TUGAS AKHIR – RM 184831

DELINEASI GARIS PANTAI *HIGH WATER LEVEL* (HWL) DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SPOT-7 (Studi Kasus: Garis Pantai Kota Surabaya)

YUDHAN FAISHAL AHMAD
03311640000066

Dosen Pembimbing
Khomsin, S.T., M.T.
M. Rohmaneo Darminto, S.T., M.Sc.

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

TUGAS AKHIR – RM 184831

DELINEASI GARIS PANTAI *HIGH WATER LEVEL* (HWL) DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SPOT-7 (Studi Kasus: Garis Pantai Kota Surabaya)

YUDHAN FAISHAL AHMAD
03311640000066

Dosen Pembimbing
Khomsin, S.T., M.T.
Mohammad Rohmaneo Darminto, S.T., M.Sc.

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

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

UNDERGRADUATE THESIS - RM 184831

DELINEATION OF HIGH WATER LEVEL (HWL) SHORELINE USING SPOT-7 SATELLITE IMAGERY (Study Case: Shoreline of Surabaya City)

YUDHAN FAISHAL AHMAD
03311640000066

Supervisor
Khomsin, S.T., M.T.
Mohammad Rohmaneo Darminto, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DELINEASI GARIS PANTAI *HIGH WATER LEVEL* (HWL) DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SPOT-7
(Studi Kasus: Garis Pantai Kota Surabaya)

Nama mahasiswa	**: Yudhan Faishal Ahmad**
NRP	**: 03311640000066**
Departemen	**: Teknik Geomatika FTSPK-ITS**
Pembimbing	**: Khomsin, S.T., M.T.**
	M. Rohmaneo Darminto, S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Kota Surabaya merupakan salah satu kota pesisir dimana ciri-ciri wilayahnya masih dipengaruhi oleh proses-proses alamiah seperti aliran air sungai, *run off*, aliran air tanah, pencemaran serta sedimentasi yang menyebabkan perubahan garis pantai secara dinamis. Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 batas antara wilayah darat dan laut berada pada garis pantai pada saat pasang tertinggi (*High Water Level*). Dalam penentuan garis pantai *High Water Level* menggunakan pemetaan terestris di Kota Surabaya akan memakan waktu yang banyak dan sumber daya yang tidak sedikit. Penelitian ini memanfaatkan citra satelit resolusi tinggi sebagai alternatif untuk penentuan garis pantai *High Water Level* Kota Surabaya.

Diasumsikan bahwa *High Water Level* tidak akan melampaui sisi terluar dari tambak, tanggul, serta pelabuhan dikarenakan objek tersebut akan selalu lebih tinggi dibandingkan air pasang. Maka dari itu garis pantai *High Water Level* dapat diinterpretasikan. Untuk melengkapi delineasi garis pantainya, maka dilakukan interpretasi dari hasil algoritma *Normalized Difference Water Index* karena dapat membedakan wilayah daratan dan perairan. Selama tahun 2015-2019 didapatkan garis pantai HWL paling panjang pada tahun 2015 dengan panjang

65.884 km dan paling pendek pada tahun 2016 dengan panjang 65,008 km. kemudian dihasilkan luas perubahan garis pantai *High Water Level* terbesar terjadi pada Kecamatan Semampir dengan pertambahan luas mencapai 219803,80 m^2, emudian perubahan luas terbesar kedua terdapat pada Kecamatan Benowo dengan pertambahan luas mencapai 69063,41 m^2, sedangkan untuk pertambahan luas terkecil terdapat pada Kecamatan Krembangan dengan perubahan luasnya selama 5 tahun hanya mencapai 348,20 m^2. Kemudian ada kecamatan yang tidak mengalami perubahan luas sama sekali yaitu Kecamatan Mulyorejo, Rungkut, dan Gununganyar. Pengurangan luas terjadi hanya pada Kecamatan Sukolilo dengan pengurangan luas sebesar -5303,87 m^2.

Kata Kunci—Surabaya, Citra satelit, garis pantai, High Water Level, interpretasi, NDWI.

DELINEATION OF HIGH WATER LEVEL (HWL) SHORELINE USING SPOT-7 SATELLITE IMAGERY
(Study Case: Shoreline of Surabaya City)

Name	**: Yudhan Faishal Ahmad**
NRP	**: 03311640000066**
Department	**: Teknik Geomatika FTSPK-ITS**
Supervisor	**: Khomsin, S.T., M.T.**
	M. Rohmaneo Darminto, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

The city of Surabaya is one of the coastal cities where the characteristics of the area are still influenced by natural processes such as river flow, runoff, groundwater, pollution, and sedimentation, which causes changes in the shoreline dynamically. According to the Regional Regulation of the City of Surabaya Number 12 of 2014, the boundary between land and sea areas is on the coastline at the time of the highest tide (High Water Level). In determining the High Water Level coastline using terrestrial mapping will take much time and resources. This study utilizes high-resolution satellite imagery as an alternative for determining the Surabaya City High Water Level coastline.

It is assumed that the High Water Level will not go beyond the outer side of the pond, embankment, and harbor because these objects will always be higher than the tide. Therefore, the High Water Level coastline can be interpreted directly to digitize the objects. An interpretation is made from the results of the Normalized Difference Water Index algorithm because it can distinguish land and water areas. During 2015-2019, the longest and shortest HWL coastline was in 2015 (65,884 km) and 2016 (65,008 km). Then the resulting area of the most significant change in the High Water Level coastline

occurred in Semampir District with an increase in area by 219803.80 m^2, then the second most significant change in area was in Benowo District with an area increase by 69063.41 m^2, while for the smallest increase in area was Krembangan District with a change in area for five years only reaching 348.20 m^2. Some districts have not changed at all; it is District Mulyorejo, Rungkut, and Gununganyar. The reduction in the area only occurred in Sukolilo District, with an area reduction of -5303.87 m^2.

Keywords — Surabaya, satellite imagery, coastline, High Water Level, interpretation, NDWI.

LEMBAR PENGSAHAN

DELINEASI GARIS PANTAI *HIGH WATER LEVEL* DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SPOT-7 (Studi Kasus: Garis Pantai Kota Surabaya)

TUGAS AKHIR

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

Oleh:
YUDHAN FAISHAL AHMAD
03311640000066

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Khomsin, S.T., M.T. (……)
NIP. 19750705 200012 1 001

M. Rohmaneo Darminto, S.T., M.Sc ( )
NPP. 1990201911078

SURABAYA, AGUSTUS 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "**DELINEASI GARIS PANTAI *HIGH WATER LEVEL* DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SPOT-7 (Studi Kasus: Garis Pantai Kota Surabaya)"** dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat terselesaikan laporan tugas akhir ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis beserta keluarga yang telah memberikan do'a, dukungan, motivasi serta kasih sayang kepada penulis untuk kelancaran mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS
3. Bapak Khomsin S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I, atas segala bimbingan dan sarannya.
4. Bapak M. Rohmaneo Darminto S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II, atas segala bimbingan dan sarannya
5. Seluruh bapak-ibu dosen pengajar dan karyawan Teknik Geomatika yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan
6. Teman-teman G18, mahasiswa Teknik Geomatika 2016 yang telah banyak membantu dan menemani selama menempuh kuliah di Teknik Geomatika ITS
7. Cindy Rizky Annisa yang tidak pernah berhenti untuk mendorong penulis menyelesaikan Tugas Akhir.

8. Semua pihak yang telah membantu penulis, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Surabaya, 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
LEMBAR PENGSAHAN ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Tugas Akhir 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penginderaan Jauh 5
2.2 Digitasi 6
2.3 SPOT-7 6
2.4 Koreksi Geometrik Citra 8
2.5 *Ground Control Point* (*GCP*) 9
2.6 *Normalized Difference Water Index* (*NDWI*) 10
2.7 Pasang Surut 11

2.8 *Chart Datum* 12
2.9 Sistem Tinggi 13
2.10 Penelitian Terdahulu 14
BAB III METODOLOGI 17
3.1 Lokasi Tugas Akhir 17
3.2 Data dan Peralatan 17
3.3 Metodologi Penelitian 18
BAB IV HASIL DAN ANALISIS 25
4.1. Hasil Image-to-Image Registration Setiap Tahun 25
4.2. Hasil *Normalized Difference Water Index* 29
4.3. Hasil Delineasi Garis Pantai HWL. 38
4.4. Luas Perubahan Garis Pantai *High Water Level* Kota Surabaya Tahun 2015-2019. 43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 49
5.1 Kesimpulan 49
5.2 Saran 50
DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN 53
BIODATA PENULIS 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Satelit SPOT-7 7
Gambar 2. 2 Sistem tinggi 13
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian 17
Gambar 3. 2 Metodologi Penelitian 19
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data 21
Gambar 4. 1 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2015 36
Gambar 4. 2 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2016 36
Gambar 4. 3 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2017 37
Gambar 4. 4 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2018 37
Gambar 4. 5 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2019 38
Gambar 4. 6 Perbandingan Interpretasi Langsung Dengan Interpretasi Menggunakan NDWI 39
Gambar 4. 7 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Benowo Tahun 2015-2019 40
Gambar 4. 8 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Asemrowo Tahun 2015-2019 40
Gambar 4. 9 Garis Pantai High Water Level Kecamatan Krembangan, Pabeancantikan, dan Semampir Tahun 2015-2019 41
Gambar 4. 10 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Kenjeran Tahun 2015-2019 41
Gambar 4. 11 Garis Pantai High Water Level Kecamatan Mulyorejo Tahun 2015-2019 42
Gambar 4. 12 Garis Pantai High Water Level Kecamatan Sukolilo Tahun 2015-2019 42
Gambar 4. 13 Garis Pantai High Water Level Kecamatan Rungkut dan Gununganyar Tahun 2015-2019 43
Gambar 4. 14 Perbandingan Kecamatan Semampir Tahun 2015 dengan Tahun 2019 44
Gambar 4. 15 Perbandingan Kecamatan Benowo Tahun 2015 dengan Tahun 2019 45

Gambar 4. 16 Perubahan Garis Pantai HWL Kecamatan Krembangan 46
Gambar 4. 17 Perubahan Garis Pantai HWL Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gununganyar 47
Gambar 4. 18 Perubahan Garis Pantai HWL Kecamatan Sukolilo 47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi SPOT-7 8
Tabel 4. 1 Koordinat GCP Diperoleh Dari Citra SPOT Tahun 2015.....25
Tabel 4. 2 Perhitungan RMSE *Image-to-Image Registration* Tahun 2016 Terhadap Citra Tahun 2015.....26
Tabel 4. 3 Perhitungan RMSE *Image-to-Image Registration* Tahun 2017 Terhadap Citra Tahun 2015.....27
Tabel 4. 4 Perhitungan RMSE *Image-to-Image Registration* Tahun 2018 Terhadap Citra Tahun 2015.....27
Tabel 4. 5 Perhitungan RMSE *Image-to-Image Registration* Tahun 2019 Terhadap Citra Tahun 2015.....28
Tabel 4. 6 Koordinat ICP dari Citra 2015 29
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan RMS Error ICP Tahun 2016 Terhadap Citra Tahun 2015.....30
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan RMS Error ICP Tahun 2017 Terhadap Citra Tahun 2015.....31
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan RMS Error ICP Tahun 2018 Terhadap Citra Tahun 2015.....33
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan RMS Error ICP Tahun 2019.....34
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan RMS Error ICP 35
Tabel 4. 12 Hasil Delineasi Garis Pantai HWL Kota Surabaya ..39
Tabel 4. 13 Luas Perubahan Garis Pantai HWL Tahun 2015-2019.....43

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan salah satu kota pesisir yang wilayahnya merupakan daratan rendah dengan ketinggian 3-6 meter diatas permukaan air laut, kecuali di sebelah selatan ketinggiannya bisa mencapai 25-50 meter diatas permukaan air laut. Menurut Kota Surabaya Dalam Angka tahun 2018, kota ini memiliki luas wilayah sebesar 326,81 km^2 yang terbagi dalam 31 kecamatan dan 154 kelurahan, dan dengan panjang garis pantai sebesar 47,4 km, Kota Surabaya memiliki potensi yang besar pada bidang kelautan, baik pada sumber daya kelautan, pariwisata, hingga transportasi.

Pesisir merupakan wilayah yang sangat dinamis serta kaya akan sumberdaya hayati dan non hayati. Kawasan pesisir ialah daerah pertemuan antara darat dan laut (Dahuri, dkk 1996), dengan batas ke arah darat meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air yang masih mendapat pengaruh sifat-sifat laut seperti angin laut, pasang surut, perembesan air laut (intrusi) yang dicirikan oleh vegetasinya yang khas, sedangkan batas kawasan pesisir ke arah laut mencakup bagian atau batas terluar dari daerah paparan benua (*continental shelf*), dimana ciri-ciri perairan ini masih dipengaruhi oleh proses-proses alamiah di darat seperti aliran air sungai, *run off*, aliran air tanah dan lain-lain atau dampak kegiatan manusia di darat seperti pencemaran dan sedimentasi (Khakhim 2003).

Garis pantai merupakan batas antara air laut dan daratan. Garis ini berubah sesuai dengan kondisi pasang surut air laut. Garis ini selalu berubah-ubah, baik perubahan sementara, maupun permanen dalam jangka waktu tertentu akibat adanya abrasi dan akresi (Winarso, dkk 2009). Fenomena tersebut

dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gelombang, arus laut, pasang surut dan lain-lain. Informasi mengenai garis pantai merupakan hal yang penting untuk keperluan *monitoring* kawasan pantai (Alesheikh 2007). Selain itu, informasi garis pantai juga dapat digunakan untuk rencana pengelolaan kawasan pesisir, mitigasi bencana, studi abrasi-akresi, dan sebagainya.

Kedudukan garis pantai dilambangkan dengan *chart datum* yang digunakan sebagai referensi vertikal dalam pembuatan peta. Ada banyak jenis *chart datum*, tiga diantaranya adalah garis pantai pada saat pasang tinggi (*High Water Level*), garis pantai pada saat air rata-rata (*Mean Sea Level*), maupun garis pantai pada saat air rendah (*Low Water Level*). Menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 batas antara wilayah darat dan laut berada pada garis pantai pada saat pasang tertinggi (*High Water Level*). *High Water Level* adalah level tertinggi yang dicapai oleh permukaan air pada suatu tempat dalam satu siklus pasang surut (Poerbandono dan Djunasjah 2005). Untuk menentukan garis pantai *High Water Level* di Kota Surabaya menggunakan pemetaan terestris akan memakan waktu yang banyak dan sumber daya yang tidak sedikit. Diharapkan penelitian ini menjadi alternatif penentuan garis pantai *High Water Level* yang lebih efisien dan hemat sumber daya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Bagaimana penentuan garis pantai *High Water Level* Kota Surabaya dari citra satelit SPOT-7?
b. Bagaimana perubahan garis pantai Kota Surabaya dari tahun 2015-2019?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Lokasi penelitian berada di sepanjang garis pantai Kota Surabaya
b. Penelitian berikut menggunakan citra satelit SPOT-7 Kota Surabaya tahun 2015-2019

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Menentukan garis pantai *High Water Level* Kota Surabaya menggunakan citra satelit SPOT-7
b. Menentukan perubahan garis pantai *High Water Level* Kota Surabaya dari tahun 2015-2019

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Mendayagunakan citra satelit SPOT-7 sebagai alternatif delineasi garis pantai *High Water Level*
b. Mendukung kegiatan *maintenance* yang ada di pesisir Kota Surabaya
c. Menjadi acuan dalam perencanaan pembangunan bangunan pantai

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh berasal dari dua kata dasar yaitu indera berarti melihat dan jauh berarti dari jarak jauh. Jadi berdasarkan asal katanya, penginderaan jauh berarti melihat obyek dari jauh. Lillesand dan Kiefer (1990) mendefinisikan penginderaan jauh sebagai ilmu, seni, dan teknik untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji.

Obyek, daerah, atau gejala yang dikaji dalam defnisi tersebut dapat berada di permukaan bumi, di atmosfer, atau planet di luar angkasa. Obyek di permukaan bumi akan disadap informasinya menggunakan alat yang disebut sensor. Sensor tersebut dipasang di sebuah wahana yang berada di angkasa, seperti balon udara, pesawat terbang, satelit, atau wahana lainnya. Sensor yang digunakan bisa berupa kamera, scanner, magnetometer, maupun radiometer. Sensor tersebut menerima/merekam sinyal dari tenaga pantulan obyek yang diukurnya, berupa tenaga gelombang elektromagnetik, yakni tenaga elektrisitas dan magnetisme yang bergerak dengan kecepatan sinar ($3x10^9$m/detik), pada frekuensi dan panjang gelombang yang sangat bervariasi. Semakin tinggi frekuensi gelombang sinar tersebut maka semakin tinggi pula tenaganya. Hasil pemotretannya disebut sebagai data inderaja yang dapat berwujud foto udara, citra satelit, citra radar, dan lainnya.

2.2 Digitasi

Digitasi merupakan sebuah proses konversi dari peta analog menjadi peta digital dengan mempergunakan berbagai macam perangkat, dapat berupa meja digitasi maupun komputer. Cara kerjanya adalah dengan mengkonversi fitur-fitur spasial yang ada pada peta menjadi kumpulan koordinat x,dan y (Puntodewo, dkk 2003). Untuk menghasilkan data yang akurat, dibutuhkan sumber peta analog dengan kualitas tinggi. Dan untuk proses digitasi, diperlukan ketelitian dan konsentrasi tinggi dari operator.

Sebelum melakukan digitasi pada komputer, sangat dianjurkan untuk melaksanakan persiapan sebelumnya. Persiapan tersebut akan sangat membantu pada waktu pelaksanaan digitasi dengan menggunakan meja digitasi. Langkah pertama yaitu pastikan dalam proses digitasi menggunakan peta dasar yang baik. Ketelitian hasil digitasi anda ditentukan oleh sumber data yang ada. Sedapat mungkin, gunakan peta yang paling baik dan paling mutakhir. Kemudian, Tentukan prosedur yang akan dijalankan untuk menjaga konsistensi dalam pelaksanaan digitasi. Tetapkan suatu urut-urutan prosedur standar untuk memastikan tata cara pemasukan data yang konsisten.

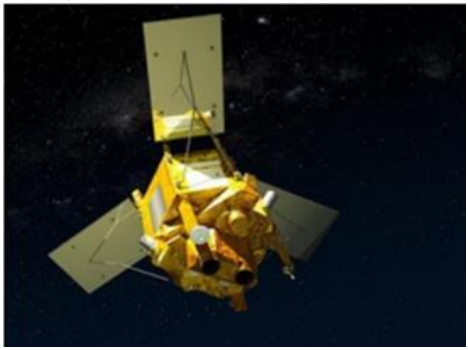
2.3 SPOT-7

Pada awal tahun 1978 pemerintah Perancis memutuskan untuk mengambil alih perkembangan dari *Systeme Pour l'Observation de la Terre,* atau yang disebut dengan SPOT program. Tidak lama setelah itu Swedia dan Belgia setuju untuk ikut berpartisipasi pada program SPOT tersebut yang memiliki tujuan untuk merilis satelit observasi bumi pertama. (Lillesand dan Kiefer 1990)

Dibentuk dan didesain oleh *Centre National d'Etudes Spatiales* yang merupakan badan ruang angkasa milik

Perancis, SPOT telah berkembang menjadi sebuah proyek internasional skala besar dengan stasiun receiver dan kantor distribusi data yang tersebar pada lebih dari 20 negara. Satelit pertama SPOT-1 diluncurkan dari *Kourou Launch Range* di Guyana Perancis pada 21 Februari 1986. Satelit ini memulai era baru pada penginderaan jauh dengan segala teknologi yang dimilikinya pada era tersebut.

Satelit SPOT-7 diluncurkan pada tanggal 30 Juni 2014 dengan tujuan menyediakan citra satelit resolusi tinggi dan dengan sapuan yang luas secara kontinyu hingga tahun 2023. Satelit SPOT-7 beroperasi pada konstelasi satelit yang sama dengan satelit Pleiades, dimana konstelasi satelit tersebut menawarkan kombinasi ideal dari detail dan jangkauan, dengan dua kali memutari bumi dalam sehari. Kali ini *Airbus Defence and Space* membiayai satelit SPOT-7 dan menjadi pemilik dari data dan sistem dari satelit SPOT-7 tersebut (Digitalglobe 2015).



Gambar 2. 1 Satelit SPOT-7
(Digitalglobe 2015)

Tabel 2. 1 Spesifikasi SPOT-7
(Digitalglobe 2015)

Spesifikasi SPOT-7	Keterangan
Sistem Optis	Satu instrument terbuat dari 2 teleskop Korsch yang identik, masing masing dengan aperture 200mm.
Kanal Spektral	Pankromatik : 0,450-0,745µm Biru : 0,450-0,520µm Hijau : 0,530-0,590µm Merah : 0,625-0,695µm NIR : 0,760-0,890µm 5 kanal tersebut diakuisisi secara simultan
Resolusi Spasial	Pankromatik 1,5 m GSD pada nadir Multispektral 6 m GSD pada nadir
Lebar Sapuan	60 km pada nadir
Jangkauan dinamis saat akuisisi	12 bits per pixel
Spesifikasi akurasi lokasi	● 35m CE 90 tanpa GCP dengan sudut perekaman 30° ● 10m CE90 dengan Reference3D
Kecepatan telemetri instrumen	X-band channel - 300 Mbits/s
Masa Aktif Satelit	±10 tahun
Waktu Pengulangan	1-3 hari
Ketinggian Orbit	694 km

2.4 Koreksi Geometrik Citra

Koreksi geometrik bertujuan untuk memperbaiki kesalahan posisi obyek-obyek yang terekam pada citra karena adanya distorsi-distorsi yang bersifat geometrik. Penyebab distorsi geometrik meliputi terjadinya rotasi pada waktu perekaman, pengaruh kelengkungan bumi, efek panoramik (sudut pandang), pengaruh topografi, dan

pengaruh gravitasi bumi yang menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan dan ketinggian satelit dan ketidakstabilan ketinggian platform (Lillesand dan Kiefer, 1990).

Prosedur yang diterapkan pada koreksi geometrik biasanya memperlakukan distorsi ke dalam dua kelompok, yaitu distorsi yang dipandang sistematik atau dapat diperkirakan sebelumnya dan distorsi yang pada dasarnya dipandang acak atau tidak dapat diperkirakan sebelumnya (Lillesand dan Kiefer, 1990). Distorsi acak dan sistematik yang rumit dikoreksi dengan menggunakan Ground Control Point (GCP). Metode ini memerlukan ketersediaan peta yang teliti sesuai dengan daerah liputan citra dan titik ikat medan yang dapat dikenali pada citra.

2.5 ***Ground Control Point* (*GCP*)**

Ground Control Point (*GCP*) atau titik kontrol tanah adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra. Tingkat akurasi GCP sangat bergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan (Hasyim 2009). Lokasi ideal saat pengambilan GCP adalah perempatan jalan, sudut jalan, perpotongan jalan pedestrian, kawasan yang memiliki warna mencolok, persimpangan rel dengan jalan dan benda/ monumen/ bangunan yang mudah diidentifikasi atau dikenal. Perlu dihindari pohon, bangunan, dan tiang listrik selain sulit diidentifikasi, karena kesamaannya yang tinggi (Hasyim 2009).

Titik kontrol tanah yang dibutuhkan dalam proses rektifikasi ini dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu:

a. *Image to map*, dimana titik kontrol tanah diperoleh dari peta yang mempunyai liputan yang sama dengan citra yang akan dikoreksi.

b. *Image to image*, dimana titik kontrol tanah diperoleh citra lain yang terkoreksi dan mempunyai daerah liputan yang sama.
c. *Image to GPS*, dimana titik kontrol tanah diperoleh dari pengukuran GPS langsung di lapangan.

Syarat penentuan sebaran *Ground Control Point* (GCP) atau titik kontrol tanah adalah sebagai berikut:

a. Pada sisi perimeter area citra.
b. Pada tengah area/scene
c. Pada wilayah perbatasan/overlap scene citra.
d. Tersebar secara merata dalam area citra.
e. Menyesuaikan kondisi lapangan.

2.6 ***Normalized Difference Water Index* (*NDWI*)**

Normalized Difference Water Index (*NDWI*) (Gao 1996) merupakan sebuah indeks untuk menentukan nilai kebasahan suatu objek permukaan bumi yang diamati. *Normalized Difference Water Index* (NDWI) pada penelitian berikut digunakan untuk mempertajam informasi tubuh air. *Normalized Difference Water Index* (NDWI) pada penelitian ini juga digunakan untuk membedakan wilayah daratan dan perairan. Algoritma Normalized *Difference Water Index* (NDWI) melibatkan band hijau dan band *Near-Infrared*. Band hijau dapat mengoptimalkan pantulan tubuh air sedangkan band *Near Infrared* dapat meminimalkan pantulan tubuh air. Berdasarkan hal tersebut maka serapan tubuh air pada band NIR sangat kuat sedangkan pada band hijau nilai pantulan lebih kuat. Nilai NDWI lebih besar dari nol maka diasumsikan mewakili permukaan badan air dan jika nilainya lebih kecil atau sama dengan nol maka diasumsikan sebagai permukaan bukan air (McFeeters 2013). Rumus yang digunakan untuk mendapatkan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) adalah sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (1)$$

Keterangan:
NDWI : *Normalized Difference Water Index*
Green : Kanal hijau pada citra satelit
NIR : Kanal *near-infrared* pada citra satelit

2.7 Pasang Surut

Pasang surut (pasut) merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yaitu suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan berulang-ulang) dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi antara bumi dengan bulan dan matahari (Surinati 2007). Pengetahuan mengenai pasang surut merupakan hal yang penting dalam penentuan perencanaan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dan dermaga ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran ditentukan oleh elevasi muka air surut.

Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal, yakni dorongan ke arah luar pusat rotasi. Hukum gravitasi Newton menyatakan, bahwa semua massa benda tarik menarik satu sama lain dan gaya ini tergantung pada besar massanya, serta jarak di antara massa tersebut. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa, tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Sejalan dengan hukum di atas, dapat dipahami bahwa meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari tetapi jarak bulan ke bumi jauh lebih kecil, sehingga gaya tarik bulan terhadap bumi pengaruhnya lebih besar dibanding matahari

terhadap bumi (Wardiyatmoko dan Bintarto 1994 dalam (Surinati 2007)).

Periode pasang-surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Lama waktu 1 periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit.

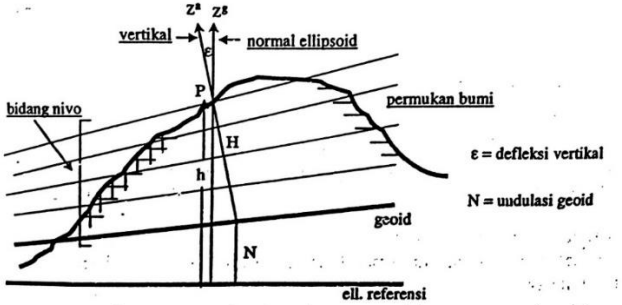
2.8 ***Chart Datum***

Chart datum digunakan pada peta laut untuk mereferensikan kedalaman air. Perlu diketahui bersama bahwa *chart datum* mengalami perubahan setiap saat, maka dari itu diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut sebagai pedoman dalam sebuah perencanaan. Beberapa definisi *chart datum* tersebut adalah sebagai berikut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005):

1. *High Water Level* (*HWL*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. *Low Water Level* (*LWL*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. *Mean High Water Level* (*MHWL*) adalah rerata data air tinggi selama periode 19 tahun.
4. *Mean Low Water Level* (*MLWL*) adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. *Mean Sea Level* (*MSL*) adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. *Highest High Water Level* (*HHWL*) adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. *Lowest Low Water Level* (*LLWL*) adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

2.9 Sistem Tinggi

Secara umum, sistem tinggi dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu: sistem tinggi geometris dan sistem tinggi fisis. Sistem tinggi geometris adalah sistem tinggi yang pengukurannya dilakukan terhadap bidang acuan matematis atau geomatris tanpa memperhitungkan aspek fisik. Salah satu jenis pengukuran tinggi dengan sistem tinggi geometris adalah tinggi geodetik yang diperoleh dari pengukuran *GNSS* atau *GPS*.



Gambar 2. 2 Sistem tinggi
(Kahar dan Purwoharjo 2008)

Adapun sistem tinggi fisis adalah sistem tinggi yang pengukurannya terhadap bidang acuan fisis, misalnya pengukuran barometris dan tinggi orthometrik. Sistem tinggi fisis dibagi menjadi tiga, yaitu sistem tinggi dinamik, sistem tinggi orthometrik, dan sistem tinggi normal. Sistem tinggi dinamik adalah tinggi yang dihitung dari perbandingan geopetensial suatu titik terhadap gaya berat normal yang digunakan. Titik-titik yang memiliki geopetensial yang sama memiliki tinggi dinamis yang sama, karena besarnya gaya berat normal akan berlaku di setiap tempat pengukuran (Hofmann-Wellenhof dan Moritz 2005). Sistem tinggi orthometrik adalah tinggi yang diukur di sepanjang garis unting-unting dari titik di permukaan bumi sampai ke geoid (Hofmann-Wellenhof dan Moritz

2005). Sistem tinggi normal ditemukan oleh Molodenski pada tahun 1954, dan sifatnya sangat teoritis sehingga tidak pernah dipakai untuk keperluan praktis. Sistem tinggi normal menggunakan bidang telluroid dan quasi geoid dalam mempresentasikan ketinggian.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Winarso, dkk (2009) membahas mengenai Kajian Penggunaan Data Inderaja Untuk Pemetaan Garis Pantai. Lokasi penelitian adalah di pantai sepanjang Teluk Jakarta, mulai dari pantai sebelah barat yang masuk dalam wilayah Kabupaten Tangerang sampai sebelah timur yang masuk dalam wilayah Kabupaten Bekasi. Pada penelitian ini menggunakan data Landsat 7 dengan sensor ETM+ path row 122/64 yang diakuisisi pada 20 November Tahun 2002. Sebagai peta dasar yang digunakan adalah Peta Laut dan Navigasi Skala 1:50.000 daerah Jakarta dan sekitarnya. Juga digunakan Peta Rupa Bumi Indonesia dalam mengikat titik-titik referensi jika kenampakan objek dalam Peta Laut dan Navigasi tidak kelihatan karena focus objeknya adalah wilayah pantai. Data lain yang mendukung penelitian ini adalah data sekunder berupa data ramalan pasang surut dari Dinas Hidrooseanografi.

Penetapan garis pantai yang digunakan dalam penelitian adalah interpretasi visual dari kenampakan objek dari komposit 543 (RGB) karena batas tegas antara air laut dan daratan yang ada dapat dilukiskan (Winarso, dkk 2001 dalam (Winarso, dkk 2009)). Metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang lama ketika mendijitasi di atas layar (on screen) untuk analisa data yang banyak karena garis pantai yang panjang. Dalam penelitian ini, panjang garis pantai yang dibuat relatif tidak panjang dan hanya menggunakan citra komposit 543 (RGB), sehingga keterbatasan metode ini bisa diatasi. Lebih lanjut, komposit 543 (RGB) ini sudah mengikutsertakan band-

band dengan nilai korelasi yang rendah antar bandnya dan mengandung informasi yang lebih tinggi dari komposit lainnya (Winarso, dkk 2009).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODOLOGI

3.1 Lokasi Tugas Akhir

Lokasi penelitian untuk Tugas Akhir ini adalah pada pesisir sepanjang Kota Surabaya, mulai dari sisi utara yang berbatasan dengan Kota Gresik hingga sisi timur yang berbatasan dengan Kota Sidoarjo. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada 112˚39`- 112˚50` Bujur Timur dan 7˚11`- 7˚20` Lintang Selatan.

Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

Untuk menunjang penelitian yang akan dilaksanakan, peneliti menggunakan data dan peralatan sebagai berikut.

3.2.1 Data

Pada penelitian ini, dibutuhkan beberapa data untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

a. Data citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 25 Oktober 2015.
b. Citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 03 Oktober 2016.
c. Citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 01 Desember 2016.
d. Citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 18 Juli 2017.
e. Citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 29 April 2018.
f. Citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 16 Agustus 2018.
g. Citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 25 September 2019.
h. Citra satelit SPOT Kota Surabaya akuisisi tanggal 30 September 2019.
i. Data batas administrasi Kota Surabaya

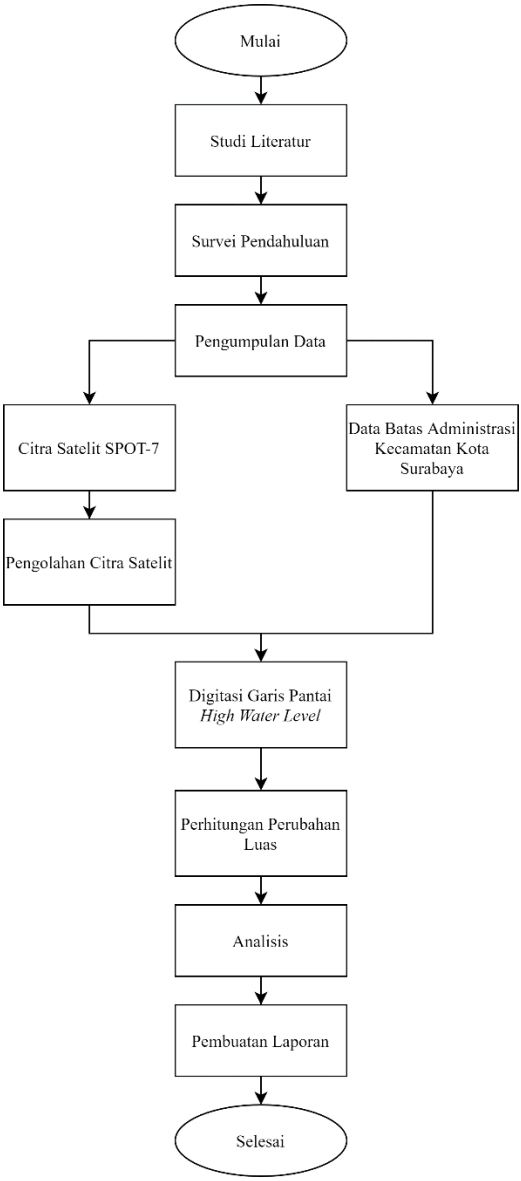
3.2.2 Peralatan

Ada beberapa peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, baik software maupun hardware adalah sebagai berikut:

a. Laptop
b. *Software* ENVI
c. *Software* ArcGis

3.3 Metodologi Penelitian

Pada bagian ini dibahas mengenai diagram alir metodologi penelitian yang akan dilaksanakan pada penelitian ini:



Gambar 3. 2 Metodologi Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahapan diatas:

1. Identifikasi Masalah

   Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal mengenai kasus yang akan diteliti, mulai dari perumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penentuan *High Water Level* melalui citra satelit.

2. Studi Literatur

   Studi literatur merupakan kegiatan mengumpulkan referensi yang akan menunjang langkah-langkah pengolahan dari tahap awal sampai akhir, meliputi metode pengumpulan data hingga proses analisis data hasil penelitian. Berdasarkan penelitian ini, studi literatur yang menjadi pokok bahasan utama yaitu penentuan garis pantai dengan referensi vertikal *High Water Level* melalui citra satelit.

3. Pengumpulan Data

   Pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan dataset yang diperlukan untuk melakukan penelitian, diantaranya yaitu data citra satelit SPOT-7, serta data batas administrasi.

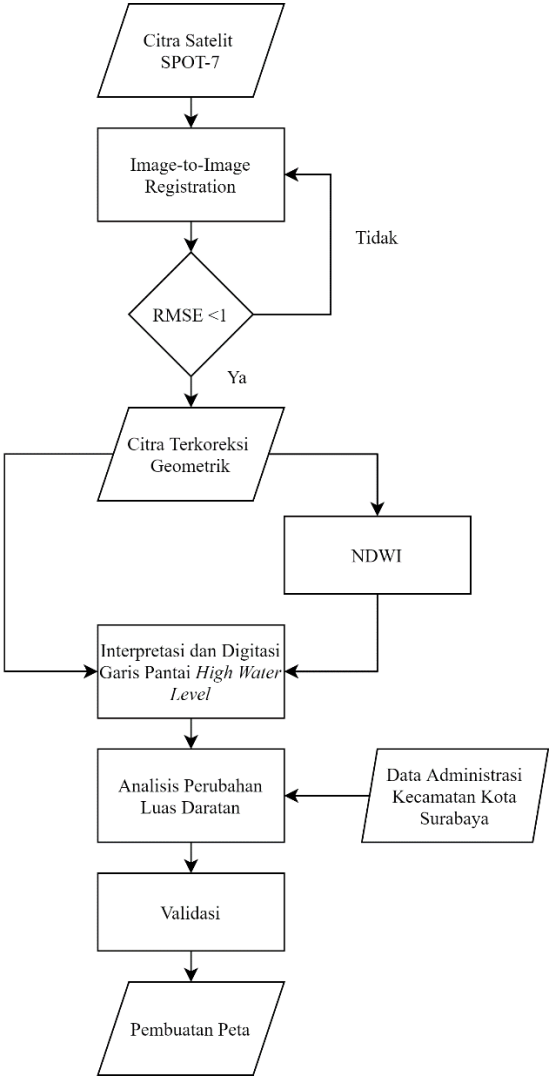
4. Pengolahan Data

   Pada tahap ini dilakukan pengolahan semua data yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir. Pengolahan yang dilakukan yaitu pengolahan data citra satelit, serta digitasi.

5. Tahap Akhir

   Setelah data-data penelitian selesai diolah, akan dilakukan tahap akhir yang meliputi analisa, hasil pengolahan data yang dilakukan dan pembuatan laporan akhir.

Tahap pengolahan data dalam penelitian ini ditunjukan dalam diagram alir berikut:



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut ini adalah penjelasan dari tahapan diagram alir pengolahan data di atas:

1. Citra Satelit SPOT-7

   Untuk meringankan beban perangkat keras dalam melakukan pengolahan, maka *scene* citra dipotong terlebih dahulu sesuai dengan besarnya lokasi penelitian. Kemudian citra satelit yang memiliki 2 atau lebih *scene* dalam satu tahun akuisisi dilakukan penggabungan atau mosaik citra.

2. *Image to Image Registration*

   Image to Image Registration adalah salah satu metode koreksi geometrik dengan cara mengintegrasikan atau memadukan piksel yang mewakili objek yang sama antara dua citra atau lebih. Hal ini dapat diperoleh melalui sejumlah titik ikat *(Ground Control Point).*

3. *Root Mean Square Error*

   Root Mean Square Error menguji besarnya selisih atau penyimpangan beberapa titik koordinat citra hasil koreksi geometrik terhadap titik kontrol tanah yang sudah tereferensi dengan sistem proyeksi tertentu (Furqon 2017). Besar penyimpangan pada penelitian berikut sebesar 1 piksel (Purwadhi 2001). *Root Mean Square Error* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}((x'_i - x_i)^2 + (y'_i - y_i)^2)}{n}} \qquad (2)$$

Keterangan:

(x', y') = Koordinat transformasi (piksel)

(x, y) = Koordinat titik kontrol (piksel)

n = Jumlah GCP

4. *Normalized Difference Water Index*

   Metode *Normalized Difference Water Index* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk membedakan wilayah daratan dan perairan. Algoritma *Normalized Difference Water Index* melibatkan band hijau dan band *Near-Infrared*. Band hijau dapat mengoptimalkan pantulan tubuh air sedangkan band *Near-Infrared* dapat meminimalkan pantulan tubuh air. Berdasarkan hal tersebut maka serapan tubuh air pada band *Near-Infrared* sangat kuat sedangkan pada band hijau nilai pantulan lebih kuat.

   Apabila nilai *Normalized Difference Water Index* lebih besar dari nol maka diasumsikan mewakili permukaan badan air dan jika nilainya lebih kecil atau sama dengan nol maka diasumsikan sebagai permukaan bukan air (McFeeters 2013). Maka dari itu garis pantai *High Water Level* ditentukan pada nilai *Normalized Difference Water Index* yang mendekati angka 0.

5. Interpretasi dan Digitasi Garis Pantai HWL

   Pada tahap digitasi dilakukan dengan menggunakan hasil interpretasi dari peneliti dalam proses penentuannya. Sebagian besar dari pesisir Kota Surabaya merupakan wilayah tambak. Diasumsikan bahwa *High Water Level* tidak akan melampaui sisi terluar tambak dikarenakan tambak akan selalu lebih tinggi dibandingkan air pasang. Maka dari itu High Water Level dapat diinterpretasikan. Hal ini juga berlaku pada bangunan pantai seperti pelabuhan. Metode ini akan sulit dilakukan pada daerah yang topografinya landai, untuk melengkapi kekurangan dari delineasi

High Water Level menggunakan interpretasi maka dilakukan delineasi garis pantai *High Water Level* dengan *Normalized Difference Water Index.*

6. Analisis Luas Perubahan Daratan

   Hasil digitasi garis pantai *High Water Level* pada setiap tahunnya digunakan sebagai dasar untuk mendapatkan nilai luas perubahan daratan. Garis pantai *High Water Level* yang lebih muda apabila berada di luar garis pantai *High Water Level* yang lebih tua menandakan adanya penambahan luas daratan, begitu pula sebaliknya. Luas perubahan daratan dihitung pada tiap kecamatan dengan menambahkan data batas administrasi kecamatan Kota Surabaya.

7. Validasi

   Pada tahap ini dilakukan pengambilan dokumentasi untuk membuktikan kebenaran asumsi yang telah digunakan dalam delineasi garis pantai *High Water Level* sebelumnya. Wawancara juga dilakukan kepada beberapa penduduk lokal untuk pendukung validasi.

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS

4.1. Hasil Image-to-Image Registration Setiap Tahun

Citra satelit *multitemporal* terdiri dari citra satelit yang memiliki wilayah yang sama namun berbeda waktu akuisisi. Antara objek yang sama pada citra-citra tersebut bisa jadi tidak memiliki koordinat yang sama. Hal ini disebabkan oleh adanya kesalahan geometrik. Kesalahan ini dapat dieliminasi dengan melakukan koreksi geometrik. Metode koreksi geometrik yang dilakukan pada penelitian ini adalah *Image-to-Image Registration*. Pada metode ini posisi salah satu citra satelit dianggap benar dan posisi 4 citra satelit yang lain belum benar. Pada penelitian kali ini citra satelit yang dianggap benar adalah citra satelit tahun 2015 (*base*). Pengolahan *Image-to-Image Registration* membutuhkan 9 buah *Ground Control Point* yang tersebar secara merata pada perimeter dan juga area tengah citra satelit. *Image-to-Image Registration* dilakukan pada perangkat lunak ENVI Classic 64-bit versi 5.2.

Tabel 4. 1 Koordinat GCP Diperoleh Dari Citra SPOT Tahun 2015

GCP	Koordinat *(px)*	
	X	Y
1	1125,00	883,75
2	1610,00	6131,00
3	990,00	11445,00
4	9025,00	11665,50
5	9585,00	7091,75
6	9048,00	2536,00
7	14316,75	3295,25
8	17359,00	7639,00
9	16761,00	12022,00

4.1.1 Hasil *Image-to-Image Registration* Tahun 2016

Pada hasil pengolahan *Image-to-Image Registration* citra satelit tahun 2016 didapatkan total RMS *Error* sebesar 0,91 piksel. Nilai tersebut memiliki besar < 1 piksel sehingga dapat disimpulkan bahwa RMS *Error* telah memenuhi syarat koreksi geometrik.

Tabel 4. 2 Perhitungan *RMSE Image-to-Image Registration* Tahun 2016 Terhadap Citra Tahun 2015

GCP	*Error(px)*		RMS *Error (px)*
	X	Y	
1	-0,54	0,35	0,64
2	1,30	-0,57	1,42
3	-0,55	0,09	0,56
4	-0,59	0,64	0,87
5	1,16	-0,60	1,31
6	-0,54	-0,01	0,54
7	-0,71	0,37	0,80
8	1,00	-0,25	1,03
9	-0,55	-0,04	0,55
RMS *Error* rata-rata			0,91

4.1.2 Hasil *Image-to-Image Registration* Tahun 2017

Pada hasil pengolahan *Image-to-Image Registration* citra satelit tahun 2017 didapatkan total *RMS Error* sebesar 0,67 piksel. Nilai tersebut memiliki besar < 1 piksel sehingga dapat disimpulkan bahwa RMS *Error* telah memenuhi syarat koreksi geometrik.

Tabel 4. 3 Perhitungan RMSE *Image-to-Image Registration* Tahun 2017 Terhadap Citra Tahun 2015

GCP	*Error(px)*		RMS *Error (px)*
	X	Y	
1	-0,54	0,35	0,64
2	1,30	-0,57	1,42
3	-0,55	0,09	0,56
4	-0,59	0,64	0,87
5	1,16	-0,60	1,31
6	-0,54	-0,01	0,54
7	-0,71	0,37	0,80
8	1,00	-0,25	1,03
9	-0,55	-0,04	0,55
RMS *Error* rata-rata			0,67

4.1.3 Hasil *Image-to-Image Registration* Tahun 2018

Pada hasil pengolahan *Image-to-Image Registration* citra satelit tahun 2018 didapatkan total *RMS Error* sebesar 0,71 piksel. Nilai tersebut memiliki besar < 1 piksel sehingga dapat disimpulkan bahwa RMS *Error* telah memenuhi syarat koreksi geometrik.

Tabel 4. 4 Perhitungan *RMSE Image-to-Image Registration* Tahun 2018 Terhadap Citra Tahun 2015

GCP	*Error(px)*		RMS *Error (px)*
	X	Y	
1	0,1	0,45	0,46
2	0,1	-0,86	0,87

GCP	*Error(px)*		RMS *Error (px)*
	X	Y	
3	0,69	0,18	0,72
4	-1,27	0,70	1,45
5	-0,32	-0,49	0,59
6	-0,28	0,16	0,33
7	0,18	0,02	0,18
8	0,23	0,09	0,25
9	0,56	-0,25	0,62
RMS *Error* rata-rata			0,71

4.1.4 Hasil *Image-to-Image Registration* Tahun 2019

Pada hasil pengolahan *Image-to-Image Registration* citra satelit tahun 2019 didapatkan total *RMS Error* sebesar 0,83 piksel. Nilai tersebut memiliki besar < 1 piksel sehingga dapat disimpulkan bahwa RMS *Error* telah memenuhi syarat koreksi geometrik.

Tabel 4. 5 Perhitungan *RMSE Image-to-Image Registration* Tahun 2019 Terhadap Citra Tahun 2015

GCP	*Error(px)*		RMS *Error (px)*
	X	Y	
1	0,28	0,06	0,28
2	-0,95	-0,15	0,96
3	0,11	0,08	0,14
4	0,87	0,55	1,03
5	-0,63	-1,32	1,47
6	0,63	0,49	0,80

GCP	*Error(px)*		RMS *Error (px)*
	X	Y	
7	0,32	0,48	0,57
8	-0,81	-0,53	0,97
9	0,19	0,34	0,39
		RMS *Error*	0,83

4.1.5 Hasil Perhitungan *Independent Control Point*

Independent Control Point berfungsi untuk menguji hasil koreksi geometrik yang sebelumnya telah dilakukan. Sama halnya dengan CGP, RMS *Error* dari ICP dihitung dengan persamaan (2), memenuhi toleransi apabila nilai RMS *Error* kurang dari 1,5 meter. Berikut adalah daftar koordinat ICP dan perhitungannya:

Tabel 4. 6 Koordinat ICP dari Citra 2015

ICP	Easting (m)	Northing (m)
1	676710,486	9203690,449
2	682128,542	9203578,805
3	689885,167	9202746,488
4	677130,836	9199947,184
5	682492,698	9199254,410
6	692505,508	9192659,443
7	698762,756	9192204,335
8	700183,391	9187433,713
9	696307,476	9186852,846
10	689429,495	9187306,943
11	683398,977	9186721,440

ICP	Easting (m)	Northing (m)
12	679493,884	9189469,797
13	695319,867	9203011,155
14	699987,096	9195763,540
15	686983,152	9198977,982
16	683881,225	9191377,393
17	687727,294	9193781,999
18	679756,906	9196457,658
19	693246,824	9196447,346
20	702857,422	9189046,592

Pada hasil perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2016 didapatkan total RMS *Error* sebesar 1,117 meter. Nilai tersebut memiliki besar < 1,5 meter sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil koreksi geometrik tahun 2016 telah memenuhi uji akurasi.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2016 Terhadap Citra Tahun 2015

ICP	*Error* (m)		RMS *Error* (m)
	X	Y	
1	0,279	0,039	0,282
2	-0,569	2,125	2,200
3	-0,200	0,331	0,387
4	0,060	-0,144	0,156
5	0,325	1,548	1,581
6	1,877	0,416	1,923
7	1,551	-0,409	1,604
8	-0,316	0,063	0,323

ICP	*Error* (m)		RMS *Error* (m)
	X	Y	
9	0,076	-0,466	0,472
10	0,143	-0,910	0,921
11	1,282	-1,262	1,798
12	-0,107	-1,603	1,606
13	-0,427	0,899	0,995
14	-1,482	-1,554	2,147
15	-0,997	-0,249	1,028
16	-1,146	-1,137	1,614
17	-1,346	-1,582	2,077
18	0,040	-0,284	0,287
19	0,352	0,210	0,410
20	0,038	0,532	0,534
		RMS *Error*	1,117

Pada hasil perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2017 didapatkan total RMS *Error* sebesar 1,201 meter. Nilai tersebut memiliki besar < 1,5 meter sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil koreksi geometrik tahun 2017 telah memenuhi uji akurasi.

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2017 Terhadap Citra Tahun 2015

ICP	*Error* (m)		RMS *Error* (m)
	X	Y	
1	0,279	0,039	0,282
2	-0,569	2,125	2,200
3	-0,200	0,331	0,387
4	0,060	-0,144	0,156

ICP	*Error* (m)		RMS *Error* (m)
	X	Y	
5	0,325	1,548	1,581
6	1,877	0,416	1,923
7	1,551	-0,409	1,604
8	-0,316	0,063	0,323
9	0,076	-0,466	0,472
10	0,143	-0,910	0,921
11	1,282	-1,262	1,798
12	-0,107	-1,603	1,606
13	-0,427	0,899	0,995
14	-1,482	-1,554	2,147
15	-0,997	-0,249	1,028
16	-1,146	-1,137	1,614
17	-1,346	-1,582	2,077
18	0,040	-0,284	0,287
19	0,352	0,210	0,410
20	0,038	0,532	0,534
		RMS *Error*	1,201

Pada hasil perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2018 didapatkan total RMS *Error* sebesar 1,086 meter. Nilai tersebut memiliki besar < 1,5 meter sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil koreksi geometrik tahun 2018 telah memenuhi uji akurasi.

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2018 Terhadap Citra Tahun 2015

ICP	*Error* (m)		RMS *Error* (m)
	X	Y	
1	-0,120	-0,598	0,610
2	1,445	-0,071	1,447
3	-0,045	-0,275	0,279
4	-1,234	-0,332	1,278
5	-2,066	1,573	2,597
6	-1,050	0,092	1,054
7	0,024	-0,192	0,194
8	1,767	-1,177	2,123
9	-0,991	-1,357	1,680
10	-1,399	1,540	2,081
11	0,458	0,167	0,488
12	-0,263	0,430	0,504
13	-1,140	0,094	1,143
14	-1,029	0,275	1,065
15	-0,334	-0,012	0,335
16	-1,756	-0,325	1,786
17	0,065	1,191	1,192
18	-0,038	-0,079	0,088
19	0,451	-1,444	1,513
20	0,253	-0,065	0,261
RMS *Error*			1,086

Pada hasil perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2019 didapatkan total RMS *Error* sebesar 1,414 meter. Nilai tersebut memiliki besar < 1,5 meter

sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil koreksi geometrik tahun 2019 telah memenuhi uji akurasi.

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan RMS *Error* ICP Tahun 2019

ICP	*Error* (m)		RMS *Error* (m)
	X	Y	
1	1,890	-1,598	2,475
2	-1,493	1,400	2,047
3	-1,537	-1,697	2,290
4	-1,382	1,288	1,889
5	-1,425	1,565	2,116
6	-0,102	0,921	0,927
7	0,053	-1,582	1,582
8	-1,180	-1,220	1,697
9	-1,176	-0,182	1,190
10	-1,438	-0,063	1,439
11	1,011	-0,955	1,391
12	-0,136	0,410	0,432
13	0,335	0,149	0,367
14	-2,071	1,820	2,757
15	1,149	-0,105	1,154
16	0,098	-0,319	0,334
17	-0,018	-0,385	0,385
18	-1,383	-1,433	1,992
19	-0,314	0,163	0,354
20	-1,454	0,044	1,454
RMS *Error*			1,414

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan RMS *Error* ICP

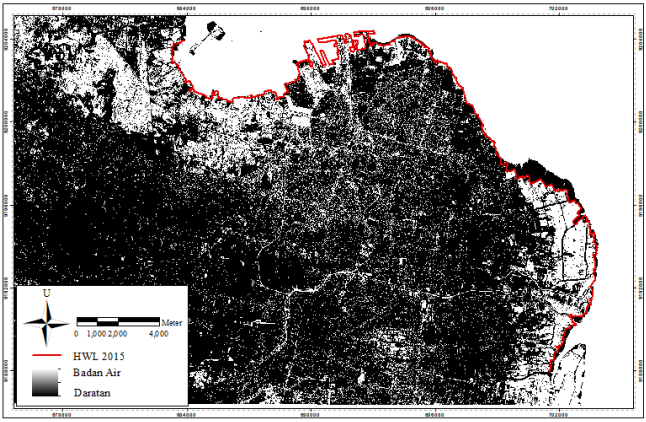
Tahun	Total RMSE (m)
2016	1,117
2017	1,201
2018	1,086
2019	1,414

Toleransi didapatkan dari besar 1 piksel citra satelit yang digunakan dalam penelitian, yaitu 1,5 meter. Nilai Total RMS *Error* yang diperoleh tidak ada yang melampaui toleransi, maka dari itu semua koreksi geometrik yang dilakukan telah teruji akurasinya. Dihasilkan Total RMSE terbesar pada tahun 2019 dengan nilai 1,414 meter, dan yang terkecil pada tahun 2018 dengan nilai 1,086 meter.

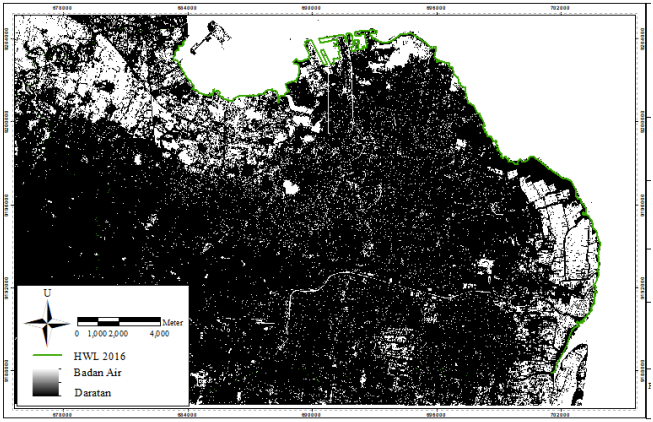
4.2. **Hasil *Normalized Difference Water Index***

Metode *Normalized Difference Water Index* merupakan sebuah metode untuk membedakan antara daratan dan lautan dengan memanfaatkan *tools* pada *ArcGIS* yaitu *Band Math*. Algoritma *Normalized Difference Water Index* melibatkan band hijau dan band *Near-Infrared* seperti yang telah dijelaskan pada persamaan (1). Band hijau dapat mengoptimalkan pantulan tubuh air sedangkan band *Near-Infrared* dapat meminimalkan pantulan tubuh air. Berdasarkan hal tersebut maka serapan tubuh air pada band *Near-Infrared* sangat kuat sedangkan pada band hijau nilai pantulan lebih kuat. *Threshold* yang digunakan apabila nilai NDWI > 0 maka objek tersebut merupakan badan air, dan jika nila NDWI ≤ 0 maka objek tersebut merupakan daratan.

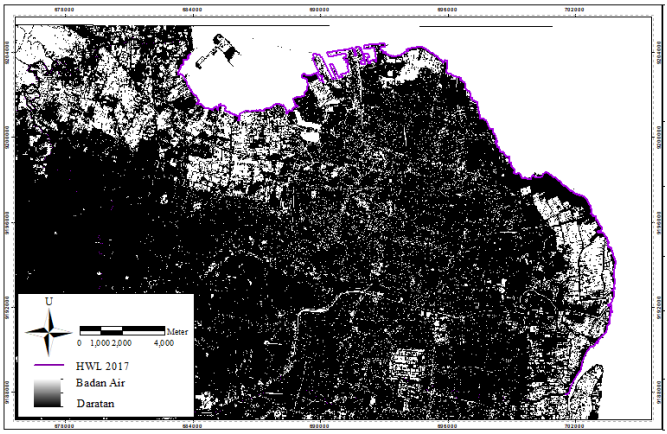
Digitasi garis pantai *High Water Level* akan menggunakan bantuan hasil algoritma NDWI dalam prosesnya, seperti pada bagian selain tambak, tanggul, dan pelabuhan. Berikut ini merupakan hasil yang diperoleh dari perhitungan algoritma NDWI:



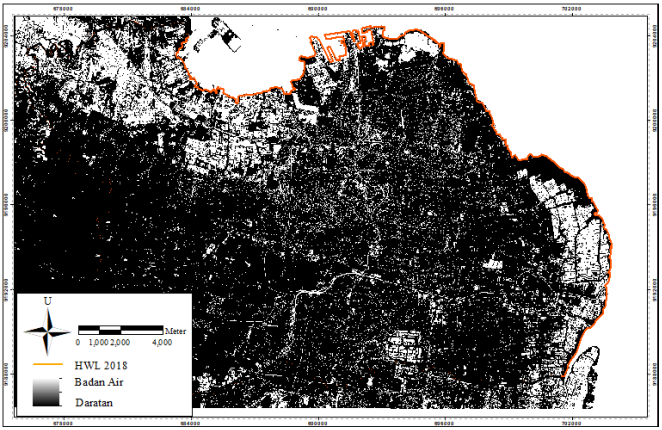
Gambar 4. 1 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2015



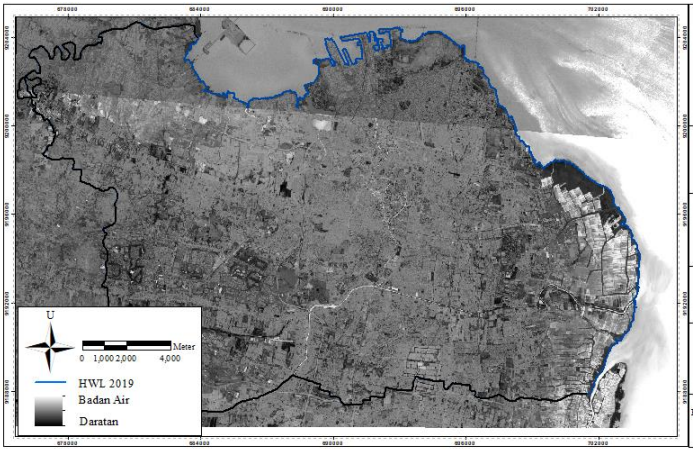
Gambar 4. 2 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2016



Gambar 4. 3 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2017



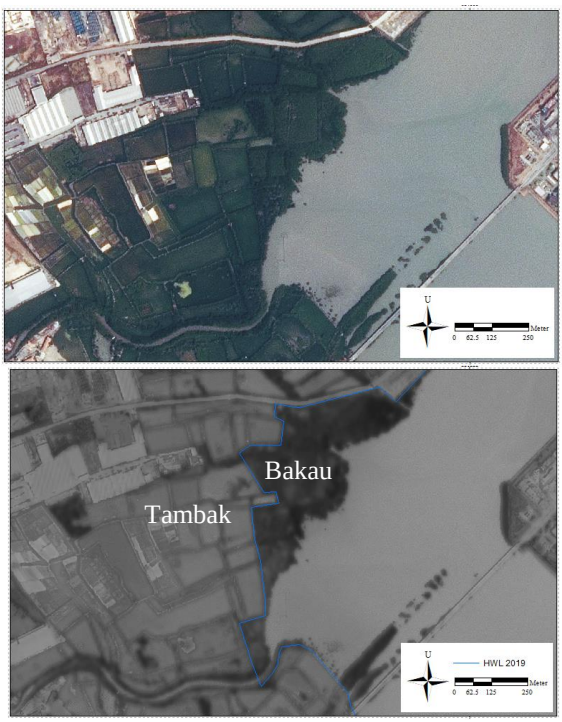
Gambar 4. 4 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2018



Gambar 4. 5 Hasil NDWI Citra Satelit Tahun 2019

4.3. Hasil Delineasi Garis Pantai HWL.

Setelah melakukan proses *Image-to-Image Registration*, tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan Delineasi Garis Pantai *High Water Level*. Proses delineasi ini dilakukan dengan kombinasi interpretasi citra satelit dan interpretasi hasil algoritma *Normalized Difference Water Index*. Interpretasi hasil NDWI digunakan ketika ada kendala dalam interpretasi objek pada pesisir. Pada Gambar 4.6 merupakan contoh dari kendala yang dihadapi penulis dalam membedakan hutan mangrove dengan tambak. Algoritma NDWI menghasilkan warna gelap pada daratan dan vegetasi, sedangkan untuk badan air menghasilkan warna cerah. Dari hasil delineasi garis pantai HWL tahun 2015-2019 dihitung berapa besar luas perubahan garis pantai HWL pada setiap kecamatan yang berbatasan langsung dengan laut.



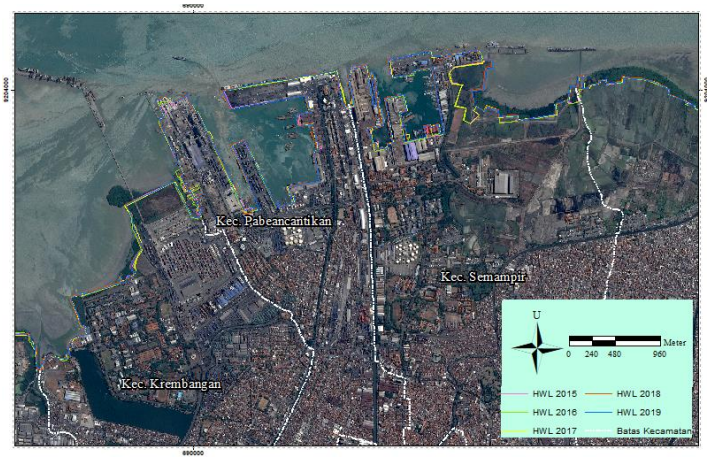
Gambar 4. 6 Perbandingan Interpretasi Langsung Dengan Interpretasi Menggunakan NDWI

Tabel 4. 12 Hasil Delineasi Garis Pantai HWL Kota Surabaya

Tahun	**Panjang (km)**
2015	65,884
2016	65,008
2017	65,125
2018	65,183
2019	65,659

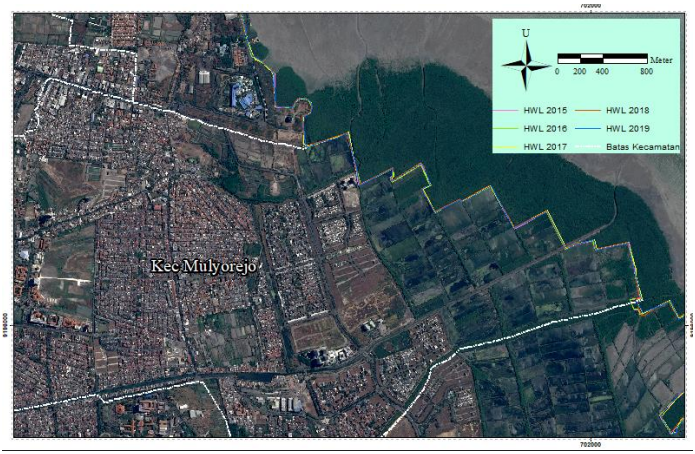
Gambar 4. 7 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Benowo Tahun 2015-2019

Gambar 4. 8 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Asemrowo Tahun 2015-2019

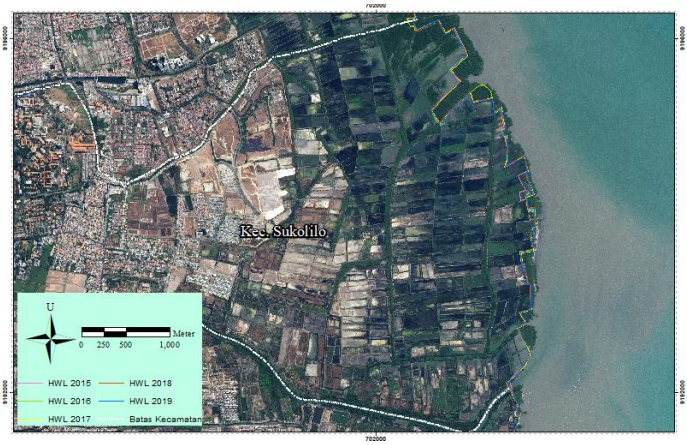


Gambar 4. 9 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Krembangan, Pabeancantikan, dan Semampir Tahun 2015-2019

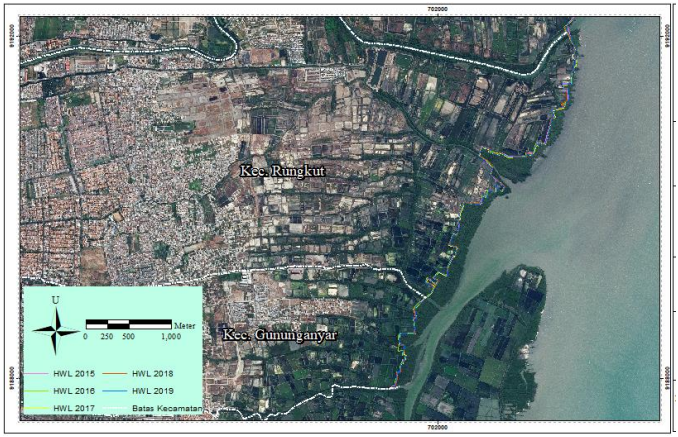
Gambar 4. 10 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Kenjeran Tahun 2015-2019



Gambar 4. 11 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Mulyorejo Tahun 2015-2019



Gambar 4. 12 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Sukolilo Tahun 2015-2019



Gambar 4. 13 Garis Pantai *High Water Level* Kecamatan Rungkut dan Gununganyar Tahun 2015-2019

4.4. Luas Perubahan Garis Pantai *High Water Level* Kota Surabaya Tahun 2015-2019.

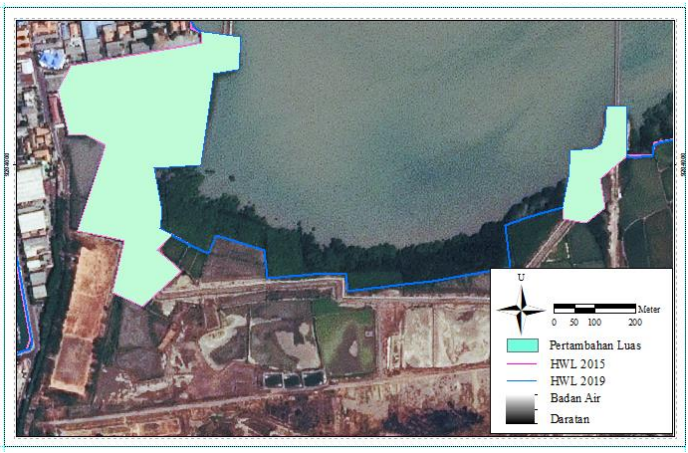
Hasil delineasi garis pantai *High Water Level* ditampalkan tiap tahun sehingga perubahannya dapat diamati. Apabila garis pantai HWL yang lebih muda berada di luar garis pantai HWL yang lebih tua maka dapat disimpulkan terjadi penambahan luas daratan, begitu pula sebaliknya. Berikut ini adalah luas perubahan garis pantai yang dihasilkan:

Tabel 4. 13 Luas Perubahan Garis Pantai HWL Tahun 2015-2019

Kecamatan	Luas (m^2)				Total Luas
	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	
Benowo	14483,74	29594,54	13358,67	11626,46	69063,41
Asemrowo	-24474,14	51254,14	22247,44	10833,15	59860,59
Krembangan	-9568,80	-1080,93	28770,03	-17772,09	348,20

Kecamatan	Luas (m^2)				Total Luas
	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	
Pabeancantikan	33624,20	23194,36	6709,24	0,00	63527,79
Semampir	8520,75	64917,48	145367,54	998,03	219803,80
Kenjeran	-5334,31	33409,76	24032,98	-102,19	52006,25
Mulyorejo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sukolilo	0,00	-5303,87	0,00	0,00	-5303,87
Rungkut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gununganyar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pada hasil luas perubahan garis pantai HWL pada tahun 2015-2019 terdapat pertambahan luas paling besar terjadi pada Kecamatan Semampir dengan pertambahan luas selama 5 tahun mencapai 219803,80 m^2. Penyebab pertambahan luas yang cukup besar pada Kecamatan Semampir adalah adanya pembangunan pada kawasan PT. PAL Indonesia.



Gambar 4. 14 Perbandingan Kecamatan Semampir Tahun 2015 dengan Tahun 2019

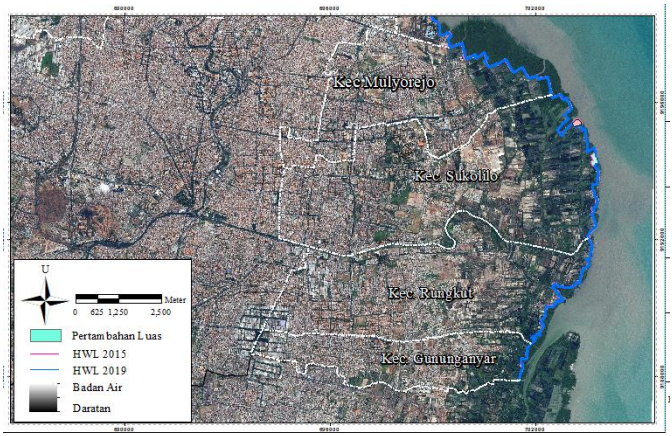
Sedangkan pertambahan luas paling besar kedua terjadi pada Kecamatan Benowo dengan pertambahan luas mencapai 69063,41 m^2. Penyebab pertambahan luas tersebut terjadi dikarenakan adalah adanya aktivitas reklamasi di utara, serta adanya perlebaran tambak di selatan.

Gambar 4. 15 Perbandingan Kecamatan Benowo Tahun 2015 dengan Tahun 2019

Kecamatan dengan pertambahan luas paling sedikit adalah Kecamatan Krembangan dengan perubahan luasnya selama 5 tahun hanya mencapai 348,20 m^2. Penambahan tersebut disebabkan oleh adanya reklamasi, bagian biru menandakan adanya penambahan dan bagian merah menandakan adanya pengurangan luas. Perubahannya dapat dilihat pada Gambar 4.16 sebagai berikut:

Gambar 4. 16 Perubahan Garis Pantai HWL Kecamatan Krembangan

Pada kecamatan yang garis pantainya berupa tambak seperti Kecamatan Mulyorejo, Rungkut, serta Gununganyar tidak terjadi perubahan garis pantai HWL dikarenakan kondisi tambak yang cenderung tetap selama 5 tahun terakhir (Gambar 4.17), namun hal tersebut tidak terjadi pada Kecamatan Sukolilo dikarenakan adanya aktivitas penambahan tambak sekaligus ada tambak yang tidak terawat sehingga terjadi pengurangan luas sebesar -5303,87 m^2. Peristiwa berikut ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 17 Perubahan Garis Pantai HWL Kecamatan Mulyorejo, Sukolilo, Rungkut, dan Gununganyar

Gambar 4. 18 Perubahan Garis Pantai HWL Kecamatan Sukolilo

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Delineasi garis pantai *High Water Level* dapat dilakukan dengan kombinasi interpretasi citra satelit dan interpretasi hasil algoritma *Normalized Difference Water Index*. Didapatkan garis pantai HWL paling panjang pada tahun 2015 dengan panjang 65,884 km dan paling pendek pada tahun 2016 dengan panjang 65,008 km.
2. Dihasilkan luas perubahan garis pantai HWL terbesar terjadi pada Kecamatan Semampir dengan pertambahan luas mencapai 219803,80 m^2. Penyebab pertambahan luas yang cukup besar pada Kecamatan Semampir adalah adanya pembangunan pada kawasan PT. PAL Indonesia. Kemudian perubahan luas terbesar kedua terdapat pada Kecamatan Benowo dengan pertambahan luas mencapai 69063,41 m^2. Penyebab pertambahan luas tersebut terjadi dikarenakan adalah adanya aktivitas reklamasi serta adanya perlebaran tambak. Sedangkan untuk pertambahan luas terkecil terdapat pada Kecamatan Krembangan dengan perubahan luasnya selama 5 tahun hanya mencapai 348,20 m^2.
3. Kecamatan yang tidak mengalami perubahan luas sama sekali yaitu Kecamatan Mulyorejo, Rungkut, dan Gununganyar. Sedangkan pengurangan luas terjadi hanya pada 1 kecamatan yaitu Kecamatan Sukolilo dengan pengurangan luas sebesar -5303,87 m^2.

5.2 Saran

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk mengembangkan penelitian yang terkait dengan delineasi garis pantai *High Water Level* menggunakan citra satelit diantaranya sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran untuk daerah selain tambak, pelabuhan, dan tanggul untuk mendapatkan garis pantai HWL yang akurat.
2. Membandingkan hasil delineasi garis pantai HWL dengan peta yang telah ada sehingga diketahui berapa besar kesalahan dari pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

Alesheikh. 2007. “Coastline change detection using remote sensing.” *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 61-66.

Dahuri,dkk. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu.* Jakarta: PT. Pramadya Paramita.

Digitalglobe. 2015. *Digitalglobe.* Diakses 01 22, 2020. http://global.digitalglobe.com/sites/default/file/SPOT-6-DS-QB-Prod.pdf.

Furqon, A. 2017. *Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Forest Canopy Density (FCD) dan Radar Backscattering JERS-1 SAR.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Gao, B. C. 1996. “NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space.” *Remote Sensing of Environment* 257-266.

Hasyim, A. 2009. *Menentukan Titik Kontrol Tanah (GCP) dengan Menggunakan Teknik GPS dan Citra Satelit Untuk Perencanaan Perkotaan.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Hofmann-Wellenhof, Bernhard, dan Helmut Moritz. 2005. *Physical Geodesy.* Bad Vöslau: SpringerWienNewYork.

Kahar, Joenil, dan Umaryono Purwoharjo. 2008. *Geodesi.* Bandung: ITB.

Khakhim, N. 2003. *Strategi Pengelolaan Kawasan Pesisir Secara Terpadu dan Berkelanjutan.* Bogor: IPB.

Lillesand, Thomas M., dan Ralph W. Kiefer. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra.* Jogjakarta: Universitas Gadjah Mada.

McFeeters, S.K. 2013. “Using the Normalized Difference Water Index (NDWI).” *MDPI* 3544-3561.

Poerbandono, dan Eka Djunasjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.

Puntodewo, dkk. 2003. *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam.* Bogor: CIFOR.

Purwadhi, F. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Grasindo.

Surabaya, Walikota. 2014. *Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014-2034*. Surabaya: Walikota Surabaya.

Surinati, Dewi. 2007. “Pasang Surut Dan Energinya.” *Oseana* 15-22.

Winarso, dkk. 2009. “Kajian Penggunaan Data Inderaja Untuk Pemetaan Garis Pantai (Studi Kasus Pantai Utara Jakarta).” *Jurnal LAPAN* 65-72.

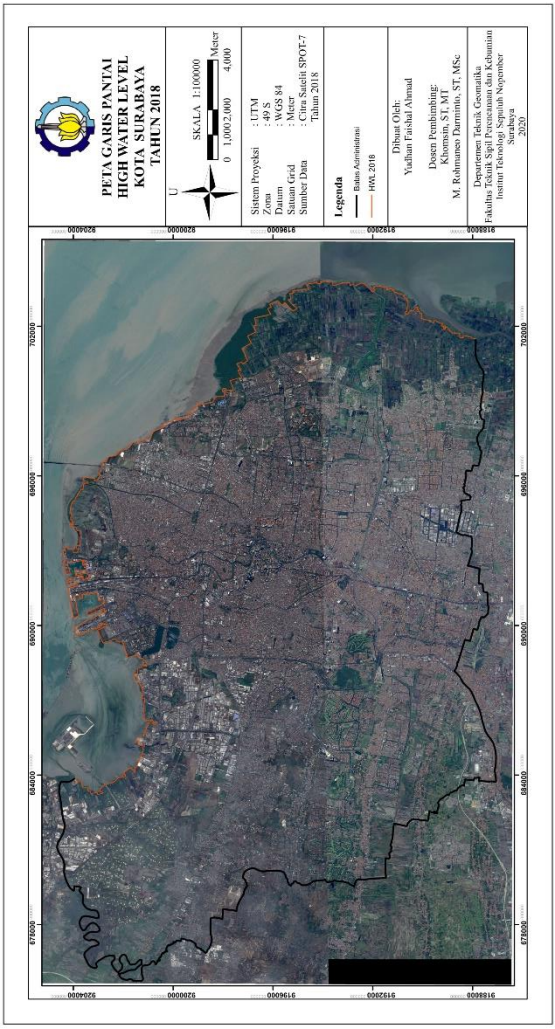
LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Garis Pantai High Water Level Kota Surabaya Tahun 2015

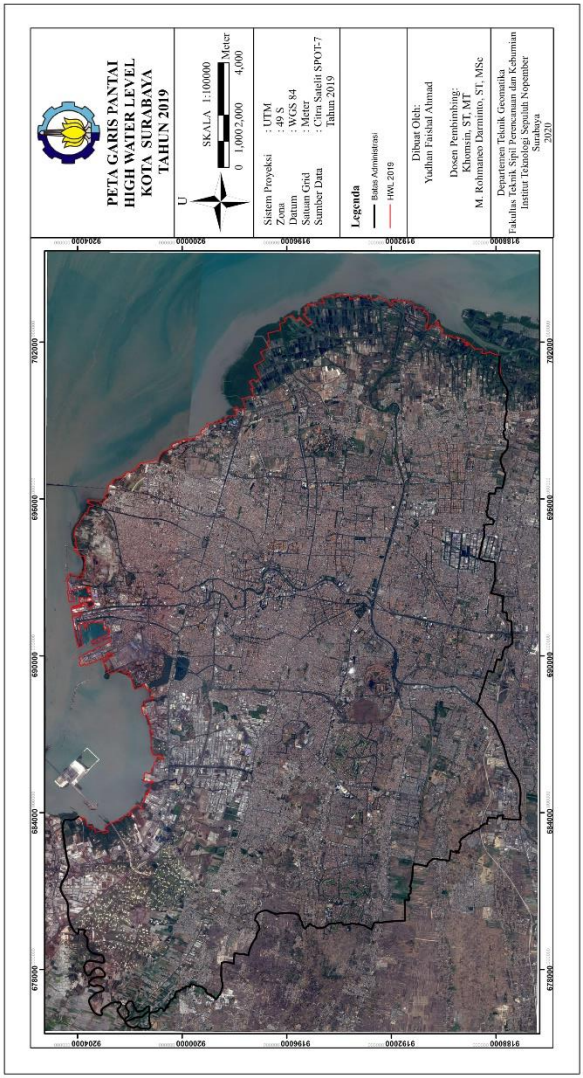
Lampiran 2. Peta Garis Pantai High Water Level Kota Surabaya Tahun 2016

Lampiran 3. Peta Garis Pantai High Water Level Kota Surabaya Tahun 2017

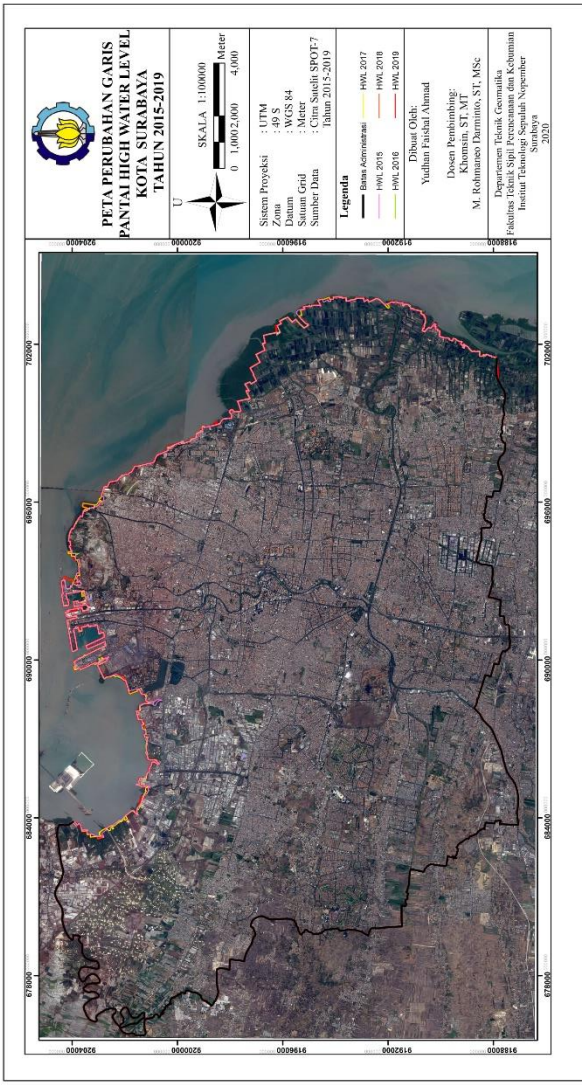
Lampiran 4. Peta Garis Pantai High Water Level Kota Surabaya Tahun 2018



Lampiran 5. Peta Garis Pantai High Water Level Kota Surabaya Tahun 2019



Lampiran 6. Peta Perubahan Garis Pantai High Water Level Kota Surabaya Tahun 2015-2019



Lampiran 7. Dokumentasi Lapangan

Wonorejo (-7.3091949, 112.8440550)

Greges (7°18'33.46"S, 112°50'39.90"E)

Osowilangun (7°11'55.16"S, 112°39'54.32"E)

Osowilangun (7°12'11.29"S, 112°39'37.26"E)

Kalisari (7°15'36.19"S, 112°49'19.16"E)

Pelabuhan Tanjung Perak (7°11'50.00"S, 112°44'4.11"E)

BIODATA PENULIS

Yudhan Faishal Ahmad dilahirkan di Kota Palangkaraya pada tanggal 5 Januari 2000. Merupakan anak ke-3 dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Islam Sabilillah Malang, SMP Negeri 3 Malang, dan SMA Negeri 3 Malang. Setelah lulus pendidikan SMA pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan strata satu (S1) Program Studi Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SBMPTN. Selama masa perkuliahan, penulis aktif pada organisasi intra kampus, diantaranya sebagai anggota Badan Perwkilan Mahasiswa HIMAGE-ITS periode 2017-2018 dan 2018-2019, menjadi bagian dari Pemandu dalam pelatihan Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) pada tahun 2018, serta menjadi Ketua *Organizing Committee* dalam Pelatihan Pemandu LKMM tahun 2019. Penulis juga cukup aktif pada beberapa kegiatan mahasiswa yang dilaksanakan baik tingkat departemen, fakultas, maupun institut.