skala 1:100.000.

Gambar 4.26 Persebaran Mangrove Tahun 2016

Gambar 4.27 Persebaran Mangrove Tahun 2017



Gambar 4.28 Persebaran Mangrove Tahun 2018

Gambar 4.29 Persebaran Mangrove Tahun 2019

Vegetasi mangrove di lokasi penelitian tersebar secara tidak merata. Dapat dilihat bahwa Kecamatan Ujung Pangkah memiliki area mangrove yang paling besar dibandingkan dengan tiga kecamatan lainnya. Mangrove di Kecamatan Ujung Pangkah tersebar di pesisir utara dan timur. Untuk Kecamatan Sidayu, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Manyar, mangrove tersebar di pesisir timur dan di sekitar tambak.

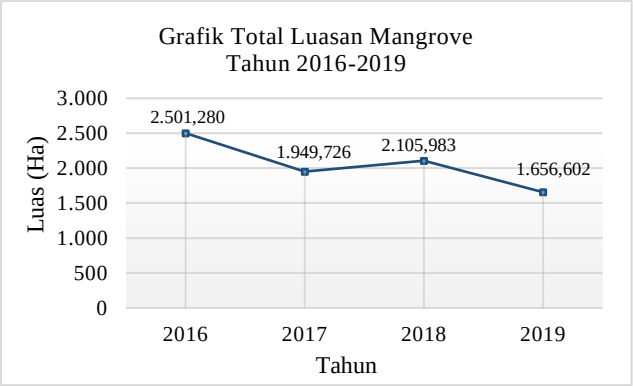
4.3.4 Perubahan Luasan Mangrove

Luas area mangrove tiap tahun dari masing-masing kecamatan yang dihasilkan dari peta perubahan mangrove tahun 2016-2019 dijelaskan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Luasan Mangrove Tahun 2016-2019

No.	Kecamatan	Luas (Ha)			
		2016	2017	2018	2019
1	Bungah	865,559	425,743	479,419	293,230
2	Manyar	353,917	84,564	126,961	73,510
3	Sidayu	84,810	89,670	100,280	84,810
4	Ujung Pangkah	1.196,994	1.349,749	1.399,323	1.205,052
Jumlah		2.501,280	1.949,726	2.105,983	1.656,602

Sumber: Hasil Olahan



Gambar. 4.30 Grafik Total Luasan Mangrove Tahun 2016-2019

(Sumber: Hasil Olahan)

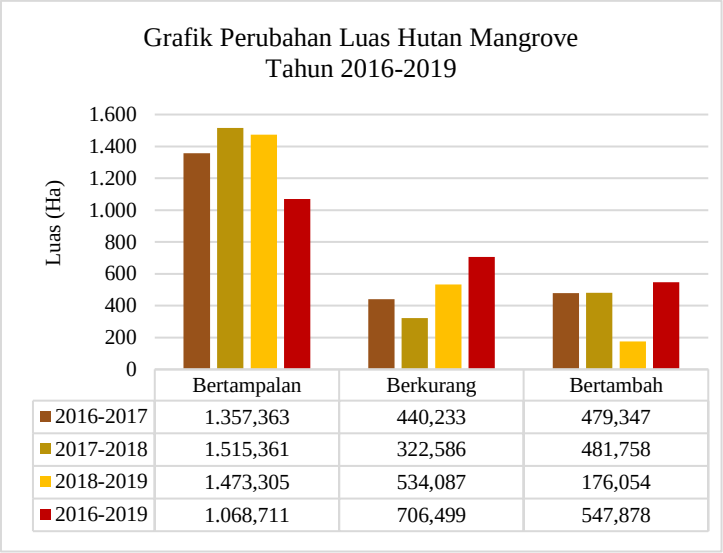
Dapat dilihat dari grafik pada Gambar 4.30, total luas mangrove berubah secara fluktuatif. Total luas di tahun 2017 mengalami penurunan sebesar 551,554 Ha atau 22,051%. Kemudian di tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar

156,257 Ha atau 8,014%. Untuk tahun 2019 mengalami penurunan sebesar 449,381 Ha atau 21,338%. Berikut adalah analisis yang didapat dari hasil perhitungan luas hutan mangrove dari tahun 2016-2019 di lokasi penelitian beradasarkan Tabel 4.16.

1. Luas total hutan mangrove pada tahun 2016 sebesar 2.501,280 Ha. Hutan mangrove terluas berada di Kecamatan Ujung Pangkah yaitu sebesar 1.196,994 Ha dengan presentase 47,855% dari total luasan di tahun tersebut. Sedangkan hutan mangrove dengan luas paling sedikit berada di Kecamatan Sidayu yaitu sebesar 84,810 Ha dengan presentase 3,391% dari total luasan di tahun tersebut.
2. Luas total hutan mangrove pada tahun 2017 sebesar 1.949,726 Ha. Hutan mangrove terluas berada di Kecamatan Ujung Pangkah yaitu sebesar 1.349,749 Ha dengan presentase 69,228% dari total luasan di tahun tersebut. Sedangkan hutan mangrove dengan luas paling sedikit berada di Kecamatan Manyar yaitu sebesar 84,564 Ha dengan presentase 4,337% dari total luasan di tahun tersebut.
3. Luas total hutan mangrove pada tahun 2018 sebesar 2.105,983 Ha. Hutan mangrove terluas berada di Kecamatan Ujung Pangkah yaitu sebesar 2.105,983 Ha dengan presentase 66,445% dari total luasan di tahun tersebut. Sedangkan hutan mangrove dengan luas paling sedikit berada di Kecamatan Sidayu yaitu sebesar 100,280 Ha dengan presentase 4,762% dari total luasan di tahun tersebut.
4. Luas total hutan mangrove pada tahun 2019 sebesar 1.656,602 Ha. Hutan mangrove terluas berada di Kecamatan Ujung Pangkah yaitu sebesar 1.656,602 Ha dengan presentase 72,742% dari total luasan di tahun tersebut. Sedangkan hutan mangrove dengan luas paling sedikit berada di Kecamatan Manyar yaitu sebesar

73,510 Ha dengan presentase 4,437% dari total luasan di tahun tersebut.

Untuk besar perubahan berupa pengurangan dan penambahan luas hutan mangrove disajikan dengan grafik pada Gambar 4.31.



	Bertampalan	Berkurang	Bertambah
2016-2017	1.357,363	440,233	479,347
2017-2018	1.515,361	322,586	481,758
2018-2019	1.473,305	534,087	176,054
2016-2019	1.068,711	706,499	547,878

Gambar 4.31 Grafik Perubahan Luas Hutan Mangrove Tahun 2016-2019
(Sumber: Hasil Olahan)

Kemudian untuk analisis perubahan yang terjadi tahun selama tahun 2016, 2017, 2018, dan 2019 dijelaskan sebagai berikut.

1. Periode tahun 2016-2017, yaitu: area mangrove yang bertambah lebih banyak daripada yang berkurang. Hutan mangrove bertambah seluas 479,347 Ha dan berkurang seluas 440,233. Untuk area yang bertampalan besarnya seluas 1.357,363 Ha.
2. Periode tahun 2017-2018, yaitu: area mangrove yang bertambah lebih banyak daripada yang berkurang. Hutan mangrove bertambah seluas 481,758 Ha dan berkurang

seluas 322,586 Ha. Untuk area yang bertampalan besarnya seluas 1.515,361 Ha.

3. Periode tahun 2018-2019, yaitu: area mangrove yang berkurang lebih banyak daripada yang bertambah. Hutan mangrove berkurang seluas 534,087 Ha dan bertambah seluas 176,054 Ha. Untuk area yang bertampalan besarnya seluas 1.473,305 Ha.
4. Periode tahun 2016-2019, yaitu: area mangrove yang berkurang lebih banyak daripada yang bertambah. Hutan mangrove berkurang seluas 706,499 Ha dan bertambah seluas 547,878 Ha. Untuk area yang bertampalan besarnya seluas 1.068,710 Ha.

Dari Gambar 4.30, dapat diketahui bahwa rata-rata area mangrove berkurang untuk tiap periode sebesar 432,302 Ha dan bertambah sebesar 379,053 Ha. Selama kurun waktu empat tahun dari tahun 2016 sampai dengan 2019, area mangrove yang berkurang lebih banyak daripada yang bertambah. Hutan mangrove berkurang seluas 706,499 Ha dan bertambah seluas 547,878 Ha.

Pengurangan luas area mangrove di Kabupaten Gresik yaitu di Kecamatan Ujung Pangkah, Kecamatan Sidayu, dan Kecamatan Bungah dapat terjadi karena perubahan fungsi penggunaan lahan mangrove menjadi area tambak untuk budidaya perikanan. Sementara itu di Kecamatan Manyar sebagian besar kerusakan diakibatkan oleh alih fungsi lahan mangrove menjadi kawasan perindustrian dan pertambakan. Sedangkan bertambahnya luas area mangrove disebabkan oleh mangrove yang tumbuh secara alami di daratan hasil akumulasi sedimentasi maupun dengan aktivitas penamanan seperti reboisasi yang dilakukan oleh masyarakat setempat.

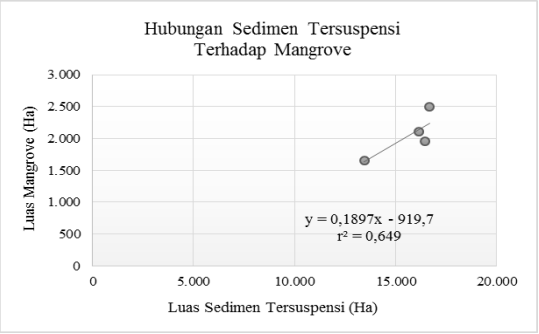
4.4 Pengaruh Sedimen Tersuspensi Terhadap Mangrove

Ada tidaknya pengaruh sedimentasi dari data sedimen tersuspensi terhadap perubahan luasan mangrove diketahui dengan melakukan uji korelasi dan uji signifikansi atau uji hipotesis. Uji

hipotesis menggunakan uji t dengan dua sampel atau dua variabel yang berbeda yaitu luasan konsentrasi sedimen tersuspensi dan luasan area mangrove.

4.4.1 Uji Korelasi

Uji korelasi bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan sedimen tersuspensi di perairan Kabupaten Gresik terhadap mangrove yang ada di wilayah tersebut. Berikut adalah grafik hasil uji korelasi menggunakan regresi linier yang disajikan pada Gambar 4.31.



Gambar 4.32 Grafik Hubungan Sedimen Tersuspensi Terhadap Mangrove
(Sumber: Hasil Olahan)

Dari hasil regresi, didapatkan bentuk persamaan linier dengan nilai y = 0,1897x - 919,7. Hal tersebut menunjukkan adanya korelasi positif (berbanding lurus antara luasan sedimen tersuspensi terhadap luasan mangrove). Apabila luas sedimen tersuspensi meningkat maka luas mangrove juga akan meningkat dan sebaliknya jika luas sedimen tersuspensi menurun maka luas mangrove juga akan menurun.

Selanjutnya dari hasil uji tersebut diperoleh koefisien determinasi (r^2) sebesar 0,649 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh variabel sedimen tersuspensi terhadap mangrove adalah sebesar 64,9%, sisanya sebesar 35,1% dipengaruhi oleh variabel lain selain variabel yang digunakan

dalam penelitian ini. Sedangkan untuk koefisien korelasi (r) yang dihasilkan sebesar 0,806 yang berarti bahwa hubungan antara kedua variabel yang diuji adalah sangat kuat.

4.4.2 Uji Signifikansi

Uji signifikansi menggunakan pengujian hipotesis dengan metode uji t *independent samples*. Dalam pengambilan keputusannya digunakaan tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05 atau 5% yang sama artinya dengan tingkat keyakinan sebesar 95%. Adapun kriteria dalam pengujian ini adalah:

- Jika –t tabel < t hitung < t tabel maka Ho diterima dan Ha ditolak.
- Jika –t tabel > t hitung > t tabel maka Ho ditolak dan Ha diterima.

Hipotesis yang ada akan diuji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Ho: Tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara sedimen tersuspensi terhadap luasan mangrove
b. Ha: Terdapat pengaruh yang signifikan antara sedimen tersuspensi terhadap luasan mangrove

Berikut ini merupakan hasil untuk menguji hipotesis di atas menggunakan uji t ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Uji T

Independent Samples Test				
	Levene's Test for Equality of Variances		*t-test for Equality of Means*	
	F	Sig.	t	df
Equal variances assumed	4,630	0,075	17,734	6
Equal variances not assumed			17,734	3,331

Sumber: Hasil Olahan

Pada penelitian ini jumlah sampel dari masing-masing variabel sebanyak 4 sampel. Dari Tabel 4.17 diketahui tampak bahwa nilai sig. adalah 0,075. Karena sig. di atas 0,05 maka tidak terdapat perbedaan variansi pada data luas konsentrasi sedimen tersuspensi dan luas mangrove sehingga data dianggap equal (homogen).

Hasil pengujian tersebut juga menunjukkan bahwa didapat nilai t hitung sebesar 17,737. Dengan derajat kebebasan (df) sebesar 6 dalam derajat signifikansi 0,05 maka didapat nilai t tabel sebesar 2,450. Hal ini menunjukkan bahwa t hitung > t tabel sehingga Ho ditolak dan Ha diterima. Sehingga dari pengujian ini dapat diketahui bahwa tingkat keyakinan 95%, sedimen tersuspensi sebagai bagian dari sedimentasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap terjadinya perubahan luas area mangrove di Kabupaten Gresik.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian ini, maka terdapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Budhiman, Algoritma Parwati, Algoritma Laili, dan Algoritma Jaelani tidak memenuhi kriteria dalam uji validasi sehingga digunakan persamaan baru untuk estimasi konsentrasi sedimen tersuspensi yaitu:

   $$TSS = 3.000.000 \times exp\left(-34{,}71 \times \left(\frac{reflektan\ Band\ 3}{reflektan\ Band\ 4}\right)\right),$$

   dengan nilai reflektan yang digunakan adalah reflektan BOA, band 3 adalah band hijau, dan band 4 adalah band merah. Persamaan empiris ini memiliki koefisien korelasi sebesar 0,904 dimana menunjukkan hubungan yang sangat kuat terhadap data *in situ*. Serta memiliki nilai NMAE sebesar 18,890% dan RMSE sebesar 51,631 mg/l.
2. Selama kurun waktu tahun 2016-2019 terjadi penurunan luasan konsentrasi sedimen tersuspensi untuk tiap tahunnya. Penurunan terbanyak terjadi di periode tahun 2018-2019 sebesar 2.670,931 Ha dan paling sedikit terjadi di periode tahun 2016-2017 sebesar 234,904 Ha. Rata-rata penurunan tiap periodenya sebesar 1.072,212 Ha. Untuk konsentrasi sedimen tersuspensi hasil pengukuran *in situ* menghasilkan nilai 60 - 328 mg/l.
3. Terjadi perubahan pada luasan hutan mangrove berupa bertambah dan berkurang selama tahun 2016-2019. Penambahan luasan terbanyak terjadi di periode tahun 2016-2017 sebesar 479,347 Ha dan pengurangan luasan terbanyak terjadi di periode tahun 2018-2019 sebesar 534,087 Ha.
4. Sedimentasi dari variabel sedimen tersuspensi berpengaruh terhadap variabel mangrove sebesar 64,9%, sisanya yaitu 35,1% dipengaruhi oleh variabel lain dan

hubungan antar variabel tersebut sangat kuat dengan nilai r sebesar 0,806. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa sedimen tersuspensi sebagai sedimentasi berpengaruh signifikan terhadap perubahan luasan mangrove dengan tingkat signifikansi 5% atau tingkat kepercayaan 95%.

5.2 Saran

Saran yang diperlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya pada bidang terkait adalah:

1. Pengambilan sampel air untuk data *in situ* konsentrasi sedimen tersuspensi hendaknya memperhatikan tanggal perekaman citra. Hal ini dimaksudkan agar waktu pengambilan data di lapangan tidak jauh dari tanggal akuisisi citra sehingga konsentrasi sedimen tersuspensi yang didapat dari citra tidak jauh atau dapat sesuai dengan keadaan di lapangan.
2. Menambahkan data sekunder lain seperti curah hujan, pasang surut, angin, arus, dan lain-lain sebagai variabel yang mempengaruhi perubahan konsentrasi sedimen tersuspensi. Variabel ini dapat ditambahkan agar diketahui faktor yang paling mempengaruhi sedimentasi dan lokasi yang berpotensi terbentuk lahan baru khususnya sebagai tempat hidup mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

Al Mukmin, S. A., Wijaya, A. P., dan Sukmono, A. 2016. Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Dan Keterkaitannya Dengan Fenomena Urban Heat Island. Jurnal Geodesi Undip, 5(1), 224-233.

Andani, N. D., & Sasmito, B. 2018. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island dan Keterkaitannya dengan Tingkat Kenyamanan Termal (Temperature Humidity Index) di Kota Semarang. Jurnal Geodesi Undip, 7(3), 53-65.

Andini, V. M. 2015. Studi Persebaran Total Supended Solid (TSS) Menggunakan Citra Aqua Modis Di Laut Senunu, Nusa Tenggara Barat. [Skripsi]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Andriani, I., Mey, D., dan Saleh, F. 2017. Pemetaan Hutan Mangrove Dengan Menggunakan Analisis Transformasi Indeks Di Kawasan Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai Provinsi Sulawesi Tenggara. Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi, 1(2), 45-52.

Anggraini, N., Hartuti, M., dan Marpaung, S. 2015. Pemantauan Distribusi Sedimentasi di Ujung Pangkah Kabupaten Gresik Menggunakan Data Landsat. Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2015. Bogor, 11-12 November 2015.

Anggraini, N. dan Julzarika, A. 2018. Analisis Abrasi dan Akresi Ujung Pangkah dengan Menggunakan Modified Normalized Difference Water Index pada Citra Landsat. Prosiding PIT Ke-5 Riset Kebencanaan IABI, 397-405.

Arief, M., Adawiah, S. W., Hartuti, M., dan Parwati, E. 2016 Algoritma Dua Dimensi Untuk Estimasi Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Satelit Landsat-8, Studi Kasus: Teluk Lampung. Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital, 13(2), 109-120.

Arikunto, S. 2001. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta: Rineka Cipta

Aulia, R., Prasetyo, Y., dan Hani'ah. 2015. Analisis Korelasi Perubahan Garis Pantai Terhadap Luasan Mangrove di Wilayah Pesisir Pantai Semarang. Jurnal Geodesi Undip, 4(2), 157-163.

Azwar, S. 2005. Signifikan atau sangat signifikan. Buletin Psikologi, 13(1), 38-44.

Badan Informasi Geospasial. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geopasial No. 3 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geopasial Mangrove. Cibinong.

Bobsaid, M. W. 2017. Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus: Perairan Pulau Poteran Dan Gili Iyang, Madura) [Skripsi]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Bobsaid, M. W. dan Jaelani, L. M. 2017. Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus: Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura). Jurnal Teknik ITS, 6(2), 641-644.

Budhiman, S. 2004. Mapping TSM Concentration From Multisensor Satellit Image In Turbin Tropical Coastal Water On Mahakam Delta, Indonesia. International For Intitude Of Geo-Information Science And Earth Observation Enschede The Netherland.

Budhiman, S. 2005. Pemetaan Sebaran Total Suspended Matter (TSM) Menggunakan Data Aster dengan Pendekatan Bio-Optical Model. Jurnal Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV, 1-6.

Catur, U., Yudhatama, D., dan Mukhoriyah. 2015. Identifikasi Lahan Tambang Timah Menggunakan Metode Klasifikasi Terbimbing Maximum Likelihood pada Citra Landsat 8. Majalah Ilmiah Globe, 17(1), 9-15.

Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P, dan Sitepu, M.J. 2001. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: PT. Pradnya Paramita

Danoedoro, P. 1996. Pengolahan Citra Digital: Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Departemen Kelautan dan Perikanan, Direktorat Bina Pesisir. 2009. Pedoman Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Jakarta: Direktoral Jenderal Kelautan dan Pulau-Pulau Kecil.

Effendi. 2003. Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.

ESRI. Tanpa Tahun. An overview of the Analysis Toolbox. https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/an-overview-of-the-analysis-toolbox.htm diakses pada tanggal 17 Juli 2020.

ESRI. Tanpa Tahun. An overview of the Overay Toolset. https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/an-overview-of-the-overlay-toolset.htm diakses pada tanggal 17 Juli 2020.

ESRI. Tanpa Tahun. Buffer. https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/buffer.htm#:~:text=If%20the%20input%20features%20have%20a%20geographic%20coordinate%20system%20and,Tool%20prior%20to%20ArcGIS%2010.3. diakses pada tanggal 17 Juli 2020.

Fadila. 2018. Perbandingan Klasifikasi Statistik Based dan Similiarity Based pada Pemetaan Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kecamatab Peukan Bada) [Skripsi]. Banda Aceh: Universitas Syah Kuala.

FAO. 2007. The World's Mangroves 1980-2005. Forest Resources Assessment Working Paper No. 123. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome.

Gumelar, B. A., Sukmono, A., dan Bashit, N. 2018. Studi perbandingan Konsentrasi Klorofil-a pada Tambak Bandeng Tradisional dan Tambak Bandeng Intensif Menggunakan Citra Landsat 8. Jurnal Geodesi Undip, 7(4), 66-77.

Gunawan, R. dan Darmono. 2015. Studi Kasus Imbangan Angkutan Sedimen di Kali Putih. Jurnal INERSIA, 11(1), 90-94.

Heriza, D., Sukmono, A., dan Bashit, N. 2018. Analisis Perubahan Kualitas Perairan Danau Rawa Pening Periode 2013, 2015 dan 2017 dengan Menggunakan Data Citra Landsat 8 Multitemporal. Jurnal Geodesi Undip, 7(1), 79-89.

Hidayat, Y.N. dan Khakhim, N. Pemantauan Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Citra Landsat 8 OLI di Muara Ci Tarum, Jawa Barat. Jurnal Bumi Indonesia, 6(1).

Humboldt State University. 2017. Humboldt State Geospatial Online: Radiometric Correction. http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP_216_Online/lesson4-1/radiometric.html diakses pada tanggal 18 Desember 2019.

Ilman, M. 2017. Opini: Memperingati Hari Mangrove Sedunia, Kekayaan Alam yang Harus Dijaga. https://www.mongabay.co.id/2017/07/26/opini-memperingati-hari-mangrove-sedunia-kekayaan-alam-yang-harus-dijaga/ diakses pada tanggal 10 Januari 2020.

Irwanto. 2007. Analisis Vegetasi untuk Pengelolaan Kawasan Hutan Lindung Pulau Marsegu, Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku. [Tesis]. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.

Jaelani, L. M., Setiawan, F., dan Matsushita, B. 2015. Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang. Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indonesia XX, Bogor.

Jaelani, L. M., dan Ratnaningsih, R. Y. 2018. Spatial and Temporal Analysis of Water Quality Parameter using Sentinel-2A Data; Case Study: Lake Matano and Towuti. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 8(2), 547-553.

Jiyah, J., Sudarsono, B., dan Sukmono, A. 2017. Studi Distribusi *Total Suspended Solid* (TSS) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. Jurnal Geodesi Undip, 6(1), 41-47.

Kawamuna A., Suprayogi A., dan Wijaya A.P. 2017. Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2 (Studi Kasus : Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi). Jurnal Geodesi UNDIP, 6(1): 277-284

Ken State University. 2019. Independent Samples t Test. https://libguides.library.kent.edu/SPSS/IndependentTTest

Khazali, M. 1999. Panduan Teknis Penanaman Mangrove Bersama Masyarakat. Wetland International – Indonesia Programme. Bogor, Indonesia.

Kohl, M., Magnussen, S., dan Marchetti, M. 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresources Forest Inventory. Editor: Dieter Czeschlik. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Krisna, T. C., Cahyono, A. B., dan Khomsin. 2012. Analisis Sebaran TSS (*Total Suspended Solid*) dengan Menggunakan Citra Satelit Aqua MODIS Tahun 2005-2011. Jurnal GEOID, 8(1), 29-38.

Kusmana, C. 2015. Performance of Biophysical Mangrove Ecosystems in Birem Bayeun and Rantau Selamat Sub-District, East Aceh Keragaan Biofisik Ekosistem Mangrove di Kecamatan Birem Bayeun dan Kecamatan Rantau Selamat, Aceh Timur. Jurnal Silvikultur Tropika, 6(2).

Kusuardini, A. 2011. Estimasi Konsentrasi Padatan Tersuspensi (TSS) dan Klorofil-A dari Citra MODIS Hubungannya dengan Marak Alga di Perairan Teluk Jakarta [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Kusumawardi, K.P., Cahya, Z.I., Ananto, W.H.P., dan Asri, G.H.M. 2018. Pmetaan dan Analisis Perubahan Garis Pantai di Sebagian Pesisir Barat Lombok Barat Menggunakan

Normalized Difference Water Index Pada Citra Landsat. Seminar Nasional Geomatika. 911-918.

Laili, N. L., Arafah, F., Jaelani, A., dan Pamungkas, A.D. 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. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2(2).

Lillesand dan Kiefer. 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. New York: John Wiley & Son.

Lindgren, D.T. 1985. Land Use Planning and Remote Sensing. Doldrecht: Martinus Nijhoff Publishers.

Majid, I., Al Muhdar, M. H. I., Rohman, F., dan Syamsuri, I. (2016). Konservasi hutan mangrove di Pesisir Pantai Kota Ternate terintegrasi dengan kurikulum sekolah. Jurnal BIOEDUKASI, 4(2), 488-496.

McFeeters. 1996. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in The Delineation of Open Water Features. International Journal of Remote Sensing, 7(17), 1425-1432.

McFeeters, S. 2013. Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) within Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing, 5, 3544–3661.

Milton, D. F., dan Edial, H. 2018. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Mangrove dan Total Suspended Sediment Terhadap Dinamika Garis Pantai Tiku Kabupaten Agam. Jurnal Buana, 2(2), 437-437.

Marwati, A., Prasetyo, Y., & Suprayogi, A. (2018). Analisis Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Kombinasi Data Point Cloud Lidar dan Foto Udara Berbasis Metode Segmentasi dan Supervised. Jurnal Geodesi Undip, 7(1), 36-45.

Moore, N. Slavich, P., Tinning, G., Mcleod, M., dan Kelly, R. 2007. Soil Organism: Benefits and Management Practices.

Orange: New South Wales Department of Primary Industries.

Nugroho, S., Akbar, S., dan Vusvitasari, R. 2008. Kajian Hubungan Koefisien Korelasi Pearson (r), Spearman-rho (?), Kendall-Tau (?), Gamma (G), dan Somers. GRADIEN: Jurnal Ilmiah MIPA, 4(2), 372-381.

Nurgiantoro, N. dan Jaelani, L. M. 2017. Monitoring of Total Suspended Solid in Coastal Waters due to Conventional Gold Mining Using Multi Temporal Satellite Data, Case Study: Bombana, Southeast Sulawesi. IPTEK Journal of Proceedings Series, 3(2), 84-89.

Nuryadi, Astuti, T. D., Utami, E.S., dan Budiantara, M. 2017. Dasar-Dasar Statistik Penelitian. Yogyakarta: Gramasurya.

Oktaviani, A. dan Yarjohan. 2016. Perbandingan Resolusi Spasial, Temporal dan Radiometrik Serta Kendalanya. Jurnal Enggano, 1(2), 74-79.

Parwati, E. dan Purwanto, A. D. 2014. Analisis Algoritma Ekstraksi Informasi TSS Menggunakan Data Landsat 8 di Perairan Berau. Seminar Nasional Penginderaan Jauh, 21, 518–528.

Rifardi. 2012. Ekologi Sedimen Laut Modern. Pekanbaru: UNSRI Press.

Rusdianti, K. 2012. Konversi Lahan Hutan Mangrove serta Upaya Penduduk Lokal dalam Merehabilitasi Ekosistem Mangrove (Kasus Desa Karangsong, Kecamatan Indramayu, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Sampurno, R. M. dan Thoriq, A. 2016. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (Oli) di Kabupaten Sumedang. Jurnal Teknotan, 10(2), 61-70.

Sangadji, M. S., Siregar, V. P., dan Manik, H. M. 2018. Klasifikasi Habitat Perairan Dangkal Menggunakan Logika Fuzzy dan Maximum Likelihood pada Citra Satelit Multispektral. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 10(3), 667-681.

Selley, R. C. 2000. Applied sedimentology. Elsevier.

Setiyono, B. 2006. Deteksi Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat ETM+ di Daerah Aliran Sungai (DAS) Juwana, Jawa Tengah [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Soewarno. 1991. Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai. Bandung: Penerbit Nova

Sugiyono. 2008. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.

Sumarno, D., Kusumaningtyas, D.I., dan Sari, A.Y. Teknik Pengukuran Nilai Total Suspended Solid (TSS) dan Kekeruhan pada Perairan Sekitar Lokasi Unit Pengolahan Ikan di Kabupaten Indramayu – Jawa Barat. BULETIN TEKNIK LITKAYASA Sumber Daya dan Penangkapan, 13(1), 21-25.

Suniada, K. I. dan Aden, L. Y. 2019. Pengaruh Perubahan Luas Hutan Mangrove Terhadap Konsentrasi Total Suspended Matter (TSM) di Muara Perancak, Jembrana–Bali. Jurnal Kelautan Nasional, 14(1), 11-24.

Suwargana, N. 2008. Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. Jurnal Penginderaan Jauh, 5:64-74.

Suyono, S. dan Masateru, T. 1984. Perbaikan dan Pengaturan Sungai. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.

Suwargana, N. 2013. Resolusi Spasial, Temporal Spektral pada Citra Satelit Landsat, SPOT, dan IKONOS. Jurnal Ilmiah Widya, 1(2), 167-174.

Suwargana, N. 2015. Pemantauan Kerapatan Mangrove Menggunakan Landsat Tahun 1990-2013 di Pantai Utara Subang, Jawa Barat. Dalam buku Mangrove Citra Penginderaan Jauh dan Identifikasinya. Bogor: IPB Press.

Syah, A. F. 2010. Penginderaan Jauh dan Aplikasinya di Wilayah Pesisir dan Lautan. Jurnal Kelautan, 3(1), 18-28

Triatmojo, B. 2008. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset

Utami, F. P., Prasetyo, Y., dan Sukmono, A. 2016. Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah). Jurnal Geodesi Undip, 5(1), 305-315.

Willmott, C. J., dan Matsuura, K. 2005. Advantages of the Mean Absolute Error (MAE) Over The Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Average Model Performance. Climate Research, 30, 79–82.

Yanuar, R.C., Hanintyo, R., dan Muzaki, A.A. 2017. Penentuan Jenis Citra Satelit dalam Interpretasi Luasan Ekosistem Lamun Menggunakan Pengolahan Algoritma Cahaya Tampak. Jurnal Geomatika, 23(2), 75-86.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

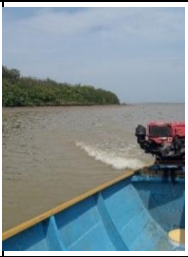
LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi

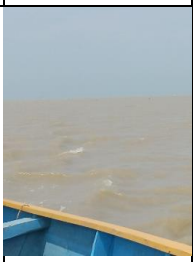
Gambar 1. Alat Pengambilan Sampel Air Alat-alat tersebut antara lain botol plastik, tongkat kayu, tali rafia, dan kotak es (*ice box*).	Gambar 2. Pengambilan Sampel Air Merupakan pengambilan di titik ke-10 yang diambil pada pukul 10.52. Berlokasi di muara sungai dengan kondisi cuaca cukup cerah.
Gambar 3. Kondisi Mangrove di Pinggir Sungai Mangrove tumbuh di sepanjang sisi kanan-kiri sungai. Mangrove cukup lebat.	Gambar 4. Kondisi Mangrove di Muara Sungai Mangrove tumbuh di sekitar tanah yang berlumpur. Ada mangrove yang kering dan layu menjadi kayu.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Lampiran 2. Lokasi Pengambilan Sampel

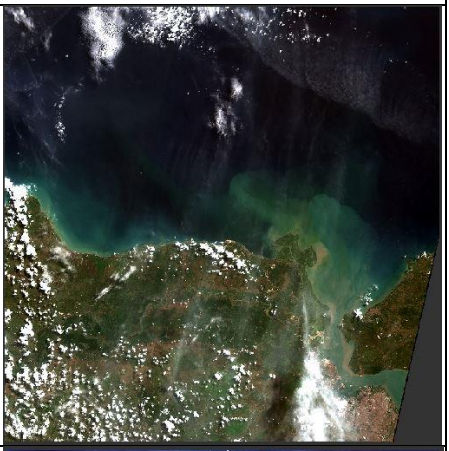
Titik	Keterangan	Koordinat		Deskripsi Lokasi	Foto
		X (m)	Y (m)		
1	Sampel 1	669005	9241471	- Berada di muara sungai. - Dekat dengan tanah yang berlumpur.	
2	Sampel 2	668898	9241707	- Berada di muara sungai. - Jauh dari tanah yang berlumpur.	
3	Sampel 3	669176	9241314	- Berada di sungai. - Pinggir sungai terdapat mangrove.	
4	Sampel 4	667771	9240333	- Berada di muara sungai. - Di sekitar lokasi titik pengambilan sampel tidak ada mangrove. - Jauh dari tanah yang berlumpur.	

Titik	Keterangan	Koordinat		Deskripsi Lokasi	Foto
		X (m)	Y (m)		
5	Sampel 5	667537	9240302	- Berada di muara sungai. - Di sekitar lokasi titik pengambilan sampel tidak ada mangrove. - Jauh dari tanah yang berlumpur.	
6	Sampel 6	666663	9240434	- Berada di laut - Di sekitar lokasi titik pengambilan sampel tidak ada mangrove - Jauh dari tanah yang berlumpur	
7	Sampel 7	667309	9240341	- Berada di muara sungai - Di sekitar lokasi titik pengambilan sampel tidak ada mangrove - Jauh dari tanah yang berlumpur	

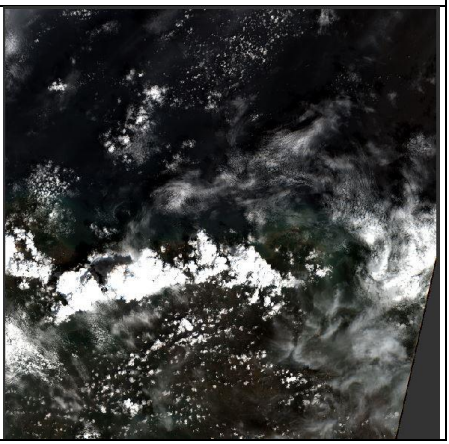
Titik	Keterangan	Koordinat		Deskripsi Lokasi	Foto
		X (m)	Y (m)		
8	Sampel 8	666333	9240504	- Berada di laut - Di sekitar lokasi titik pengambilan sampel tidak ada mangrove - Jauh dari tanah yang berlumpur	
9	Sampel 9	666681	9240360	- Berada di laut - Di sekitar lokasi titik pengambilan sampel tidak ada mangrove - Jauh dari tanah yang berlumpur	
10	Sampel 10	668048	9240367	- Berada di muara sungai - Di sekitar lokasi titik pengambilan sampel terdapat mangrove - Dekat dengan tanah yang berlumpur	

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Lampiran 3. *Raw Data* Citra Sentinel-2A

No	Tanggal Akuisisi	Citra
1	2 Agustus 2016	
2	7 Agustus 2017	

No	Tanggal Akuisisi	Citra
3	22 Agustus 2018	
4	5 November 2019	

No	Tanggal Akuisisi	Citra
5	25 Desember 2019	

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Lampiran 4. Hasil Laboratorium Pengujian Konsentrasi Sedimen Tersuspensi

LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

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

DATA UJI TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)

Dikirim Oleh : Sdri. Nova Nurul Anisa
Diterima Tanggal : 26 Desember 2019
Sampel Dari : Air Laut Ujung Pangkah

No	Kode Sampel	Hasil analisa TSS (mg/L)	Metoda Analisa
1	1	124,00	Gravimetri
2	2	60,00	
3	3	84,00	
4	4	146,00	
5	5	328,00	
6	6	256,00	
7	7	276,00	
8	8	284,00	
9	9	292,00	
10	10	182,00	

Surabaya, 06 Januari 2020
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS
Kepala

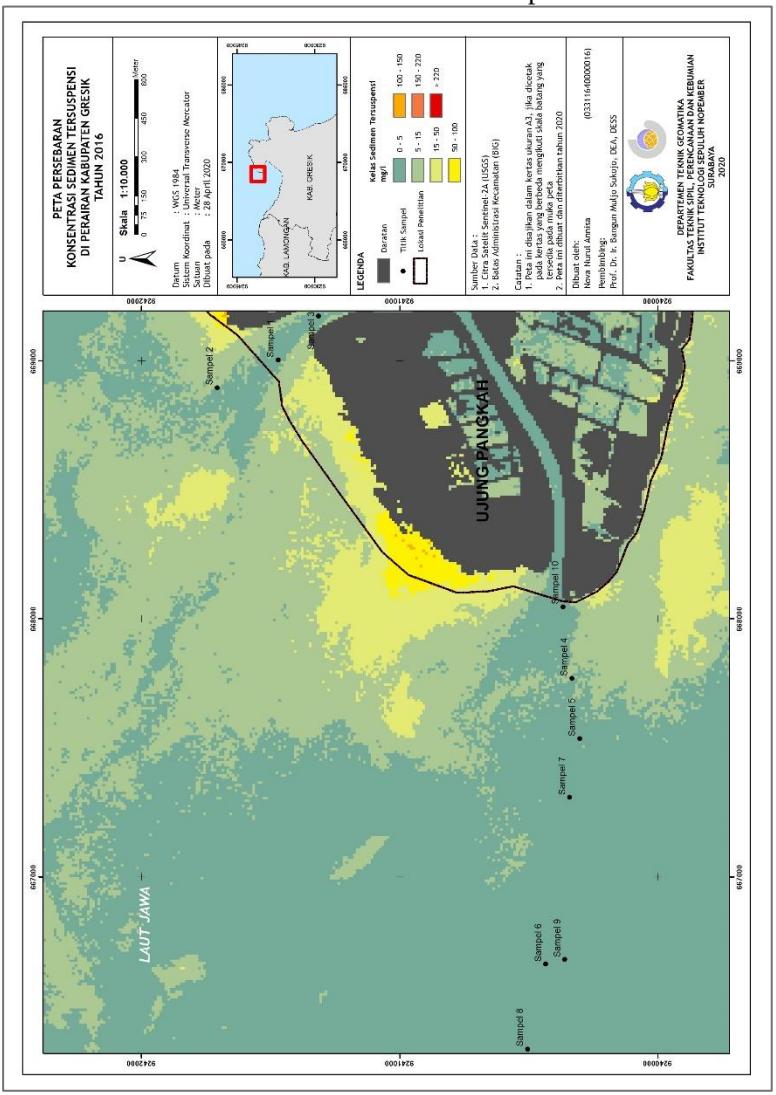
Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk contoh air yang diterima laboratorium kami.

Prof. Dr. Ir. Wiele Karnaningroem, MSc
NIP. 195501261985032001

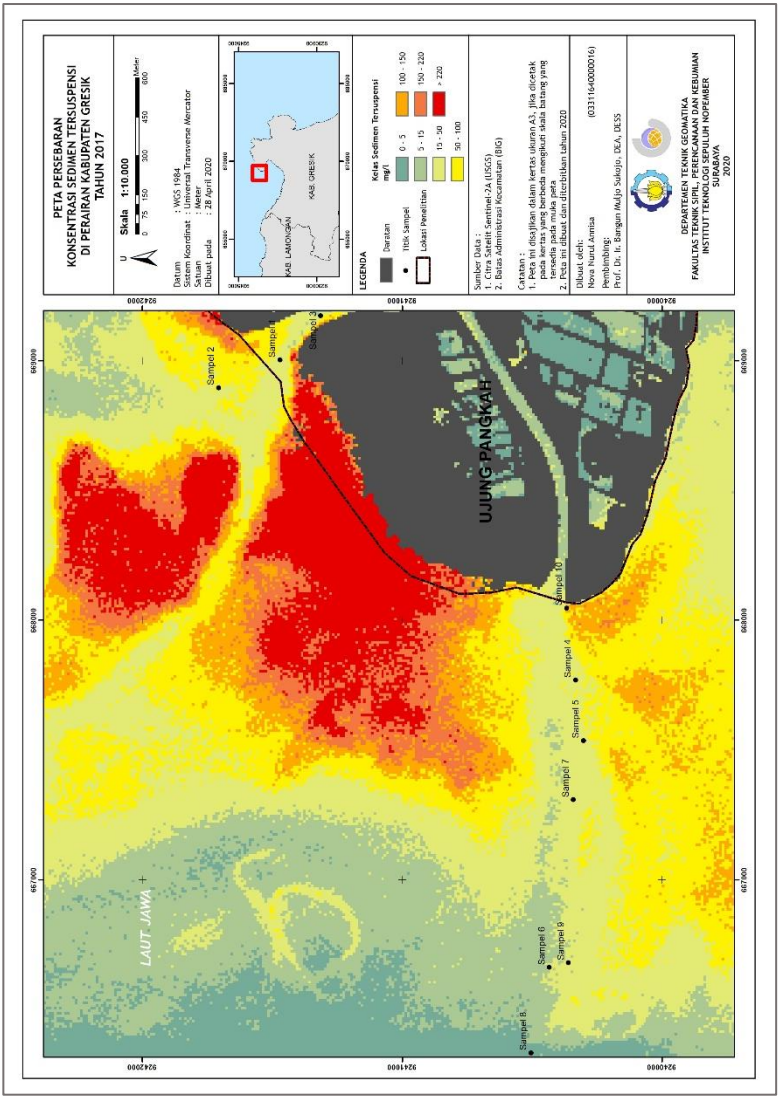
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Lampiran 5. Peta

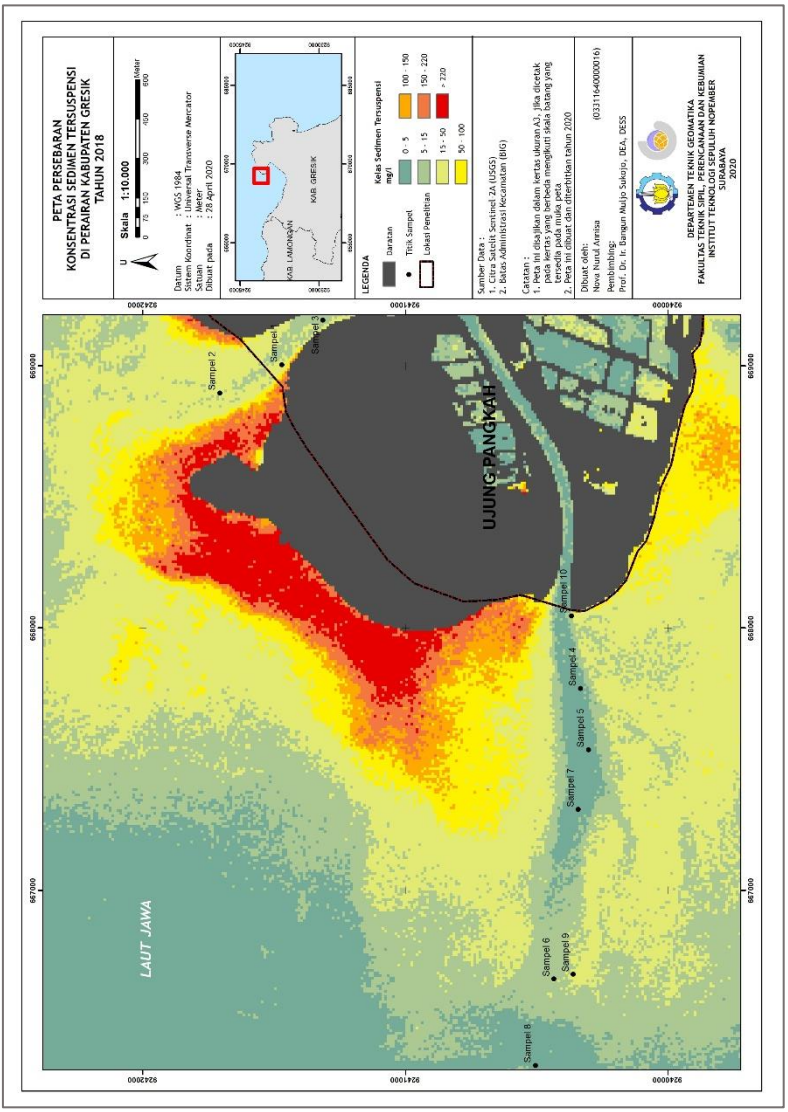
Peta Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2016



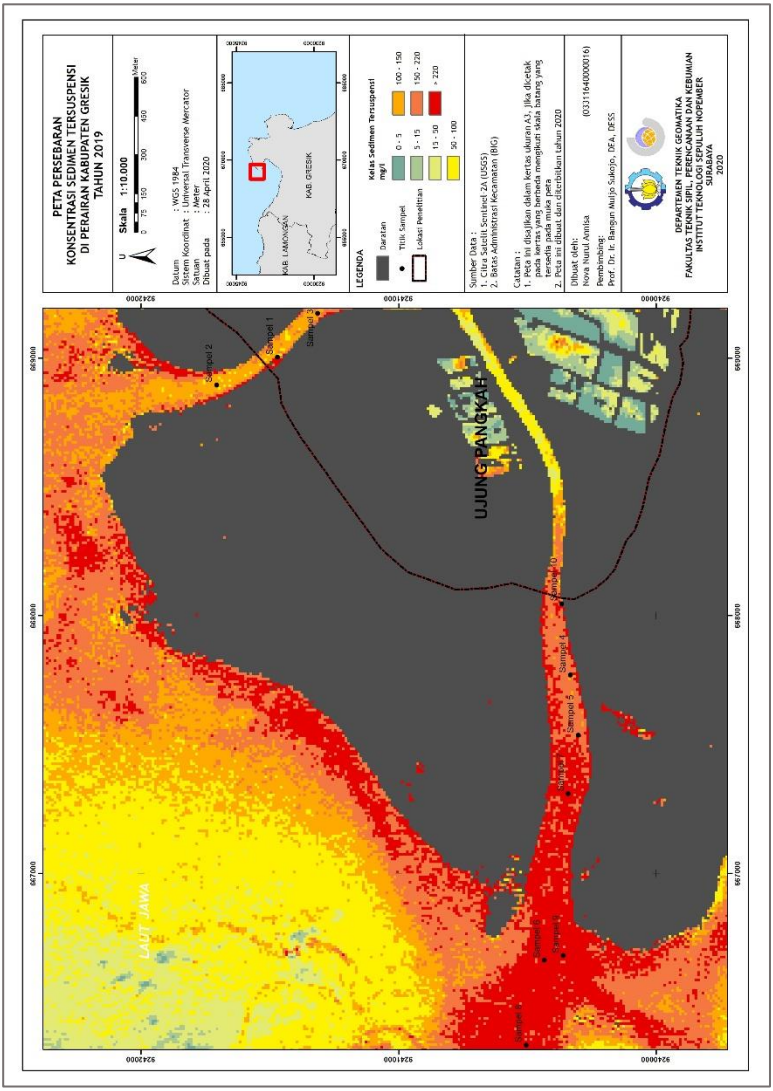
Peta Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2017



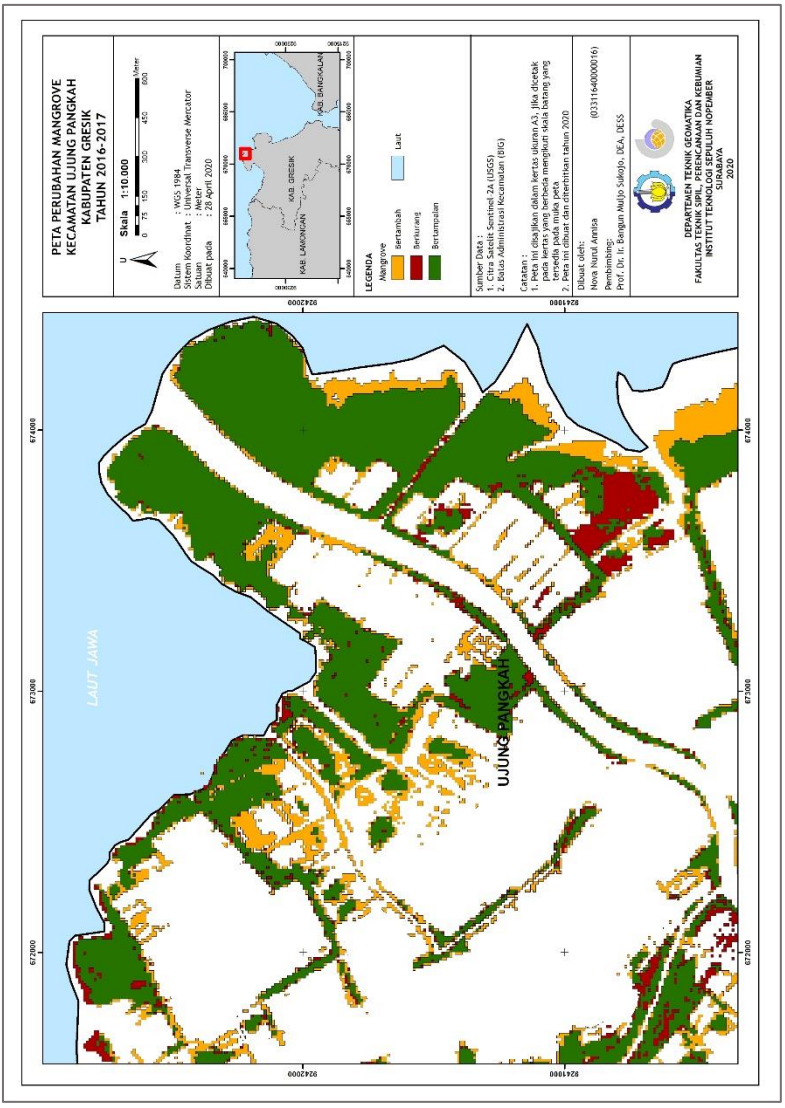
Peta Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2018



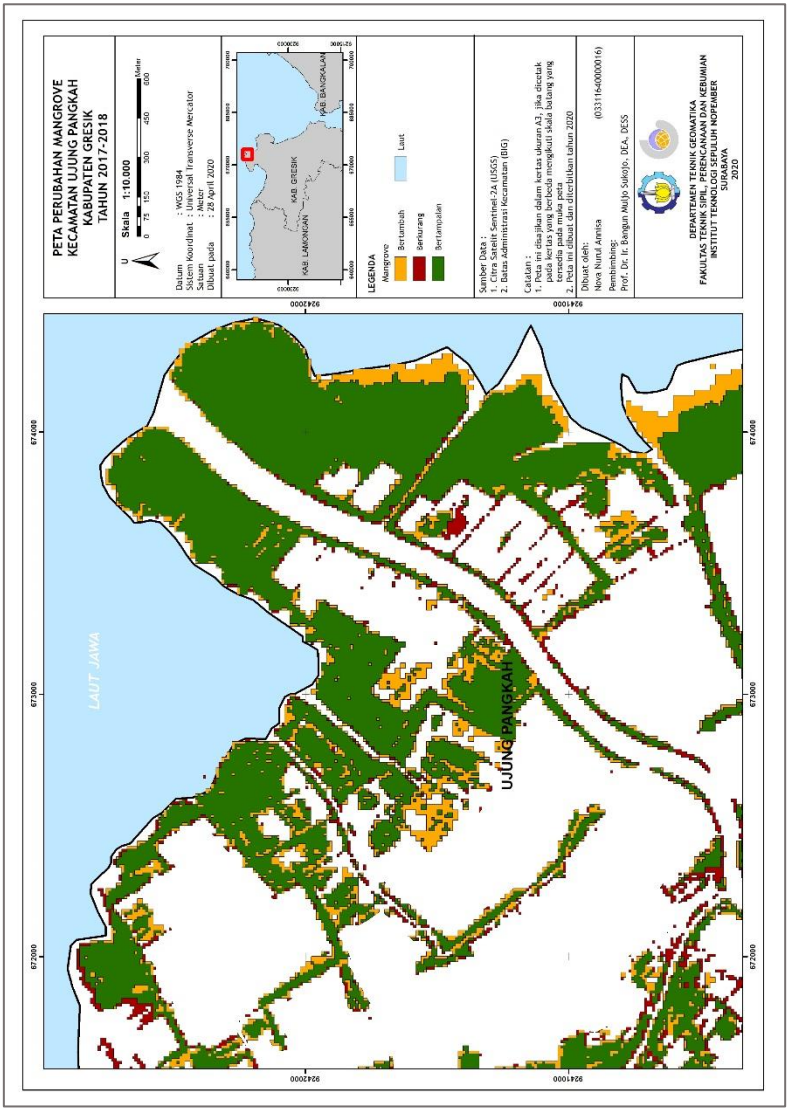
Peta Persebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tahun 2019



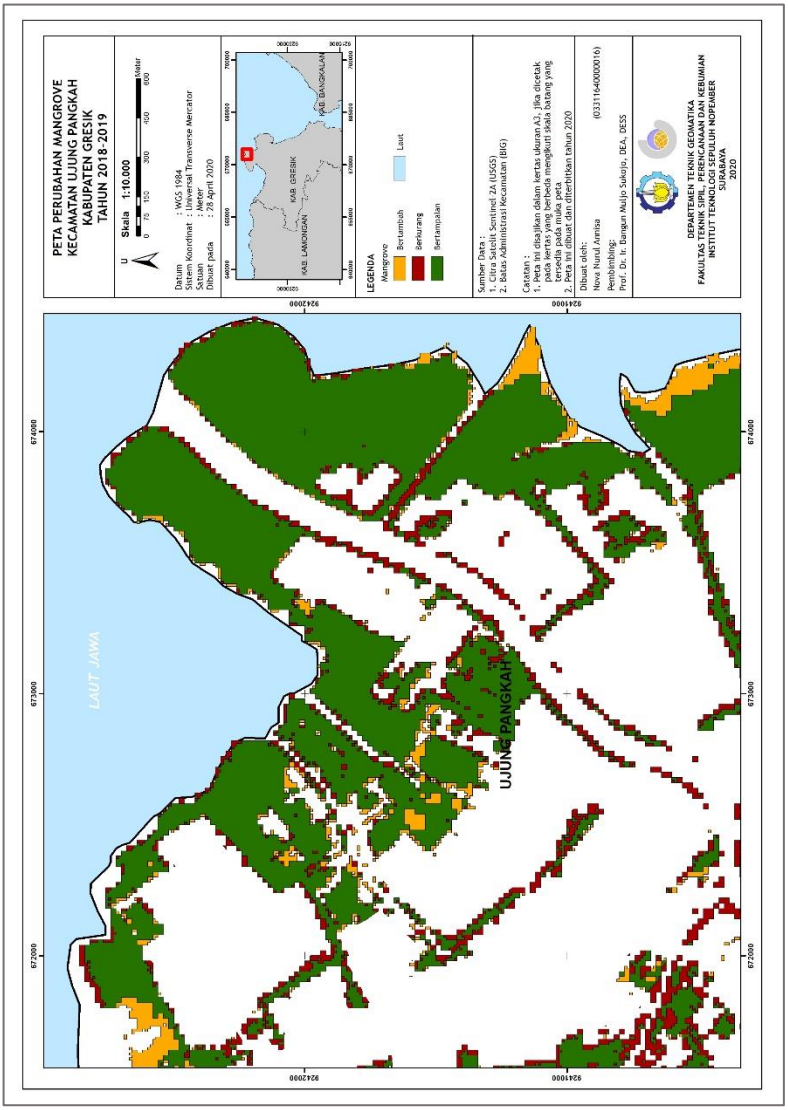
Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Ujung Pangkah Tahun 2016-2017



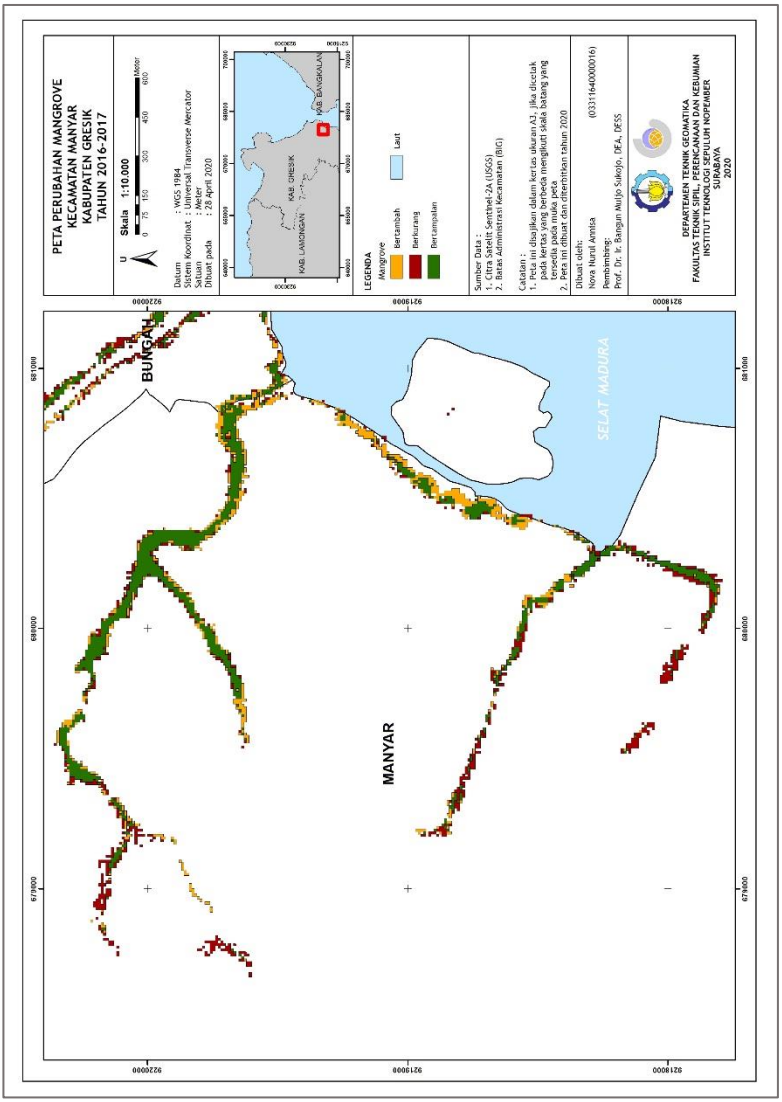
Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Ujung Pangkah Tahun 2017-2018



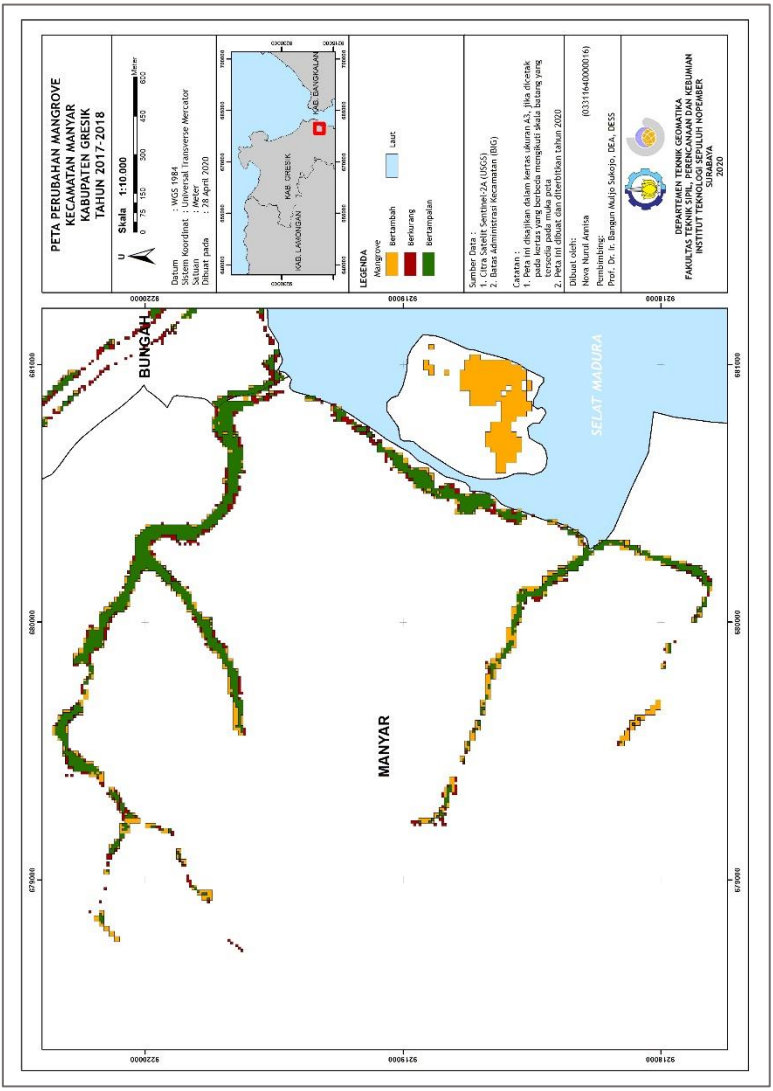
Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Ujung Pangkah Tahun 2018-2019



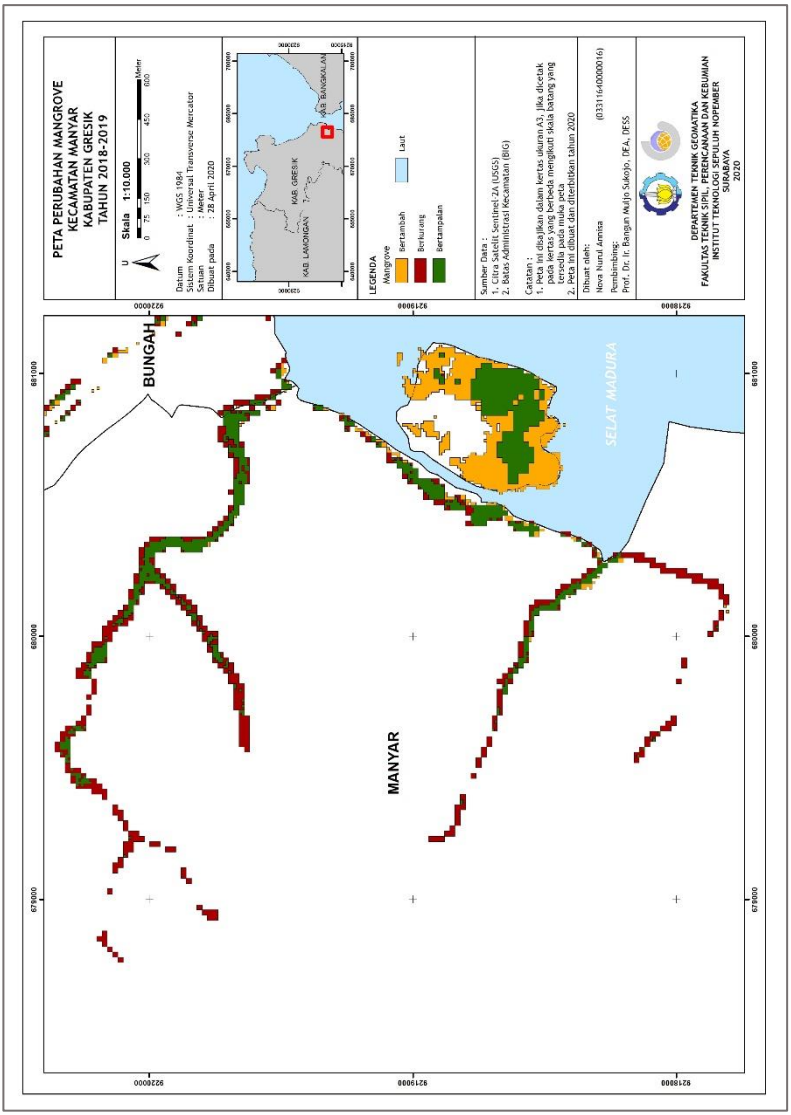
Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Manyar Tahun 2016-2017



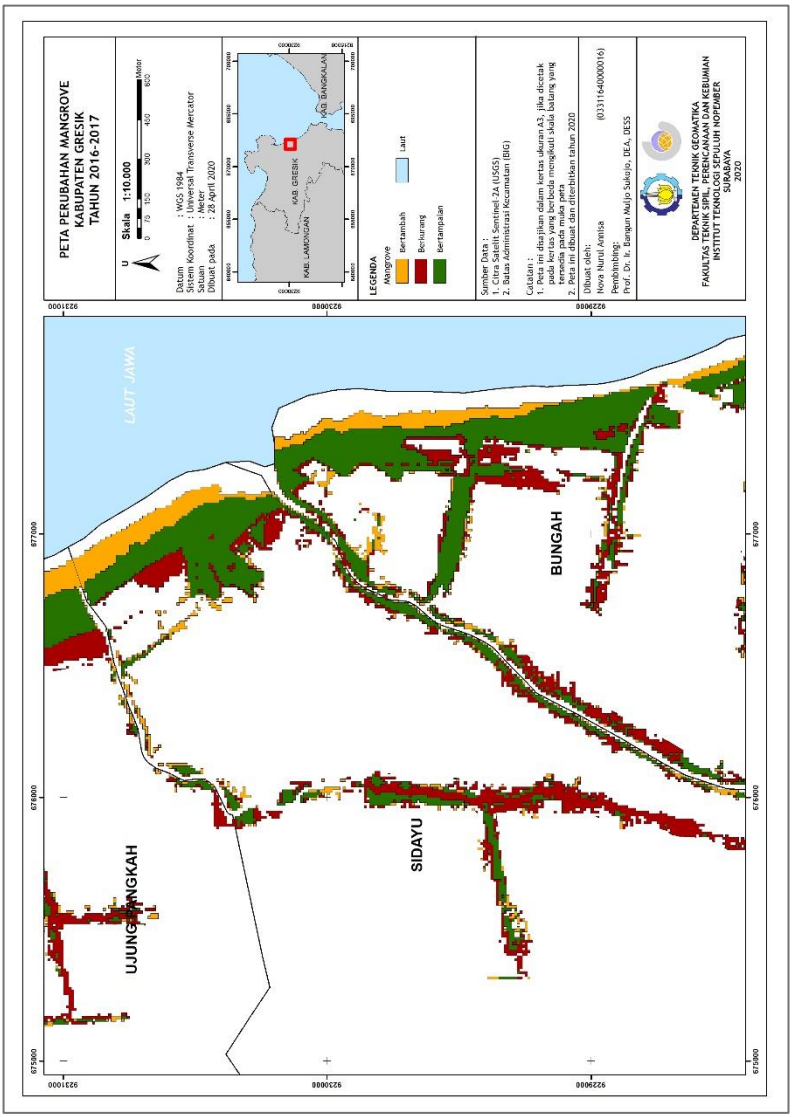
Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Manyar Tahun 2017-2018



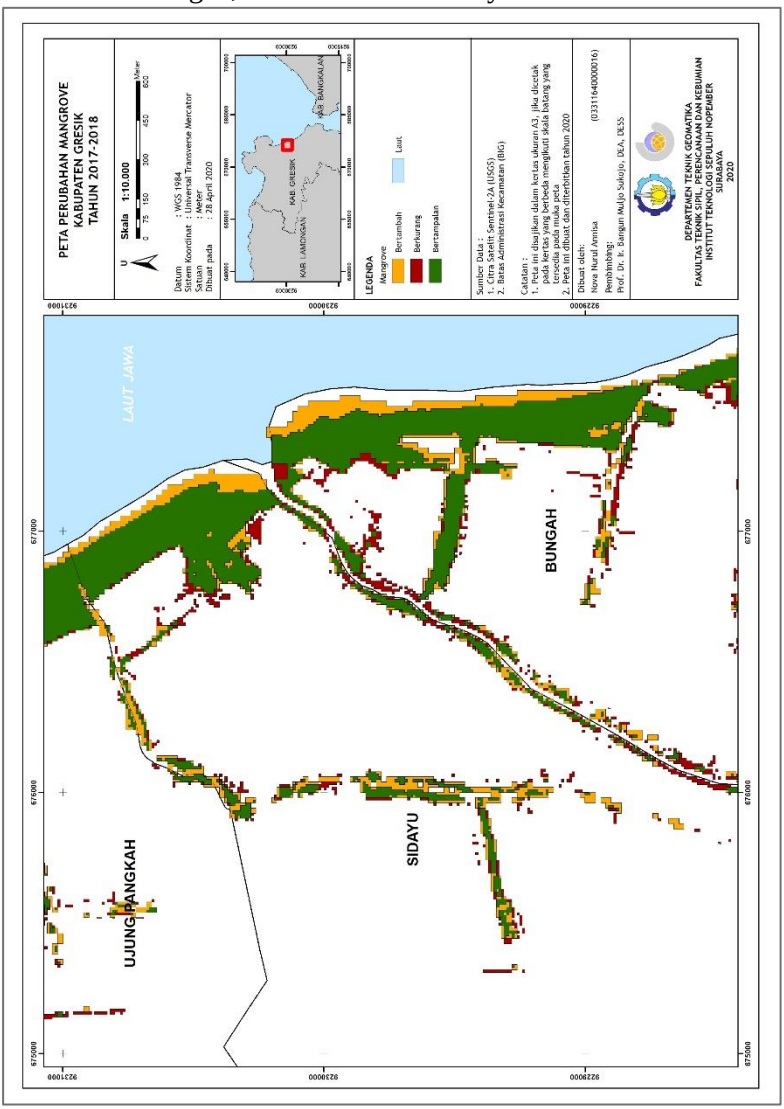
Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Manyar Tahun 2018-2019



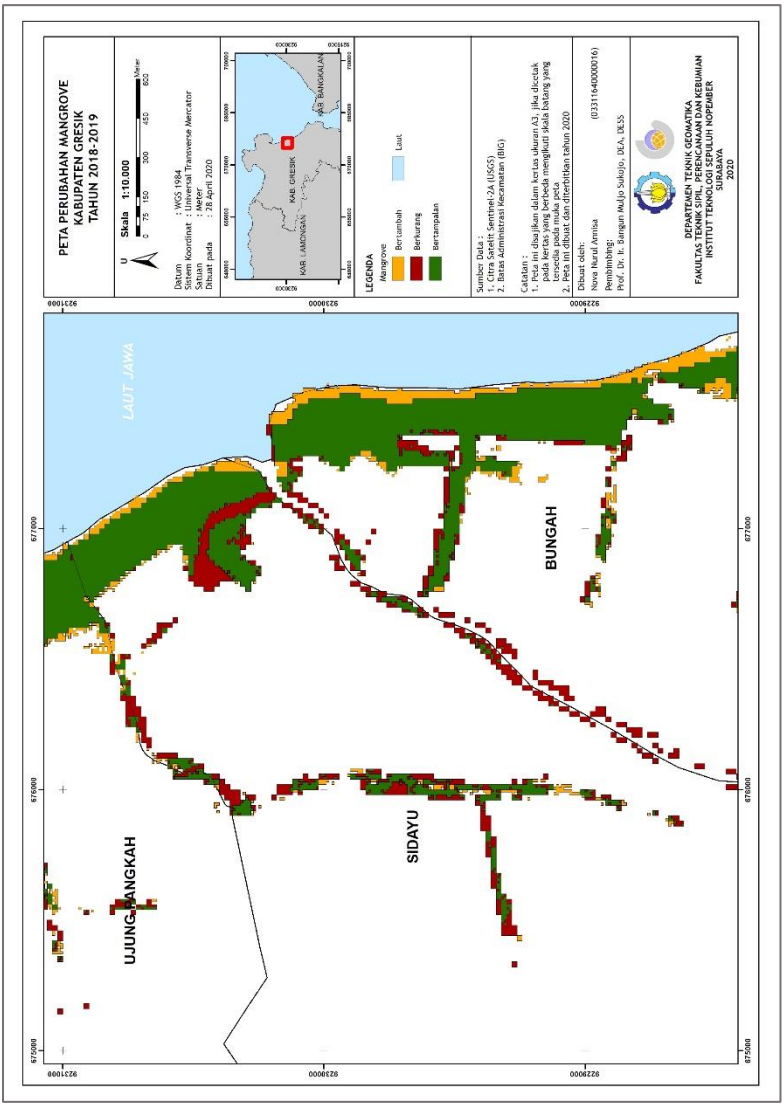
Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Ujung Pangkah, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Sidayu Tahun 2016-2017



Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Ujung Pangkah, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Sidayu Tahun 2017-2018



Peta Perubahan Mangrove Kecamatan Ujung Pangkah, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Sidayu Tahun 2018-2019



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Surabaya, 25 November 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dahlia, SD Negeri Jagir I/393, SMP Negeri 39, dan SMA Negeri 16, Kota Surabaya. Setelah lulus dari sekolah menegah atas memilih melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program SNMPTN dan diterima di Teknik Geomatika – Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016 (pada waktu itu Teknik Geomatika berada di bawah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan) terdaftar dengan NRP 03311640000016. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti organisasi di Himpunan Mahasiswa Geomatika ITS (HIMAGE-ITS) sebagai Bendahara II (periode tahun 2017/2018) dan Bendahara I (periode tahun 2019). Selain itu penulis juga aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan baik dalam lingkup departemen, fakultas, maupun institut salah satunya yaitu menjadi Bendahara – Musyawarah Besar V KM ITS 2018 dan Pemandu Integralistik – Gerigi ITS 2018. Penulis pernah mengikuti magang kerja di Badan Pertanahan Nasional Kota Madiun pada tahun 2018 dan kerja praktik di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN pada tahun 2019.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"