



TUGAS AKHIR - RG 141536

**APLIKASI METODE *THRESHOLD* ADAPTIF DAN
SEGMENTASI MULTI SKALA DALAM
PENDETEKSIAN DAERAH TUMPAHAN MINYAK
MENGUNAKAN DATA ENVISAT ASAR (Studi
Kasus : Perairan Kepulauan Seribu)**

NURUL TAZAROH
NRP 3513 100 069

Dosen Pembimbing
Ira Mutiara Anjasmara, ST, M.Phil, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

**APPLICATION OF ADAPTIVE THRESHOLD AND
MULTI SCALE SEGMENTATION FOR OIL SPILL
DETECTION USING ENVISAT ASAR DATA (Study
Case Of Kepulauan Seribu Ocean)**

NURUL TAZAROH
NRP 3513 100 069

Advisor
Ira Mutiara Anjasmara, ST, M.Phil, Ph.D

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

**APLIKASI METODE *THRESHOLD* ADAPTIF DAN
SEGMENTASI MULTI SKALA DALAM PENDETEKSIAN
DAERAH TUMPAHAN MINYAK MENGGUNAKAN
DATA ENVISAT ASAR (Studi Kasus : Perairan Kepulauan
Seribu)**

TUGAS AKHIR

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

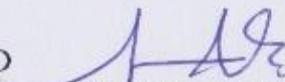
Oleh :

Nurul Tazaroh
NRP 3513 100 069

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ira M Anjasmara, S.F., M. Par., Ph.D
NIP. 197842312007122001




(Pembimbing I)

SURABAYA, JULI 2017

**APLIKASI METODE *THRESHOLD* ADAPTIF DAN
SEGMENTASI MULTI SKALA DALAM PENDETEKSIAN
DAERAH TUMPAHAN MINYAK MENGGUNAKAN
DATA ENVISAT ASAR (Studi Kasus : Perairan Kepulauan
Seribu)**

Nama Mahasiswa : Nurul Tazaroh
NRP : 3513 100 069
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Ira Mutiara Anjasmara, ST, M.Phil,
Ph.D

Abstrak

Selain memiliki potensi dalam sektor perikanan dan pariwisata, Kepulauan Seribu merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi eksplorasi minyak di lepas pantainya. Akan tetapi, dampak dari eksplorasi tersebut menyebabkan adanya tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu. Selain itu, aktivitas pelayaran di perairan Kepulauan Seribu juga memberi dampak pencemaran air.

Oleh karena itu, perlu adanya upaya penanggulangan tumpahan minyak secara efisien untuk mengurangi dampak dari peristiwa tersebut. Dalam hal ini, sistem penginderaan jauh aktif RADAR (*Radio Detection and Ranging*) memiliki keunggulan dalam pendeteksian tumpahan minyak, karena tidak tergantung dengan sinar matahari dan cuaca. 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.

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 menunjukkan bahwa pada Bulan Maret adalah 11,734 km². Sedangkan pada Bulan April, Mei, dan September adalah 14,284 km², 12,043 km², dan 23,373 km². Dan terjadi perubahan luas yang signifikan pada Bulan November dengan nilai luas tumpahan minyak sebesar 1084,803 km².

Kata Kunci—ENVISAT, *oil spill*, *threshold*

**APPLICATION OF ADAPTIVE THRESHOLD AND
MULTI SCALE SEGMENTATION FOR OIL SPILL
DETECTION USING ENVISAT ASAR DATA (Study Case
of Kepulauan Seribu Ocean)**

Name : Nurul Tazaroh
NRP : 3513 100 069
Department : Geomatics Engineering Department
Advisor : Ira Mutiara Anjasmara, ST, M.Phil,
Ph.D

Abstract

Kepulauan Seribu is one area in Indonesia that well known as conservation area and has potential in fishery and tourism. This area is also having potential for oil exploration. The activities of the explorations and oil productions has cause oil spill in the Kepulauan Seribu water such as what had happened in 2004. In addition, shipping activities in the waters of Kepulauan Seribu also have an impact on water pollution.

Active remote sensing RADAR (Radio Detection and Ranging) is one of technology that can be used to detect and monitor the spread of oil spill. This method is a powerful tool as it does not depend of sunlight and weather. In this research, the method of adaptive threshold and multi scale segmentation, is used as it is faster and more efficient than manual detection. The data that be used are ENVISAT ASAR WSM image from March, April, May, September, and November 2004.

The result has precision values of oil spill detection in March, April, May, September and November are over 70%. Moreover, confidence level of oil spill detection on March, April, September, and November is medium because the values of wind speed data in 3-6 m/s. While data on May has low confidence level because the wind speed data is 2,24 m/s. The results indicate that

adaptive threshold and multi scale segmentation method can be used in oil spill detection. And this research show that oil spill area in Kepulauan Seribu in March is 11,734 km². Whereas the oil spill area in April, May, and September are 14,284 km², 12,043 km², and 23,373 km². And significant changes occurred in November with value of area is 1084,803 km².

Key Words—ENVISAT, oil spill, threshold

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Aplikasi Metode *Threshold* Adaptif dan Segmentasi Multi Skala dalam Pendeteksian Daerah Tumpahan Minyak Menggunakan Data ENVISAT ASAR (Studi Kasus : Perairan Kepulauan Seribu)” ini dengan baik. Sholawat serta salam penulis tujukan kepada Nabi Muhammad SAW.

Selama penyusunan laporan ini, banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua penulis (Slamet Suharjo dan Susiana) atas doa dan restu serta dukungan selama penyusunan tugas akhir.
2. Kedua kakak penulis (Nuzulul Kusuma Putri dan Akbar Sujiwa) yang telah memberi motivasi dalam penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, ST, M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika FTSP ITS.
4. Ibu Ira Mutiara Anjasmara, ST, M.Phil, Ph.D selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan motivasinya.
5. Bapak Akbar Kurniawan, ST., M.T. selaku dosen wali.
6. Sahabat penulis (Rega, Eva, Enira, Rani, dan Ebi) yang memberi motivasi dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan tugas akhir.
7. Teman-Teman Teknik Geomatika ITS angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan masukan yang membangun.
8. Semua pihak lain yang turut membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat kami harapkan untuk perbaikan laporan ini kedepannya.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas semua kesempatan yang telah diberikan kepada penulis, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 <i>Threshold</i> Adaptif.....	5
2.2 Implementasi Algoritma <i>Threshold</i> Adaptif	9
2.2.1 Masking.....	9
2.2.2 Menyeleksi Noise	10
2.2.3 Deteksi Tumpahan Minyak.....	10

2.2.4	Menyeleksi Angin Rendah	10
2.2.5	Menyeleksi Area.....	11
2.3	Segmentasi Multi Skala	11
2.4	Polarisasi	12
2.5	Pertimbangan Dasar Mekanisme Pencitraan dan Identifikasi Lapisan/ Tumpahan Minyak di Laut Menggunakan Data Radar ENVISAT ASAR WSM.....	14
2.6	Sumber Tumpahan Minyak Laut	16
2.7	Penyebaran Tumpahan Minyak Laut	17
2.8	Dampak Pencemaran Minyak	18
2.9	Penelitian Sebelumnya	18

BAB III METODOLOGI

3.1	Lokasi Penelitian	21
3.2	Data dan Peralatan	22
3.2.1	Data	22
3.2.2	Peralatan.....	24
3.3	Metodologi Penelitian.....	24
3.3.1	Tahapan Penelitian	24
3.3.2	Tahap Pengolahan Data	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penyaringan Data Citra Satelit ENVISAT.....	31
4.2	Hasil Pendeteksian <i>Oil Spill</i>	32

4.3 Hasil Perbandingan Luas <i>Oil Spill</i>	38
----------------------------------------------------	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	43
---------------------	----

5.2 Saran.....	44
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rata-rata Intensitas Berdasarkan Kecepatan Angin dan Disklusterisasi Berdasarkan Sudut Datang	7
Gambar 2.2 Fungsi Eksponen Negatif untuk Beberapa Kecepatan Angin	8
Gambar 2.3 Ilustrasi Polarisasi Horizontal dan Vertikal	13
Gambar 3.1 Lokasi Perairan Kepulauan Seribu	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data	26
Gambar 3.3 Pengaturan Sistem Proyeksi pada Citra.....	28
Gambar 4.1 Hasil Lee <i>Filter</i>	32
Gambar 4.2 Hasil Gamma <i>Filter</i>	32
Gambar 4.3 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan Maret.....	33
Gambar 4.4 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan April	34
Gambar 4.5 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan Mei.....	35
Gambar 4.6 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan September	36
Gambar 4.7 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan November	37
Gambar 4.8 Wilayah Pendeteksian Tumpahan Minyak Tahun 2004 Kepulauan Seribu	39
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 1	40

Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 2.....	41
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 3.....	41
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 4.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penampakan Lapisan Minyak pada Citra SAR pada Kondisi Kecepatan Angin Tertentu	6
Tabel 2.2	Koefisien dan Poin <i>Cut Off</i> pada Fungsi <i>Threshold Adaptif</i>	9
Tabel 2.3	Fitur yang Diterapkan pada Penelitian	12
Tabel 4.1	Perbandingan Hasil <i>Filter</i> Citra ENVISAT.....	31
Tabel 4.2	Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Sampel Wilayah Kepulauan Seribu	40

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Perhitungan Uji *T-test*
- Lampiran 2 Perhitungan Arus Bulan Maret
- Lampiran 3 Perhitungan Arus Bulan April
- Lampiran 4 Perhitungan Arus Bulan Mei
- Lampiran 5 Perhitungan Arus Bulan September
- Lampiran 6 Perhitungan Arus Bulan Oktober
- Lampiran 7 Perhitungan Arus Bulan Nopember
- Lampiran 8 Peta Arus Bulan Maret
- Lampiran 9 Peta Arus Bulan April
- Lampiran 10 Peta Arus Bulan Mei
- Lampiran 11 Peta Arus Bulan September
- Lampiran 12 Peta Arus Bulan Oktober
- Lampiran 13 Peta Arus Bulan November
- Lampiran 14 Informasi Peta Tumpahan Minyak
- Lampiran 15 Ekstraksi Fitur

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Seribu merupakan salah satu wilayah di Indonesia dimana selain memiliki potensi pariwisata, juga memiliki potensi eksplorasi minyak di lepas pantainya. Akan tetapi, keselamatan kerja yang tidak diutamakan dalam kegiatan eksplorasi, seperti pembuangan ampas minyak (residu) ke laut, kebocoran pipa perusahaan pengeboran minyak di lepas pantai, dan kecelakaan pada kapal tanker, menyebabkan adanya pencemaran tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu. Menurut Dephut RI (2007) telah terjadi pencemaran tumpahan minyak terbesar di perairan Kepulauan Seribu pada bulan April 2004, Mei 2004 dan Oktober 2004. Dengan adanya tumpahan minyak yang kemungkinan akan mengendap pada bibir pantai akan mengurangi bahkan menghilangkan keindahan alam di wilayah tersebut. Selain itu, kerusakan ekosistem laut yang menyebabkan banyaknya ikan mati membuat daya tangkap ikan menurun. Sedangkan, menurut Estradivari *et al* (2007) perhitungan persentase mata pencaharian masyarakat Kepulauan Seribu di tahun 2002 menunjukkan 69,3% adalah nelayan.

Oleh karena itu, dibutuhkan pendeteksian adanya tumpahan minyak di laut yang cepat dan efisien. Hal ini bertujuan untuk menyediakan informasi spasial dalam penanggulangan awal tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu.

Dalam hal ini, sistem penginderaan jauh aktif RADAR (*Radio Detection and Ranging*) memiliki keunggulan dalam pendeteksian tumpahan minyak, karena tidak tergantung dengan sinar matahari dan cuaca, seperti adanya gangguan awan. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data Satelit ENVISAT ASAR *Wide Swath Mode* (WSM) Bulan Maret, April, Mei, September dan Nopember pada tahun 2004.

Dalam penelitian ini, metode yang diterapkan adalah *threshold* adaptif dan segmentasi multi skala. Karena karakteristik

tumpahan minyak pada citra dicirikan dengan rendahnya *backscatter*, maka dengan dilakukannya *thresholding* akan memisahkan *dark spot* (Brekke *et al*, 2005).

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. Penggunaan data pada tahun 2004 yang merupakan salah satu peristiwa tumpahan minyak terbesar di Kepulauan Seribu tepat digunakan dalam metode ini, karena tingkat kepercayaan yang tinggi akan didapatkan pada lapisan tumpahan minyak yang cukup tebal. Sehingga dengan penerapan metode *threshold* adaptif dan segmentasi multi skala, diharapkan metode tersebut dapat dijadikan acuan untuk metode pendeteksian tumpahan minyak selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana metode *threshold* adaptif dan segmentasi multi skala dapat digunakan dalam pendeteksian tumpahan minyak?
2. Bagaimana mengetahui perbedaan luas pendeteksian tumpahan minyak yang berada di perairan Kepulauan Seribu?
3. Bagaimana menyajikan hasil pendeteksian tumpahan minyak?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Wilayah studi penelitian berada di perairan Kepulauan Seribu yang terletak pada koordinat $5^{\circ}12'$ - 6° LS dan $106^{\circ}12'$ – 107° BT.
2. Pendeteksian tumpahan minyak dilakukan pada perairan Kepulauan Seribu Bulan Maret, April, Mei, September dan Nopember tahun 2004.
3. Pendeteksian daerah tumpahan minyak menggunakan data Satelit ENVISAT ASAR WSM.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian metode *threshold* adaptif dan segmentasi multi skala dalam pendeteksian tumpahan minyak.
2. Mengetahui perbedaan luas tumpahan minyak dalam Bulan Maret, April, Mei, September, dan Nopember 2004 di perairan Kepulauan Seribu.
3. Menyajikan hasil pendeteksian tumpahan minyak.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Threshold Adaptif*

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 *threshold adaptif*, 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 *threshold adaptif*. 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

$$y = 7.4199e^{-0.18212x} \quad (2)$$

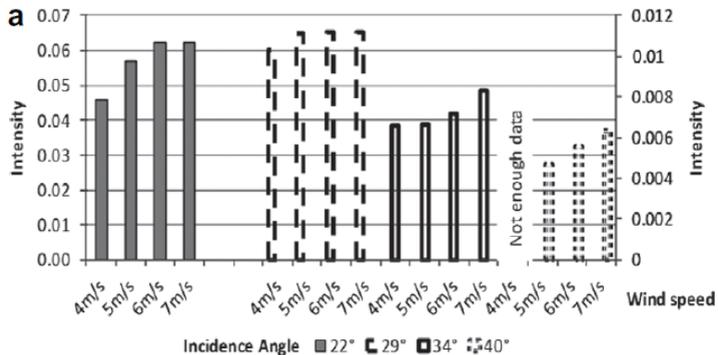
Penggunaan fungsi ini menghasilkan banyak dugaan tumpahan minyak yang sebenarnya bukan tumpahan minyak. Suatu percobaan menunjukkan bahwa *threshold* adaptif tidak dapat hanya didasarkan pada hubungan antara sudut datang dan intensitas. Pada kenyataannya, berbagai variabel lingkungan berpotensi dapat mempengaruhi algoritma segmentasi tumpahan minyak. Kecepatan angin merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam algoritma tersebut (Garcia-Pineda *et al*, 2009). Adapun pengaruh penampakan lapisan minyak pada citra SAR terhadap kondisi kecepatan angin ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Penampakan Lapisan Minyak pada Citra SAR pada Kondisi Kecepatan Angin Tertentu

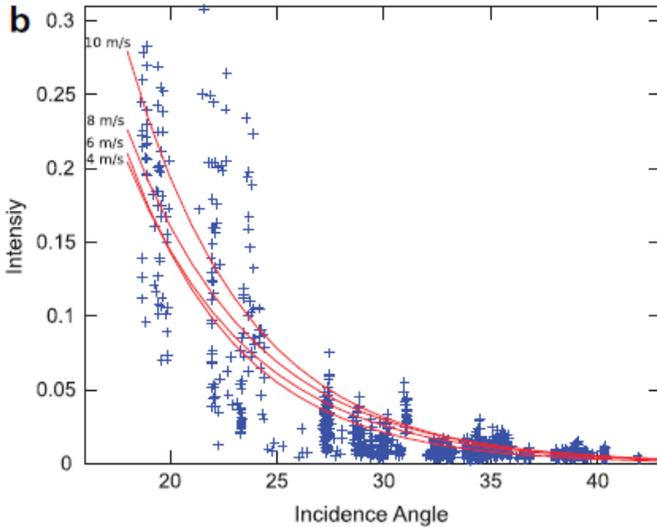
Kecepatan Angin (m/dtk)	Tanda Lapisan
0-3	Tidak ada dampak angin pada lapisan minyak, namun probabilitas tinggi terlihatnya objek mirip (<i>look-alike</i>)
3 hingga 7-10	Sedikit kesalahan interpretasi pada daerah dengan angin lokal rendah, dan <i>background</i> lapisan minyak masih terlihat homogen
>7-10	Hanya minyak tebal yang terlihat. Minyak tipis akan tidak dilihat karena pembauran lapisan minyak oleh angin.

(Brekke *et al*, 2005)

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. Penambahan tersebut menunjukkan terdapat hubungan antara kecepatan angin dan intensitas piksel untuk sudut datang yang sama. Data tersebut selanjutnya diklusterisasi berdasarkan kecepatan angin. Adapun pengaruh kecepatan angin pada intensitas piksel ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1. Rata-rata Intensitas Berdasarkan Kecepatan Angin dan Diklusterisasi Berdasarkan Sudut Datang (Mera *et al*, 2012)



Gambar 2.2. Fungsi Eksponen Negatif untuk Beberapa Kecepatan Angin (Mera *et al*, 2012)

Setelah menerapkan analisis regresi untuk *subset*, komposisi pada kedua fungsi dipilih untuk mendukung *threshold* adaptif. Komposisi ini terdiri dari fungsi *quartic* terhadap sudut datang yang lebih kecil dan sebaliknya pada fungsi eksponen negatif. Sedangkan koefisien pada fungsi yang dibentuk berdasarkan kecepatan angin serta pada poin *cut off* digunakan untuk batas komposisi. Adapun koefisien dan poin *cut off* ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Koefisien dan Poin *Cut Off* pada Fungsi *Threshold Adaptif*

Kecepatan angin	Fungsi <i>Quartic</i>	Poin <i>Cut Off</i>	Fungsi pangkat negatif
<4 m/s	$4,4428 * 10^{-6}x^4$ $- 0,00060043x^3$ $+ 0,030443x^2 - 0,68761x$ $+ 5,8578$	$37,28^0$	$6,5651e^{-0,19113x}$
<5 m/s	$3,9658 * 10^{-6}x^4$ $- 0,00054383x^3$ $+ 0,027948x^2 - 0,63933x$ $+ 5,5159$	$35,8^0$	$4,7262e^{-0,17495x}$
<6 m/s	$3,2716 * 10^{-6}x^4$ $- 0,00045656x^3$ $+ 0,023916x^2 - 0,55858x$ $+ 4,9284$	$36,5^0$	$4,5599e^{-0,17247x}$
<7 m/s	$3,0928 * 10^{-6}x^4$ $- 0,00042839x^3$ $+ 0,022355x^2 - 0,5223x$ $+ 4,632$	$37,5^0$	$4,4070e^{-0,16898x}$
<8 m/s	$2,1388 * 10^{-6}x^4$ $- 0,00030713x^3$ $+ 0,016675x^2 - 0,40678x$ $+ 3,7804$	$25,2^0$	$4,8242e^{-0,16992x}$
<9 m/s	$-3,7216 * 10^{-6}x^4$ $+ 0,00041202x^3$ $- 0,015726x^2 + 0,2259x$ $- 0,71133$	$27,5^0$	$6,7878e^{-0,17962x}$
>9 m/s	$-6,3401 * 10^{-6}x^4$ $+ 0,00073027x^3$ $- 0,029919x^2 + 0,50015x$ $- 2,6381$	$27,69^0$	$7,4199e^{-0,18212x}$

(Mera *et al*, 2012)

2.2 Implementasi Algoritma *Threshold Adaptif*

2.2.1 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*).

2.2.2 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, filter diaplikasikan untuk mengurangi potensi adanya *noise* tersebut.

2.2.3 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).

2.2.4 Menyeleksi Angin Rendah

Beberapa studi Pavlakis *et al* (2001) telah mendeskripsikan bahwa kecepatan angin dengan sedikitnya 2-3 m/s syarat untuk mendeteksi *biogenic surfactants*, polusi, dan tumpahan minyak. Kecepatan angin yang lebih rendah membuat laut menjadi tenang, sehingga sinyal satelit yang dikembalikan pada sensor satelit akan mengartikan wilayah seperti (*look like*) tumpahan minyak. Di sisi

lain, kecepatan angin yang tinggi membatasi kemampuan pada hidrokarbon untuk mengurangi gelombang kapiler dan energi sinyal yang terefleksi dari permukaan laut. Hasil optimal untuk studi polusi *surfactant* yaitu 3,5-7 m/s (Garcia-Pineda *et al*, 2009). Penyeleksian angin ini diaplikasikan untuk menghindari angin rendah yang membuat *look-alikes* yaitu pada nilai kecepatan angin kurang dari 3 m/s.

2.2.5 Menyeleksi Area

Jika tumpahan minyak tidak cukup besar, tersebar dengan cepat, dan tidak memungkinkan untuk menggunakan pengamatan dengan *surveillance*, maka digunakan fungsi ini dengan mengaplikasikan *cropping* area lapisan dengan tumpahan minyak yang sedikit. Fungsi ini membantu untuk fokus terhadap calon tumpahan minyak pada wilayah tersebut, dan di sisi lain untuk menghapus potensi adanya *noise* pada langkah selanjutnya.

2.3 Segmentasi Multi Skala

Dalam Solberg *et al* (2007) metode dikembangkan terutama untuk segmentasi objek lapisan minyak tipis yaitu dengan membatasi orientasi objek tipis linier dan menerapkan *threshold* atau segmentasi yang berbeda dengan objek lainnya. Metode ini diuji pada data ENVISAT ASAR WSM. Kemudian pengembangan metode dilakukan dengan membuat fitur baru pada kelompok fitur kontras dan fitur bentuk. Fitur yang diekstraksi terdiri dari 13 fitur dan 4 fitur baru. Pada penelitian ini akurasi yang dihasilkan untuk deteksi lapisan minyak adalah 89%. Perbandingan fitur yang diekstraksi dalam metode deteksi tumpahan minyak pada penelitian menggunakan data SAR dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Fitur yang Diterapkan pada Penelitian

No	Fitur	I	II	III	IV
1	Luas Lapisan (A)	x	x	x	x
2	Kompleksitas lapisan	x	x	x	x
3	Lebar lapisan		x	x	
4	Momen lapisan		x	x	x
5	Gradien <i>border</i> maksimum	x			
6	Gradien <i>border</i> rata-rata	x	x	x	
7	Rasio kontras lokal area		x		
8	Lapisan <i>Power-to-mean Ratio</i>		x	x	
9	Homogenitas (<i>Power-to-mean Ratio</i>) lingkungan sekitar		x	x	x
10	Jarak dari titik sumber		x	x	x
11	Jumlah <i>spot</i> terdeteksi pada <i>scene</i>		x	x	x
12	Jumlah <i>spot</i> bertetangga		x	x	x
13	Kontras kehalusan			x	x

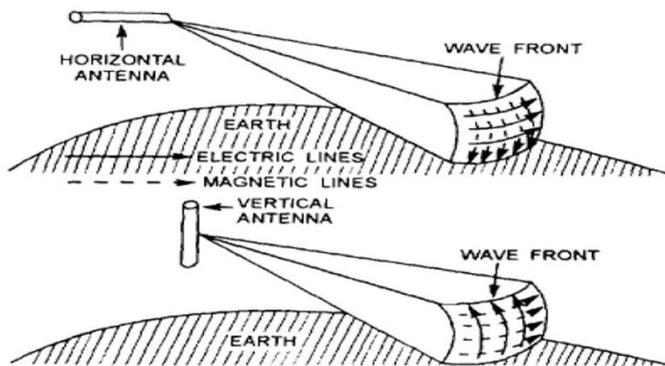
(Solberg *et al*, 2003)

2.4 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.

Citra satelit ENVISAT merupakan citra yang menggunakan sistem radar (*radio detection and ranging*). 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 horizontal (H) maupun vertikal (V) dari bidang vektor, dan sinyal kembali diterima juga secara horizontal atau

vertikal, dan ataupun kedua-duanya. Dasar proses fisik dilakukan untuk polarisasi (HH atau VV) kembali yaitu *quasispecular* pantulan permukaan dan permukaan atau volume hamburan. *Cross-polarised* (HV atau VH) kembali adalah biasanya lemah serta seringnya menyatu dengan banyak hamburan yang kaitannya dengan kekasaran dan banyak volume hamburan. Mekanisme hamburan atau kembalinya dari perbedaan permukaan mungkin biasanya sering bertukar-tukar dengan jelas pada sudut pandang radar. Adapun ilustrasi polarisasi secara horizontal dan vertikal ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ilustrasi Polarisasi Horizontal dan Vertikal (Zhie, 2015)

Dalam pendeteksian tumpahan minyak, polarisasi yang tepat digunakan adalah polarisasi VV (Brekke *et al*, 2005). Polarisasi memberikan *backscatter* radar yang tinggi dari permukaan laut dibandingkan HH. Sedangkan menurut Alpers *et al* (2004), penggunaan polarisasi VV disarankan dalam pendeteksian tumpahan minyak karena memberikan kontras lapisan minyak yang lebih baik. Pada pantulan VH dan HV terjadi dari mekanisme pantulan yang lebih kompleks, maka tidak sesuai untuk

pendeteksian tumpahan minyak karena pantulan dari permukaan laut akan berada di bawah kebisingan dasar SAR.

2.5 Pertimbangan Dasar Mekanisme Pencitraan dan Identifikasi Lapisan/ Tumpahan Minyak di Laut Menggunakan Data Radar ENVISAT ASAR WSM

ENVISAT (*Environmental Satellite*) merupakan sebuah satelit pengamatan bumi Badan Antariksa Eropa (ESA) yang diluncurkan pada tanggal 1 Maret 2002 di Perancis, dan berada pada ketinggian 790 km dan mengorbit Bumi dalam waktu sekitar 101 menit dengan siklus berulang dari 35 hari. Misi satelit ini dinyatakan berakhir secara resmi pada 9 Mei 2012.

ENVISAT ASAR (*Advanced Synthetic Aperture Radar*) yang merupakan lanjutan dari misi satelit ERS-1 dan ERS-2, yaitu satelit yang beroperasi pada *band C* dan mampu menembus awan serta tidak terpengaruh terhadap cahaya matahari. Satelit ini dapat mendeteksi perubahan ketinggian permukaan dengan presisi milimeter. ASAR menggunakan kesatuan antena aktif dengan sudut datang antara $15-45^{\circ}$. Aplikasi dari sensor ini yaitu untuk mengetahui gelombang laut, pergerakan dan pencairan es, dan studi mengenai permukaan laut.

Mengikuti kesuksesan ERS-1 dan ERS-2, ASAR memiliki resolusi citra yang tinggi dengan melakukan pengukuran berdasarkan *backscatter*, kekasaran permukaan, dan konstanta dielektrik. Kemampuan baru penting pada ASAR yaitu mengatur cahaya untuk akuisisi citra dengan sudut datang yang berbeda, polarisasi rangkap, dan cakupan wilayah yang luas.

Adapun mode dari pengukuran ASAR terdiri dari *Image Mode* (IM), *Alternating Polarisation Mode* (AP), *Wide Swath Mode* (WSM), *Global Monitoring Mode* (GM), dan *Wave Mode* (WM). Pada setiap mode, terdapat perbedaan cakupan citra. Untuk IM, AP, dan WSM didesain sebagai mode tingkat tinggi dengan tingkat generasi data pada 100 Mbps. Sedangkan GM dan WM didesain sebagai mode tingkat rendah dengan tingkat generasi data pada 0,9 Mbps.

ENVISAT ASAR WSM dengan polarisasi VV merupakan instrumen yang unik dalam pendeteksian lapisan tumpahan minyak di permukaan laut, dimana terdapat kombinasi yang baik pada cakupan wilayah dan memiliki resolusi radiometrik 1,5-3,5 dB. Selain itu, satelit ini juga memiliki akurasi radiometrik sebesar 0,65 dB dan resolusi spasial sebesar 150x150 m. Sedangkan untuk cakupan wilayahnya sebesar 400 km (Brekke *et al*, 2005).

Polarisasi VV memberikan *backscatter* radar yang tinggi dari permukaan laut dibandingkan HH. Dalam Alpers *et al* (2004) polarisasi VV lebih baik digunakan untuk deteksi pencemaran minyak karena memberikan kontras lapisan minyak yang lebih baik. Pada pantulan VH dan HV terjadi dari mekanisme pantulan yang lebih kompleks, maka tidak cocok untuk deteksi tumpahan minyak karena pantulan dari permukaan laut akan berada di bawah kebisingan dasar SAR pada kondisi kecepatan angin sedang hingga tinggi. Disebutkan pula bahwa X-band dan C-band lebih efisien untuk deteksi tumpahan minyak dibandingkan L dan P-band.

Selain itu, dalam pencitraan SAR terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan sinyal yang dipantulkan diantaranya adalah kekasaran objek. Permukaan laut mengandung spektrum gelombang dari riak kecil berukuran milimeter hingga gelombang dengan panjang ratusan meter. Namun, secara umum mekanisme yang mendominasi untuk mendukung hamburan balik adalah tipe resonansi Bragg. Lapisan minyak dapat mengurangi gelombang Bragg di permukaan laut yang kemudian diartikan oleh SAR. Ketika gelombang tipe Bragg ini berkurang maka sangat sedikit sinyal yang dipancarkan kembali ke SAR, sehingga *dark spot* akan muncul di citra SAR (Solberg *et al*, 2007). Faktor lainnya adalah sudut datang radar, dimana koefisien *backscatter* radar merupakan fungsi dari geometri pengamatan dari SAR, dan koefisien *backscatter* menurun dengan meningkatnya sudut datang (*incidence angle*) radar. Sifat hamburan material juga tergantung pada polarisasi sinyal radar yang masuk.

Sedangkan untuk tingkat kecepatan angin memiliki pengaruh dalam tingkat *backscatter* dan visibilitas dari lapisan di

permukaan laut. Lapisan minyak terlihat hanya untuk rentang kecepatan angin tertentu. Di bawah *threshold* kecepatan angin yang rendah, hanya sedikit energi radar yang akan dihamburkan kembali menuju SAR, dan fitur yang tergantung pada modulasi gelombang Bragg tidak akan terlihat pada citra. Arah angin relatif terhadap bidang gelombang datang radar juga mempengaruhi *backscatter* dalam sebuah citra. Angin menyilang atau *crosswind* (angin yang bertiup tegak lurus terhadap arah jangkauan) menghasilkan *backscatter* yang lebih rendah dibanding angin ke atas atau angin ke bawah (angin yang bertiup sepanjang arah jangkauan).

2.6 Sumber Tumpahan Minyak

Kepulauan Seribu merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi pertambangan minyak di laut lepas pantainya. Akan tetapi, kurangnya keselamatan kerja pada aktivitas pertambangan seperti kebocoran pipa minyak bawah laut, aktivitas bongkar muat pada rig di pengeboran atau kapal tanker menjadi penyebab adanya tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu. Selain itu, wilayah perairan Kepulauan Seribu yang dilalui Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I menyebabkan adanya aktivitas pelayaran maupun penerbangan dalam hal perdagangan dan transportasi internasional di perairan tersebut. ALKI I yang melintasi Laut Cina Selatan, Selat Karimata, Laut Jawa, hingga Selat Sunda, menyebabkan wilayah barat Kepulauan Seribu dilintasi alur tersebut. Pembuangan limbah atau ampas minyak dari kapal yang melintas membuat tergenangnya tumpahan minyak di perairan.

Balangan, Indramayu yang merupakan tempat pengilangan minyak yang berlokasi di sebelah timur wilayah Kepulauan Seribu, juga menjadi faktor adanya tumpahan minyak terjadi. Karena pada Bulan Oktober 2004 telah tercatat bahwa terdapat tumpahan minyak mentah di Pantai Indramayu (JICA-Dephub, 2002). Arus

laut yang menuju ke arah barat menyebabkan tumpahan minyak terbawa ke arah wilayah Kepulauan Seribu.

2.7 Penyebaran Tumpahan Minyak Laut

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 percampuran turbulen atau arus laut (Marsya, 2012).

Berdasarkan penelitian para ahli 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 (Marsya, 2012).

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 sesuai dengan kondisi angin dan arus tersebut sehingga hal ini seringkali menimbulkan masalah terhadap lingkungan apabila penyebarannya terlalu luas, ataupun mencapai kawasan pantai (Marsya, 2012).

Dalam Marsya (2012) 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.

Pada lingkungan perairan, minyak dapat terapung, tenggelam, terlarut dan menguap, sehingga pengaruhnya terhadap lingkungan akan berbeda (Marsya, 2012).

2.8 Dampak Pencemaran Minyak

Sumadhiharga (1995) membagi dampak kerusakan yang disebabkan oleh pencemaran minyak di laut menjadi dua tipe jangka waktu yaitu dampak jangka pendek dan dampak jangka panjang. Dampak jangka pendek dari pencemaran minyak antara lain kerusakan membran sel biota laut akibat penetrasi molekul-molekul hidrokarbon minyak sehingga keluarnya cairan sel dari biota laut, munculnya aroma dan bau minyak pada berbagai jenis udang dan ikan sehingga menyebabkan turunnya mutu dari biota tersebut, kematian pada ikan yang disebabkan oleh minimnya oksigen pada lingkungan tersebut, keracunan karbon dioksida, dan keracunan langsung oleh bahan berbahaya (Misran, 2002). Dampak jangka panjang dari pencemaran minyak akan sangat terasa bagi biota laut yang masih muda. Minyak di dalam laut dapat termakan oleh biota-biota laut pada saat sebagian senyawa minyak dapat dikeluarkan bersamaan dengan kotoran sedang sebagian lagi dapat terakumulasi dalam senyawa lemak dan protein. Sifat akumulasi ini dapat dipindahkan dari organisme ke organisme lain melalui rantai makanan. Dampak kerusakan secara langsung dari tumpahan minyak terjadi di lingkungan laut terutama pada tempat rekreasi, pemukiman nelayan serta wilayah tambak di pesisir pantai.

2.9 Penelitian Sebelumnya

Studi mengenai pendeteksian tumpahan minyak telah dilakukan oleh Wardhana (2004) dengan judul “Aplikasi Metode Tekstur Analisis pada Deteksi dan Monitoring Tumpahan Minyak (*Oil Spill*) dengan Menggunakan Citra RADAR ERS-2”. Penelitian tersebut menggunakan studi kasus tumpahan minyak di Pantai Utara Pulau Batam (Selat Singapura) Bulan Oktober 2000. Adapun dalam pengolahan data untuk mendeteksi adanya

tumpahan minyak menggunakan metode analisis tekstur yang terbagi menjadi dua tahap, yaitu, karakteristik tekstur kelas dan klasifikasi tekstur citra.

Sedangkan Konik dan Bradtke (2016) melakukan penelitian mengenai pendeteksian tumpahan minyak dengan judul “*Object-oriented Approach to Oil Spill Detection Using ENVISAT ASAR Images*”. Tumpahan minyak yang terdeteksi menggunakan citra ENVISAT/ASAR digunakan untuk membuat klasifikasi dari setiap objek gelap pada citra. Klasifikasi tersebut dibagi dalam empat kategori, yaitu, *look-alikes* (seperti tumpahan minyak), *distinct dark spot* (tumpahan minyak yang potensial), *blurred spill* (tumpahan minyak yang kabur), dan *dubious spill* (tumpahan minyak yang meragukan).

Pada penelitian ini, akan dilakukan pendeteksian tumpahan minyak menggunakan data ENVISAT ASAR WSM. Untuk metode yang digunakan adalah *threshold* adaptif dan segmentasi multi skala untuk pengklasifikasian tumpahan minyak. Hasil ekstraksi fitur dari pengolahan data menggunakan algoritma *threshold* adaptif selanjutnya akan diklasifikasikan sesuai kategori tumpahan minyak. Adapun dalam penggunaan algoritma *threshold* adaptif dipengaruhi oleh angin di daerah tumpahan minyak tersebut. Karena menurut Brekke *et al* (2005) terdapat pengaruh penampakan lapisan minyak pada citra SAR terhadap kondisi kecepatan angin.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 terletak di daerah perairan Kepulauan Seribu. Area ini terletak di antara koordinat $5^{\circ}12'$ - 6° LS dan $106^{\circ}12'$ – 107° BT.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 34 Tahun 1999, Kepulauan Seribu telah ditetapkan sebagai salah satu Kabupaten Administratif setingkat dengan wilayah daerah tingkat II di Provinsi Daerah Tingkat I DKI Jakarta. Secara geografis Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu terletak di lepas pantai utara Jakarta, berbatasan langsung dengan Laut Jawa di sebelah utara, timur dan barat. Sedangkan di sebelah selatan, berbatasan dengan wilayah Kotamadya Jakarta Utara, Provinsi Banten dan Jawa Barat.

Kondisi perairan Kepulauan Seribu dipengaruhi musim, pada musim timur tinggi gelombang lebih rendah dibandingkan dengan musim barat yaitu masing-masing berkisar antara 0,5-1 m dan 2-3 m. Kecepatan gelombang rata-rata di perairan Kepulauan Seribu relatif rendah yaitu hanya mencapai 1 knot. Kondisi ini terjadi sebagai akibat dari adanya proses peredaman gelombang oleh gugusan pulau yang berserakan di perairan Kepulauan Seribu. Pengukuran di Pulau Pramuka mencatat tinggi gelombang rata-rata sebesar 7,0-69,6 cm dengan periode gelombang 2,4-6,3 detik. Gelombang di daerah tubir akan lebih besar dibandingkan gelombang di kawasan pantai. Oleh karena di pantai terjadi peredaman gelombang oleh ratahan karang dangkal (Sachoemar, 2008).

Kecepatan arus di Pulau Pramuka, Pulau Panggang dan Pulau Karya pada waktu pasang purnama (*spring tide*) sebesar 5-49 cm/ detik dengan arah bervariasi antara $3-35^{\circ}$. Di lokasi yang sama pada saat pasang perbani (*neep tide*) kecepatan arus tercatat sebesar 4-38 cm/ detik dengan arah bervariasi antara $16-35^{\circ}$. Kedudukan air tertinggi dan terendah di Kepulauan Seribu adalah

60 cm dan 50 cm di bawah duduk tengah. Rata-rata tunggang pasang perbani adalah 90 cm dan pasang mati 20 cm. Tunggang pasang tahunan terbesar tercatat sebesar 110 cm. Pengamatan di beberapa pulau di Kepulauan Seribu mencatat tinggi muka laut sebesar 101 cm pada skala Palembang dan tinggi referensi kedalaman peta (*chart datum*) sebesar 65 cm di bawah muka laut rata-rata (Sachoeamar, 2008).

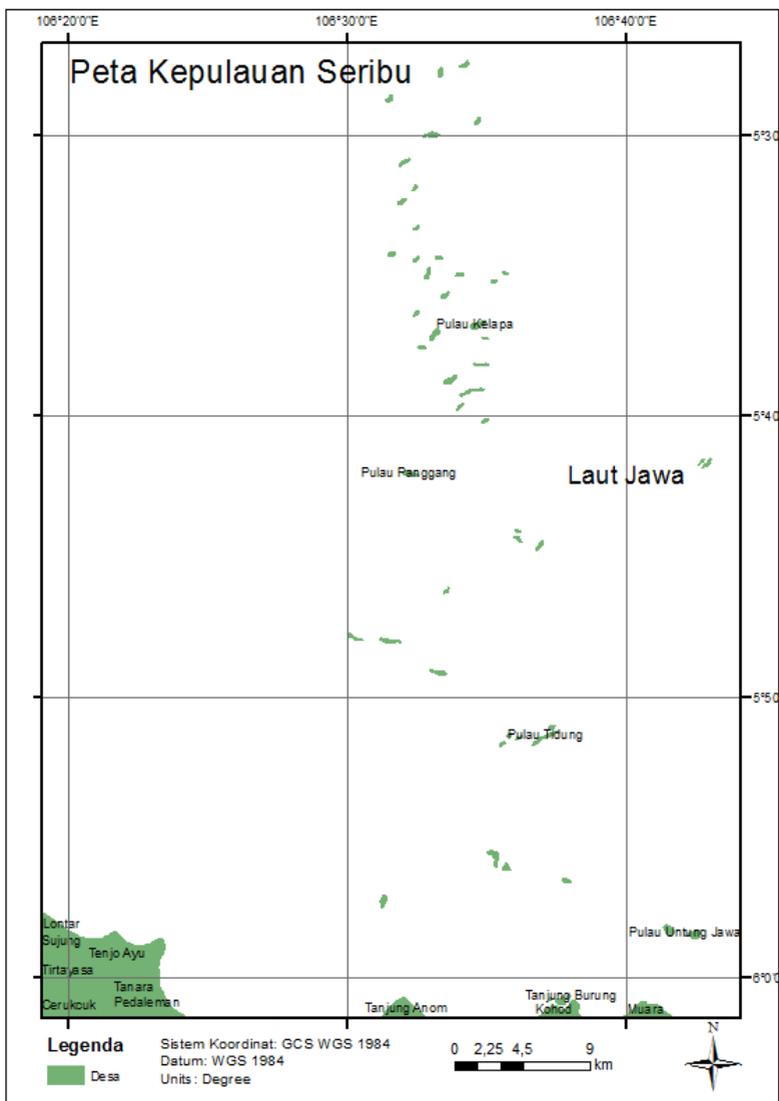
Sedangkan untuk data kecepatan angin dan arus pada bulan pengamatan dapat diketahui dari pengolahan data Jason 1. Adapun kecepatan angin di perairan Kepulauan Seribu pada bulan Maret yaitu 3,6 m/s, dan Bulan April sebesar 5,1 m/s. Pada bulan Mei sebesar 2,24 m/s, dan bulan September sebesar 5,1 m/s. Sedangkan pada bulan Nopember memiliki data kecepatan angin sebesar 5 m/s.

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data pengamatan dalam pendeteksian tumpahan minyak yaitu data Satelit ENVISAT ASAR WSM level 1 selama tahun 2004. Adapun data yang dipakai adalah data ENVISAT pada tanggal 18 Maret 2004, 28 April 2004, 11 Mei 2004, 18 September 2004, dan 18 November 2004. Pengambilan data pada kurun waktu tersebut tepat dilakukan karena telah tercatat adanya kejadian tumpahan minyak yang terjadi di Perairan Kepulauan Seribu, yaitu pada 24 April 2004, 2 Mei 2004, 5 Mei 2004, dan 1 Oktober 2004. Oleh karena itu, pemilihan data citra ENVISAT pada kurun waktu tersebut diharapkan dapat mengetahui persebaran tumpahan minyak yang terjadi pada perairan Kepulauan Seribu.

Selain itu, diperlukan data sekunder kecepatan angin dan arus untuk mendukung pengolahan data dan dapat digunakan sebagai validasi hasil pendeteksian tumpahan minyak. Dalam hal ini, data kecepatan angin didapatkan dari pengolahan data GDR (*Geophysical Data Record*) Satelit Jason 1. Data Satelit Jason 1 yang digunakan berada pada *cycle* 229 di Bulan Maret, April, Mei September, Oktober, dan Nopember 2004.



Gambar 3.1. Lokasi Perairan Kepulauan Seribu

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian dibagi menjadi dua, yakni perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari Laptop HP-Pavilion dengan memiliki prosesor i5 dan RAM sebesar 4 GB. Sedangkan perangkat lunak dengan lisensi open source terdiri dari SNAP (*Sentinel Application Platform*) untuk pengolahan data ENVISAT dalam pendeteksian tumpahan minyak, GMT (*Generic Mapping Tools*) untuk pembuatan peta tumpahan minyak, dan ODV (*Ocean Data View*) untuk ekstraksi data Satelit Jason 1 yang digunakan untuk perhitungan mendapatkan data kecepatan angin. Serta perangkat lunak Microsoft Office 2013 dengan lisensi ITS untuk pembuatan laporan.

3.3 Metodologi 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 (*oil spill*) 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 (*oil spill*).

c. Pengumpulan Data

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

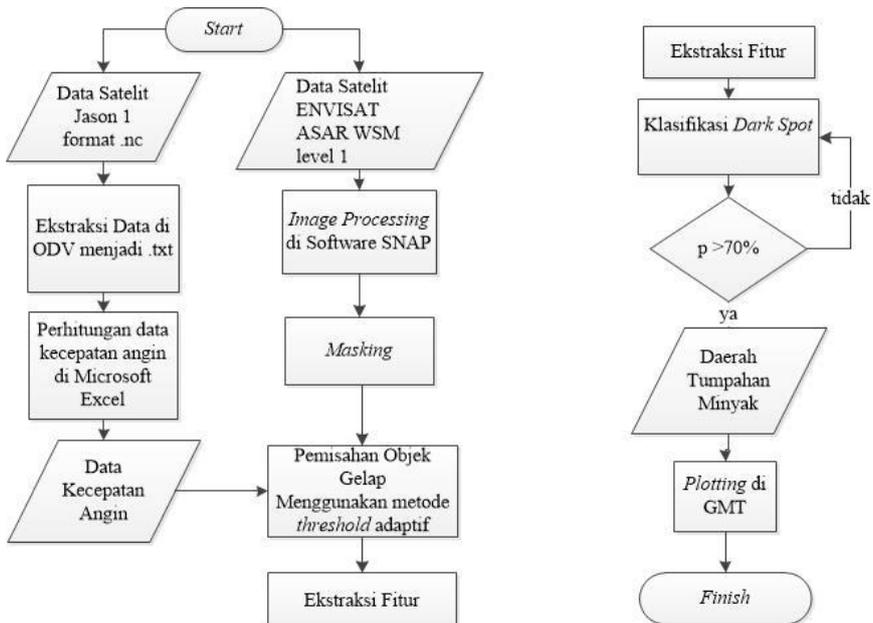
d. Pengolahan Data

Pengolahan data untuk pendeteksian tumpahan minyak dilakukan pada software SNAP, sedangkan untuk mendapatkan data kecepatan angin dan arus, dilakukan ekstraksi data pada software ODV (*Ocean Data View*) sebelum 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 Tahap Pengolahan Data



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data

Adapun penjelasan dari diagram alir pengolahan data pada Gambar 3.2 adalah:

1. *Spatial Subset*

Data Satelit ENVISAT ASAR WSM yang telah diunduh dari website <http://eogrid.esrin.esa.int/> selanjutnya diolah pada software SNAP. Adapun langkah awal dalam pengolahan data ini yaitu mengambil daerah pada citra sesuai dengan koordinat lokasi penelitian.

2. *Image processing*

Selanjutnya, tahapan *image processing* dilakukan pada citra yang telah tersubset. Tahapan ini meliputi *speckle noise removal* yang bertujuan untuk :

- Mereduksi *noise*
- Memperjelas fitur data

Adapun *filter* yang diaplikasikan dalam penelitian ini yaitu *adaptive filter* Lee dan Gamma MAP (*Maximum A Posteriori*) yang menggunakan standar deviasi untuk menghitung nilai baru sebuah pixel yang berada di sekitar kotak lokal (kesatuan pixel yang digunakan untuk memfilter citra digital). Berbeda dengan filter penghalus berfrekuensi rendah, *adaptive filter* menjaga ketajaman dan detail citra ketika mereduksi noise. Dalam Lee (1981) algoritma Lee *Filter* ditunjukkan pada persamaan 3.

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

dimana :

Mean = rata – rata piksel pada jendela

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

$$Var(x) = \left(\frac{[Variance] + [Mean]^2}{[Sigma]^2 + 1} \right) - [Mean]^2 \quad (5)$$

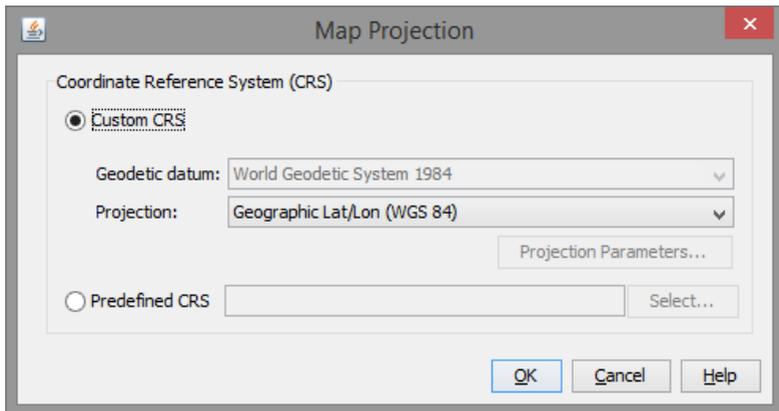
Sedangkan menurut Frost *et al* (1982) algoritma Gamma MAP *Filter* ditunjukkan dengan persamaan 6.

$$\hat{I}^3 - \bar{I}^2 + \sigma(\hat{I} - DN) = 0 \quad (6)$$

dimana :

- \hat{I} = nilai yang dicari
- \bar{I} = mean lokal
- DN = nilai yang dimasukkan
- σ = varian citra asli

Langkah selanjutnya adalah mengatur sistem koordinat pada citra seperti pada Gambar 3.3. Adapun sistem proyeksi pada citra diubah menjadi Sistem Koordinat Geografi WGS 84.



Gambar 3.3 Pengaturan Sistem Proyeksi pada Citra

3. *Masking*

Setelah tahapan *image processing* dilakukan, langkah selanjutnya yaitu *masking*. *Masking* merupakan tahapan pengolahan data untuk pemisahan atau penutupan daerah daratan, karena dalam penelitian ini lebih ditujukan pada daerah perairan. Dalam tahap ini, digunakan data SRTM (*Shuttle Radar*

Topography Mission) 3 detik yang memiliki resolusi spasial sebesar 90 meter. Data SRTM tersebut sudah tersedia pada software SNAP.

4. Pendeteksian *Dark Spot* Menggunakan *Threshold* Adaptif dan Segmentasi Multi Skala

Dalam pendeteksian *dark spot* pada wilayah perairan Kepulauan Seribu, digunakan metode *threshold* adaptif dan segmentasi multi skala. Segmentasi *dark spot* didapatkan dari faktor kecepatan angin dan luas. Data kecepatan angin memiliki pengaruh terhadap nilai koefisien dan fungsi *threshold* adaptif dengan dasar estimasi *backscatter* sehingga didapatkan nilai *threshold* (dB). Nilai koefisien berdasarkan kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 2.2. Dari fungsi yang digunakan, maka akan didapatkan data Satelit ENVISAT yang menampilkan *dark spot* pada wilayah perairan tersebut. Kecepatan angin yang rendah akan membuat sedikit energi radar yang akan dihamburkan kembali menuju SAR.

Sedangkan segmentasi *dark spot* berdasarkan luas, ditentukan dengan nilai luas terendah yang terdeteksi. Dalam penelitian ini, diterapkan nilai terendah luas sebesar 0,1 km². Hal tersebut menghasilkan tumpahan minyak yang terdeteksi memiliki nilai luas di atas 0,1 km².

5. Ekstraksi Fitur

Langkah selanjutnya yaitu ekstraksi fitur atau proses pengambilan informasi yang dibutuhkan dari citra. Dalam penelitian ini, ekstraksi fitur dilakukan dengan mengetahui derajat keabuan pada citra. Adapun fitur yang diekstraksi yaitu luas lapisan, standar deviasi *dark spot*, homogenitas, dan *entropy*. Luas lapisan selanjutnya digunakan untuk mengetahui perbandingan luas tumpahan minyak selama bulan pengamatan, yaitu Bulan Maret, April, Mei, September, dan Nopember 2004.

Sedangkan nilai standar deviasi *dark spot* digunakan untuk mengetahui presisi dari hasil pendeteksian. Untuk homogenitas dan *entropy* menunjukkan kehomogenan dan ketidakteraturan *dark spot*.

6. Klasifikasi *Spot*

Dalam penelitian ini, klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi *unsupervised* atau klasifikasi tidak terbimbing. Klasifikasi ini melakukan pengelompokan data dengan menganalisa kluster secara otomatis dan menghitung kembali rata-rata kelas (*class mean*) secara berulang-ulang dengan komputer.

Menurut Fiscella *et al* (2000) klasifikasi spot 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 7.

$$p = \frac{\text{standar deviasi pendeteksian 1}}{\text{standar deviasi pendeteksian 2}} * 100\% \quad (7)$$

Oleh karena itu, hal terpenting dalam pengolahan data ini yaitu pada proses segmentasi dan ekstraksi fitur. Jika tumpahan tidak terdeteksi dengan benar selama segmentasi, maka klasifikasi pun tidak dapat dilakukan dengan benar.

7. *Plotting* di GMT

Setelah pengolahan data telah dilakukan, maka langkah terakhir yaitu *plotting* pada *software* GMT untuk mendapatkan informasi spasial yang sesuai. Informasi spasial tersebut dapat digunakan untuk menganalisa persebaran tumpahan minyak pada Bulan Maret, April, Mei, September, dan Nopember 2004 dengan didukung dengan data arus Satelit Jason-1 yang telah diolah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penyaringan Data Citra Satelit ENVISAT

Dalam pendeteksian tumpahan minyak, sebelumnya diperlukan proses penyaringan atau yang disebut dengan *adaptive filter*. Proses *filter* perlu dilakukan untuk mengurangi kesalahan dengan menjaga ketajaman dan detail citra. Pemilihan Lee dan Gamma MAP Filter dengan ukuran jendela pengamatan sebesar 3x3 diterapkan pada citra Envisat dengan tipe polarisasi VV ini.

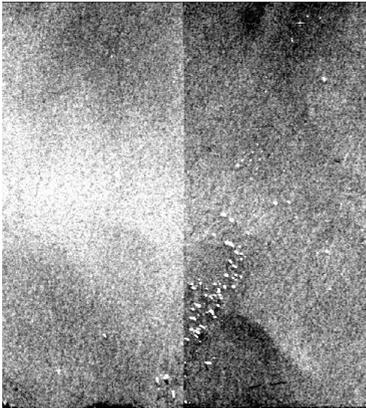
Dari hasil proses *filter*, didapatkan informasi statistik yang memuat nilai standar deviasi citra. Adapun standar deviasi yang memiliki nilai semakin kecil maka semakin baik digunakan pada tahap pendeteksian tumpahan minyak. Perbandingan nilai standar deviasi dari hasil *filter* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil *Filter* Citra ENVISAT

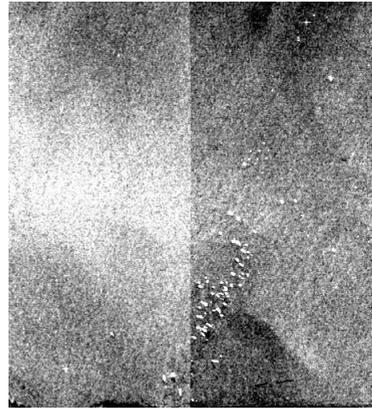
Bulan	Lee		Gamma		Selisih Standar Deviasi
	Jumlah Pixel	Standar Deviasi	Jumlah Pixel	Standar Deviasi	
Maret	867372	0,6303	867369	0,6322	0,0019
April	1236710	0,6445	1236710	0,6444	0,0001
Mei	1235970	1,1044	1235970	1,1043	0,0001
September	1116731	0,5181	1116731	0,5179	0,0002
Nopember	1239139	1,5757	1239139	1,5757	0,0000

Nilai standar deviasi yang ditunjukkan pada tabel menunjukkan bahwa perbedaan nilai dari kedua *filter* tidak berbeda jauh. Oleh karena itu, untuk menentukan data yang akan digunakan dalam pendeteksian tumpahan minyak diperlukan analisa

perbandingan visual antara kedua *filter* seperti data citra sampel pada Bulan Maret yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Hasil Lee Filter



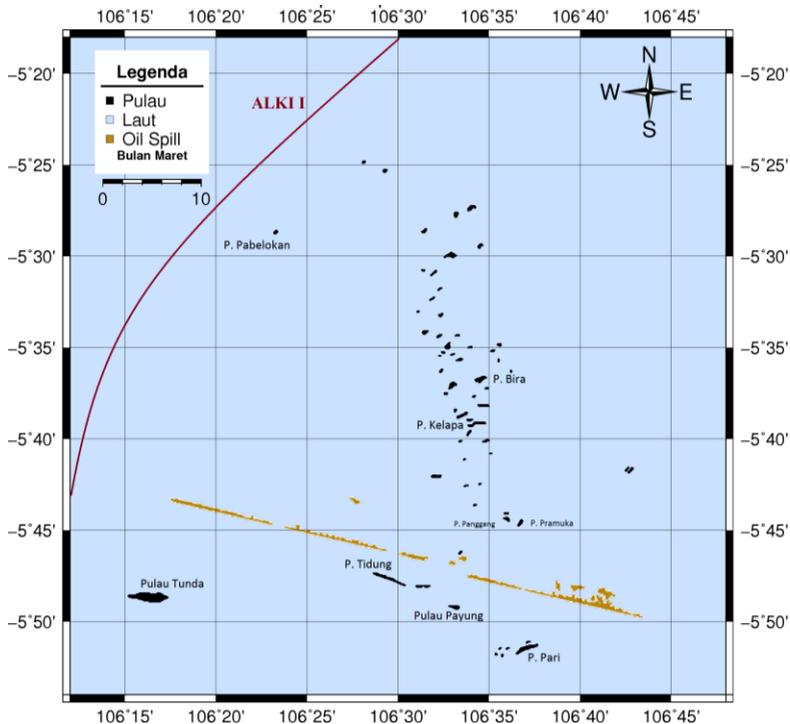
Gambar 4.2 Hasil Gamma Filter

Secara visual, hasil dari Lee filter lebih baik dari Gamma MAP Filter. Hal tersebut juga didukung oleh Wang (2012) dalam penelitiannya.

4.2 Hasil Pendeteksian *Oil Spill*

Selain Citra Envisat yang telah dilakukan proses penyaringan, data yang digunakan dalam pendeteksian tumpahan minyak juga sudah dalam koreksi geometrik dan pemberian nilai kosong pada wilayah daratan menggunakan data SRTM 3 detik.

Dalam pendeteksian *oil spill*, diperlukan adanya data kecepatan angin untuk menentukan koefisien dan fungsi yang akan digunakan dalam nilai *threshold* dengan satuan dB. Selain itu, luas *oil spill* yang dideteksi dalam rentang minimal 0,1 km².

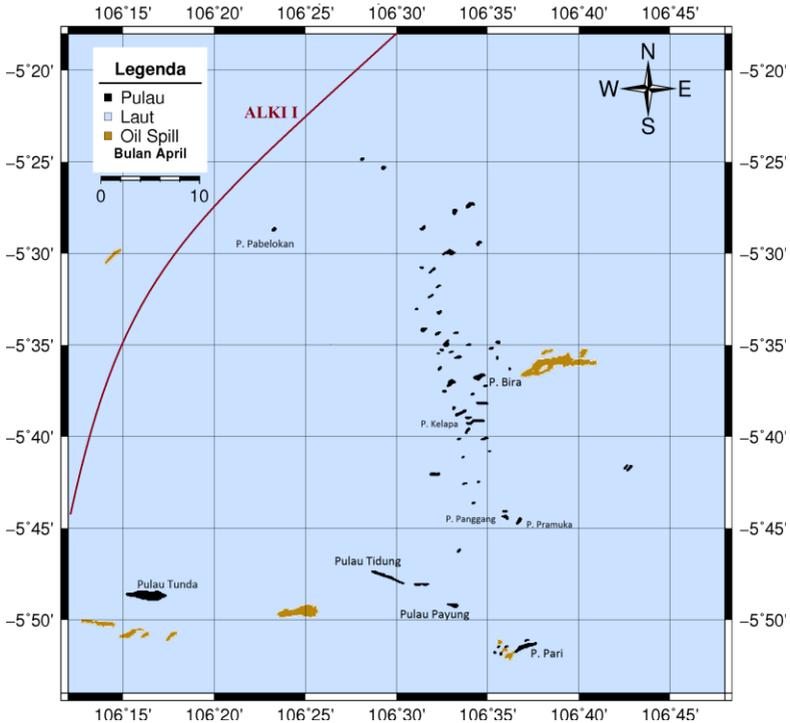


Gambar 4.3 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan Maret

Pendeteksian tumpahan minyak yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 menunjukkan adanya *oil spill* yang terdeteksi di perairan Kepulauan Seribu, tepatnya berjarak kurang lebih 3 km dari Pulau Tidung dan 6 km dari Pulau Pramuka. Dengan data kecepatan angin sebesar 3,6 m/s, metode pendeteksian tumpahan minyak selanjutnya diuji dengan menghitung nilai presisi dari hasil *oil spill*.

Dari perhitungan nilai presisi, didapatkan nilai presisi pada Bulan Maret sebesar 97,3%. Selain itu, pada Gambar 4.3 juga dapat dilihat bahwa terdapat tumpahan minyak yang tampak seperti garis. Hal tersebut dikarenakan adanya aktivitas pelayaran kapal

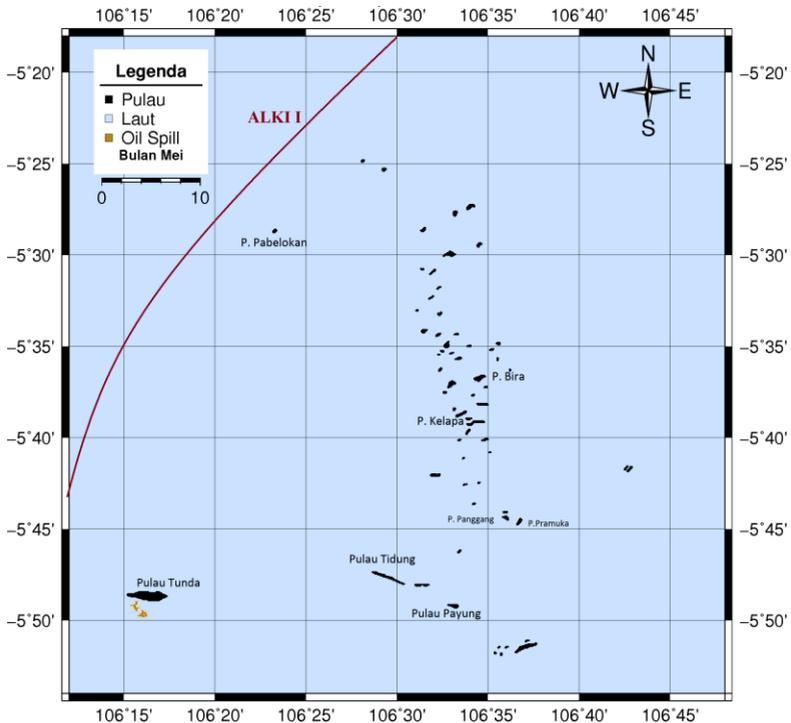
tanker sebanyak 70 kapal/hari di sekitar perairan Pulau Pramuka (Detiknews, 2004).



Gambar 4.4 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan April

Sedangkan pendeteksian tumpahan minyak pada Gambar 4.4 dengan kecepatan angin 5,1 m/s menunjukkan bahwa *oil spill* tersebar di sekitar 6 km dari Pulau Tidung. Selain itu terdapat kenampakan tumpahan minyak sekitar 3 km dari Pulau Tunda. Hal tersebut dikarenakan terdapat arus laut yang menuju ke arah barat daya. Selain itu, terdeteksi tumpahan minyak di sekitar 15 km dari Pulau Pabelokan, dan 3 km dari Pulau Harapan. Hal tersebut merupakan dampak dari kejadian tumpahan minyak yang terjadi

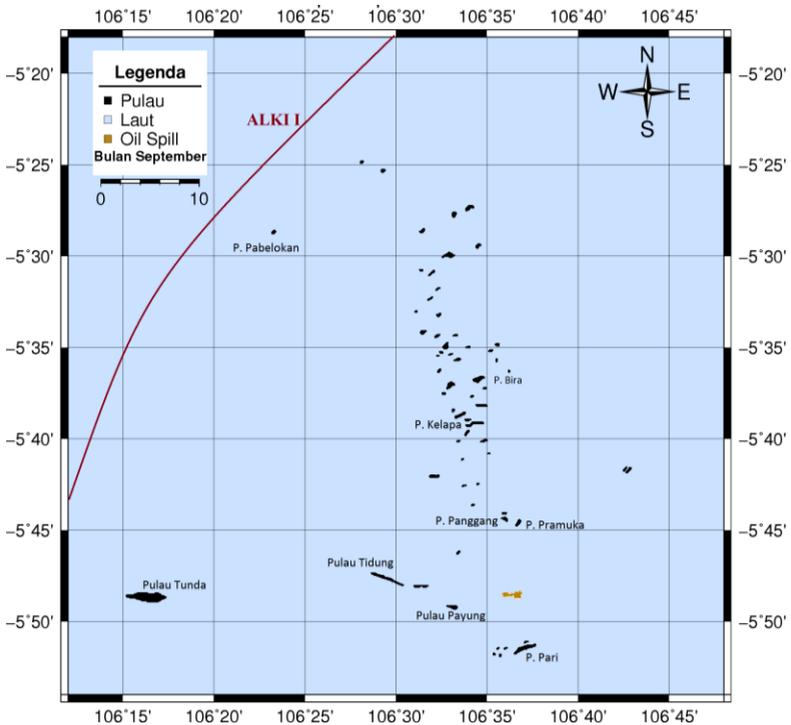
pada Bulan April yang menggenangi 37 pulau menurut Dephut RI (2007). Adapun nilai presisi dari data Bulan April yaitu sebesar 82,5%, sehingga pendeteksian dapat dikatakan sebagai tumpahan minyak.



Gambar 4.5 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan Mei

Pada Gambar 4.5, dengan kecepatan angin sebesar 2,24 m/s, hanya terlihat daerah *oil spill* di sekitar Pulau Tunda. Hal tersebut dimungkinkan karena adanya penanganan tumpahan minyak Bulan April oleh pemerintah. Akan tetapi, arus Bulan Mei yang mengarah ke barat laut diyakini menyebabkan sisa tumpahan minyak Bulan April yang berada 3 km dari Pulau Tunda bergerak menjadi 1,5 km

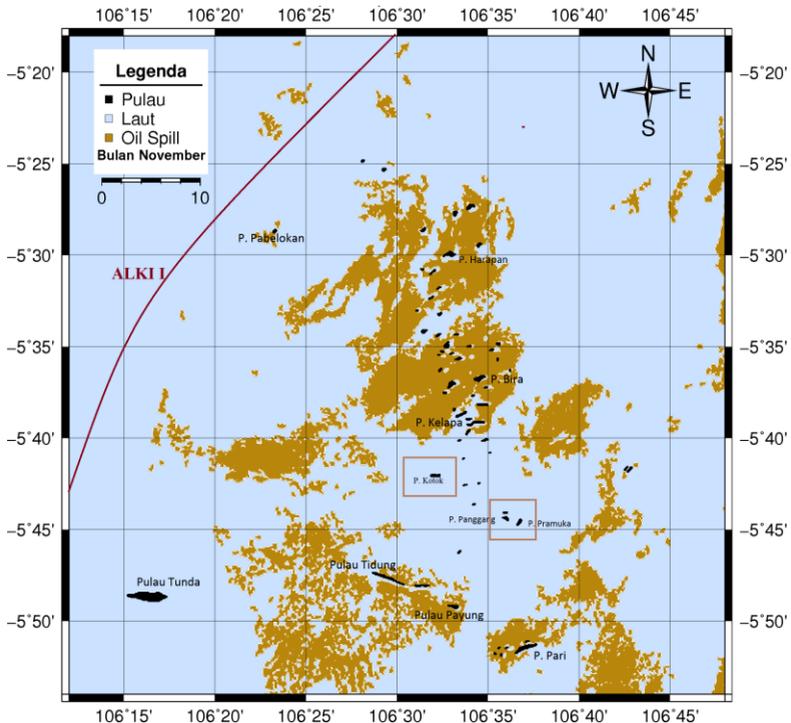
dari Pulau Tunda. Dan nilai presisi dari pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Mei hanya sebesar 79,5%. Hal tersebut dikarenakan nilai data kecepatan angin di bawah 3 m/s membuat sedikit energi radar yang dihamburkan kembali menuju SAR.



Gambar 4.6 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan September

Kemudian pada Gambar 4.6, dengan kecepatan angin sebesar 5,1 m/s terlihat tumpahan minyak pada perairan sekitar 5 km dari Pulau Payung. Walaupun menurut Dephut RI (2007) pada bulan tersebut tidak tercatat kejadian tumpahan minyak, diperkirakan tumpahan minyak berasal dari aktivitas pelayaran kapal tanker. Karena menurut Detiknews (2004) terdapat aktivitas

pelayaran kapal tanker sebanyak 70 kapal/hari di sekitar perairan Pulau Pramuka. Pendeteksian Bulan September memiliki nilai presisi 85,3%.



Gambar 4.7 Pendeteksian Tumpahan Minyak Bulan November

Sedangkan pada Gambar 4.7, dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s, pendeteksian tumpahan minyak menunjukkan bahwa *oil spill* tersebar luas di sekitar Pulau Tidung, Pulau Payung, Pulau Pari, Pulau Kelapa, Pulau Harapan dan Pulau Pabelokan. Hal tersebut dikarenakan adanya kejadian tumpahan minyak pada Bulan Oktober sebesar dua kali lipat peristiwa tumpahan minyak Bulan Maret, April di wilayah Pulau Pramuka, Pulau Panggare,

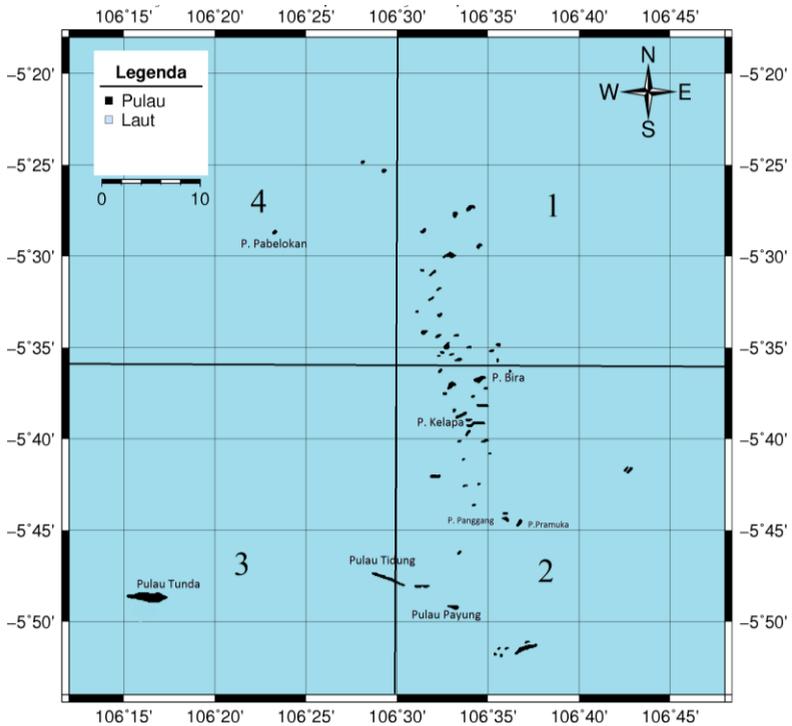
Pulau Kotok (Dephut RI, 2007). Data arus pada Bulan Oktober yang menunjukkan arah arus tersebar menjadi penyebab tumpahan minyak tersebar luas pada perairan Kepulauan Seribu. Selain itu, arah arus pada Bulan November menuju ke arah timur laut. Dan data pada bulan tersebut memiliki nilai presisi sebesar 99,7%.

Dalam validasi data pendeteksian tumpahan minyak, selain dilakukan pengujian metode, perlu adanya penentuan tingkat kepercayaan data tersebut. 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 Maret, April, September, dan November memiliki tingkat kepercayaan menengah. Sedangkan pada Bulan Mei memiliki tingkat kepercayaan rendah karena kecepatan angin pada bulan tersebut di bawah 3 m/s.

Selain itu, ditemukannya fakta dampak dari tumpahan minyak pada tahun 2004 yaitu seekor lumba-lumba hidung botol dengan panjang 1,6 meter dan penyusut dengan panjang kerapas 60 cm terdampar di Pulau Pramuka. Dan terdapat pentahapan kematian ikan bandeng di Jaring Apung Gosong Pramuka sekitar 7700 ekor (Dephut RI, 2007).

4.3 Hasil Perbandingan Luas *Oil Spill*

Dalam mengetahui perbandingan luas *oil spill* pada perairan Kepulauan seribu, daerah pengamatan dibagi menjadi empat sampel wilayah untuk mendapatkan perbedaan luas tumpahan minyak secara jelas. Adapun pembagian daerah pengamatan ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Wilayah Pendeteksian Tumpahan Minyak Tahun 2004 Kepulauan Seribu

Untuk mendapatkan luas dari tumpahan minyak, perlu adanya perhitungan dari nilai piksel dengan resolusi spasial dari citra. Seperti yang diketahui, citra ENVISAT memiliki nilai resolusi spasial sebesar 150x150 m. Perhitungan luas tumpahan minyak ditunjukkan pada persamaan 8.

$$L = \text{resolusi spasial} * \text{jumlah piksel} \quad (8)$$

Adapun hasil pendeteksian *oil spill* pada sampel wilayah memiliki nilai luas *oil spill* yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

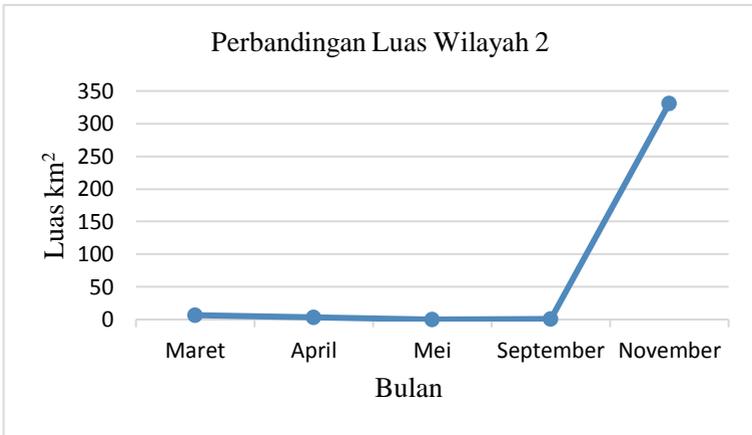
Tabel 4.2 Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Sampel Wilayah Kepulauan Seribu

Wilayah	Luas (km ²)				
	Maret	April	Mei	September	November
1	0	4,604	0	0	151,796
2	6,349	3,373	0	0,672	331,341
3	5,385	5,894	12,043	22,701	381,312
4	0	0,413	0	0	220,354

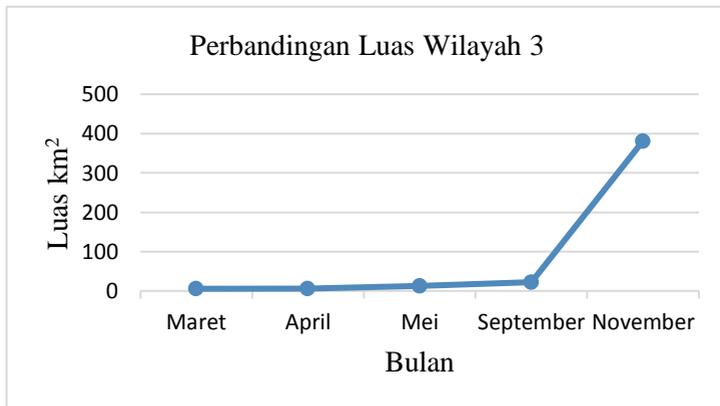
Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan luas tumpahan minyak pada Bulan Maret, April, Mei, September, dan Nopember 2004. Selain itu, perbandingan luas tumpahan minyak dari data Tabel 4.2 ditampilkan dalam grafik pada Gambar 4.9–Gambar 4.12.



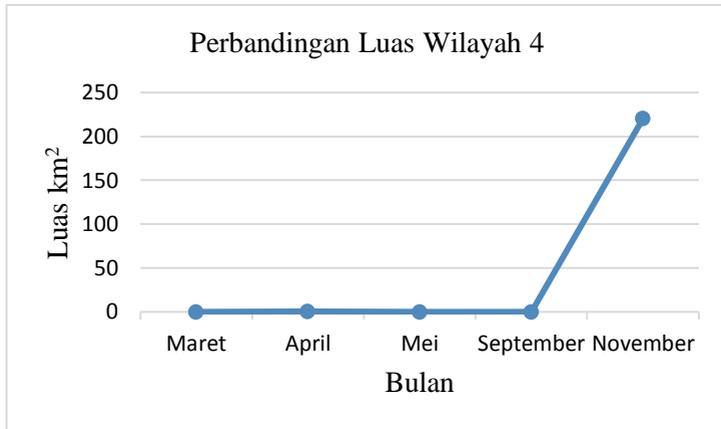
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 1



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 2



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 3



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Luas Tumpahan Minyak Wilayah 4

Berdasarkan data tabel dan grafik di atas dapat diketahui bahwa keempat wilayah memiliki nilai luas tumpahan yang sangat signifikan pada Bulan November 2004. Hal tersebut dikarenakan pada Bulan Oktober 2004 telah terjadi tumpahan minyak terbesar di perairan Kepulauan Seribu. Sehingga diyakini tumpahan minyak tersebut terbawa arus sehingga menyebar di keempat wilayah perairan Kepulauan Seribu. Sedangkan pada Bulan April diketahui nilai luas tumpahan minyak cukup besar pada wilayah 3. Hal tersebut diyakini karena adanya tumpahan minyak yang berasal dari kapal yang berlayar di sekitar ALKI 1.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian tugas akhir ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode *threshold* adaptif dan segmentasi multi skala dapat digunakan dalam pendeteksian tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu. Hal tersebut didukung dengan adanya 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%. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa *dark spot* yang terdeteksi merupakan tumpahan minyak. Selain itu, tingkat kepercayaan untuk data pendeteksian tumpahan minyak pada Bulan Maret, April, September, dan November adalah tingkat kepercayaan menengah karena data memiliki kecepatan angin sebesar 3-6 m/s. Sedangkan data pada Bulan Mei memiliki tingkat kepercayaan rendah karena hanya memiliki data kecepatan angin sebesar 2,24 m/s.
2. Luas tumpahan minyak di perairan Kepulauan Seribu menunjukkan bahwa pada Bulan Maret adalah 11,734 km². Sedangkan pada Bulan April, Mei dan September adalah 14,284 km², 12,043 km², dan 23,373 km². Dan terjadi perubahan luas yang signifikan pada Bulan November dengan nilai luas tumpahan minyak sebesar 1084,803 km².
3. Hasil pendeteksian tumpahan minyak disajikan menggunakan *software* GMT.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, diharapkan metode ini dapat digunakan untuk pemantauan secara berkala pada perairan yang terdapat aktivitas pertambangan minyak. Hal tersebut untuk mendeteksi tumpahan minyak secara efisien, sehingga dapat dilakukan penanggulangan dari dampak tumpahan minyak yang dapat merusak biota laut. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya

diharapkan terdapat validasi luas dan lokasi geografis tumpahan minyak yang sebenarnya untuk dibandingkan dengan hasil pendeteksian tumpahan minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpers, W. and Espedal, H. 2004. "Oils and Surfactants". Chapter 11 in Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 263-275.
- Brekke, C., & Solberg, A. H. 2005. "Oil Spill Detection by Satellite Remote Sensing". *Remote Sensing of Environment* 95, 1-13.
- Departemen Kehutanan RI. 2007. Taman Nasional Kepulauan Seribu Terkena Dampak Pencemaran Minyak Yang Selalu Berulang, <<http://www.dephut.go.id/index.php/news/details/1645>>. Dikunjungi pada tanggal 9 Desember 2016, jam 09.00.
- Estradivary, Syahrir, M., Susilo, N., Yusri, S., & Timotius, S. 2007. Terumbu Karang Jakarta. Jakarta: Yayasan TERANGI.
- Fiscella, B., Giancaspro, A., Nirchio, F., Pavese, P., & Trivero, P. 2000. "Oil Spill Detection Using Marine SAR Images". *International Journal of Remote Sensing*, 21:3561-B.
- Frost, V.S., J.A. Stiles, K.S. Shanmugan, dan J.C. Holtzman. 1982. "A Model for Radar Images and its Application to Adaptive Digital Filtering of Multiplicative Noise". *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*.
- Garcia-Pineda, O., Zimmer, B., Howard, M., Pichel, W., XiaoFeng, L., MacDonald, I.R.. 2009. "Using SAR Images to Delineate Ocean Oil Slicks with a Texture-Classifying Neural Network Algorithm (TCNNA)". *Canadian Journal of Remote Sensing* 35, 411-421.
- Indregard, M., A. Solberg, dan P. Clayton. 2004. "Report on Benchmarking Oil Spill Recognition Approaches and Best

Practice". Deliverable D2, EU Contract EVK2-CT-2003-00177.

Konik, M., Bradtke, K. 2016. "Object-oriented Approach to Oil Spill Detection Using ENVISAT ASAR Images". ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 118, 37–52.

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.

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.

Mera, D., Cotos, J. M., Varela-Pet, J., & Garcia-Pineda, O. 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.

Mikhail, E. M. & Gracie, G. 1981. Analysis & Adjustment of Survey Measurement. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

Misran, E. 2002. Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membran dalam Bidang Bioteknologi Kelautan: Pengendalian Pencemaran. Sumatera Utara : Universitas Sumatera Utara.

Pavlakis, P., Tarchi, D., Sieber, A. 2001. "On the Monitoring of Illicit Vessel Discharges Using Spaceborne Sar Remote Sensing – a Reconnaissance Study in the Mediterranean Sea". Annals of Telecommunications 56, 700–718.

- Rosich, B., Meadows, P., 2004. "Absolute Calibration of ASAR Level 1 Products Generated with PF-ASAR". Technical Report Iss. 1 rev. 5, ESA.
- Sachoemar, S. I. 2008. "Karakteristik Lingkungan Perairan Kepulauan Seribu". JAI, 4:109-114.
- Solberg, A., Brekke, C., Volden, E., dan Husoy, P. 2007. "Oil Spill Detection in Radarsat and Envisat SAR Images". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45:746-755.
- Solberg, A., Dokken, T., dan Solberg, R. 2003. "Automatic Detection of Oil Spills in Envisat, Radarsat and ERS SAR Images". IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2747-2749.
- Sumadhiharga, K. 1995. "Zat-zat yang Menyebabkan Pencemaran di Laut". Jurnal Pusat Studi Lingkungan Perguruan Tinggi Seluruh Indonesia: Lingkungan dan Pembangunan, 15:376-387.
- Wang, Xin., Ge, Linlin., Xiaojing, dan Li. 2012. "Evaluation of Filters for ENVISAT ASAR Speckle Suppression in Pasture Area". ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 1-7:341-346.
- Wardhana, G. K. 2004. "Aplikasi Metode Tekstur Analisis Pada Deteksi Monitoring Tumpahan Minyak (Oil Spill) dengan Menggunakan Citra Radar ERS-2 : Studi Kasus Tumpahan Minyak di Pantai Utara Pulau Batam (Selat Singapura) Bulan Oktober 2000". Bogor: IPB.
- Wolf, P. R. dan Ghilani, Charles. 2006. Adjustment Computations Spatial Data Analysis. New Jersey: John Wiley.

Zhie, Syah. 2015. Sistem Antena,
< <http://slideplayer.info/slide/2774502/>>. Dikunjungi pada
tanggal 8 Desember 2016, jam 14.00.

Lampiran 1 Perhitungan Uji T-test

Wilayah	Bulan	Luas	dU	std U	Pxy	std Pxy	T	confidence
1	Maret	0	151.796	60.2844	151.8	60.2843768	2.517999	<90%
	April	4.604						
	Mei	0						
	September	0						
	Nopember	151.796						
2	Maret	6.349	324.992	131.516	324.99	131.5161091	2.471119	<90%
	April	3.373						
	Mei	0						
	September	0.672						
	Nopember	331.341						
3	Maret	5.385	375.927	148.054	375.93	148.0539818	2.539121	<90%
	April	5.894						
	Mei	12.043						
	September	22.701						
	Nopember	381.312						

Lampiran 1 Lanjutan

Wilayah	Bulan	Luas	dU	std U	Pxy	std Pxy	T	confidence
4	Maret	0	220.354	88.1004	220.35	88.10044521	2.501168	<90%
	April	0.413						
	Mei	0						
	September	0						
	Nopember	220.354						

Lampiran 2 Perhitungan Arus Bulan Maret

X	Y	wind_speed_model_u [m/s]	wind_speed_model_v [m/s]	wind_speed_rad [m/s]	u2	v2	V2	V	tan teta	Tan teta-1	sudut	arah	arah arus
106.426	-5.588	2	1	10	4	1	5	2.236068	0.546	0.5	28.64789	-331.352	28.64789
106.39	-5.688	2	1	15	4	1	5	2.236068	0.546	0.5	28.64789	-331.352	28.64789
106.408	-5.638	2	1	12	4	1	5	2.236068	0.546	0.5	28.64789	-331.352	28.64789
106.444	-5.538	3	1	9	9	1	10	3.162278	0.346	0.333	19.09859	-340.901	19.09859
106.462	-5.488	3	1	8	9	1	10	3.162278	0.346	0.333	19.09859	-340.901	19.09859
106.48	-5.438	3	2	8	9	4	13	3.605551	0.786	0.666	38.19719	-321.803	38.19719
106.498	-5.388	3	2	7	9	4	13	3.605551	0.786	0.666	38.19719	-321.803	38.19719
106.516	-5.338	3	2	7	9	4	13	3.605551	0.786	0.666	38.19719	-321.803	38.19719
106.534	-5.288	3	2	6	9	4	13	3.605551	0.786	0.666	38.19719	-321.803	38.19719
106.552	-5.238	3	2	6	9	4	13	3.605551	0.786	0.666	38.19719	-321.803	38.19719
106.57	-5.188	3	2	7	9	4	13	3.605551	0.786	0.666	38.19719	-321.803	38.19719
106.588	-5.138	3	2	6	9	4	13	3.605551	0.786	0.666	38.19719	-321.803	38.19719

Lampiran 3 Perhitungan Arus Bulan April

X	Y	wind_speed_model_u [m/s]	wind_speed_model_v [m/s]	wind_speed_rad [m/s]	u2	v2	V2	V	tan teta	Tan teta-1	sudut	arah	arah arus
106.388	-5.685	-6	0	13	36	0	36	6	0	0	0	-360	0
106.406	-5.635	-6	0	11	36	0	36	6	0	0	0	-360	0
106.424	-5.585	-6	-1	10	36	1	37	6.082	0.1682	0.16	9.549297	-170.451	189.5493
106.496	-5.385	-5	-1	9	25	1	26	5.099	0.2027	0.2	11.45916	-168.541	191.4592
106.514	-5.336	-5	-1	9	25	1	26	5.099	0.202	0.2	11.45916	-168.541	191.4592
106.532	-5.286	-5	-1	9	25	1	26	5.099	0.20271	0.2	11.45916	-168.541	191.4592
106.55	-5.236	-5	-1	9	25	1	26	5.099	0.20271	0.2	11.45916	-168.541	191.4592
106.37	-5.735	-6	0	17	36	0	36	6	0	0	0	-360	0
106.534	-5.288	3	2	6	9	4	13	3.605	0.786843	0.66	38.19719	-321.803	38.19719

Lampiran 4 Perhitungan Arus Bulan Mei

X	Y	wind_speed_model_u [m/s]	wind_speed_model_v [m/s]	wind_speed_rad [m/s]	u2	v2	V2	V	tan teta	Tan teta-1	sudut	arah	arah arus
106.309	-5.911	-1	1	51	1	1	2	1.414214	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042
106.327	-5.861	-1	1	39	1	1	2	1.414214	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042
106.345	-5.811	-1	1	29	1	1	2	1.414214	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042
106.363	-5.761	-1	1	21	1	1	2	1.414214	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042
106.381	-5.711	-2	1	16	4	1	5	2.236068	-0.5463	-0.5	-28.6479	-28.6479	331.3521
106.399	-5.661	-2	1	13	4	1	5	2.236068	-0.5463	-0.5	-28.6479	-28.6479	331.3521
106.417	-5.611	-2	1	11	4	1	5	2.236068	-0.5463	-0.5	-28.6479	-28.6479	331.3521
106.435	-5.562	3	2	7	9	4	13	3.605551	0.786843	0.66	38.19719	-321.803	38.19719
106.453	-5.512	-2	2	9	4	4	8	2.828427	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042
106.471	-5.462	-2	2	9	4	4	8	2.828427	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042
106.489	-5.412	-2	2	9	4	4	8	2.828427	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042
106.525	-5.312	-2	2	8	4	4	8	2.828427	-1.55741	-1	-57.2958	-57.2958	302.7042

Lampiran 5 Perhitungan Arus Bulan September

X	Y	wind_speed_model_u [m/s]	wind_speed_model_v [m/s]	wind_speed_rad [m/s]	u2	v2	V2	V	tan teta	Tan teta-1	sudut	arah	arah arus
106.507	-5.365	-5	0	8	25	0	25	5	0	0	0	-360	0
106.525	-5.315	-5	0	8	25	0	25	5	0	0	0	-360	0
106.543	-5.265	-5	0	8	25	0	25	5	0	0	0	-360	0
106.561	-5.215	-5	0	8	25	0	25	5	0	0	0	-360	0
106.579	-5.165	-5	0	8	25	0	25	5	0	0	0	-360	0
106.597	-5.115	-5	0	8	25	0	25	5	0	0	0	-360	0

Lampiran 6 Perhitungan Arus Bulan Oktober

X	Y	wind_speed_model_u [m/s]	wind_speed_model_v [m/s]	wind_speed_rad [m/s]	u2	v2	V2	V	tan teta	Tan teta-1	sudut	arah	arah arus
106.325	-5.883	-1	1	50	1	1	2	1.414214	-1.5574	-1	-57.29578	-57.2958	302.7042
106.346	-5.823	-2	1	36	4	1	5	2.236068	-0.5463	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.364	-5.774	-2	1	27	4	1	5	2.236068	-0.5463	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.382	-5.724	-1	1	20	1	1	2	1.414214	-1.5574	-1	-57.29578	-57.2958	302.7042
106.4	-5.674	-1	1	16	1	1	2	1.414214	-1.5574	-1	-57.29578	-57.2958	302.7042
106.418	-5.624	-1	1	13	1	1	2	1.414214	-1.5574	-1	-57.29578	-57.2958	302.7042
106.436	-5.574	-1	1	12	1	1	2	1.414214	-1.5574	-1	-57.29578	-57.2958	302.7042
106.454	-5.524	-1	0	11	1	0	1	1	0	0	0	-360	0
106.472	-5.474	-1	0	11	1	0	1	1	0	0	0	-360	0
106.49	-5.424	-1	0	11	1	0	1	1	0	0	0	-360	0
106.52	-5.343	0	0	12	0	0	0	0			#DIV/0!	-360	0
106.538	-5.293	0	0	12	0	0	0	0			#DIV/0!	-360	0
106.361	-5.802	-1	1	29	1	1	2	1.414214	-1.5574077	-1	-57.29578	-57.2958	302.7042
106.379	-5.752	-2	1	21	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.397	-5.702	-2	1	15	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521

Lampiran 6 Lanjutan

106.415	-5.652	-2	1	12	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.433	-5.602	-2	1	10	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.451	-5.552	-2	1	9	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.487	-5.452	-2	1	9	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.505	-5.402	-2	1	9	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.523	-5.352	-2	1	8	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.541	-5.302	-2	1	9	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.559	-5.252	-2	1	8	4	1	5	2.236068	-0.5463025	-0.5	-28.64789	-28.6479	331.3521
106.595	-5.152	-3	1	8	9	1	10	3.162278	-0.3462535	0.333	-19.09859	-19.0986	340.9014
106.328	-5.889	-2	-1	57	4	1	5	2.236068	0.54630249	0.5	28.64789	-151.352	208.6479
106.346	-5.839	-2	-1	43	4	1	5	2.236068	0.54630249	0.5	28.64789	-151.352	208.6479
106.364	-5.79	-2	-1	31	4	1	5	2.236068	0.54630249	0.5	28.64789	-151.352	208.6479
106.382	-5.74	-2	-1	23	4	1	5	2.236068	0.54630249	0.5	28.64789	-151.352	208.6479
106.4	-5.69	-2	-1	17	4	1	5	2.236068	0.54630249	0.5	28.64789	-151.352	208.6479
106.418	-5.64	-2	-1	13	4	1	5	2.236068	0.54630249	0.5	28.64789	-151.352	208.6479
106.436	-5.59	-3	-1	11	9	1	10	3.162278	0.34625355	0.333	19.098593	-160.901	199.0986

Lampiran 6 Lanjutan

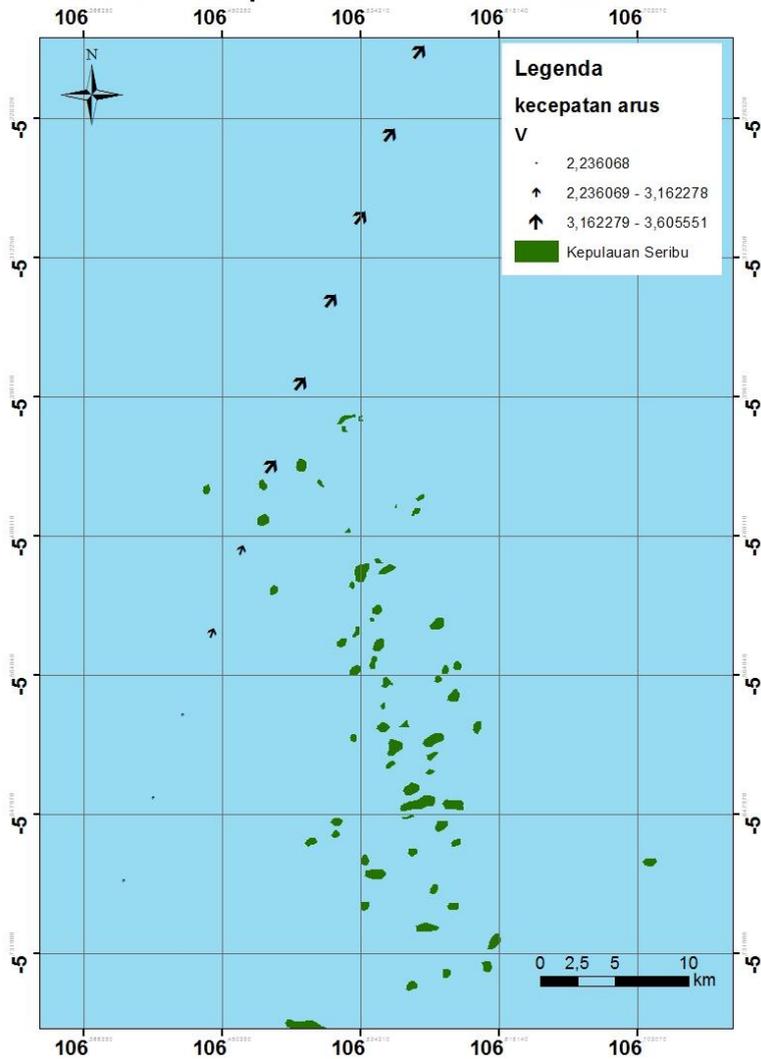
106.454	-5.54	-3	-1	10	9	1	10	3.162278	0.34625355	0.333	19.098593	-160.901	199.0986
106.472	-5.49	-3	-1	9	9	1	10	3.162278	0.34625355	0.333	19.098593	-160.901	199.0986
106.49	-5.44	-3	-1	8	9	1	10	3.162278	0.34625355	0.333	19.098593	-160.901	199.0986
106.508	-5.39	-3	-1	8	9	1	10	3.162278	0.34625355	0.333	19.098593	-160.901	199.0986
106.526	-5.34	-4	-1	8	16	1	17	4.123106	0.25534192	0.25	14.323945	-165.676	194.3239

Lampiran 7 Perhitungan Arus Bulan Nopember

X	Y	wind_speed_model_u [m/s]	wind_speed_model_v [m/s]	wind_speed_rad [m/s]	u2	v2	V2	V	tan teta	Tan teta-1	sudut	arah	arah arus
106.334	-5.849	2	0	50	4	0	4	2	0	0	0	-360	0
106.352	-5.799	2	0	38	4	0	4	2	0	0	0	-360	0
106.371	-5.749	2	0	28	4	0	4	2	0	0	0	-360	0
106.389	-5.699	2	0	21	4	0	4	2	0	0	0	-360	0
106.407	-5.649	2	0	16	4	0	4	2	0	0	0	-360	0
106.425	-5.599	2	0	12	4	0	4	2	0	0	0	-360	0
106.443	-5.549	2	0	11	4	0	4	2	0	0	0	-360	0
106.461	-5.499	3	0	10	9	0	9	3	0	0	0	-360	0
106.479	-5.449	3	0	9	9	0	9	3	0	0	0	-360	0
106.497	-5.399	3	0	8	9	0	9	3	0	0	0	-360	0
106.515	-5.349	3	0	8	9	0	9	3	0	0	0	-360	0
106.533	-5.299	3	0	8	9	0	9	3	0	0	0	-360	0

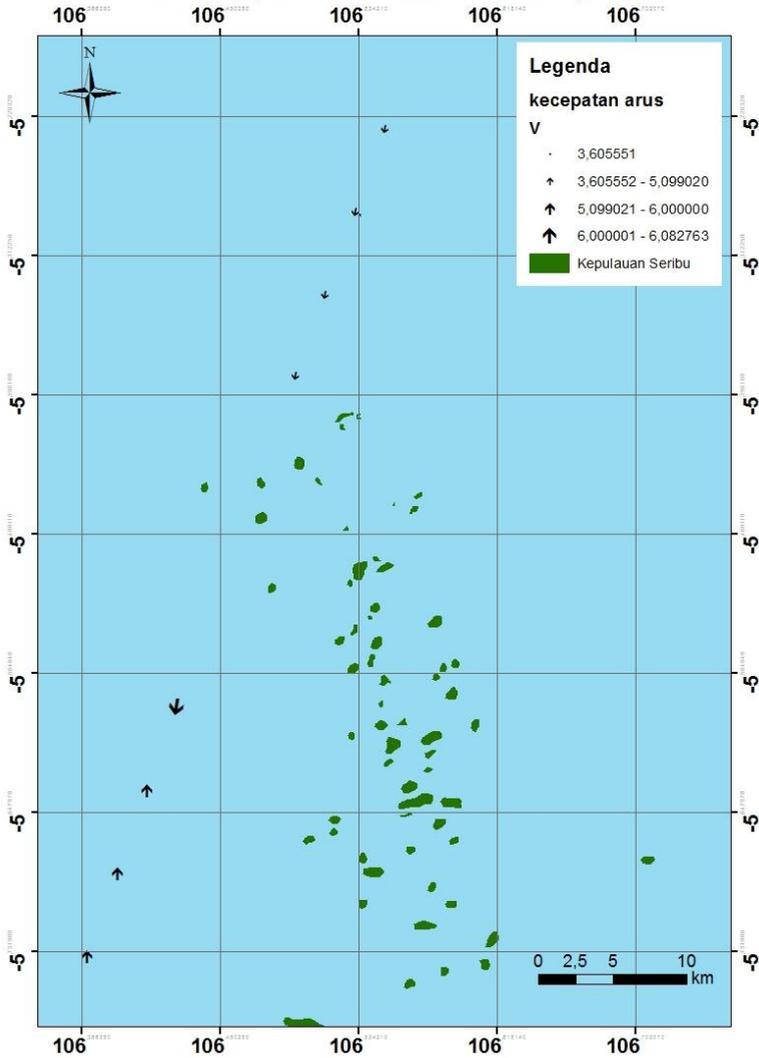
Lampiran 8 Peta Arus Bulan Maret

Peta Arus Kepulauan Seribu Bulan Maret 2004

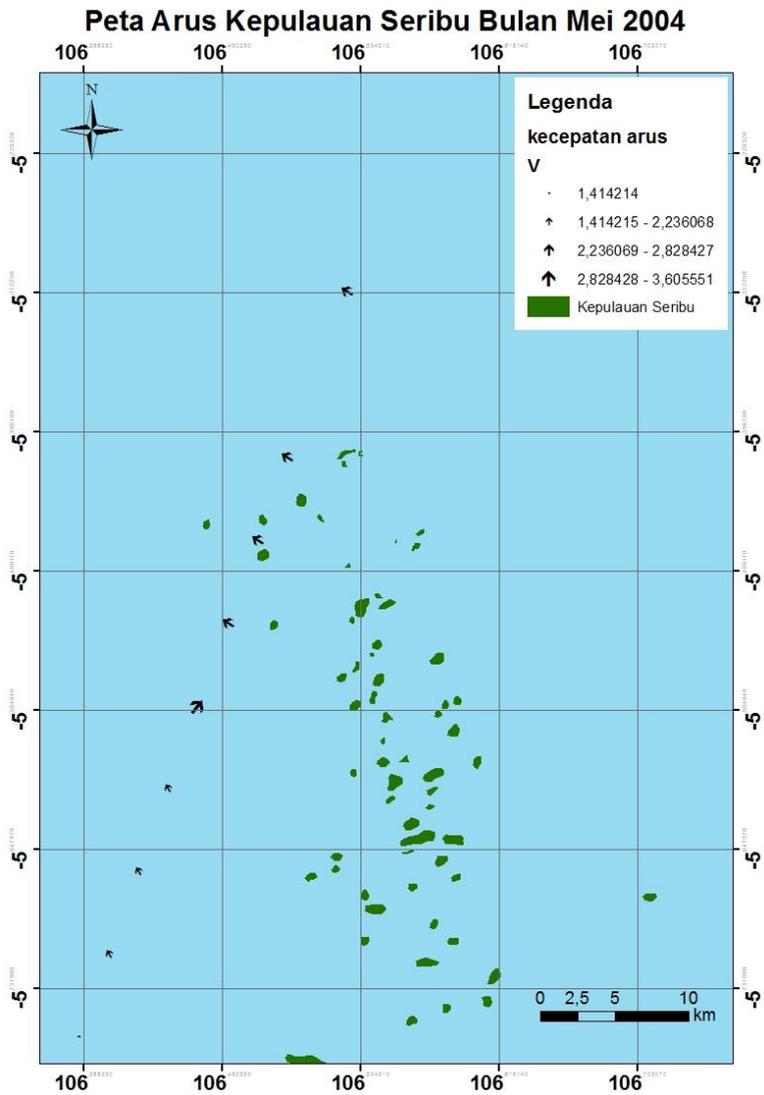


Lampiran 9 Peta Arus Bulan April

Peta Arus Kepulauan Seribu Bulan April 2004

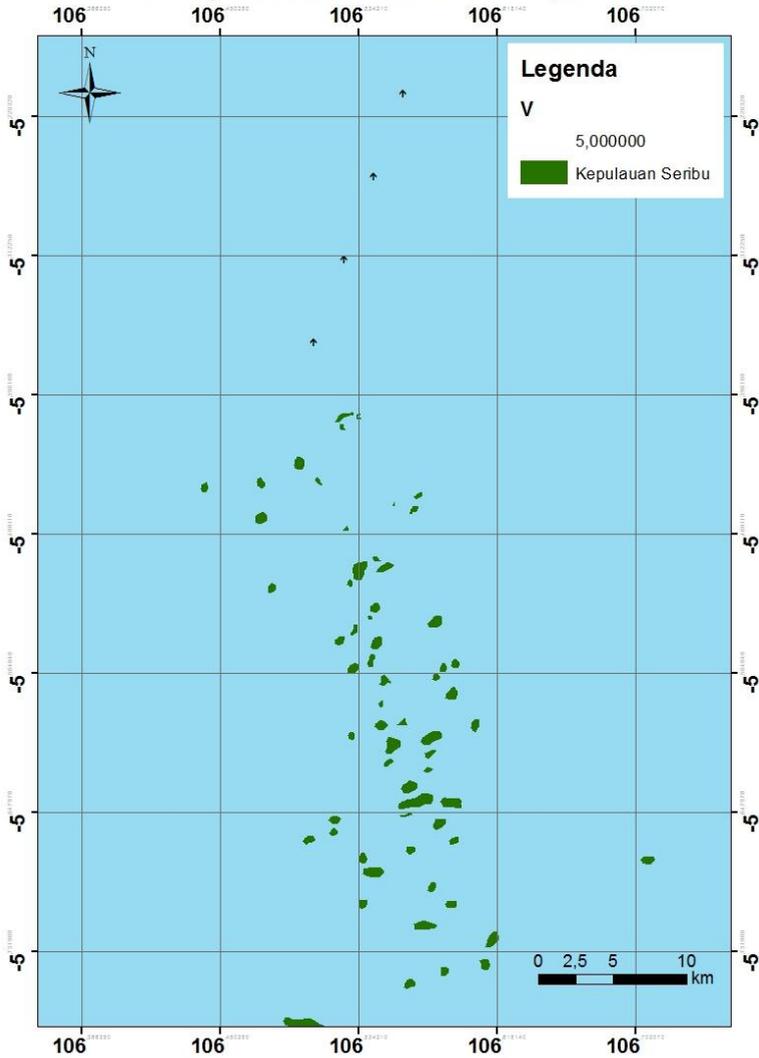


Lampiran 10 Peta Arus Bulan Mei

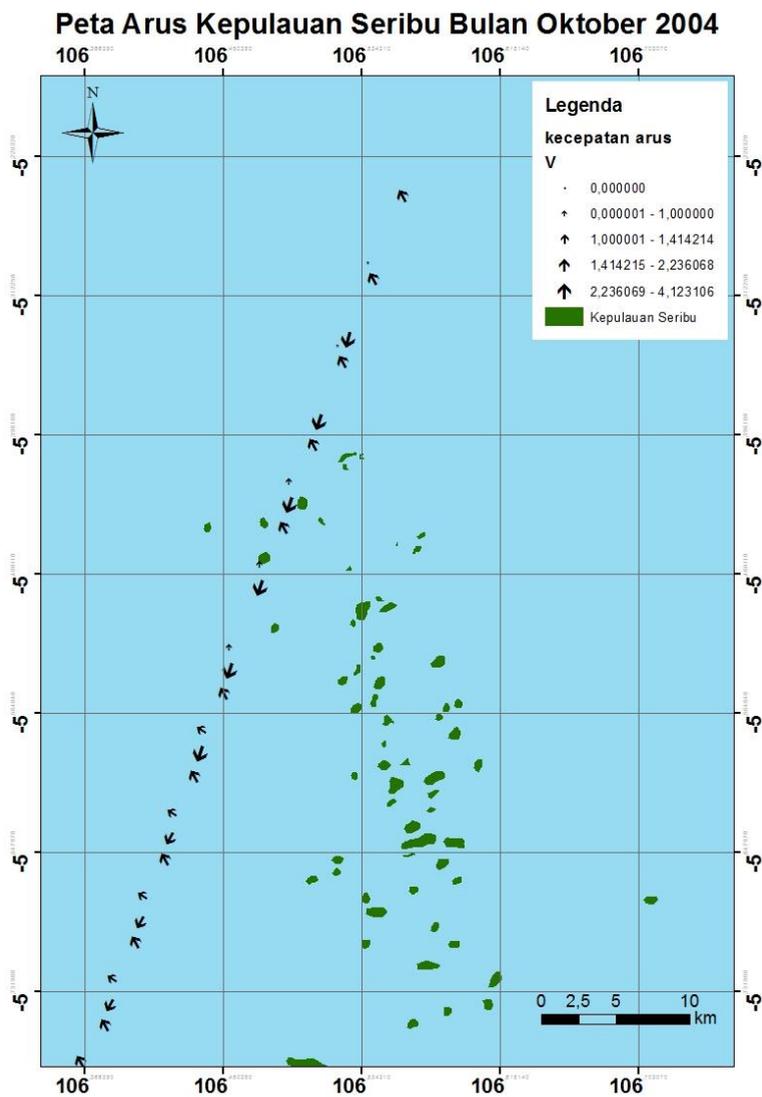


Lampiran 11 Peta Arus Bulan September

Peta Arus Kepulauan Seribu Bulan September 2004

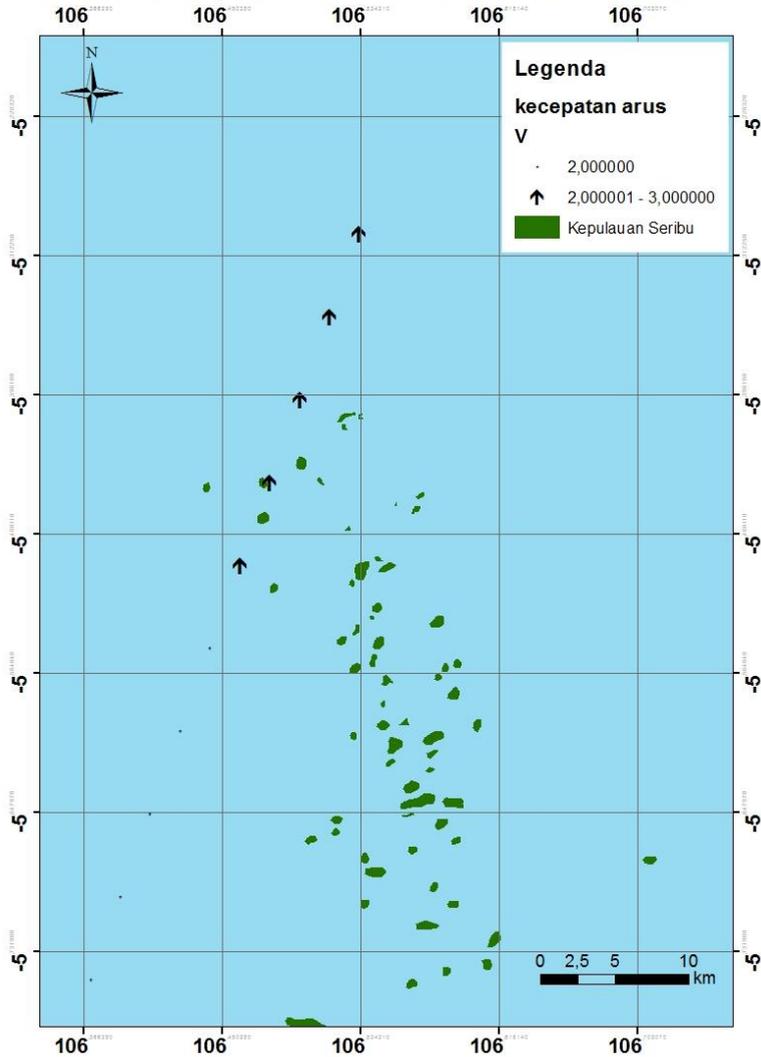


Lampiran 12 Peta Arus Bulan Oktober



Lampiran 13 Peta Arus Bulan November

Peta Arus Kepulauan Seribu Bulan November 2004



Lampiran 14 Informasi Peta Tumpahan Minyak

Peta Tumpahan Minyak Bulan Maret	
Sistem Proyeksi	Transverse Mercator
Sistem Grid	Grid Geografi
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit ENVISAT WSM
Waktu Akuisisi	18 Maret 2004

Peta Tumpahan Minyak Bulan April	
Sistem Proyeksi	Transverse Mercator
Sistem Grid	Grid Geografi
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit ENVISAT WSM
Waktu Akuisisi	28 April 2004

Peta Tumpahan Minyak Bulan Mei	
Sistem Proyeksi	Transverse Mercator
Sistem Grid	Grid Geografi
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit ENVISAT WSM
Waktu Akuisisi	11 Mei 2004

Peta Tumpahan Minyak Bulan September	
Sistem Proyeksi	Transverse Mercator
Sistem Grid	Grid Geografi
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit ENVISAT WSM
Waktu Akuisisi	18 September 2004

Peta Tumpahan Minyak Bulan November	
Sistem Proyeksi	Transverse Mercator
Sistem Grid	Grid Geografi
Datum	Datum WGS 84
Sumber Data	Data Satelit ENVISAT WSM
Waktu Akuisisi	18 November 2004

Lampiran 15 Ekstraksi Fitur

	Maret	April	Mei	September	November
Luas (km ²)	11.734	14.284	12.043	23.373	1084.803
standar deviasi	0.0326	0.0474	0.0441	0.0129	0.2701
homogenitas	0.123	0.1225	0.1441	0.0462	0.6802
entropy	0.0853	0.0849	0.0999	0.032	0.4715

Biodata Penulis



Nurul Tazaroh, lahir di Surabaya, 16 Oktober 1994. Terlahir sebagai anak bungsu dari tiga bersaudara dari pasangan Slamet Suharjo dan Susiana. Pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu TK Pertiwi 1 Jombang, SDN Jombatan IV Jombang, SMPN 2 Jombang, SMA Terpadu Krida Nusantara Bandung. Kemudian mengikuti Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Nasional tahun 2013 dan diterima di S1 Teknik Geomatika – ITS dengan NRP 3513100069.

Selama menjadi mahasiswa S1, penulis aktif mengikuti organisasi kampus dan kegiatan keilmiah. Pengalaman organisasi penulis dimulai pada tahun 2014 sebagai Sekretaris Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE-ITS) dan Badan Perwakilan Mahasiswa (BPM HIMAGE-ITS) pada tahun 2015. Prestasi yang dicapai penulis yaitu sebagai presenter dalam Paper Competition Geosphere 2016 dan Hokkaido Indonesian Student Association Scientific Meeting (HISAS 14) yang diadakan di Sapporo, Jepang pada tahun 2017.