

Pemantauan Kebocoran Minyak (*Oil Spill*) dengan Metode Remote Sensing Berbasis Google Earth Engine Di Laut Lhokseumawe

Ahmad Zakki Fadilurrahman¹, Akmal Adnan Attamami¹, Yasma Aziza Ul Akrimah¹

¹Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145.

Email: hmadzakki@student.ub.ac.id, akmaladnan99aa@student.ub.ac.id, yasmaaziza@student.ub.ac.id

Abstrak. Indonesia telah dikenal sebagai negara maritime terbesar di dunia dengan tingkat produksi hasil tambang pada sektor migas yang cukup tinggi. Dengan tingginya kegiatan produksi dan transportasi migas laut yang dilakukan serta melewati lalu lintas pelayaran internasional yang cukup besar tidak dipungkiri menyebabkan potensi pencemaran perairan akibat tumpahan minyak (*oil spill*) tinggi.. Resiko tumpahan minyak pada daerah perairan ini perlu diperhatikan baik dalam upaya preventif ataupun mitigasi pencemaran yang telah terjadi. Adapun insiden tumpahan minyak yang telah terjadi pada Kawasan regional seperti insiden kebocoran minyak di laut Lhokseumawe pada tahun 2022. Dalam mitigasi yang dilakukan didasarkan pada Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 263 Tahun 2020, dimana upaya pengawasan, pelaporan, dan mitigasi pencemaran laut yang dilakukan masih menggunakan metode konvensional mengandalkan mobilisasi atau survey lapangan secara langsung. Cara ini tentunya akan sulit dilakukan dan bersifat tidak efektif karena dapat terbatas oleh sumber daya manusia yang dimiliki dan letak wilayah geografis tertentu. Dengan demikian, metode pengawasan lain diperlukan bersifat mudah, akurat, dan ekonomis. Adapun solusi yang dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi remote sensing dengan citra satelit untuk menentukan nilai NDTI (Normalized Difference Turbidity Index). Indeks ini dapat digunakan untuk menentukan seberapa tercemar perairan yang diawasi. Data set ini dapat diakses pada google earth engine sehingga korelasi data tingkat pencemaran yang terawasi pada daerah terkonfirmasi dapat ditentukan. Selain itu, hasil perhitungan indeks ini juga dapat mengkonfirmasi tumpahan minyak yang terjadi pencemaran terjadi. Sehingga diharapkan metode yang diajukan ini dapat mempermudah mitigasi bencana secara efisien.

Kata kunci: *Mitigasi, oil spill, Remote Sensing, Google Earth Engine, Cloud Computing*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan ketersediaan sumber daya alam yang melimpah dan bervariasi dibuktikan dengan tingginya hasil pemanfaatan dan eksploitasi hasil tambang berupa minyak bumi dan gas alam (Aanisah, 2020; Widodo, 2020). Sayangnya, selain membawa dampak positif bagi negara berkembang terhadap bidang industri, transportasi, dan ekonomi. Eksploitasi hasil tambang khususnya minyak bumi dapat menghasilkan dampak negatif yang signifikan berupa pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan yang dapat terjadi disebabkan oleh tumpahan minyak atau *oil spill* (Purnaweni et al., 2022). Tingkat resiko terjadinya tumpahan minyak tidak hanya dikaitkan dengan proses eksploitasi minyak yang dilakukan di wilayah perairan, namun dapat juga terjadi pada proses pengangkutan dan transportasi minyak antar daerah (Ishak et al., 2020). Proses transportasi minyak dapat memiliki resiko kecelakaan yang lebih besar pada wilayah dengan aktivitas transportasi minyak yang tinggi.

Oil spill yang terjadi pada wilayah laut dapat memiliki dampak negatif yang cukup besar dalam bidang kesehatan komunitas, sosial-ekonomi, dan kerusakan ekosistem perairan (Eklund et al., 2019). kesehatan komunitas berkaitan dengan kondisi masyarakat sekitar yang terdampak zat tercemar. Dalam bidang sosial ekonomi berkaitan dengan penutupan aktivitas ekonomi nelayan dikarenakan kerusakan ekosistem yang mempengaruhi sumber daya perikanan. Kerusakan jangka panjang dapat ditimbulkan, dengan mengambil contoh peristiwa *oil spill* yang terjadi pada daerah selatan Prince William Sound, AK USA. kejadian tersebut melibatkan 40.8 juta liter *crude oil* tumpah dan menghasilkan efek racun mengakibatkan kematian masal ikan dan burung (Valdez et al., 2021). Sebenarnya, dampak *oil spill* yang dihasilkan akan bergantung pada pencegahan, kesiapan, dan respon mitigasi sebelum pencemaran dapat menyebar secara luas (Ishak et al., 2020; Purnaweni et al., 2022).

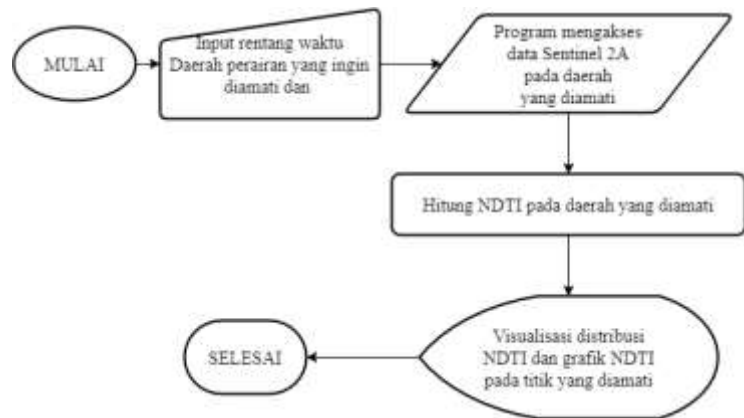
Langkah-langkah penanganan *oil spill* telah disebutkan berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan RI Nomor KM 263 Tahun 2020 yang menyebutkan kesiapan pencegahan dilakukan dengan pengawasan rutin dilakukan oleh pihak-pihak pada unit kegiatan yang berpotensi menimbulkan pencemaran. Selain itu, unit-unit khusus dapat dibentuk untuk melakukan pengawasan secara langsung dan melakukan pelaporan baik oleh pihak pengawas ataupun pihak lain yang mengetahui terjadinya pencemaran. Walaupun demikian, metode ini dapat dikatakan memiliki keterbatasan terutama dalam melakukan *monitoring* di wilayah perairan yang luas. Hal ini dikarenakan akan memerlukan jumlah personel dan energi yang lebih. Maka, suatu metode yang lebih efisien diperlukan dalam melakukan tindakan *monitoring* sebagai upaya pencegahan, mitigasi, dan pengontrolan polutan disebabkan oleh *oil spill* (Akbar et al., 2020).

Salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan penggunaan metode *remote sensing* memanfaatkan citra satelit. Metode ini dapat memiliki keunggulan berupa efisiensi yang tinggi dan dapat memantau secara tepat waktu untuk melakukan *monitoring* pencemaran disebabkan oleh *oil spill* pada daerah perairan yang luas (Ning et al., 2018). Metode ini lebih efisien disebabkan pengawasan tidak dilakukan secara langsung dan tidak terbatas oleh lokasi pengawas. Pada paper ini kami akan menyajikan suatu metode pengawasan menggunakan *remote sensing* didasarkan pada perubahan parameter citra satelit yaitu indeks spektral *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI). metode

yang dilakukan dengan basis *cloud computing* memanfaatkan Google Earth Engine untuk menganalisis informasi yang didapatkan dan dapat terhubung dengan data set sentinel 2A. metode pengawasan diuji untuk menganalisis pencemaran yang terjadi pada bencana *oil spill* yang telah terjadi di Indonesia yaitu pada perairan Lhokseumawe pada tahun 2022.

METODE

Penelitian terkait monitoring tumpahan minyak pada area perairan dengan metode *remote sensing* menggunakan satelit sentinel 2A dilakukan dalam empat langkah yang dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Dataset Sentinel 2A

Dalam metode yang dilakukan menggunakan data raster satelit Sentinel 2A. Dataset ini didapatkan dari dua buah satelit yaitu Sentinel-2 yang merupakan salah satu misi dari Copernicus yang dilakukan oleh European Space Agency (ESA). Satelit Sentinel-2 sangat cocok digunakan memantau variabilitas kondisi permukaan bumi dan atmosfer dengan dilengkapi oleh berbagai sensor dan waktu *revisit* satelit yang relatif cepat yaitu 10 hari pada posisi equator dengan satu satelit, 5 hari dengan 2 satelit, dan dalam kondisi bebas awan yang menghasilkan 2-3 hari di pertengahan garis lintang (European Space Agency, 2021). Adapun sensor yang digunakan disebutkan dalam Tabel 1. dengan spesifikasi resolusi hingga akurasi 10 meter. Selanjutnya data *band* dipilih yaitu Band-Red dan Band-Green yang akan digunakan untuk menentukan indeks NDTI.

Tabel 1. Rincian Spesifikasi Sensor Sentinel-2

Sentinel-2 bands	Panjang gelombang pusat (µm)	Resolusi (m)
Band 1- Coastal aerosol	0.443	60
Band 2- Blue	0.490	10
Band 3- Green	0.560	10
Band 4- Red	0.665	10
Band 5- Vegetation red edge	0.705	20
Band 6- Vegetation red edge	0.740	20
Band 7- Vegetation red edge	0.783	20
Band 8- NIR	0.842	10
Band 8A- Vegetation red edge	0.865	20
Band 9- Water vapor	0.945	60
Band 10- SWIR-Cirrus	1.375	60
Band 11- SWIR	1.610	20
Band 12- SWIR	2.190	20

Perhitungan Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)

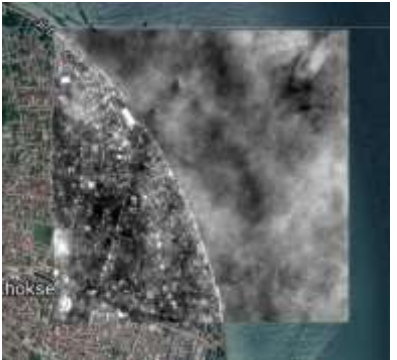
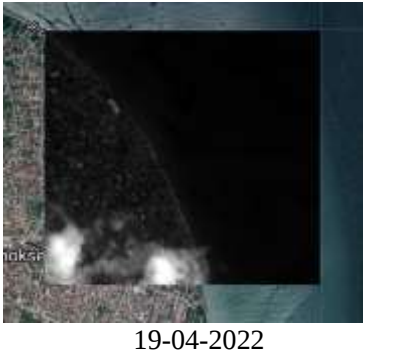
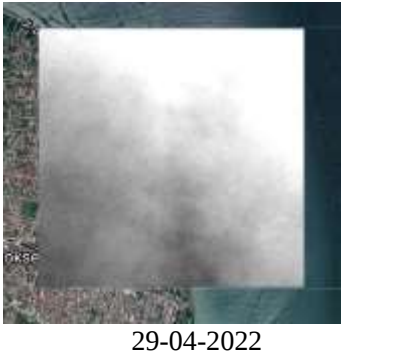
NDTI merupakan salah satu indeks spektral yang dapat ditentukan dari band sensor Red dan Green dari data citra satelit. Untuk melakukan *monitoring* pada daerah menggunakan citra satelit akan sangat efektif menggunakan jenis

indeks spektral ini. Hal ini dikarenakan radiasi spektrum berwarna merah dan hijau cukup banyak diserap oleh daerah perairan. Dengan demikian, NDTI dapat digunakan untuk mengukur seberapa keruh perairan terhadap bahan pencemar (Lacaux et al, 2007). Nilai NDTI dapat ditentukan selanjutnya dengan persamaan 1 sebagai berikut.

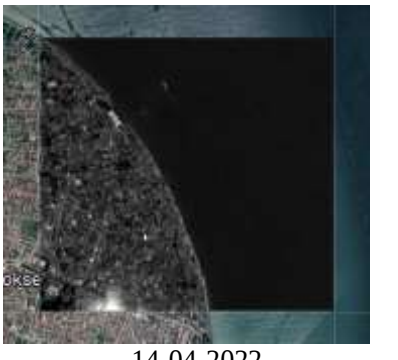
$$NDTI = \frac{R_{red} - R_{green}}{R_{red} + R_{green}} \tag{1}$$

Perhitungan nilai NDTI dilakukan pada 3 titik terkonfirmasi tumpahan minyak yaitu (97.148411, 5.192726), (97.148775, 5.192173), dan (97.148587, 5.192483). Nilai NDTI akan diambil pada rentang waktu terkonfirmasinya tumpahan minyak yang terjadi pada tanggal 24 April 2022, sehingga data raster band yang kami gunakan diambil pada waktu *revisit* awal yaitu tanggal 4 April 2022 hingga 29 April 2022 setelah waktu pencemaran terkonfirmasi.

Tabel 2. Data Citra Raster Band 3- Green Tiap Waktu

		
04-04-2022	09-04-2022	14-04-2022
		
19-04-2022	24-04-2022	29-04-2022

Tabel 3. Data Citra Raster Band 4- Red Tiap Waktu

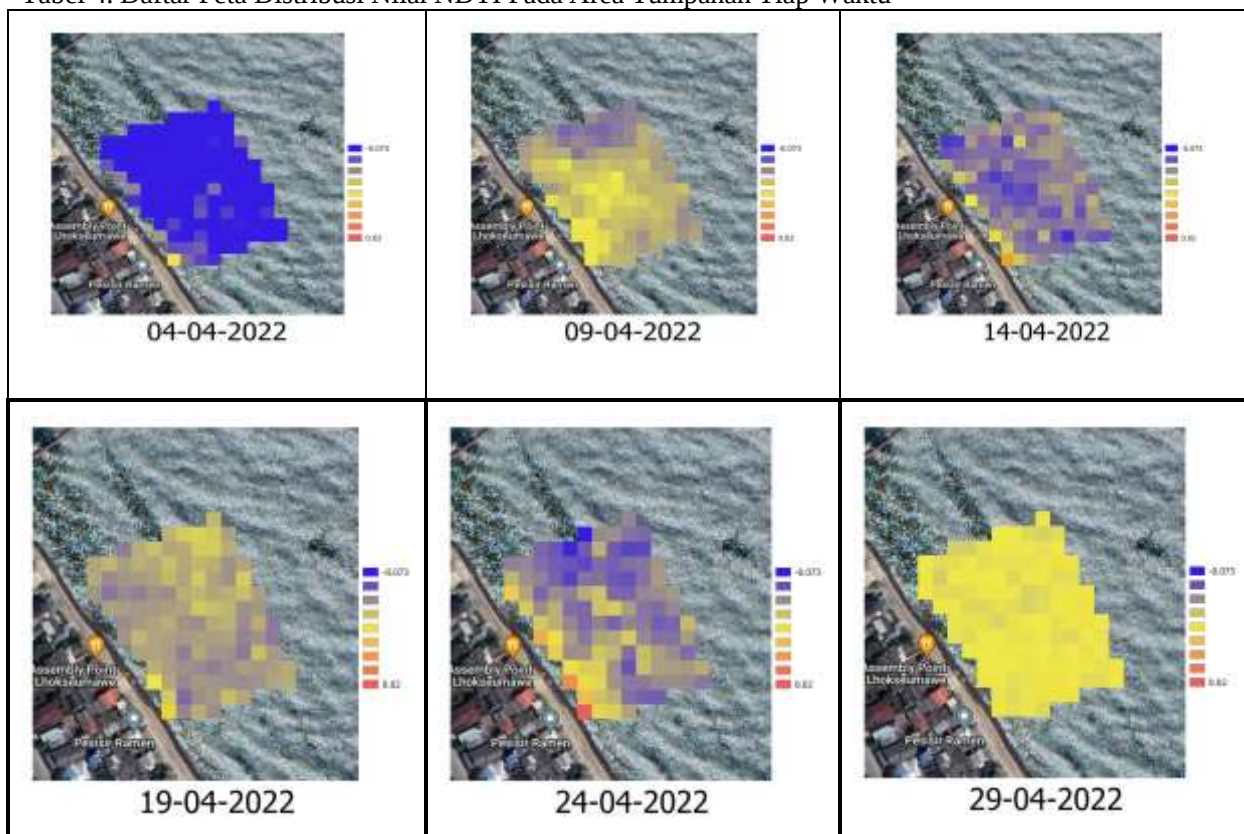
		
04-04-2022	09-04-2022	14-04-2022



Visualisasi Distribusi NDTI pada Area Tercemar

Dengan data *band* yang telah didapatkan, distribusi nilai NDTI selanjutnya dapat divisualisasikan dengan memanfaatkan *platform* Google Earth Engine (GEE). Platform ini secara umum digunakan untuk menganalisis informasi geospasial berbasis cloud computing yang disediakan oleh google. Dengan memanfaatkan data set satelit, GEE dapat menganalisis tutupan hutan dan air, perubahan penggunaan lahan, kesehatan lahan pertanian, serta analisis fisis lainnya termasuk dalam menentukan pencemaran pada daerah perairan. GEE dapat dioperasikan dengan bahasa pemrograman javascript dan python. Adapun visualisasi dilakukan pada daerah perairan perairan Lhokseumawe desa Hagu Selatan, Kecamatan Banda Sakti, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh dengan menggunakan koordinat dan waktu yang sama berdasarkan nilai indeks spektral yang diambil.

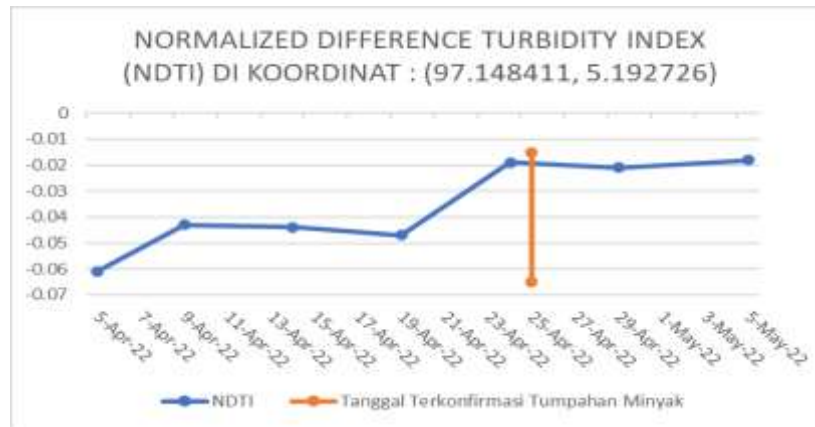
Tabel 4. Daftar Peta Distribusi Nilai NDTI Pada Area Tumpahan Tiap Waktu



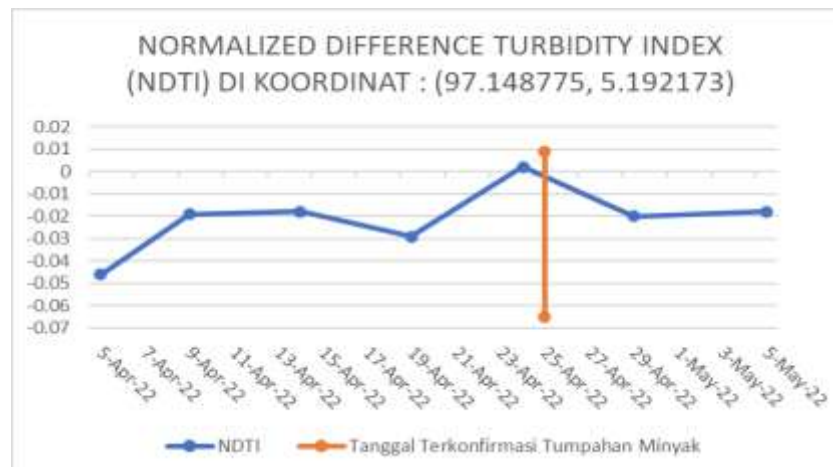
Analisis selanjutnya dilakukan dengan proses interpretasi visual terhadap peta distribusi nilai NDTI pada daerah tumpahan minyak dengan batas tanggal yang telah ditentukan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

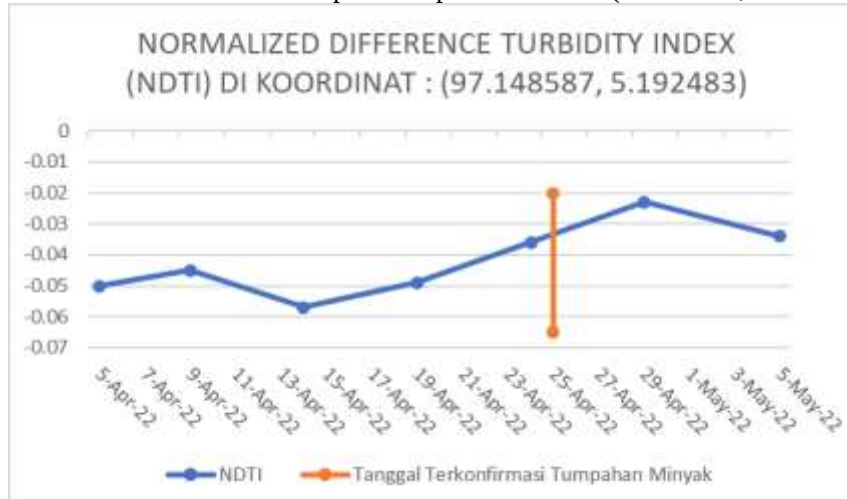
Dengan metode yang dilakukan maka didapatkan nilai NDTI bersesuaian dengan waktu *revisit* satelit. Nilai NDTI yang didapatkan kemudian akan diplot terhadap fungsi waktu dengan rentang skala terendah warna biru hingga skala tertinggi dengan warna merah (skala -1 sampai 1). Rentang waktu *revisit* satelit yang dipilih digunakan untuk memantau akurasi perubahan nilai NDTI baik pada sebelum, saat, dan setelah konfirmasi tumpahan minyak terjadi. Terdapat tiga grafik sesuai dengan tiga titik koordinat yang diambil sebagai berikut.



Grafik 1. Nilai NDTI terhadap Waktu pada koordinat (97.148411, 5.192726)



Grafik 2. Nilai NDTI terhadap Waktu pada koordinat (97.148775, 5.192173)



Grafik 3. Nilai NDTI terhadap Waktu pada koordinat (97.148587, 5.192483)

Berdasarkan grafik yang didapatkan, indeks NDTI mengalami peningkatan tajam pada terkonfirmasi tanggal 24 April 2022, dan peningkatan mulai terjadi tepat satu hari sebelum adanya laporan tumpahan minyak. Dengan tingginya perubahan indeks NDTI tersebut menunjukkan kawasan perairan Lhokseumawe telah tercemar oleh polutan dengan kadar yang cukup tinggi. Hal ini bersesuaian dengan konfirmasi berita yang didapatkan yaitu tumpahan minyak terjadi di Pelabuhan Depot PT Pertamina Niaga, Desa Hagu Selatan, Kota Lhokseumawe pada 24 April 2022 pada saat peningkatan indeks NDTI terjadi (Masriadi, 2022). Penanggulangan telah dilakukan oleh pihak Pertamina dengan pemberian *oil bloom* untuk mengatasi tumpahan *crude oil* berjenis solar dapat menyebar lebih jauh. tindakan ini dapat terpantau dengan perubahan penurunan nilai NDTI pada dua titik acuan yang diambil yaitu pada titik koordinat (97.148775, 5.192173) dan (97.148587, 5.192483) sedangkan Nilai NDTI pada titik koordinat (97.148411, 5.192726) masih pada nilai yang sama hingga tanggal 5 Mei 2022. Hal ini menunjukkan lokalisasi penanganan dengan *oil bloom* dapat dikatakan berjalan dengan baik namun pemulihan dikatakan masih cukup lama dikarenakan nilai NDTI masih menunjukkan nilai yang sama pada 5 Mei 2022. Dengan demikian, metode monitoring *remote sensing* ini dapat digunakan untuk melakukan penilaian kinerja penanggulangan dan mitigasi pencemaran.



Gambar 2. Visualisasi distribusi Nilai NDTI pada area tumpahan biosolar tanggal 24 April 2022

Kemudian dengan nilai NDTI yang didapatkan luas awal pencemaran dapat ditentukan dengan visualisasi memanfaatkan GEE. Sehingga hasil visualisasi dapat dilihat pada gambar 2 diatas. Visualisasi tersebut menunjukkan luas perubahan nilai NDTI pada perairan laut Lhokseumawe, dapat dikatakan akurasi luasan yang dihasilkan dapat cukup tinggi dengan menyesuaikan spesifikasi resolusi dari band yang digunakan. Dengan band warna Merah dan Hijau yang memiliki akurasi resolusi sebesar 10 meter per pixelnya. Sehingga, dengan distribusi nilai NDTI pada waktu terkonfirmasi pada tanggal 24 April 2022 dapat memperkirakan luasan terjadinya pencemaran dengan baik. Luasan terjadi dengan daerah warna merah muda pada gambar 2 menunjukkan daerah dengan tumpahan minyak terbesar dan daerah biru yang menunjukkan indeks skala normal.

Perlu diperhatikan pada metode *remote sensing* yang digunakan masih memiliki keterbatasan terutama pengawasan yang dilakukan masih belum bersifat *real time* atau secara langsung. Hal ini disebabkan oleh waktu *revisit* satelit menghasilkan latensi waktu dalam pengawasan yang dilakukan. Untuk meminimalkan latensi sebenarnya dapat dilakukan dengan menggunakan lebih dari satu satelit sehingga waktu *revisit* dapat lebih singkat kembali. Adapun metode *remote sensing* yang telah dilakukan masih dapat digunakan sebagai alat bantu peringatan atau *early warning system* dalam melakukan *monitoring* daerah beresiko terjadinya pencemaran laut.

Dengan didapatkannya hasil ini, metode *remote sensing* sangat berpeluang besar penggunaannya sebagai alat bantu *monitoring* pada daerah-daerah yang sangat berpotensi terjadinya pencemaran di wilayah perairan khususnya disebabkan oleh tumpahan minyak. Kelebihan metode ini yaitu bersifat akurat, lebih efektif, dan efisien dalam mengidentifikasi waktu, tempat, dan tingkat pencemaran. Perlu diperhatikan metode yang digunakan berbasis *cloud computing* sehingga pengawasan pencemaran dapat dilakukan tidak terbatas oleh lokasi pengawas. Selain itu, dikarenakan metode ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi dikarenakan akses bersifat gratis dan *open source* (dapat diakses oleh semua pihak), sehingga pengembangan kearah aplikasi mobile sebagai pemantau cangkupan dan tingkat pencemaran juga dapat dibuat berdasarkan data-data yang didapat.

KESIMPULAN

Monitoring kebocoran minyak dapat dilakukan dengan menggunakan *remote sensing*. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan hasil bahwa terjadi kenaikan NDTI pada tanggal terkonfirmasi pada berita yakni pada tanggal 24 April 2022, yang artinya terjadi perubahan kekeruhan pada daerah perairan yang kemudian terkonfirmasi sebagai tumpahan minyak. Metode ini menjadi salah satu metode yang potensial untuk dikembangkan dan digunakan karena dapat memantau kondisi perairan dimanapun dan kapanpun sehingga dapat menekan biaya operasional pengawasan laut serta lebih akurat karena satelit sentinel 2A memiliki waktu kunjungan *revisit* yang relatif singkat yakni 5 hari untuk 2 satelit. Kelebihan dari metode ini yakni ekonomis dikarenakan tidak membutuhkan biaya operasional yang besar dikarenakan Google Earth Engine dapat mengakses secara gratis data citra satelit dan melakukan proses perhitungan. Kekurangan dari metode ini belum sepenuhnya dapat dilakukan secara *real time* karena latensi waktu, namun hal ini dapat diminimalisir dengan penggunaan lebih dari satu satelit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aanisah, J.R., Djuned, P., Kusumandaru, A.P., Sekti, D.W., Syurozi, F. & Nurin, S. (2020) Penyusunan Neraca Kekayaan Negara: Konsep Dan Problematika. *Simposium Nasional Keuangan Negara*, 2, 178–192.
- Akbar, D., Setiawan, A., Prayuda, R., Putra, A., Aznor, A., & Yudiantmaja, W. E. (2020). Community Preparedness on Transboundary Oil Spill Governance in Bintan Island. *Journal of Physics: Conference Series*, 1655(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1655/1/012144>.
- Eklund, R. L., Knapp, L. C., Sandifer, P. A., & Colwell, R. C. (2019). Oil Spills and Human Health: Contributions of the Gulf of Mexico Research Initiative. *GeoHealth*, 3(12), 391–406. <https://doi.org/10.1029/2019GH000217>.
- European Space Agency., 2021. Sentinel Online. [Online] Available at: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2> [Accessed 1 March 2022].
- Hentri Widodo, B., & Tri Wahyuni, E. (2020). Manajemen Penanggulangan Tumpahan Minyak di Laut Akibat dari Pengoperasian Kapal. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 22(1), 60-66. <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v22i1.52>
- Ishak, I. C., Ishak, N. A. L., Ali, N. M., Ishaisa, A. S. N., & Ishak, I. C. (2020). A Study on Preparedness and Response of Oil Spill. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/3/032088>.

- Lacaux, J. et al., (2007). Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. *Remote Sensing of Environment*, 106(207), pp. 66-74.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2020). *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 263 Tahun 2020 tentang Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat Tumpahan Minyak di Laut*. Jakarta.
- Masriadi. 2022. *Biosolar Tumpah di Perairan Lhokseumawe, Warga Minta Pertamina Tanggung Jawab*. [Online] Available at: <https://regional.kompas.com/read/2022/04/26/073132878/biosolar-tumpah-di-perairan-lhokseumawe-warga-minta-pertamina-tanggung>. [Accessed 10 November 2022].
- Ning, J. L., Chen, Z. L., Wang, C. Y., & Xie, W. J. (2018). Analysis of Marine Oil Spill Pollution Monitoring Based on Satellite Remote Sensing Technology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 392(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/392/4/042045>
- Purnaweni, H., Saputra, J., Roziqin, A., Kismartini, K., Djumiarti, T., & Seitz, T. (2022). Oil Spill Governance: Evidence from Bintan Island, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su14031603>.
- Valdez, E., Spirit, H., & Horizon, D. (2021). Long-term ecological impacts from oil spills: comparison of Exxon Valdez, Hebei Spirit and Deepwater Horizon. *Environ Sci Technol*. 54(11): 6456–6467. doi:10.1021/acs.est.9b05020.