

**PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS PALSAR UNTUK MENDETEKSI
SEBARAN TUMPAHAN MINYAK / OIL SPILL DI LAUT TIMOR**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN

Oleh :

MITA KURNIAWATI SURYANDARI

NIM. 0910860098



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2013

**PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS PALSAR UNTUK MENDETEKSI
SEBARAN TUMPAHAN MINYAK / OIL SPILL DI LAUT TIMOR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di Fakultas
Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh :
MITA KURNIAWATI SURYANDARI
NIM. 0910860098



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2013

SKRIPSI

PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS PALSAR UNTUK MENDETEKSI
SEBARAN TUMPAHAN MINYAK / OIL SPILL DI LAUT TIMOR

Oleh :

MITA KURNIAWATI SURYANDARI

NIM. 0910860098

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal ...

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

SK Dekan No. : _____

Tanggal : _____

Dosen Penguji I

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D)

NIP. 19680901 199403 2 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D.)

NIP. 19621220 198803 1 004

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, MP, M.Sc)

NIK. 86011508120318

(M. Arif Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc)

NIP. 19801005 200501 1 002

Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D)

NIP. 19680901 199403 2 001

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Usulan Skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 15 April 2013

Mahasiswa

Mita Kurniawati Suryandari

NIM. 0910860098

RINGKASAN

MITA KURNIAWATI S. Pemanfaatan Citra Satelit ALOS PALSAR Untuk Mendeteksi Sebaran Tumpahan Minyak / *Oil Spill* di Laut Timor. (Dibawah bimbingan Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D dan M. Arif Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc)

Tumpahan minyak (*Oil spill*) yang terjadi di Laut Timor pada tanggal 21 Agustus 2009 berasal dari ledakan kilang minyak *platform* Montara menyita perhatian dari berbagai pihak. Upaya penanggulangan dilakukan untuk meminimalisir dampak negatif yang mungkin terjadi bagi ekosistem di sekitarnya. Penginderaan jauh merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai suatu objek tanpa adanya kontak langsung, pada penelitian ini penulis memanfaatkan data citra satelit ALOS PALSAR yang diluncurkan oleh *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) dengan *path frame* 6940 dan 6950 dan data angin yang didapatkan dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak dan asumsi sebaran minyak yang mungkin terjadi.

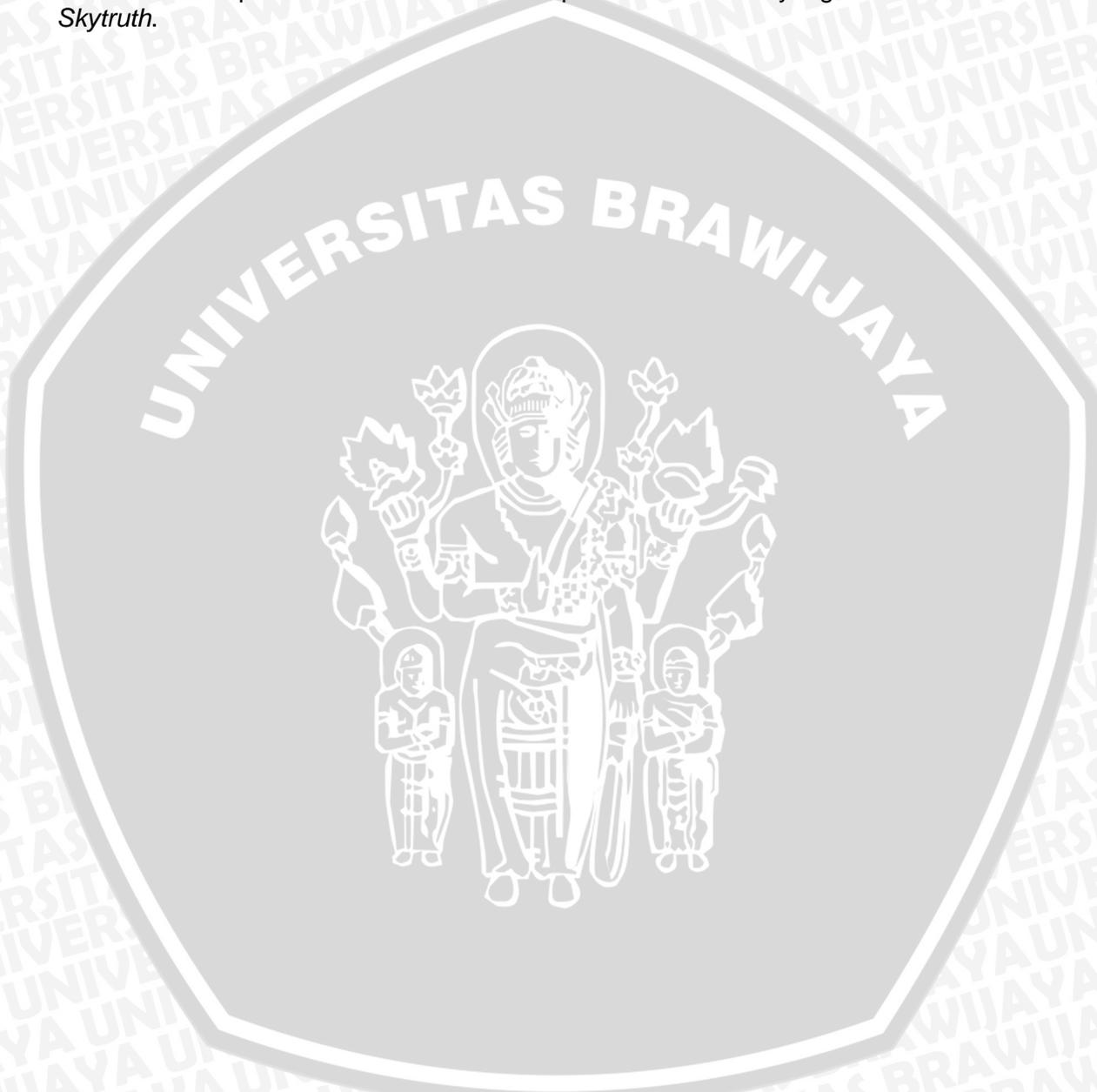
Penelitian ini penting dilakukan untuk memanfaatkan data citra ALOS PALSAR untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak yang terjadi di sekitar perairan Laut Timor serta dapat menganalisa arah sebaran minyak di perairan Laut Timor dengan data angin pada saat kejadian terkait.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengolahan data citra satelit sensor aktif ALOS PALSAR path 6940 (124°26'19.65" BT, 11°8'38.62" LS) dan path 6950 (124°33'16.82" BT, 11°39'7,39" LS) dengan metode penyaringan atau *filtering* dengan filter Frost, Gamma, Kuan, dan Lee dengan ukuran jendela 5x5 untuk perbandingan nilai hambur balik atau *backscatter* pada objek minyak, non minyak, dan anjungan; Analisa tekstur *Grey Level Co-Occurance Matrix* (GLCM) dengan tekstur Dissimilarity, Entropy, Second Moment, dan Correlation dengan ukuran jendela 5x5 dan 7x7 sebagai perbandingan metode analisa tektur yang paling baik, juga memperkuat dugaan adanya tumpahan minyak dari derajat keabuan pada piksel; Klasifikasi objek minyak, non minyak, dan anjungan dengan menggunakan metode *Supervised Classification* yang selanjutnya diuji dengan Uji *Confussion Matrix*; dan prakiraan arah sebaran minyak dengan bantuan data angin yang didapatkan dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) dan pola pergerakan arus yang didapatkan dari *website National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Hasil menunjukkan bahwa citra ALOS PALSAR merupakan satelit sensor aktif beresolusi tinggi dapat digunakan untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak dengan beberapa tahap pengolahan data. Metode *filtering* yang paling baik dan nilai hambur balik secara mendetail adalah Filter Frost, didapatkan kisaran nilai hambur balik atau *backscatter* dari objek minyak adalah berkisar antara -35.0 s/d -21.0 dB, perairan atau non-minyak memiliki nilai lebih besar berkisar antara -20.0 s/d -10.0 dB, sedangkan pada anjungan memiliki nilai hambur balik lebih besar lagi yaitu berkisar antara -10.0 s/d 15.0 dB.

Dengan metode analisa tektur GLCM yang paling baik adalah analisa tekstur Correlation dengan ukuran jendela 7x7 secara visual lebih mendetail dan jelas dibandingkan metode yang lain, dan didapatkan hasil klasifikasi dengan

menggunakan metode klasifikasi *Supervised classification* yang dilanjutkan dengan uji *confussion matrix* diperoleh luas sebaran minyak berat pada path 6940 sebanyak 1464.01 km² dan minyak ringan sebanyak 1200.1 km², path 6950 sebanyak 44.12 km² dengan bantuan data angin dan data arus yang diolah dapat diasumsikan bahwa minyak menyebar ke arah barat daya dengan pembelokan sebesar 45° oleh gaya coriolis pada bulan September 2009. Sedangkan pola sebaran dan pergerakan minyak di Laut Timor pada bulan Agustus hingga November didapatkan dari citra satelit Aqua/Terra MODIS yang diolah oleh *Skytruth*.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Semedi, M.Sc, Ph.D sebagai Pembimbing I, atas bimbingan dan pengarahannya.
2. Bapak M. Arif Zainul Fuad, S.Kel sebagai Pembimbing II, atas bimbingan dan pengarahannya.
3. Ibu Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D sebagai Penguji I, atas saran dan pengarahannya.
4. Ibu Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, MP, M.Sc sebagai Penguji II, atas saran dan pengarahannya.
5. Bapak Dr. Rokhis Komarudin sebagai Kepala Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa (LAPAN), Jakarta Timur, dan Ibu Sayidah Sulma sebagai pembimbing lapang dan Bapak Bidawi Hasyim beserta pihak-pihak yang terkait.
6. Pihak Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Jepang yang telah menyediakan data citra satelit ALOS PALSAR.
7. Pihak *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) dan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang telah menyediakan data prakiraan arah angin dan arus.
8. Pihak *SkyTruth* dan *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) yang telah menyediakan data analisa sebaran dan pergerakan minyak Montara dari citra satelit Aqua/Terra MODIS.
9. Teman-teman Ilmu Kelautan khususnya angkatan 2009 yang sudah banyak membantu.
10. Keluarga yang sudah banyak memberi bantuan secara materiil dan moril.



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyajikan Laporan Skripsi yang berjudul Pemanfaatan Citra Satelit ALOS PALSAR untuk Mendeteksi Sebaran Tumpahan Minyak (Oil Spill) di Laut Timor. Dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi pemanfaatan teknologi inderaja dalam mendeteksi adanya tumpahan minyak di laut, karakteristik citra satelit ALOS PALSAR, definisi pencemaran laut oleh minyak beserta karakteristik dan sumber pencemarannya, serta pengaruh pola pergerakan angin terhadap penyebaran minyak.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki oleh penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 27 April 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
RINGKASAN	v
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Kegunaan.....	4
1.5. Tempat dan Waktu/ Jadwal Pelaksanaan.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pemanfaatan dan Prinsip Dasar Radar untuk Deteksi Tumpahan Minyak	5
2.2. Karakteristik Citra Satelit ALOS PALSAR	8
2.3. Pencemaran Laut oleh Minyak	11
2.4. Karakteristik Minyak.....	13
2.5. Sumber Pencemaran Minyak.....	15
2.6. Pengaruh Arah dan Pergerakan Angin	18
3. METODE PENELITIAN	19
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19
	ix

3.2.	Data dan Peralatan Penelitian	20
3.2.1.	Data	20
3.2.2.	Peralatan	20
3.3.	Pengolahan Data.....	22
3.3.1.	Citra Satelit ALOS PALSAR.....	22
3.3.2.	Data Angin dan Arus	27
3.4.	Analisa Data	28
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1.	Kondisi Umum Lokasi Penelitian.....	30
4.2.	Analisa Area Hitam (<i>Dark Slick</i>) pada Citra	31
4.3.	Hasil Penyaringan Citra dan Analisis Tekstur	33
4.4.	Klasifikasi Objek Minyak dan Non-Minyak	41
4.5.	Hasil Pengolahan Data Angin	45
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1.	Kesimpulan.....	50
5.2.	Saran.....	51
	DAFTAR PUSTAKA.....	52
	LAMPIRAN	55



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jadwal Penelitian Skripsi	4
Tabel 2. Jenis sensor dan sifatnya	5
Tabel 3. Data Citra Satelit ALOS PALSAR di Laut Timor dari LAPAN	20



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Prinsip Dasar Sistem Radar Altimetri (Sumber : Altimetry, (2011)) ...7

Gambar 2. Citra Satelit ALOS yang diluncurkan oleh Japan Aerospace Exploration Agency pada Januari 2006 (Sumber: Tadono dan Shimada, 2006; JAXA, 2008)..... 9

Gambar 3. Spesifikasi utama pada Citra Satelit ALOS PALSAR (Sumber : J-spacesystem, 2012) 10

Gambar 4. Pencemaran Minyak akibat Ledakan *platform* Montara di Laut Timor pada tanggal 21 Agustus 2009 (Sumber : Asascience, (2013)) 11

Gambar 5. Sumber Pencemaran Laut (Sumber : Kantaatmadja, 1981)..... 18

Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian 19

Gambar 7. Mekanisme Kerja Pengolahan Data Citra Satelit ALOS PALSAR .. 23

Gambar 8. Mekanisme Kerja Pengolahan Data Angin dan Arus 28

Gambar 9. Peta Lokasi Pengamatan Data Citra Satelit ALOS PALSAR (yang diberi label kotak merah) 30

Gambar 10. Data Original Citra ALOS PALSAR dengan *Scene ID* ALPSRP192186940 dan ALPSRP192186950 : (A) path 6940, dan (B) path 6950..... 32

Gambar 11. Data Citra ALOS PALSAR Scene ID ALPSRP192186940 path frame 6940: (A)sebelum dilakukan koreksi nilai digital, (B) sebelum dilakukan koreksi nilai digital. 33

Gambar 12. Data Citra ALOS PALSAR Scene ID ALPSRP192186940 path frame 6940 dengan beberapa metode penyaringan adaptif : (A) Frost, (B) Gamma, (C) Lee, dan (D) Kuan..... 34

Gambar 13. Pembuatan transek untuk mengetahui nilai hambur balik pada objek Minyak, Non-Minyak, dan Anjungan. (A) path 6940, (B)transek Minyak dan Non-Minyak pada path 6940, (C)transek Anjungan pada path 6940, (D)transek minyak pada path 6950 35

Gambar 14. Perbandingan data sebaran Nilai Hambur Balik objek Minyak, Non-Minyak, dan Anjungan pada Penyaringan Frost, Gamma, Kuan, dan Lee. 37



Gambar 15. Perbandingan Tampilan Visual Citra Analisa Tekstur GLCM dengan metode *Dissimilarity*, *Entropy*, *Second Moment*, dan *Correlation* dengan ukuran jendela 5x5 39

Gambar 16. Perbandingan Tampilan Visual Citra Analisa Tekstur GLCM dengan metode *Dissimilarity*, *Entropy*, *Second Moment*, dan *Correlation* dengan ukuran jendela 7x7 40

Gambar 17. Pembuatan Region pada metode *Supervised Classification*..... 41

Gambar 18. Perbandingan citra hasil klasifikasi dan citra sebagai referensi dengan sumber citra yang sama pada uji *confussion matrix*..... 42

Gambar 19. Uji Akurasi Data dengan menggunakan Metode *Confusion Matrix* 43

Gambar 20. Citra Satelit MODIS di Laut Timor 24 September 2009 (Sumber : Skytruth, 2009) 44

Gambar 21. Data Citra ALOS PALSAR gabungan path 6940 dan 6950 sebelum dan sesudah klasifikasi dengan metode *Supervised Classification*.44

Gambar 22. Pola Pergerakan Angin di Laut Timor pada tanggal 2 September 2009 pukul 00.00 WIB, data angin di dapat dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)*..... 46

Gambar 23. Pola Pergerakan Arus di Laut Timor pada tanggal 2 September 2009 pukul 00.00 WIB, data arus di dapat dari *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*..... 47

Gambar 24. Sebaran *Oil Spill* di Laut Timor dari citra satelit Aqua/Terra MODIS (A) tanggal 30 Agustus 2009, (B) tanggal 3 September 2009. (Sumber : Skytruth, (2009)) 48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Koreksi Digital dan Penyaringan (*Filtering*)..... 55

Lampiran 2. Hasil Akurasi Data dengan Metode *Confusion Matrix*..... 599

Lampiran 3. Data Hasil Klasifikasi dengan Metode *Supervised classification*. 633

Lampiran 4. Data Pola Pergerakan Angin pada Bulan Agustus dan September 2009..... 644

Lampiran 5. Gambar Prakiraan Sebaran Minyak di Laut Timor Bulan Agustus – November 2009 (Sumber : Skytruth, (2009))..... 655

Lampiran 6. Foto Kegiatan Penelitian Skripsi..... 699



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Laut Timor merupakan perairan yang dibatasi oleh kepulauan Nusa Tenggara Timur dan Timor Leste di bagian utara berbatasan langsung dengan Negara Kepulauan Republik Indonesia, Laut Arafura di bagian timur, negara Australia di bagian timur, negara Australia di bagian selatan, dan Samudera Hindia di bagian barat. Perairan ini merupakan perairan yang dilewati oleh Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang mengangkut massa air dari samudera pasifik ke Samudera Hindia yang melewati laut dan selat-selat Indonesia. Hal ini berakibat segala hal yang terjadi di sekitar perairan Laut Timor akan memiliki sedikit banyak pengaruh terhadap perairan di sekitarnya, khususnya Indonesia. Sependapat dengan Kantaatmadja (1981) dalam bukunya yang berjudul "Gantirugi Internasional Pencemaran Minyak di Laut" menyatakan bahwa letak geografis kepulauan Indonesia yaitu di antara posisi silang dua samudera dan dua benua merupakan wilayah yang sangat strategis bagi peranannya terhadap teknologi dan modernisasi industri dalam pengelolaan sumberdaya alam khususnya, namun juga memiliki kemungkinan yang cukup besar akan terjadinya banyak hal sampingan dari luar wilayah Indonesia yang berakibat merugikan bagi kelestarian lingkungan itu sendiri.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 19/1999 dan *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) III pencemaran laut adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat atau energi ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia hingga batas tertentu yang dapat menyebabkan perubahan terhadap lingkungan laut dan dapat menimbulkan akibat yang buruk bagi sumber daya hayati, bahaya terhadap kesehatan manusia, gangguan

terhadap kegiatan laut dan semacamnya, dan menurunkan kualitas dan mutu kegunaan dan manfaat air laut itu sendiri (Komarudin, 2010). Indonesia sebagai negara kepulauan yang strategis dan seringkali digunakan sebagai alternatif pelayaran dari segala jurusan pasti memiliki peluang terjadinya pencemaran minyak di laut oleh kapal yang semakin besar pula. Kantaatmadja (1981) merangkum beberapa kasus pencemaran minyak di laut oleh kapal, khususnya di Selat Malaka sebagai pelabuhan internasional dari tahun 1968 hingga tahun 1976 terdapat 43 kasus pencemaran minyak oleh kapal yang sebagian besar berasal dari luar seperti Inggris, Polandia, Filipina, Malaysia, Rusia, Jerman, Italia, Yunani, Panama, Jepang, Pakistan, Liberia, dan lain-lain.

Salah satu contoh kasus pencemaran minyak lepas pantai adalah kerusakan *platform* Montara pada tanggal 21 Agustus 2009 hingga November 2009 menyebabkan terjadinya tumpahan minyak (*Oil spill*) di perairan laut lepas bagian utara Australia. Gaol (2009) berpendapat bahwa data distribusi spasial *Oil spill* sangat dibutuhkan untuk menghitung besar kerugian yang dialami dan dapat mengetahui langkah paling tepat untuk meminimalisir dampak negatif yang mungkin terjadi bagi lingkungan. Banyak negara telah mengembangkan metode untuk memantau tumpahan minyak di laut, karena selain berbahaya tumpahan minyak juga dapat menimbulkan dampak negatif secara langsung baik jangka pendek seperti membuat organisme di sekitar perairan tercemar mati, selain itu juga jangka panjang dikarenakan karakteristik minyak yang sulit terurai. Cara terbaik memantau *oil spill* di laut salah satunya adalah dengan menganalisis data sensor aktif seperti sensor *Synthetic Aperture Radar (SAR)* karena kelebihanannya beroperasi di segala kondisi cuaca, dan tidak terbatas waktu siang dan malam.

Oleh karena itu, penggunaan citra satelit *Advanced Land Observing Satellite (ALOS)* dengan sensor aktif *Phase Array L-band Synthetic Aperture*

Radar (PALSAR) diharapkan dapat mendeteksi tumpahan minyak di Laut Timor beserta arah sebarannya yang dipengaruhi oleh pola pergerakan angin. Disamping itu sensor ALOS PALSAR juga mempunyai kelebihan berupa resolusi spasial yang tinggi dan kemampuan dapat menembus awan lebih baik dibandingkan dengan sensor pasif.

1.2. Perumusan Masalah

Informasi dan pengetahuan mengenai adanya tumpahan minyak di laut lepas khususnya kasus tumpahan minyak *platform* Montara di Laut Timor akan sangat bermanfaat bagi pengelola yang bersangkutan maupun pihak yang berwenang untuk memperkirakan kerugian yang dapat ditimbulkan. Pendeteksian adanya tumpahan minyak ini salah satunya dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh yaitu dengan menggunakan citra satelit, selain itu juga dapat memperkirakan arah sebaran tumpahan minyak yang dapat diperkirakan dengan bantuan data angin. Oleh karena itu timbul pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara pemanfaatan citra ALOS PALSAR untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak yang terjadi di sekitar perairan Laut Timor?
2. Bagaimana cara menganalisa arah sebaran minyak di perairan Laut Timor dengan data angin dan data arus pada saat kejadian terkait.

1.3. Tujuan

Pada penelitian Skripsi ini dapat dirumuskan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui cara pemanfaatan citra ALOS PALSAR untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak yang terjadi di sekitar perairan Laut Timor.

2. Menganalisa arah sebaran minyak di perairan Laut Timor dengan data angin dan data arus pada saat kejadian terkait.

1.4 Kegunaan

Upaya penanggulangan tumpahan minyak di laut akan lebih efektif jika mengetahui metode yang tepat. Pada penulisan skripsi ini mendeteksi adanya tumpahan minyak di laut dan penyebarannya yang berkaitan dengan pola pergerakan angin dan arus yang diolah dengan sistem informasi geografis akan menghasilkan gambaran yang diharapkan dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya.

1.5 Tempat dan Waktu/ Jadwal Pelaksanaan

Penelitian Skripsi ini dilakukan pada 21 Maret - 5 April 2013 di Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa (LAPAN), Jakarta Timur. Adapun jadwal penelitian skripsi seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Penelitian Skripsi

No	Kegiatan	Bulan															
		Maret				April				Mei				Juni			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Pembuatan Proposal	■	■														
2	Pengambilan Data			■	■												
3	Pengolahan Data			■	■	■	■	■									
4	Analisa Data							■	■								
5	Penyusunan Laporan									■	■	■	■	■	■		
6	Pelaksanaan Ujian															■	■

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemanfaatan dan Prinsip Dasar Radar untuk Deteksi Tumpahan Minyak

Penginderaan jauh merupakan teknologi yang bertujuan untuk mengetahui informasi mengenai suatu objek tanpa adanya kontak langsung terhadap objek tersebut, sebanding dengan Lillesand dan Kiefer (1979) bahwa penginderaan jauh adalah suatu ilmu dan seni yang mengandung informasi mengenai objek, area, atau gejala melalui analisa data yang diperoleh dari suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, area, atau fenomena yang dikaji. Sutanto (1994) mengemukakan bahwa alat yang dimaksudkan disini yaitu alat penginderaan atau sensor yang dipasang pada suatu wahana seperti pesawat terbang, satelit, pesawat ulang-alik, dan lain-lain. Objek yang diindera berada di permukaan bumi, di lautan, juga di antariksa dan dilakukan dari jarak jauh dari objek oleh sebab itu disebut penginderaan jauh. Tenaga yang datang dari objek di permukaan bumi diterima dan direkam oleh sensor, dan tiap sensor memiliki kepekaan tersendiri terhadap spectrum elektromagnetik. Jenis sensor dan sifat yang dimiliki juga berbeda seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis sensor dan sifatnya

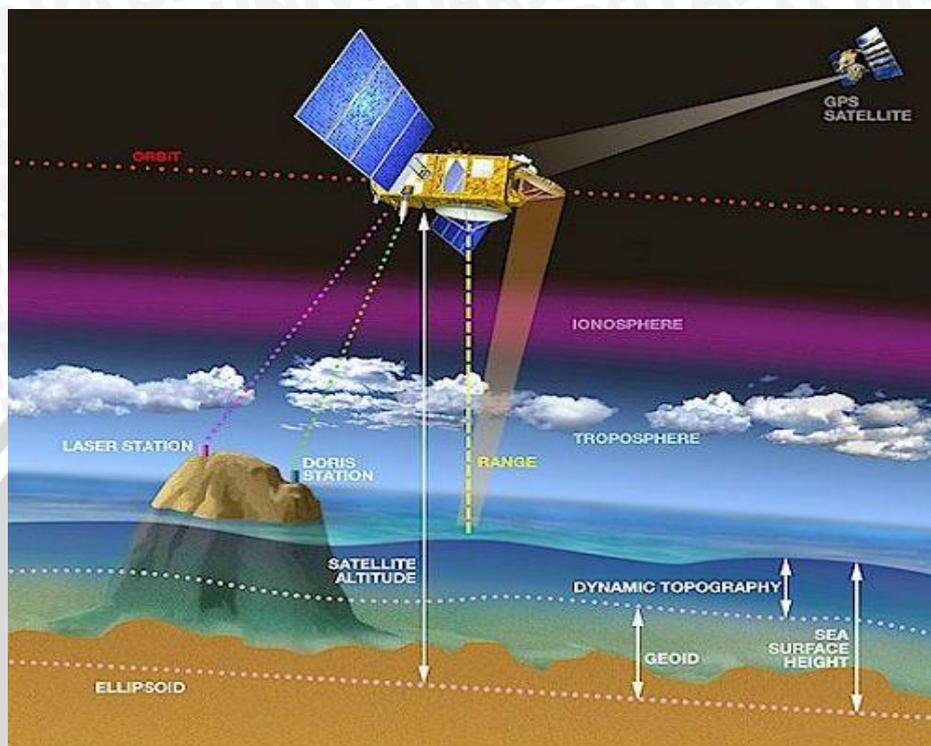
Spektrum dan Sistem Sensor	Panjang Gelombang (μm)	Kemampuan mengatasi kendala cuaca	Saat Penginderaan
ULTRAVIOLET: = Optical mechanical scanner = Image orthicon = Kamera dengan film inframerah	0.01 - 0.4	-	siang
TAMPAK : = Kamera konvensional = Multispectral scanner = Vidicon	0.4 - 0.7	Kt	siang kecuali bila digunakan penyinaran aktif

INFRAMERAH PANTULAN : = Kamera konvensional dengan film inframerah = Solid state detector dalam scanner = Radiometer	0.7 - 1.5	C	siang
INFRAMERAH THERMAL : = Solid state detector dalam scanner dan radiometer = Quantum detector	3.5 - 30.0	Kt, As	siang - malam
GELOMBANG MIKRO : = Scanner dan radiometer = Antena dan circuit	$10^3 - 10^6$	Kt, As, K	siang - malam
RADAR : = Scanner dan radiometer = Antena dan circuit	8.3×10^3 1.3×10^6	Kt, As, K H#	siang - malam
Keterangan : Kt : Kabut tipis As : Asap H : Hujan # : Kemampuan menembus hujan membesar pada gelombang yang semakin panjang (Sumber : Sutanto, 1994)			

Radar merupakan kependekan dari *Radio Detection and Ranging*, merupakan sistem gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak, dan membuat peta benda-benda seperti pesawat terbang, kendaraan bermotor dan informasi cuaca/hujan. Gelombang radio/sinyal yang dipancarkan dari suatu benda dapat ditangkap oleh radar kemudian dianalisa untuk mengetahui lokasi dan bahkan jenis benda. Walaupun sinyal yang diterima relatif lemah, namun radar dapat mendeteksi dan memperkuat sinyal tersebut. Sistem Radar yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu Antena, *Transmitter* (pemancar sinyal) dan *Receiver* (penerima sinyal) pada umumnya beroperasi dengan menyebarkan tenaga elektromagnetik terbatas di dalam piringan antenna yang bertujuan untuk menangkap sinyal dari benda yang melintas pada daerah tangkapan yang bersudut $20^\circ - 40^\circ$. Ketika suatu benda masuk dalam daerah tangkapan antenna, maka sinyal ditangkap dan diteruskan ke pusat sistem radar dan akan diproses hingga benda tersebut nantinya akan



tampak dalam layar monitor atau display (Akhyar, 2008). Prinsip kerja sistem Radar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Dasar Sistem Radar Altimetri (Sumber : Altimetry, (2011))

Tumpahan minyak di lautan merupakan polusi nomor satu di dunia yang dapat membahayakan kehidupan di laut dan selalu menjadi topik utama yang diteliti (Ismet *et al.*, 2011). Salah satu tragedi tumpahan minyak yang terjadi di sekitar perairan territorial Indonesia adalah tumpahan minyak yang disebabkan oleh kebocoran dan ledakan tambang minyak Montara pada tahun 2009 yang dikelola oleh PT. T *Exploration and Production* (PTTEP) Australia Atlas, dan berlokasi di Laut Timor. Tumpahan minyak atau *oil spill* adalah lepasnya bahan minyak ke lingkungan yang terjadi baik sengaja maupun tidak sengaja. Tumpahan minyak dapat terjadi baik di darat maupun di lautan. Penanggulangan tumpahan minyak di darat relatif lebih mudah dibandingkan di lautan. Salah satu upaya untuk memantau adanya tumpahan minyak pada suatu area, dengan bantuan teknologi satelit, penginderaan jauh dapat digunakan karena

kelebihannya yaitu informasi dapat didapatkan secara cepat dan tepat mendeteksi fenomena yang terjadi di lingkungan.

Terdapat banyak sensor yang dapat mendeteksi tumpahan minyak pada tipe permukaan air yang bervariasi dan wilayah laut pada beberapa negara (Long, 2012). Pencitraan multi-temporal yang diambil dari sensor penginderaan dapat dijadikan informasi penting untuk membuat model sebaran tumpahan minyak. Alat penginderaan jauh untuk deteksi tumpahan minyak termasuk di antaranya adalah *Side Looking Airborne Radar (SLAR)*, *Synthetic Aperture Radar (SAR)*, *airborne laser fluorosensors*, *microwave radiometers*, sinar tampak dan infra merah/ultraviolet (IR/UV) *line scanning sensors*, dan lain-lain. Sebuah sensor dapat menyediakan informasi mengenai kemungkinan yang dapat terjadi pada peristiwa tumpahan minyak sebagai berikut :

1. Deteksi lokasi dan sebaran tumpahan minyak pada area sempit atau luas,
2. Distribusi ketebalan minyak untuk menentukan jumlah minyak yang tumpah,
3. Klasifikasi tipe minyak dan estimasi kerusakan pada lingkungan untuk mengambil langkah penanggulangan dengan tepat,
4. Informasi yang kontinyu dan bernilai untuk operasi respon dan pembersihan,
5. Catatan dan data sejarah untuk mencegah tumpahan yang lain.

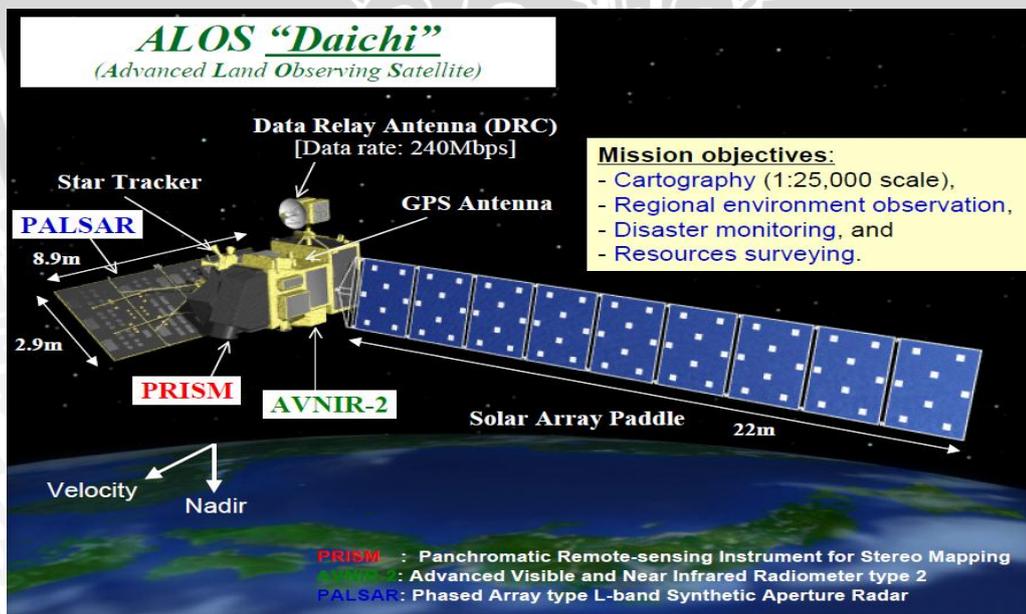
2.2. Karakteristik Citra Satelit ALOS PALSAR

Program satelit observasi bumi milik Jepang terdiri dari dua tipe, yg pertama yaitu satelit untuk atmosfer dan observasi laut, sedangkan yang lain adalah khusus untuk observasi darat. Satelit *Advanced Land Observing Satellite (ALOS)* adalah salah satu contoh satelit yang memanfaatkan gelombang mikro yang bermanfaat untuk pemetaan, observasi wilayah, pemantauan bencana, juga untuk observasi sumberdaya. Satelit ALOS yang memiliki nama lain DAICHI

resmi diluncurkan pada 24 Januari 2006 dari Tanegashima oleh *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), merupakan generasi lanjutan dari satelit *Japanese Earth Resources Satellite Unit* (JERS-1) dan satelit *Advanced Earth Observing Satellite* (ADEOS). Rosenqvist *et al.*, (2004) menyatakan satelit yang memiliki berat 4000 kg ini mengorbit bumi secara *sun-synchronous* pada ketinggian 691.65 km dengan sudut inklinasi 98.16° dan resolusi temporal selama 46 hari. ALOS sendiri dilengkapi tiga sensor observasi bumi, antara lain :

1. *Panchromatic Remote-sensing Instrument Stereo Mapping* (PRISM) resolusi 2.5 m untuk menghitung elevasi darat dengan tepat,
2. *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2* (AVNIR-2) resolusi 10 m untuk observasi permukaan tutupan lahan, dan
3. *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) untuk observasi permukaan bumi siang dan malam.

Gambar satelit *Advanced Land Observing System* (ALOS) seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Citra Satelit ALOS yang diluncurkan oleh Japan Aerospace Exploration Agency pada Januari 2006 (Sumber: Tadono dan Shimada, 2006; JAXA, 2008)



Penginderaan jauh menggunakan tenaga pada gelombang mikro disebut penginderaan jauh sistem radar, dalam arti lain merupakan penginderaan jauh sistem aktif. Intensitas atau kekuatan pantulan pada dasarnya dipengaruhi oleh dua sifat utama yaitu sifat objek yang diindera dan sifat sistem radarnya. Masing-masing sifat dipengaruhi oleh beberapa factor, salah satunya yaitu polarisasi merupakan pengarah vector elektrik pada gelombang elektromagnetik menurut satu bidang datar, baik vertical maupun horizontal. Beberapa tipe polarisasi pada radar antara lain HH dan VV sebagai polarisasi sejajar, HV dan VH sebagai polarisasi silang. Citra radar dengan saluran X, C, dan L seringkali digunakan di daerah tropik yang sering tertutup awan. Pulsa radar saluran L seringkali disebut berkemampuan di segala cuaca karena ia dapat menembus segala hambatan atmosfer termasuk hujan lebat (Sutanto, 1987).

Spesifikasi dari sensor ALOS *Phased Array L-Band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) juga bervariasi, seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Mode	High resolution	ScanSAR	Polarimetry
Center Frequency	1270 MHz (L-band)		
Bandwidth	28 MHz	14 MHz	14, 28 MHz
Polarization	HH or VV	HH+HV or VV+VH	HH or VV
Incidence angle	8 ~ 60 deg.	8 ~ 60 deg.	18 ~ 43 deg.
Range Resolution	7 ~ 44 m	14 ~ 88 m	100 m (multi look)
Swath	40 ~ 70 km	40 ~ 70 km	250 ~ 350 km
Quantization	5 bits	5 bits	5 bits
Data rate	240 Mbps	240 Mbps	120 Mbps, 240 Mbps

Gambar 3. Spesifikasi utama pada Citra Satelit ALOS PALSAR (Sumber : J-spacesystem, 2012)

PALSAR merupakan satelit yang sepenuhnya polarimetrik, dioperasikan pada mode *fine-beam* dengan polarisasi tunggal (HH atau VV), polarisasi ganda (HH+HV atau VV+VH), dan polarisasi penuh (HH+HV+VV+VH), satelit ini juga dilengkapi dengan mode ScanSAR (polarisasi tunggal), frekuensi tengah 1270

MHz (23.6 cm), dengan sebuah *bandwidth* 28 MHz pada mode polarisasi tunggal, dan 14 MHz pada polarisasi ganda, penuh, dan mode ScanSAR. Sudut *off-nadir* bervariasi antara 9.9° dan 50.8° pada *mid-swath* (Rosenqvist *et al.*, 2004).

2.3. Pencemaran Laut oleh Minyak

Oil spill atau tumpahan minyak seringkali terjadi di perairan laut lepas. Secara berkala dilaporkan bahwa 48% pencemaran minyak di laut disebabkan oleh bahan bakar dan 29% oleh minyak mentah. Kecelakaan kapal tanker berkontribusi sekitar 5% dari seluruh polusi di laut. 45% polusi minyak berasal dari pengelolaan kapal yang tidak bertanggung jawab (Minh dan Dinh, 2009). Pencemaran minyak lepas pantai salah satunya adalah ledakan *platform* Montara di bagian Utara Australia seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pencemaran Minyak akibat Ledakan *platform* Montara di Laut Timor pada tanggal 21 Agustus 2009 (Sumber : Asascience, (2013))

Peristiwa tumpahan minyak atau *oil spill* yang terjadi di danau, lautan, dan bagian badan perairan yang lain adalah sebuah ancaman dan secara dominan disebabkan oleh aktivitas manusia. mereka berakibat pada ekologi, lingkungan, dan sistem ekonomi terkait. Khususnya pada ekologi, banyak kehidupan akuatik yang rusak, mengawali kerusakan dan ketidakstabilan pada lingkungan secara luas. Pada bidang ekonomi, kehidupan sehari-hari nelayan dan kegiatan pariwisata juga terganggu. Pada hal kecil seperti sistem wilayah atau yang berbasis local juga terkena dampaknya. Pada peristiwa tumpahan minyak dalam skala besar, operasi pembersihan dapat memakan waktu dan biaya yang besar. Berdasarkan catatan *International Tanker Owner's Pollution Federation Limited* (ITOPF), jumlah total kuantitas tumpahan minyak dari tahun 1970 hingga 2007 berkisar 5.5 juta ton (sekitar empat milyar gallon). Namun pentingnya mendeteksi kejadian dan memantau secara teratur masih belum dipahami. Tetapi sudah terdapat beberapa sistem operasional untuk mendeteksi, memantau, permodelan, dan prediksi tumpahan minyak termasuk di dalamnya informasi *near-real time* (NRT) yang didapat dari angkasa, udara, dan *platform in-situ*. Sebagai tambahan data tersebut termasuk di dalamnya sensor UV, sinar tampak, NIR, Mid-IR, thermal, gelombang mikro, dan sonar (Lotliker *et al.*, 2008).

Peristiwa tumpahan minyak yang terjadi di Laut Timor termasuk kasus multilateral, yaitu melibatkan lebih dari satu negara di dalamnya, termasuk Indonesia yang juga terkena dampak pada ekosistem di sekitarnya. Berdasarkan Law in Action (2013), Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) ikut andil dalam penegakan hukum akibat pencemaran oleh PT. T *Exploration and Production* (PTTEP) Australia. Berdasarkan beberapa pembicaraan terkait, PTTEP Australia bertanggung jawab penuh terhadap masalah ini. Pihak PTTEP bersedia

menanggung kerugian 536.000 US Dolar atau sekitar 536 juta yang diatur oleh Pihak Kementerian Darwin.

Pencemaran tumpahan minyak di laut tidak hanya terjadi di kawasan laut lepas saja, namun juga bisa terjadi di pesisir. Mishra *et al.*, (2012) mengemukakan wilayah estuari, payau, dan mangrove merupakan lingkungan yang sangat sensitive terhadap perubahan lingkungan. Pada perairan payau itu sendiri seringkali polusi minyak mempengaruhi tumbuhan atau vegetasi yang berada di sana lebih daripada yang lain termasuk di antaranya dapat mempengaruhi toleransi salinitas pada vegetasi, proses transpirasi, dan penghambatan proses fotosintesis. Sebanding dengan penuturan oleh Ramsey *et al.*, (2011), peristiwa tumpahan minyak yang terjadi di laut lepas meskipun sudah dilakukan penanggulangan untuk mengurangi kadar minyak di permukaan laut, namun kemungkinan terbawa pasang surut harian dan angin ke arah perairan dangkal khususnya payau dan daerah tanah basah yang masih dipengaruhi oleh aktivitas dari laut. Hal ini dapat menyebabkan ketidakstabilan dinamika lingkungan pesisir, termasuk di antaranya kesehatan vegetasi dan biota yang terdapat di sana.

2.4. Karakteristik Minyak

Minyak (petroleum) berasal dari kata *petro* yang berarti *rock* (batu) dan *leum* yang berarti *oil* (minyak). Minyak dan gas bumi sebagian besar terdiri atas campuran molekul karbon dan hidrogen sehingga seringkali disebut hidrokarbon. Minyak dan gas terbentuk dari siklus alami di alam mulai dari sedimentasi sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang tertimbun jutaan tahun, seringkali ditemukan jauh di bawah lautan. Materi organik tersebut berubah menjadi minyak dan gas akibat kombinasi antara suhu dan tekanan di dalam kerak bumi yang nantinya

berkumpul menjadi satu dan membentuk *reservoir-reservoir* minyak dan gas (Botkin dan Keller (1995) dalam Utomo (2007)).

Minyak memiliki karakteristik tersendiri di mana dengan mempelajari kondisi atau permodelan hidro-oseanografi dapat mengetahui pergerakan dan karakteristik tumpahan minyak ke suatu tempat. Tumpahan minyak mengalami proses yang meliputi evaporasi, disolusi, emulsifikasi, disperse, peluruhan fraksi, total ketebalan minyak, dan tingkat lama pemaparan suatu area. Dengan mempelajari karakteristik minyak tersebut dapat dijadikan acuan untuk penanganan dan penanggulangan tumpahan minyak di suatu area dan mempertimbangkan seberapa besar dampak yang akan timbul (Sabhan *et al.*, 2010).

Perilaku lapisan atau tumpahan minyak memiliki arti penting pada permukaan laut bergantung pada sifat fisika-kimia seperti viskositas, densitas, tekanan permukaan, dan elastisitas. Namun minyak mentah merupakan campuran kompleks yang terdiri dari fraksi ringan dan berat. Evolusi secara khusus minyak mentah di laut dapat dideteksi dalam fase-fase yang berbeda berdasarkan urutan umur dan lamanya yaitu : tumpahan minyak, lapisan minyak (*oil film*), emulsi (pertama kali emulsi minyak-air, kemudian emulsi air-minyak), sinar biru (*blue shine*), dan pengumpulan (*aggregates*). Secara *life time* sejumlah proses terjadi dipengaruhi oleh sifat fisika-kimia biasanya disebut *weathering* atau pelapukan karena hujan/ penghancuran karena iklim. Proses tersebut antara lain : penjararan, penyimpangan, penguapan, penyebaran, pembentukan emulsi, degradasi oleh bakteri, dan oksidasi cahaya (Sitanggang, 2004). Proses-proses ini sangat penting dalam mendeteksi tumpahan minyak dengan teknologi indera khususnya satelit sensor aktif SAR.

2.5. Sumber Pencemaran Minyak

Sofyan (2001) mengemukakan sumber dari pencemaran minyak di Laut dapat disebabkan oleh beberapa hal berikut :

- **Operasi Kapal Tanker**

Produksi minyak dunia diperkirakan sebanyak 3 milyar ton per tahun dan setengahnya dikirimkan melalui laut. Setelah kapal tanker memuat minyak kargo, kapal pun membawa air ballast (sistem kestabilan kapal menggunakan mekanisme bongkar-muat air) yang biasanya ditempatkan dalam tangki slop. Sampai di pelabuhan bongkar, setelah proses bongkar selesai sisa muatan minyak dalam tangki dan juga air ballast yang kotor disalurkan ke dalam tangki slop. Tangki muatan yang telah kosong tadi dibersihkan dengan water jet, proses pembersihan tangki ini ditujukan untuk menjaga agar tangki diganti dengan air ballast baru untuk kebutuhan pada pelayaran selanjutnya.

Hasil buangan dimana bercampur antara air dan minyak ini pun dialirkan ke dalam tangki slop. Sehingga di dalam tangki slop terdapat campuran minyak dan air. Sebelum kapal berlayar, bagian air dalam tangki slop harus dikosongkan dengan memompakannya ke tangki penampungan limbah di terminal atau dipompakan ke laut dan diganti dengan air ballast yang baru. Tidak dapat disangkal buangan air yang dipompakan ke laut masih mengandung minyak dan ini akan berakibat pada pencemaran laut tempat terjadi bongkar muat kapal tanker.

- **Docking (Perbaikan atau Perawatan Kapal)**

Semua kapal secara periodik harus dilakukan reparasi termasuk pembersihan tangki dan lambung. Dalam proses docking semua sisa bahan bakar yang ada dalam tangki harus dikosongkan untuk mencegah terjadinya

ledakan dan kebakaran. Dalam aturannya semua galangan kapal harus dilengkapi dengan tangki penampung limbah, namun pada kenyataannya banyak galangan kapal tidak memiliki fasilitas ini, sehingga buangan minyak langsung dipompakan ke laut. Tercatat pada tahun 1981 kurang lebih 30.000 ton minyak terbuang ke laut akibat proses docking ini.

- **Terminal Bongkar Muat Tengah Laut**

Proses bongkar muat tanker bukan hanya dilakukan di pelabuhan, namun banyak juga dilakukan di tengah laut. Proses bongkar muat di terminal laut ini banyak menimbulkan resiko kecelakaan seperti pipa yang pecah, bocor maupun kecelakaan karena kesalahan manusia.

- **Bilga dan Tangki Bahan Bakar**

Umumnya semua kapal memerlukan proses balas saat berlayar normal maupun saat cuaca buruk. Karena umumnya tangki ballast kapal digunakan untuk memuat kargo maka biasanya pihak kapal menggunakan juga tangki bahan bakar yang kosong untuk membawa air ballast tambahan. Saat cuaca buruk maka air balas tersebut dipompakan ke laut sementara air tersebut sudah bercampur dengan minyak. Selain air balas, juga dipompakan keluar adalah air bilga yang juga bercampur dengan minyak. Bilga adalah saluran buangan air, minyak, dan pelumas hasil proses mesin yang merupakan limbah. Aturan Internasional mengatur bahwa buangan air bilga sebelum dipompakan ke laut harus masuk terlebih dahulu ke dalam separator, pemisah minyak dan air, namun pada kenyataannya banyak buangan bilga illegal yang tidak memenuhi aturan Internasional dibuang ke laut.

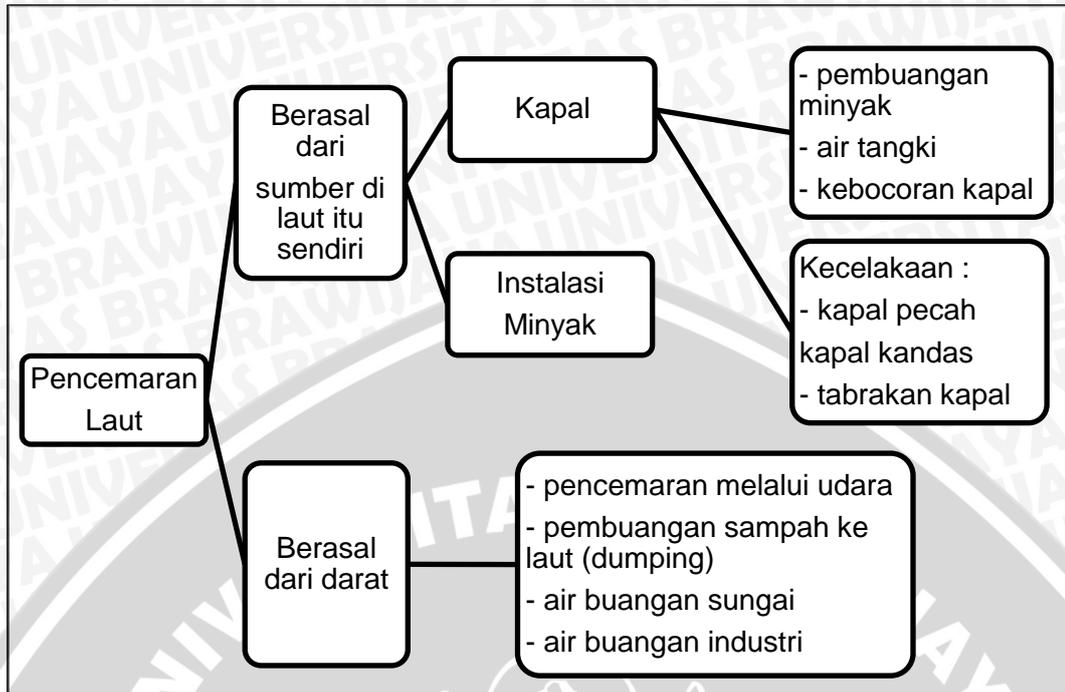
- **Scrapping Kapal**

Proses scrapping kapal (pemotongan badan kapal untuk menjadi besi tua) ini banyak dilakukan di industri kapal di India dan Asia Tenggara termasuk Indonesia. Akibat proses ini banyak kandungan metal dan lainnya termasuk kandungan minyak yang terbuang ke laut. Diperkirakan sekitar 1.500 ton per tahun minyak yang terbuang ke laut akibat proses ini yang menyebabkan kerusakan lingkungan setempat.

- **Kecelakaan Tanker**

Beberapa penyebab kecelakaan tanker adalah kebocoran lambung, kandas, ledakan, kebakaran dan tabrakan. Beberapa kasus di perairan Selat Malaka adalah karena dangkalnya perairan, dimana kapal berada pada muatan penuh. Tercatat beberapa kasus kecelakaan besar di dunia antara lain pada 19 juli 1979 bocornya kapal tanker Atlantic Empress di perairan Tobacco yang menumpahkan minyak sebesar 287.000 ton ke laut.

Berdasarkan pendapat Ismet *et al.*, (2011) tumpahan minyak yang ada di laut maupun di darat dapat terjadi baik sengaja maupun tidak sengaja tetap saja menimbulkan ancaman bagi stabilitas ekosistem yang ada di sekitarnya. Sumber utama terjadinya tumpahan minyak atau *oil spill* di laut dapat dihubungkan dengan kejadian adanya kecelakaan transportasi minyak seperti tanker juga kebocoran pipa bawah air (sekitar 70%), kontribusi pertambangan minyak lepas pantai dan aktivitas produksi minyak sekitar 1%. Sumber pencemaran laut dapat berasal dari segala sumber seperti yang dirumuskan Kantaatmadja (1981) pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Sumber Pencemaran Laut (Sumber : Kantaatmadja, 1981)

2.6. Pengaruh Arah dan Pergerakan Angin

Hamzah (2004) menyatakan bahwa bila minyak cair tumpah ke laut, semakin lama akan semakin menyebar membentuk lapisan tipis minyak (*oil slick*), kecuali pada bagian minyak yang densitasnya lebih besar daripada air akan langsung tenggelam. Penyebaran minyak berlangsung secara cepat dan teratur kurang lebih dalam waktu 10 hari. Proses yang terjadi panya minyak ini bergantung pada banyak factor, seperti kandungan alami minyak, massa jenis minyak, jumlah tumpahan, dan factor lingkungan seperti kondisi angin, suhu, dan tekanan udara di laut. Lapisan minyak akan membentuk beberapa bagian lapisan, dan pembentukannya dipengaruhi oleh angin dan arus. Efek angin untuk menggerakkan minyak adalah berkisar 2.5 – 3.5 % dari kecepatan angin, dan pergerakannya biasanya searah dengan pergerakan angin.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Wilayah penelitian ini berlokasi di Laut Timor, di wilayah bagian utara Platform Montara dan Welhead mendekati wilayah Indonesia dengan koordinat 11°8'38,83" LS - 12°18'8,04" LS dan 124°26'19,86" BT - 125°18'19,01" BT. Menurut Marsya (2012), tumpahan minyak Montara terjadi di Pesisir Kimberley dari bagian barat Darwin-Australia Utara dan memasuki daerah perairan Indonesia tepatnya di daerah selatan Pulau Rote, Nusa Tenggara Timur. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai tanggal 21 Maret hingga 5 April 2013 di Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa (LAPAN), Jakarta Timur. Pada penelitian ini tidak diadakan data hasil observasi lapang dikarenakan terdapat

kesenjangan waktu antara peristiwa tumpahan minyak terjadi dan pengolahan data citra satelit.

3.2. Data dan Peralatan Penelitian

3.2.1. Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra satelit ALOS PALSAR Level 1.5 yang sudah terkoreksi geometrik dengan Geodetic Datum WGS84 dan Zona Proyeksi SUTM 51. Data diperoleh dari *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) pada tanggal 2 September 2009 melalui Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa (LAPAN), Jakarta Timur. Serta Data angin harian dan bulanan yang diperoleh dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF). Spesifikasi data citra satelit ALOS PALSAR yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Citra Satelit ALOS PALSAR di Laut Timor dari LAPAN

No	Scene ID	Path	Frame	Tanggal	Lokasi
1	ALPSRP192186950	406	6950	02/09/2009	124°26' - 125°11' BT, 11°8' - 11°48' LS
2	ALPSRP192186940	406	6940	02/09/2009	124°33' - 125°18' BT, 11°39' - 12°18' LS

3.2.2. Peralatan

Proses pengolahan data citra satelit ALOS PALSAR menggunakan peralatan sebagai berikut :

- a) Perangkat Laptop TOSHIBA Satellite E205 14 inch, intel core i5 processor
Merupakan Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan sebagai sarana penunjang penyimpanan dan pengolahan data citra satelit ALOS PALSAR dan sebagai sarana penunjang penyusunan laporan.

b) Sistem Operasi Windows 7 Ultimate

Merupakan Sistem Operasi yang digunakan sebagai tempat untuk menjalankan program yang berkaitan pada proses pengolahan data citra satelit ALOS PALSAR yang digunakan pada penelitian ini.

c) Program ENVI 4.5

Merupakan sistem operasi yang digunakan untuk mengubah citra satelit ALOS PALSAR dengan format .5GUA menjadi format .ers agar dapat diolah di program ER MAPPER.

d) Program ER MAPPER 7.1

Merupakan sistem operasi yang digunakan untuk mengolah data citra satelit ALOS PALSAR yang telah dikonversi menjadi format .ers ke tahap selanjutnya

e) Program Arcview GIS 9.3

Merupakan sistem operasi yang digunakan untuk layouting atau pembuatan peta.

f) Program Ocean Data View 4. (ODV)

Merupakan sistem operasi yang digunakan untuk mengolah data angin harian dan bulanan yang bersumber dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF).

g) Program Surfer 10 (32-bit)

Merupakan sistem operasi yang digunakan untuk mengolah data angin harian yang bersumber dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) setelah proses dari sistem operasi ODV.

h) Program Microsoft Office Word 2007

Merupakan program yang digunakan untuk penyusunan laporan.

i) Koneksi Internet

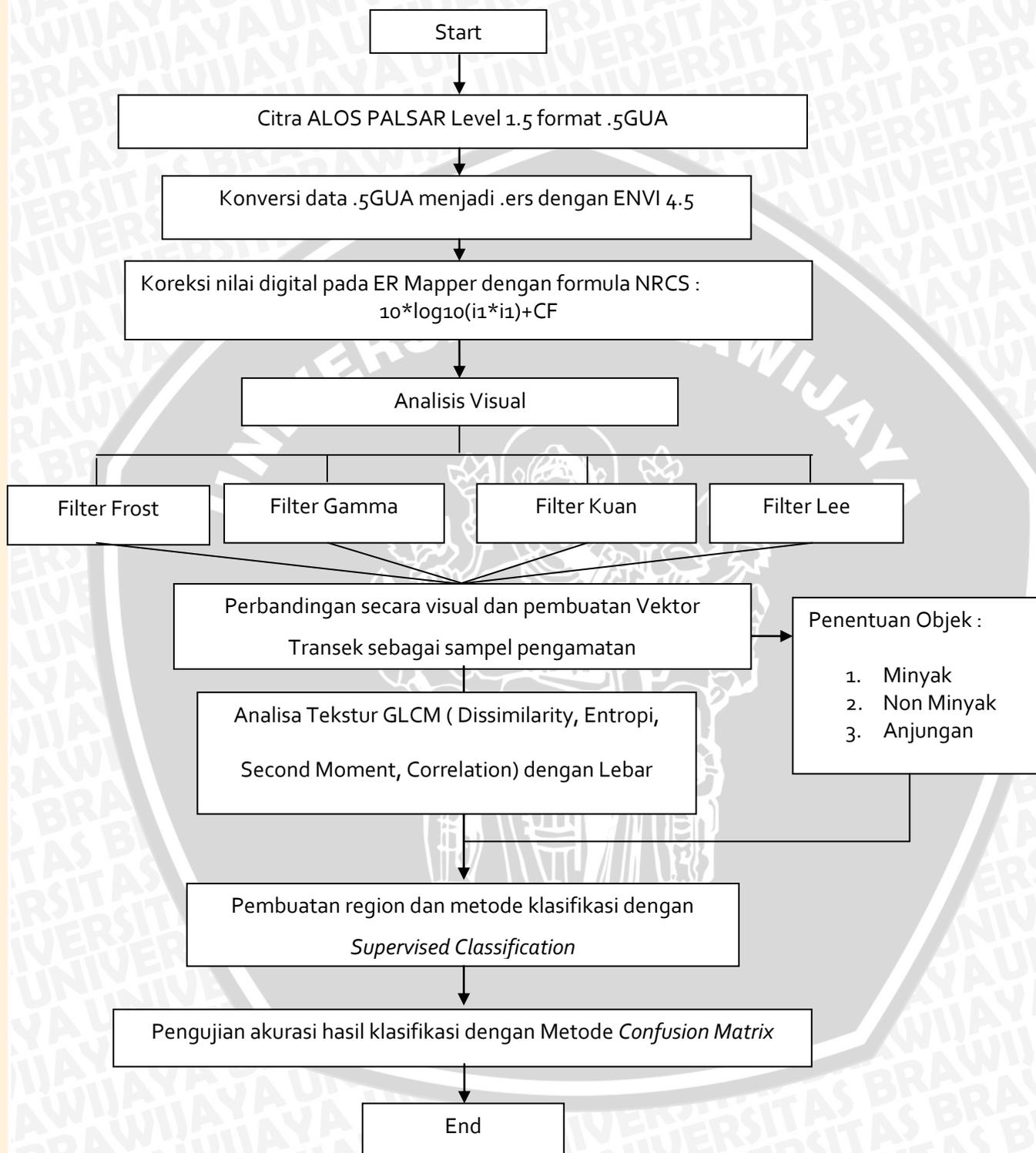
Merupakan penghubung yang digunakan pada saat pengambilan data angin, dan pencarian tinjauan pustaka.

3.3. Pengolahan Data

3.3.1. Citra Satelit ALOS PALSAR

Pada tahap selanjutnya yaitu proses pengolahan citra satelit ALOS PALSAR terdiri dari : 1) konversi data, 2) analisa visual, 3) filtering, 4) analisa tekstur, 5) uji akurasi data. Gambar di bawah ini merupakan diagram alir dari proses pengolahan citra satelit ALOS PALSAR. Secara sistematis skema kerja pengolahan data ALOS PALSAR dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 7. Mekanisme Kerja Pengolahan Data Citra Satelit ALOS PALSAR

Gambar 7 di atas merupakan diagram alir pengolahan citra satelit ALOS PALSAR, diawali dengan konversi data citra ALOS PALSAR Level 1,5 dengan format .5GUA menjadi format .ers pada program ENVI 4.5. hal ini bertujuan agar citra tersebut dapat diolah pada tahap selanjutnya dengan program ER Mapper.

Tahap selanjutnya ialah tahap koreksi nilai hambur balik citra dari nilai digital menjadi nilai intensitas dengan satuan dB, tahap ini seringkali disebut *preprocessing Calibration Factor* dengan menggunakan formula :

$$NRCS \text{ (dB)} = 10 \cdot \log_{10} (DN^2) + CF$$

dimana :

NRCS = *Normalized Radar Cross Setting* (satuan dB)

DN = *Digital Number* / nilai digital

CF = *Calibration Factor* / faktor kalibrasi dengan nilai -83

(sumber : AUIG,2009)

Analisa visual pada citra merupakan pendeteksian daerah yang mungkin merupakan *dark slick* atau area hitam, ditandai dengan warna yang lebih gelap daripada sekitarnya pada citra. Hal ini dipahami karena daerah yang memiliki tingkat kekasaran rendah terhadap sudut datang cenderung memiliki nilai hambur balik yang rendah, sedangkan pada daerah yang memiliki tingkat kekasaran yang tinggi akan memiliki nilai hambur yang tinggi pula. Hal ini dapat dipastikan bahwa komposisi minyak dapat membuat perairan lebih tenang atau teredam sehingga akan memiliki nilai hambur lebih rendah di bandingkan area di sekitarnya dan berwarna lebih gelap. Dalam pengamatan visual juga harus dilengkapi data angin, karena dapat mempengaruhi tampilan permukaan bumi pada saat citra diambil. Seperti pembahasan penelitian Hu *et al.*, (2009), kemampuan SAR dalam mendeteksi *oil slick* lebih baik dibandingkan data citra pada satelit sensor pasif, karena kemampuannya dalam mendeteksi area seperti

wilayah tropis dan subtropis yang memiliki curah hujan tinggi. Sedangkan jika menggunakan data citra satelit sensor pasif, di daerah tropis dan subtropis jika kondisi musim semi dan musim gugur, analisis visual pada citra dapat terganggu oleh kilatan cahaya dan kondisi angin.

Tahap identifikasi minyak selanjutnya adalah tahap penyaringan citra atau *filtering* dengan empat metode penyaringan yaitu Frost, Gamma, Kuan, dan Lee dengan tujuan untuk menghilangkan *noise* atau gangguan pada saat pengambilan citra dan untuk mendapatkan gambar citra lebih jelas. Metode penyaringan ini dilakukan pada citra yang sudah melalui tahap koreksi nilai digital. Pada tahap ini dilakukan perbandingan visual pada hasil tiap metode penyaringan, dan dilakukan pembuatan vector transek sebagai sampel pengamatan dengan penentuan objek sebagai berikut :

1. Minyak,
2. Non-Minyak, dan
3. Anjungan.

yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai hambur balik tiap objek, dan menentukan kisaran hambur balik objek minyak, non-minyak, dan anjungan. Nilai hambur balik objek dengan satuan disibel (dB) dapat diolah berupa angka dan grafik pada program Microsoft Excel 2007.

Langkah selanjutnya adalah analisa tekstur dengan program ER Mapper dengan metode analisa tekstur Mean, pada tahap ini dilakukan pada citra yang memiliki tampilan hasil filtering paling baik dan jelas. Pada penelitian ini penulis menggunakan hasil penyaringan citra Frost, karena dibandingkan metode penyaringan Gamma, Lee, dan Kuan, metode penyaringan Frost yang memiliki hasil tampilan paling baik dan paling jelas. Penulis menggunakan metode analisis tekstur Mean yang termasuk metode analisa tekstur *Co-Occurance based filter*,

metode lain yang termasuk di dalamnya adalah *variance*, *entropy*, *homogeneity*, *contrast*, *dissimilarity*, *second moment*, dan *correlation*. Dengan analisa tekstur diharapkan dengan pengamatan secara visual lebih bisa dibedakan dan memperkuat dugaan tekstur laut (non-minyak), minyak, dan anjungan. Berdasarkan penelitian Marsya (2012), analisa tekstur berfungsi tidak mengubah nilai intensitas hambur balik dari objek satu ke objek yang lain, dan meminimalisir kesalahan dalam klasifikasi citra. Pada penelitian tersebut disebutkan bahwa analisa tekstur mean merupakan analisa perhitungan yang tidak merubah informasi data terlalu banyak dalam artian alur model grafik transek tanpa atau dengan analisa tekstur mean adalah sama.

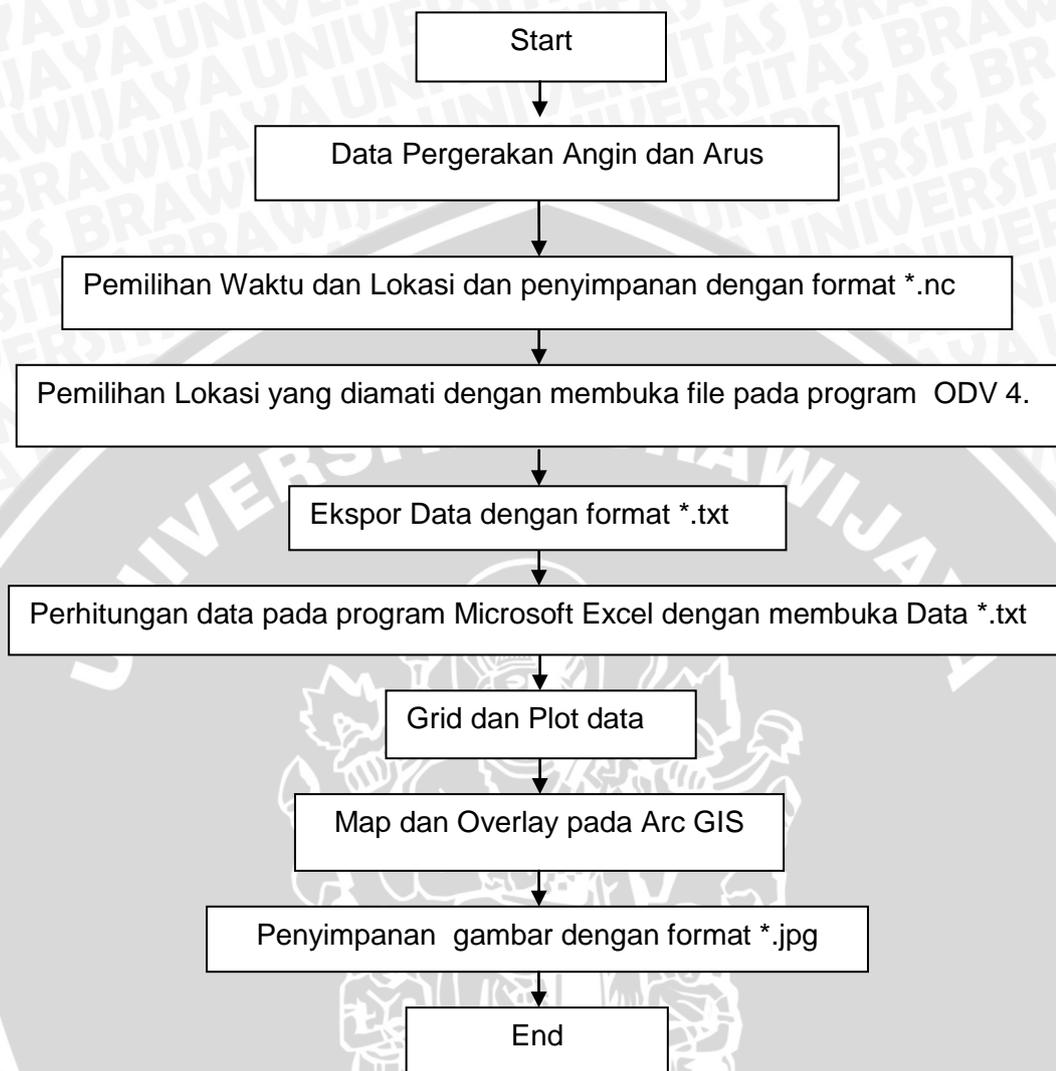
Langkah selanjutnya adalah pembuatan region dan klasifikasi dengan metode *Supervised Classification*, meskipun tidak dilakukan observasi lapang atau *ground check* karena adanya kesenjangan waktu pada saat penelitian dan waktu pengambilan citra, namun metode ini dapat dilakukan karena sudah banyak penelitian sebelumnya yang mendeteksi adanya tumpahan minyak di wilayah tersebut. Pada tahap ini dilakukan pembuatan dan penamaan region sesuai dengan objek yang diklasifikasi yaitu Minyak (M), Non-Minyak (N), dan Anjungan (A), serta penentuan warna pada tiap objek. Untuk menguji keakuratan data baik dari program dan peneliti sendiri dalam klasifikasi objek dilakukan metode uji *Confussion Matrix*, yaitu dengan cara membandingkan region pada citra hasil klasifikasi dan region pada citra yang dianggap sebagai citra referensi, diharapkan ketelitian lebih dari 75%, dilihat dari seberapa banyak piksel hasil klasifikasi yang sama dengan piksel data referensi. Seperti yang dinyatakan Richards dan Jia (1999) dalam bukunya berjudul "*Remote Sensing Digital Image Analysis*" bahwa pada suatu pengklasifikasian citra dibutuhkan langkah lanjutan untuk menguji keakuratan hasil klasifikasi. Akurasi sendiri secara empiris adalah

pemilihan sampel piksel dari peta tematik yang sudah terklasifikasi dibandingkan dengan data referensi dari citra yang sama. Uji ini seringkali disebut *confusion* atau *error matrix*.

3.3.2. Data Angin dan Arus

Angin dan Arus merupakan faktor lingkungan yang cukup mempengaruhi kualitas citra yang sedang di amati, yaitu citra yang akan di amati memiliki informasi mengenai tumpahan minyak juga bermanfaat untuk asumsi pergerakan minyak itu sendiri. Tahap pengolahan angin dan arus dapat dibagi menjadi 2 tahapan yaitu konversi data angin dengan menggunakan program Ocean Data View (ODV), pengolahan data pada program Microsoft Excel, dan plotting data grid dan layouting pada program Arc GIS. Tujuan konversi data angin harian tanggal 2 September 2009 pukul 00.00 WIB dengan format *.nc menjadi data dengan format *.txt adalah agar memudahkan perhitungan data pada tahap selanjutnya.

Tahap selanjutnya adalah perhitungan data pada program excel dengan membuka data yang telah dikonversi menjadi *.txt. Skema kerja pengolahan data angin dan arus dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Mekanisme Kerja Pengolahan Data Angin dan Arus

3.4. Analisa Data

Pada penelitian skripsi ini analisa data dilakukan dengan cara visual dan digital terhadap data yang diolah. Secara visual data citra satelit sensor aktif ALOS PALSAR setelah dikalibrasi dengan nilai koreksi digital, kemudian diterapkan metode penyaringan dengan empat metode filter yaitu Kuan, Gamma, Frost, dan Lee yang bertujuan untuk membedakan metode *filtering* yang berbeda

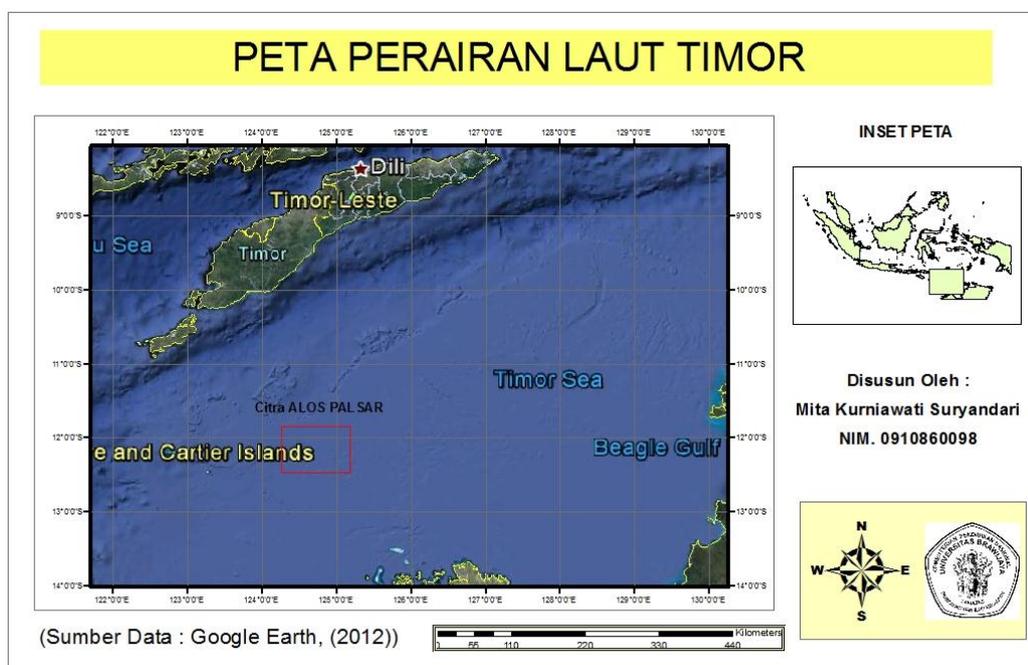
dan membedakan nilai hambur balik objek minyak, non minyak, dan anjungan. Kemudian dilakukan tahap klasifikasi dengan menggunakan metode *Supervised classification* dengan membuat training area objek minyak, non minyak, dan anjungan. Metode klasifikasi ini digunakan meskipun tidak melakukan *ground check* atau observasi langsung terhadap wilayah yang diteliti karena adanya kesenjangan waktu, namun di anggap dari penelitian-penelitian sebelumnya bahwa di daerah tersebut memang sudah dibuktikan adanya tumpahan minyak atau *oil spill* dengan mendeteksi wilayah *oil slick*. Data yang sudah diklasifikasi, diuji dengan menggunakan uji *confusion matrix* untuk akurasi data. Analisis terakhir merupakan analisa penyebaran minyak dengan didukung oleh data angin harian, dan data angin seminggu sebelum dan sesudah kejadian terkait. Hal ini dilakukan untuk akurasi deteksi data citra.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Indonesia merupakan wilayah yang diapit oleh dua benua dan dua samudera, wilayah penelitian yang dikaji oleh penulis adalah Laut Timor yang berada di bagian selatan wilayah Indonesia, dimana di bagian selatan Laut Timor berbatasan langsung dengan Australia, utara dengan pulau Timor, barat berbatasan langsung dengan Samudera Hindia dan bagian timur berbatasan langsung dengan Laut Arafuru. Tumpahan minyak yang terjadi di wilayah Laut Timor pada tanggal 21 Agustus 2009 karena terjadi kebocoran pada *platform* Montara membuat penulis tertarik untuk mengkaji sebaran tumpahan minyak beserta pengaruh oseanografi yang berada pada wilayah tersebut, seperti faktor arus permukaan yang dipengaruhi oleh angin. Peta lokasi pengamatan data citra satelit ALOS PALSAR yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 9.

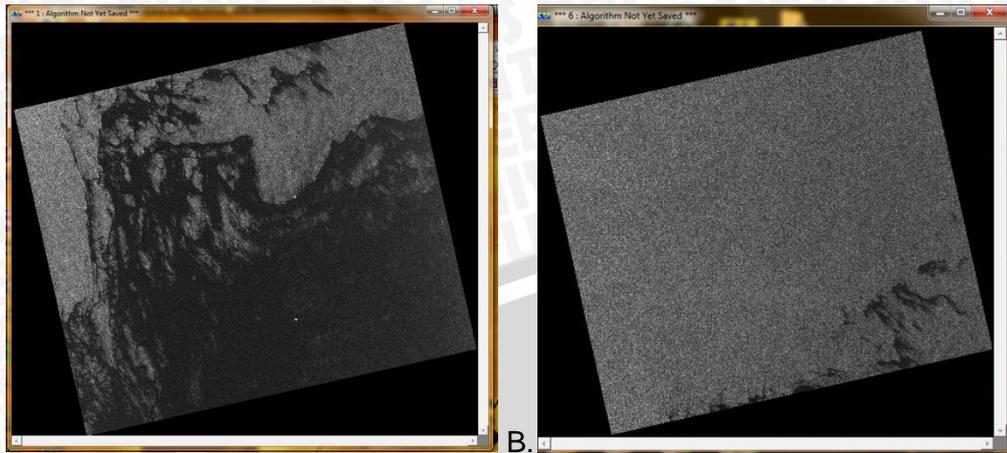


Gambar 9. Peta Lokasi Pengamatan Data Citra Satelit ALOS PALSAR (yang diberi label kotak merah)

Prayogo et al., (2011) menyatakan bahwa ledakan bawah laut *offshore rig* yang dioperasikan oleh *The Montara Well Head platform* berada pada wilayah Blok *West Atlas*, 140 mil laut utara Perairan Australia, khususnya di Laut Timor 200 km dari Pantai Kimberley Australia pada posisi geografis 12° 41' LS dan 124° 32' BT, telah menumpahkan minyak mentah (*crude oil*) dan gas hidrokarbon kurang lebih 64 ton perhari hingga kebocoran minyak dapat diatasi atau berhenti. Diperkirakan hingga mencapai kurang lebih 51 mil laut pulau Rote provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT).

4.2. Analisa Area Hitam (*Dark Slick*) pada Citra

Pada tahap pendeteksian adanya tumpahan minyak di Laut Timor dapat dilihat dengan mendeteksi adanya *oil slick* atau area hitam pada citra satelit yang dikaji. Pada penelitian ini penulis memanfaatkan data citra satelit sensor aktif ALOS PALSAR yang mengorbit bumi secara *sun-synchronous* pada ketinggian 691.65 km di atas permukaan bumi, diluncurkan oleh *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) pada 24 Januari 2006. Pada penelitian ini memanfaatkan dua data citra ALOS PALSAR dengan *Scene ID* ALPSRP192186940 dan ALPSRP192186950 dengan *path frame* 6940 (124°33' - 125°18' BT, 11°39' - 12°18' LS) dan 6950 (124°26' - 125°11' BT, 11°8' - 11°48' LS). Data tersebut diambil pada tanggal 2 September 2009 pukul 14.36 WIB. Citra satelit ALOS PALSAR *path* 6940 dan *path* 6950 dapat dilihat pada Gambar 10.



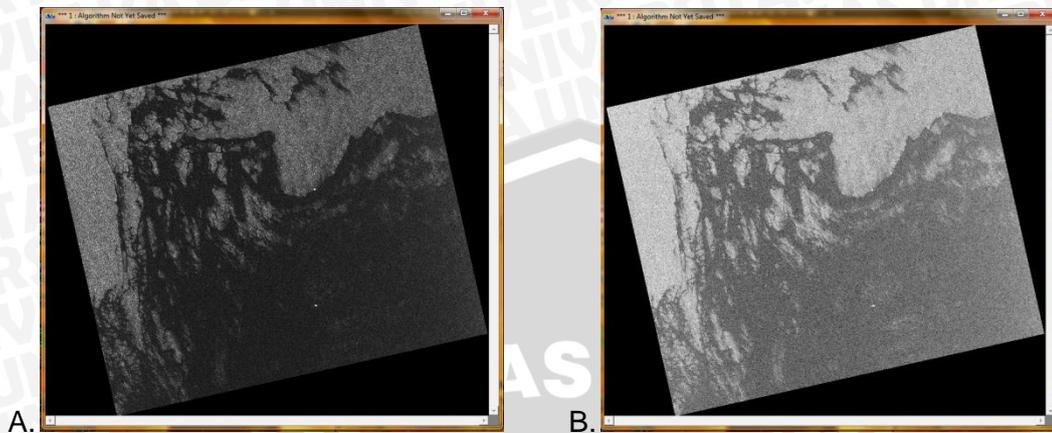
Gambar 10. Data Original Citra ALOS PALSAR dengan Scene ID ALPSRP192186940 dan ALPSRP192186950 : (A) path 6940, dan (B) path 6950

Sesuai dengan pernyataan oleh Barret dan Curtis (1992) beberapa sensor yang ada di dunia dikombinasikan dengan beberapa sensor yang dipasangkan pada pesawat terbang, sistem ini termasuk didalamnya fotografi multispectral (termasuk inframerah hitam-putih secara simultan, inframerah warna, warnam dan pencitraan ultraviolet pada *scene* yang sama), pencitraan inframerah termal, dan proses pencitraan pada citra. Sistem ini digunakan khususnya untuk memantau dan melindungi lingkungan laut, antara lain dikhususkan pada hal berikut:

- Tumpahan minyak atau *oil spill* dari kapal,
- Pemberhentian illegal kapal asing,
- *Oil slick*, termal, dan tipe polusi laut yang lain, juga
- Pembangunan dan industry yang ada di laut.

Pendeteksian *oil slick* pada penelitian ini diawali dengan koreksi digital pada citra, dengan ketentuan yang sudah berlaku. Terlihat perbedaan yang signifikan terhadap data citra sebelum dan sesudah koreksi nilai digital, yaitu

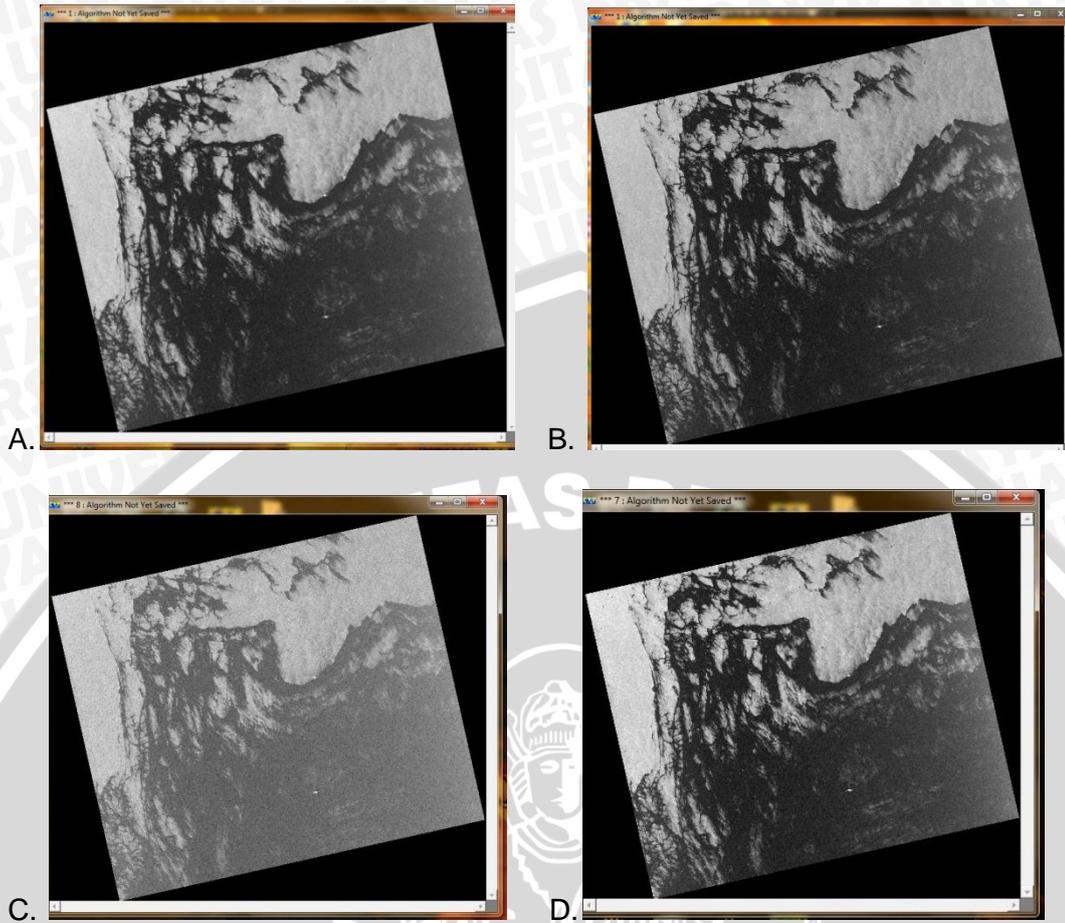
setelah terkoreksi digital *image* terlihat lebih jelas. Citra satelit ALOS PALSAR sebelum dan sesudah koreksi digital dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Data Citra ALOS PALSAR Scene ID ALPSRP192186940 path frame 6940: (A)sebelum dilakukan koreksi nilai digital, (B) sebelum dilakukan koreksi nilai digital.

4.3. Hasil Penyaringan Citra dan Analisis Tekstur

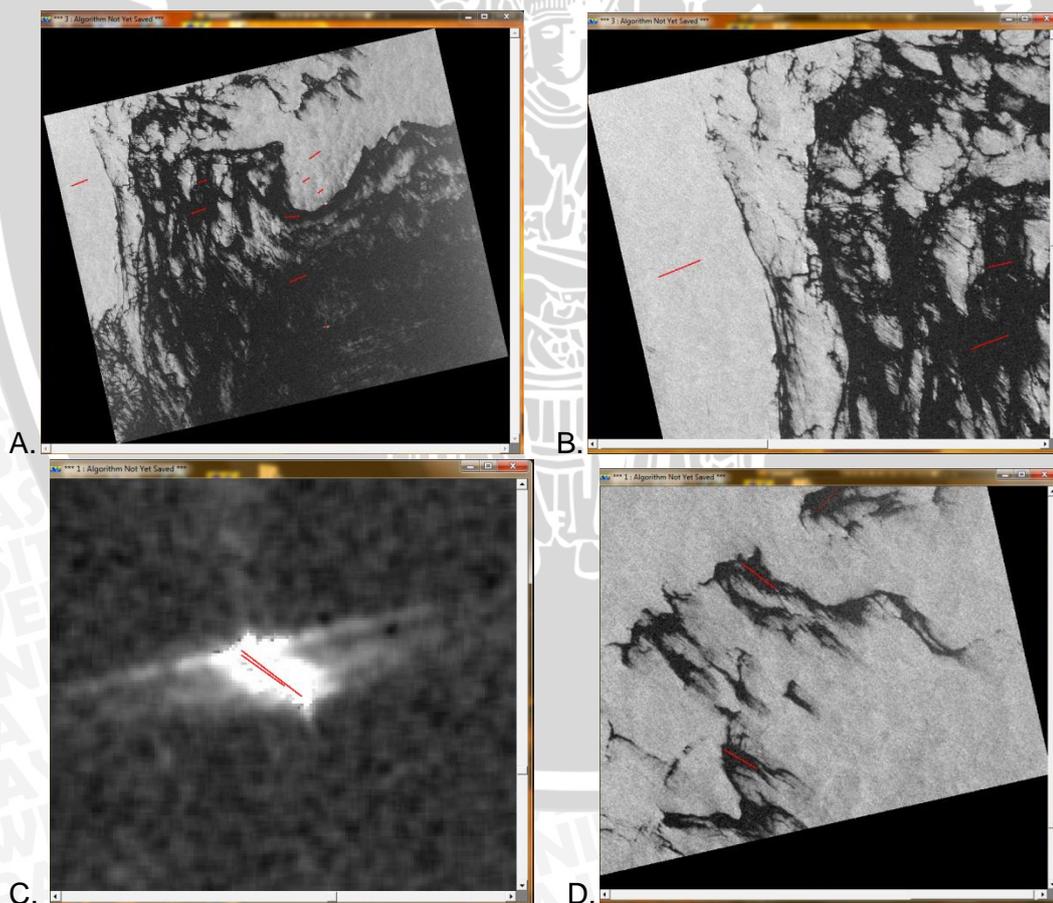
Setelah dilakukan proses koreksi nilai digital, langkah selanjutnya yang dilakukan penulis adalah proses penyaringan citra atau biasa disebut *filtering* dengan menggunakan metode penyaringan yang berbeda, dengan tujuan dapat membandingkan hasil penyaringan citra dengan metode yang satu dengan metode yang lain, dan melakukan analisa tekstur. Pada metode *filtering* termasuk di dalamnya pembuatan transek sampel untuk objek Minyak, Non-Minyak, dan Anjungan untuk mengetahui kisaran nilai hambur balik tiap objek, kemudian dilakukan analisa visual dengan menggunakan metode analisa tekstur GLCM (Grey Level Co-Occurance Measures) dengan program ENVI 4.5. Citra satelit ALOS PALSAR dengan menggunakan filter yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Data Citra ALOS PALSAR Scene ID ALPSRP192186940 path frame 6940 dengan beberapa metode penyaringan adaptif : (A) Frost, (B) Gamma, (C) Lee, dan (D) Kuan.

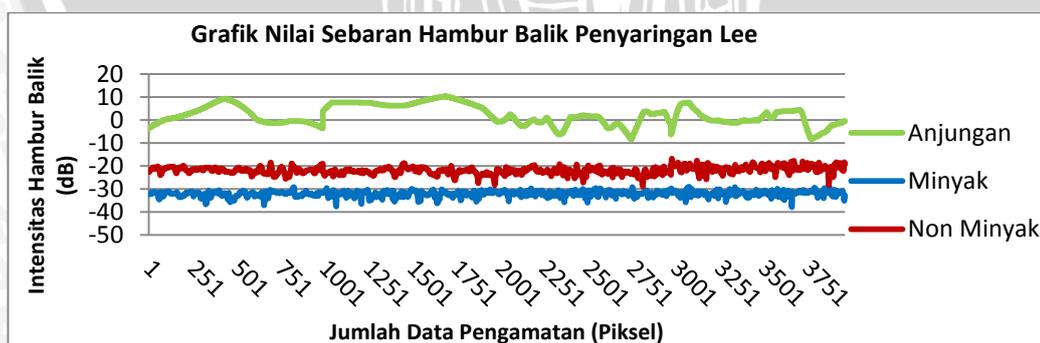
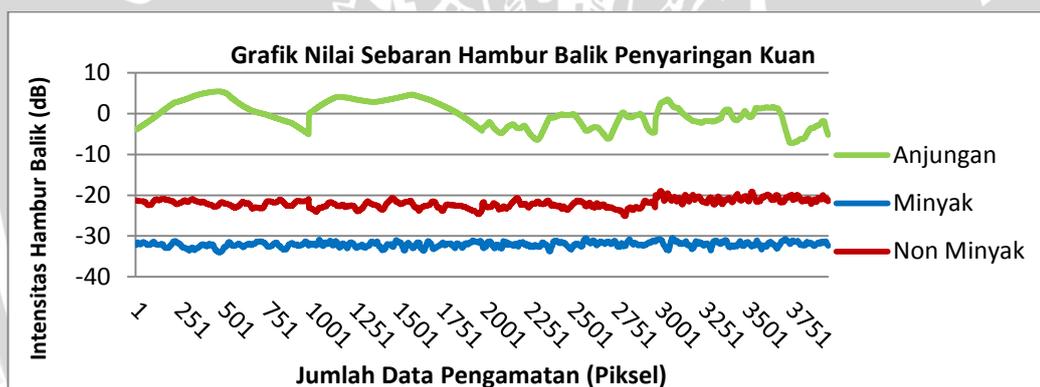
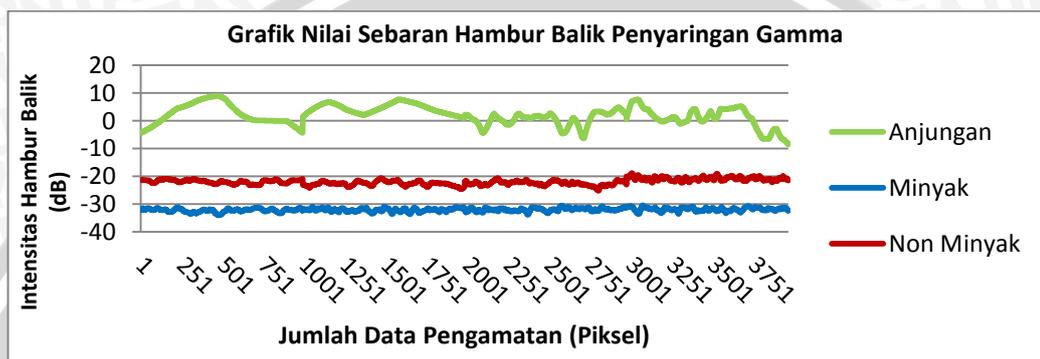
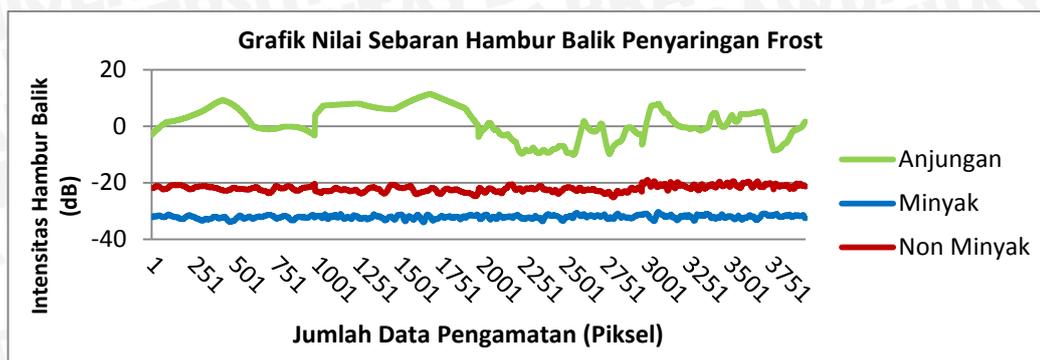
Pada Gambar 12 di atas adalah hasil penyaringan adaptif Frost, Gamma, Lee, dan Kuan dengan lebar jendela 5x5. Penyaringan Frost yaitu merupakan metode penyaringan yang bertujuan untuk mengurangi *speckle noise* dengan mempertahankan tepian image radar, piksel yang disaring digantikan oleh nilai yang dihitung berbasis pada jarak pusat filter, faktor kabut, dan variasi lokal. Sedangkan penyaringan gamma data digital merupakan distribusi gamma piksel akan digantikan oleh nilai berbasis statistic lokal, pada penyaringan Kuan dan Lee merupakan filter yang berbasis standar deviasi (sigma) bahwa penyaringan data berdasarkan pada perhitungan statistik.

Langkah selanjutnya pembuatan transek untuk melihat nilai hambur balik objek : a) Minyak, b) Non-Minyak, dan c) Anjungan, pada hasil penyaringan Frost, Gamma, Lee, dan Kuan. Dengan cara pengambilan beberapa sampel pada objek yang dimaksud untuk melihat sebaran nilai dan grafik hasil transek (lihat Lampiran 1). Semakin rapat sebaran pada grafik garis, semakin baik metode filtering. Pada Lampiran 1 terlihat bahwa yang paling beragam adalah pada grafik pada transek hasil penyaringan dengan Frost. Sehingga pada langkah selanjutnya penulis memilih citra hasil penyaringan Frost untuk pembuatan regional dan klasifikasi secara *Supervised Classification*. Pembuatan transek untuk mengetahui nilai *backscatter* atau hambur balik dari Anjungan (*platform*), Non-Minyak (perairan), dan Minyak dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pembuatan transek untuk mengetahui nilai hambur balik pada objek Minyak, Non-Minyak, dan Anjungan. (A) path 6940, (B) transek Minyak dan Non-Minyak pada path 6940, (C) transek Anjungan pada path 6940, (D) transek minyak pada path 6950

Secara visual pada Gambar 13 di atas terlihat perbedaan yang signifikan pada metode penyaringan Frost dan Gamma terlihat lebih jelas dan detail dibandingkan dengan Lee dan Kuan. Pada penyaringan Frost, data dan grafik menunjukkan nilai hambur balik untuk anjungan berada di pada bagian sumbu y positif. Nilai maksimal nilai hambur balik pada Anjungan adalah 11.45 dB dengan rata-rata berada pada 1.47 dB, sedangkan pada Minyak nilai maksimal pada -30.27 dB, minimal -34.03 dB dan rata-rata pada -32.07 dB, pada objek non-minyak atau perairan laut sendiri nilai hambur balik maksimal pada -18.97 dB, minimal pada -25.15 dB, dan rata-rata -21.98 dB. Pada penyaringan Gamma juga terdapat kemiripan dimana nilai hambur balik untuk Anjungan adalah 8.94 dB dengan rata-rata berada pada 2.09 dB, sedangkan pada Minyak nilai maksimal pada -30.46 dB, minimal -34.05 dB dan rata-rata pada -32.07 dB, pada objek non-minyak atau perairan laut sendiri nilai hambur balik maksimal pada -18.90 dB, minimal pada -25.15 dB, dan rata-rata -21.98 dB. Dari sebaran grafik tiap piksel dapat diketahui bahwa semakin detail grafik pada tiap piksel semakin bagus hasil filtering yang digunakan karena dianggap perbedaan dB pada tiap piksel memiliki nilai yang berbeda dan menghasilkan grafik yang berbeda pula, seperti contoh pada gambar 14 bahwa dari keempat filtering tersebut, pada pengamatan piksel ke-2000 hingga 3000 untuk grafik anjungan, terlihat bahwa grafik pada penyaringan Frost dan Gamma lebih bervariasi daripada penyaringan Kuan dan Lee. Hal ini membuktikan bahwa penyaringan Gamma dan Frost lebih detail dalam menentukan nilai hambur balik pada objek tiap pikselnya. Nilai hambur balik atau *backscattering* pada objek Minyak, Non-Minyak, dan Anjungan pada filter Frost, Gamma, Kuan, dan Lee dapat dilihat pada Gambar 14.

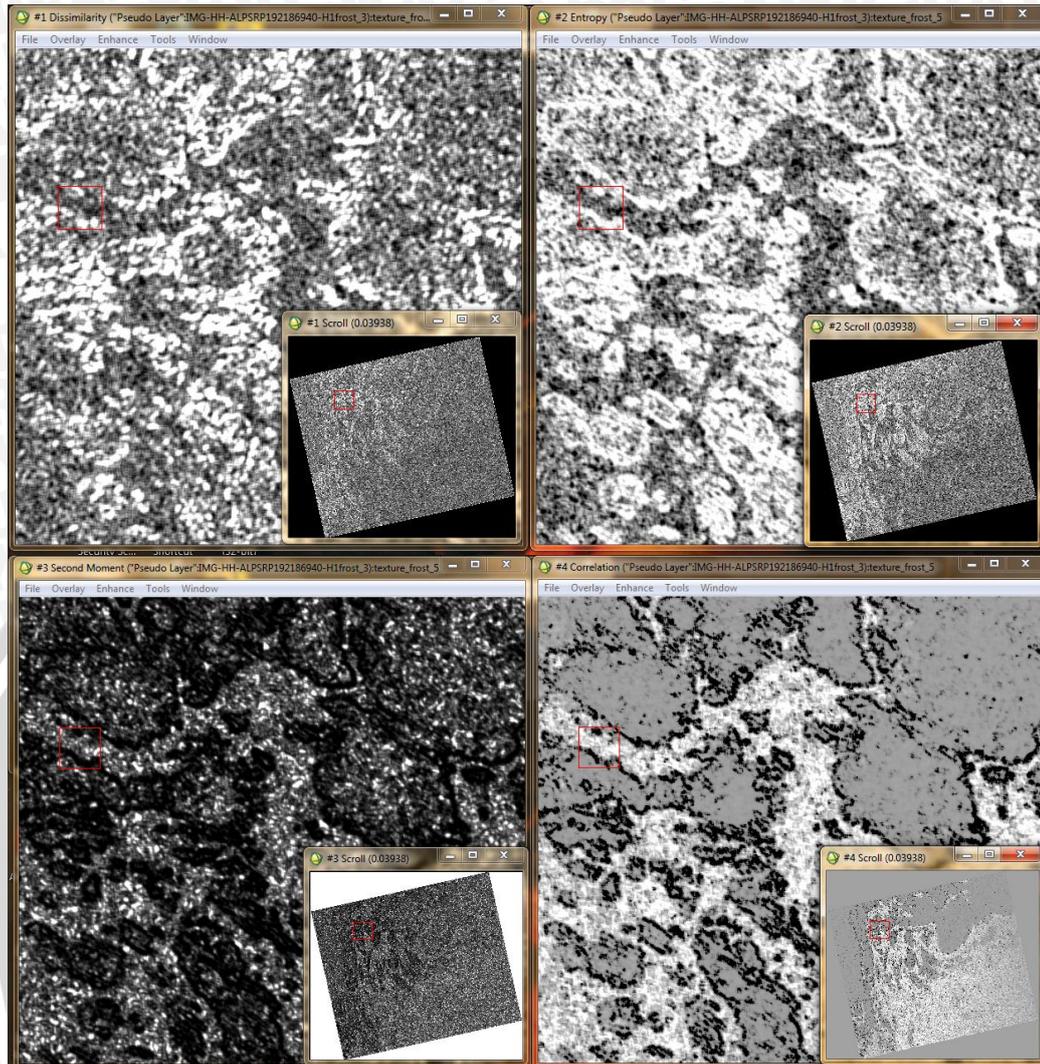


Gambar 14. Perbandingan data sebaran Nilai Hambur Balik objek Minyak, Non-Minyak, dan Anjungan pada Penyaringan Frost, Gamma, Kuan, dan Lee.



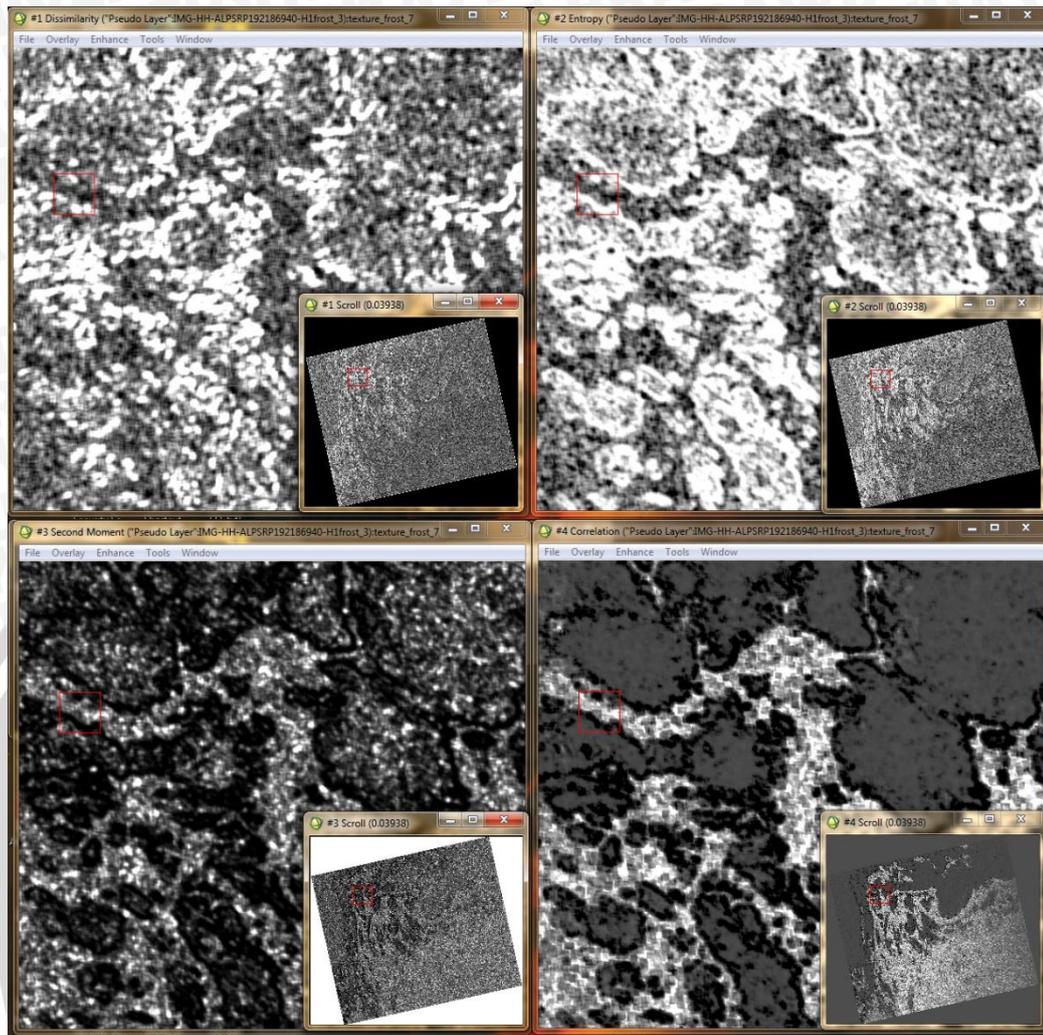
Berdasarkan penelitian oleh Marsya (2012), kisaran nilai hambur balik pada minyak berkisar antara -35.0 s/d -21.0 dB, perairan atau non-minyak memiliki nilai lebih besar berkisar antara -20.0 s/d -10.0 dB, sedangkan pada anjungan memiliki nilai hambur balik lebih besar lagi berkisar antara -10.0 s/d 15.0 dB. Namun pada penelitian tersebut menggunakan metode *filtering* Gamma. Nilai positif di sini adalah tekstur anjungan yang lebih padat dibandingkan perairan (non-minyak) dan minyak cenderung memantulkan gelombang lebih besar dibandingkan keduanya. Nilai negatif adalah dimana tekstur minyak cenderung lebih tidak padat dibanding perairan atau non minyak sehingga menyerap gelombang lebih banyak dan memantulkan lebih sedikit sehingga nilai negatif atau lebih kecil dibandingkan non-minyak atau perairan.

Langkah selanjutnya adalah analisa tekstur pada citra, tekstur didefinisikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel yang berdekatan dalam pengolahan data digital. Analisa ini merupakan salah satu tahap penting dalam penentuan objek yang berada pada citra. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode Grey Level Co-Occurance Matrix (GLCM) dimana matrix-matrix ini memiliki elemen-elemen yang berasal dari penjumlahan beberapa pasang piksel yang memiliki kecerahan tertentu. Analisa tekstural yang diujicobakan pada citra ALOS PALSAR antara lain : a) *Dissimilarity*, b) *Entropy*, c) *Second Moment*, dan d) *Correlation* dengan *size windows* atau ukuran jendela 5x5 dan 7x7. Ukuran jendela pengamatan yang diuji di sini bertujuan untuk membandingkan hasil visualisasi paling baik dengan beberapa metode tekstur yang berbeda, dan memperkuat pengamatan objek oleh peneliti. Perbandingan empat metode analisa tekstur tersebut dengan lebar jendela yang berbeda masing-masing 5x5 dan 7x7 dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. Perbandingan Tampilan Visual Citra Analisa Tekstur GLCM dengan metode *Dissimilarity*, *Entropy*, *Second Moment*, dan *Correlation* dengan ukuran jendela 5x5

Pada Gambar 15 di atas dapat terlihat perbedaan visual pada tiap metode penyaringan tekstur dengan lebar jendela 5x5, dari keempat metode tersebut yang merupakan hasil visual paling baik dan dapat dibedakan antara objek minyak dan non-minyak adalah pada penyaringan tekstur *Entropy* dan *Correlation*, tetapi yang paling baik adalah dengan metode *Correlation*.



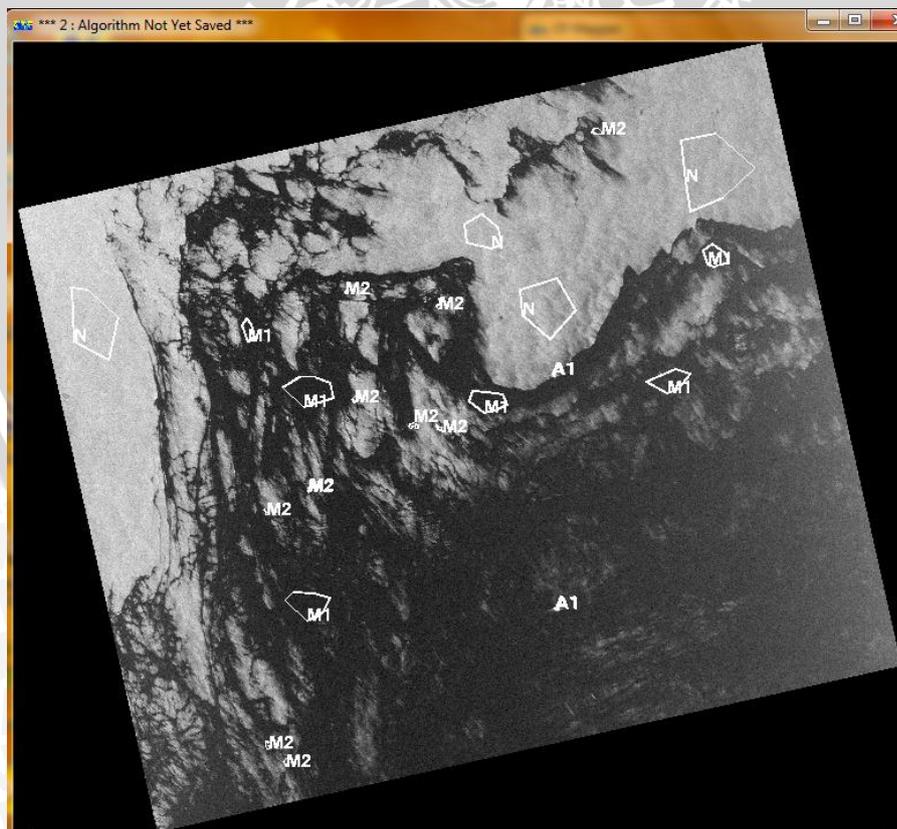
Gambar 16. Perbandingan Tampilan Visual Citra Analisa Tekstur GLCM dengan metode *Dissimilarity*, *Entropy*, *Second Moment*, dan *Correlation* dengan ukuran jendela 7x7

Pada Gambar 16 di atas juga terdapat perbedaan visual pada tiap metode penyaringan tekstur dengan lebar jendela 7x7, dari keempat metode tersebut yang merupakan hasil visual paling baik dan dapat dibedakan juga pada penyaringan tekstur *Entropy* dan *Correlation*, dan yang paling baik adalah dengan metode *Correlation*. Dari perbandingan analisa tekstur dengan perbedaan lebar jendela dapat terlihat bahwa pada analisa tektur *Correlation* 7x7 merupakan hasil paling baik dibandingkan yang lain. Hal ini dibuktikan bahwa perbedaan derajat keabuan pada citra tampak lebih mendetail dibandingkan hasil tekstural yang lain. Perbedaan antara objek minyak dan non minyak lebih jelas.

Hal ini membuktikan bahwa tiap penyaringan tekstural memiliki keunikan masing-masing, dan lebar jendela yang menentukan proses pengolahan digital pada tiap pikselnya juga mempengaruhi hasil visualisasi.

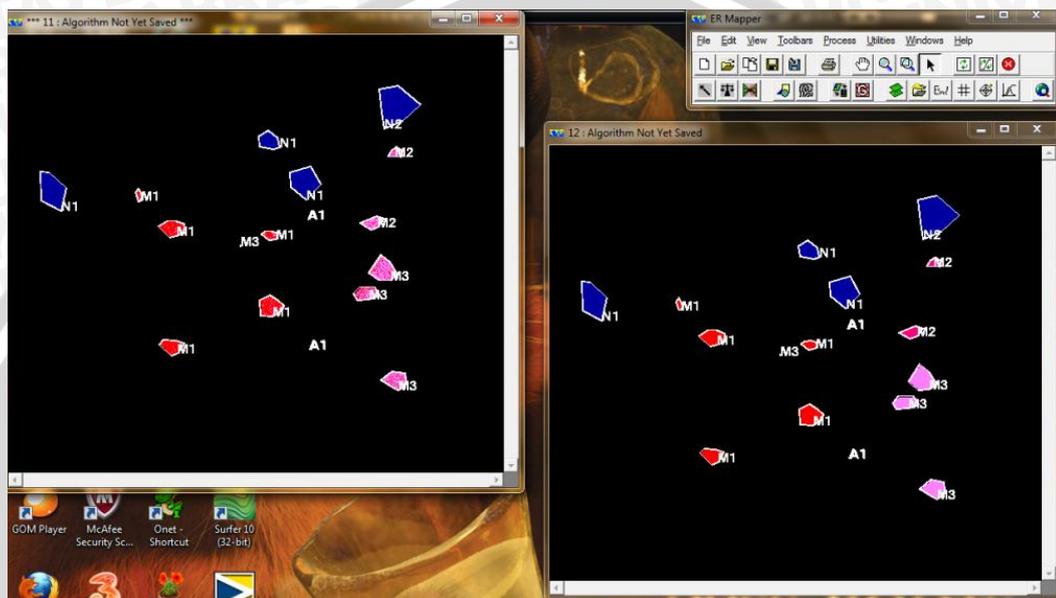
4.4. Klasifikasi Objek Minyak dan Non-Minyak

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi dengan metode *Supervised Classification* dengan cara pembuatan region pada citra hasil penyaringan yang dianggap paling baik, pada penelitian ini menggunakan citra hasil penyaringan Frost. Pembuatan region beserta penamaan sesuai objek yaitu minyak (M), perairan atau non-minyak (N), dan Anjungan (A). pada tahap ini pembuatan region sebisa mungkin dengan cermat dan tepat, karena hasil pembuatan region akan diuji dengan keakuratan data oleh metode *Confusion matrix*. Pembuatan region pada citra ALOS PALSAR dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Pembuatan Region pada metode *Supervised Classification*

Tahap selanjutnya adalah menampilkan hasil klasifikasi dimana hasil tersebut diuji dengan metode akurasi data uji *confussion matrix*. Jika hasil uji akurasi data pada klasifikasi kurang dari 75%, maka pembuatan region diulangi kembali. Perbandingan citra hasil klasifikasi dan citra referensi dengan sumber acuan data citra yang sama dapat dilihat pada Gambar 18.



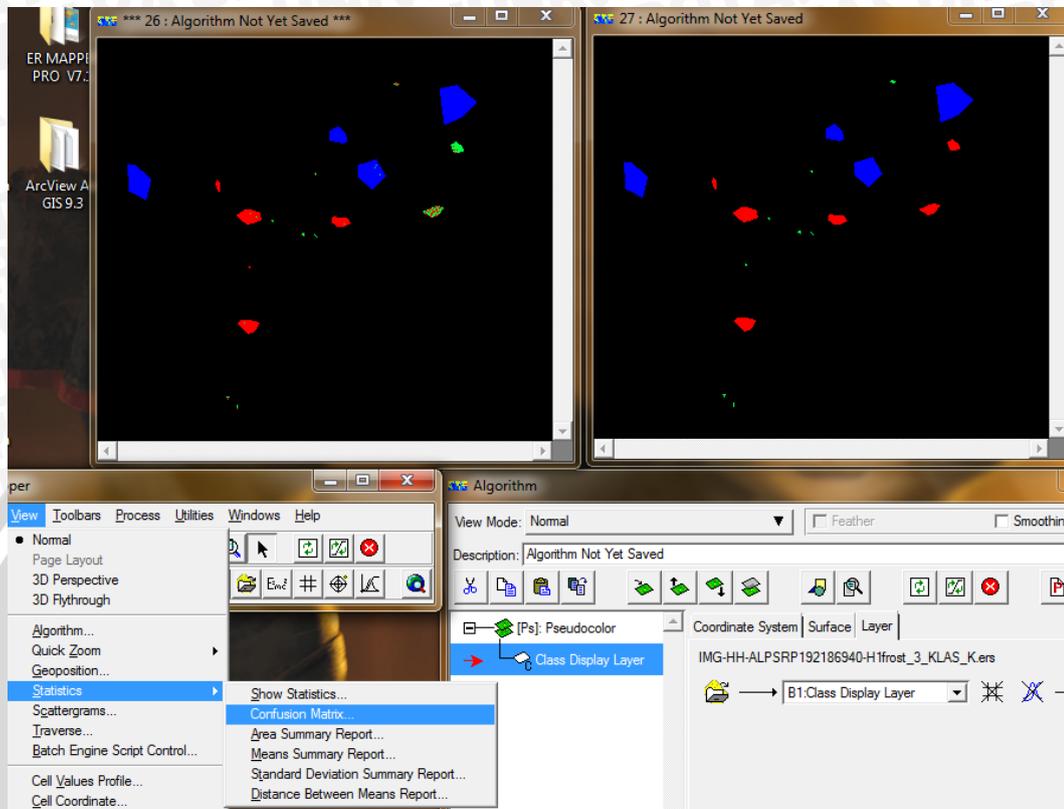
Gambar 18. Perbandingan citra hasil klasifikasi dan citra sebagai referensi dengan sumber citra yang sama pada uji *confussion matrix*.

Pada tahap klasifikasi dan uji akurasi data dengan uji *confussion matrix* penulis melakukan proses ini sebanyak dua kali, karena uji akurasi data yang tidak memenuhi standar. Richards dan Jia (1999) menyatakan bahwa pada uji *confussion* atau *error matrix* rata-rata prosentase umum yang seringkali digunakan pada pengklasifikasian yang benar dan pada keseluruhan klasifikasi adalah sebesar 83%.

Penulis mendapatkan uji keakurasian data sebesar 71.04% pada path 6940 dan 66.96% pada path 6950, sehingga proses klasifikasi harus diulang. Setelah melakukan perbaikan region didapatkan hasil bahwa akurasi data kedua pada path 6940 sebesar 93.78%, dan pada path 6950 sebesar 98.79%. Proses



akurasi data dengan menggunakan metode uji *confusion matrix* dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Uji Akurasi Data dengan menggunakan Metode *Confusion Matrix*

Setelah akurasi data, dapat didapatkan hasil dari klasifikasi atau identifikasi objek bahwa luas sebaran minyak berat pada path 6940 sebanyak 1464.005 km², minyak ringan sebanyak 1200.1 km², luas anjungan 0.102 km², dan luas perairan atau Non-Minyak adalah 1404.05 km². Sedangkan pada path 6950, luas sebaran minyak sebanyak 44.12 km².

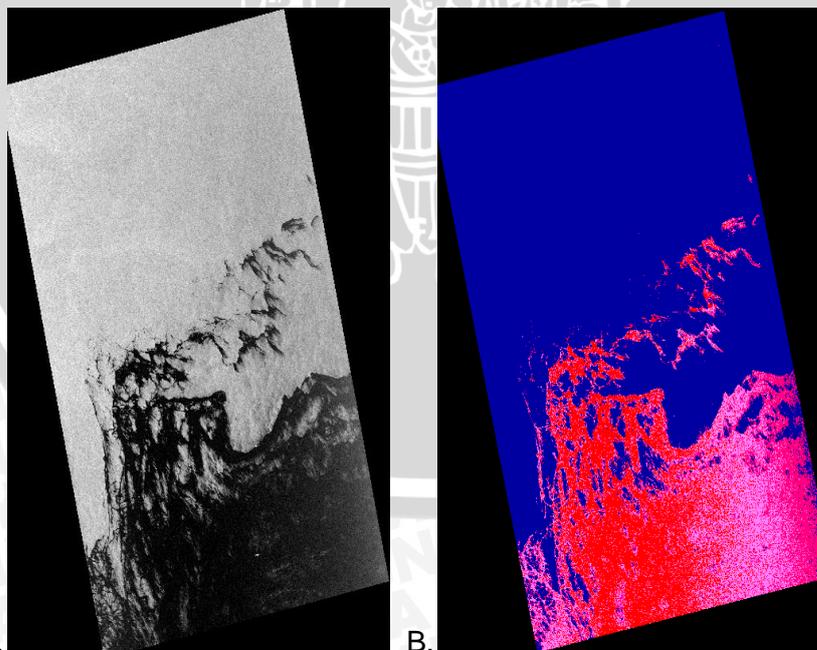
Tumpahan minyak yang terjadi di Laut Timor khususnya *oil slick* atau *dark slick* dapat dideteksi dengan citra satelit lain, begitu juga yang dilakukan oleh Skytruth (2009), yang menggunakan citra satelit pasif Terra dan Aqua MODIS yang diluncurkan oleh *National Auto Sport Association* (NASA) pada tanggal 24 September 2009 pukul 8.45 a.m. waktu setempat. Satelit Terra melewati wilayah

Montara, dan memperlihatkan *oil slick* dan penyebaran mencapai 9870 mil². Peta sebaran minyak pada tanggal 24 September 2009 di Laut Timor dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. Citra Satelit MODIS di Laut Timor 24 September 2009 (Sumber : Skytruth, 2009)

Data citra satelit ALOS PALSAR sebelum dan sesudah proses klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 21.



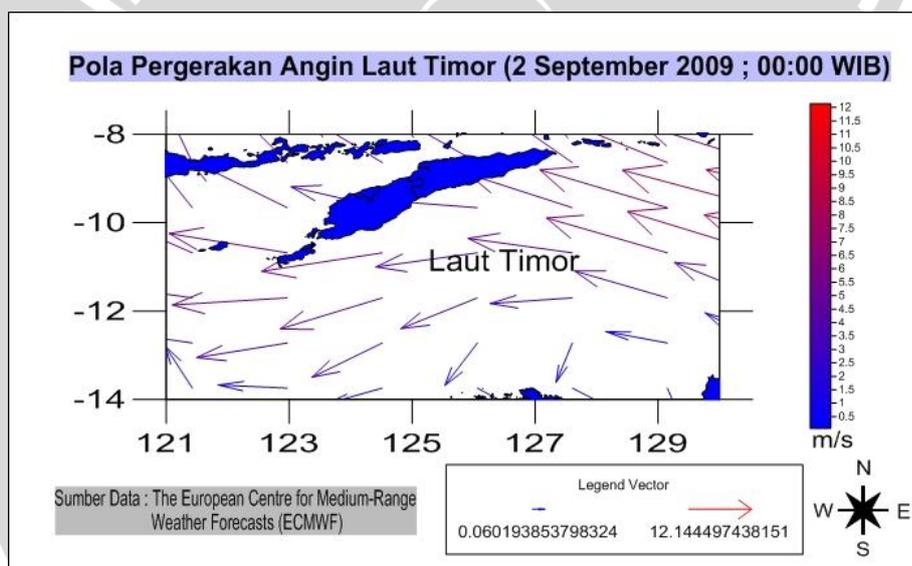
Gambar 21. Data Citra ALOS PALSAR gabungan path 6940 dan 6950 sebelum dan sesudah klasifikasi dengan metode *Supervised Classification*.

Pada Gambar 21 di atas, bahwa terdapat hasil klasifikasi dengan metode *Supervised classification*, dengan penentuan warna minyak berwarna merah hingga merah muda, di mana konsentrasi minyak lebih besar semakin berwarna merah, perairan atau non minyak berwarna biru, dan anjungan berwarna kuning, namun karena ukuran anjungan pada citra terlalu kecil sehingga tidak terlihat.

4.5. Hasil Pengolahan Data Angin

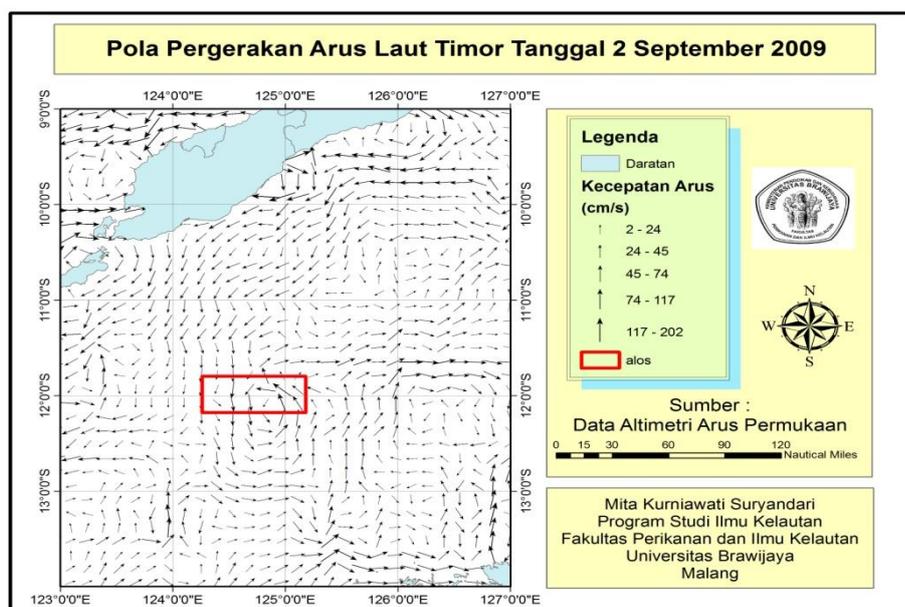
Dari data angin pada tanggal 2 September 2009 pukul 00.00 WIB seperti pada gambar 16, didapatkan bahwa angin yang berada di wilayah perairan Laut Timor berhembus dari arah tenggara ke arah barat dengan kecepatan berkisar antara 2 s/d 6 m/s. Menurut Marsya (2012) pergerakan angin dapat mempengaruhi arus permukaan, dimana pola pergerakan angin pada bulan September di Laut Timur cenderung tidak beraturan dengan kecenderungan pola pergerakan angin ke arah barat, barat daya, dan barat laut, hal ini diakibatkan oleh peralihan dari angin muson timur menjadi angin muson barat. Data angin yang diolah disini bertujuan untuk membantu identifikasi objek pada citra satelit, dimana kisaran angin antara 5-6 m/s tergolong ideal dalam identifikasi objek berupa minyak. Untuk memperkirakan sebaran minyak, hal ini perlu diperhatikan karena fenomena yang terjadi di alam tidak hanya dipengaruhi oleh angin saja, juga arus permukaan yang terlihat pada Gambar 20, berkisar antara 24-75 cm/s dan bergerak cenderung ke arah barat, dan barat daya hal ini juga mempengaruhi pola pergerakan minyak. Marsya (2012) mengemukakan bahwa pergerakan arus permukaan sangat dipengaruhi oleh tipe angin musim pembentuknya, karena arah arus permukaan akan mengalami penyimpangan yang dipengaruhi oleh gaya coriolis sehingga terjadi pembelokan arah arus

sebesar 45° dengan kecepatan 2% dari kecepatan angin pembentuknya yang bergerak di atas permukaan, dan pada gaya coriolis arus pada bagian bumi selatan akan dibelokkan ke kiri. Teori ini dapat dijadikan asumsi bahwa jika pergerakan angin pada bulan September cenderung ke arah barat maka pergerakan minyak akan cenderung ke arah barat daya dengan pembelokan sebesar 45° . Penyebaran tumpahan minyak yang tidak dapat diprediksi secara akurat inilah yang harus diperhatikan oleh peneliti untuk segera ditangani agar dapat meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan laut dan pesisir. Pola pergerakan angin di Laut Timor pada tanggal 2 September 2009 dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Pola Pergerakan Angin di Laut Timor pada tanggal 2 September 2009 pukul 00.00 WIB, data angin di dapat dari *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)*.

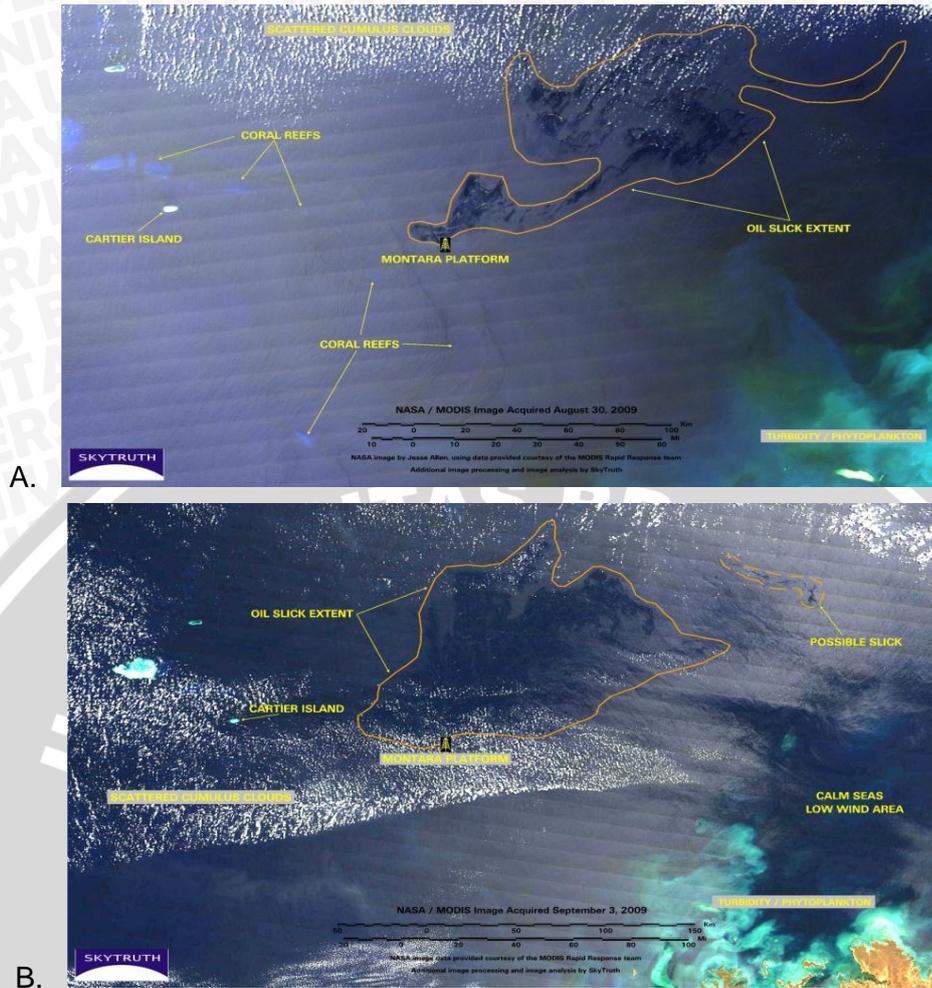
Pola pergerakan arus di Laut Timor pada tanggal 2 September 2009 dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Pola Pergerakan Arus di Laut Timor pada tanggal 2 September 2009 pukul 00.00 WIB, data arus di dapat dari *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*

Permodelan tumpahan minyak dengan prakiraan yang baik dan akurat dengan menggunakan data cuaca dan arus dapat memprediksi pergerakan minyak dikedepannya dan zona yang berpotensi terkena dampak. Penggunaan data angin dan arus dapat memprediksi pergerakan minyak atau bahan kimia lain dengan lebih akurat. Seperti permodelan yang terjadi di Laut Timor yaitu menggunakan data angin dan arus yang dimasukkan ke dalam peta minyak ASA dan model *spill* CHEMMAP dan berhasil mendeteksi sebaran minyak dengan akurat (ASA, 2012).

Gambar sebaran *Oil Spill* di Laut Timor sebelum dan sesudah data ALOS PALSAR 2 September 2009 diambil dapat dilihat pada Gambar 24, yaitu data pengolahan citra Aqua/Terra MODIS pada tanggal 30 Agustus 2009 dan 3 September 2009 yang diperoleh dari Skytruth (2009).



Gambar 24. Sebaran *Oil Spill* di Laut Timor dari citra satelit Aqua/Terra MODIS (A) tanggal 30 Agustus 2009, (B) tanggal 3 September 2009. (Sumber : Skytruth, (2009))

Berdasarkan data gambar sebaran *Oil Spill* di Laut Timor pada bulan Agustus hingga November 2009 (lihat Lampiran 5) yang didapatkan dari Skytruth (2009) diperoleh hasil bahwa pada tanggal 30 Agustus 2009 sebaran minyak cenderung ke arah Timur Laut *platform* Montara sedangkan pada tanggal 3 September 2009 cenderung meluas ke arah Barat. Tanggal 10, 17, dan 24 September pergerakan minyak cenderung ke arah utara dan barat hingga melalui garis batas ZEE Australia, namun pada tanggal 21 Oktober 2009 minyak cenderung bergerak ke arah Barat dan Selatan *platform* Montara, dan pada

tanggal 2 November 2009 terdapat sedikit residu tumpahan minyak di bagian utara perairan Australia.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Pengolahan data citra satelit ALOS PALSAR dapat digunakan untuk mendeteksi adanya tumpahan minyak atau *Oil Spill* di Laut Timor dengan mendeteksi adanya *dark slick* atau area hitam pada citra.
- Metode penyaringan citra atau *filtering* yang berbeda yaitu filter Gamma, Kuan, Frost, dan Lee juga metode analisa tekstur GLCM yaitu Dissimilarity, Entropy, Second Moment, dan Correlation yang menghasilkan citra visual yang berbeda, dengan metode klasifikasi *Supervised classification* untuk menentukan objek minyak, non-minyak (perairan), dan Anjungan (*platform*) didapatkan luasan sebaran minyak pada path 6940 dengan titik koordinat 124°26'-125°11' BT dan 11°8'-11°48' LS minyak berat sebanyak 1464.005 km², minyak ringan sebanyak 1200.1 km², dan pada path 6950 dengan titik koordinat 124°33'-125°18' BT dan 11°39'-12°18' LS, luas sebaran minyak ringan sebanyak 44.12 km².
- Berdasarkan data angin dan arus yang diperoleh didapatkan pergerakan angin dan arus pada bulan September 2009 cenderung ke arah Barat sehingga diasumsikan pergerakan minyak ke arah barat daya dengan pembelokan 45° oleh gaya coriolis, namun belum bisa diprediksi secara akurat karena keterbatasan data.

5.2. Saran

Pada penelitian ini penulis tidak melakukan observasi lapang karena adanya kesenjangan waktu antara pengambilan data dan waktu penelitian, sehingga peneliti mengambil kesimpulan berdasarkan pengamatan observasi dengan menggunakan proses penginderaan jauh saja. Diharapkan pada penelitian-penelitian selanjutnya dalam mendeteksi adanya tumpahan minyak atau *oil spill* menyertakan data secara *time series* untuk mengetahui pola sebaran *oil spill* sehingga dapat menentukan langkah-langkah penanggulangan dengan lebih efektif dan efisien, disertakan pula data observasi lapang untuk akurasi data lebih lanjut, penggunaan metode dengan lebih terperinci, dan menggunakan data citra satelit yang beragam.



DAFTAR PUSTAKA

- Akhyar. 2008. Prinsip Dasar Sistem RADAR. http://lasonearth.files.wordpress.com/2008/05/pdf_radar1.pdf Diakses pada tanggal 4 Juli 2013 pukul 15.45 WIB
- Altimetry. 2011. Prinsip Dasar Sistem Radar Altimetri. http://www.altimetry.info/html/alti/principle/basic_en.html Diakses pada tanggal 4 Juli 2013 pukul 13.42 WIB
- ASA. 2012. Consensus Forecasting. <http://www.asascience.com/news/newsletter/2010/feb/feb10.shtml> Diakses pada tanggal 20 Juni 2013 pukul 14.33 WIB
- AUIG. 2009. ALOS User Interface Gateway. PALSAR calibration factor. https://auig.eoc.jaxa.jp/auigs/en/doc/an/20090109_3.html diakses pada tanggal 24 April 2013 pukul 15.35 WIB
- Barrett, E.C.; dan L.F. Curtis. 1992. Introduction to Environmental Remote Sensing. *Third Edition*. Chapman and Hall. London.
- ECMWF. 2009. The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. <http://www.ecmwf.int/> Diakses pada tanggal 5 April 2013 Pukul 13.23 WIB
- Gaol, J.L. 2009. Studi *Oil Spill* di Celah Timor dari Sensor MODIS dan Dampaknya terhadap Sumberdaya Hayati Laut. Seminar Nasional Pertemuan Ilmiah Tahunan VI 2009, ISOI 16-17 November 2009 IPB ICC. Bogor.
- Hamzah, H. 2004. Deteksi Lapisan Minyak (*Oil Spill*) dengan Citra Radar di Perairan Utara Batam. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hu, H; X.Li; W.G. Pichel; dan F.E. Muller-Karger. 2009. Detection of Natural Oil Slick in The NW Gulf of Mexico using MODIS Imagery. *Journal of Geophysical Research Letters*, Vol. 36, L01604, doi:10.1029/2008GL036119, 2009.
- Ismet, I.; A.B. Harto; dan K. Wikantika. 2011. Identification and Deliniation of Oil Spills Area by Means of MODIS Satellite Imagery (Case Study: Timor Sea 2009). *Asia Geospatial Forum: 10th Annual Asian Conference and Exhibition on Geospatial Information, Technology and Applications, 17-19 October, 2011. Theme: Geospatial Convergence – Paradigm for Future*.
- JAXA. 2008. Japan Aerospace Exploration Agency. ALOS Data Users Handbook. Revision C March 2008. Earth Observation Research and Application Center. 158 pp.
- J-spacesystem. 2012. PALSAR Reference Guide. 6th Edition. Japan Space Systems. 73 pp.

Kantaatmadja, K. 1981. Gantirugi Internasional Pencemaran Minyak di Laut. Cetakan I. Penerbit Alumni. Bandung. 250 hlm.

Komarudin, A.N. 2010. Pengertian Pencemaran Laut. <http://http://agusunurul.blogspot.com/2011/02/marine-pollution-pencemaran-laut-tugas.html> Diakses pada tanggal 4 Juli 2013 pukul 12.24 WIB

Law In Action. 2013. Where it is Cheap to Pollute : the West Atlas Oil Spill. <http://www.alphabetic.info/international/tag/oil-spill-timor-sea/> diakses pada tanggal 20 Juni 2013 pukul 12.25 WIB

Li, X.; L. Ge; Z. Hu; dan H. Chang. 2010. The 2009 Montara Oil Spill In The Timor Sea as Observed by Earth Observation Satellites. *Journal of Remote Sensing*.

Lillesand, T.M. dan R.W. Kiefer. 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley and Sons. New York.

Long, M.D. 2012. Remote Sensing for Offshore Marine Oil Spill Emergency Management, Security and Pollution Control. *Presentation White Paper by Director of International Sales for Aerial Surveillance Systems, Inc., Scottsdale, Arizona, USA and Panama City. Panama.*

Lotliker, A.A; R.S. Mupparthy; S. Kumar; dan S.R. Nayak. 2008. Evaluation of Hi-Resolution MODIS-Aqua data for Oil Spill Monitoring. *Journal of Proc. Of SPIE Vol 7150, 715008, 2008 SPIE.*

Marsya, N.N. 2012. Pendeteksian Tumpahan Minyak di Laut Timor dengan Metode Filter Frost dan Gamma terhadap Citra ALOS PALSAR di Ladang Minyak Montara. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Minh, H.L dan D.N Dinh. 2009. Oil Spill Detection and Classification by ALOS PALSAR at Vietnam East Sea. *7th FIG Regional Conference. Spatial Data Serving People : Land Governance and The Environment – Building the Capacity 19-22 October 2009 Hanoi. Vietnam.*

Mishra, D.R.; H.J. Cho; S. Ghosh; A. Fox; C. Downs; P.B.T. Merani; P. Kirui; N. Jackson; dan S. Mishra. 2012. Post-spill State of The Marsh : Remote Estimation of The Ecological Impact of The Gulf of Mexico Oil Spill on Louisiana Salt Marshes. *Journal of Elsevier: Remote Sensing of Environment* **118** (2012) 176-185.

NOAA. 2009. National Oceanic and Atmospheric Administration. <http://www.aoml.noaa.gov/phod/dataphod/work/trinanes/INTERFACE/index.htm> Diakses pada tanggal 20 Juni 2013 pukul 15.45 WIB

Platform Montara. 2013. Peta Lokasi Platform Montara. <http://www.asascience.com/news/newsletter/2010/feb/feb10.shtml> Diakses pada tanggal 2 Juni 2013 pukul 15.43 WIB

Prayogo, T; Hidayat; S.Arifin; I.Carolita; G.Wunarso; dan S.Hawariyyah. 2011. Deteksi dan Analisis Sebaran Tumpahan Minyak di Laut Timor Menggunakan Data Satelit Penginderaan Jauh. Lembaga Penerbangan

dan Antariksa Nasional. Jakarta Timur.
<http://www.lapanrs.com/p/detail.html> diakses pada tanggal 22 Mei 2013
pukul 15.34 WIB

Ramsey, E.; A. Rangoonwala; Y. Suzuoki; dan C.E. Jones. 2011. Oil Detection in a Coastal Marsh with Polarimetric Synthetic Aperture Radar (SAR). *Journal of Remote Sens.* 2011, 3, 2630-2661.

Richards, J.A.; dan X. Jia. 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis. *Third, Revised, and Enlarged Edition.* Springer. Germany

Rosenqvist, A. ; M. Shimada; dan M. Watanabe. 2004. ALOS PALSAR : Technical Outline and Mission Concepts. *4th International Symposium on Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Application Innsbruck, Austria, 16-19 November 2004.*

Sabhan; E. Effendi; M.T. Hartanto; dan A. Purwandani. 2010. Permodelan Pola Sebaran Tumpahan Minyak pada Berbagai Jenis Minyak yang Berbeda di Pelabuhan Tanjung Priok. *Jurnal Ilmu Kelautan, Februari 2010. Vol. 1. Edisi Khusus : 77-86, ISSN 0853-7291.*

Sitanggang, G. 2004. Metode Deteksi dan Pemantauan Lapisan atau Tumpahan Minyak di Laut dengan Data Inderaja Satelit SAR. *Jurnal peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN.*

Skytruth. 2009. Timor Sea Drilling Spill – September 24 Images. http://blog.skytruth.org/2009_09_01_archive.html Diakses pada tanggal 20 Juni 2013 pukul 14.12 WIB

_____. 2009. Sebaran *Oil Spill* di Laut Timor dari citra satelit MODIS. <http://www.flickr.com/photos/skytruth/3888488490/> Diakses pada tanggal 4 Juli 2013 Pukul 05.14 WIB

Sofyan. 2001. Desentralisasi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut Suatu Peluang dan Tantangan. Makalah Falsafah Sain. PPS.

Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh. Jilid I Cetakan ketiga. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 252 hlm.

_____. 1987. Penginderaan Jauh. Jilid II Cetakan pertama. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 380 hlm.

Tadono, T.; dan M. Shimada. 2006. ALOS/PALSAR: Overview and Expected Results. *Synthetic Aperture Radar Missions and Their Application. Vienna International Centre, February 20, 2006.*

Utomo, R.D.D. 2007. Sebaran Sumur Minyak pada Unit-unit Geomorfologi di Antiklinorium Rembang. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Koreksi Digital dan Penyaringan (*Filtering*)

Scene 1 path 6950

Kuan

	Anjungan	Minyak	Non Minyak
Max	5.48687637	-30.46761755	-18.90235828
Min	-7.166247447	-34.05627992	-25.14550815
Rata"	-0.139742706	-32.0775873	-21.9833304

Gamma

	Anjungan	Minyak	Non Minyak
Max	8.940404646	-30.46761755	-18.90235828
Min	-8.519705503	-34.05627992	-25.14550815
Rata"	2.089651393	-32.0775873	-21.9833304

Frost

	Anjungan	Minyak	Non Minyak
Max	11.44644891	-30.27468586	-18.97058539
Min	-10.18623074	-34.03111116	-25.15344907
Rata"	1.47340626	-32.06624124	-21.97936635

Lee

	Anjungan	Minyak	Non Minyak
Max	10.3164873	-28.99916539	-16.84685347
Min	-8.494221069	-37.94417795	-28.97168655
Rata"	2.164327682	-32.0427251	-21.90433142

Scene 2

Kuan

	Minyak	Non Minyak
Max	-27.59699806	-19.00783262
Min	-31.93077539	-23.72640387
Rata"	-29.60523335	-21.10283779

Gamma

	Minyak	Non Minyak
Max	-27.59699806	-19.00783262
Min	-31.93077539	-23.72640387
Rata"	-29.60523335	-21.10283779

Frost

	Minyak	Non Minyak
Max	-27.60145107	-19.20973948
Min	-32.00807009	-23.68307971
Rata"	-29.61886535	-21.12867687

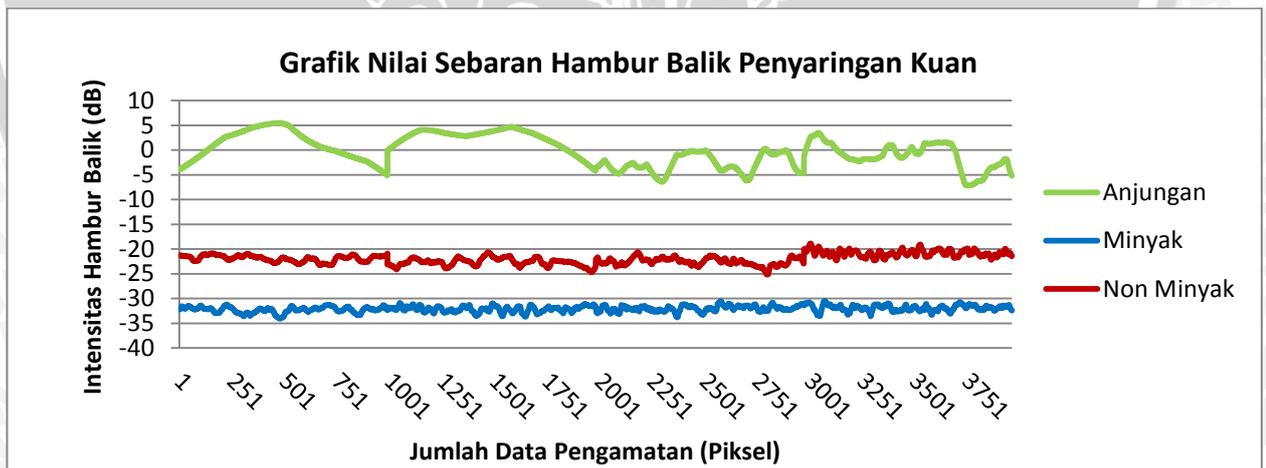
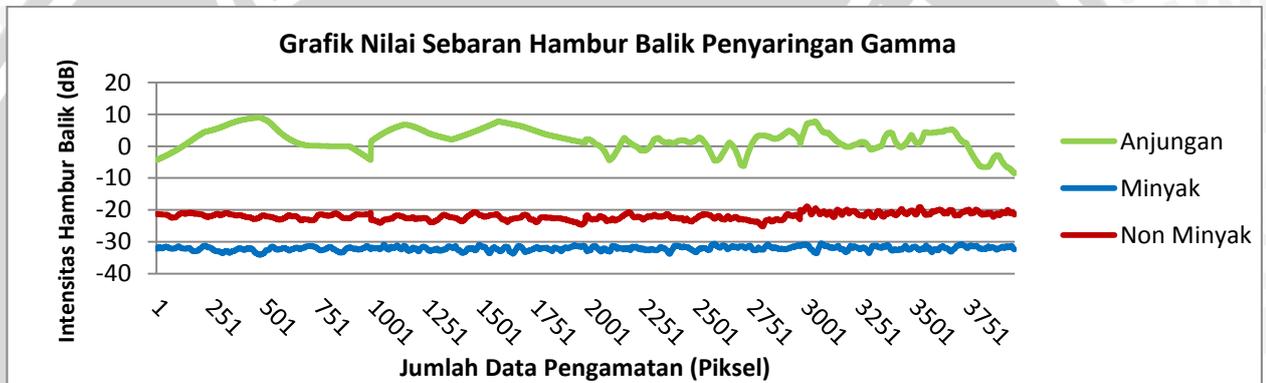
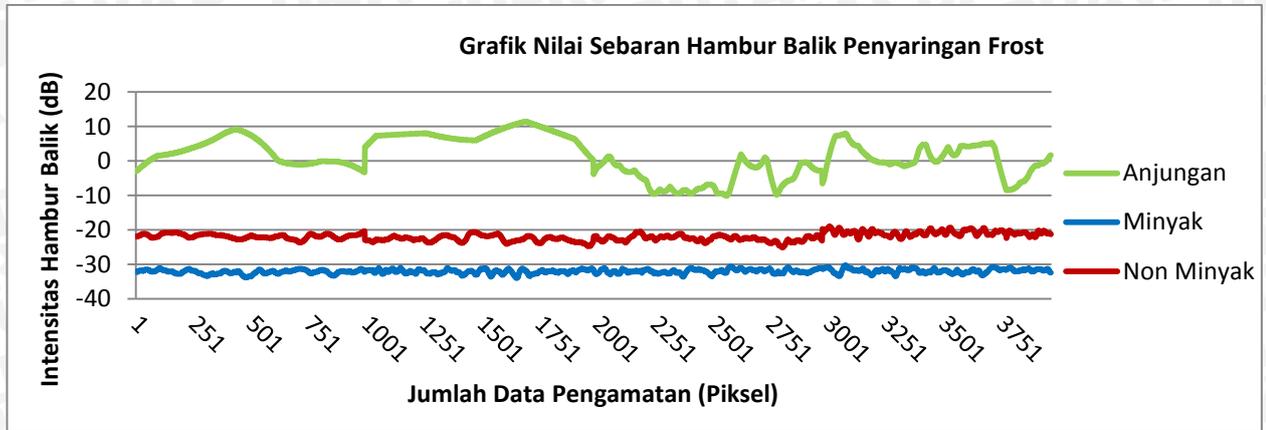
Lee

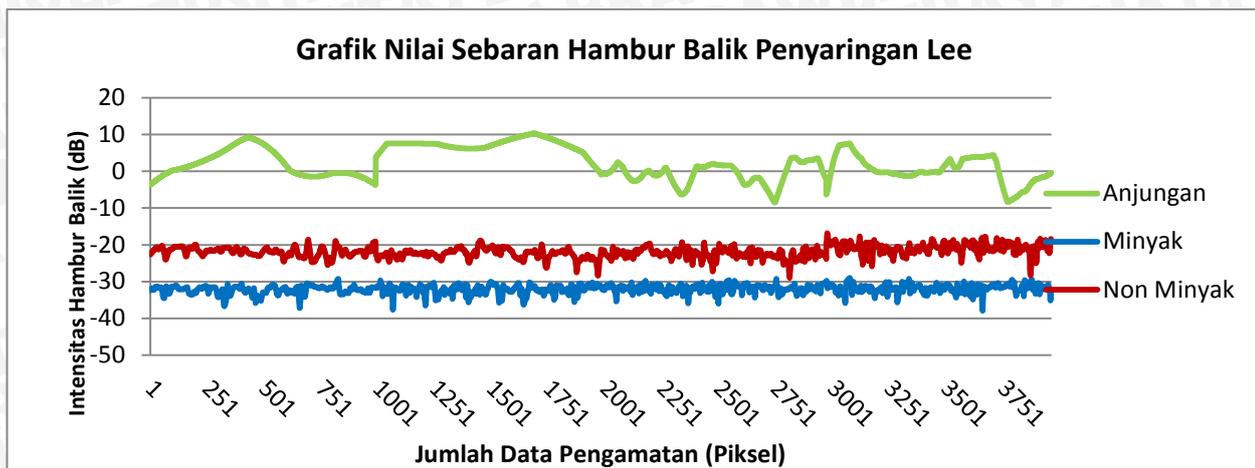
	Minyak	Non Minyak
Max	-24.58280557	-16.22696103
Min	-34.26671427	-26.10760339
Rata"	-29.42613146	-21.06443733



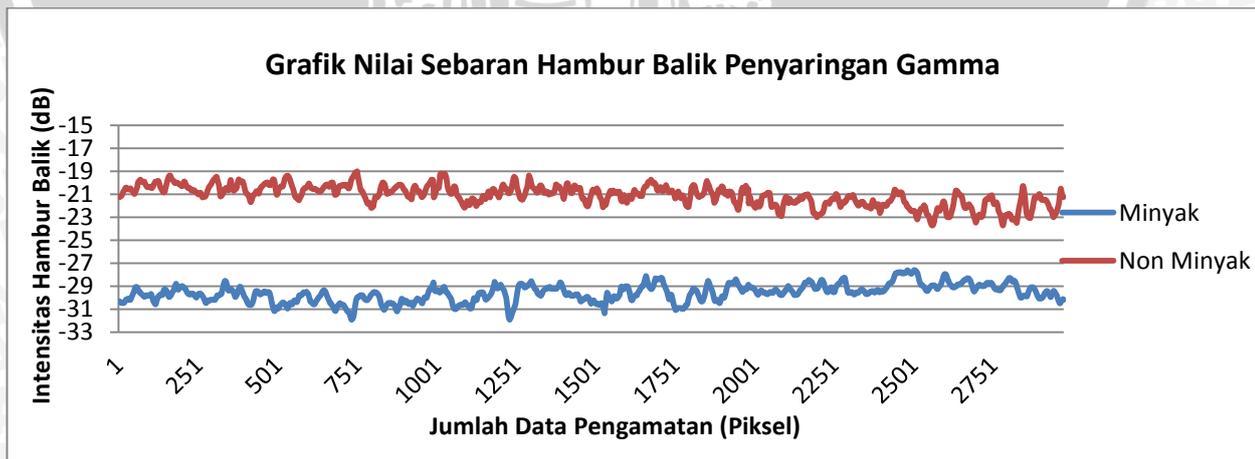
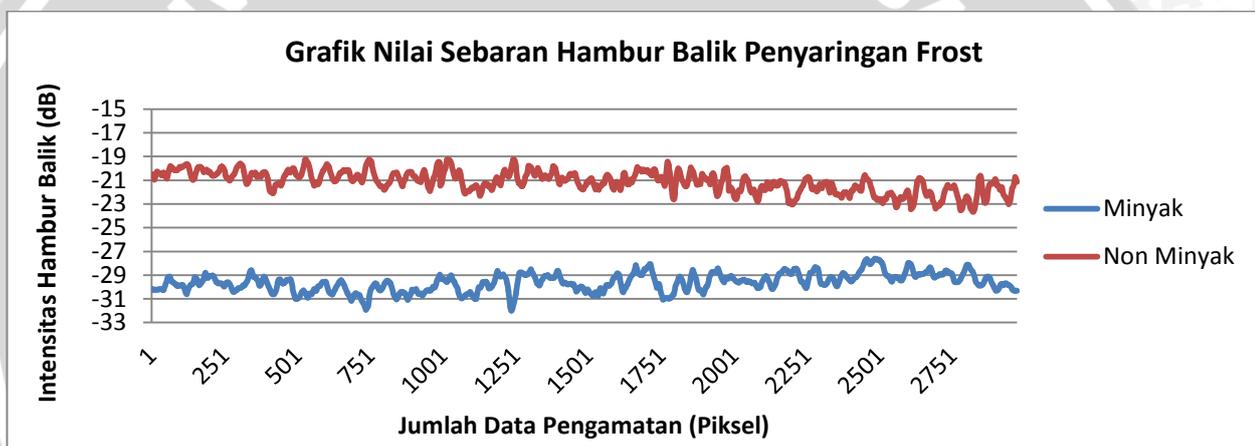
GRAFIK BACKSCATTER

SCENE 1 : path 6940

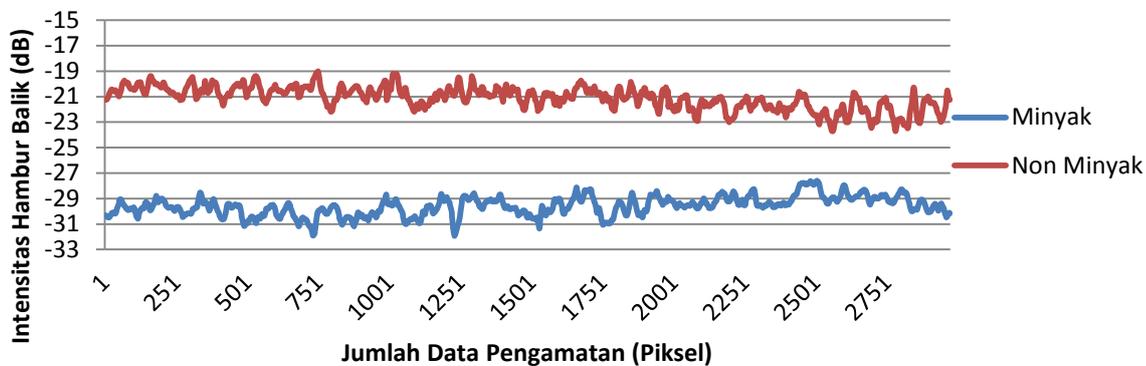




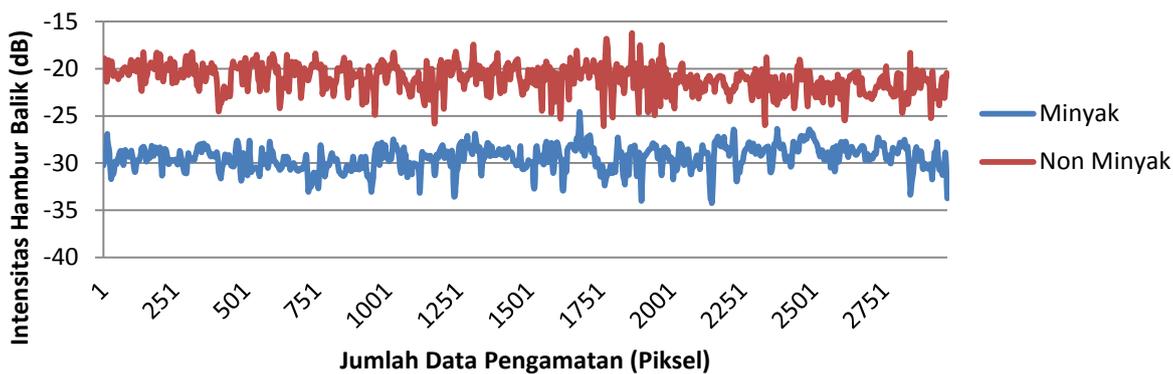
SCENE 2 : path 6950



Grafik Nilai Sebaran Hambur Balik Penyingkaran Kuan

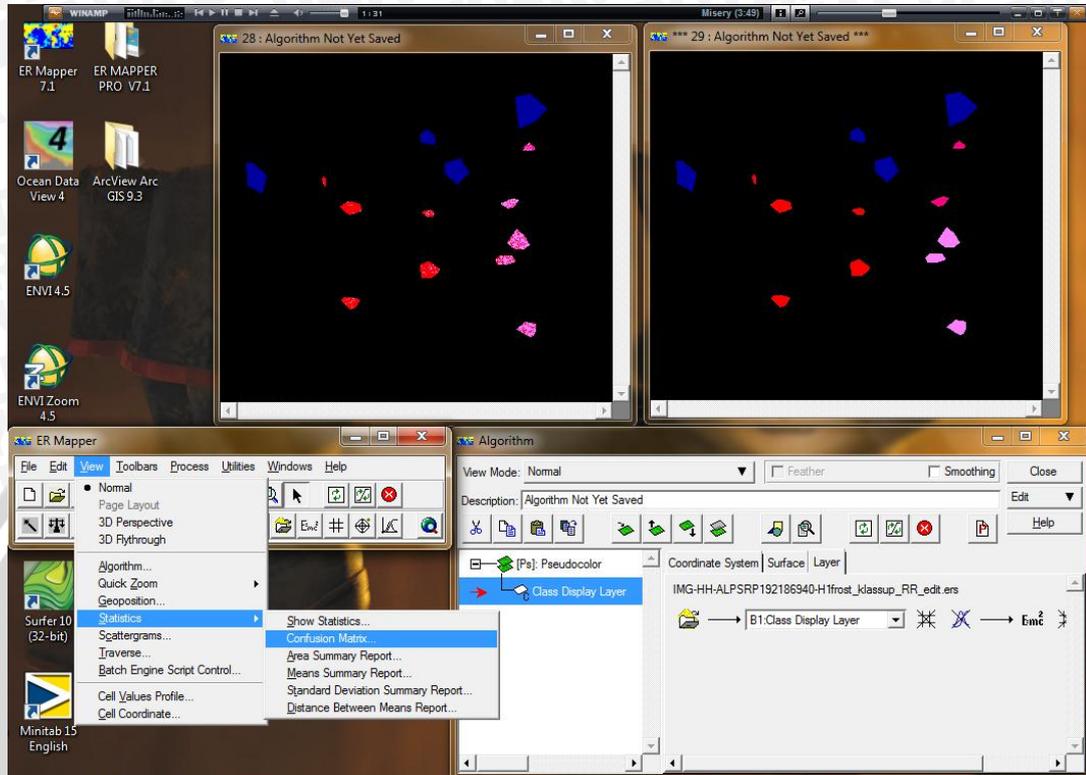


Grafik Nilai Sebaran Hambur Balik Penyingkaran Lee



Lampiran 2. Hasil Akurasi Data dengan Metode *Confusion Matrix*

Path 6940 sebelum diperbaiki



Confusion Matrix Display

Raw Count Confusion matrix for:
 Reference Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186940-H1frost_klassup_RR_edit.ers
 Classified Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186940-H1frost_klassup_KK_edit.ers

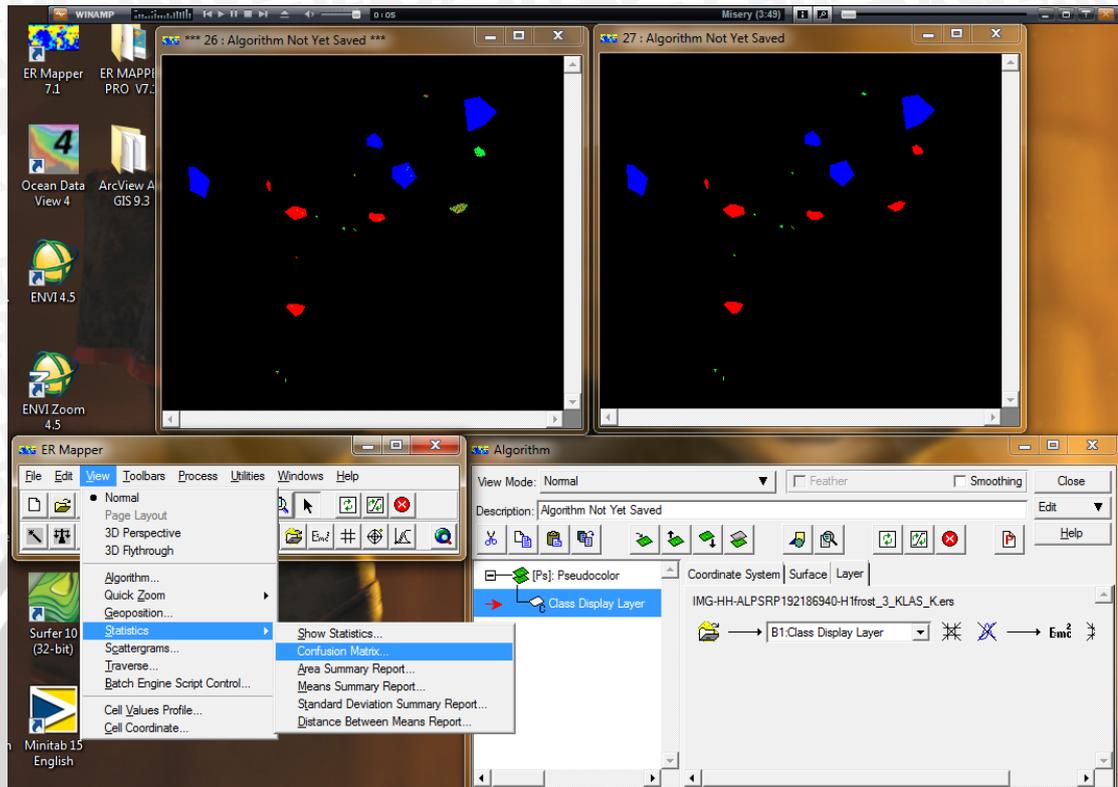
Overall Accuracy: 71.039% from 873799 observations

Kappa statistic: 0.625

Classified File\Reference File

	N2	N1	M2	M3	M1
N2	159608	117612	0	0	0
N1	31624	159015	0	33	0
M2	0	0	125634	30939	16403
M3	2	8	19917	13165	6187
M1	0	0	27085	3249	163276
A1	0	0	0	0	0
N2	0	0	0	0	0
N1	0	0	0	0	0
M3	0	0	0	0	0
M2	0	0	0	0	0
M1	0	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0

Path 6940 setelah diperbaiki



Confusion Matrix Display

Raw Count Confusion matrix for:
 Reference Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186940-H1frost_3_KLAS_R.ers
 Classified Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186940-H1frost_3_KLAS_K.ers

Overall Accuracy: 93.781% from 661489 observations

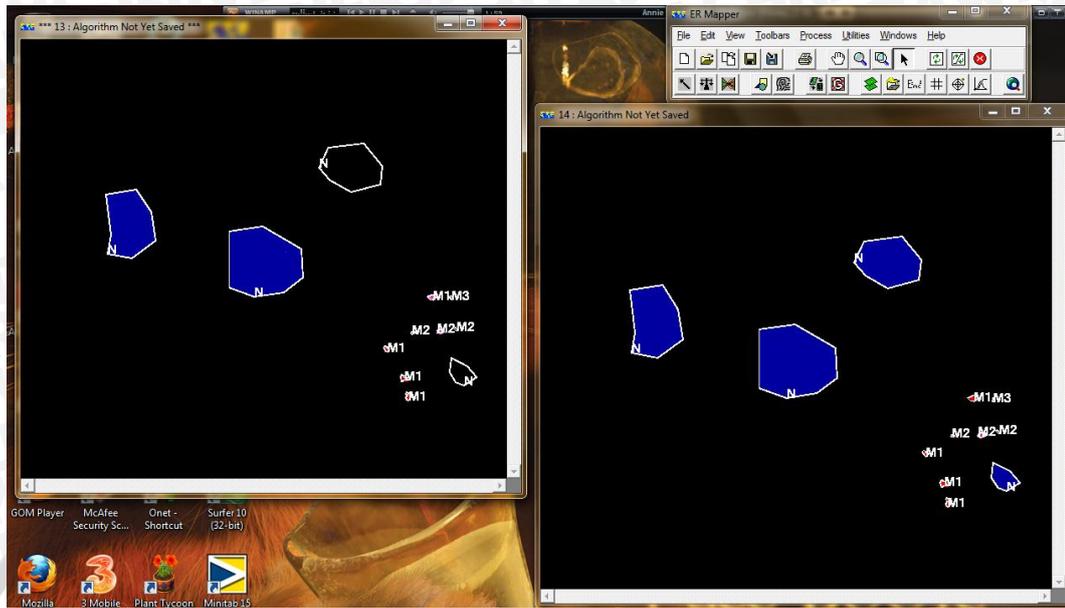
Kappa statistic: 0.858

Classified File\Reference File

	M2	N	M1	A1
M2	--	--	--	--
N	8402	637	37686	0
M1	31	467232	7	0
A1	2778	0	144674	0
	0	0	0	42



Path 6950 sebelum diperbaiki



Confusion Matrix Display

Raw Count Confusion matrix for:
 Reference Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186950-H1frost_klassup_RR.ers
 Classified Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186950-H1frost_klassup_KK.ers

Overall Accuracy: 66.961% from 1257808 observations

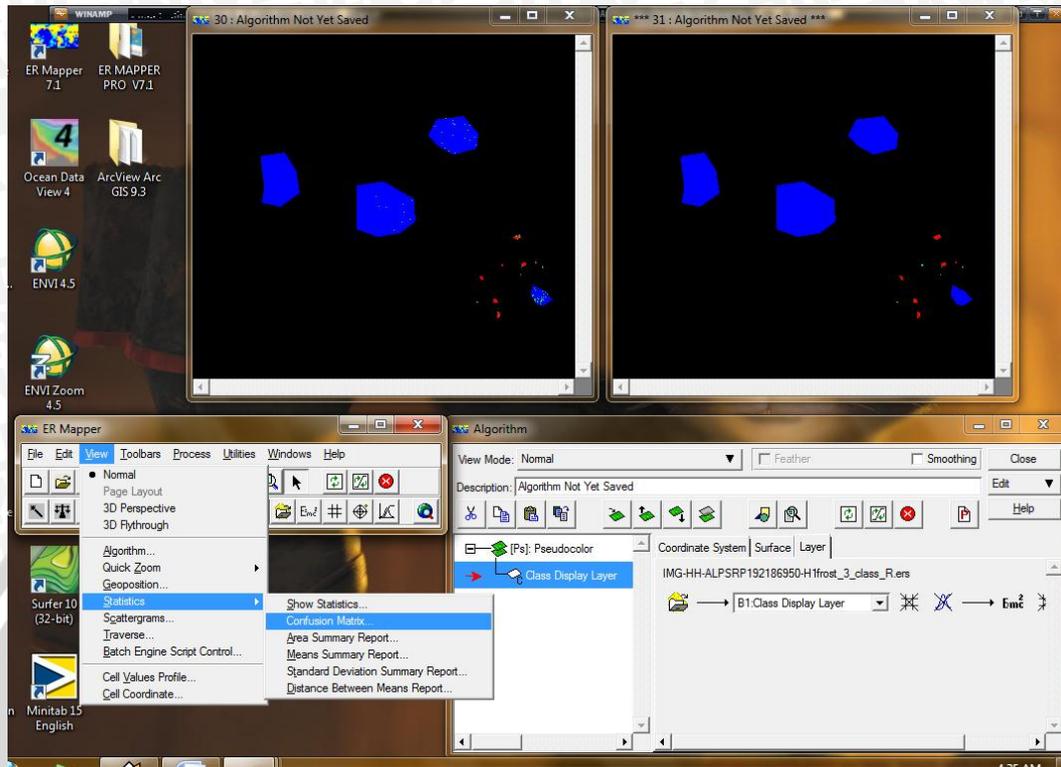
Kappa statistic: 0.068

Classified File\Reference File

	N	M2	M3	M1	N2
N	827364	3902	0	0	0
M2	399182	0	0	0	0
M3	1	0	388	2762	4887
M1	41	0	999	1985	2117
N2	0	0	42	1638	12500
N1	0	0	0	0	0
M3	0	0	0	0	0
M2	0	0	0	0	0
M1	0	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0



Path 6950 setelah diperbaiki



Confusion Matrix Display

Raw Count Confusion matrix for:
 Reference Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186950-H1frost_3_class_R.ers
 Classified Dataset - IMG-HH-ALPSRP192186950-H1frost_3_class_K.ers

Overall Accuracy: 98.790% from 1729038 observations

Kappa statistic: 0.710

Classified File\Reference File

	N	M2	M1
N	1683896	4	0
M2	16959	2311	2687
M1	1	1270	21910



Lampiran 3. Data Hasil Klasifikasi dengan Metode *Supervised classification*

Pada path 6940

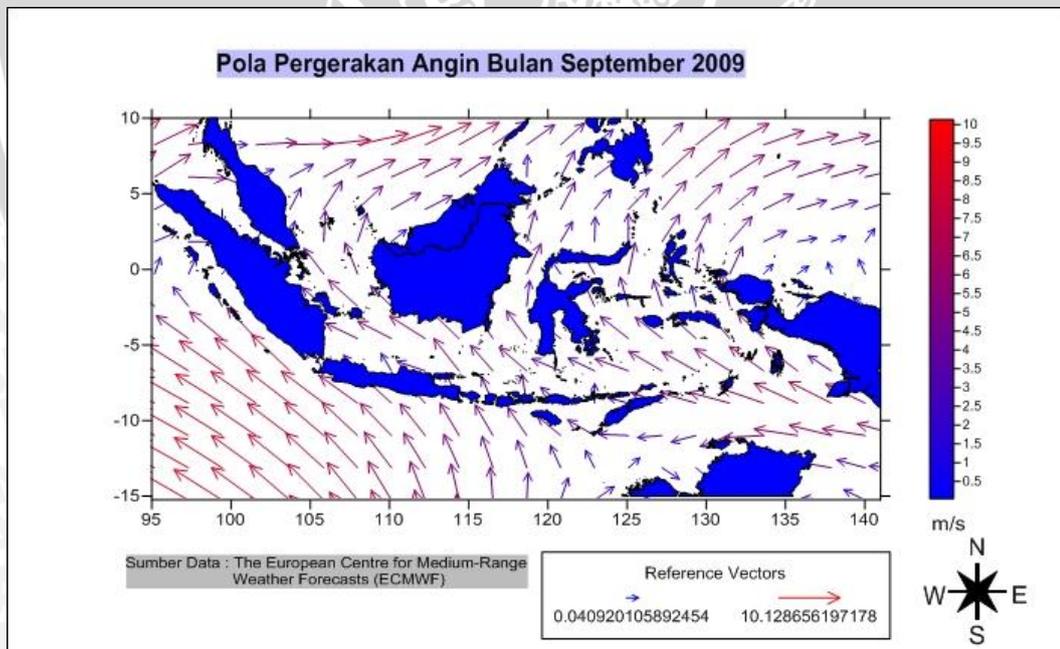
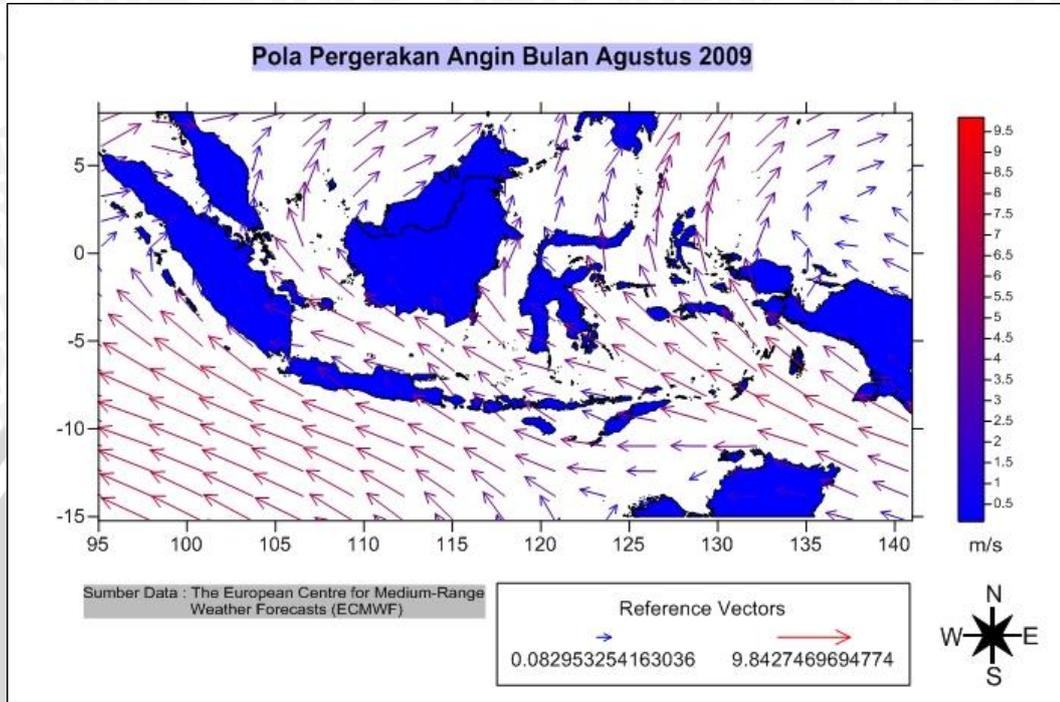
Class	Hectares	Sq. Km	Acres	Sq. Miles
A1	10.250	0.102	25.328	0.040
M1	146400.500	1464.005	361763.541	565.256
M2	120009.750	1200.097	296550.573	463.360
N	140405.000	1404.050	346948.337	542.107
A1	1.000	0.010	2.471	0.004
M1	2878.750	28.787	7113.547	11.115
M2	187.250	1.872	462.705	0.723
N	7353.500	73.535	18170.896	28.392
A11	589062.500	5890.625	1455605.247	2274.383

Pada path 6950 :

REGION: M1

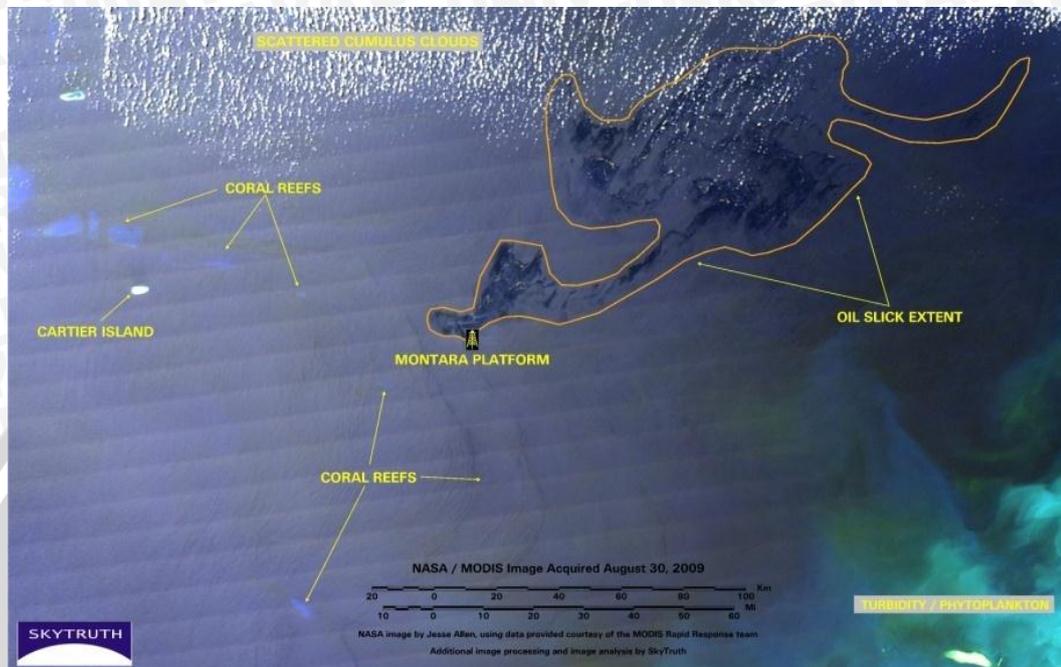
Metric	Value
Non-Null Cells	282371
Area In Hectares	4412.047
Area In Acres	10902.406
Minimum	-32.239
Maximum	-28.383
Mean	-29.899
Median	-29.799
Std. Dev.	0.956
Std. Dev. (n-1)	0.956
Corr. Eigenval.	1.000
Cov. Eigenval.	0.914
Correlation Matrix	
Band1	1.000
Determinant	1.000
Corr. Eigenvectors	
Band1	1.000
Inv. of Corr. Ev.	
Band1	1.000
Covariance Matrix	
Band1	0.914
Determinant	0.914

Lampiran 4. Data Pola Pergerakan Angin pada Bulan Agustus dan September 2009

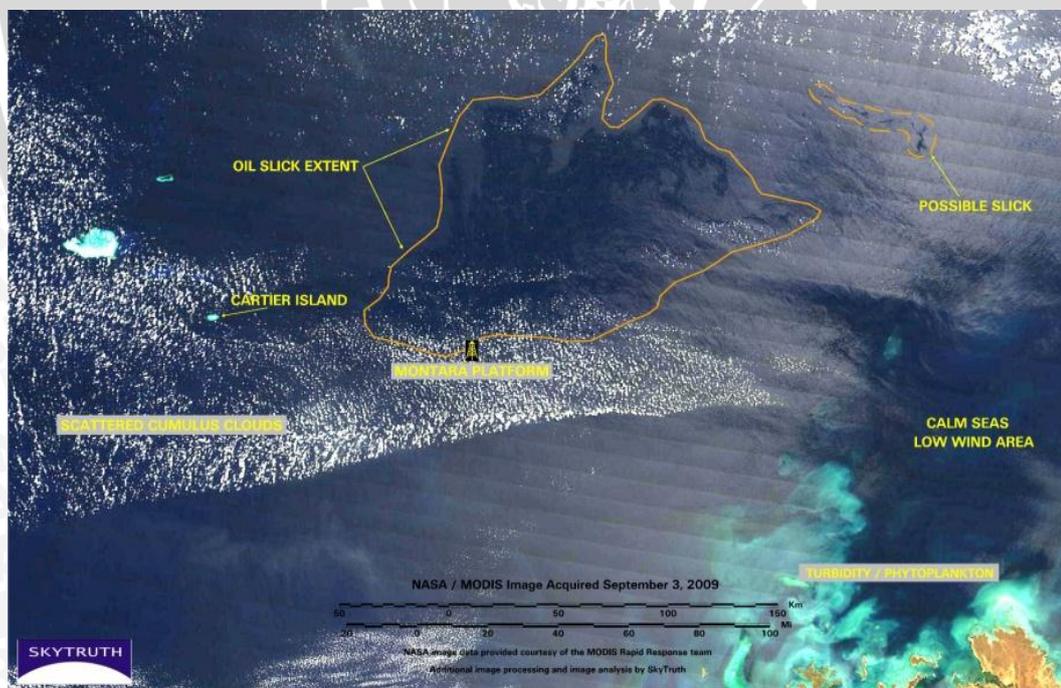


Lampiran 5. Gambar Prakiraan Sebaran Minyak di Laut Timor Bulan Agustus – November 2009 (Sumber : Skytruth, (2009))

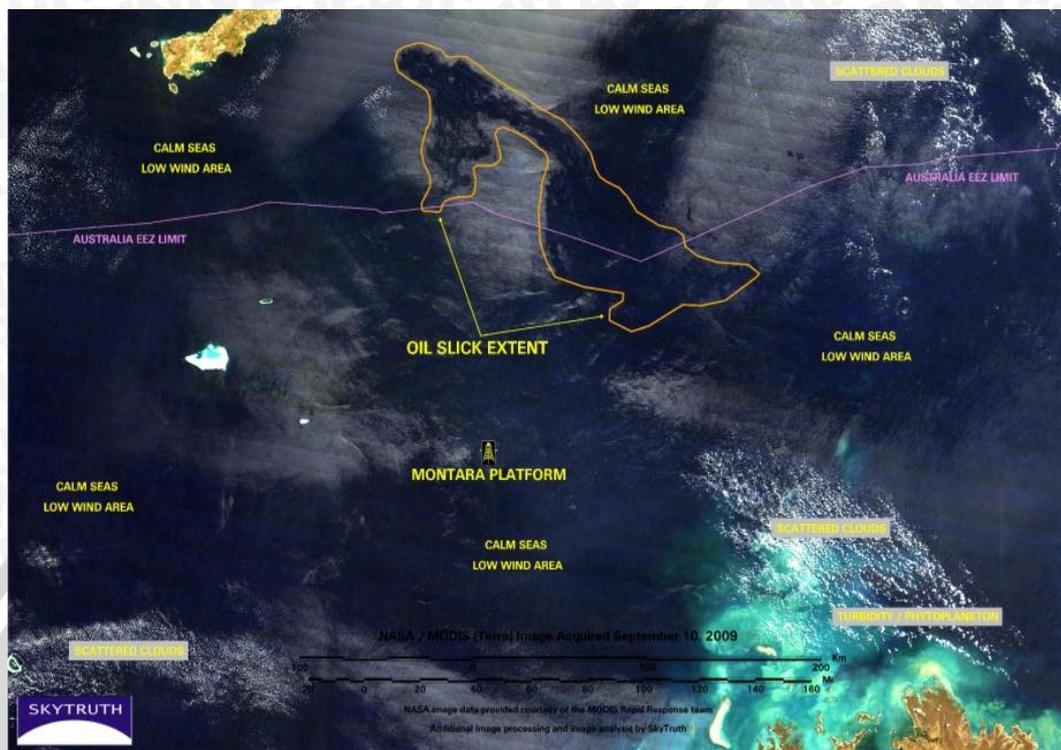
Tanggal 30 Agustus 2009



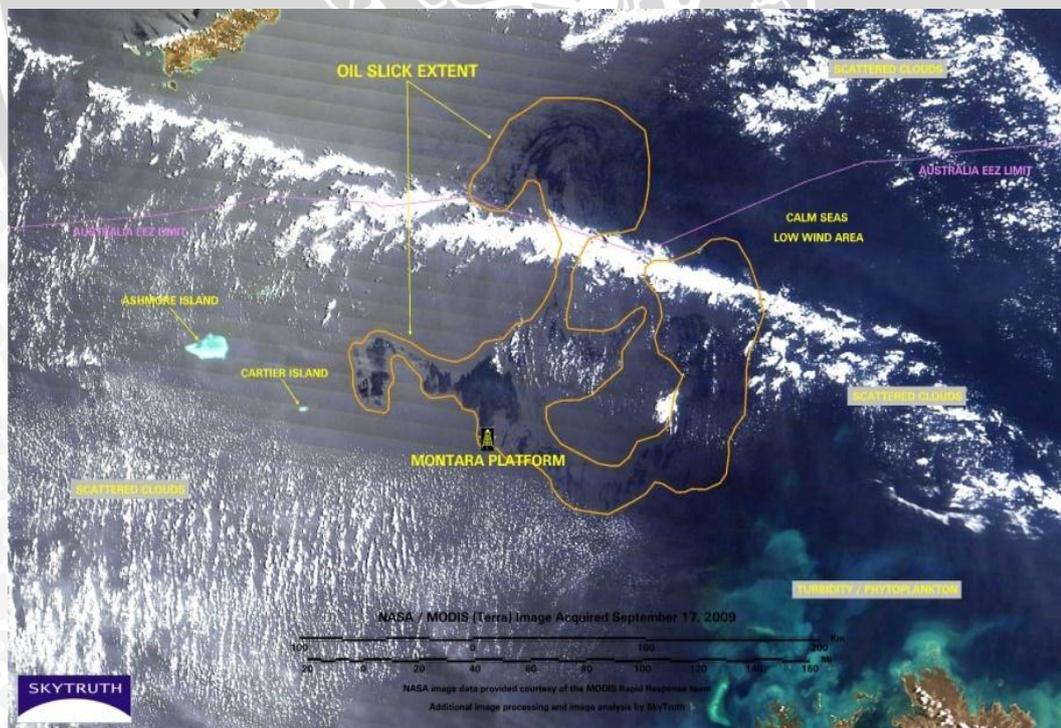
Tanggal 3 September 2009



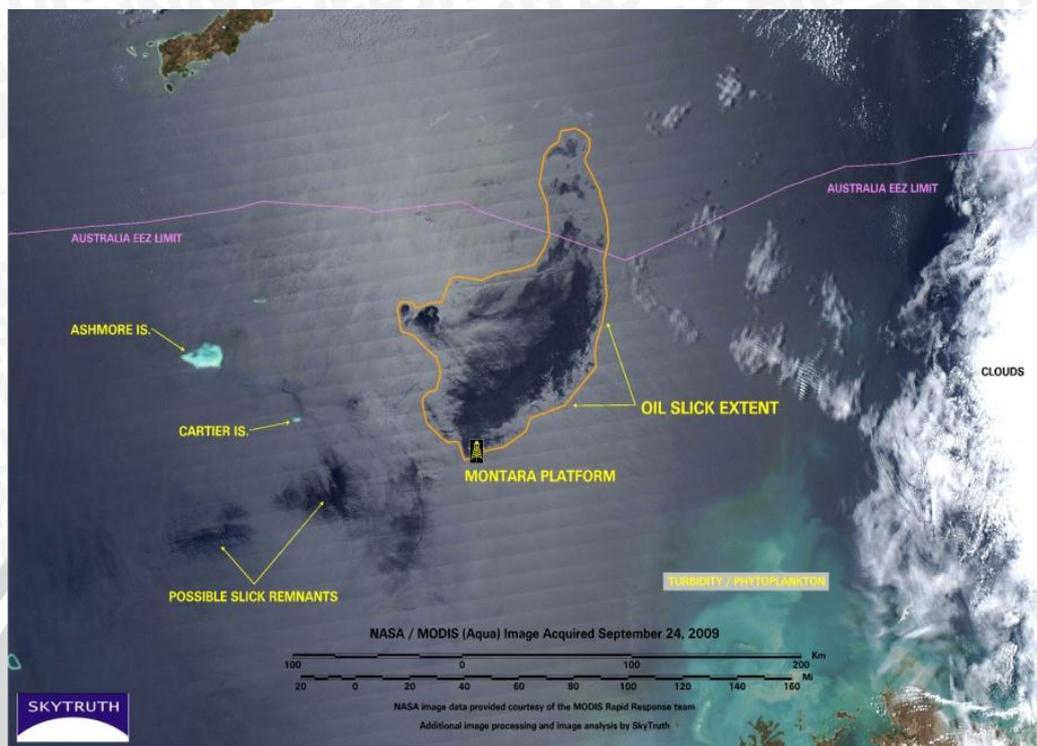
Tanggal 10 September 2009



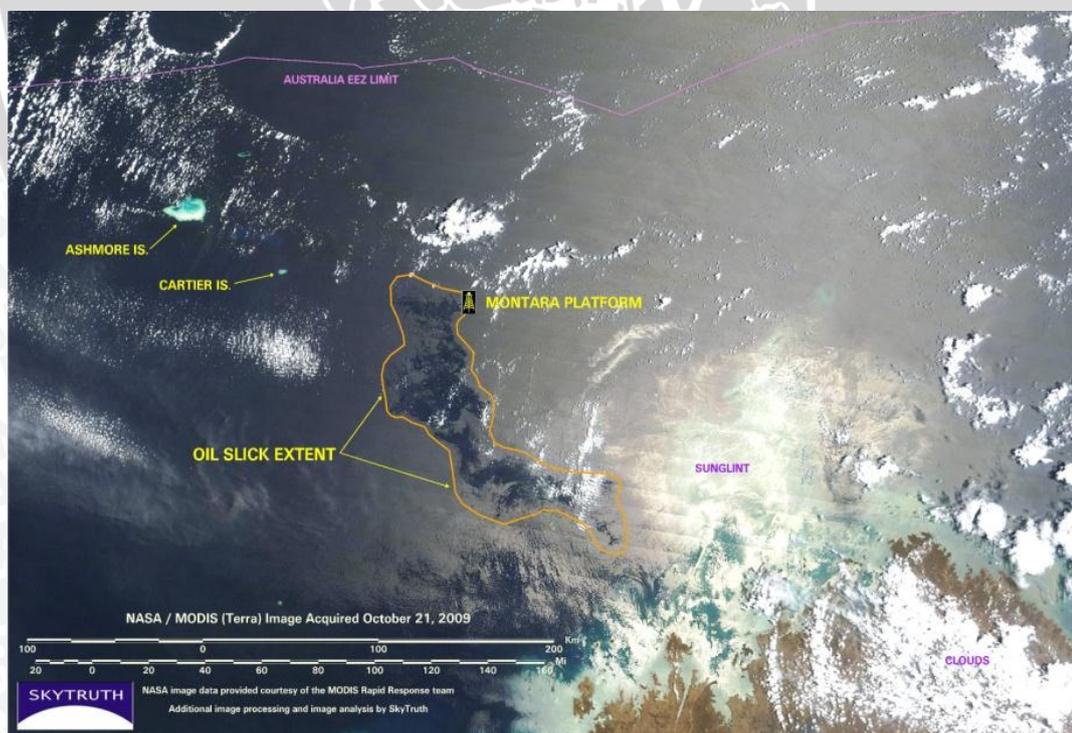
Tanggal 17 September 2009



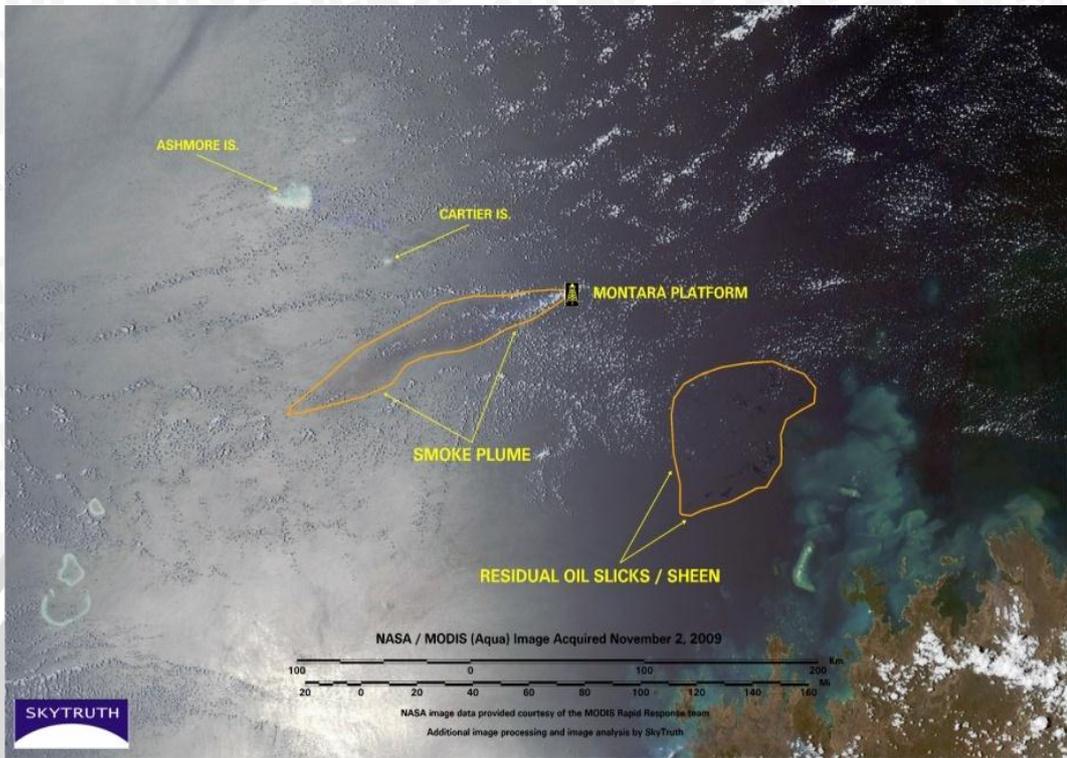
Tanggal 24 September 2009



Tanggal 21 Oktober 2009



Tanggal 2 November 2009



Sumber : Skytruth (2009)



Lampiran 6. Foto Kegiatan Penelitian Skripsi



Kantor Lingkungan dan Mitigasi Bencana LAPAN



Pengolahan Data Citra ALOS PALSAR



Ibu Sayidah Sulma, S.Pi, M.Si selaku Pembimbing di LAPAN