

Deteksi Tumpahan Minyak Menggunakan Citra MODIS dengan *Thresholding* Optimal

M Irsyad Awaludin
R&D
PT. IEC Indonesia
Sukabumi, Indonesia
muhammadirsyadawaludin@gmail.com

Abstrak—Setiap tahun, jutaan galon minyak mengalir ke lautan. Tumpahan minyak harus ditemukan dan dikenali secepat mungkin untuk melakukan kegiatan pemulihan laut yang hemat biaya. Teknologi Pemrosesan Citra Satelit menghadirkan metode pendeteksian tumpahan minyak untuk mengatasi polusi yang melanggar hukum ini. Studi ini menyajikan pendekatan baru untuk deteksi dini tumpahan minyak yang disebabkan oleh sumber stasioner lepas pantai. Hasilnya dicapai setelah mempelajari data yang diperoleh oleh sensor optik pasif seperti *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Skema pemrosesan yang ditetapkan terdiri dari tiga pendekatan untuk *Thresholding optimal* gambar MODIS: *Thresholding - By Index, By Value, dan By Function*, diikuti dengan integrasi semua algoritma untuk mendeteksi potensi tumpahan minyak. Kesamaan dan karakteristik tumpahan minyak dipisahkan melalui segmentasi dalam persiapan ekstraksi tumpahan minyak. Metode empiris baru ini, *Thresholding - By Index, By Value, By Function*, divalidasi berdasarkan perbedaan antara warna RGB gambar dan nilai ambangnya. Menggunakan Metodologi Deteksi Tepi, juga memungkinkan untuk mengidentifikasi perubahan tekstur unik antara tumpahan minyak dan fitur lainnya, yang menghasilkan penurunan positif palsu. Efektivitas algoritma yang dirancang untuk identifikasi dan pemantauan tumpahan minyak waktu nyata juga diperiksa secara eksperimental melalui pengembangan laporan dengan akurasi 93%.

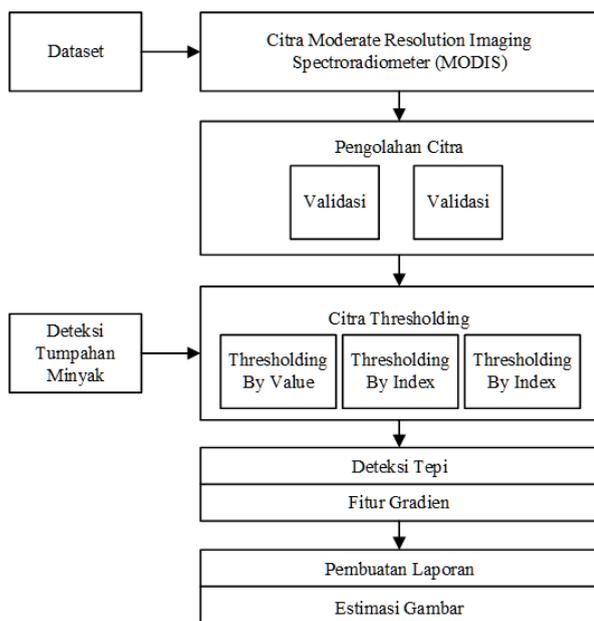
Kata Kunci—Citra MODIS, Citra *Thresholding*, Deteksi Tepi.

I. PENGANTAR

Tumpahan Minyak berdampak parah pada lingkungan laut; itu adalah kontaminasi cepat yang menyebar dengan cepat ke seluruh badan air. Rembesan alami di dasar laut memberikan sejumlah besar minyak mentah ke laut. Rembesan alami menyumbang 47% minyak mentah yang masuk ke lingkungan laut. Namun, angka-angka ini tunduk pada ketidakpastian yang signifikan. Deteksi permukaan licin yang tepat waktu dan akurat dapat membantu meningkatkan perkiraan laju rembesan, memantau tumpahan minyak, dan mengelola sumber daya pesisir. Teknik penginderaan jauh sering digunakan untuk menilai penyebaran dan nasib lapisan minyak di permukaan laut. Program ini secara eksklusif menggunakan data dari sensor *airborne visible* (VIS) dan infrared (IR), yang memiliki beberapa kelemahan, termasuk kegagalan untuk membedakan antara tumpahan minyak dan permukaan laut di sekitarnya, serta ketidakmampuan untuk mengumpulkan data pada malam hari (VIS). atau dalam cuaca buruk [14].

Mereka mungkin juga tidak ideal untuk memperkirakan tingkat rembesan minyak alami, termasuk visual, inframerah, microwave, dan sensor radar [6]. Namun, sebagian besar estimasi ini, serta deteksi tumpahan minyak dari sumber lain, bergantung pada data *Synthetic Aperture Radar* (SAR), yang memiliki keterbatasan dalam hal cakupan, frekuensi kunjungan ulang, dan biaya [1][3] [11]. Sebagai bukti konsep, gambar resolusi tinggi yang terlihat dari fotografi udara atau sensor Landsat TM/ETM+ telah digunakan, tetapi memiliki keterbatasan yang sebanding. Hu dkk. [2003] adalah yang pertama menggunakan MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) data satelit operasional untuk mendeteksi dan memantau tumpahan minyak di muara keruh, menunjukkan manfaat dari beberapa foto per minggu tanpa biaya. [1][5]. Satelit Terra (EOS AM) dan Aqua (EOS PM) keduanya memiliki MODIS sebagai instrumen yang signifikan [5][6]. Pesawat ruang angkasa Terra (EOS AM-1) memiliki Instrumen Penerbangan MODIS pertama, Model Penerbangan Proto atau PFM. Terra berhasil diluncurkan pada 18 Desember 1999. Pesawat ruang angkasa Aqua (EOS PM-1) memiliki instrumen penerbangan MODIS kedua, Flight Model 1 atau FM1, yang berhasil diluncurkan pada 4 Mei 2002. Untuk populasi pengguna yang besar dan beragam di seluruh dunia, instrumen MODIS ini akan memberikan pandangan sekilas yang belum pernah terjadi sebelumnya pada fenomenologi terestrial, atmosfer, dan laut. Orbit Terra di sekitar Bumi diatur untuk melintasi ekuator dari utara ke selatan di pagi hari, sedangkan Aqua melintasi ekuator dari selatan ke utara di sore hari. Setiap 1 hingga 2 hari, Terra MODIS dan Aqua MODIS [6] mensurvei seluruh permukaan bumi, mengumpulkan data dalam 36 pita spektral dengan panjang gelombang mulai dari 0,4 m hingga 14,4 m dengan resolusi spasial yang berbeda (2 pita pada 250 m, lima pita pada 500 m dan 29 pita pada 1 km). Temuan ini akan membantu kita lebih memahami dinamika dan proses global di darat, di laut, dan di atmosfer yang lebih rendah. Mereka dibuat untuk mengukur dinamika global skala besar, seperti perubahan tutupan awan Bumi, anggaran radiasi, dan proses di lautan, di darat, dan di atmosfer yang lebih rendah. Kalibrasi dalam penerbangan disediakan oleh tiga kalibrator onboard (difuser surya dengan monitor stabilitas diffuser surya, rakitan kalibrasi radiometrik spektrum, dan benda hitam). MODIS menggunakan Pelampung Optik Laut untuk kalibrasi perwakilan. Tumpahan minyak seperti yang terjadi di Teluk Meksiko setiap hari, dan lebih banyak lagi telah terjadi di masa lalu di lautan dunia dan saluran air lainnya [2][3]. Tumpahan minyak Teluk Meksiko tidak sepenuhnya

terbendung sampai akhir Juli 2010, dan diperkirakan 53.000 barel minyak per hari dilepaskan ke Teluk Meksiko selama keberadaan bencana. Sekitar 5 juta barel minyak dibuang, menjadikannya bencana minyak kecelakaan terbesar di dunia. MODIS sangat penting untuk menciptakan model sistem Bumi yang terverifikasi, global, dan interaktif yang dapat memprediksi perubahan global secara memadai dan memungkinkan pembuat kebijakan membuat keputusan cerdas tentang perlindungan lingkungan. Penggunaan serupa di lingkungan laut terbuka, di sisi lain, tidak ditemukan dalam penelitian peer-review. Berbagai tahapan pengolahan citra MODIS digambarkan pada Gambar 1. Analisis ambang batas digunakan dalam artikel ini untuk menemukan pita komposit warna palsu berdasarkan data MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) di area tumpahan minyak [10]. Citra tersebut kemudian diolah, termasuk kumpulan kualitas atau kriteria. [2][5][9] Segmentasi citra menggunakan dua metodologi: *thresholding* adaptif dan (ii) deteksi tepi. Teknik yang berbeda digunakan untuk mendeteksi zona kebocoran minyak: *Thresholding By Value*, (ii) *Thresholding By Index*, dan (iii) *Thresholding By Function*. Sistem memverifikasi kumpulan data besar foto dan laporan lokasi tumpahan minyak. Analisis laporan mengekstrak temuan eksperimental untuk wilayah tumpahan minyak bersama dengan parameter statistik karakteristik. Perancangan algoritma pengolahan citra ini bertujuan untuk menemukan dan memetakan tumpahan minyak pada citra satelit MODIS menggunakan teknik yang sesuai.



Gambar 1: Tahapan Pengolahan Citra MODIS

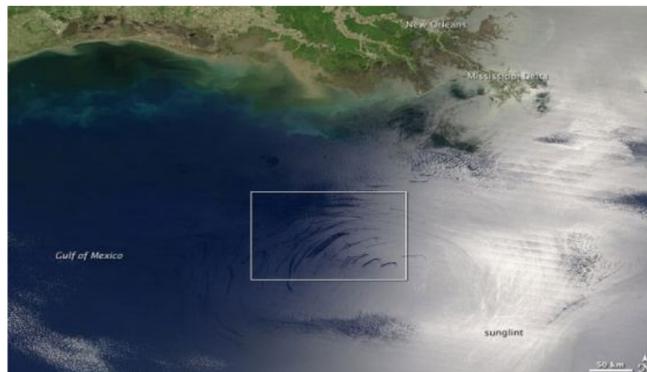
II. METODOLOGI

A. Ketersediaan

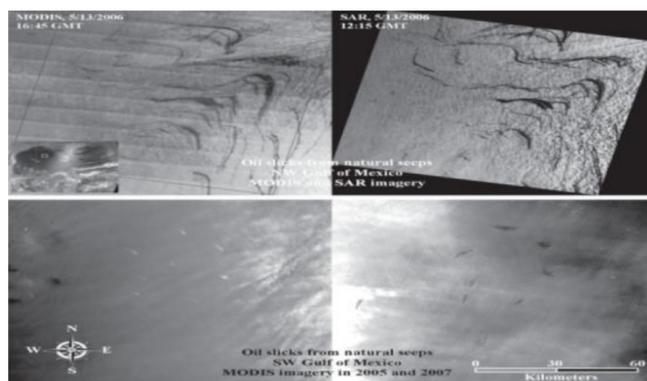
Aliran data MODIS mentah dapat diperoleh secara *real-time* melalui antenna pelacak berkat kemampuan siaran langsung instrumen dan situs web MODIS. Sebagai alternatif, data ilmiah dapat ditemukan di berbagai situs World Wide Web dan arsip FTP, seperti ECHO Reverb, metadata generasi berikutnya dan mesin penemuan layanan yang telah menggantikan *Warehouse Inventory and Search Tool* (WIST) sebelumnya.

B. Overview

Sampel gambar MODIS telah diproses sebelumnya dan diperiksa untuk format BMP yang sesuai. Menerapkan berbagai metode ambang batas dan memperkirakan jumlah piksel tumpahan minyak secara keseluruhan dan area, fitur tumpahan minyak ditemukan. Mengontrol dan memprediksi tumpahan minyak bisa sangat menantang. Kebocoran minyak Teluk Meksiko 2010 adalah tumpahan lepas pantai yang paling signifikan dalam sejarah AS [2][3], seperti yang ditunjukkan pada Gambar.2.



Gambar 2: Bencana Minyak Teluk Meksiko 2010



Gambar 3: Bintik-bintik gelap dalam perbandingan citra MODIS dan SAR

C. Pengolahan Citra

Preprocessing [2][3] dilakukan sebelum membangun algoritma untuk mengidentifikasi tumpahan minyak untuk menentukan apa yang membuat tumpahan minyak terlihat berbeda. Di bawah cahaya alami, air tampak biru, awan tampak putih, dan daratan yang ditumbuhi flora tampak hijau. Saat melihat foto-foto, rona minyak, air, dan medan bervariasi. Tiga nilai mewakili komponen merah, hijau, dan biru gambar. *thresholding* juga dimungkinkan dengan foto berwarna. Salah satu metode adalah dengan menetapkan ambang batas yang berbeda untuk setiap komponen RGB gambar, kemudian menggabungkannya menggunakan operasi AND. Ini menggambarkan bagaimana kamera beroperasi, dan data disimpan di komputer, tetapi tidak mencerminkan bagaimana individu melihat warna. Akibatnya, model warna HSL dan HSV lebih sering digunakan. Model warna CMYK juga dapat digunakan. Pada Gambar 4, setiap piksel dari gambar berwarna terdiri dari beberapa nilai RGB. Gambar kemudian divalidasi

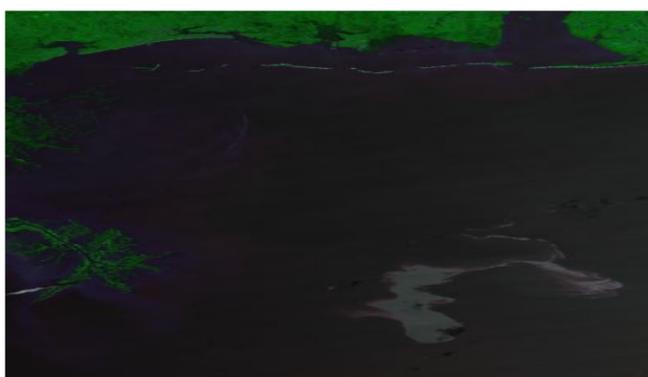
untuk format dan ukuran BMP, dan nilai piksel dibaca. Menggunakan "pengambil sampel piksel", gambar MODIS yang dikumpulkan diperiksa untuk nilai pikselnya. Penggunaan pendengar mouse memungkinkan pengguna untuk sampel minyak, air, dan tanah dengan mengklik gambar.

Color	R	G	B
	255	0	0
	0	255	0
	0	0	255
	255	0	255
	255	255	0
	0	0	0
	255	255	255

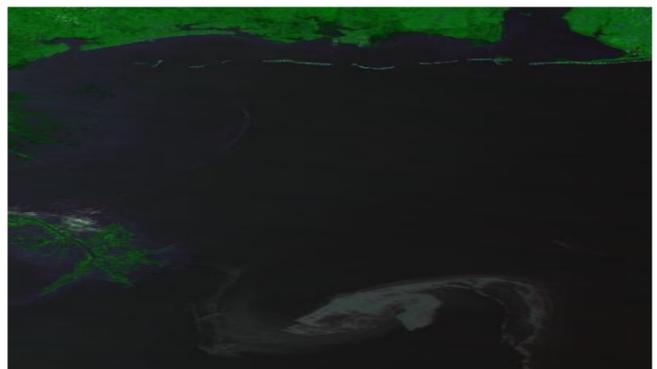
Gambar 4: Nilai RGB

D. Adaptive Thresholding

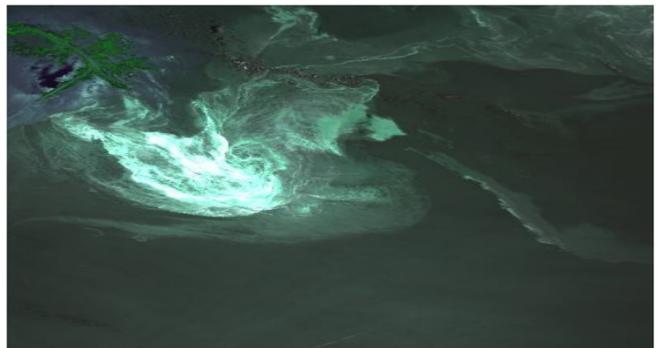
Segmentasi citra menggunakan *Adaptive Thresholding* [2][13][7], yang menetapkan ambang deteksi tetap untuk setiap piksel. Metode ini telah terbukti dapat diandalkan dan mudah digunakan. Kecepatan angin mempengaruhi pemisahan ambang batas terbaik. Karena data kecepatan angin hilang pada penelitian sebelumnya [2], ambang batas ditetapkan ke 50 untuk memberikan hasil terbaik. Gambar MODIS sebagian besar diproses dan disimpan dalam format bitmap (BMP). Setiap foto harus memiliki resolusi 400x450 piksel, dan nilai ambang 42 secara manual disesuaikan untuk memperhitungkan data kecepatan angin. Untuk analisis laporan, tanggal akuisisi gambar juga disediakan dan informasi gambar. Gambar 5 menunjukkan contoh foto MODIS dalam format BMP.



MODIS.2010115.bmp



MODIS.2010115.bmp



MODIS.2010145.bmp

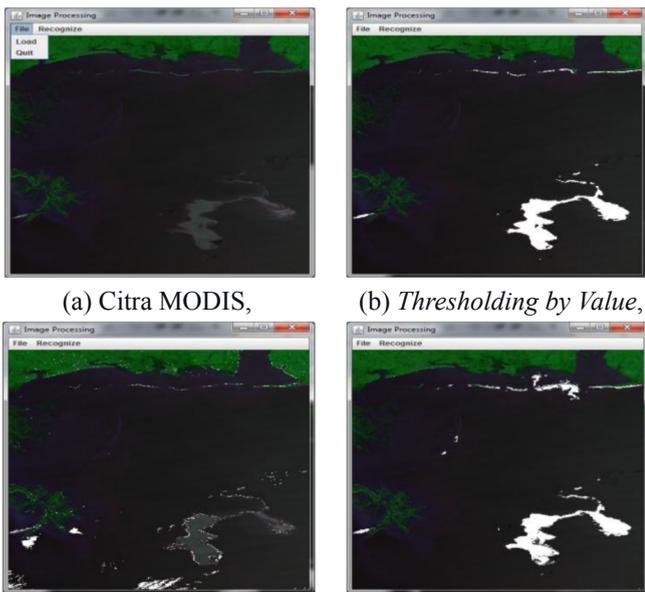
Gambar 5: Format Citra MODIS

Algoritma untuk Thresholding: Saat memperbaiki algoritma, jumlah piksel minyak yang salah label dikurangi dengan menggunakan plot pencar, nilai/fungsi ambang yang berbeda, dan strategi penjataan pita. Atau, tiga algoritma digunakan untuk menilai kinerja relatif untuk membuat gambar MODIS yang diproses. Citra diperiksa menggunakan algoritma *Thresholding by Value* untuk menentukan nilai RGB dari warna piksel merah (R); jika kurang dari 40, tumpahan minyak terdeteksi. Pendekatan kedua, *Thresholding by Index*, digunakan untuk menggambarkan gambar yang mengandung tumpahan minyak secara tepat. Penjataan pita membagi piksel dalam satu pita spektral dengan nilai piksel pada pita kedua. Perbedaan kurva reflektansi spektral dari jenis permukaan yang berbeda dapat dilihat [4][5][8]. *Thresholding by Index* adalah *Band Rationing Technique* (BRT) yang membandingkan nilai RGB merah dan biru dan menghitung selisih $[(\text{biru}-\text{merah}) / (\text{biru} + \text{merah})]$. Warna air, tanah, dan daerah tumpahan minyak akan dilacak secara acak dengan nilai BRT. Akhirnya, nilai indeks akan dihitung, dan daerah tumpahan minyak akan disimpulkan. Lokasi tumpahan minyak pusat akan ditampilkan sebagai perbatasan, sedangkan daerah yang lebih rendah akan diberi titik. Meskipun demikian, tidak ada teknik atau algoritme yang dapat mengidentifikasi kebocoran oli sepenuhnya. Akurasi dicapai dengan menggabungkan teknik ketiga, *Thresholding by Function*, yang menyelidiki nilai RGB hijau (G) dan merah (R) untuk menentukan ambang (R). Minyak dikenali jika nilai hijau kurang dari 3 bila dibandingkan dengan $(\text{merah} - 20)$, yaitu, $\text{hijau} < 3 * (\text{merah} - 20)$ piksel. Menggabungkan tiga metode *Thresholding* yang disajikan pada Gbr.8 menghasilkan tumpahan minyak yang salah

label. Algoritma tidak pernah bisa sempurna dalam aplikasi dunia nyata. (i) Tanah (kunci) yang teridentifikasi sebagai tumpahan minyak (ii) Piksel tumpahan minyak yang tidak terdeteksi) tetap ada di foto yang diproses. Kita dapat mengambil sampel dan menambahkan piksel yang salah label ke plot pencah. Gambar 7 menggambarkan perbandingan yang jelas dari semua algoritma dan deteksi tepi. Dengan membuat menu file menggunakan Java/JFrame, jendela dirancang untuk mengimpor gambar MODIS dalam format aslinya. Opsi menu untuk ketiga algoritme dan pendekatan deteksi tepi dicantumkan saat menambahkan menu Kenali file.



Gambar 6: Bencana minyak Teluk Meksiko 2010 adalah tumpahan lepas pantai terbesar di negara itu.



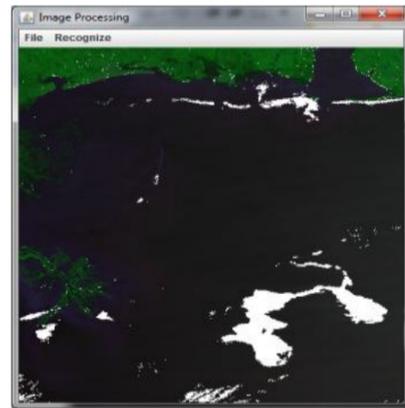
(a) Citra MODIS,

(b) *Thresholding by Value*,

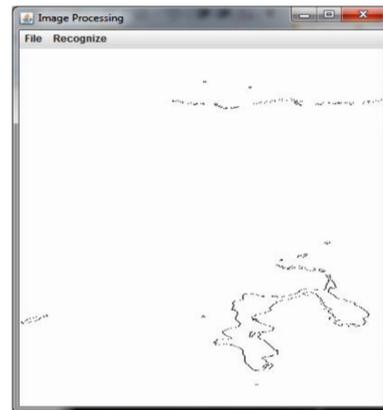
(c) *Thresholding by Index*, (d) *Thresholding by Function*

Figure 7: Perbandingan Citra MODIS

Deteksi Tepi: Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9, metode ini membantu ambang batas gambar dengan mendistribusikan varians dan menetapkan batas berbintik gelap di sekitar area dampak terbesar [2][3]. Perbedaan nilai warna antara piksel di sekitarnya berbeda dari piksel tetangga, yang menunjukkan tumpahan. Di lokasi tumpahan minyak yang berlebihan, rasio RGB akan berbeda dari area yang tidak terpengaruh, ditekankan dan dibatasi oleh bercak hitam. Deteksi tepi mungkin tidak diterapkan untuk area yang rusak ringan dan dapat disalahartikan sebagai wilayah air [9]. Bayangan gelombang dan halangan lainnya akan muncul sebagai tumpahan minyak dalam pencitraan SAR, yang tidak terlihat dalam fotografi MODIS [2][3], sehingga memudahkan untuk menemukan tumpahan minyak dengan akurasi yang tepat.



Gambar 8: Semua Algoritma Dilihat Bersama



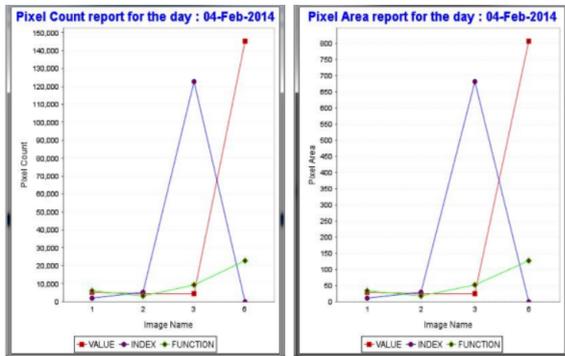
Gambar 9. Deteksi Tepi

Deteksi Tepi menciptakan efek penyorotan dengan menguraikan zona tumpahan minyak yang signifikan di titik-titik gelap [2] dan membiarkan sisa area kosong, yang mewakili air, tanah, dan lamun [7][12]. Pembaca piksel membaca gambar dari kiri ke kanan menggunakan analisis rasio RGB, berhenti membaca jika ada perubahan nilai *red* (R), *green*(G), atau *blue*(B) berdasarkan piksel tumpahan minyak, yang ditandai sebagai titik gelap, menghasilkan tampilan batas yang menunjukkan area utama yang terkena. Akhirnya, semua algoritma terintegrasi, dan menu file pengenalan ditambahkan untuk memberikan hasil setiap algoritma dengan satu klik.

III. HASIL DAN DISKUSI

Thresholding telah mengungkapkan kemampuan unik peralatan MODIS dalam mendeteksi tumpahan minyak. Dengan memperluas cakupan dan frekuensi kunjungan ulang, gambar sampel dari MODIS kontemporer menunjukkan potensi untuk menganalisis area tumpahan minyak yang luas. Temuan kami menunjukkan bahwa tingkat rembesan di Teluk Meksiko mungkin telah disalahartikan dalam studi sebelumnya, tetapi penyelidikan yang lebih menyeluruh diperlukan untuk menentukan tingkat rembesan minyak tahunan. Foto-foto yang diperoleh menjadi sasaran teknik *preprocessing* dan segmentasi baru. Selain itu, teknik segmentasi seperti *thresholding* adaptif dan deteksi tepi digunakan. Sementara pendekatan jaringan saraf tidak menghasilkan klasifikasi yang sempurna, tampaknya relatif tahan terhadap noise [2][5]. Akurasi segmentasi keseluruhan dikonfirmasi terhadap data MODIS yang ditinjau secara pribadi menggunakan deteksi tepi dan ambang batas adaptif. Penyertaan kompleksitas dalam

ekstraksi fitur telah dihilangkan, yang meningkatkan akurasi dan ketahanan citra MODIS [5]. Akhirnya, foto-foto yang diperlukan untuk menghasilkan laporan diunggah. Menu file lain dibuat pada halaman jendela yang sama untuk meningkatkan penyelidikan yang dapat dipahami. Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 10, opsi menu terdiri dari riwayat berbagai laporan yang dihasilkan sebelumnya. Pada Gambar 11, laporan juga disediakan dalam lembar excel, termasuk daerah tumpahan minyak yang terdeteksi dalam kaki persegi dan jumlah piksel keseluruhan.



Gambar 10: Pembuatan Laporan

IV. KESIMPULAN

Artikel ini menggunakan tiga pendekatan thresholding yang berbeda untuk mendeteksi tumpahan minyak pada gambar MODIS. Thresholding dapat dilakukan dengan tiga cara: berdasarkan nilai, indeks, dan fungsi. Tumpahan minyak di wilayah laut yang terkena dampak dipantau dan dilacak menggunakan foto MODIS waktu nyata. Analisis nilai RGB menyegmentasi lamun, air, tanah, dan tumpahan minyak untuk pemisahan. Hasil yang diperoleh mengungkapkan bahwa kekokohan dan ketergantungan citra MODIS dalam mengidentifikasi tumpahan minyak berhasil ditunjukkan. Komitmen utama kami adalah menyediakan informasi yang komprehensif dan tepat waktu mengenai tumpahan minyak yang menyebar dengan cepat di lautan. Hal ini memungkinkan untuk melihat data saat ini dengan cepat dan mengurangi kebutuhan akan interpretasi manusia. Ketika metode Deteksi Tepi diterapkan pada tumpahan minyak yang diperoleh dengan data satelit (MODIS), tepi tumpahan digambarkan memiliki kecerahan dan kontinuitas yang seragam, sebanding dengan permukaan air laut di sekitarnya. Hasilnya tampak sesuai, bahkan jika MODIS meremehkan jumlah area yang tumpah karena variasi dalam sampel foto yang diambil. Integrasi lengkap teknik ambang batas dengan sensor MODIS akan memungkinkan kita untuk melakukan pengamatan lebih sering jika hasil ini diverifikasi dengan mempelajari lebih banyak foto. Ini akan meningkatkan kemampuan untuk memantau evolusi lapisan minyak hampir secara *real-time*.

REFERENSI

[1] Giacomo De Carolis, Maria Adamo, and Guido Pasquariello, "On the Estimation of Thickness of Marine Oil Slicks From Sun-Glittered, Near-Infrared MERIS and MODIS Imagery: The Lebanon Oil Spill Case Study", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing Vol. 52, No. 1, Jan 2014.

[2] Suman Singha, Tim J. Bellerby, and Olaf Trieschmann, "Satellite Oil Spill Detection Using Artificial Neural Networks", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 6, No. 6, Dec 2013.

[3] Singha, S. Dept. of Geogr., Univ. of Hull, Kingston upon Hull, UK Bellerby, T.J.; Trieschmann, O. "Detection and classification of oil spill and look-alike spots from SAR imagery using an Artificial Neural Network", Geosciences and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, July 2012.

[4] Bulgarelli, B. Joint Res. Centre of the Eur. Comm., Ispra, Italy Djavidnia, S. "On MODIS Retrieval of Oil Spill Spectral Properties in the Marine Environment", Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE (Volume:9, Issue: 3), May 2012.

[5] De Carolis, G. Inst. for Electromagn. Sensing of the Environ., Milan, Italy Adamo, M.; Pasquariello, G. "Thickness estimation of marine oil slicks with near-infrared MERIS and MODIS imagery" The Lebanon oil spill case study, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, July 2012.

[6] Solberg, A.H.S. Dept. of Inf., Univ. of Oslo, Oslo, Norway, "Remote Sensing of Ocean Oil-Spill Pollution", Proceedings of the IEEE (Volume: 100, Issue: 10), Oct. 2012.

[7] R. R. Ganta, S. Zaheeruddin, N. Baddiri, and R. R. Rao, "Segmentation of oil spill images with illumination-reflectance based adaptive level set model," IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens., vol. 5, no. 5, pp. 1394-1402, 2012.

[8] Hua Bo Dept. of Electr. & Comput. Eng., Shanghai Maritime Univ., Shanghai, China Jun Zhang; Xiaofeng Wang, "Improving Spectral Clustering Algorithm Based SAR Spill Oil Image Segmentation", Network Computing and Information Security (NCIS), 2011 International Conference on (Volume:2), May 2011.

[9] Zhang Yongzhi Li Hujun; Xiao, Wang; Wu Dan, "Edge Extraction of Marine Oil Spill in SAR Images", Challenges in Environmental Science and Computer Engineering (CESCE), 2010 International Conference on (Volume:1), March 2010.

[10] Kang Xiao State Key Lab. of Marine Geol., Tongji Univ., Shanghai, China Huiping Xu, "Detection of Oil Spill in Mexico Gulf Based on MODIS Data", Multimedia Technology (ICMT), 2010 International Conference, Oct. 2010.

[11] Del Frate, F. Dipt. di Informatica Sistemi e Produzione, Tor Vergata Univ., Rome, Italy Salvatori, L., "Oil spill detection by means of neural networks algorithms: a sensitivity analysis, Geoscience and Remote Sensing Symposium", IEEE International (Volume:2), Sept. 2004.

[12] M. Pathagama and Ö. Göl, "Edge-end pixel extraction for edge-based image segmentation", Trans. on Engg., Computing and Technology, Vol. 2, pp. 213-216, 2004.

[13] A. Solberg, G. Stovik, R. Solberg, and E. Volden, "Automatic detection of oil spills in ERS SAR images," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 4, pp. 1916-1924., 1999.

[14] M. F. Fingas and C. E. Brown, "Review of oil spill remote sensing", Spill Sci. Technol. Bull., vol. 4, no. 4, pp. 199-208, 1997.