

**DETEKSI TUMPAHAN MINYAK DI TELUK BALIKPAPAN :
CITRA RADAR SENTINEL 1A
(Oil Spill Detection In Balikpapan Bay: Citra Radar Sentinel 1A)**

Shelena Yasmin Nurghea*, Chyrunisa Salsabila dan Hilda Hidayatunnisa
Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari,
Kota Bandung, Jawa Barat 40154, Indonesia
e-mail: shelenayasminn@upi.edu

ABSTRACT

Marine pollution, especially caused by oil and chemical spills from companies, has become a serious problem in the marine sector. The impact is the expansion of marine ecosystems, which in turn threatens the survival of coastal communities and marine biodiversity. This research focuses on Balikpapan Bay and uses quantitative and qualitative methods to analyze oil spills before and after certain events. More than 40,000 barrels of crude oil polluted these waters due to broken crude oil pipelines caused by ship anchors colliding in the bay. Data from Google Earth Engine and Sentinel 1A Imagery are used to detect oil spill areas. The research results reveal that wind speed and ocean currents play a key role in the movement of oil spills in Balikpapan Bay. During certain periods, wind speeds reach their highest levels, influencing the spread of oil spills towards the north coast and even the island of Sulawesi. These results highlight the importance of understanding oil spill movement patterns for efforts to handle and mitigate marine pollution. Awareness of environmental factors such as wind speed and ocean currents is very necessary to protect marine ecosystems and coastal communities.

Keywords: Detection, Oil Spills, Sentinel 1A

ABSTRAK

Pencemaran laut, terutama yang disebabkan oleh tumpahan minyak dan bahan kimia dari perusahaan kapal, telah menjadi masalah serius dalam sektor laut. Dampaknya meluas ke ekosistem laut, yang pada gilirannya mengancam kelangsungan hidup masyarakat pesisir dan keanekaragaman hayati laut. Penelitian ini fokus pada Teluk Balikpapan dan menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif untuk menganalisis tumpahan minyak sebelum dan sesudah peristiwa tertentu. Lebih dari 40.000 barel minyak mentah mencemari perairan ini akibat patahnya pipa penyalur minyak mentah akibat benturan jangkar kapal di teluk tersebut. Data dari Google Earth Engine dan Citra Sentinel 1A digunakan untuk mendeteksi area tumpahan minyak. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa kecepatan angin dan arus laut memainkan peran kunci dalam pergerakan tumpahan minyak di Teluk Balikpapan. Selama periode tertentu, kecepatan angin mencapai tingkat tertinggi, mempengaruhi penyebaran tumpahan minyak ke arah utara pesisir dan bahkan pulau Sulawesi. Hasil ini menyoroti pentingnya pemahaman pola pergerakan tumpahan minyak untuk upaya penanganan dan mitigasi pencemaran laut. Kesadaran akan faktor lingkungan seperti kecepatan angin dan arus laut sangat diperlukan untuk melindungi ekosistem laut dan masyarakat pesisir.

Kata kunci: Deteksi, Tumpahan Minyak, Sentinel 1A

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah laut yang luas dan garis pantai yang panjang dimana Ali *et all* (2021) menjelaskan bahwa panjang garis pantai Indonesia sekitar 81.000 km, yang mengelilingi lebih dari 17.000 pulau dan wilayah. Lautnya mencakup 5,8 juta km², yang setara dengan sekitar 70% dari total luas wilayah Indonesia. Wilayah laut Indonesia terbagi menjadi 3,1 juta km² laut kedaulatan dan 2,7 juta km² Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI). Memiliki luas wilayah yang mayoritas terdiri dari lautan yang luas mestinya memiliki beragam kepulauan yang tersebar di dalamnya (Shalihati. 2014). Berdasarkan analisis citra satelit, terungkap bahwa jumlah pulau di Indonesia mencapai 18.306 buah (Hasan, Y. 2016).

Luasnya wilayah perairan Indonesia, yang kaya akan sumber daya kelautan, memiliki makna penting bagi negara ini karena terdapat di dalamnya potensi besar untuk sumber pertumbuhan ekonomi baru, khususnya dalam sektor perikanan (Muhamad, S. 2016). Laut Indonesia memiliki dampak yang signifikan pada berbagai sektor kehidupan, termasuk pertahanan, politik, kesehatan, lingkungan, dan berbagai aspek lainnya. Selain itu, Laut Indonesia juga memberikan banyak manfaat bagi masyarakat, baik yang tinggal di pesisir maupun yang berada jauh dari wilayah pantai. Inilah yang seharusnya menjadi motivasi bagi masyarakat dan pemerintah untuk menjaga kelestarian dan kebersihan laut Indonesia demi kebaikan bersama.

Pemanasan global menyebabkan banyak perubahan seperti kekeringan, gelombang panas, frekuensi badai tropis, dan kenaikan rata rata suhu yang meningkat (Syaifullah. MD (2015)). Beberapa penyebab pemanasan global adalah gaya hidup, pola konsumsi dan pertumbuhan penduduk yang tidak teratur, ditambah dengan beragam aktivitas manusia yang adakalanya merusak lingkungan (Mulyani, A. 2021). Pemanasan global juga memiliki dampak pada lingkungan, termasuk polusi udara. Pemanasan global menjadi salah satu penyebab polusi udara, baik di darat maupun di laut. Dampak polusi udara juga berpengaruh terhadap kesehatan, melalui makanan dan udara yang kita hirup, polutan dapat masuk ke dalam tubuh kita. Beberapa zat beracun bahkan bisa menyebar dan tersimpan di berbagai bagian tubuh, sehingga sangat berbahaya bagi kesehatan (Rosyidah, M. 2018).

Dalam sektor laut salah satu dampak polusi laut adalah rusaknya ekosistem laut. Adiguna, D. M (2019) menyebutkan bahwa pencemaran laut atau polusi laut memiliki beragam penyebab, misalnya penggunaan bahan peledak dalam praktik penangkapan ikan, limbah

industri, aktivitas pengeboran minyak di lepas pantai, serta pembuangan sampah ke sungai yang akhirnya mencemari perairan laut. Ardi Menurut Darza, S. E (2020) Pencemaran laut yang berasal dari tumpahan minyak dan bahan kimia perusahaan kapal selalu menjadi sorotan utama masyarakat karena dampaknya yang cepat merusak ekosistem laut, yang pada gilirannya mengancam kelangsungan hidup masyarakat di pesisir dan secara lebih luas. Peningkatan polusi bahan kimia dari perusahaan kapal di Indonesia sejalan dengan permintaan yang semakin tinggi akan minyak dan produk kimia industri yang harus diangkut dari jarak yang semakin jauh. Juga, bertambahnya jumlah anjungan pengeboran minyak di lepas pantai serta peningkatan transportasi laut yang menggunakan bahan kimia. Adiguna, D. M (2019) menyebutkan bahwa pencemaran berdampak serius pada ekosistem laut, dapat merusak mangrove, terumbu karang, dan ekosistem lainnya yang memiliki peran penting dalam mendukung keanekaragaman hayati laut. Yulia dan Leli (2014) menyatakan bahwa kerusakan ekosistem laut seperti mangrove dapat mengakibatkan hilangnya keanekaragaman spesies laut yang berharga seperti ikan dan udang. Dampaknya termasuk potensi kehilangan sumber daya genetik yang penting bagi ilmu pengetahuan, pengembangan obat-obatan atau kesehatan, bahan makanan hewani dan ketahanan ekosistem, yang semuanya menjadi terancam punah.

Selain karena iklim polusi laut juga berasal dari aktivitas pelayaran. Aktivitas pelayaran dapat berdampak pada polusi laut, baik melalui penggunaan bahan bakar maupun proses bongkar-muat muatan dari kapal ke kapal atau ke pelabuhan, demikian juga sebaliknya (Setyawan et al., 2021). Asap yang dihasilkan oleh bahan bakar kapal dapat mencemari udara di laut, dan menyebabkan pencemaran. Selain itu saat bongkar pasang muatan tidak menutup kemungkinan muatan terjatuh ke laut dan merusak biota yang ada di dasar laut.

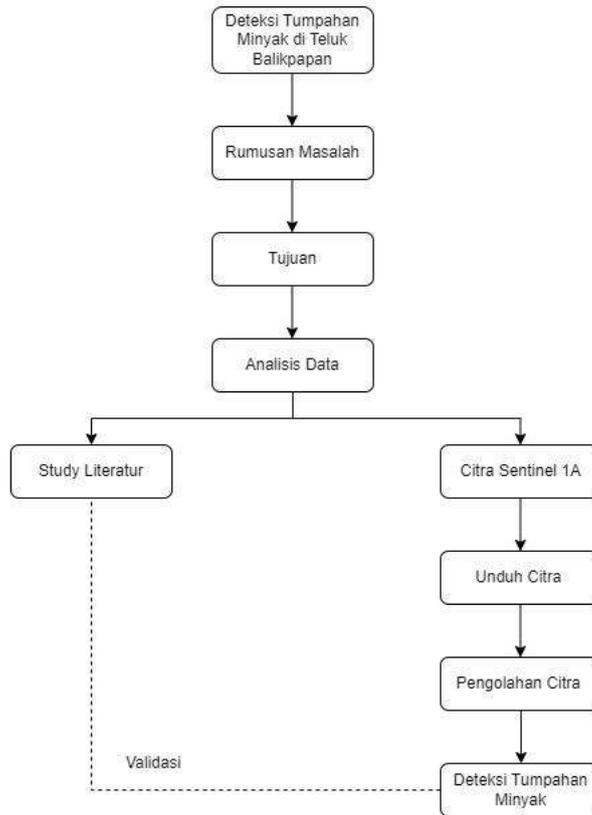
Tumpahan minyak dan bahan kimia berbahaya dari aktivitas industri dan kapal laut dapat merusak ekosistem laut dan berdampak pada satwa laut. Pola pergerakan polusi laut merupakan aspek penting dalam pemahaman tentang bagaimana pencemaran menyebar dan berdampak pada ekosistem laut. Perusahaan kapal, terutama yang mengkhususkan diri dalam pengangkutan bahan bakar minyak, seringkali menjadi pemicu pencemaran laut akibat tumpahan minyak mentah di laut. Hal ini disebabkan oleh sejumlah faktor yang berkontribusi pada masalah ini (Darza, S. E. 2020). Saat berlangsungnya proses bongkar muat barang, potensi terjadinya masalah seperti tumpahan minyak ke laut selalu ada. Pola pergerakan arus laut dan angin adalah dua faktor utama yang mempengaruhi penyebaran polusi laut, terutama dalam hal tumpahan minyak. Arus laut dapat membawa polutan jauh dari sumbernya dan dapat menyebabkan pembentukan "pusaran sampah" di beberapa wilayah samudra. Di sisi lain, angin

dapat mengarahkan minyak yang mengapung di permukaan laut, menjadikannya terdampar di pantai atau terbawa lebih dalam ke laut.

Oleh karena itu, setelah mengetahui pentingnya menjaga laut adalah imperatif mendesak untuk melindungi sumber daya pangan, keanekaragaman hayati, dan kesehatan ekosistem yang memberikan manfaat krusial bagi kita dan lingkungan, penulis berniat melakukan penelitian yang bertujuan mendemonstrasikan penggunaan data penginderaan jauh menggunakan metode citra Radar Sentinel 1A dalam proses deteksi dan analisis tumpahan minyak. Karena kita semua tahu bahwa tumpahan minyak dilaut sangat membahayakan dan merugikan banyak pihak agar kedepannya pemerintah dan masyarakat dapat melakukan perubahan dan penjagaan bersama supaya hal tersebut tidak terjadi lagi.

METODE PENELITIAN

Metode pendekatan yang digunakan yaitu pendekatan secara kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan Kuantitatif yaitu sarana untuk mendapatkan pengetahuan dengan memecahkan rumusan masalah dan dilakukan secara cermat, terintegrasi, dan data dikumpulkan dalam bentuk rangkaian kata dan angka (Toto Syatori N, 2015). Pendekatan Kualitatif yaitu penelitian yang berlandaskan pada filsafat yang digunakan untuk meneliti pada kondisi ilmiah (eksperimen) dimana peneliti sebagai instrumen, teknik pengumpulan data dan dianalisis yang bersifat kualitatif lebih menekankan pada makna (Sugiyono, 2018;213). Penelitian ini dilakukan di lokasi perairan Teluk Balikpapan dan secara geografis terletak pada koordinat $1^{\circ} 28' 48''$ Lintang Selatan hingga $1^{\circ} 2' 45.6''$ Lintang Selatan dan $116^{\circ} 31' 12''$ Bujur Timur hingga $116^{\circ} 59' 20''$ Bujur Timur. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis wilayah yang terdeteksi tumpahan minyak di Teluk Balikpapan, dan dilakukan pada awal dan sesudah peristiwa tumpahan minyak terjadi menggunakan *software* *Google Earth Engine* dan Citra Sentinel 1A. Pada paper ini terdapat beberapa tahapan metode penelitian yang digunakan dalam mendeteksi area tumpahan minyak di Teluk Balikpapan yang diintegrasikan melalui gambar *flowchart* berikut.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

1. Rumusan Masalah

Pada 31 Maret 2018 terjadi tumpahan minyak yang menyebabkan muncul beberapa masalah. Salah satu faktor yang terdampak yaitu kerusakan lingkungan seperti polusi laut. Dengan masalah tersebut, perlu dilakukan analisis lingkungan sebelumnya dan sesudah terjadi tumpahan minyak di Teluk Balikpapan.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk menganalisis area yang terdeteksi tumpahan minyak di Teluk Balikpapan. Analisis tumpahan minyak ini dapat memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan sebelum dan sesudah terjadi tumpahan minyak, serta mengetahui faktor apa saja yang terdampak, dengan ini diharapkan dapat mengevaluasi dampak lingkungan untuk menanggulangi tumpahan minyak.

3. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan studi literatur dan analisis penginderaan jauh dengan citra sentinel 1A.

- **Study Literatur**

Analisis data dilakukan dengan metode studi literatur dengan mengumpulkan dokumen atau bahan literatur yang terkait dengan tumpahan minyak, bahan tersebut seperti jurnal penelitian, buku, internet dan lain-lain yang berhubungan dengan pokok bahasan (Asram, 2022).

- **Pengindraan Jauh (Citra Sentinel 1A)**

Untuk mengetahui area yang terdeteksi tumpahan minyak di Teluk Balikpapan dilakukan analisis tumpahan minyak menggunakan *software* Google Earth Engine dan citra sentinel 1A. Sentinel 1A yaitu satelit yang diluncurkan oleh *European Space Agency (ESA)* dengan sensor *Synthetic Aperture Radar (SAR)* (Feri, 2021). Citra sentinel 1A sebagai alat penelitian dan pemetaan dapat berupa salah satunya sistem radar (Asyhar, 2022), dimana nantinya akan dilakukan pengolahan data dengan mengunduh citra sentinel 1A terlebih dulu, setelah itu dapat menganalisis radar *oil*.



```

Link: ee40942b17bc0726424f79fab535a00
- Imports (1 entry)
+ var geometry: Point (116.87, -1.28)
1 //Area
2 var pt = geometry;
3 Map.centerObject(pt, 13);
4
5 //load sentinel 1a
6 var collection = ee.ImageCollection({'COPERNICUS/S1_RAW'}).filterBounds(pt)
7 .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
8 .select('VV');
9
10 //Filter by date
11 var before = collection.filterDate('2018-03-18', '2018-03-28').mosaic();
12 var after = collection.filterDate('2018-03-31', '2018-04-06').mosaic();
13 var diff = after.subtract(before);
14 Map.addLayer(before, {min:-10,max:0}, 'Before oil spill');
15 Map.addLayer(after, {min:-10,max:0}, 'After oil spill');
16 Map.addLayer(before.addBands(after).subtract(diff), {min:-10,max:10}, 'composite', 0);
17 Map.addLayer(after.subtract(before), {min:-10,max:10}, 'after - before', 0);
18
19 //Threshold smoothed radar interferias to identify "spill" areas
20 var SMOOTHING_RADIUS = 200;
21 var DIFF_UPPER_THRESHOLD = 0.5;
22 var diff_smoothed = after.focal_median(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters').subtract(before.focal_median(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters'));
23 var diff_thresholded = diff_smoothed.lt(DIFF_UPPER_THRESHOLD);
24 Map.addLayer(diff_smoothed, {min:-10,max:10}, 'diff_smoothed', 0);
25 Map.addLayer(diff_thresholded.updateMask(diff_thresholded), {palette: "RRRR"}, 'oil spill areas - blue', 1);
26

```

Gambar 2. Codingan

Hasil Pengolahan data menggunakan citra sentinel 1A akan memberikan informasi mengenai pemantauan pola pergerakan minyak di Teluk Balikpapan.

4. Validasi dan Hasil Data

Dari hasil analisis data yang dilakukan dengan studi literatur tahap selanjutnya memvalidasi data antara studi literatur yang sudah dilakukan dengan pengolahan data citra sentinel 1A.

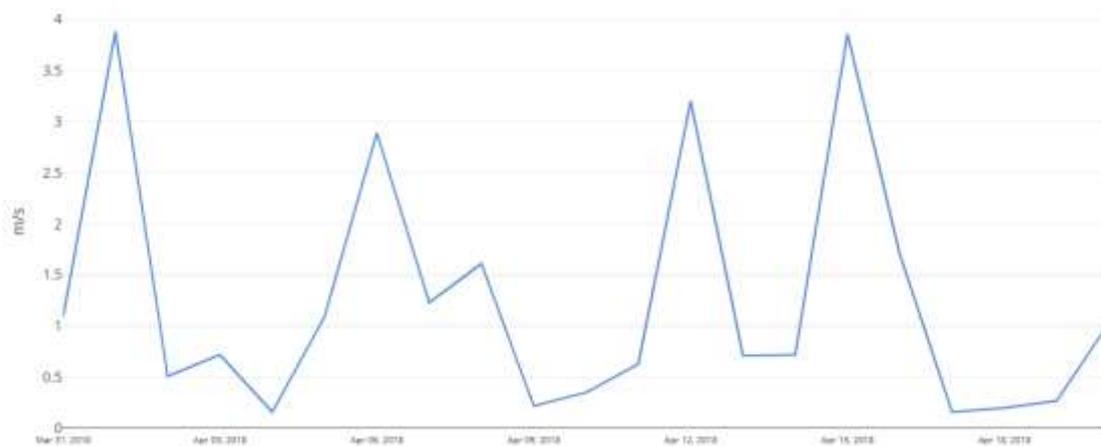
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tanggal 31 Maret 2018, masyarakat dan pemerintah dikejutkan dengan kasus tumpahan minyak di wilayah perairan Teluk Balikpapan yang mencemari kawasan pesisir (Huda *et al.* 2022). Menurut Amelia Sri (2022) masalah ini dipicu oleh kebocoran pipa minyak

di wilayah tersebut. Kebocoran pipa disebabkan oleh patahnya pipa penyalur minyak mentah akibat dari benturan jangkar kapal yang diturunkan oleh kapal yang berlabuh di teluk tersebut. Kebocoran ini telah menimbulkan dampak serius pada lingkungan sekitarnya dan juga berdampak negatif pada warga setempat. Tumpahan minyak semakin melebar setiap harinya ke arah timur sehingga mulai mempengaruhi perairan Selat Makassar. Faktor yang dapat mempengaruhi pola pergerakan tumpahan minyak di teluk Balikpapan adalah faktor angin dan faktor arus.

1. Kecepatan Angin

Kecepatan angin di perairan teluk Balikpapan bergerak dari arah barat daya menuju arah timur laut. Berdasarkan *ARCgis World Geocoding Service* selama periode dari tanggal 31 Maret hingga 20 April 2018, kecepatan angin di perairan Teluk Balikpapan mencapai tingkat tertinggi sebesar 3.88 m/s. Angka ini dianggap cukup tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata kecepatan angin sekitar 2.5 m/s di wilayah tersebut. Kecepatan angin yang tinggi, seperti yang terjadi di perairan Teluk Balikpapan selama periode tersebut, memang memiliki pengaruh signifikan terhadap penyebaran tumpahan minyak. Menurut Puspitasari *et al* (2020) angin yang kuat dapat mendorong minyak yang tumpah untuk menyebar lebih luas, meningkatkan dampak dan kesulitan dalam upaya penanganan dan pemulihan lingkungan laut yang terkena dampak tumpahan minyak tersebut.



Gambar 2. Kecepatan Angin Teluk Balikpapan, Sumber:ARCgis World Geocoding Service

Angin adalah faktor lingkungan yang sangat signifikan karena berperan sebagai pendorong utama dalam aliran udara berskala besar. Massa udara di permukaan Bumi selalu berada dalam keadaan bergerak (Puspitasari *et al.* 2020). Angin dapat mendorong minyak ke arah yang sama dengan arah angin. Ini dapat membuat tumpahan minyak menjauh dari sumbernya dan mengarahkannya ke pantai maupun ke laut lepas. Kecepatan angin juga mempengaruhi sejauh

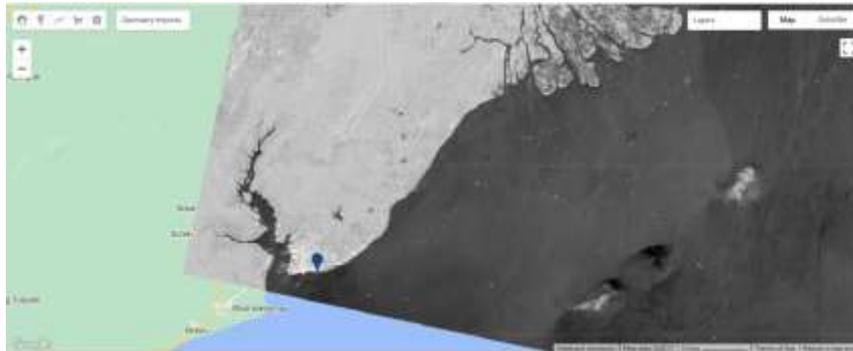
mana minyak akan terbawa dan seberapa cepat penyebarannya.

2. Kecepatan Arus

Arus laut adalah salah satu elemen oseanografi yang menjadi faktor dalam penyebaran tumpahan minyak di permukaan laut, menyebabkannya dengan cepat meluas ke area yang lebih besar setelah tumpah di permukaan laut dalam beberapa jam. Ini sejalan dengan konsep bahwa angin dan arus pasang-surut memindahkan unsur-unsur dalam lapisan minyak secara relatif satu sama lain dan mempercepat proses penyebarannya (Siagian *et al.* 2016).

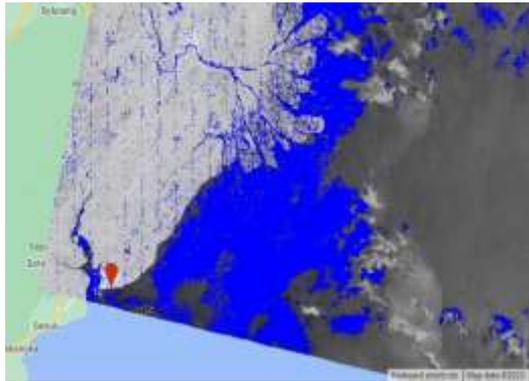
3. Deteksi Pola Pergerakan

Teluk Balikpapan terletak di pantai timur Pulau Kalimantan, Indonesia, di Provinsi Kalimantan Timur. Teluk Balikpapan adalah salah satu pelabuhan utama di Pulau Kalimantan dan memiliki peran penting dalam kegiatan ekonomi dan perdagangan regional. Wilayah ini juga merupakan pusat industri minyak dan gas di Indonesia. Terdapat sejumlah fasilitas produksi minyak dan kilang minyak di sekitar Teluk Balikpapan. Sehingga penyebab kebocoran minyak pada kasus ini sangat mungkin terjadi mengingat banyak kapal yang berlabuh ke pelabuhan di teluk Balikpapan.

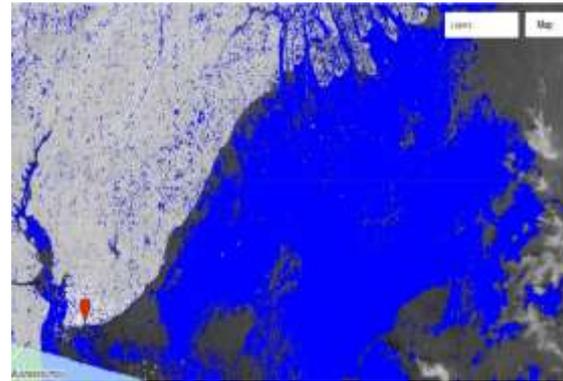


*Gambar 5 : Keadaan Teluk Balikpapan melalui satelit dengan citra Sentinel 1A
Tanggal 29 Maret 2018.*

Menurut Soeyanto *et al.* (2018) diperkirakan sebanyak lebih dari 40.000 barel minyak mentah berhasil mencemari perairan teluk Balikpapan dan sekitarnya. Faktor angin dan arus menyebabkan semakin melebarinya pencemaran minyak di perairan tersebut. Dengan menggunakan *Google Earth Engine* dan citra radar Sentinel 1A didapatkan hasil berikut. Minyak yang berasal dari teluk Balikpapan tersebut semakin bergerak ke arah timur laut mengikuti arah angin dan arus.



Gambar 6: Keadaan teluk balikpapan setelah kejadian tanggal 4 April 2018



Gambar 7 : Keadaan teluk balikpapan setelah kejadian tanggal 20 April 2018

Dapat dilihat dari gambar 5 dan 6 merupakan hasil olahan data menggunakan *google earth engine* dimana minyak semakin menyebar ke arah utara dan timur laut sesuai dengan arah pergerakan arus dan angin.

Tumpahan minyak yang terjadi di Teluk Balikpapan yang memberikan dampak buruk terhadap ekosistem laut. Menurut Soeyanto *et al.* (2018) seluas 34 hektare tanaman mangrove terkena dampaknya, Sebuah pesut mengalami kematian, usaha budidaya kepiting tidak berhasil menghasilkan panen, empat wilayah terumbu karang mengalami kerusakan, budidaya rumput laut mengalami kerusakan, dan lima wilayah padang lamun menghadapi ancaman kepunahan.

KESIMPULAN

Dalam sektor laut salah satu dampak polusi laut adalah rusaknya ekosistem laut. Kerusakan ekosistem dapat disebabkan karena adanya polusi laut seperti tumpahan minyak. Pola kecepatan angin dan arus laut menjadi faktor utama dalam pola penyebaran polusi laut ini. Dengan menggunakan *software Google Earth Engine* dan Citra Sentinel 1A dilakukan pengolahan data terkait tumpahan minyak yang terjadi pada tanggal 31 Maret 2018 di teluk Balikpapan. Tumpahan minyak ini disebabkan oleh patahnya pipa penyalur minyak mentah akibat dari benturan jangkar kapal yang diturunkan oleh kapal yang berlabuh di teluk tersebut. Berdasarkan hasil analisis kecepatan angin selama periode dari tanggal 31 Maret hingga 20 April 2018, tingkat tertinggi sebesar 3.88 m/s menyebabkan pola pergerakan tumpahan minyak bergerak dengan signifikan, dimana setelah 4 hari tumpahan minyak menyebar ke arah utara

pesisir dan pada tanggal 20 April 2018 tumpahan minyak bergerak ke arah selatan yaitu pulau sulawesi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Allah Swt yang telah melimpahkan nikmat sehat dan nikmat iman, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian. Terimakasih kepada orang tua yang memberikan dukungan bagi anaknya dalam menjalankan penelitian. Terimakasih kepada Ibu Ayang Armelita Rosalia S. Pi., M. Si. selaku dosen mata kuliah Aplikasi Matematika, Sains, Teknologi, dan Rekayasa atas semua ilmu yang diberikan selama ini terutama di mata kuliah Aplikasi Matematika, Sains, Teknologi, dan Rekayasa. Serta seluruh anggota tim peneliti yang telah mengerahkan seluruh waktu, tenaga, dan pikirannya sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar dan selesai sesuai waktu yang diinginkan. Dan seluruh pihak yang turut andil dalam penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, D. M. (2019). Analisis Dampak Pencemaran dan Kerusakan Ekosistem Laut di Indonesia. *Preprint*.
- Ali, I. M., Prakoso, L. Y., & Sianturi, D. (2021). Strategi Pertahanan Laut dalam Menghadapi Ancaman Keamanan maritim di Wilayah Laut Indonesia. *Jurnal Strategi Pertahanan Laut*, 6(2).
- Amelia, S. (2022). Tumpahan Minyak Di Teluk Balikpapan Menimbulkan Permasalahan Lingkungan.
- Asyiwati, Y., & Akliyah, L. S. (2014). Identifikasi dampak perubahan fungsi ekosistem pesisir terhadap lingkungan di wilayah pesisir kecamatan muaragembong. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 14(1).
- Hanif, K. H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(1), 1-6.
- Hasan, Y. (2016). Tinjauan Sejarah Terhadap Penetapan Pulau-Pulau di Indonesia. *Criksetra: Jurnal Pendidikan Sejarah*, 5(2).
- Huda, E. H. (2022). *Analisis Kerugian Tumpahan Minyak di Kecamatan Balikpapan Barat Tahun 2018-Submit Journal* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Kalimantan).

- Fadlin Feri, dkk. 2021. Monitoring Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Sentinel 1 Di Das Wanggu Kota Kendari. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*. 1(2). 77-88.
- M Ramdhan. 2021. Metode Penelitian. Surabaya: Cipta Media Nusantara. 39 hlm.
- Mahreni, A., & Nuri, W. (2019). Bahan Kimia Hijau.
- Muhamad, S. V. (2016). Illegal fishing di perairan indonesia: permasalahan dan upaya penanganannya secara bilateral di kawasan. *Jurnal Politca Dinamika Masalah Politik Dalam Negeri dan Hubungan Internasional*, 3(1).
- Mulyani, A. S. (2021). Pemanasan global, penyebab, dampak dan antisipasinya.
- Prasetyo, D. (2020). Pencemaran Mikroplastik Menggunakan Sepia pharaonis di Pasar Pelelangan Ikan Muara Angke (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Puspitasari, T. A., Fuad, M. A. Z., & Parwati, E. (2020). Prediksi pola persebaran tumpahan minyak menggunakan data citra satelit sentinel-1 Di Perairan Bintan, Kepulauan Riau. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 17(2), 89-102.
- RA Fadhallah. 2021. Wawancara. Jakarta Timur: UNJ Press. 56 hlm.
- Rosyidah, M. (2018). Polusi udara dan kesehatan pernafasan. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1(2), 1-5.
- Setyawan, M. W., & Dimiyati, N. (2021). PROSES PELAKSANAAN BONGKAR BATU BARA DARI KAPAL KE LAPANGAN PENUMPUKAN DI PT PELINDO III CABANG TENAU KUPANG. MUARA: *Jurnal Manajemen Pelayaran Nasional*, 4(2).
- Shalihati, S. F. (2014). Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Dalam Pembangunan Sektor Kelautan Serta Pengembangan Sistem Pertahanan Negara Maritim. *Geo Edukasi*, 3(2).
- Siagian, Y. S., Aziz, R., & Aris, I. (2016). Pemodelan Sebaran Tumpahan Minyak Di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Oseanografi*. Volume 5, Nomor 2, Tahun 2016, Halaman 270–276
- Soeyanto, E., & Arifiyana, A. (2018). Dinamika proses sedimentasi di perairan muara Sungai Riko, Teluk Balikpapan. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 3(1), 63-72.