Deteksi Tumpahan Minyak Menggunakan Citra Sentinel-1 Studi Kasus : Perairan Republik Mauritius

YOGA NUR SEPTIAN[1], RIAN NURTYAWAN[2]

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: yoganurseptian@gmail.com

ABSTRAK

Peristiwa tumpahan minyak mencemari perairan dan merusak lingkungan laut hingga wilayah pesisir. Penyebaran tumpahan terjadi secara cepat dan meluas, oleh karena itu pemantauan tumpahan minyak sangat penting. Pada 25 Juli 2020, MV Wakashio, kapal minyak milik Jepang menghantam terumbu karang di lepas pantai Republik Mauritius, dan pada tanggal 6 Agustus 2020 mulai terjadi kebocoran dan mencemari perairan Samudera Hindia. Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah citra Sentinel-1B polarisasi VV pada tanggal 17 Juli, 10 Agustus, 16 Agustus, 22 Agustus, 15 September dan 21 Oktober 2020. Data yang diperoleh merupakan data sebelum dan setelah tumpahan untuk mengetahui luas dan arah penyebaran tumpahan minyak. Deteksi tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius ini, menerapkan metode adaptive threshold pada tools SAR Application pada perangkat lunak SNAP. Dari hasil pendeteksian menunjukkan pada citra tanggal 10 Agustus 2020 memiliki luasan tertinggi, sebesar 21,937 km². Seiring berjalannya waktu, luas tumpahan yang terdeteksi semakin berkurang. Pada citra 16 Agustus 2020 luas tumpahan minyak yang terdeteksi 9,383 km², selanjutnya pada citra 22 Agustus 2020 luas yang terdeteksi 8,227 km², sedangkan pada 15 September 2020 luas tumpahan minyak yang terdeteksi 3,075 km² dan pada citra 21 Oktober 2020 luas tumpahan minyak yang terdeteksi 2,353 km². Arah persebaran tumpahan minyak di Perairan Mauritius pada setiap akuisisi citra mengarah ke arah barat mendekati garis pantai Republik Mauritius. Dikabarkan pada 14 Januari 2021 operasi pembersihan pencemaran minyak telah sukses dilaksanakan di Republik Mauritius (GIS, 2021).

***Kata kunci**: MV Wakashio, Republik Mauritius, deteksi tumpahan minyak, adaptive threshold*

1. PENDAHULUAN

Dalam dekade terakhir, banyak terjadi tumpahan minyak di lautan yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Tumpahan minyak terjadi karena ekstraksi minyak skala besar dan kegiatan transportasi laut (Yu et al., 2017). Penyebaran tumpahan terjadi dengan cepat dan meluas, sehingga diperlukan penanganan yang efektif untuk mengurangi dampak lingkungan dan kerugian ekonomi.

Pada 25 Juli 2020, MV Wakashio, kapal minyak milik Jepang menghantam terumbu karang di lepas pantai Mauritius. Kapal tersebut berencana mengirim 4.290 ton minyak bahan bakar rendah sulfur, 228 ton solar dan 99 ton minyak pelumas, yang diangkut kapal dari China ke Brasil (Rakshit, 2020). Menteri Lingkungan Republik Mauritius, Kavy Romano (2020) mengatakan "Pada awalnya, MV Wakashio karam saat bertabrakan dengan terumbu karang sekitar 3,2 km. Setelah kapal kandas, awaknya dievakuasi dengan aman. Namun, upaya untuk menstabilkan kapal dan memompa minyak gagal karena ombak besar di Samudra Hindia telah

menghantam kapal tersebut" (Cassimally, 2020). Pada tanggal 6 Agustus 2020, kapal yang karam mulai terjadi kebocoran dan mencemari perairan Samudera Hindia. Akibat pencemaran ini, maka perlu dilakukan pendeteksian tumpahan minyak di perairan tersebut untuk memberikan informasi spasial mengenai tindakan penanggulangan tumpahan minyak.

Penginderaan jauh dianggap sebagai metode yang efektif untuk mendeteksi tumpahan minyak karena tidak perlu langsung ke lokasi dan memungkinkan pendeteksian dari waktu ke waktu untuk mengontrol sebaran tumpahan minyak. Saat ini terdapat dua metode untuk mendeteksi tumpahan minyak, yaitu metode optik dan metode SAR *(Synthetic Aperture Radar).* Pada metode optik dapat digunakan untuk mendeteksi minyak yang mengapung di bawah permukaan laut (Otremba, 2016), akan tetapi metode optik ini menggunakan sensor pasif, pendeteksian tumpahan minyak bergantung pada sumber energi matahari dan diinterferensi oleh awan. Sedangkan metode SAR menggunakan sensor aktif yang memiliki keunggulan dalam mendeteksi tumpahan minyak karena jangkauannya yang luas, kemampuan siang-malam dan dalam segala kondisi cuaca (Balzter et al., 2015; Kushardono & Arief, 2020).

Penelitian sebelumnya, Sari (2020) melakukan kajian deteksi tumpahan minyak di Perairan Karawang memanfaatkan citra Sentinel-1A yang menggunakan metode *adaptive threshold*. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *backscatter* objek yang terdeteksi, maka objek yang terdeteksi tersebut bukan tumpahan minyak, sedangkan semakin rendah nilai *backscatter*, objek tersebut adalah tumpahan minyak. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Rajendran et al., 2021) Penelitian tersebut mendeteksi tumpahan minyak kapal MV Wakashio di Perairan Republik Mauritius yang terletak di Samudera Hindia menggunakan data Sentinel-1 dan 2 yang diperoleh sebelum, selama dan setelah tumpahan untuk memahami penyebaran tumpahan dan dampaknya. Studi ini menunjukkan kemampuan sensor Sentinel dan potensi metode pemrosesan gambar untuk mendeteksi, memantau, dan menilai dampak tumpahan minyak terhadap lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya penyebaran tumpahan minyak memiliki ketebalan yang berbeda-beda, dan didukung dari hasil citra SAR.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tumpahan minyak menggunakan metode *adaptive threshold*, menganalisis arah persebaran tumpahan minyak dan menganalisis luas tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius.

2. METODE

Penelitian ini berlokasi di Tenggara Perairan Republik Mauritius, dengan letak geografis 57° 40´- 57° 50´ BT dan 20° 20´- 20° 30´ LS. Wilayah tersebut mengalami pencemaran akibat kapal MV Wakashio menghantam terumbu karang dan menumpahkan minyak ke lepas pantai (Rakshit, 2020).

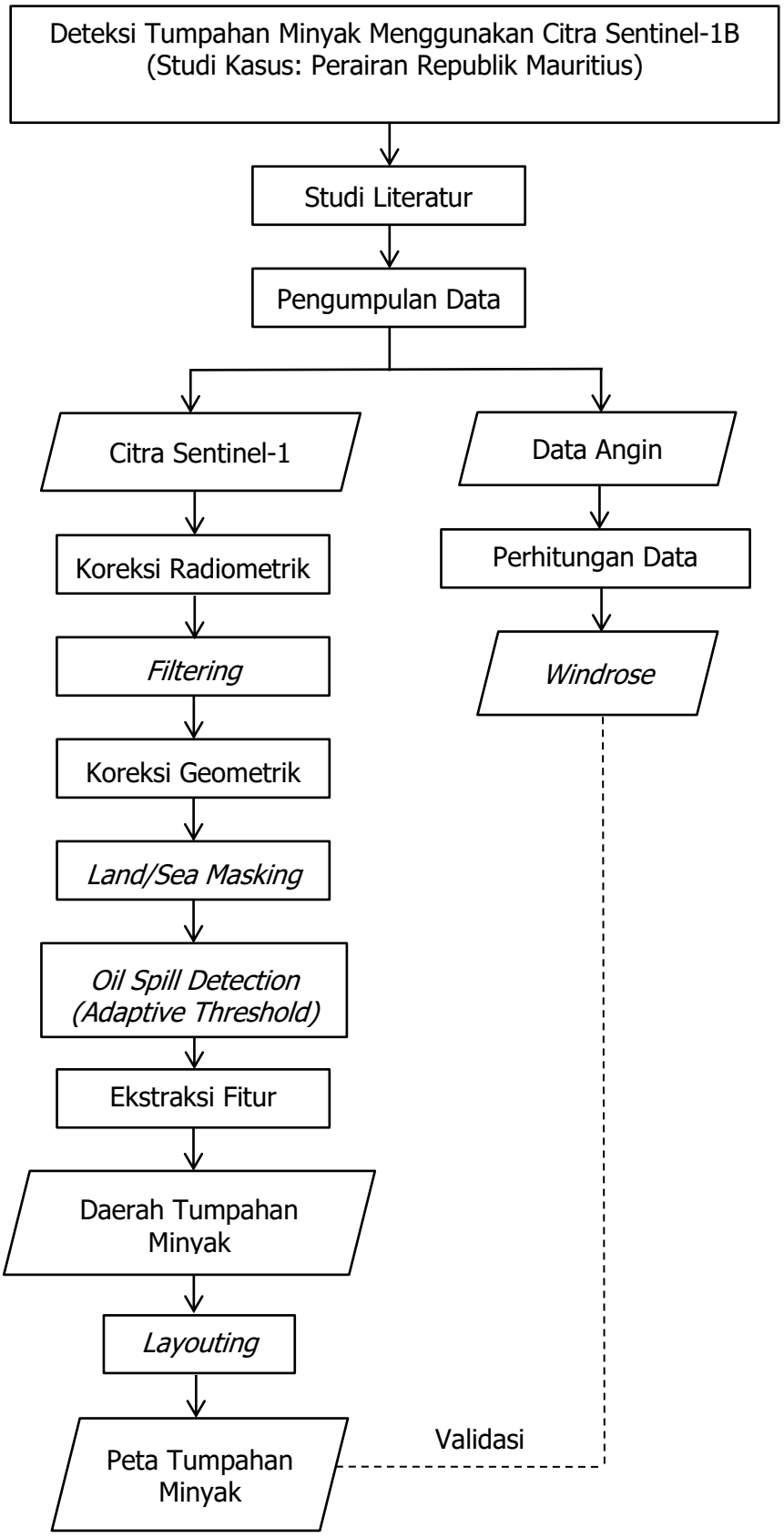
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah terdiri atas data Sentinel 1-B mode *Interferometric Wide Swath* (IW), produk *Ground Range Detected* (GRD), dengan *dual polarization* yaitu HV dan VV dengan akuisisi citra bulan Juli, Agustus, September dan Oktober tahun 2020. Pemilihan tanggal akuisisi citra Sentinel tersebut berdasarkan pada kejadian tumpahan minyak yang terjadi pada tanggal 25 Juli 2020 sehingga akuisisi data yang diambil adalah data sebelum dan sesudah tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius. Data lain yang digunakan berupa data angin dari stasiun terdekat dengan lokasi kapal MV Wakashio yang karam (sekitar 57° 30´ BT dan 20° 10´ LS) (Rajendran et al., 2021). Akuisisi data citra Sentinel-1B di Republik Mauritius dapat dilihat pada Gambar 1 dan penjelasan lebih rinci mengenai data apa saja yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 1. Akuisisi Data Citra Sentinel-1B di Republik Mauritius

Tabel 1. Data Penelitian

No	Data	Spesifikasi	Sumber Data	Kegunaan
1.	Citra Sentinel-1B	Resolusi: 5 x 20 m Waktu Akuisisi: 17 Juli, 10, 16, 22 Agustus, 15 September, 21 Oktober 2020. Keterangan Tambahan 1. *Mode Interferometric Wide Swath (IW)* 2. Produk GRD *(Ground Range Detected)* 3. Polarisasi VV dan VH.	European Space Agency (ESA) *Website: https://scihub.copernicus.eu/*	Deteksi tumpahan minyak
2.	Data angin	Waktu Akuisisi: Juli, Agustus, September, Oktober 2020.	Copernicus Climate Change Services (C3S) *Website: https://cds.climate.copernicus.eu*	Validasi arah sebaran tumpahan minyak

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pekerjaan, yaitu persiapan, pengolahan data dan penyajian hasil. Persiapan yang dilakukan sebelum melaksanakan penelitian adalah studi literatur terkait tema penelitian, bertujuan untuk mengumpulkan referensi penelitian yang akan dilakukan. Pengumpulan data yang diperlukan. Citra Sentinel-1B diperoleh dari *website https://scihub.copernicus.eu/.* Data angin diperoleh dari *website https://cds.climate.copernicus.eu|*. Pengolahan data, dilakukan menggunakan perangkat lunak SNAP 8.0 dengan metode *adaptive threshold* untuk mengidentifikasi tumpahan minyak sehingga mendapatkan luas dari tumpahan minyak. Sedangkan pembuatan peta hasil identifikasi tumpahan minyak menggunakan perangkat lunak ArcMap. Gambar 2 merupakan metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini.

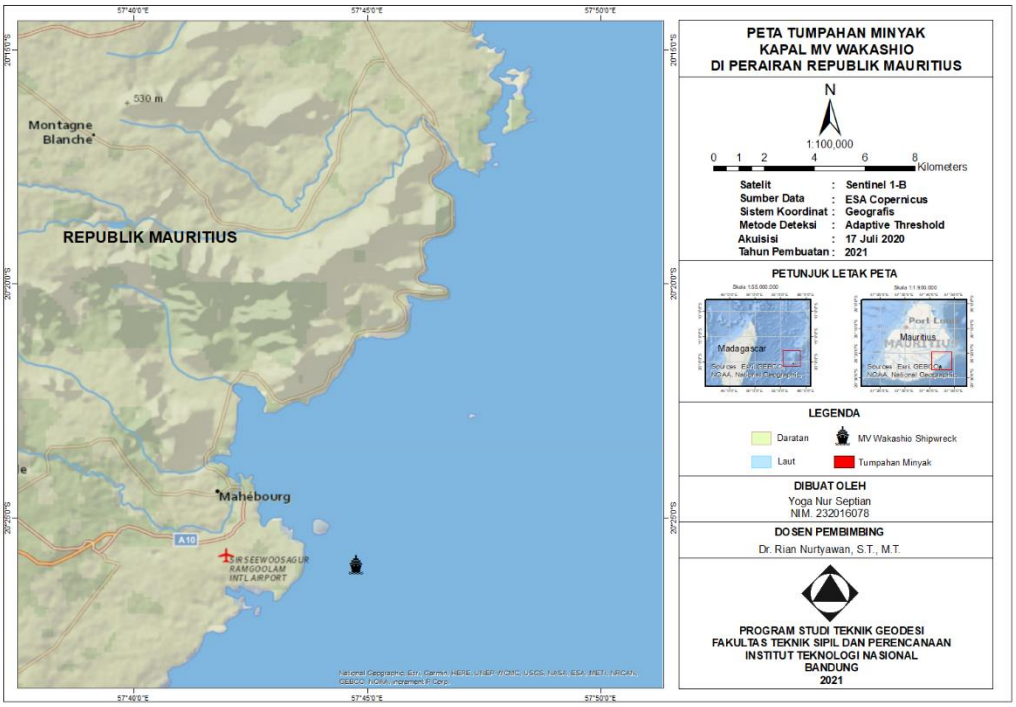


Gambar 2. Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

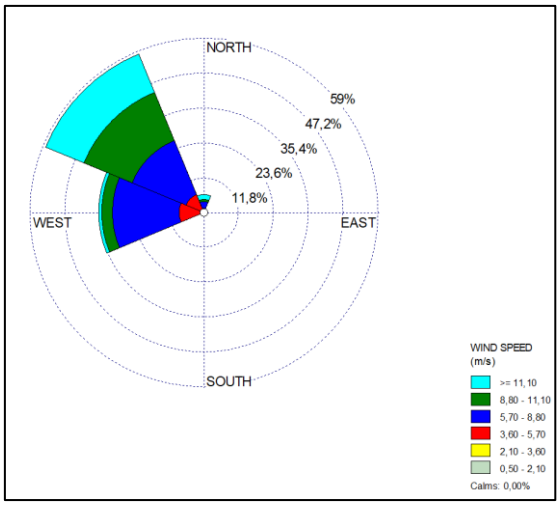
3.1 Hasil Deteksi Tumpahan Minyak dan Arah Persebarannya

Deteksi tumpahan minyak pada penelitian ini, menggunakan metode *adaptive threshold* yang tersedia di SNAP pada *tools SAR Application, Oil Spill Detection*. Metode *adaptive threshold* ini digunakan dengan merata-ratakan nilai *backscatter* pada citra polarisasi VV dengan menetapkan ukuran *background window* 3,5, nilai *threshold shift* 2 dB, dan menetapkan ukuran *minimum cluster* 0,1 km². Hasil pendeteksian dengan metode ini memberikan hasil deteksi tumpahan minyak yang baik. Gambar 3 merupakan hasil deteksi tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius pada tanggal 17 Juli 2020.



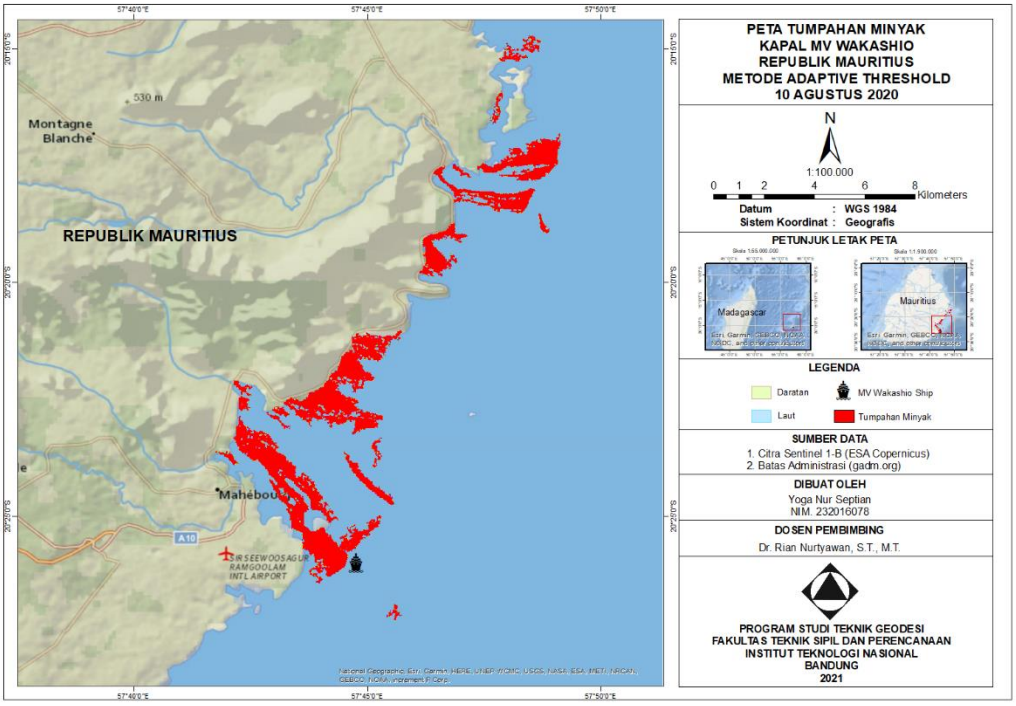
Gambar 3. Peta Tumpahan Minyak di Perairan Republik Mauritius Tanggal 17 Juli 2020

Hasil deteksi tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius pada tanggal 17 Juli 2020 tidak menunjukkan adanya *oil spill*. Tidak adanya oil spill yang terdeteksi dikarenakan akuisisi data tanggal tersebut sebelum kejadian kapal MV Wakashio menabrak terumbu karang. Kapal MV Wakashio menabrak terumbu karang di Perairan Republik Mauritius pada 25 Juli 2020, dan mengalami kebocoran pada tanggal 6 Agustus 2020 sehingga mencemari perairan Samudera Hindia (Rakshit, 2020).



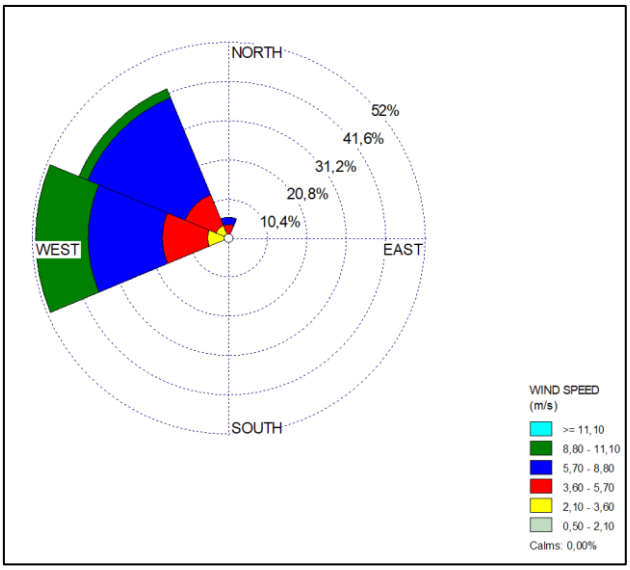
Gambar 4. *WindRose* 25 Juli – 10 Agustus 2020

Gambar 4 menunjukkan arah angin bertiup ke arah *north west* (barat laut) dari lokasi kapal MV Wakashio. Angin bertiup dengan kecepatan angin berkisar antara 3,60 – 11 m/s. Perairan Mauritius yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, menyebabkan Perairan tersebut memiliki kecepatan angin yang tinggi.



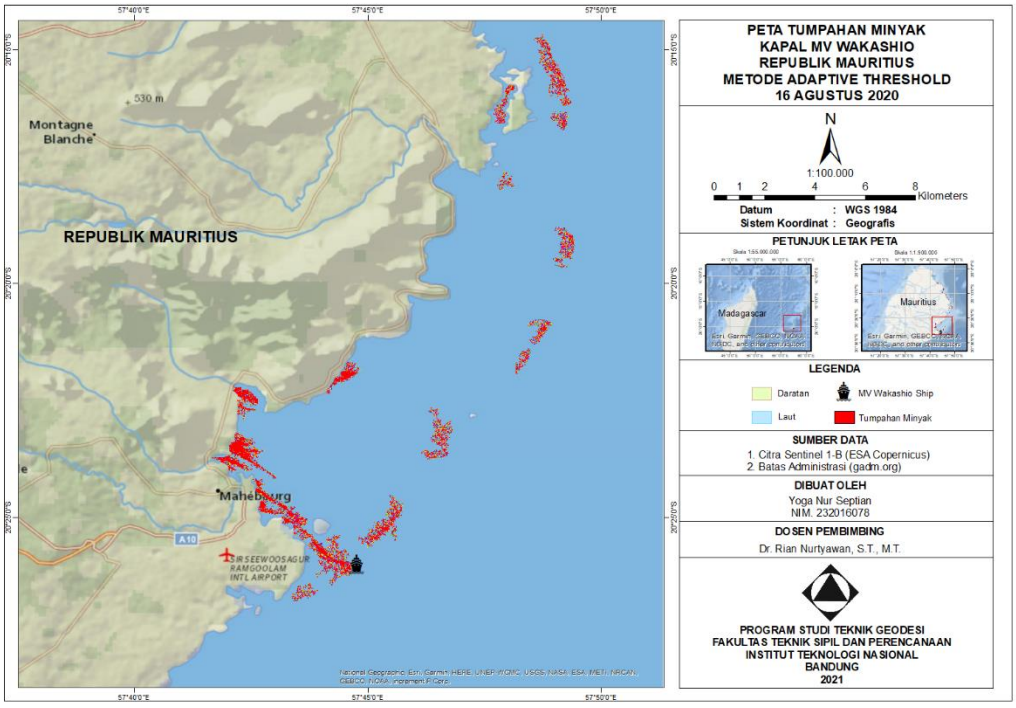
Gambar 5. Peta Tumpahan Minyak di Perairan Republik Mauritius Tanggal 10 Agustus 2020

Gambar 5 menunjukkan hasil deteksi tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius pada tanggal 10 Agustus 2020. Berdasarkan *windrose* pada Gambar 4, arah angin bergerak menuju arah barat laut dengan kecepatan berkisar antara 3,60 – 11 m/s, diperkirakan tumpahan minyak yang terdeteksi sudah menyebar ke wilayah pesisir tenggara Republik Mauritius. Persebaran tumpahan minyak akibat hembusan angin hingga ±21 km arah utara dari lokasi karamnya kapal MV Wakashio.



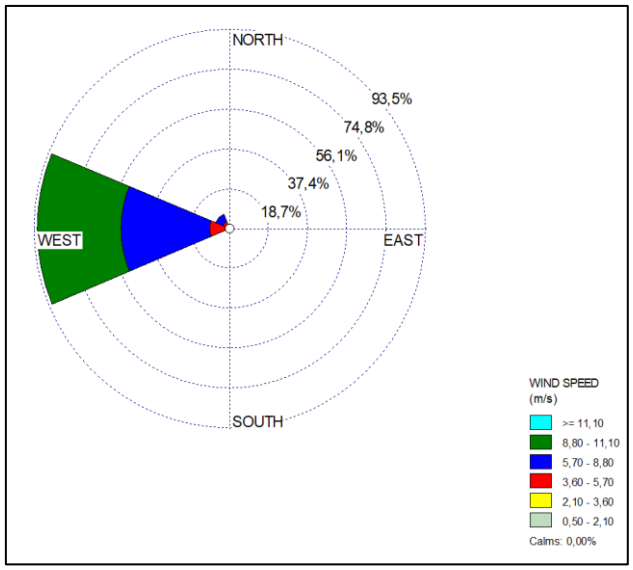
Gambar 6. *Windrose* 10 Agustus – 16 Agustus 2020

Gambar 6 menunjukkan arah dan kecepatan angin pada tanggal 10 Agustus – 16 Agustus 2020 bertiup ke arah *west* (barat) dari lokasi kapal MV Wakashio dengan kecepatan angin berkisar antara 2,10 – 11,10 m/s.



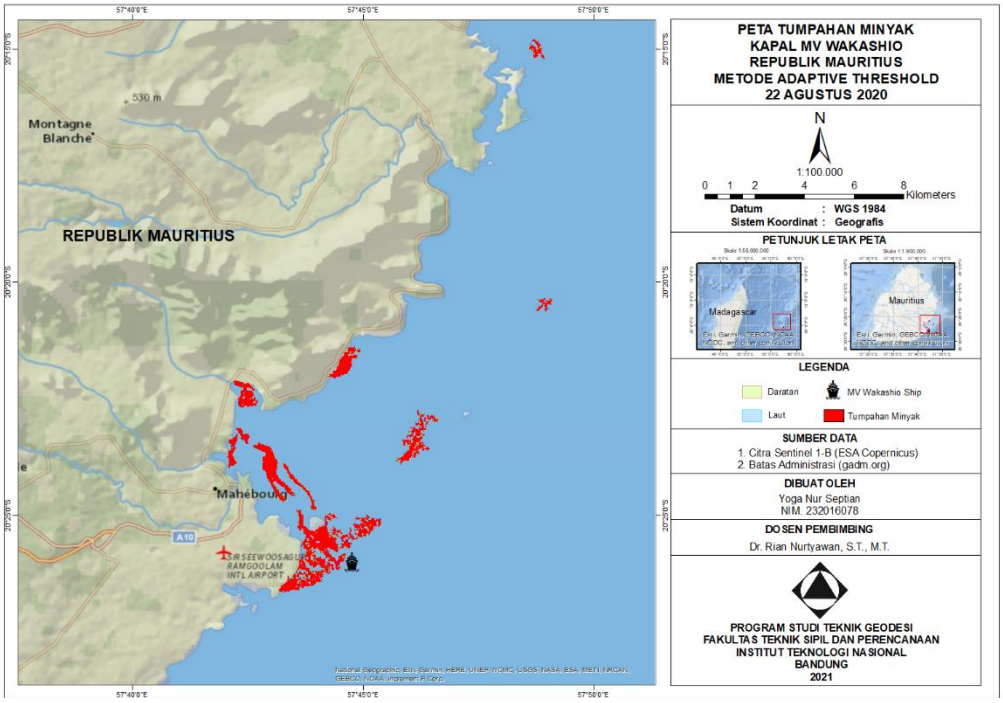
Gambar 7. Peta Tumpahan Minyak di Perairan Republik Mauritius Tanggal 16 Agustus 2020

Gambar 7 merupakan peta tumpahan minyak pada tanggal 16 Agustus 2020. Berdasarkan *windrose* pada Gambar 6, arah angin bergerak menuju arah barat dengan kecepatan berkisar antara 2,10 – 11,10 m/s. Berbeda dengan peta tumpahan minyak tanggal 10 Agustus 2020, tumpahan minyak yang terdeteksi pada tanggal 16 Agustus 2020 tingkat ketebalan minyaknya semakin menipis, karena sudah ada upaya penanggulangan dari pemerintah setempat terkait pencemaran tumpahan minyak yang terjadi (BBC, 2020).



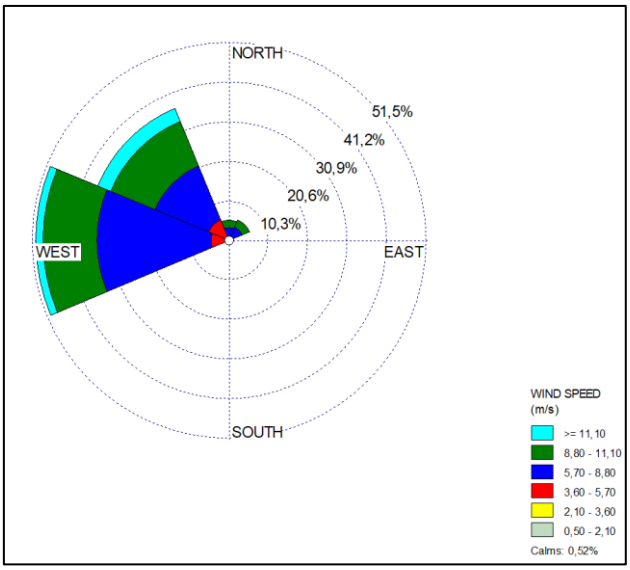
Gambar 8. *Windrose* 16 Agustus – 22 Agustus 2020

Arah dan kecepatan angin tanggal 16 Agustus – 22 Agustus 2020 dapat dilihat pada Gambar 8. Angin bertiup ke arah *west* (barat) dari lokasi kapal MV Wakashio dengan kecepatan angin berkisar antara 3,60 – 11,10 m/s.



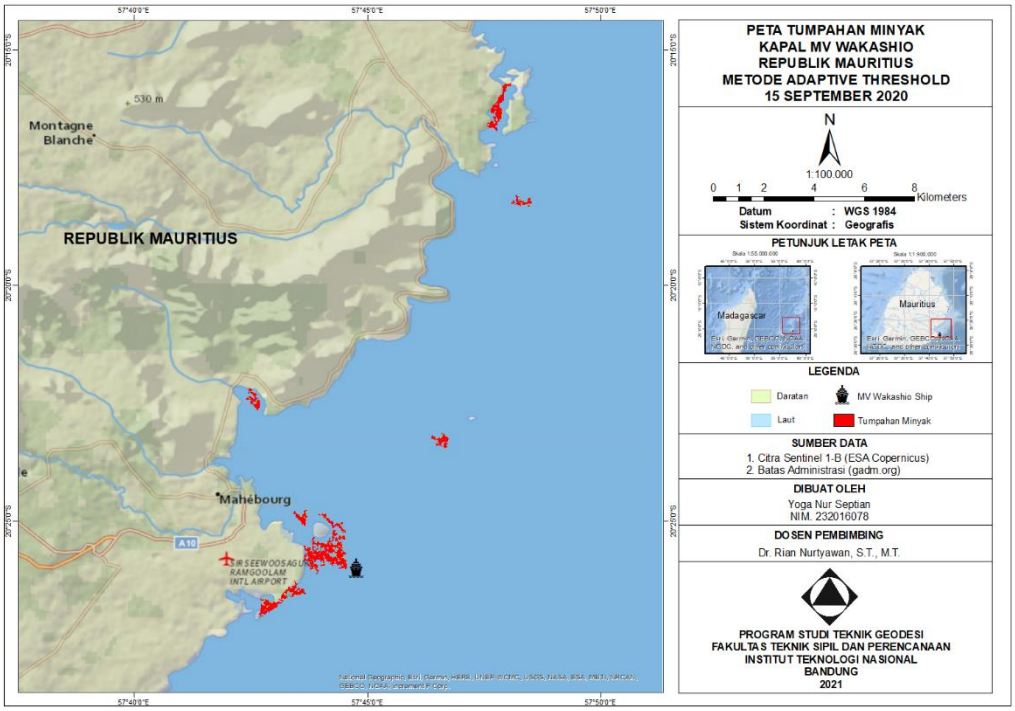
Gambar 9. Peta Tumpahan Minyak di Perairan Republik Mauritius Tanggal 22 Agustus 2020

Gambar 9 merupakan peta deteksi tumpahan minyak pada tanggal 22 Agustus 2020 dan menunjukkan adanya tumpahan minyak yang mengarah ke arah barat karena adanya pengaruh dari hembusan angin dengan kecepatan berkisar antara 3,60 – 11,10 m/s yang mempengaruhi arus laut dari tanggal 16 Agustus hingga 22 Agustus 2020. Tumpahan minyak yang terdeteksi menunjukan adanya pengurangan yang signifikan di bagian utara dari tumpahan minyak yang terdeteksi pada 16 Agustus 2020.



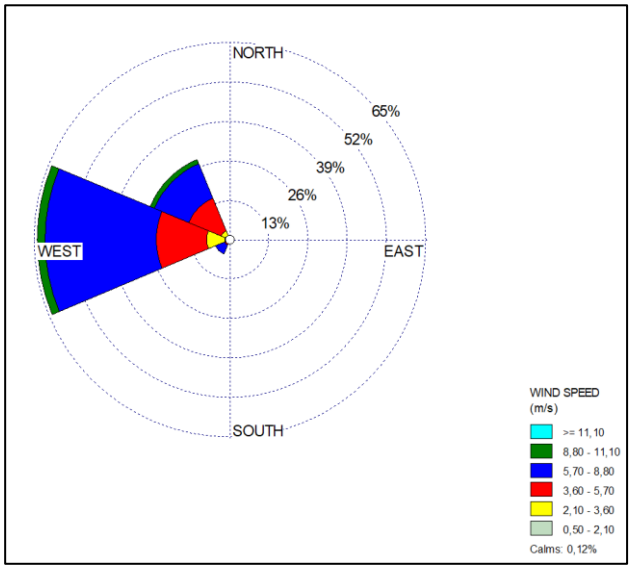
Gambar 10. *Windrose* 22 Agustus – 15 September 2020

Arah dan kecepatan angin tanggal 22 Agustus – 15 September 2020 ditunjukkan pada Gambar 10. Angin bertiup ke arah *west* (barat) dari lokasi kapal MV Wakashio dengan kecepatan angin berkisar antara 3,60 – 11,10 m/s.



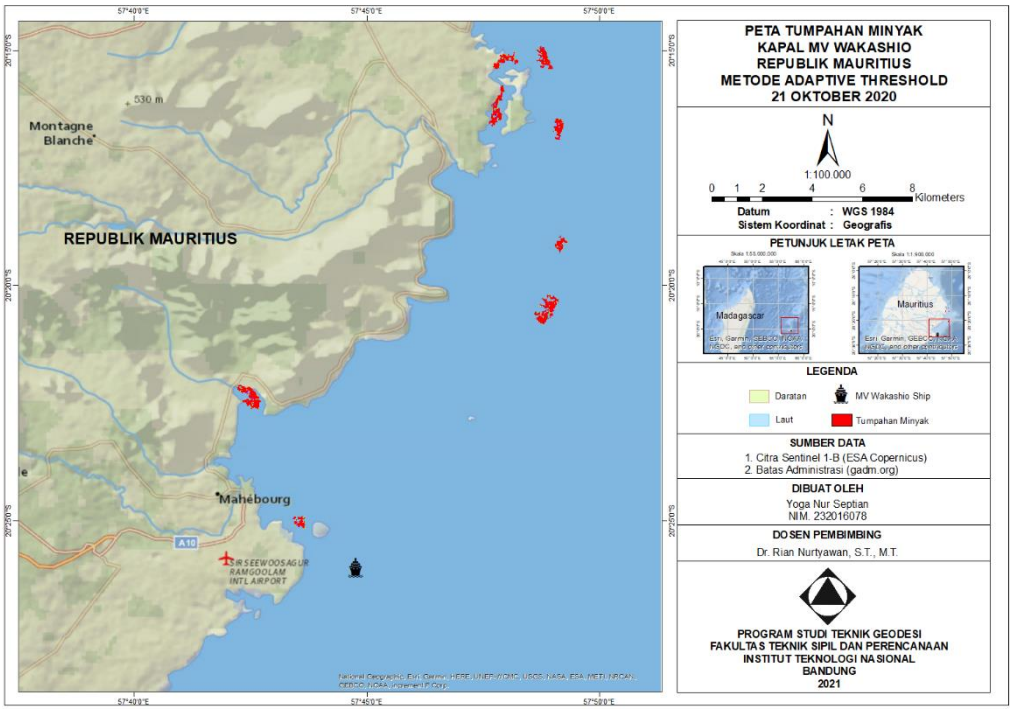
Gambar 11. Peta Tumpahan Minyak di Perairan Republik Mauritius Tanggal 15 September 2020

Gambar 11 merupakan peta deteksi tumpahan minyak pada tanggal 15 September 2020 dan menunjukkan adanya tumpahan minyak yang mengarah ke arah barat karena adanya pengaruh dari hembusan angin dengan kecepatan berkisar antara 3,60 – 11,10 m/s yang mempengaruhi arus laut dari tanggal 22 Agustus hingga 15 September 2020. Tumpahan minyak yang terdeteksi menunjukan tingkat ketebalan minyaknya semakin menipis dibandingkan dengan tumpahan minyak yang deteksi pada 22 Agustus 2020.



Gambar 12. *Windrose* 15 September – 21 Oktober 2020

Arah dan kecepatan angin tanggal 15 September – 21 Oktober 2020 ditunjukkan pada Gambar 12. Angin bertiup ke arah *west* (barat) dari lokasi kapal MV Wakashio dengan kecepatan angin berkisar antara 2,10 – 11,10 m/s.



Gambar 13. Peta Tumpahan Minyak di Perairan Republik Mauritius Tanggal 15 September 2020.

Gambar 13 merupakan peta deteksi tumpahan minyak pada tanggal 21 Oktober 2020 dan menunjukkan tumpahan minyak yang terdeteksi tingkat ketebalan minyaknya semakin menipis secara signifikan dibandingkan dengan tumpahan minyak yang deteksi pada 15 September 2020. Bahkan di wilayah pesisir hampir sudah bersih dari adanya minyak. Seiring berjalannya waktu, luas tumpahan yang terdeteksi semakin berkurang, hal tersebut merupakan hasil kerja dari semua kalangan masyarakat di Republik Mauritius. Menurut Noor (2020) warga Republik Mauritius membuat kampanye untuk mengumpulkan rambut manusia dalam jumlah besar di

seluruh Pulau, semua rambut yang terkumpul akan dijahit menjadi tabung dan jaring yang mengapung di atas air untuk mengikat minyak.

Pada 14 Januari 2021 operasi pembersihan pencemaran minyak telah sukses dilaksanakan di tenggara Republik Mauritius. Operasi tersebut memobilisasi total 370 orang selama periode 5 bulan. Sekitar 1.300 m^3 limbah cair dipompa dan diolah di kilang minyak Virgin Oil Ltd dan Eco Fuel Ltd, sementara 7.900 m^3 limbah padat diambil dari garis pantai (GIS, 2021).

3.2 Hasil Luas Tumpahan Minyak

Untuk mengetahui luas tumpahan minyak, diperlukan perhitungan dari nilai piksel dengan resolusi spasial citra, diketahui resolusi spasial citra Sentinel-1B mode IW sebesar 5 x 20 m. Perhitungan luas tumpahan minyak ditunjukkan pada persamaan (1).

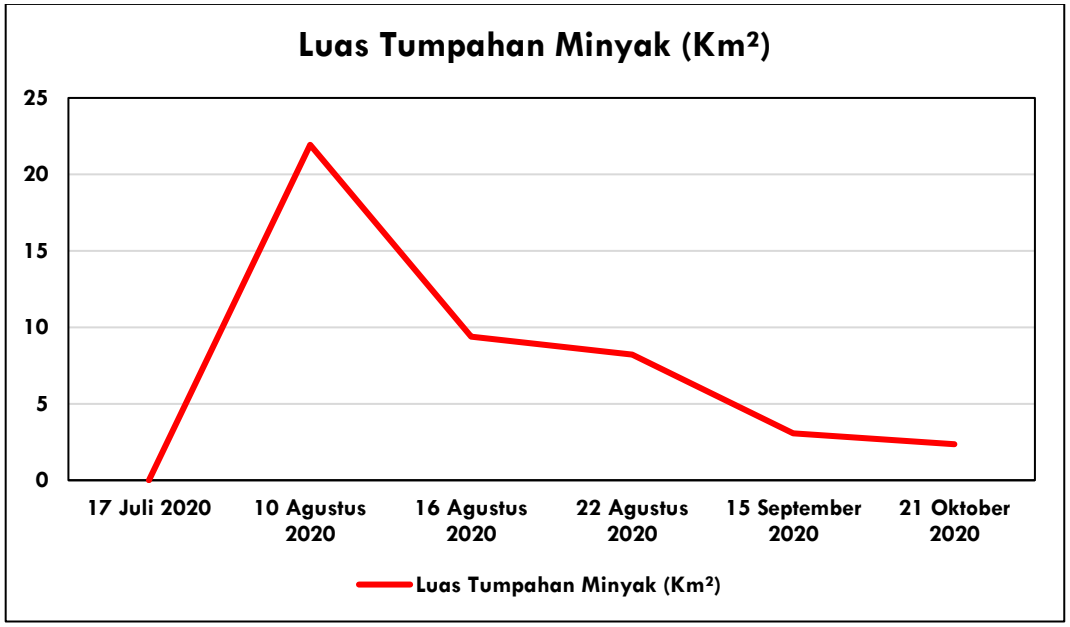
Luas Tumpahan Minyak = resolusi spasial x jumlah piksel (1)

Dari hasil pendeteksian tumpahan minyak, diketahui nilai luas tumpahan minyak di Perairan Mauritius yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Tumpahan Minyak Pada Setiap Akuisisi Citra.

Akuisisi Citra	Luas Tumpahan Minyak (Km^2)
17 Juli 2020	0
10 Agustus 2020	21,937
16 Agustus 2020	9,383
22 Agustus 2020	8,227
15 September 2020	3,075
21 Oktober 2020	2,353

Dari Tabel 2, luas tumpahan minyak tiap akusisi citra dapat di visualisasikan menjadi grafik. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Luas Tumpahan Minyak Tiap Akuisisi Citra

Berdasarkan data Tabel 2 dan Gambar 14 dapat diketahui bahwa terjadi perubahan nilai luas tumpahan minyak. Luas tumpahan minyak paling besar terjadi pada tanggal 10 Agustus 2020

dengan luas 21,937 km² karena akuisisi citra tersebut paling dekat dengan peristiwa bocornya kapal MV Wakashio pada tanggal 6 Agustus 2020 setelah menabrak karang pada 25 Juli. Luas tumpahan minyak yang terjadi mengalami tren yang menurun karena adanya pembersihan tumpahan minyak oleh pemerintah Republik Mauritius dan warga setempat.

3.3 Hasil Uji Korelasi Pearson

Untuk melihat adanya hubungan antara nilai *backscatter* pada citra dengan objek tumpahan minyak pada penelitian ini digunakan uji korelasi pearson. Diambil 20 titik sampel pada lokasi yang sama di setiap tanggal akuisisi citra yang diduga terdapat objek tumpahan minyak. Setelah dilakukan pengambilan nilai *backscatter* sampel, kemudian dilakukan uji korelasi pearson. Nilai *backscatter* pada tanggal 17 Juli 2020 dijadikan sebagai validator, karena pada tanggal akuisisi tersebut tidak ada objek tumpahan minyak. Hasil uji korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Pearson

Latitude	Longitude	Nilai sampel *Backscatter*					
		17 Juli 2020	10 Agustus 2020	16 Agustus 2020	22 Agustus 2020	15 Sept 2020	21 Oktober 2020
-20,4183	57,72758295	0,16592	0,15010	1,62397	0,27983	0,21442	0,20274
-20,4183	57,72749312	0,32521	0,07759	1,24842	0,22184	0,22234	0,18921
-20,4183	57,72740329	0,35082	0,06753	1,19508	0,26978	0,22014	0,18517
-20,4183	57,72731346	0,21049	0,07756	1,20635	0,26457	0,24400	0,12971
-20,4183	57,72722362	0,27770	0,13575	1,36343	0,23174	0,29919	0,29526
-20,4183	57,72713379	0,35278	0,19485	0,87813	0,21161	0,36598	0,32308
-20,4183	57,72704396	0,40456	0,10581	1,19478	0,19779	0,41979	0,25965
-20,4183	57,72695413	0,42140	0,08887	1,50860	0,19190	0,43418	0,23786
-20,4183	57,7268643	0,40485	0,12505	1,10557	0,19645	0,42656	0,20220
-20,4183	57,72677447	0,29631	0,13745	1,15441	0,23849	0,46176	0,23472
-20,4182	57,72677447	0,28364	1,90853	0,97116	0,21925	0,48580	0,21305
-20,4181	57,72677447	0,27625	2,05644	1,68789	0,17388	0,45993	0,14904
-20,418	57,72677447	0,31665	1,97148	1,93253	0,17868	0,36042	0,19117
-20,4179	57,72677447	0,32055	0,76126	1,85715	0,22255	0,30914	0,20294
-20,4178	57,72677447	0,25177	1,62987	1,83141	0,28319	0,35482	0,16379
-20,4177	57,72677447	0,15441	1,68394	2,04791	0,42264	0,37858	0,10215
-20,4176	57,72677447	0,22373	1,56626	1,76745	0,52983	0,36126	0,16392
-20,4175	57,72677447	0,32545	0,62150	1,88522	0,44161	0,34460	0,29463
-20,4174	57,72677447	0,26060	1,37030	2,28995	0,39004	0,14776	0,26208
-20,4174	57,72677447	0,14108	1,37182	2,45174	0,35367	0,13275	0,12402
	r =		-0,43297	-0,53926	-0,54269	0,44609	0,57745

Berdasarkan Tabel 3, diketahui nilai korelasi (r) *backscatter* dari perhitungan korelasi pearson pada tiap akuisi citra berbeda-beda. Nilai korelasi pada 10 Agustus, 16 Agustus, dan 22 Agustus 2020 bernilai negatif, dan termasuk dalam kategori korelasi cukup (Sarwono, 2006). Dari hasil korelasi tersebut, diketahui pada tanggal 10, 16, dan 22 Agustus 2020 terdapat hubungan negatif antara nilai *backscatter* pada akuisisi tersebut dengan nilai *backscatter* validator. Nilai negatif ini menunjukkan bahwa titik-titik sampel yang ada pada titik sampel 10, 16, 22 Agustus 2020 terdapat objek tumpahan minyak, sedangkan pada titik sampel validator

17 Juli 2020, tidak ada objek tumpahan minyak yang terjadi. Sedangkan nilai korelasi pada 15 September dan 21 Oktober 2020 bernilai positif, dan termasuk dalam korelasi cukup. Dari hasil korelasi tersebut, diketahui pada tanggal 15 September dan 21 Oktober 2020 terdapat hubungan positif antara nilai *backscatter* pada akuisisi tersebut dengan nilai *backscatter* validator. Nilai positif ini menunjukkan bahwa titik-titik sampel yang ada pada titik sampel 15 September dan 21 Oktober 2020 banyak yang tidak ada objek tumpahan minyaknya, hal tersebut sama seperti pada titik sampel validator 17 Juli 2020, tidak ada objek tumpahan minyak yang terjadi. Jadi hubungan antara nilai *backscatter* dengan objek tumpahan minyak berbanding terbalik. Makin tinggi nilai *backscatter*, maka objek tersebut dinyatakan bukan tumpahan minyak, sedangkan semakin rendah nilai *backscatter*, maka objek tersebut dapat diduga sebagai objek tumpahan minyak.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang sudah dilakukan ini, yaitu: (1) metode *adaptive threshold* dapat digunakan dalam pendeteksian tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius. Hal tersebut didukung dengan adanya tumpahan minyak yang terdeteksi menggunakan polarisasi VV pada akuisisi citra 10 Agustus, 16 Agustus, 22 Agustus, 15 September dan 21 Oktober 2020. Sedangkan pada akuisisi citra 17 Juli 2020 tidak terdeteksi tumpahan minyak karena tanggal akuisisi tersebut sebelum kapal MV Wakashio menabrak terumbu karang (Rakshit, 2020). (2) Luas tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius menunjukkan bahwa pada akuisisi citra 10 Agustus 2020 merupakan tumpahan minyak paling besar karena akuisisi citra tersebut paling dekat dengan peristiwa bocornya kapal MV Wakashio pada tanggal 6 Agustus 2020 setelah menabrak karang pada 25 Juli 2020 (Rakshit, 2020). Seiring berjalannya waktu, luas tumpahan yang terdeteksi semakin berkurang. Pada citra 16 Agustus 2020 luas tumpahan minyak yang terdeteksi 9,383 km², selanjutnya pada citra 22 Agustus 2020 luas yang terdeteksi 8,227 km², sedangkan pada 15 September 2020 luas tumpahan minyak yang terdeteksi 3,075 km² dan pada citra 21 Oktober 2020 luas tumpahan minyak yang terdeteksi 2,353 km². (3) Arah persebaran tumpahan minyak di Perairan Republik Mauritius pada setiap akuisisi citra mengarah ke ke arah barat mendekati garis pantai Republik Mauritius. Hal tersebut didukung oleh arah angin yang bertiup dari timur ke barat pada setiap selang waktu akuisisi citra.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada ESA Copernicus, Copernicus Climate Change Services, yang telah menyediakan akses data secara *open source* untuk mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Balzter, H., Cole, B., Thiel, C., & Schmullius, C. (2015). Mapping CORINE land cover from Sentinel-1A SAR and SRTM digital elevation model data using random forests. *Remote Sensing*, *7*(11), 14876–14898. https://doi.org/10.3390/rs71114876

BBC. (2020). *Mauritius oil spill: Fears vessel may "break in two" as cracks appear*. BBC. Dipetik July 15, 2021, dari https://www.bbc.co.uk/news/world-africa-53722701#:~:text=Large cracks have reportedly appeared in the hull,off the Indian Ocean island on 25 July.

Cassimally, K. A. (2020). Mauritius calls for urgent help to prevent oil spill disaster. *The Guardian*, Oil Spills. Dipetik December 10, 2020 dari https://www.theguardian.com/environment/2020/aug/10/mauritius-calls-for-urgent-help-to-prevent-oil-spill-disaster

GIS. (2021). *MV Wakashio : Travaux de nettoyage achevés à Pointe d'Esny*. Government Information Service Mauritius. Dipetik July 20, 2021 dari https://gis.govmu.org/News/SitePages/MV-Wakashio---Travaux-de-nettoyage-achevés-à-Pointe-d'Esny.aspx

Kushardono, D., & Arief, R. (2020). *Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan*. LIPI Press.

Noor, D. (2020). *People Are Cutting Off Their Hair to Soak Up the Mauritius Oil Spill*. Dipetik July 15, 2021 dari Gizmodo.Com. https://gizmodo.com/people-are-cutting-off-their-hair-to-soak-up-the-maurit-1844678880

Otremba, Z. (2016). Oil droplet clouds suspended in the sea: Can they be remotely detected? *Remote Sensing*, *8*(10). https://doi.org/10.3390/rs8100857

Rajendran, S., Vethamony, P., Sadooni, F. N., Al-Kuwari, H. A. S., Al-Khayat, J. A., Seegobin, V. O., Govil, H., & Nasir, S. (2021). Detection of Wakashio oil spill off Mauritius using Sentinel-1 and 2 data: Capability of sensors, image transformation methods and mapping. *Environmental Pollution*, *274*, 116618. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116618

Rakshit, D. (2020). Environmental Crisis Looms Over Mauritius After Oil Spill from Shipwreck. *Theswaddle.Com*, Oil Spill. https://theswaddle.com/environmental-crisis-looms-over-mauritius-after-oil-spill-from-shipwreck/

Sari, N. (2020). Penerapan Citra Sentinel-1a Untuk Deteksi Tumpahan Minyak Di Perairan Karawang. *Repository Itera*.

Sarwono, J. (2006). Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif. In *Graha Ilmu* (1st ed., Vol. 2, Issue 5). Graha Ilmu.

Yu, F., Sun, W., Li, J., Zhao, Y., Zhang, Y., & Chen, G. (2017). An improved Otsu method for oil spill detection from SAR images. *Oceanologia*, *59*(3), 311–317. https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.03.005