

PEMANFAATAN DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH UNTUK DETEKSI TUMPAHAN MINYAK DI PERAIRAN PANTAI DAN LAUT

Sayidah Sulma, M. Rokhis Khomarudin, Nanik Suryo Haryani

Abstract

Remote sensing is the technology that has the advantage of rapid detection of oil spills in coastal and sea waters. Nowadays has available a variety of remote sensing sensors that can be used for oil spills detection. Study of the use of satellite remote sensing data and the use of appropriate methods are needed to detect oil spills. This study was done using descriptive method by analyzing some of the implementation methods of detection of oil spills and the data from the various remote sensing satellite sensors. Based on this study it is known that the use of multi-sensor and multi-temporal monitoring of oil spills will give better results. Oil spill detection with manually method provide a less certain level of confidence, while the application of the automatically method of multi-scale and multi segmentation variables (features) using SAR data showed a better accuracy that detection of oil layer 78% and 89% on a thin layer of oil. Multi-sensor data availability in near-realtime, and the application of accurate methods are a major requirement in the monitoring of oil spill distribution when the incident took place and the determination of area affected post oil spill occurred. It is very necessary, especially in support of the prosecution of compensation the environmental damage caused by the oil spill.

Keywords: remote sensing, oil spill, coastal, sea

Abstrak

Penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang memiliki keunggulan dalam deteksi cepat tumpahan minyak di perairan pantai dan laut. Saat ini telah tersedia berbagai sensor satelit penginderaan jauh yang dapat dimanfaatkan untuk deteksi tumpahan minyak. Kajian pemanfaatan data satelit penginderaan jauh serta penggunaan metode yang tepat sangat diperlukan untuk mendeteksi tumpahan minyak di laut. Pengkajian dilakukan menggunakan metode deskriptif dengan menganalisis beberapa penerapan metode deteksi tumpahan minyak di laut dan data dari berbagai sensor satelit penginderaan jauh. Berdasarkan hasil kajian diketahui bahwa penggunaan multi sensor dan multi temporal dalam pemantauan tumpahan minyak akan memberikan hasil yang lebih baik. Metode deteksi tumpahan minyak secara manual memberikan tingkat kepercayaan yang kurang pasti, sedangkan penerapan metode segmentasi multi skala dan multi variabel (fitur) secara otomatis menggunakan data SAR menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik yaitu deteksi lapisan minyak 78% dan 89% pada lapisan minyak yang tipis. Ketersediaan data multi sensor secara *near-realtime* serta penerapan metode deteksi tumpahan minyak yang akurat dan terkini merupakan kebutuhan utama dalam pemantauan sebaran saat kejadian berlangsung dan penentuan luas pasca tumpahan minyak terjadi. Hal ini sangat diperlukan, khususnya dalam mendukung penuntutan ganti rugi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh tumpahan minyak tersebut.

Kata kunci: penginderaan jauh, tumpahan minyak, pantai, laut

1. PENDAHULUAN

Tumpahan minyak di perairan pantai dan laut merupakan permasalahan serius yang sangat berdampak pada lingkungan. Di seluruh dunia, tumpahan berupa bahan bakar minyak mencapai 48% dari total minyak yang tumpah ke laut, sementara tumpahan minyak mentah mencapai 29% (Brekke dan Solberg, 2005). Tumpahan minyak dapat terjadi selama pengangkutan minyak, pengeboran serta penyimpanan minyak dan akan menyebar dengan cepat dalam wilayah yang luas hanya dalam hitungan jam. Maka dari itu diperlukan penanganan yang cepat dan tepat ketika terjadi tumpahan minyak untuk mengurangi dampak lingkungan dan kerugian ekonomi yang besar.

Penginderaan jauh adalah salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk deteksi cepat tumpahan minyak. Pencitraan penginderaan jauh multi temporal memungkinkan untuk diperolehnya informasi penting tentang penyebaran minyak dari waktu ke waktu yang sangat diperlukan dalam pembersihan dan pengendalian sebaran tumpahan minyak. Keunggulan dari teknologi penginderaan jauh juga dapat membantu mengidentifikasi pihak-pihak yang harus bertanggung jawab terhadap pencemaran minyak yang terjadi di suatu perairan.

Saat ini telah tersedia berbagai sensor satelit penginderaan jauh yang dapat dimanfaatkan untuk deteksi tumpahan minyak. Tulisan ini menyajikan beberapa perkembangan teknologi penginderaan jauh untuk deteksi tumpahan minyak baik dengan sensor optis/pasif maupun sensor aktif yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Disamping itu juga disajikan contoh aplikasi data radar ALOS PALSAR untuk deteksi tumpahan minyak yang terjadi di selatan Laut Timor, Nusa Tenggara Timur.

2. DETEKSI TUMPAHAN MINYAK DENGAN DATA PENGINDERAAN JAUH OPTIS/ PASIF

Teknologi penginderaan jauh optis dengan berbagai sensor telah banyak dikembangkan untuk deteksi tumpahan minyak. Tseng and Chiu (1994) melakukan kajian kemampuan sensor visible dan infrared (IR) dari NOAA AVHRR untuk deteksi awal tumpahan minyak di Teluk Persia pada tahun 1991. Dari hasil penelitiannya batas antara minyak dan air dapat dibedakan berdasarkan temperatur yang dideteksi pada band IR, namun perbedaan temperatur minyak tidak berbeda nyata di malam hari.

Hu *et al.* (2003) dan Hu *et al.* (2009) mengkaji kemampuan instrumen *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) untuk pemantauan tumpahan minyak. Dari hasil kajian diketahui bahwa kanal dengan resolusi 250 m dan 500 m baik digunakan untuk pemantauan tumpahan minyak. Di sisi lain, beragam panjang gelombang dapat memberikan informasi tambahan untuk membedakan lapisan minyak dengan alga bloom. Kemudian dalam penelitian Hu *et al.* (2009) kemampuan MODIS dalam mendeteksi lapisan minyak tidak berdasarkan sifat optis dari lapisan minyak, tetapi berdasarkan kesamaan prinsip

backscattering pada data SAR. Deteksi lapisan minyak seperti ini hanya dapat dilakukan pada citra MODIS yang terdapat *sun glint* (kilatan cahaya matahari).

Prayogo *et al.* (2010) melakukan deteksi tumpahan minyak di Laut Timor menggunakan data MODIS dengan metode visual pada tampilan RGB 121 data resolusi 250 m. Pada penelitian ini juga digunakan data ALOS-PALSAR untuk verifikasi hasil analisis visual data MODIS. Pada data optis khususnya MODIS, tutupan awan dan keterbatasan sinar matahari menjadi batasan penggunaan data ini. Namun resolusi temporal yang tinggi menjadi keunggulan data MODIS, sehingga memungkinkan pemantauan daerah terdampak tumpahan minyak dan pergerakan lapisan minyak dari waktu ke waktu.

Dalam pemantauan tumpahan minyak, sensor hiperspektral berpotensi untuk identifikasi materi secara detil dan dalam estimasi kelimpahannya. Salem dan Kafatos (2001) melakukan kajian untuk melihat tumpahan minyak berdasarkan komposisi kimianya. Metode yang digunakan adalah *signature matching method* berdasarkan citra Airborne Hyperspectral, dan diperoleh hasil yang lebih akurat dibandingkan interpretasi visual. Namun teknologi ini masih jarang digunakan karena tidak tersedia sensor hiperspektral pada satelit komersial.

3. DETEKSI TUMPAHAN MINYAK DENGAN DATA PENGINDERAAN JAUH AKTIF

Penginderaan jauh aktif atau radar merupakan teknologi lain yang dapat diandalkan dalam pemantauan tumpahan minyak. Sensor microwave aktif seperti Synthetic Aperture Radar (SAR) saat ini banyak digunakan karena dapat meliputi daerah yang luas serta kemampuannya dalam segala kondisi cuaca baik siang maupun malam. Dalam Brekke *et al.* (2005) disebutkan bahwa kemampuan data SAR dalam pemantauan tumpahan minyak pertama kali didemonstrasikan pada awal 1990-an menggunakan citra satelit ERS-1. Dan saat ini RADARSAT dan ENVISAT merupakan dua satelit utama yang menghasilkan citra SAR untuk pemantauan tumpahan minyak. Brekke *et al.* (2005) juga menyimpulkan bahwa SAR merupakan sensor yang paling efisien dan unggul untuk deteksi tumpahan minyak, meskipun tidak memiliki kemampuan untuk estimasi ketebalan dan jenis minyak. Dalam pencitraan SAR terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan sinyal yang dipantulkan diantaranya adalah kekasaran objek. Permukaan laut mengandung spektrum gelombang dari riak kecil berukuran milimeter hingga gelombang dengan panjang ratusan meter. Namun, secara umum mekanisme yang mendominasi untuk mendukung hamburan balik adalah tipe resonansi Bragg. Lapisan minyak dapat mengurangi gelombang Bragg di permukaan laut yang kemudian diindera oleh SAR. Ketika gelombang tipe Bragg ini berkurang maka sangat sedikit sinyal yang dipancarkan kembali ke SAR, sehingga daerah gelap (*dark spot*) akan muncul di citra SAR (Brekke, 2007)

Faktor lainnya adalah sudut datang radar, dimana koefisien *backscatter* radar merupakan fungsi dari geometri pengamatan dari SAR, dan koefisien *backscatter* menurun dengan meningkatnya sudut datang (*insiden angle*) radar. Sifat hamburan material juga tergantung pada polarisasi sinyal radar yang masuk. Dalam Brekke *et al.* (2005) disebutkan konfigurasi SAR yang baik digunakan untuk deteksi tumpahan minyak adalah dengan polarisasi VV. Polarisasi VV memberikan *backscatter* radar yang tinggi dari permukaan laut dibandingkan HH. Alpers *et al.* (2004) menyarankan polarisasi VV untuk deteksi pencemaran minyak karena memberikan kontras lapisan minyak yang lebih baik. Pada pantulan VH dan HV terjadi dari mekanisme pantulan yang lebih kompleks, maka tidak cocok untuk deteksi tumpahan minyak karena pantulan dari permukaan laut akan berada di bawah kebisingan dasar SAR pada kondisi kecepatan angin sedang hingga tinggi. Disebutkan pula bahwa X-band dan C-band lebih efisien untuk deteksi tumpahan minyak dibandingkan L dan P-band. Sedangkan menurut Girard-Ardhuin *et al.* (2005) konfigurasi SAR yang paling cocok untuk deteksi lapisan minyak adalah C-band single-polarisasi VV pada kisaran insiden angle 20°-45°. Dalam pemanfaatan data SAR, tingkat kecepatan angin juga mempengaruhi tingkat *backscatter* dan visibilitas dari lapisan di permukaan laut. Lapisan minyak terlihat hanya untuk rentang kecepatan angin tertentu. Di bawah *threshold* kecepatan angin yang rendah, hanya sedikit energi radar yang akan dihamburkan kembali menuju SAR, dan fitur yang tergantung pada modulasi gelombang Bragg tidak akan terlihat pada citra. Arah angin relatif terhadap bidang gelombang datang radar juga mempengaruhi *backscatter* dalam sebuah citra. Angin menyilang/*crosswind* (angin yang bertiup tegak lurus terhadap arah jangkauan/*range*) menghasilkan *backscatter* yang lebih rendah dibanding angin ke atas atau angin ke bawah (angin yang bertiup sepanjang arah jangkauan). Tabel 1 memberikan gambaran pengaruh kecepatan angin untuk pada citra ERS SAR (Brekke *et al.*, 2005).

Tabel 1. Penampakan Lapisan Minyak pada Citra SAR pada Kondisi Kecepatan Angin Tertentu

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

Metode untuk deteksi tumpahan minyak menggunakan data SAR telah berkembang dari metode manual hingga metode otomatis. Dalam Indregard *et al.* (2004) dijelaskan metode deteksi tumpahan minyak secara manual yang telah dilakukan sejak tahun 1994 di Norwegia. Dengan metode ini tidak diperlukan teknik pengolahan yang mutakhir namun operator harus menganalisis satu-persatu spot pada citra sehingga memakan waktu, disamping itu tingkat kepercayaan tidak pasti.

Metode otomatis data SAR dikembangkan oleh beberapa peneliti dimana di dalamnya meliputi teknik segmentasi untuk deteksi titik hitam (*dark spot*), ekstraksi fitur lapisan, dan klasifikasi. Karena karakteristik tumpahan minyak dicirikan dengan rendahnya *backscatter*,

maka dapat dilakukan thresholding untuk memisahkan (segmentasi) *dark spot* (Breke *et al.* 2005). Solberg *et al.* (2007) melakukan deteksi tumpahan minyak menggunakan data RADARSAT-1 dan ENVISAT. Pada penelitiannya deteksi dark spot dilakukan dengan metode segmentasi multi skala, kemudian menerapkan *threshold* adaptif pada setiap level piramid. Metode segmentasi ini memiliki performa yang baik, kecuali pada lapisan minyak yang tipis dan linier. Untuk tahapan ekstraksi fitur lapisan dilakukan ekstraksi 13 fitur yang dikelompokkan dalam fitur bentuk, kontras, homogenitas dan lingkungan sekitarnya. Klasifikasi dilakukan dengan lima tahapan yaitu pengklasifikasian dasar yang memperhitungkan fitur dan tingkat kecepatan angin, perhitungan kepadatan probabilitas yang bergantung pada kelas, model jumlah lapisan, menghitung fungsi kehilangan dan koreksi klasifikasi berbasis aturan. Tingkat akurasi yang diperoleh pada penelitian ini untuk deteksi lapisan minyak 78% dan untuk objek mirip (*look alike*) 99%.

Brekke *et al.* 2007 melakukan pengembangan dari metode Solberg *et al.* (2007) terutama untuk segmentasi objek lapisan minyak tipis yaitu dengan membatasi orientasi objek tipis linier dan menerapkan *threshold* atau segmentasi yang berbeda dengan objek lainnya. Metode ini diujicobakan pada data ENVISAT ASAR *Wide Swath Mode*. Kemudian pengembangan metode dilakukan dengan membuat fitur baru pada kelompok fitur kontras dan fitur bentuk. Fitur yang diekstraksi terdiri dari 13 fitur dan 4 fitur baru. Pada penelitian ini akurasi yang dihasilkan untuk deteksi lapisan minyak adalah 89%. Perbandingan fitur yang diekstraksi dalam metode deteksi tumpahan minyak pada beberapa penelitian menggunakan data SAR dapat dilihat pada Tabel 2. Ringkasan berbagai data dan metode yang digunakan dalam deteksi tumpahan minyak ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Fitur yang diterapkan pada beberapa penelitian

No	Fitur	1	2	3	4
1	Luas lapisan (A)	x	x	x	x
2	Panjang keliling lapisan (P)	x			
3	Kompleksitas lapisan	x	x	x	x
4	Lebar lapisan		x	x	
5	Penjalaran	x			
6	Momen Lapisan		x	x	x
7	Standar deviasi dark spot	x			
8	Standar deviasi background	x			
9	Kontras maksimum (antara objek dan background)	x			
10	Kontras rata-rata (antara objek dan background)	x			
11	Gradien border maksimum	x			
12	Gradien border rata-rata	x	x	x	
13	Standar deviasi gradien	x			x
14	Rasio kontras lokal area		x		
15	<i>Power-to-mean Ratio</i> lapisan		x	x	
16	Homogenitas (<i>Power-to-mean Ratio</i>) lingkungan sekitar		x	x	x
17	Jarak dari titik sumber		x	x	x
18	Jumlah spot terdeteksi pada scene		x	x	x
19	Jumlah spot bertetangga		x	x	x
20	Jumlah spot bertetangga (small window)			x	x
21	Kontras lokal lapisan			x	x
22	Kontras kehalusan			x	x

23	Ketebalan lapisan	x
24	Kecepatan Angin	x
25	Varian Lapisan	x
26	Sudut antara segmen	x

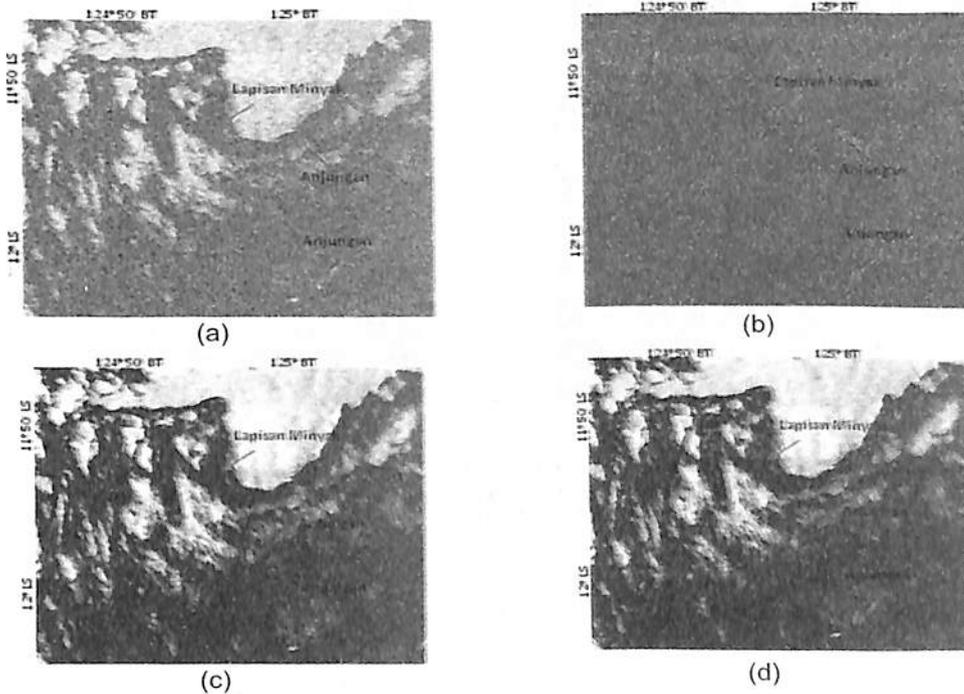
1: Frate *et al* (2000), 2: Solberg *et al* (1999), 3: Solberg *et al* (2007), 4: Brekke *et al* (2007)

Tabel 3. Beberapa Metode Deteksi Tumpahan Minyak pada Berbagai Data Satelit

Pendekatan Metode	Peneliti	Sensor	Tujuan	Kelebihan	Kelemahan
Deteksi hot spot	Tseng and Chiu (1994)	Visible dan Infra Red NOAA-AVHRR	Deteksi awal dan monitoring tumpahan minyak, mengetahui ketebalan minyak berdasarkan temperatur	Potensial untuk monitoring tumpahan minyak harian	Temperatur minyak tidak berbeda secara signifikan dengan air pada malam hari dan pada kondisi cuaca tertentu
	Fingas and Brown (1997)	Infra Red (IR) dan Ultraviolet (UV)	Deteksi tumpahan minyak dan ketebalan minyak	Teknologi UV dapat mendeteksi tumpahan minyak yang tipis, gabungan IR dan UV dapat memberikan hasil yang lebih handal	UV tidak dapat digunakan malam hari, kesalahan interpretasi pada sun glint dan material biogenic.
Signature Matching Method	Salem and Kafatos (2001)	Airborne Hyperspectral	Melihat tumpahan minyak berdasarkan komposisi kimia	Lebih akurat dibandingkan teknik konvensional atau interpretasi visual	Untuk sensor space-hiperspektral tidak tersedia secara komersial
Interpretasi visual	Hu <i>et al.</i> (2003)	MODIS resolusi 250 m dan 500 m	Menguji kemampuan data MODIS untuk deteksi tumpahan minyak	Potensial untuk monitoring tumpahan minyak harian, variasi panjang gelombang bisa menambahkan informasi lain misal alga bloom.	Cloud cover dan keterbatasan cahaya matahari
Pendekatan prinsip backscatter SAR pada data MODIS	Hu <i>et al.</i> (2009)	MODIS resolusi 250 m dan 500 m	Mendeteksi lapisan minyak dengan data MODIS berdasarkan pada kesamaan prinsip backscattering pada data SAR	Mendeteksi lapisan minyak pada citra yang terdapat sun glint	Cloud cover dan keterbatasan cahaya matahari.
Interpretasi manual/visual	Prayogo <i>et al.</i> (2010)	MODIS, Landsat ETM+, ALOS PALSAR	Mendeteksi tumpahan minyak, memantau penyebarannya dan menghitung luas tumpahan	Data MODIS potensial untuk monitoring tumpahan minyak harian	Cloud cover pada data MODIS. Metode manual sehingga operator harus mendeteksi satu-persatu
Deteksi manual (Pendekatan KSAT)	Indregard <i>et al</i> (2004)	ERS1	Deteksi tumpahan minyak secara manual	Tidak memerlukan teknik pengolahan data yang mutakhir	Operator harus menganalisis satu-persatu spot pada citra sehingga memakan waktu, tingkat kepercayaan tidak pasti.
Threshold adaptif dan segmentasi multi skala, ekstraksi 13 fitur	Solberg, <i>et al</i> (2007)	Radarsat, Envisat ASAR WSM	Deteksi tumpahan minyak dengan algoritma otomatis	Deteksi dark spot lebih cepat dan tingkat kepercayaan lebih pasti	Teknik pengolahan data mutakhir. Kinerja segmentasi kurang pada lapisan minyak tipis.
Threshold adaptif dan segmentasi multi skala untuk lapisan tipis, ekstraksi 15 fitur	Brekke <i>et al</i> (2007)	Envisat ASAR WSM	Deteksi tumpahan minyak dengan algoritma otomatis penekanan pada lapisan minyak tipis	Mempertajam pada lapisan minyak tipis dan ekstraksi fitur lebih lengkap	Teknik pengolahan data mutakhir. Belum diuji pada jenis data dan wilayah yang lain.
Filtering, Threshold dan segmentasi, tekstur analisis	Akkartal <i>et al</i> (2008)	Radarsat-1	Deteksi tumpahan minyak dengan metode visual dan digital	Masing-masing metode relatif efektif untuk kasus berbeda. Analisis tekstur kompatibel dengan teknik lainnya.	Belum diuji pada jenis data dan wilayah yang lain.

4. STUDI KASUS DETEKSI TUMPAHAN MINYAK DI LAUT TIMOR

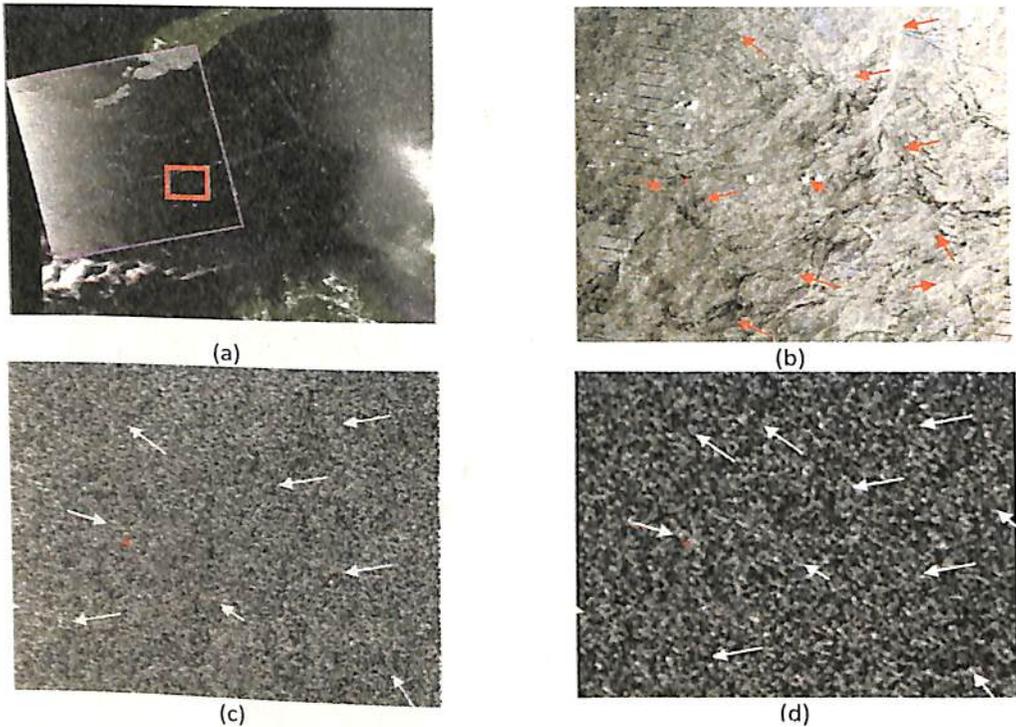
Di bawah ini diperlihatkan beberapa data satelit yang digunakan untuk deteksi tumpahan minyak akibat ledakan bawah laut *offshore rig* di utara perairan Laut Australia. Kebocoran minyak terjadi pada tanggal 21 Agustus 2009 dan lapisan minyak terus bergerak memasuki perairan Indonesia hingga beberapa bulan setelahnya. Pada Gambar 1 memperlihatkan data ALOS PALSAR tanggal 2 September 2009 dengan polarisasi HH dan HV. Gambar 1a merupakan citra *backscatter* (dB) polarisasi HH, dimana lapisan minyak terlihat sebagai objek gelap yang menyebar hampir di seluruh perairan. Pada citra tersebut juga terlihat dua objek terang yang diduga sebagai anjungan. Pada Gambar 1b merupakan citra *backscatter* (dB) polarisasi HV, dimana kontras antara lapisan minyak dengan *non* minyak tidak terlihat dengan jelas, namun objek anjungan terlihat lebih jelas. Gambar 1a merupakan citra yang belum dilakukan proses *filtering*. *Filter* digunakan selain untuk mengurangi *speckle noise* pada citra SAR, juga untuk memberi kontras pada daerah kemungkinan tumpahan minyak dengan lingkungan sekitarnya. Gambar 1c dan 1d memperlihatkan citra hasil *filtering* *Frost* dan *Gamma* jendela 5x5. Pada kedua gambar tersebut terlihat kontras objek minyak dan *non* minyak yang lebih jelas dengan berkurangnya *speckle noise* pada citra.



Gambar 1. Citra ALOS PALSAR (a) Polarisasi HH, (b) Polarisasi HV, (c) Polarisasi HH dengan Filter Frost 5x5 dan (d) Polarisasi HH dengan Filter Gamma 5x5

Gambar 2 merupakan contoh lain deteksi tumpahan minyak di Laut Timor yang dianalisis oleh LAPAN dalam rangka mendukung tim advokasi tuntutan ganti rugi tumpahan minyak pemerintah Republik Indonesia yang terdiri dari beberapa instansi dan dikoordinasikan oleh

Kementerian Lingkungan Hidup (Prayogo, *et.al*,2010). Pada gambar tersebut ditampilkan jejak tumpahan minyak yang dilihat dari citra satelit Landsat ETM+ pada tanggal 4 November 2009 dan citra satelit ALOS PALSAR pada tanggal 6 November 2009. Pada kedua data yaitu Landsat (Gambar 2b) dan ALOS PALSAR (Gambar 2c dan 2d) tersebut terlihat pola jejak tumpahan minyak yang sama. Data PALSAR yang digunakan adalah polarisasi HH. Pada Gambar 2c terlihat data ALOS PALSAR yang belum difilter, sedangkan pada Gambar 2d diperlihatkan data yang sudah difilter menggunakan *high pass sharpen 5x5* dan analisis tekstur GLCM. Pada data hasil penajaman tersebut jejak tumpahan minyak terlihat lebih jelas.



Gambar 2. Jejak Tumpahan Minyak dari Citra Satelit ALOS PALSAR yang Terlihat di Sekitar Koordinat $11^{\circ} 31' 14,2''$ LS; $124^{\circ} 25' 12,7''$ BT (Posisi Survei KLH pada tanggal 4 November 2009 ditunjukkan dengan titik berwarna merah) (Prayogo, *et.al* 2010).

Keterangan Gambar:

- Liputan citra satelit ALOS-PALSAR 4 November 2009 Polarisasi HH (kotak berwarna ungu)
- Jejak tumpahan minyak dari Citra satelit Landsat 6 November 2009 Path/Row 110/68 RGB542
- Kenampakan jejak tumpahan minyak dari Citra satelit ALOS-PALSAR
- Kenampakan jejak tumpahan minyak dari Citra satelit ALOS-PALSAR setelah dilakukan *filtering (high pass sharpen 5x5)* dan analisis tekstur (GLCM contrast)

Ketersediaan data multi sensor secara *near-realtime* serta penerapan metode deteksi tumpahan minyak yang akurat dan terkini merupakan kebutuhan utama dalam pemantauan sebaran saat kejadian berlangsung dan penentuan luas pasca tumpahan minyak terjadi. Hal ini sangat diperlukan, khususnya dalam mendukung penuntutan (*claim*) ganti rugi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh tumpahan minyak tersebut.

Dalam kasus tumpahan minyak yang berdampak pada beberapa negara penyelesaian masalah tersebut dilakukan melalui perundingan internasional, Tuntutan ganti rugi akibat tumpahan minyak di laut merupakan salah satu bahasan yang sangat penting dalam perundingan internasional. Tuntutan ganti rugi akibat tumpahan minyak memerlukan berbagai data pendukung yang akurat, seperti data dan fakta fisik tumpahan minyak, informasi spasial arah sebaran serta luas sebarannya, pemodelan oseanografi tumpahan minyak, bukti-bukti kerusakan lingkungan dan hasil pemantauan pasca kejadian serta analisis dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkan dalam kurun waktu tertentu),

Data dan informasi deteksi tumpahan minyak dari pemanfaatan penginderaan jauh tidak hanya terbatas menggunakan citra satelit saja namun dapat juga menggunakan airborne dengan sensor multispectral VIRIS (*Visible/Infrared Imaging Spectrometer*) / SAR (*Synthetic Aperture Radar*) seperti yang diterapkan pada kasus tumpahan minyak di teluk Mexico 2010 (Clark *et al.* 2010). Ketebalan tumpahan minyak dapat diperkirakan dari sifat optis tumpahan minyak di air dan nilai reflektansi kanal multi-spektral tersebut (224 kanal dengan rentang spektral 0,35 – 2,5 μm). Hasil deteksi tumpahan minyak dari citra satelit dengan sensor optis dan SAR juga digunakan sebagai data verifikasi model oseanografi tumpahan minyak dimana distribusi dan penjarangan tumpahan minyak yang dimodelkan dibuktikan dengan lokasi-lokasi tumpahan minyak secara time series dari citra satelit.

5. KESIMPULAN

Penginderaan jauh satelit merupakan teknologi yang memiliki banyak kemajuan dan keunggulan dalam pemantauan tumpahan minyak dibandingkan melakukan survei langsung atau pemantauan pesawat udara yang relatif mahal. Pada pembahasan di atas telah disajikan berbagai keunggulan pada masing-masing jenis sensor dan metodenya, namun tidak ada sensor tunggal yang memiliki kemampuan untuk menyediakan semua informasi yang dibutuhkan dalam pemantauan tumpahan minyak. Sehingga dalam pelaksanaan pemantauan akan lebih baik menggunakan berbagai kombinasi sensor satelit. Disamping itu tersedianya data near real time merupakan faktor yang sangat penting dalam pemantauan tumpahan minyak tersebut.

Dalam kaitannya dalam perundingan internasional, penentuan metode yang sangat tepat untuk mendeteksi tumpahan minyak merupakan suatu hal yang mendasar. Hal ini karena kepercayaan dan akurasi metode untuk menentukan tumpahan minyak dapat digunakan untuk klaim kerusakan lingkungan akibat tumpahan minyak tersebut. Pengembangan

metode penentuan tumpahan minyak dari data satelit optis maupun radar masih perlu ditingkatkan, sehingga memiliki suatu metode yang sangat kuat dan dipercaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Dr. Bidawi Hasyim, M.Si. dan Ir. Wawan K. Harsanugraha, M.Si., yang telah memberikan masukan dan koreksinya dalam paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpers, W. and Espedal, H. 2004. Oils and Surfactants. Chapter 11 in Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Jackson, C.R. and Apel, J.R.(Eds.), 263-275.
- Akkartal, A., Sunar, F. 2008. The Usage of Radar Images in Oil Spill Detection. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. Vol.XXXXVII. Part B8. Beijing.
- Brekke, C., Solberg, A.H.S. 2005. Oil Spill Detection by Satellite Remote Sensing. Remote Sensing of environment 95 (2005) 1-13.
- Brekke, C. 2007. Automatic screening of Synthetic Aperture Radar imagery for detection of oil pollution in the marine environment. Forsvarets forskningsinstitutt/Norwegian Defence Research Establishment (FFI) Rapport.
- Clark, R.N., Swayze, G.A., Leifer, I., Livo, K.E., Lundeen, S., Eastwood, M., Green, R.O., Kokaly, R., Hoefen, T., Sarture, C., McCubbin, I., Roberts, D., Steele, D., Ryan, T., Dominguez, R., Pearson, N., and the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Team, 2010, A method for qualitative mapping of thick oil spills using imaging spectroscopy: U.S. Geological Survey Open-File Report 2010-1101., URL address: <http://pubs.usgs.gov/of/2010/1101/>
- Fingas, M., Brown, C.E. 1997. Oil Spill Remote Sensing: A Review. Oil Spill Science and Technology.
- Girard-Ardhuin F., Mercier G., Collard F., and Garello R. 2005. Operational Oil-Slick Characterization by SAR Imagery and Synergistic Data. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 30(3), 2005.
- Hu, C., Møller-Krager, F. E., Taylor, C. J., Myhre, D., Murch, B., Odriozola, A. L., *et al.* 2003. MODIS detects oil spills in Lake Maracaibo, Venezuela. EOS, Transactions, American Geophysical Union, 84(33).
- Hu, C., Li, X., Pichel, W.G., Muller-Karger, F.E. 2009. Detection of natural oil slicks in the NW Gulf of Mexico using MODIS Imagery. Geophysical Research Letters, Vol. 36, 2009.

- Indregard, M., Solberg, A., Clayton, P. (2004). D2-report on benchmarking oil spill recognition approaches and best practice. Tech. rep., Oceanides project, European Commission, Archive No. 04-10225-A-Doc, Contract No: EVK2-CT-2003-00177
- Prayogo, T., Hidayat, Arifin, S., Carolita, I., Winarso, G., Hawariyyah, S. 2010. Laporan Kegiatan T.A. 2010: Deteksi dan Analisis Sebaran Tumpahan Minyak di Laut Timor menggunakan Data Satelit Penginderaan Jauh. LAPAN. Jakarta.
- Solberg, A.H.S., Brekke C., Husøy, P. O. 2007. Oil Spill Detection in Radarsat and Envisat SAR images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, March 2007, vol. 45, no. 3, pp.746-755.
- Tseng, W. Y., & Chiu, L. S. 1994. AVHRR observations of Persian Gulf oil spills. Proceeding IGARSS'94, vol. 2.
- Salem, F., Kafatos, M. 2001. Hyperspectral Image Analysis for Oil Spill Mitigation. Proceeding at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-6 November 2001. Singapore.

BIOGRAFI PENULIS

Sayidah Sulma, S.Pi, M.Si



Email : sayidah.sulma@lapan.go.id

Pendidikan:

- Magister Sains (M.Si) pada program studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. 2012
- Sarjana Perikanan (S.Pi.) pada program studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor (IPB). 2000

Sayidah Sulma telah bekerja sebagai peneliti di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN sejak tahun 2003. Penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan aplikasi data penginderaan jauh untuk analisis sumberdaya pesisir dan laut, mitigasi bencana alam yang merupakan integrasi dari berbagai disiplin ilmu, seperti cuaca dan iklim serta interaksinya dengan sumberdaya lahan dan potensinya terhadap kebencanaan, dan analisis pencemaran lingkungan. Organisasi profesi yang diikuti adalah Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN).

Dr. rer. nat. M. Rokhis Khomarudin



Email : rokhis.khomarudin@lapan.go.id; ayah_ale@yahoo.com

Pendidikan:

- Doktor (Dr), pada Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) Munich – Germany, 2010
- Magister Sains (M.Si.), pada program studi Agroklimatologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB), 2005.

- Sarjana Sains (S.Si.) pada program studi Agrometeorologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB). 1998

Profesi sebagai Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Deputi Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, sebelumnya menjabat sebagai Kepala Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana, selain itu aktif sebagai fungsional peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Deputi Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, sejak 1 Maret 1999. Kegiatan penelitian yang telah dilakukan, pengembangan model diaplikasikan untuk berbagai tipe bencana. Organisasi profesi yang diikuti adalah Anggota pada Indonesian Agricultural Meteorology Society, Anggota pada Indonesian Remote Sensing Society, Anggota pada American Geoscience Union, dan Anggota pada European Geoscience Union.

Dra. Nanik Suryo Haryani, M.Si



Email : naniksuryo@yahoo.com

Pendidikan:

- Magister Sains (M.Si.) pada program studi Ilmu Lingkungan, Program Paskasarjana Universitas Indonesia (UI), 1997
- Sarjana (Dra.) Jurusan Penginderaan Jauh (Remote Sensing), Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada (UGM). 1983.

Nanik Suryo Haryani telah bekerja sebagai peneliti di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN sejak tahun 1992. Penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan aplikasi data penginderaan jauh untuk mitigasi bencana alam yang merupakan integrasi dari berbagai disiplin ilmu, seperti cuaca dan iklim serta interaksinya dengan sumberdaya lahan (hutan dan perkebunan) dan potensinya terhadap kebencanaan (banjir, longsor, kekeringan, kebakaran hutan). Organisasi profesi yang diikuti adalah Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN).