



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR RM-184831

ANALISIS PERSEBARAN TUMPAHAN MINYAK DI PERAIRAN PANTURA JAWA MENGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-1A DENGAN METODE ADAPTIVE THRESHOLD

NIKEN RAHAYUNINGTYAS
NRP 033 1 16 4000 0071

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

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

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



TUGAS AKHIR RM-184831

**ANALISIS PERSEBARAN TUMPAHAN MINYAK
DI PERAIRAN PANTURA JAWA
MENGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-1A
DENGAN METODE ADAPTIVE THRESHOLD**

**NIKEN RAHAYUNINGTYAS
NRP 033 1 16 4000 0071**

**Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D**

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

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT RM-184831

**ANALYSIS OF OIL SPILL DETECTION IN JAVA
PANTURA WATERS USING SENTINEL-1A
IMAGERY WITH ADAPTIVE THRESHOLD
METHOD**

**NIKEN RAHAYUNINGTYAS
NRP 033 1 16 4000 0071**

**Supervisor
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D**

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

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Analisis Persebaran Tumpahan Minyak Di Perairan Pantura Jawa Menggunakan Citra Satelit Sentinel-1A Dengan Metode Adaptive Threshold

Nama Mahasiswa : Niken Rahayuningtyas
NRP : 033 1 16 40000 071
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Sebagai salah satu arus transportasi pelayaran dan pengeboran sumur minyak dan gas yang ramai, Perairan Pantura Jawa sangat rentan terhadap peristiwa pencemaran laut akibat dari peristiwa tumpahan minyak. Karena itu diperlukannya deteksi secara cepat persebaran tumpahan minyak guna meminimalisir dampak yang ditimbulkan. Penginderaan jauh aktif sangat berguna dalam pendeteksi secara cepat tumpahan minyak di laut karena memiliki kemampuan untuk melakukan akuisisi data secara independen terhadap kondisi cuaca apapun.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis deteksi dan monitoring persebaran tumpahan minyak menggunakan citra satelit Sentinel-1A dengan menerapkan metode *adaptive threshold* pada *tools oil spill detections* di perangkat lunak SNAP. Diperlukan data tambahan berupa arah dan kecepatan angin yang didapatkan dari metode *wind field estimation* untuk membedakan area tumpahan minyak.

Dalam pengolahan data, didapatkan hasil pendeteksian tumpahan minyak yang menunjukkan bahwa data pada bulan pengamatan yaitu Bulan Juli, Agustus, September 2019 dan Januari 2020 ditemukan tumpahan minyak di sepanjang Perairan Pantura Jawa dengan nilai presisi sebesar lebih dari 70% dengan tingkat kepercayaan pada Bulan Agustus dan September 2019 adalah tingkat kepercayaan tinggi karena data memiliki kecepatan angin sebesar 6-10 m/s. Sedangkan data pada Bulan Juli 2019 dan Januari 2020 memiliki tingkat kepercayaan menengah karena memiliki data kecepatan angin sebesar 3-6 m/s. Pada hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Oktober, November, Desember 2019, Februari dan Maret 2020 tidak ditemukan adanya

tumpahan minyak melainkan berbentuk *look-alikes*. Sementara hasil luas tumpahan minyak di Perairan Pantura Jawa pada Bulan Juli, Agustus dan September 2019 sebesar 18,79 km², 15,08 km², 19,68 km² dan pada Bulan Januari 2020 sebesar 8,62 km².

Kata Kunci – *Adaptive Threshold*, Perairan Pantura Jawa, Sentinel-1A, Tumpahan Minyak

Analysis Of Oil Spill Detection In Java Pantura Waters Using Sentinel-1A Imagery With Adaptive Threshold Method

Name : Niken Rahayuningtyas
ID : 033 1 16 40000 071
Department : Teknik Geomatika
Supervisor : Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

ABSTRACT

As one of the busy shipping and oil gas drilling flows, Java Pantura Waters is very vulnerable to sea pollution due to oil spills. Therefore it is necessary to quickly detect the distribution of oil spills in order to minimize the impact caused. Active remote sensing is very useful in the rapid detection of oil spills because it has the ability to procure data independent of any weather conditions.

This study aims to analyze the detection and monitoring of oil spills using Sentinel-1A satellite imagery by applying the adaptive threshold method on SNAP software that uses black areas using threshold values. Additional data is needed in the form of wind direction and speed obtained from the wind field estimation method to determine the oil spill area.

In data processing, the results of oil spills detection showed that the data in the month of observation July, August, September 2019 and January 2020 found oil spills along the Java Pantura waters with precision value of more than 70% with a level of confidence in August and September 2019 are the level of confidence is high because the data has wind speed between 6-10 m/s. While the data in July 2019 and January 2020 have a medium level of confidence because has wind speed data of 3-6 m/s. The results of the detection of oil spills in October, November, December 2019 and February March 2020 did not reveal any oil spills but rather in the form of look-alikes. While the total area of oil spills in the waters of the Java Pantura in July, August, September 2019 was 18.79 km², 15.08 km², 19.68 km² and in January it was 8.62 km².

Keywords – *Adaptive Threshold, Java Pantura Waters, Oil Spill , Sentinel-1A*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PENYERAKAN TUMPAHAN MINYAK DI
PERAIRAN PANTURA JAWA MENGGUNAKAN CITRA
SATELIT SENTINEL-1A DENGAN METODE ADAPTIVE
THRESHOLD

TUGAS AKHIR

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

Oleh,
NIKEN RAHAYUNINGTYAS
NRP. 033 1 16 40000 071

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Laili Muhammad Jaefani, ST, M.Sc



SURABAYA, AGUSTUS 2020

“halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hidayat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Analisis Persebaran Tumpahan Minyak Di Perairan Pantura Jawa Menggunakan Citra Satelit Sentinel-1A Dengan Metode Adaptive Threshold”** ini dengan tepat waktu.

Selama pelaksanaan, banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga kerja praktik ini dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua penulis (Suyanto dan Kusmiati) atas doa dan restu serta dukungan selama penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Dinar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika FTSPK ITS.
3. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, arahan serta motivasinya.
4. Bapak Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc.,DEA selaku Dosen Wali atas arahan dan motivasinya.
5. Seluruh Ibu Bapak Dosen Teknik Geomatika ITS atas ilmu yang telah diberikan.
6. Bapak Sujak dan seluruh karyawan Teknik Geomatika yang telah membantu menyediakan fasilitas selama proses pengerjaan tugas akhir.
7. Kedua kakak penulis (Koko dan Novi) yang telah memberi motivasi dalam penyusunan tugas akhir serta seluruh keluarga besar penulis.
8. Sahabat penulis (Kak Aini, Laily, Kak Dhila, Mumun, Firda, Heni, Rizka, Adel, Nurul, Asyфина, Sabrina, Anggun, Quinn dan Fitria).
9. Teman- teman teknik Geomatika ITS angkatan 2016 yang selalu mendukung dan memberi semangat.

10. *Mas* dan *Mbak* senior serta rekan-rekan di Laboratorium Pusat Studi Kebumihan, Bencana dan Perubahan Iklim (PSKBI) – ITS atas saran, arahan semangat serta bimbingannya.
11. Serta pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis berharap, penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada banyak pihak serta dapat memperkaya literatur penelitian-penelitian sejenis yang akan dilakukan pada masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf sebesar-besarnya. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan ke depannya. Semoga laporan ini bisa memberikan manfaat kepada pembaca

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Tumpahan Minyak	5
2.2 Penginderaan Jauh	6
2.2.1 Penginderaan Jauh dengan RADAR	8
2.2.2 Sistem Pencitraan Radar	10
2.2.2.1 <i>Real Aperture Radar (RAR)</i>	10
2.2.2.2 <i>Synthetic Aperture Radar (SAR)</i>	11
2.2.3 Polarisasi	12
2.3 Citra Sentinel	14
2.4 Deteksi Tumpahan Minyak Pada Citra Radar	17
2.5 <i>Adaptive Threshold</i>	19
2.6 Implementasi Algoritma Adaptive Threshold	21
2.6.1 <i>Masking</i>	21
2.6.2 Menyeleksi <i>Noise</i>	21
2.6.3 Deteksi Tumpahan Minyak	22
2.7 Penelitian Sebelumnya	23
BAB III METODE PENELITIAN	27

3.1	Lokasi Penelitian	27
3.2	Data dan Peralatan	27
3.2.1	Data	27
3.2.2	Peralatan	28
3.3	Metodelogi Penelitian.....	28
3.3.1	Tahapan Penelitian	28
3.3.2	Tahapan Pengolahan Data	30
BAB IV HASIL DAN ANALISIS		35
4.1	Hasil Penyaringan Data Citra Satelit Sentinel-1A	35
4.2	Hasil Pendeteksian Tumpahan Minyak.....	35
4.3	Hasil Perhitungan Luas.....	46
BAB V PENUTUP.....		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		55
BIODATA PENULIS		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tumpahan Minyak di Laut.....	6
Gambar 2.2 Pantulan pulsa radar oleh objek di permukaan bumi.	9
Gambar 2.3 Spekturm Gelombang yang digunakan pada SAR ..	12
Gambar 2.4 Citra Satelit Sentinel-1	15
Gambar 2.5 Capillary dan gravity waves.....	17
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data	30
Gambar 4.1 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Juli	36
Gambar 4.2 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan Juli.....	36
Gambar 4.3 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan Agustus	37
Gambar 4.4 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Agustus	37
Gambar 4.5 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan September	38
Gambar 4.6 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan September	38
Gambar 4.7 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan Oktober	39
Gambar 4.8 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan Oktober	39
Gambar 4.9 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan November.....	40
Gambar 4.10 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan November.....	40

Gambar 4.11 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan Desember	41
Gambar 4.12 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan Desember	42
Gambar 4.13 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Januari	42
Gambar 4.14 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Januari	43
Gambar 4.15 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Februari	43
Gambar 4.16 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Februari	44
Gambar 4.17 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Maret	45
Gambar 4.18 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Maret	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Karakteristik Sentinel-1A Mode Perekaman IW (<i>Interferometric Wide Swath</i>)	15
Tabel 2.2 Penampakan Lapisan Minyak pada Citra SAR pada Kondisi Kecepatan Angin Tertentu	19
Tabel 4.1 Hasil analisis fitur.....	35
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Luas.....	47

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Juli

Lampiran 2. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Agustus

Lampiran 3. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan September

Lampiran 4. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Januari

Lampiran 5. Peta hasil penggabungan pendeteksian tumpahan minyak

Lampiran 6. Informasi Peta Tumpahan Minyak

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pantai Utara Jawa atau yang dikenal dengan Pantura membentang melewati 5 provinsi yaitu Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Tidak hanya jalur daratan yang menjadi urat nadi utama transportasi melainkan jalur perairannya juga. Perairan Pantura menghubungkan dua pelabuhan antara Sumatera, Jawa dan Bali yakni Pelabuhan Merak dan Pelabuhan Ketapang sehingga hal ini menyebabkan padatnya jalur pelayaran. Selain menjadi jalur transportasi, di Perairan Pantura juga banyak sekali aktivitas pengeboran sumur minyak dan gas.

Hal tersebut memungkinkan terjadinya tumpahan minyak yang akan mengakibatkan dampak yang serius kepada lingkungan dan biota laut. Oleh karena diperlukan pendeteksian adanya tumpahan minyak di laut dengan cepat dan efisien. Hal ini bertujuan untuk menyediakan informasi spasial dalam penanggulangan awal tumpahan minyak.

Penginderaan jauh adalah salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk deteksi cepat tumpahan minyak. Pencitraan penginderaan jauh multi sensor dan multi temporal memungkinkan untuk diperolehnya informasi penting tentang penyebaran minyak dari waktu ke waktu yang sangat diperlukan dalam pembersihan dan pengendalian sebaran tumpahan minyak (Fingas, 2012). Sistem penginderaan jauh aktif dengan citra radar atau SAR (*Synthetic Aperture Radar*) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan citra optis dari sensor pasif seperti kemampuan untuk melakukan akuisisi data secara independen dari kondisi cuaca dan kemampuan akuisisi pada siang maupun malam hari (Kusman, A., 2008).

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data Satelit Sentinel-1A pada bulan Juli tahun 2019 hingga Maret 2020. Metode yang digunakan adalah *Adaptive Threshold*

karena tumpahan minyak pada citra dicirikan dengan rendahnya *backscatter* maka dengan dilakukannya *thresholding* akan memisahkan *dark spot*. Metode ini memiliki kelebihan untuk mendeteksi dark spot lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan pendeteksian secara manual dengan interpretasi satu-persatu spot pada citra oleh operator (Brekke, C., & Solberg, A. H. S. 2005).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mendeteksi tumpahan minyak dengan menggunakan citra SAR?
2. Bagaimana cara menganalisis persebaran tumpahan minyak pada citra SAR dengan data estimasi kecepatan angin?
3. Berapa luas dari hasil pendeteksian tumpahan minyak?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pendeteksian tumpahan minyak dilakukan pada bulan Juli 2019 hingga Maret 2020.
2. Pendeteksian tumpahan minyak menggunakan data Satelit SENTINEL-1A dengan tipe produk *Ground Range Multi Look Detected* (GRD) dan mode sensor *Interferometric Wide Swath* (IW).
3. Pendeteksian dibatasi oleh koordinat batas tertentu.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengolahan deteksi tumpahan minyak pada citra SAR menggunakan metode *adaptive threshold*.
2. Menghitung luas tumpahan minyak.
3. Membuat peta berkala dari persebaran tumpahan minyak.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Dapat melakukan pengolahan data citra SAR dengan metode *adaptive threshold*.
2. Dapat melakukan *monitoring* berkala terhadap persebaran tumpahan minyak.
3. Dapat menghitung luas persebaran tumpahan minyak.
4. Dapat menyajikan peta berkala hasil persebaran tumpahan minyak.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tumpahan Minyak

Tumpahan minyak atau *oil spill* adalah sebuah cairan hidrokarbon yang jatuh ke dalam lingkungan akibat dari kegiatan manusia. Istilah ini sering merujuk kepada tumpahan minyak di laut, di mana minyak dilepaskan ke laut atau perairan pesisir. (Ramadhany, 2009 dalam Rahadian, 2014). Tumpahan minyak dapat berasal dari kapal tanker, lepas pantai, rig pengeboran dan sumur, serta tumpahan produk minyak olahan seperti bensin dan solar.

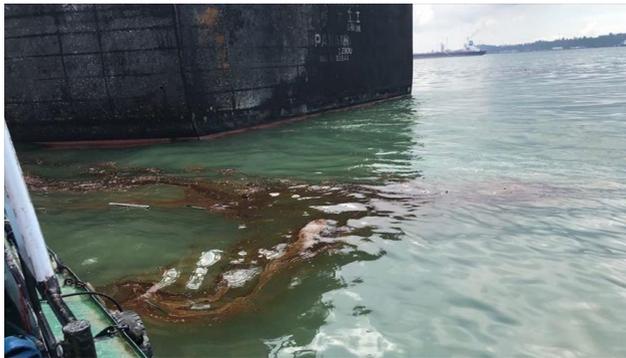
Pembersihan dan pemulihan dari tumpahan minyak sangatlah sulit dan tergantung pada banyak faktor termasuk jenis minyak yang tumpah, suhu air (penguapan dan biodegradasi) dan jenis garis pantai dan pantai terlibat. Tumpahan minyak dapat memakan waktu berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun untuk membersihkannya.

Menurut Marsya (2012) Limbah minyak bumi setelah masuk ke lingkungan laut akan mengalami dua proses, yaitu proses pemindahan yang dilakukan oleh arus laut atau migrasi organisme, dan proses pelemahan dan penyebaran oleh pencampuran turbulen atau arus laut. Diketahui bahwa minyak bumi dan produknya menyebar dengan cepat di permukaan air pada kecepatan yang berbeda tergantung pada ketebalan rata-rata lapisan minyak itu. Penyebarannya dapat berubah karena adanya senyawa aktif permukaan minyak dan dapat diperlambat oleh permukaan air yang sudah tercemar.

Dipandang dari aspek fisika yang menentukan gerakan minyak di laut adalah angin dan arus laut. Dengan adanya kedua faktor ini minyak di laut akan menyebar sehingga hal ini seringkali menimbulkan masalah terhadap lingkungan apabila penyebarannya terlalu luas ataupun mencapai kawasan pantai.

Mekanisme penyebaran lapisan minyak tergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- Jenis tumpahan minyak, yang berhubungan dengan tegangan permukaan, gravitasi spesifik, temperatur tumpahan, dan komponen hidrokarbon pembangunnya.
- Penyebaran (*spreading*), yakni pergerakan lapisan minyak ke segala arah akibat perbedaan tegangan permukaan serta densitas antara air laut dan lapisan minyak.
- Proses adveksi, yaitu proses pengangkutan akibat gelombang laut, angin dan arus laut.
- Proses peluruhan (*weathering*), akibat berbagai proses, antara lain evaporasi, emulsifikasi, biodegradasi, *sinking* atau sedimentasi, dan lain-lain.



Gambar 2.1 Tumpahan Minyak di Laut.
(Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019)

2.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu yang digunakan untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala melalui data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan objek dengan daerah atau

gejala yang akan dikaji (Lillesand, T. M., Kiefer, R.W., dan Chipman, J.W., 2004). Penginderaan jauh dilakukan dengan pengukuran nilai gelombang elektromagnetik pantulan (*reflection*) maupun pancaran (*emission*) dari objek yang diamati. Obyek di permukaan bumi akan memantulkan energi gelombang elektromagnetik yang selanjutnya akan ditangkap dan direkam oleh sensor (Bakara, J., 2014).

Sistem penginderaan jauh memiliki empat komponen dasar yaitu; objek, sumber energi, alur transmisi, serta sensor. Keempat komponen tersebut bekerja bersamaan untuk mengukur dan mencatat informasi dari objek 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 objek. Data tersebut selanjutnya dikirimkan ke stasiun penerima untuk kemudian diproses menjadi format yang siap dipakai berupa citra. Citra tersebut yang kemudian diinterpretasikan untuk dapat diambil informasinya mengenai objek yang diamati. Terdapat tiga kelompok utama objek permukaan bumi yang dapat dideteksi oleh sensor yaitu: air, tanah, serta vegetasi. Masing-masing obyek tersebut memiliki energi elektromagnetik dengan panjang gelombang berbeda. Sifat-sifat tersebut yang sering digunakan dalam sistem penginderaan jauh untuk dapat mengenali objek-objek di permukaan bumi.

Interpretasi citra merupakan proses pengkajian dan pengenalan objek dalam citra. Terdapat tiga tahapan dalam interpretasi citra, diantaranya:

1. Deteksi, yaitu: pengenalan objek dengan karakteristik tertentu oleh sensor.
2. Identifikasi, yaitu: mencirikan objek dengan menggunakan data rujukan.
3. Analisis, yaitu: mengumpulkan keterangan lebih lanjut secara terperinci.

Ada dua jenis penginderaan jauh yakni penginderaan jauh pasif dan aktif. Penginderaan jauh sistem pasif adalah penginderaan jauh yang menggunakan energi yang berasal dari obyek. Energi dapat berupa pantulan dari sumber lain, yang dalam hal ini umumnya adalah matahari. Penginderaan jauh sistem aktif adalah penginderaan jauh yang menggunakan energi yang berasal dari sensor tersebut. Sensor membangkitkan energi yang diarahkan ke obyek kemudian obyek memantulkan kembali ke sensor.

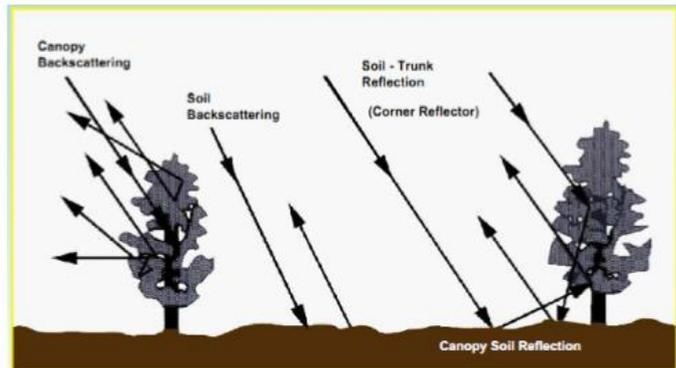
2.2.1 Penginderaan Jauh dengan RADAR

Radargrametri berasal dari kata RADAR, *Gamma* yang artinya untuk menggambar atau mendeskripsikan dan *Metron* yang artinya untuk mengukur. Dari asal kata tersebut dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa radargrametri adalah teknik pengukuran atau pendeteksi objek dengan teknologi RADAR. RADAR merupakan singkatan dari *RADio Detection And Ranging*. Radar bekerja pada gelombang elektromagnetik berupa gelombang radio dan gelombang mikro, dengan panjang gelombang beberapa milimeter hingga satu meter. Gelombang radio dan gelombang mikro tersebut dipancarkan ke seluruh permukaan bumi dan pantulannya terdeteksi oleh sistem radar yang selanjutnya digunakan untuk mendeteksi objek (Bioresita dan Cahyadi, 2015).

Radar menggunakan spektrum gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 300 MHz hingga 30 GHz atau panjang gelombang 1 cm hingga 1 meter dengan polarisasi gelombang vertikal atau horisontal. Citra radar yang diperoleh merepresentasikan jumlah energi pantul yang diterima oleh sensor. Besar kecilnya panjang gelombang elektromagnetik mempengaruhi terhadap penetrasi gelombang tersebut pada objek di permukaan bumi. Semakin besar panjang gelombangnya

maka semakin kuat daya tembus atau penetrasi gelombang tersebut. Hal ini berlaku dengan catatan bahwa semakin tinggi nilai konstanta dielektriknya maka semakin sulit untuk ditembus.

Penginderaan jauh dengan radar merupakan pencitraan dengan memancarkan radiasi gelombang radar ke obyek di permukaan bumi. Citra dari permukaan bumi dibentuk oleh pantulan atau hamburan energi gelombang radar dari permukaan baik daratan maupun lautan dan sinyal gelombang dikembalikan lagi ke sensor. Kelebihan dari pencitraan ini adalah dapat dilakukan dalam kondisi siang hari ataupun malam hari, serta gelombang yang dipancarkan dapat menembus awan, pepohonan serta perairan dangkal tergantung dari jenis band yang digunakan (Kusman, A., 2008).



Gambar 2.2 Pantulan pulsa radar oleh objek di permukaan bumi. (Kusman, A., 2008).

Sistem radar menggunakan tenaga berupa pulsa. Pada permukaan bumi, pulsa gelombang radar dipancarkan ke segala arah, sebagian pantulannya diterima kembali oleh sensor. Sehingga dengan demikian

sistem ini sering disebut dengan penginderaan jauh aktif (Active Remote Sensing).

Radar menggunakan spektrum gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 300 MHz hingga 30 GHz atau panjang gelombang 1 cm hingga 1 meter dengan polarisasi gelombang vertikal atau horisontal. Citra radar yang diperoleh merepresentasikan jumlah energi pantul yang diterima oleh sensor. Besar kecilnya panjang gelombang yang digunakan berpengaruh pada citra yang diperoleh. Besar kecilnya panjang gelombang elektromagnetik mempengaruhi terhadap penetrasi gelombang tersebut pada objek di permukaan bumi. Semakin besar panjang gelombangnya maka semakin kuat daya tembus atau penetrasi gelombang tersebut. Hal ini berlaku dengan catatan bahwa semakin tinggi nilai konstanta dielektriknya maka semakin sulit untuk ditembus.

2.2.2 Sistem Pencitraan Radar

Ada antenna yang digunakan sistem penginderaan jauh dengan radar dikelompokkan menjadi sebagai berikut :

2.2.2.1 Real Aperture Radar (RAR)

Real Aperture Radar (RAR) merupakan salah satu sistem pencitraan radar dengan mengarah kesamping (*side looking*) dengan geometri pengamatan (tinggi terbang, sudut pengamatan, panjang gelombang, dan lain-lain), tergantung dengan satelit yang digunakan. Dalam sistem RAR ini, hanya informasi amplitudo (dan bukan fase) dari setiap sinyal yang kembali, yang dilakukan pengambilan datanya serta dilakukan prosesnya (Bioresita dan Cahyadi, 2015).

Antena dari satelit dengan sistem RAR memancarkan sinyal elektromagnetik dengan arah tegak lurus dari satelit pengamatan ke arah

permukaan bumi. Resolusi spasial dari sistem RAR ditentukan oleh ukuran antena yang digunakan, semakin panjang atau besar ukuran antenanya, semakin baik resolusi spasialnya (Kusman. A., 2008).

2.2.2.2 Synthetic Aperture Radar (SAR)

Synthetic Aperture Radar (SAR) merupakan sistem radar koheren yang dapat digunakan pada siang maupun malam hari. SAR dapat digunakan pada siang maupun malam hari pada segala jenis kondisi cuaca, hal ini dikarenakan sistem SAR menggunakan gelombang radio (*microwave*) untuk pengamatan permukaan Bumi (Hansenn, R.F., 2001).

Antena radar memancarkan energi (sinyal) frekuensi gelombang *microwave* untuk menjelaskan target di permukaan Bumi. Reflektan sinyal (hamburan) yang diterima oleh antena radar merepresentasikan karakteristik dari target. Dengan mengukur perbedaan waktu antara transmisi pulsa dan penerimaan reflektansi energi, jarak antara sensor radar dengan objek yang disorot dapat ditentukan sebagai jarak miring (*slant range*). Selain itu melalui pengolahan data digital, sinyal yang dipantulkan (data mentah radar) dapat ditransformasikan ke dalam citra SAR.

Pada prinsipnya, SAR menggunakan prinsip doppler terutama dari gema radar yang dihasilkan dari putaran suatu benda di depan satelit untuk mensintesis sebuah antenna besar. Hal ini memberikan hasil ketelitian tinggi dari resolusi azimuth pada citranya dengan ukuran antena yang kecil. Sistem antena sintesis terjadi ketika wahana SAR (pesawat atau satelit) bergerak pada jalurnya. Sistem SAR memancarkan gelombang *microwave* ketika wahananya bergerak maka secara otomatis

gelombang tersebut akan dipantulkan secara berurutan sesuai dengan posisi pesawat ketika gelombang itu dipancarkan dengan waktu yang berbeda. Dengan merekam dan menggabungkan gelombang-gelombang tunggal inilah sebuah antenna sintesis dibentuk oleh komponen data prosesing dalam sistem SAR untuk menghasilkan resolusi azimuth yang tinggi (Bioresita dan Cahyadi, 2015).



Gambar 2.3 Spekturm Gelombang yang digunakan pada SAR
(Sumber : ESA, 2012)

Dalam sistem SAR, terdapat istilah sudut pandang (*Look Angle*) yang merupakan sudut yang terbentuk oleh sinar pancaran radar dan sebuah garis tegak lurus dengan permukaan. Interaksi gelombang radar dengan permukaan ialah sangat kompleks dan perbedaan mekanisme hamburan diakibatkan perbedaan sudut arah yang datang, kembalinya tersebut terkait dengan permukaan hamburan.

2.2.3 Polarisasi

Polarisasi merupakan peristiwa perubahan arah getar gelombang cahaya yang acak menjadi satu arah getar, dimana getaran suatu gelombang dibatasi menurut pola tertentu. Polarisasi gelombang menunjukkan arah medan listrik pada suatu titik yang dilewati oleh gelombang tersebut. Peristiwa polarisasi ini hanya dapat terjadi pada gelombang transversal saja (Bioresita dan Cahyadi, 2015).

Citra satelit SENTINEL-1 merupakan citra yang menggunakan sistem radar. Citra radar dari satelit memancarkan sensor gelombang mikro aktif yang menyinari objek. Sensor memancarkan gelombang mikro menuju objek dan mendeteksi *backscatter* atau pancaran balik dari sinyal. Tanpa bergantung pada panjang gelombang, sinyal radar dapat dikirimkan secara horisontal (H) maupun vertikal (V) dari bidang vektor dan sinyal kembali diterima juga secara horisontal atau vertikal dan ataupun kedua-duanya. Dengan demikian terdapat empat kombinasi polarisasi yang memungkinkan, yaitu :

- HH : *Horizontal transmit* dan *Horizontal receive (co-polarization)*
- VV : *Vertical transmit* dan *Vertical Receive (co-polarization)*
- HV : *Horizontal transmit* dan *Vertical Receive (cross-polarization* atau polarisasi silang)
- VH : *Vertical transmit* dan *Horizontal Receive (cross-polarization* atau polarisasi silang)

Dalam pendeteksian tumpahan minyak, polarisasi yang tepat digunakan adalah polarisasi VV (Brekke, C., & Solberg, A. H. S., 2005). Polarisasi VV memberikan *backscatter* radar yang tinggi dari permukaan laut dibandingkan HH. Sedangkan penggunaan polarisasi VV disarankan dalam pendeteksian tumpahan minyak karena memberikan kontras pada lapisan minyak yang lebih baik. Pada pantulan VH dan HV terjadi mekanisme pantulan yang lebih kompleks maka tidak sesuai untuk pendeteksian tumpahan minyak karena pantulan dari permukaan laut akan berada di bawah kebisingan dasar SAR (Alpers, W. & Espedal, H., 2004).

2.3 Citra Sentinel

Citra satelit Sentinel adalah citra yang dirancang dan dikembangkan oleh ESA dan didanai oleh Komisi Eropa (*European Commission*). Citra satelit sentinel terdiri dari konstelasi dua macam sensor yakni Sentinel-1 dengan sensor aktif dan Sentinel-2 dengan sensor pasif.

Sentinel-2 merupakan satelit resolusi menengah dengan resolusi temporal 10 hari untuk satu satelit. Satelit ini dapat digunakan untuk pengamatan operasional seperti peta tutupan lahan, peta deteksi perubahan lahan dan variabel geofisika.

Sementara Sentinel-1 memiliki misi yang terdiri dari konstelasi dua satelit yang mengorbit kutub. Beroperasi dengan C-Band pada citra SAR memungkinkan Sentinel-1 untuk memperoleh citra terlepas dari cuaca dan siang maupun malam (ESA, 2013).

Sentinel-1 terdiri dari dua macam yakni Sentinel - 1A dan Sentinel - 1B yang berbagi bidang orbit yang sama dengan perbedaan 180° pada orbit.

2.3.1 Citra Sentinel-1A

Sentinel-1 adalah konstelasi dua satelit dengan tujuan utama pemantauan Darat dan Lautan. Tujuan dari misi ini adalah untuk memberikan kontinuitas data SAR C-Band setelah berakhirnya misi ERS-2 dan Envisat. Sentinel-1 membawa sensor C-SAR yang menawarkan pencitraan resolusi menengah dan tinggi di semua kondisi cuaca. C-SAR mampu mendapatkan pencitraan malam dan mendeteksi gerakan kecil di darat yang membuatnya berguna untuk pemantauan darat dan laut. Penelitian kali ini menggunakan citra Sentinel-1A akuisisi mode IW produk GRD. Karakteristik akuisisi mode IW Sentinel-1A dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2.4 Citra Satelit Sentinel-1
(Sumber : ESA, 2012)

Tabel 2.1 Karakteristik Sentinel-1A Mode Perekaman IW
(*Interferometric Wide Swath*)
(Fetcher, 2012 dalam Abdurrahman, 2015)

No	Karakteristik	Nilai
1.	Swath Width	250 km
2.	Incidence angle range	$31^{\circ} - 46.0^{\circ}$
3.	Azimuth Resolution	20 m
4.	Ground Range Resolution	5 m
5.	Azimuth and range looks	Single
6.	Maximum Noise Equivalent Sigma Zero (NESZ)	-22 Db
7.	Radiometric stability	0,5 dB (3σ)
8.	Radiometric accuracy	1 dB (3σ)
9.	Phase error	5°
10.	Band	C-Band
11.	Wavelength	5,4 cm
12.	Spacial Resolution	5 m – 20 m

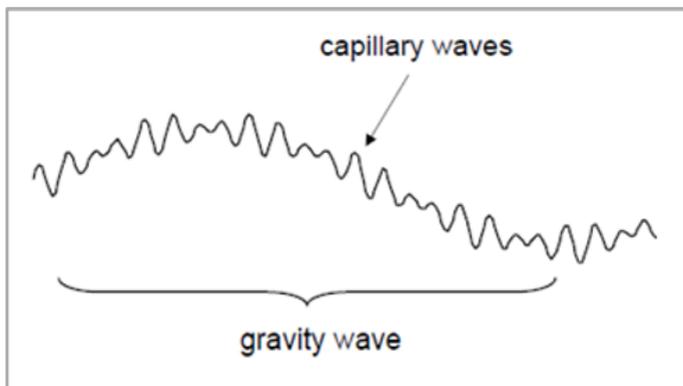
Menurut ESA (2019), dalam kursus *Introduction to Radar Remote Sensing* menjelaskan terdapat tiga pilihan pada *Product Type* yakni : SLC (*Single Look Complex*), GRD (*Ground Range Detected*), dan OCN (*Level-2 Ocean*). Produk SLC terdiri dari data radar yang sudah terfokuskan, *geo-referencing* menggunakan data orbit dan ketinggian dari satelitnya, dan tersedia pada *slant-range geometry*. Pada produk ini informasi *phase* masih tersedia. GRD terdiri data SAR yang terfokuskan, *multi-looked* dan sudah terproyeksi pada *ground range* menggunakan model ellipsoid seperti WGS84. Koordinat *ground range* adalah *slant range* koordinat yang terproyeksikan ke dalam ellipsoid bumi. Nilai piksel hanya merepresentasikan *magnitude* dan sudah kehilangan informasi *phase*. Hasilnya, produk GRD hampir memiliki resolusi piksel yang kotak dengan *speckle* yang sudah tereduksi dan berdampak pada berkurangnya resolusi spasial citra. OCN merupakan produk turunan dari level 1 yang dapat berisi informasi geofisik seperti angin, gelombang, dan arus laut.

Mode SM merekam data pada luasan 80 km dan memiliki resolusi spasial 5 m x 5 m (*single look*) dan memiliki polarisasi *dual* (HH+HV, VV+VH) dan *single* (HH, VV). IW merupakan perekaman utama yang fokus pada daratan dimana luasan perekaman adalah 250 km dan memiliki resolusi spasial 5 m sampai 20 m (*single look*) dan memiliki polarisasi *dual* (HH+HV, VV+VH) dan *single* (HH, VV). EW sama dengan mode IW yang menggunakan teknik TOPSAR untuk memperoleh data pada area yang luas menggunakan lima *sub-swaths*, dimana mode EW merekam data pada luasan 400 km dan memiliki resolusi spasial 20 m sampai 40 m dan memiliki polarisasi *dual* (HH+HV, VV+VH) dan *single* (HH, VV). Mode WV mengambil data pada luasan 20 km x 20 km dengan resolusi 5 m x 5 m pada setiap 1000 km sepanjang orbit, dan terdapat dua *incidence*

angle dalam perekamannya dimana setiap 200 km *incidence angle* akan sama.

2.4 Deteksi Tumpahan Minyak Pada Citra Radar

Konsep dasar deteksi tumpahan minyak di perairan pada citra radar berkaitan erat dengan dinamika laut dan mekanisme penghamburan sinyal radar (*backscatter*). Secara umum, mekanisme *backscatter* sinyal radar di laut tidak terlepas dari gelombang (Culander dan McDonough, 1991). Sinyal radar dihamburkan oleh permukaan laut yang terdiri dari gelombang yang disebut *capillary waves* dan *gravity waves*. Kedua jenis gelombang tersebut terbentuk karena adanya interaksi antara massa air dengan angin (Richards, 2009). Thorpe (2009) menyebutkan bahwa diperlukan angin dengan kecepatan antara minimal 1 - 2 m/s untuk membentuk *capillary waves*. Sementara itu, *gravity waves* terbentuk akibat dari pertumbuhan *capillary waves* (Gambar 1).



Gambar 2.5 Capillary dan gravity waves
(Sumber : Richards, J.A., 2009)

Keberadaan tumpahan minyak mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan laut. Tumpahan minyak akan menindih *capillary* atau *gravity waves* dan mengurangi tingkat

kekasaran permukaan laut. Dengan permukaan yang relatif lebih rata dibandingkan sekitarnya, area dengan tumpahan minyak tersebut akan memiliki hamburan balik (*backscatter*) yang lebih rendah. Backscatter yang rendah tersebut akan tampak gelap pada citra radar.

Namun demikian, area gelap di perairan pada citra radar tidak selalu mengindikasikan keberadaan tumpahan minyak. Area gelap yang menyerupai tumpahan minyak disebut sebagai *look-alike* dan merupakan tantangan utama dalam deteksi minyak pada citra radar. *Look-alikes* pada citra radar dapat berupa surfaktan alami yang dihasilkan *phytoplankton* maupun ikan, fenomena hujan, area dengan kecepatan angin rendah dan lain sebagainya (Alpers dan Espedal, 2004).

Deteksi tumpahan minyak pada citra radar dibatasi oleh kecepatan angin saat akuisisi citra. Pada kecepatan angin yang rendah, *backscatter* tidak terjadi karena tidak terbentuknya *capillary/gravity waves*, sehingga tampak area gelap yang dapat menyerupai tumpahan minyak (Jones, 2001). Di sisi lain, pada kecepatan angin yang tinggi, tumpahan minyak pada permukaan laut akan bercampur dengan air laut dan tenggelam ke dalam kolom air sehingga tidak terdeteksi pada citra radar (Topouzelis, 2008). Disebutkan bahwa deteksi tumpahan minyak pada citra radar dapat dilakukan dengan kecepatan angin berkisar antara 2 – 14 m/s (Brekke dan Solberg, 2005).

Tabel 2.1 Penampakan Lapisan Minyak pada Citra SAR pada Kondisi Kecepatan Angin Tertentu (Brekke dan Solberg, 2005)

Kecepatan Angin (m/detik)	Tanda Lapisan
0 – 3	Tidak ada dampak angin pada lapisan minyak, namun probabilitas tinggi terlihatnya objek mirip (look-alike)
3 – 10	Sedikit kesalahan interpretasi pada daerah dengan angin lokal rendah dan background minyak masih terlihat homogen
>10	Hanya minyak tebal yang terlihat. Minyak tipis akan tidak dilihat karena pembauran lapisan minyak oleh angin.

2.5 Adaptive Threshold

Dalam melakukan pengolahan data pendeteksian adanya lapisan tumpahan minyak (*oil spill*), hal pertama yang perlu dilakukan yaitu *pre-processing*. Citra yang didapat harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai piksel yang benar untuk menampilkan permukaan *backscatter* radar yang terefleksi (Rosich *et al*, 2004). Koreksi radiometrik ini berguna untuk membandingkan citra SAR dari sensor, waktu, mode, atau diproses dari prosesor yang berbeda. Output yang telah terkalibrasi selanjutnya dilakukan koreksi geometrik untuk mendapatkan output dengan sistem referensi koordinat yang telah terproyeksi.

Intensitas piksel pada citra SAR dapat digunakan untuk membagi *oil spill* dari citra. Dalam hal tersebut, terdapat hubungan berbanding terbalik antara nilai intensitas dan sudut datang (*Incidence Angle*). Piksel area laut yang bersih dengan sudut datang dan berada pada kondisi lingkungan yang sama

memiliki nilai intensitas yang sama. Sedangkan piksel dengan nilai intensitas rendah dapat diduga sebagai tumpahan minyak. Dalam *adaptive threshold*, diketahui bahwa nilai dibentuk dari sudut datang dan kondisi lingkungan untuk setiap piksel pada citra dan untuk identifikasi dugaan tumpahan minyak.

Adapun bagian piksel dari tumpahan minyak diklusterisasi berdasarkan sudut datang. Nilai intensitas maksimum di bawah rata-rata ditambah standar deviasi yang sesuai digunakan untuk membangun *adaptive threshold*. Sedangkan batas nilai berfungsi untuk menyeleksi daerah yang bukan merupakan tumpahan minyak. Dalam Mera *et al* (2012) setelah analisis regresi pada piksel data dilakukan, percobaan dua fungsi dilakukan pada *threshold adaptif* yang ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2.

1. Fungsi *Quartic*

$$y = -63401 * 10^{-5}x^4 + 0,00073027x^3 - 0,029919x^2 + 0,50015x - 2,6381 \quad (1)$$

2. Fungsi Eksponen Negatif

$$y = 7,4199e^{-0,18212x} \quad (2)$$

Dimana :

x = variabel sebab yakni Intensitas Piksel

y = variabel akibat yakni dugaan tumpahan minyak

Permukaan laut yang dipengaruhi oleh angin, secara langsung membuat kekasaran pada permukaan laut tersebut. Nilai kecepatan angin pada bagian piksel tumpahan minyak ditambahkan untuk mendapatkan *threshold adaptif* yang baru (Mera *et al*, 2012). Adapun pengaruh penampakan lapisan minyak pada citra SAR terhadap kondisi kecepatan angin ditunjukkan pada Tabel (2.2).

Pada Aplikasi SNAP, *adaptive threshold* dilakukan dengan menerapkan *Tools Oil Spill Detection* untuk mengidentifikasi area gelap. Pada dasarnya penerapan

adaptive threshold melalui tahapan awal yaitu tingkat *backscatter* rata-rata lokal diperkirakan menggunakan piksel dalam ukuran *window* yang luas sehingga dalam implementasi perlu ditetapkan ukuran *background window*, kemudian tahap berikutnya *threshold* pendeteksian ditetapkan sebesar k desibel di bawah perkiraan tingkat *backscatter* rata-rata lokal. Maka piksel dalam *window* dengan nilai lebih rendah dari *threshold* terdeteksi sebagai area gelap. k atau *Threshold Shift* adalah parameter yang dipilih pengguna. *Threshold shift* yang digunakan mengacu pada hasil penelitian Solberg *et al* (2007) dengan kisaran *threshold shift* 1 hingga 4 dB. Tahap akhir adalah *oil spill clustering* yaitu mengeliminasi *cluster* piksel dengan dimensi sesuai luas minimum yang digunakan.

2.6 Implementasi Algoritma Adaptive Threshold

2.6.1 Masking

Dalam hal ini, masking diaplikasikan untuk mencegah *processing* pada wilayah daratan. Pada pengolahan ini, beberapa piksel pada daratan diubah menjadi nilai kosong (null). Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan interpretasi dalam pendeteksian lapisan tumpahan minyak (*oil spill*).

2.6.2 Menyeleksi Noise

Speckle noise terdapat pada citra dalam proses konstruksi atau pun transmisi. *Noise* membuat penurunan kualitas citra dan berdampak pada hasil *threshold*. Untuk itu, *adaptive filter* diaplikasikan untuk mengurangi potensi adanya *noise* tersebut. Menurut Marghany & Van Genderen (2014) algoritma Lee dan Gamma MAP dapat beroperasi dengan baik pada lapisan minyak yang linier. Menggunakan standar deviasi untuk menghitung nilai baru sebuah piksel yang berada di sekitar kotak lokal (kesatuan piksel yang digunakan untuk memfilter citra

digital). Berbeda dengan filter penghalus berfrekuensi rendah, *adaptive filter* menjaga ketajaman dan detail citra ketika mereduksi noise. Dalam Lee, J.S. (1981) algoritma Lee Filter ditunjukkan pada persamaan (3).

$$DN_{keluar} = [Mean] + K[DN_{masuk} - Mean] \quad (3)$$

Dimana :

Mean = rata - rata piksel pada jendela

$$K = \frac{Var(x)}{[Mean]^2 \sigma^2 + Var(x)} \quad (4)$$

$$Var(x) = \left(\frac{[variance] + [mean]^2}{[sigma]^2 + 1} \right) - [mean]^2 \quad (5)$$

2.6.3 Deteksi Tumpahan Minyak

Pada *processing* citra, terdapat dua jenis piksel yang tidak dianalisa yaitu piksel dengan nilai null (daratan), dan piksel di luar daerah sensor pada citra (area sekelilingnya hitam). Estimasi kecepatan angin dan sudut datang diekstraksi berdasarkan piksel. Informasi angin digunakan untuk memilih fungsi *threshold adaptif*. Kemudian, sudut datang digunakan sebagai masukan pada fungsi yang terpilih untuk mendapatkan intensitas *threshold* dengan menampilkan nilai maksimum yang mengidentifikasi minyak pada daerah yang tercakup oleh sudut tersebut. Untuk menghindari pemisahan nilai intensitas rendah, intensitas piksel dihitung menggunakan rata-rata level pertama lingkungan (berat pada analisa piksel berlipat terhadap lingkungan tersebut). Perhitungan nilai *threshold* dibandingkan terhadap rata-rata intensitas. Jika kemudian sama atau lebih rendah dari pembentuknya, maka piksel dijadikan sebagai calon tumpahan minyak, dan sebaliknya yaitu perairan yang bersih (Mera *et al*, 2012).

2.7 Penelitian Sebelumnya

Studi mengenai pendeteksian tumpahan minyak telah dilakukan oleh Tazaroh (2017) dengan judul “ Aplikasi Metode *Threshold Adaptive* Dan Segmentasi Multi Skala Dalam Pendeteksian Daerah Tumpahan Minyak Menggunakan Data Envisat ASAR (Studi Kasus : Perairan Kepulauan Seribu)”. Dengan menggunakan metode *threshold adaptif* dan segmentasi multi skala, tumpahan minyak yang terdeteksi lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan pendeteksian secara manual. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data citra ENVISAT ASAR WSM Bulan Maret, April, Mei, September, dan Nopember 2004 dan Data Sekunder kecepatan angin dan arus sebagai data validasi. Dalam pengolahan data, didapatkan hasil pendeteksian tumpahan minyak yang menunjukkan bahwa data pada bulan pengamatan yaitu Bulan Maret, April, Mei, September, dan November memiliki nilai presisi lebih dari 70%. Selain itu, tingkat kepercayaan untuk data pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Maret, April, September, dan November adalah tingkat kepercayaan menengah karena memiliki data kecepatan angin sebesar 3-6 m/s. Sedangkan data pada pada Bulan Mei memiliki tingkat kepercayaan rendah karena hanya memiliki data kecepatan angin sebesar 2,24 m/s. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode *threshold adaptif* dan segmentasi multi skala dapat digunakan dalam pendeteksian tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu. Hasil juga menunjukkan bahwa luas tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu.

Penelitian kedua dilakukan oleh Prastyani (2018) dengan judul “*Utilisation of Sentinel-1 SAR Imagery for Oil Spill Mapping : A Case Study Balikpapan Bay Oil Spiil* “ Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tumpahan minyak di Teluk Balikpapan dengan menggunakan citra SAR dari Sentinel-1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Semi-Automatic Approach* dan *Automatic Approach*.

Tumpahan minyak terdeteksi secara otomatis menggunakan kotak alat Deteksi Tumpahan Minyak dari SNAP. Berdasarkan hasil dari pendekatan pertama yakni *Semi-Automatic Approach* air yang tercemari oleh tumpahan minyak akan memiliki nilai piksel yang lebih rendah atau tampak lebih gelap. Sementara hasil dari *Automatic Approach* Deteksi tumpahan minyak dilakukan menggunakan parameter default. Namun, dengan parameter default, algoritme tidak berhasil mendeteksi tumpahan minyak. Piksel yang terdeteksi sebagai tumpahan oli kemungkinan mewakili beberapa yang mirip yang hampir tidak dapat dilihat di seluruh area penelitian. Metode ini dengan parameter default cukup buruk dalam mendeteksi tumpahan minyak karena hanya beberapa piksel yang terdeteksi. Kegagalan deteksi tumpahan minyak dengan *Automatic Approach* dalam percobaan ini terutama disebabkan oleh parameter yang ditetapkan untuk algoritma. Ukuran *Background Window* di mana hamburan balik rata-rata lokal diperkirakan terlalu kecil. Hal ini menyebabkan perkiraan hamburan balik rata-rata lokal sangat mirip dengan piksel. Eksperimen deteksi tumpahan oli otomatis yang disediakan oleh SNAP dengan parameter default ini tidak efektif dalam mendeteksi tumpahan oli dan tidak dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan terkait operasi penyelamatan dan pembersihan. Eksperimen kami menunjukkan bahwa metode *Semi-Automatic Approach* memiliki kinerja yang lebih baik daripada deteksi otomatis oleh SNAP. Namun demikian, kedua pendekatan ini berguna untuk memetakan tumpahan minyak dalam hal waktu dan efektivitas biaya.

Penelitian ketiga dilakukan oleh Sulma dkk (2019) dengan judul “Deteksi Tumpahan Minyak Menggunakan Metode *Adaptive Threshold* dan Analisis Tekstur Pada Data SAR” Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode analisis tekstur dan *adaptive threshold* untuk deteksi tumpahan minyak menggunakan citra SAR Sentinel 1.

Wilayah kajian meliputi perairan utara Bintang serta perairan Teluk Balikpapan yang mengalami kejadian tumpahan minyak yang cukup besar pada akhir Maret 2018. Tahap awal dilakukan koreksi data meliputi koreksi atau kalibrasi radiometrik, filtering dan land masking. Tahap selanjutnya adalah deteksi *dark spot* yang dilakukan menggunakan dua pendekatan dan dibandingkan metode yang memberikan hasil terbaik. Metode pertama adalah analisis tekstur menggunakan *Grey Level Cooccurrence Matrix* (GLCM) dengan perhitungan *homogeneity*, entropi dan *Angular Second Moment* (ASM), kemudian dilakukan klasifikasi menggunakan *Maximum Likelihood*, sedangkan pendekatan kedua adalah menggunakan *adaptive threshold*. Hasil kajian menunjukkan bahwa metode tekstur analisis GLCM dan *adaptive threshold* pada citra SAR Sentinel 1 memberikan hasil yang cukup baik untuk area tumpahan minyak yang cukup tebal. Namun untuk area tumpahan minyak yang tipis atau pada wilayah pencampuran air, metode *adaptive threshold* memberikan hasil yang lebih baik. Modifikasi berupa *masking* kapal (atau objek dengan *backscatter* tinggi) sebelum diterapkan metode *adaptive threshold* dapat mengurangi kesalahan seperti terdeteksinya objek minyak di sekitar kapal.

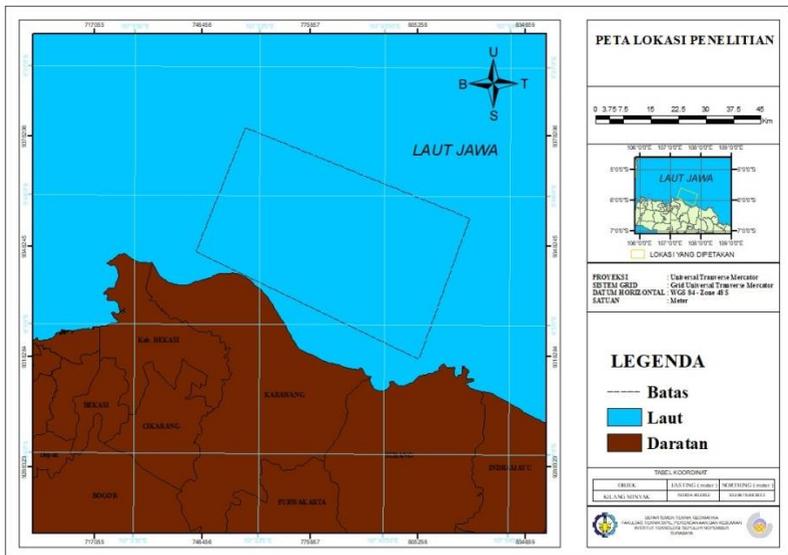
“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada dalam koordinat batas sebagai berikut :

- batas 1 : $5^{\circ} 35' 59.246''$ LS; $107^{\circ} 19' 55.064''$ BT
- batas 2 : $5^{\circ} 49' 16.404''$ LS; $107^{\circ} 52' 58.469''$ BT
- batas 3 : $5^{\circ} 54' 16.007''$ LS; $107^{\circ} 12' 39.958''$ BT
- batas 4 : $6^{\circ} 09' 54.397''$ LS; $107^{\circ} 45' 35.064''$ BT



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan adalah data citra radar Sentinel 1A dengan mode *Interferometric Wide Swath* (IW) dual polarisasi VV dan VH. Data merupakan

produk Level 1 *Ground Range Multi Look Detected* (GRD). Adapun data yang dipakai yakni pada Bulan Juli 2019 hingga Maret 2020.

Selain itu diperlukan data tambahan berupa data kecepatan dan arah angin yang diperoleh dengan melakukan proses *Wind Field Estimation* pada SNAP (Misra dan Balaji, 2017).

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yakni :

- a. Komputer dengan spesifikasi tinggi.
- b. Software SNAP (*Sentinel Application Platform*) dengan lisensi open source untuk pengolahan data Citra Satelit SENTINEL-1A.
- c. Google Earth untuk membuka hasil masking.
- d. Qgis untuk memploting peta hasil pendeteksian.
- e. Perangkat lunak Microsoft Office 2013 dengan lisensi ITS untuk pembuatan laporan.

3.3 Metodelogi Penelitian

3.3.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Identifikasi masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mendeteksi tumpahan minyak dan memberi informasi spasial dalam bentuk peta yang berguna untuk data awal penanggulangan bencana tumpahan minyak yang terjadi.

- b. Studi Literatur

Tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan referensi penelitian yang akan dilakukan. Adapun studi literatur yang dipelajari mengenai metode

dan data yang digunakan untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak.

c. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk penelitian. Data-data diambil dari situs download data Satelit Sentinel-1A dan sumber-sumber literatur baik dari media cetak maupun elektronik. Selain itu dilakukan pengumpulan data sekunder yaitu data Kecepatan angin untuk selanjutnya dilakukan pengolahan dan digunakan sebagai validasi pendeteksian tumpahan minyak yang telah dilakukan.

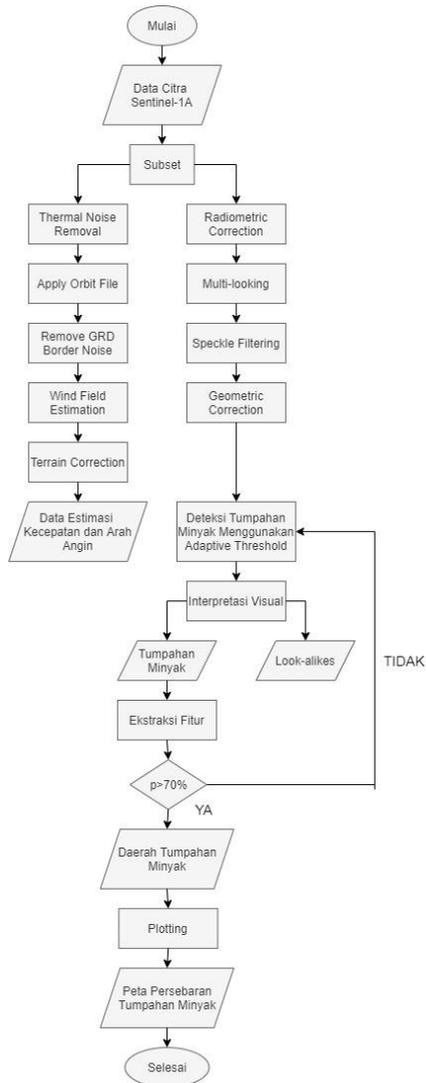
d. Pengolahan Data

Pengolahan data untuk pendeteksian tumpahan minyak dilakukan pada software SNAP, sedangkan untuk mendapatkan data kecepatan angin dilakukan perhitungan di Microsoft Excel.

e. Pembuatan Laporan Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan akhir yaitu proses penyajian hasil dan analisa penelitian dalam bentuk laporan dan presentasi.

3.3.2 Tahapan Pengolahan Data



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data

Penjelasan Diagram Alur :

1. *Subset*

Fungsi *subset* pada software SNAP memiliki kegunaan untuk memotong citra sesuai dengan area yang diinginkan. Pemrosesan satu scene citra SENTINEL-1 secara utuh akan membutuhkan waktu yang cukup lama, kemampuan perangkat keras yang tinggi serta memori yang besar. Pada software SNAP, *Spasial subset* dilakukan dengan hasil yang berbentuk persegi atau persegi panjang sesuai dengan lokasi penelitian.

2. *Radiometric Calibration*

Tujuan dari *radiometric calibration* adalah untuk mendapatkan citra dengan nilai piksel yang secara langsung berhubungan atau berkaitan dengan nilai *backscatter*. Meskipun citra SAR yang belum terkalibrasi mencukupi untuk penggunaan kualitatif, namun citra SAR yang telah terkalibrasi sangat penting untuk penggunaan kuantitatif dari data SAR. Pada pemrosesan *radiometric calibration* ini, juga dilakukan *radiometric correction*, sehingga nilai piksel dari citra SAR benar-benar merepresentasikan *backscatter* dari pantulan permukaan. *Radiometric correction* juga dibutuhkan untuk membandingkan citra SAR dengan sensor yang berbeda, atau berasal dari sensor yang sama namun dengan waktu yang berbeda, atau antara mode yang berbeda.

3. *Multilooking*

Dalam perekaman citra, SAR biasanya memiliki ukuran pixel pada arah azimuth dan range yang berbeda. Hal ini dikarenakan citra SAR ingin mendapatkan resolusi yang tinggi. Namun resolusi radiometrik dari citra SAR tersebut tidak bagus. Oleh karena itu, terdapat proses *multilooking* yaitu menyamakan ukuran pixel pada arah azimuth dan *range* sehingga dapat berbentuk hampir persegi. Proses ini dapat meningkatkan resolusi

radiometrik namun mengurangi tingkat resolusi spasialnya. Proses multilooking juga dapat digunakan untuk mengurangi efek speckle.

4. *Speckle Filtering*

Citra SAR memiliki suatu tekstur yang seperti pasir dan merica yang disebut *speckles*. *Speckles* tersebut menurunkan kualitas dari citra dan membuat interpretasi fitur-fitur pada citra menjadi lebih sulit. Berbagai metode dalam penyaringan spasial dapat digunakan untuk mengurangi speckle. Pada software SNAP, metode yang tersedia adalah *mean*, *median*, *frost*, *lee*, dan *gamma map*. Metode yang digunakan dalam *spatial filtering* bergantung pada tujuan penggunaan

Menurut Marghany, M., & Van, G. J. (2014) algoritma Lee dapat beroperasi dengan baik pada lapisan minyak yang linier. Filter Lee bekerja menggunakan kriteria *minimum square error* (MMSE) dengan memperkenalkan nilai statistik lokal pada citra. Filter lee dipercaya dapat mengurangi noise dan di saat yang sama mempertahankan bagian-bagian tepi.

Menggunakan standar deviasi untuk menghitung nilai baru sebuah piksel yang berada di sekitar kotak lokal (kesatuan piksel yang digunakan untuk memfilter citra digital). Berbeda dengan filter penghalus berfrekuensi rendah, *adaptive filter* menjaga ketajaman dan detail citra ketika mereduksi *noise*.

5. *Geometric Correction*

Citra tersebut posisinya masih terbalik atau belum sesuai kondisi lapangan sehingga diperlukan koreksi gemetrik. Dengan menerapkan tools Ellipsoid Corection.

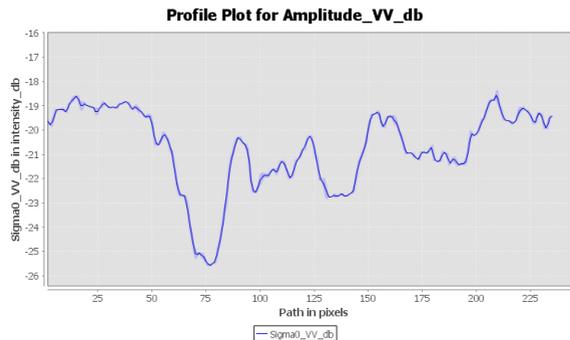
6. *Wind Field Estimation*

Seperti yang telah disebutkan bahwa mekanisme backscatter pada citra radar juga turut dipengaruhi oleh angin yang membentuk *capillary/gravity waves*.

Beberapa metode telah dikembangkan untuk menginversikan backscatter dalam nilai *Normalised Radar Cross Section* (NRCS) untuk memperoleh kecepatan angin. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah berdasarkan model geofisika CMOD5 yang dikembangkan oleh *European Centre for MediumRange Weather Forecasts* (ECMWF), dimana model inilah yang diterapkan pada SNAP (Prastyani, R dan Basith, A. 2018)

7. *Oil Spill Detection* dengan Metode Adaptive Threshold

Deteksi area gelap menggunakan metode yakni *Adaptive Threshold*. *Adaptive threshold* dilakukan dengan menerapkan *tools oil spill detection* pada aplikasi SNAP.



Gambar 3.3 Nilai ambang batas threshold

Secara umum, air yang telah dicemari oleh tumpahan minyak akan memiliki nilai piksel yang lebih rendah atau tampak lebih gelap. Berdasarkan grafik pada Gambar 3.3 kita dapat melihat bahwa piksel dengan tumpahan minyak memiliki nilai lebih rendah sekitar 3 hingga 4 dB daripada air jernih di sekitarnya. Oleh karena itu, ambang

batas 4 dB atau sedikit lebih rendah dari 4 dB digunakan untuk mengekstraksi piksel dengan tumpahan minyak.

8. Analisis Fitur

Analisis fitur berupa proses pengambilan informasi yang dibutuhkan dari citra. Analisis fitur dilakukan dengan mengetahui derajat keabuan pada citra. Adapun fitur yang diekstraksi yaitu luas lapisan, Piksel total dan standar deviasi area gelap. Luas lapisan selanjutnya digunakan untuk mengetahui perbandingan luas tumpahan minyak selama pengamatan. Nilai standar deviasi area gelap digunakan untuk mengetahui presisi dari hasil pendeteksian.

Menurut Fiscella, B. *et al* (2000) klasifikasi *darkspot* sebagai tumpahan minyak ditentukan dengan nilai presisi dari pendeteksian lebih dari 70%. Perhitungan nilai presisi didapatkan untuk mengetahui kesesuaian diantara beberapa data pengukuran yang sama yang dilakukan secara berulang. Adapun nilai presisi dapat dihitung dengan persamaan (6) dibawah ini:

$$p = \frac{\text{standar deviasi pendeteksian 1}}{\text{standar deviasi pendeteksian 2}} * 100\% \quad (6)$$

Dimana :

p= nilai presisi

Menurut Indregard *et al* (2004) untuk menentukan tingkat kepercayaan, data kecepatan angin merupakan faktor yang menentukan. Untuk tingkat kepercayaan tinggi, data kecepatan angin yang dimiliki sebesar 6-10 m/s. Sedangkan data yang memiliki kecepatan angin sebesar 3-6 m/s merupakan data dengan tingkat kepercayaan menengah. Dalam penelitian ini, data Bulan Agustus dan September memiliki tingkat kepercayaan tinggi. Sedangkan pada Bulan Juli dan Januari memiliki tingkat kepercayaan menengah.

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil Penyarangan Data Citra Satelit Sentinel-1A

Dalam pendeteksian tumpahan minyak, Proses *filter* perlu dilakukan untuk mengurangi kesalahan dengan menjaga ketajaman dan detail citra. Pemilihan filter Lee dengan ukuran jendela pengamatan sebesar 5x5 diterapkan pada citra Sentinel-1A dengan tipe polarisasi VV ini. Dari hasil proses filter, didapatkan informasi statistik yang memuat nilai standar deviasi citra. Adapun standar deviasi yang memiliki nilai semakin kecil maka semakin baik digunakan pada tahap pendeteksian tumpahan minyak.

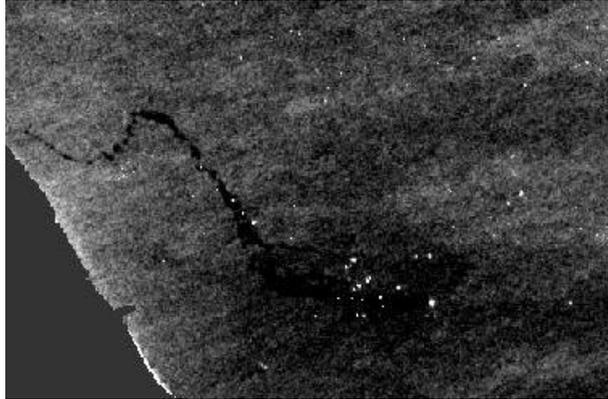
Tabel 4.1 Hasil analisis fitur

Bulan	Piksel	Standar Deviasi 1	Standar Deviasi 2
Juli 2019	46982	0,8245	0,9213
Agustus 2019	37723	0,7571	0,7740
September 2019	49201	0,8689	0,9318
Oktober 2019	192154	0,9760	0,9573
November 2019	195651	1,0773	1,0536
Desember 2019	54257	0,8133	0,7408
Januari 2020	57965	0,9207	0,9525
Februari 2020	1399619	1,5931	2,0887
Maret 2020	305324	0,8674	0,9695

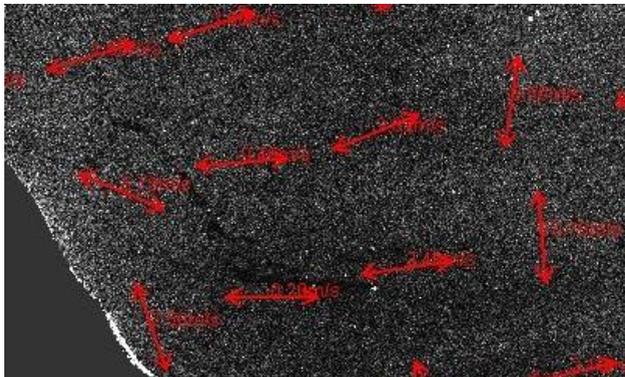
4.2 Hasil Pendeteksian Tumpahan Minyak

Berikut ini adalah hasil pengolahan deteksi tumpahan minyak dengan data citra satelit sentinel-1A dan kecepatan angin. Hasil estimasi kecepatan angin oleh SNAP tidak memberikan arah angin yang definitif atau dengan ambiguitas arah sebesar 180° sehingga arah angin direpresentasikan dengan panah dua arah. Arah angin secara

definitif dapat ditentukan dengan data masukan tambahan seperti pengukuran in-situ (Prastyani, 2019).



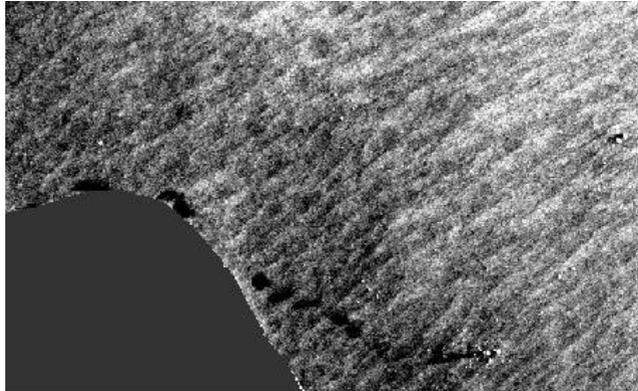
Gambar 4.1 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Juli 2019



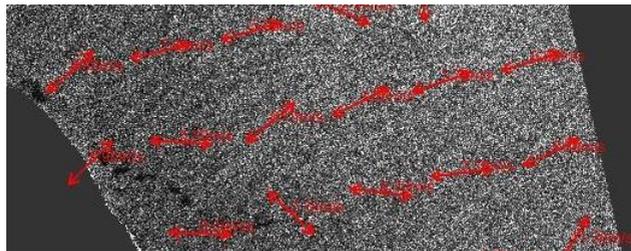
Gambar 4.2 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan Juli 2019

Dari hasil estimasi kecepatan angin tersebut, diketahui bahwa area gelap yang merupakan tumpahan minyak memiliki kecepatan angin antara 1,9 – 5,7 m/s. Rentang ini masih sesuai dengan rentang yang disebutkan untuk melakukan deteksi tumpahan minyak pada citra SAR, hanya saja batas bawah kecepatan angin kurang dari 2 m/s.

Namun selisih 0,1 m/s tersebut masih dapat dianggap tidak terlalu berbeda secara signifikan dari rentang yang umumnya digunakan. Dari perhitungan nilai presisi, didapatkan nilai presisi sebesar 86,56% sehingga pendeteksian dapat dikatakan sebagai tumpahan minyak.



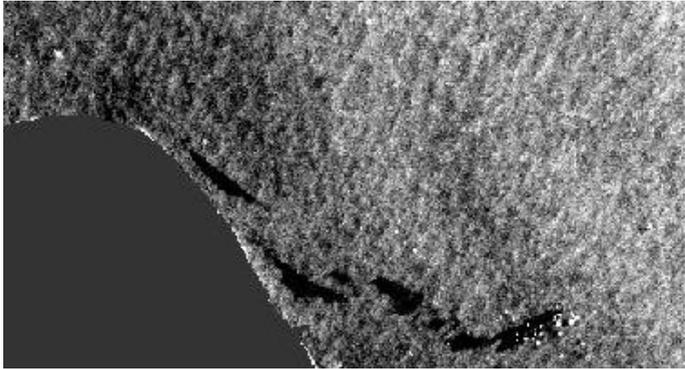
Gambar 4.3 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan Agustus 2019



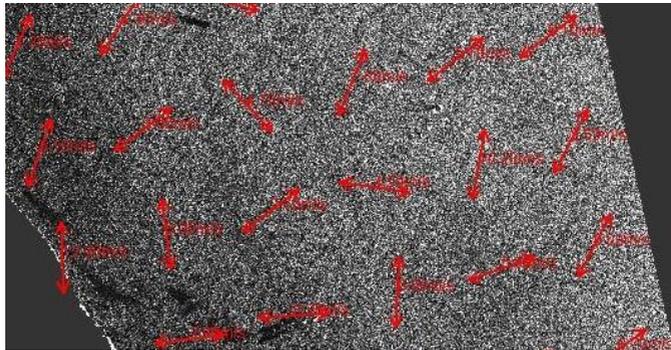
Gambar 4.4 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Agustus 2019

Dengan rentang estimasi kecepatan sebesar 6,8 – 11,7 m/s yang masih sesuai dengan rentang yang disebutkan untuk melakukan deteksi tumpahan minyak pada citra SAR.

Nilai presisi pada Bulan Agustus 2019 sebesar 97,81% sehingga pendeteksian dapat dikatakan sebagai tumpahan minyak.



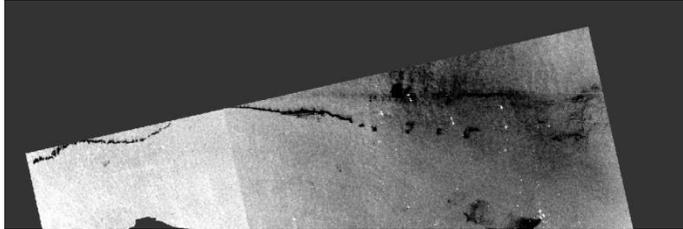
Gambar 4.5 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan September 2019



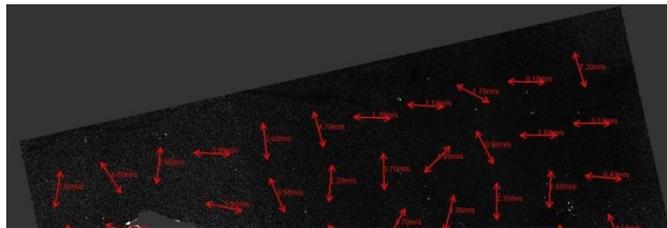
Gambar 4.6 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan September 2019

Dengan rentang 1,9 – 12,9 m/s estimasi kecepatan masih sesuai dengan rentang yang disebutkan untuk melakukan deteksi tumpahan minyak pada citra SAR. Nilai presisi pada Bulan September 2019 sebesar 93,24%

sehingga pendeteksian dapat dikatakan sebagai tumpahan minyak.

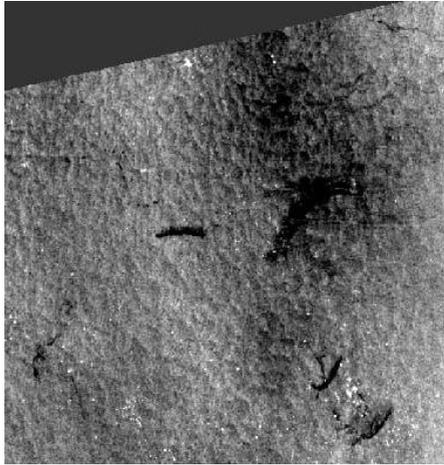


Gambar 4.7 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan Oktober 2019

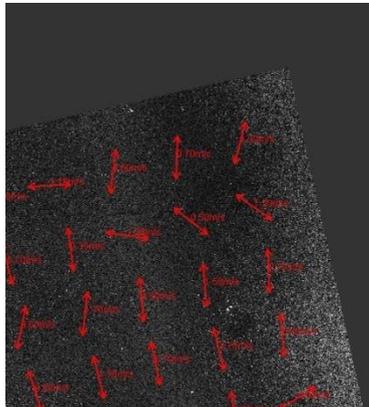


Gambar 4.8 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan Oktober 2019

Ditemukan area gelap dengan ukuran yang cukup besar dan memanjang pada pendeteksian bulan Oktober 2019 dengan estimasi kecepatan angin berkisar 0,1 – 2,2 m/s. Asumsi yang digunakan adalah area tersebut tidak mungkin merupakan pencemaran atau tumpahan minyak karena jika benar demikian, hal tersebut sudah akan dilaporkan oleh media. Kemungkinan area hitam tersebut adalah dampak dari kerusakan ekosistem yang disebabkan oleh tumpahan minyak ini seperti kerusakan terumbu karang, alga dan ikan-ikan.



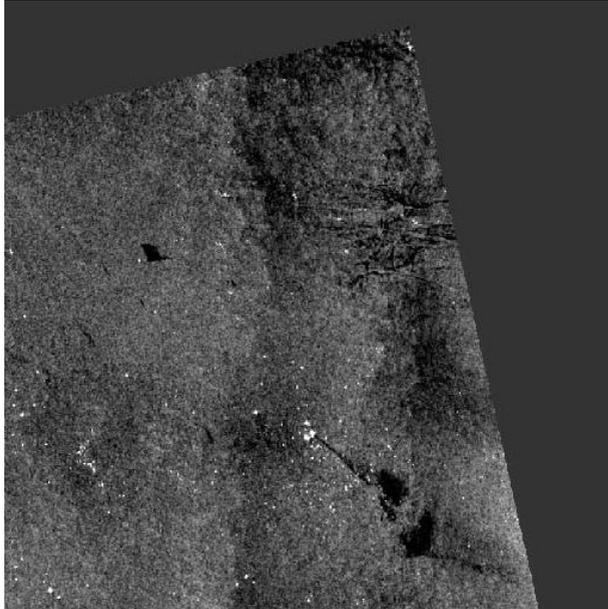
Gambar 4.9 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan November 2019



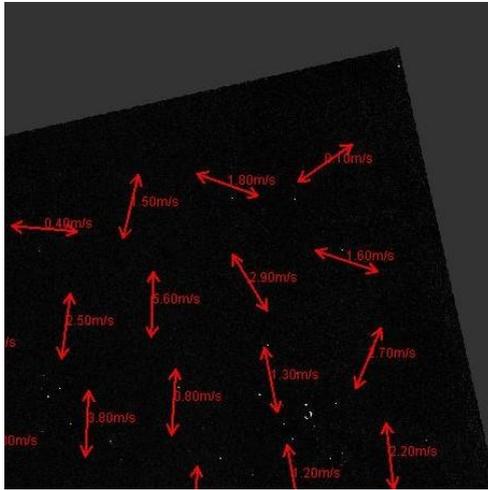
Gambar 4.10 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan November 2019

Estimasi kecepatan angin berkisar antara 0,1- 1,7 m/s. Untuk memastikan bahwa area hitam hanyalah *look-alikes* berupa fitoplankton yang terekam pada pendeteksian Bulan Oktober 2019, dilakukan pendeteksian pada bulan selanjutnya untuk melihat jika ada sisa area gelap yang

terekam. Terbukti pada pendeteksian Bulan November 2019 terdapat sisa area hitam yang telah berpindah ke sebelah utara dan timur. Area hitam yang lebih kecil dimungkinkan sebagai ikan yang mati dan mengapung.

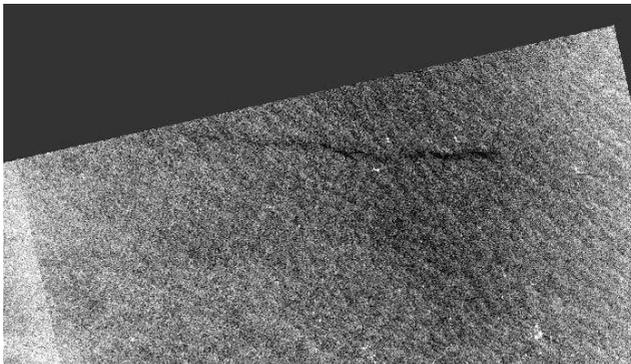


Gambar 4.11 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada bulan Desember 2019

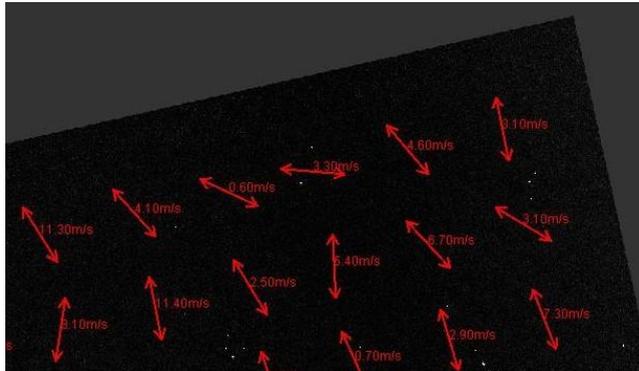


Gambar 4.12 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada bulan Desember 2019

Untuk data pendeteksian pada Bulan Desember 2019, area hitam yang berupa *lookalikes* masih berpindah. Estimasi kecepatan angin berkisar 0,1 – 2,2 m/s.

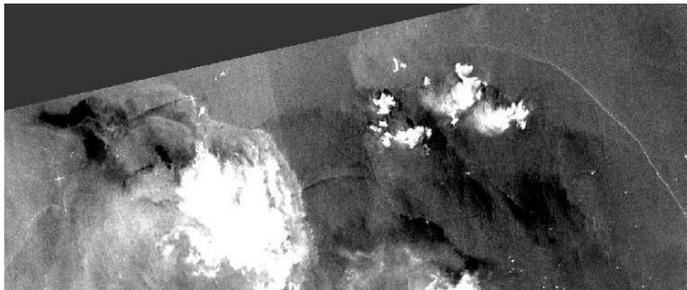


Gambar 4.13 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Januari 2020

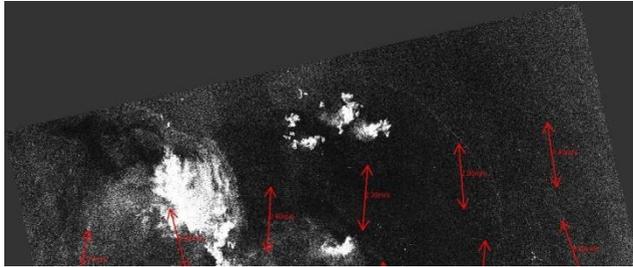


Gambar 4.14 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Januari 2020

Dengan estimasi kecepatan angin sebesar 4,9 – 8,2 m/s area gelap tersebut merupakan tumpahan minyak namun karena bentuknya yang memanjang membentuk garis lurus. Area tumpahan minyak tersebut diakibatkan karena aktivitas pelayaran kapal tanker. Dengan nilai presisi sebesar 96,66%.



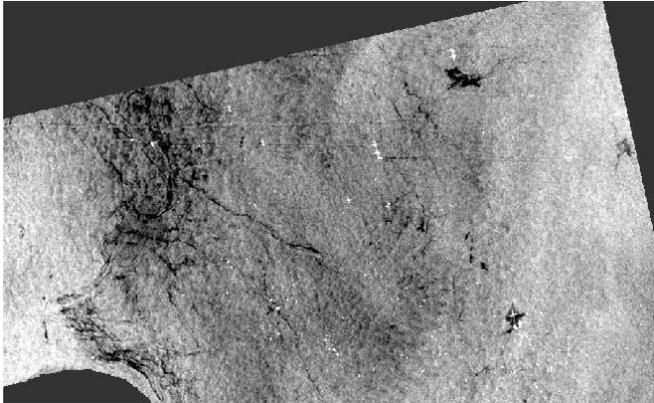
Gambar 4.15 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Februari 2020



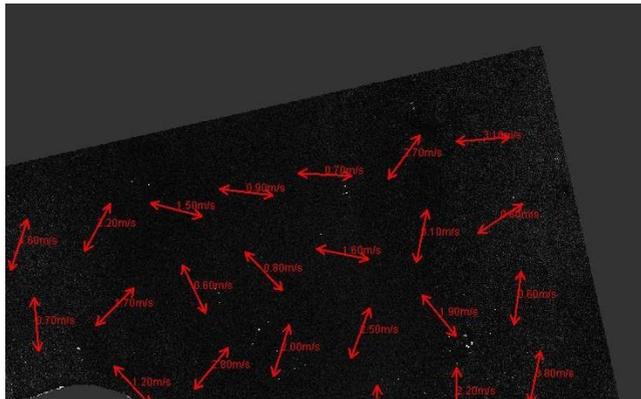
Gambar 4.16 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Februari 2020

Citra radar dikenal sebagai citra yang dapat menembus awan dan bahkan dianggap tidak terpengaruh oleh cuaca. Namun, pada pendeteksian Bulan Februari 2020 dapat dilihat bahwa terdapat area putih terang menyerupai awan dan area gelap yang berada disekitarnya. Area terang merupakan efek scattering oleh hydrometeor yang berada di atmosfer, sementara area gelap merupakan fenomena hujan pada permukaan laut (Alpers, W dan Espedal, H. 2004).

Dari hasil estimasi kecepatan angin diketahui bahwa area gelap pada pendeteksian kecepatan angin berkisar 0,3 – 3,8 m/s. Permasalahan yang muncul adalah bahwa surfaktan alami muncul pada area dengan kecepatan angin dibawah 5 m/s (Romano, J. C. 1996). Pada kecepatan angin yang semakin tinggi, surfaktan alami akan mudah terdisintegrasi dan larut kedalam laut. Hal ini menimbulkan pertanyaan terkait keakuratan estimasi kecepatan angin dalam eksperimen ini. Estimasi kecepatan angin berdasarkan citra SAR merupakan pekerjaan yang kompleks. Sumber kesalahan estimasi biasanya berasal dari ketidakpastian arah angin, akurasi NRCS atau *sigma nought* yang diperoleh dari hasil kalibrasi atau *window size* yang didefinisikan oleh operator dalam proses perhitungan estimasi kecepatan angin (Horstmann dkk., 2000).



Gambar 4.17 Hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Maret 2020



Gambar 4.18 Hasil estimasi kecepatan dan arah angin pada Bulan Maret 2020

Pada pendeteksian Bulan Maret 2020 area hitam yang berupa *lookalikes* dengan estimasi kecepatan angin sebesar 0,1 – 2,2 m/s.

Area hitam yang berupa *lookalikes* didefinisikan sebagai fitoplankton. Fitoplankton merupakan organisme autotrof yang mampu mensintesa senyawa organik yang

kompleks melalui proses fotosintesis dengan memanfaatkan energi matahari dan pigmen klorofil. Fitoplankton berukuran mikroskopis yang hidup melayang di laut dan tak dapat terlihat oleh mata telanjang (Nontji, 2006). Pada umumnya fitoplankton laut terdiri dari algae terutama diatom, dinoflagellata dan beberapa flagellata. Fitoplankton melimpah di daerah eufotik (zona fotik) yaitu zona yang dimulai dari permukaan sampai kedalaman dimana masih ada intensitas cahaya matahari (Basmi, J. 1999).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Lee C. I. *et al.* (2009) adanya tumpahan minyak pada perairan menyebabkan konsentrasi klorofil-a menurun 45-50% dari kondisi normal sebelum terjadi tumpahan minyak. Hal tersebut menunjukkan bahwa tumpahan minyak berpengaruh negatif terhadap kepadatan fitoplankton. Pada dasarnya, sifat minyak yang mudah membentuk lapisan tipis di permukaan perairan dapat mengurangi penetrasi cahaya sehingga akan mengurangi intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan. Hal ini, akan mengganggu proses fotosintesis fitoplankton sehingga memungkinkan musnahnya populasi fitoplankton. Penelitian yang dilakukan Gonzalez, J. *et al.* (2009) menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton dan konsentrasi klorofil pada perairan yang mengandung minyak akan menurun dalam jangka waktu yang cukup cepat.

Untuk menguatkan argumen terkait jenis *lookalikes* berupa fitoplankton, terumbu karang atau ikan yang mati diperlukannya analisis dari produk satelit optik dengan data oseanografi lainnya seperti SST dan konsentrasi klorofil-A sehingga bisa didefinisikan jenisnya.

4.3 Hasil Perhitungan Luas

Untuk mendapatkan luas dari tumpahan minyak, perlu adanya perhitungan dari nilai piksel dengan resolusi spasial dari citra. Seperti yang diketahui, citra Sentinel-1A memiliki nilai resolusi spasial sebesar 20x20 m dari nilai

pixel spacing sebesar 10x10 dan nilai *number of looks* sebesar 2. Menurut Tazaroh (2017) Perhitungan luas tumpahan minyak ditunjukkan pada persamaan 7.

$$L = \text{resolusi spasial} * \text{jumlah piksel} \quad (7)$$

Adapun hasil perhitungan luas dalam pendeteksian tumpahan minyak yang ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Luas

Bulan	Luas (km ²)
Juli 2019	18,79
Agustus 2019	15,08
September 2019	19,68
Januari 2020	8,62

Hasil pendeteksian luas menunjukkan bahwa pada Bulan pendeteksian Juli, Agustus dan September 2019 memiliki luas yang tidak jauh berbeda hal ini disebabkan karena telah terjadinya tumpahan minyak di sekitar daerah penelitian yang berada di dekat pesisir. Namun pada Bulan penelitian Januari 2020 ditunjukkan bahwa hasil luas lebih sedikit daripada bulan sebelumnya. Ini dikarenakan lokasi tumpahan minyak dari Bulan Januari terletak tidak pada area dari tumpahan minyak melainkan berada di bagian utara tepatnya berada di tengah lautan dan jauh dari pesisir dan lokasi tumpahan minyak. Dilihat dari bentuk tumpahannya, hasil pendeteksian bulan Januari diakibatkan karena terjadinya tumpahan minyak akibat dari pelayaran kapal sementara pada bulan Juli, Agustus dan September diakibatkan karena adanya kebocoran dari aktivitas pengeboran sumur dan minyak.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Metode *adaptif threshold* dapat digunakan dalam pendeteksian tumpahan minyak hal tersebut didukung dengan adanya hasil pendeteksian tumpahan minyak yang menunjukkan bahwa data pada Bulan Juli, Agustus, September 2019 dan Januari 2020 memiliki nilai presisi lebih dari 70%. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa area hitam yang terdeteksi merupakan tumpahan minyak. Selain itu, tingkat kepercayaan untuk data pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Agustus dan September 2019 adalah tingkat kepercayaan tinggi karena data memiliki kecepatan angin sebesar 6-10 m/s. Sedangkan data pada Bulan Juli 2019 dan Januari 2020 memiliki tingkat kepercayaan menengah karena memiliki data kecepatan angin sebesar 3-6 m/s. Untuk data pada pengamatan Oktober, November, dan Desember 2019 serta Februari dan Maret 2020 area hitam yang terdeteksi tidak dapat dikatakan sebagai tumpahan minyak karena memiliki estimasi kecepatan angin yang rendah.

Luas tumpahan minyak di Perairan Pantura Jawa menunjukkan pada Bulan Juli, Agustus, September 2019 adalah sebesar 18,79 km², 15,08 km², 19,68 km² dan pada Bulan Januari 2020 sebesar 8,62 km². Terjadi perbedaan luas yang signifikan antara bulan pendeteksian Juli, Agustus, September 2019 dengan bulan pendeteksian Januari 2020. Ini disebabkan karena faktor penyebab terjadinya tumpahannya minyak yang berbeda serta lokasi tumpahan minyak yang cukup jauh.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, diharapkan metode ini dapat digunakan untuk pemantauan secara berkala pada perairan yang memiliki aktivitas pengeboran minyak dan gas maupun aktivitas pelayaran. Hal ini dikarenakan metode *Adaptive Threshold* mampu mendeteksi tumpahan minyak secara efisien dan cepat sehingga dapat membantu proses penanggulangan dari dampak tumpahan minyak. Hasil penelitian juga menunjukkan pentingnya sinergitas antara citra radar dan data tambahan atau pendukung untuk menghindari adanya kesalahan deteksi tumpahan minyak pada citra radar.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan terdapat validasi luas untuk dibandingkan dengan hasil pendeteksian tumpahan minyak. Dan penggunaan variable lain seperti SST, Klorofil-A ataupun data citra pasif untuk mengidentifikasi area hitam yang bukan daerah tumpahan minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A. 2015. Petunjuk Manual Orthorektifikasi Data SAR Sentinel-1 dengan Menggunakan Software Sentinel-1 Toolbox (S1TBX). Petunjuk Manual. Program Diploma Pengindraan Jauh dan Sistem Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Alpers, W. dan Espedal, H. 2004. Oils and Surfactants. Chapter 11 in Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Jackson, C.R. and Apel, J.R.(Eds.), 263-275.
- Bakara, J., (2014), Sistem Manajemen Data Citra Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi Untuk Kebutuhan Nasional, Deteksi Parameter Geobiofisik dan Diseminasi Penginderaan Jauh, Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014.
- Bioresita, F & Cahyadi, M. N. 2015. Modul Ajar Radargrametri : Tutorial SAR Basic. Teknik Geomatika. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan. ITS – Surabaya, Indonesia.
- Basmi, J. 1999. Planktonologi (Bioekologi Plankton Algae). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Brekke, C. 2007. Automatic Screening of Synthetic Aperture Radar Imagery for Detection of Oil Pollution in The Marine Environment.
- Culander, J. C., and McDonough, R. N. (1991). Synthetic Aperture Radar Systems and Signal Processing. (J. A. Kong, ed.), John Wiley & Sons, Inc, Toronto
- ESA. 2012. SENTINEL-1 ESA's Radar Observatory Mission for GMES Operational Services. ESA Special Publication.
- ESA. 2013. Sentinel-1 User Handbook. Draft User Handbook. European Space Agency

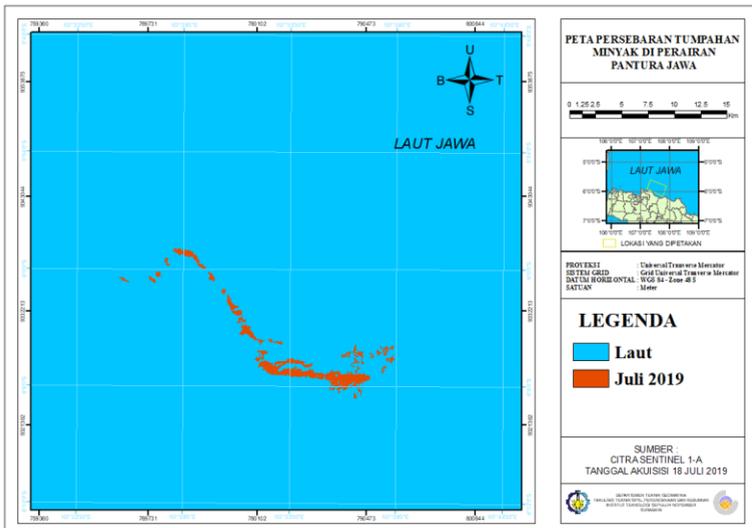
- Fingas. 2012. Oil Spill Remote Sensing: Chapter 3. Mar. Pollut. Bull. Oil Spill Remote Sensing: A Review, 347(111). Retrieved from http://spillcontrol.org/technical_articles/Oil_Spill_Remote_Sensing.pdf
- Fiscella, B., *et al.* 2000. "Oil Spill Detection Using Marine SAR Images". International Journal of Remote Sensing, 21:3561–B.
- Gonzalez, J., *et al.* "Effect of a Simulated Oil Spill On Natural Assemblages of Marine Phytoplankton Enclosed in Microcosm. Estuarine, Coastal and Shelf." (83): 265-276.
- Hanssen, R.F. 2001. Radar Interferometry. Data Interpretation and Error Analysis. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands: Delft University of Technology.
- Horstmann, J., Lehner, S., Koch, W., and Tonboe, R. (2000). "Computation of Wind Vectors over the Ocean Using Spaceborne Synthetic Aperture Radar." Johns Hopkins APL Technical Digest, 21, 104
- Indregard, M., A. Solberg, dan P. Clayton. 2004. "Report on Benchmarking Oil Spill Recognition Approaches and Best Practice". Deliverable D2, EU Contract EVK2-CT-200300177
- Jones, B. (2001). "A comparison of visual observations of surface oil with Synthetic Aperture Radar imagery of the Sea Empress oil spill." International Journal of Remote Sensing, 22(9), 1619–1638.
- Kusman, A. 2008. Studi Deformasi Gunung Api Batur Dengan Menggunakan Teknologi Sar Interferometri (InSAR). Teknik Geodesi dan Geomatika. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. ITB - Bandung, Indonesia.
- Lee, C. I., *et al.* 2009. "Temporal variation of chlorophyll a concentration in the coastal waters affected by the Hebei Spirit oil spill in the West Sea of Korea. Marine Pollution Bulletin." (58) 496–502.

- Lee, J.S., 1980. "Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics". *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2:165-168.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R.W., dan Chipman, J.W., (2004), *Remote Sensing and Image Interpretation*, USA, John Wiley and Sons.
- Marsya, N. N. 2012. *Pendeteksian Tumpahan Minyak Di Laut Timor Dengan Metode Filter Frost Dan Gamma Terhadap Citra Alos Palsar Di Ladang Minyak Montara*. Bogor: IPB.
- Marghany, M., & Van, G. J. (2014). Entropy Algorithm for Automatic Detection of Oil Spill from Radarsat-2 SAR Data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Mera, *et al.* 2012. "Adaptive Thresholding Algorithm Based on SAR Images and Wind Data to Segment Oil Spills Along the Northwest Coast of the Iberian Peninsula". *Marine Pollution Bulletin*, 2090-2096.
- Misra, A., dan Balaji, R. (2017). "Simple Approaches to Oil Spill Detection Using Sentinel Application Platform (SNAP) Ocean Application Tools and Texture Analysis: A Comparative Study." *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Springer India, 45(6), 1065–1075.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Nontji. 2002. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Prastyani, R dan Basith, A. 2018. *Utilisation of Sentinel-1 SAR Imagery For Oil Spill Mapping : A Case Study Balikpapan Bay Oil Spill*. Departemen Teknik Geodesi. Universitas Gadjah Mada. UGM – Jogjakarta, Indonesia.
- Rahadian, A. C. 2014. *Pemodelan Aliran Tumpahan Minyak Dalam Manajemen Perencanaan Penanggulangan Bencana Tumpahan Minyak*. Teknik Geomatika. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan. ITS – Surabaya, Indonesia.

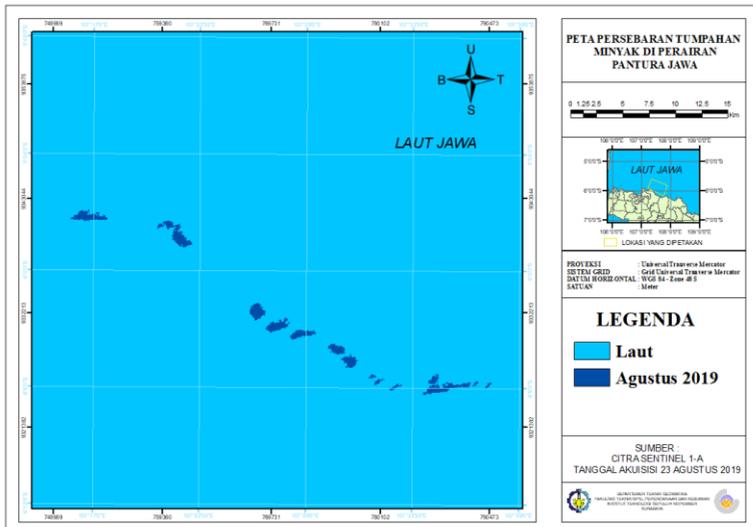
- Richards, J. A. (2009). *Remote Sensing with Imaging Radar*. Springer Berlin, Canberra.
- Romano, J. C. (1996). "Sea-surface slick occurrence in the open sea (Mediterranean, Red Sea, Indian Ocean) in relation to wind speed." *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*
- Rosich, B., Meadows, P., 2004. "Absolute Calibration of ASAR Level 1 Products Generated with PF-ASAR". Technical Report Iss. 1 rev. 5, ESA.
- Sulma, S *et al.* 2019. *Deteksi dan Tumpahan Minyak Menggunakan Metode Adaptive Threshold Dan Analisis Telstur Pada Data SAR*. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh. LAPAN – Jakarta, Indonesia.
- Tazaroh, N. 2017. *Aplikasi Metode Threshold Adaptif dan Segmentasi Multi Skala Dalam Pendeteksian Daerah Tumpahan Minyak Menggunakan Data Envisat ASAR (Studi Kasus : Perairan Kepulauan Seribu)*. Teknik Geomatika. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan. ITS – Surabaya, Indonesia.
- Thorpe, S. A. (2009). *Elements of Physical Oceanography*. (J. H. Steele and K. K. Turekian, eds.), Elsevier Ltd., San Diego.
- Topouzelis, K. N. (2008). "Oil Spill Detection by SAR Images: Dark Formation Detection, Feature Extraction and Classification Algorithms." *Sensors*, 8, 6642–6659.

LAMPIRAN

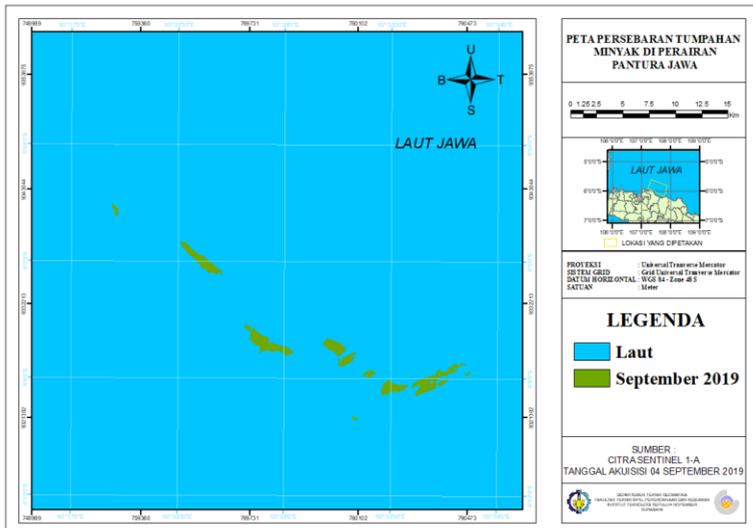
Lampiran 1. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Juli.



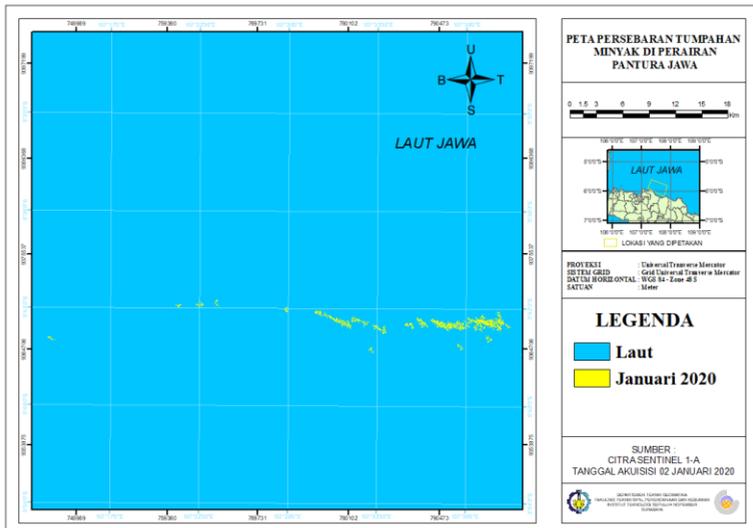
Lampiran 2. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Agustus.



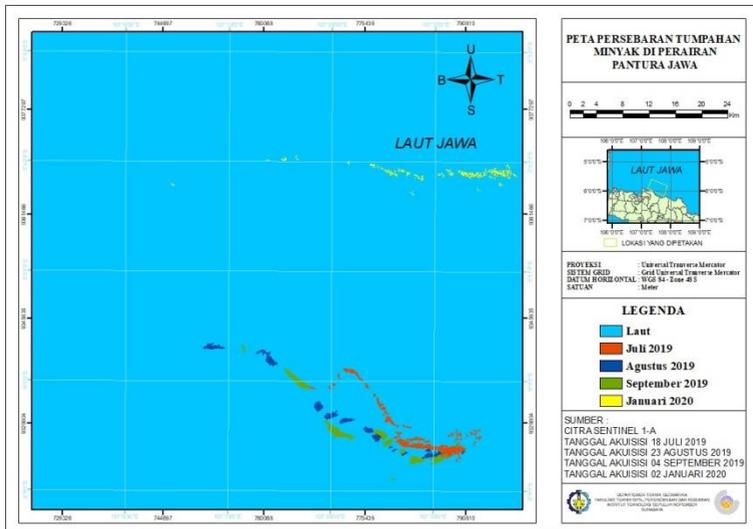
Lampiran 3. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan September



Lampiran 4. Peta hasil pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Januari



Lampiran 5. Peta hasil penggabungan pendeteksian tumpahan minyak



Lampiran 6. Informasi Peta Tumpahan Minyak

Peta Tumpahan Minyak Bulan Juli	
Sistem Proyeksi	Universal Transfer Mecator
Sistem Grid	Grid UTM
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit Sentinel-1A
Waktu Akuisisi	18 Juli 2019

Peta Tumpahan Minyak Bulan Agustus	
Sistem Proyeksi	Universal Transfer Mecator
Sistem Grid	Grid UTM
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit Sentinel-1A
Waktu Akuisisi	23 Agustus 2019

Peta Tumpahan Minyak Bulan September	
Sistem Proyeksi	Universal Transfer Mecator
Sistem Grid	Grid UTM
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit Sentinel-1A
Waktu Akuisisi	04 September 2019

Peta Tumpahan Minyak Bulan Januari	
Sistem Proyeksi	Universal Transfer Mecator
Sistem Grid	Grid UTM
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit Sentinel-1A
Waktu Akuisisi	02 Januari 2020

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jombang, 01 November 1998, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Suyanto dan Kusmiati. Penulis telah menempuh pendidikan formal di RA Miftahul Falah, MI Miftahul Falah, SMPN 2

Kesamben, SMAN 1 Jombang. Kemudian mengikuti Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Nasional tahun 2016 dan diterima di S1 Teknik Geomatika – ITS dengan NRP 03311640000071. Selama menjadi mahasiswa S1, penulis aktif mengikuti organisasi kampus dan kegiatan mahasiswa. Pengalaman organisasi penulis dimulai pada tahun 2017 sebagai Anggota staff Kewirausahaan HIMAGE-ITS dan Anggota staff Divisi Eksternal UKM Bola Voli-ITS. Pada tahun 2018 penulis menjabat sebagai Kabiro Sarana dan Prasarana Kewirausahaan HIMAGE-ITS dan Kepala Divisi Hubungan Luar UKM Bola Voli-ITS.