

MENINGKATKAN PEMANFAATAN CITRA SATELIT MULTI RESOLUSI BERBASIS GOOGLE EARTH ENGINE (GEE) UNTUK IDENTIFIKASI OBJEK PERMUKAAN LAUT DI SELAT SUNDA DALAM RANGKA MENUDUKUNG PERTAHANAN

IMPROVING THE IMPLEMENTATION OF GOOGLE EARTH ENGINE (GEE)-BASED MULTIREOLUTION SATELLITE IMAGE FOR IDENTIFICATION OF SEA SURFACE OBJECTS ON SUNDA STRAITS TO SUPPORT NATIONAL DEFENSE

Rizky Amelia¹, Trismadi², Makmur Supriyatno³

UNIVERSITAS PERTAHANAN

(melamelrizky@gmail.com, trismadi@gmail.com, makmursupriyatno@gmail.com)

Abstrak– Wilayah perairan Indonesia dengan kekayaan laut yang melimpah menjadi daya tarik Negara lain, salah satunya ialah wilayah perairan Selat Sunda. Selat Sunda menjadi bagian dari ALKI I dan termasuk kedalam WPP-RI 572 dengan potensi Sumber Daya Ikan (SDI) yang melimpah serta sebagai salah satu checkpoint dunia dengan aktivitas perdagangan laut yang ramai. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengawasan dengan mengembangkan teknologi penginderaan menggunakan Google Earth Engine (GEE). GEE sebagai platform komputasi dan arsip data geospasial berukuran petabyte dapat dimanfaatkan untuk identifikasi objek kapal guna mendukung upaya pengawasan di wilayah perairan Selat Sunda. Menganalisa pemanfaatan citra satelit multi resolusi dan multi temporal Landsat-8 dan Sentinel-2 pada GEE serta menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi visualisasi citra untuk identifikasi objek kapal menjadi tujuan dari penelitian ini. Pengamatan pada GEE menghasilkan 21 citra satelit Landsat-8 dan 71 citra satelit Sentinel-2 per tahunnya. Selanjutnya dilakukan kombinasi kanal dan transformasi HSV untuk mempertajam citra sehingga dapat diidentifikasi sebagai objek kapal dan menentukan koordinat posisinya pada tools inspector didalam GEE. Upaya peningkatkan pemanfaatan citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 pada GEE telah berhasil dilakukan untuk identifikasi objek kapal di perairan Selat Sunda, dimana GEE mampu mewadahi peneliti dengan kemudahan akses data geospasial tanpa proses unduh, algoritma pemrograman yang dimodifikasi dan kecepatan waktu dalam pengolahan data.

Kata Kunci: Selat Sunda, Multiresolusi, Google Earth Engine, Landsat-8, Sentinel-2

Abstract– Indonesia's maritime territory with abundant marine wealth become attraction for other countries, one of which is the Sunda Strait waters. The Sunda Strait is part of ALKI I which is included in the WPP-RI 572 with abundant potential of Fish Resources (SDI) and also as one of the world's checkpoints with high frequency of sea trade activities. Therefore, it requires supervision by developing sensing technology using Google Earth Engine (GEE). GEE as a computing platform and geospatial data records in petabyte size can be used to identify ship objects to support monitoring in

¹ Program Studi Teknologi Penginderaan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

² Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut

³ Program Studi Teknologi Penginderaan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

the Sunda Strait waters. Analyzing the function of multi-resolution and multi-temporal satellite imagery from Landsat-8 and Sentinel-2 satellites in GEE, then also analyzing the factors that can influence the results of image visualization to identify the object of the ship is the purpose of this research. Observations on GEE produced 21 Landsat-8 satellite images and 71 Sentinel-2 satellite images during 2019. Furthermore, a combination of canals and HSV transformations is performed to sharpen the image so that it can be identified as a ship object and also be able to determine the coordinates of its position in the inspector tools at GEE. Efforts to improve the function of Landsat-8 and Sentinel-2 satellite images on GEE have been successfully carried out to identify ship objects in the Sunda Strait waters, where GEE is able to accommodate researchers with easy access to geospatial data without download process, the modified programming algorithm and the speed of time in data processing.

Keywords: Sunda Straits, Multiresolution, Google Earth Engine, Landsat-8, Sentinel-2

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah perairan yang mencakup dua per tiga (2/3) atau seluas lebih dari 5.8 juta km² dari luas keseluruhan yaitu lebih dari 7.7 juta km². Total pulau yang dimiliki oleh Indonesia ialah lebih dari 17.506 pulau-pulau besar dan kecil yang dibatasi oleh garis pantai sepanjang lebih dari 81.000 km² dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) selebar 200 mil⁴. Berdasarkan ketentuan *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS 1982) tentang Negara Kepulauan, Indonesia pada hakikatnya memiliki sejarah kemaritiman untuk

memenuhi syarat sebagai Negara Kepulauan.

Perairan *Archipelagic State* ini dapat dilihat dari letak geografis Indonesia yang berada di antara dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik serta dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia, sehingga menjadikan Indonesia sebagai perairan dengan nilai yang strategis terutama pada bidang ekonomi dan militer yakni sebagai titik pertemuan jalur pelayaran yang menghubungkan kepentingan negara-negara besar dan maju di Barat dan Timur serta di Utara dan Selatan⁵. Di satu sisi, Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi sumber daya laut yang melimpah, salah satunya ialah potensi

⁴ Doktrin TNI AL Eka Sasana Jaya. Keputusan Kepala Staf TNI Angkatan Laut Nomor: KEP/07/II/2001

⁵ Richarunia Wenny Ikhtiari. *Strategi Keamanan Maritim Indonesia dalam Menanggulangi Ancaman Non-Tradisional Security, Studi Kasus: Illegal Fishing Periode Tahun 2005-2010*. (Jakarta: Universitas Indonesia, 2011).

sumber daya ikan (SDI). Dengan potensi ini, Indonesia perlu melakukan proses pengelolaan SDI dengan baik sehingga dapat terus memenuhi kebutuhan sumber protein ikan untuk masyarakatnya⁶. Menurut Kepala Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) potensi tangkapan SDI yang diperbolehkan telah diatur didalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) Indonesia dengan pencapaian 12,5 juta ton per tahunnya. Potensi ini diartikan sebagai harta kekayaan negara yang perlu dijaga kelestariannya⁷. Hal tersebut diatur dalam Undang-Undang Dasar Tahun 1945, Pasal 33 Ayat 3.

Perairan Selat Sunda termasuk kedalam WPP - RI 572, yang mengartikan bahwa wilayah perairan Selat Sunda memiliki potensi sumber daya ikan yang melimpah. Oleh karenanya, apabila tidak dilestarikan dan diawasi dengan baik akan menimbulkan aktivitas eksploitasi secara berlebihan terhadap kekayaan laut ini dan

menyebabkan ketidakseimbangan lingkungan kelautan sehingga mampu mengarahkan Indonesia mengalami kerugian dari aspek perekonomian laut khususnya. Potensi usaha eksploitasi ini semakin diperkuat dengan letak geografis dari Selat Sunda yakni bagian dari Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I yang dapat menghubungkan perairan Samudera Hindia melewati Selat Karimata menuju Laut China Selatan atau sebaliknya⁸. Menurut Paongan 2012, Selat Sunda yang berada pada jalur ALKI I ini juga menjadi bagian dari jalur perlintasan kapal-kapal dagang dan militer yang melintas bebas, sehingga negara berkewajiban mengamankan wilayah teritorial NKRI ini.

Berdasarkan pantauan yang dilakukan oleh Pusat Komando dan Pengendali (Puskodal) Pangkalan Angkatan Laut (Lanal) Banten, tercatat dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2015 jumlah kapal yang melintasi Selat Sunda berjumlah 29.351 kapal dapat dilihat pada Tabel 1.2 bahwa jumlah kapal

⁶ M.R. Siombo, *Hukum Perikanan Nasional dan Internasional*. (Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama, 2010).

⁷ H.M. Putri, et al. "Kebijakan Peneggelaman Kapal Pencuri Ikan di Wilayah Perairan Indonesia dalam Perspektif Hukum", *Jurnal Kebijakan Sosek KP*, Vol. 7, No.2, 2017, hlm. 91-102.

⁸ Sobaruddin, et al. " Model Traffic Separation Scheme (TSS) di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I di Selat Sunda dalam Mewujudkan Ketahanan Wilayah", *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol. 23, No. 1, 2017, hlm. 104-122.

yang berlayar melintasi Selat Sunda meningkat dari tahun ke tahun. Adapun berbagai jenis kapal yang melintasi Selat Sunda ini mulai dari kapal perang RI, kapal perang asing, kapal kargo dengan jumlah terbesar, kapal feri sampai dengan kapal yang tidak teridentifikasi jenisnya. Fakta inilah yang perlu diperhatikan, terutama keberadaan Selat Sunda yang termasuk kedalam enam dari sembilan *chokepoints* atau titik sumbat didunia yang ada di Indonesia yaitu sebagai jalur lintas pelayaran domestik maupun internasional yang paling ramai dan tepat berada pada jalur ALKI. Sehingga dari tahun ke tahun jumlah kapal yang melintasi jalur perairan Selat Sunda juga akan semakin bertambah melihat pasar dagang bebas saat ini juga semakin meningkat⁹.

Sumber daya kelautan yang hakikatnya bukan hanya dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat, namun juga mampu menjadi daya tarik bagi negara lain untuk memanfaatkan kekayaan laut Indonesia. Adanya suatu negara harus menjaga kedaulatan, kemakmuran dan

kesejahteraan bagi rakyatnya. Berbagai upaya dapat diselenggarakan sebagai bentuk usaha menjaga kedaulatan negara, salah satunya ialah Pertahanan Negara yang bertujuan untuk menjamin tetap tegaknya Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) yang berlandaskan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945 dari segala bentuk ancaman yang datang baik dari dalam dan luar negeri. Untuk itu diperlukan usaha dan peran dari seluruh komponen kekuatan nasional sebagai suatu bentuk Pertahanan Negara sehingga siap menghadapi berbagai bentuk ancaman, gangguan, hambatan dan tantangan (AGHT) yang bersifat militer ataupun nirmiliter.

Berdasarkan fakta-fakta dan kondisi yang telah dijabarkan diatas, peneliti melihat perlu dilakukan suatu upaya pengawasan sebagai wujud dari pertahanan dan keamanan wilayah perairan Indonesia, terutama di wilayah perairan Selat Sunda yang merupakan bagian dari ALKI I sebagai jalur pelayaran domestik maupun internasional; kemudian salah satu dari *chokepoints*

⁹ Sobaruddin, et al. " Model Traffic Separation Scheme (TSS) di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I di Selat Sunda dalam

Mewujudkan Ketahanan Wilayah", *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol. 23, No. 1, 2017, hlm. 104-122.

dunia yakni jalur perdagangan yang ramai dan padat; termasuk kedalam WPP-RI 572 dengan potensi sumber daya ikan yang melimpah serta terus meningkatnya jumlah kapal yang melintasi perairan ini dengan adanya sejumlah kapal yang tidak teridentifikasi jenisnya. KKP melalui Satuan Tugas Pemberantasan Penangkapan Ikan secara Ilegal (Satgas) 115 telah mengembangkan dan melaksanakan operasi dalam penegakan hukum terhadap upaya pemberantasan penangkapan ikan secara ilegal di wilayah yurisdiksi Indonesia dengan dukungan personil dan peralatan operasi dari berbagai pihak terkait serta dengan dukungan teknologi yang memadai.

Menurut Plt. Direktur Jenderal Pengawasan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan (PSDKP) dalam Kegiatan Rakornas Satgas 115 pada bulan September 2019 lalu, disampaikan bahwa Pusat Pengendalian (Pusdal) PSDKP sebagai unit pengumpulan dan pengolahan data pengawasan PSDKP telah memanfaatkan sumber data berupa AIS, VMS dan Radar Satelit (Radarsat) dalam upaya deteksi IUU *Fishing*.

Data AIS dan VMS digunakan untuk memantau pergerakan dan identitas kapal, sedangkan data Radarsat-2 digunakan untuk mendeteksi objek yang diduga kapal. Radarsat milik badan antariksa Kanada ini secara operasional menggunakan stasiun bumi penerima data radar yang berlokasi di Perancak - Bali. Kemampuan Radarsat dalam deteksi kapal memiliki akurasi yang cukup tinggi yakni sekitar 79 % dari total 714 kapal yang terdeteksi dengan ukuran rata-rata 45 meter, namun untuk data kapal yang dideteksi dengan ukuran yang lebih kecil belum banyak tersedia¹⁰. Disatu sisi, tidak semua peneliti dapat memperoleh data Radarsat ini dengan mudah, diperlukan suatu proses pengajuan data kepada instansi yang memilikinya, dalam hal ini KKP. Untuk itu, peneliti dalam hal ini melihat keterbatasan dari Radarsat menjadi suatu kesempatan bagi peneliti untuk melihat potensi teknologi lain yang dapat dimanfaatkan dalam upaya pendeteksian objek permukaan laut yaitu kapal.

Teknologi ini ialah teknologi penginderaan jauh aktif berbasis citra satelit. Citra satelit pada umumnya telah

¹⁰ Komang Iwan Suniada. "Validasi Sebaran Kapal Penangkap Ikan Tradisional Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan

GPS Tracker", *Jurnal of Marine and Aquatic Sciences*, Vol. 4, No. 1, 2018, hlm. 14-21.

banyak dimanfaatkan untuk identifikasi objek permukaan bumi dengan berbagai pengaplikasian, namun untuk identifikasi objek permukaan laut masih belum banyak dilakukan. Jenis citra satelit yang dapat dimanfaatkan untuk identifikasi kapal tentu banyak mulai dari resolusi menengah hingga resolusi tinggi, diantaranya ialah Landsat-8, SPOT, MODIS, Sentinel-2 dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua jenis citra satelit yaitu Landsat-8 dan Sentinel-2 yang dalam proses perolehan datanya lebih mudah, karena telah tersedia di dalam *Google Earth Engine* (GEE) sebagai platform komputasi geospasial dengan konsep arsip data dan wadah pengolahan data geospasial yang hadir secara terbuka bagi penggunaannya. Selain itu, data citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 juga telah diuji memiliki kemampuan dalam pendeteksian objek permukaan laut seperti kapal. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tri Muji Susantoro dan Ketut Wikantika (2015), Landsat-8 dimanfaatkan untuk deteksi kapal di perairan Semarang, namun citra Landsat-8 ini diperoleh dengan melakukan proses unduh data citra dalam ukuran besar dan selanjutnya diolah di perangkat lunak

lainnya. Sementara itu, Nadya Oktaviani dan Hollanda A Kusuma (2017) juga telah menguraikan karakteristik dari citra Sentinel-2 untuk pemetaan wilayah perairan, namun belum dilakukan pendeteksian objek kapal. Dari kedua penelitian tersebut, peneliti melakukan pengembangan dari data dan metode yang digunakan untuk melakukan identifikasi objek kapal. Pengembangan yang dilakukan ialah dengan memanfaatkan teknologi penginderaan terbaru yang sangat berpotensi untuk identifikasi objek kapal yaitu *Google Earth Engine* (GEE), dengan data citra Landsat-8 dan Sentinel-2 didalamnya.

GEE merupakan perangkat berbasis data skala *petabyte* yang dibangun oleh Google, yang difungsikan untuk analisis data geospasial. GEE sebagai arsip data citra geospasial tersedia untuk umum secara terbuka (*open source*). Infrastruktur komputasi GEE dioptimalkan untuk pemrosesan data geospasial sehingga memudahkan para pengguna dalam hal membuat suatu pengolahan data dan visualisasi analisis spasial dari citra satelit baik skala kecil maupun skala besar. Selain itu, gagasan utama di balik GEE ialah untuk mengarahkan pada perkembangan

teknologi penginderaan jauh, analisis data satelit dan geospasial yang terus bergerak menuju paradigma Big Data untuk mengubah cara pemrosesan dari prosedur standar "bawa data ke pengguna" ke sebaliknya "bawa pengguna ke data" dan faktanya, pengguna dapat langsung mengunggah algoritma ke infrastruktur khusus, menghapus waktu yang diperlukan untuk transfer data dan memungkinkan pengembangan aplikasi inovatif ¹¹.

Di Indonesia, GEE sebagai teknologi berbasis penginderaan jauh masih belum banyak dimanfaatkan secara maksimal untuk identifikasi objek permukaan bumi terutama objek permukaan laut. Didalam Buku Laporan Tahun Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) tahun 2017 dengan judul "*Brings Advancement to Indonesia*" menyatakan salah satu tantangan dalam upaya pemanfaatan teknologi penginderaan jauh ialah GEE. Disampaikan bahwa berkembangnya teknologi atau *platform* yang menggunakan satelit penginderaan jauh seperti GEE yang memungkinkan pengguna mengolah data penginderaan jauh secara *online* menjadi tantangan

yang harus segera dijawab dan dikembangkan.

Dengan adanya tantangan ini dan melihat fenomena adanya ancaman nirmiliter di perairan Selat Sunda terkait aktivitas IUU *Fishing* dengan semakin ramainya jalur pelayaran di wilayah tersebut, peneliti berupaya untuk meningkatkan pemanfaatan GEE dengan menggunakan citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 yang tersedia untuk dapat diproses secara komputasi geospasial sebagai upaya identifikasi objek permukaan laut yaitu kapal. Dalam mengembangkan data citra yang digunakan, peneliti menggunakan data citra Landsat-8 dan Sentinel-2 dengan membedakan karakteristik masing-masing. Pertama, resolusi spasial dimana citra Landsat-8 memiliki resolusi spasial terkecil sekitar 30 meter sedangkan Sentinel-2 memiliki resolusi spasial terkecil 10 meter. Kedua, Landsat-8 memiliki resolusi temporal dengan masa orbit selama 16 hari, sementara Sentinel-2 selama 5 – 10 hari. Dan ketiga, resolusi

¹¹ Raffaella Valeria Cirigliano. *Monitoring Urban Heat Island through GEE: Potentialities and Difficulties in the Case of Phoenix, Arizona.*

(Roma: Sapienza Universita of Rome, 2017).

spektral dari Landsat-8 memiliki 11 *band*/kanal dan Sentinel-2 13 *band*/kanal ¹².

Perbedaan-perbedaan inilah yang mendasari peneliti untuk melakukan penelitian dengan mengembangkan dan meningkatkan kemampuan yang dimiliki oleh masing-masing citra dengan karakteristiknya masing-masing sehingga dapat dilihat kelebihan dan kekurangan yang dimilikinya. Adapun resolusi yang beragam ini atau dalam hal ini peneliti mengistilahkan sebagai multi resolusi, kemudian peneliti mengembangkan metode pengolahan data berdasarkan : (1) variasi resolusi spasial (resolusi spasial menengah untuk Landsat-8 dan resolusi spasial tinggi untuk Sentinel-2); (2) variasi resolusi spektral dengan metode kombinasi kanal untuk menghasilkan visualisasi citra yang lebih tajam dan (3) resolusi temporal untuk mengetahui jumlah citra yang dihasilkan dalam rentang waktu pengamatan. Hasil akhir nanti berupa data visualisasi citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 yang telah melalui proses pengolahan citra dengan kombinasi satelit dan penajaman citra, sehingga dalam penyajiannya menjadi

lebih baik dalam proses identifikasi objek permukaan laut di perairan Selat Sunda.

Proses identifikasi objek kapal menggunakan GEE ini menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan secara serius, karena GEE dengan kelebihan yang dimilikinya mampu mempermudah peneliti dalam memperoleh data citra satelit secara langsung, kemudian di proses untuk kombinasi kanal, penajaman serta visualisasi secara cepat. Selain itu, GEE didukung dengan algoritma pemrograman yang memudahkan peneliti dalam upaya modifikasi data sesuai kebutuhan. Peneliti tidak perlu lagi mengunduh data dan memprosesnya didalam perangkat lunak Sistem Informasi Geospasial (SIG) seperti ArcGIS, QGIS dan lainnya. Hasil identifikasi objek kapal di GEE ini kemudian dapat ditentukan koordinat kapal dengan *tools* yang dimiliki GEE dan kemudian dapat diintegrasikan dengan data deteksi kapal lainnya untuk melihat status kapal yang melewati perairan Selat Sunda.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode penelitian yang digunakan oleh peneliti

¹² Yanuar, et al. "Penentuan Jenis Citra Satelit dalam Interpretasi Luasan Ekosistem Lamun Menggunakan Pengolahan Algoritma Cahaya

Meningkatkan Pemanfaatan Citra Satelit Multi Resolusi Berbasis *Google Earth Engine* (Gee) Untuk Identifikasi Objek Permukaan Laut ... | Rizky, Trismadi, Makmur | 43

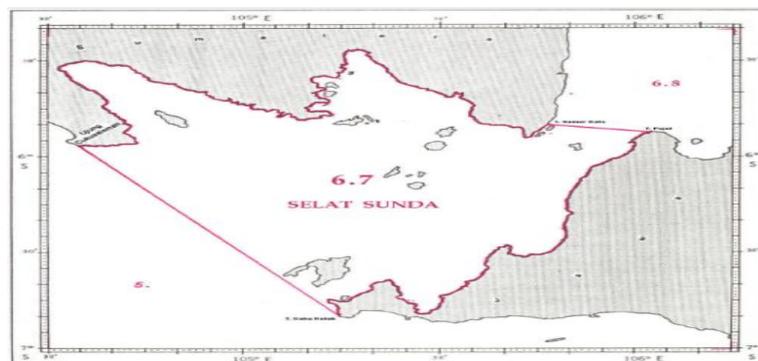
Tampak", *Jurnal Geomatika*, Vol.23, No. 2, 2017, hlm. 75-86.

ialah metode kuantitatif penginderaan jauh variabel terukur langsung dengan eksperimen komputer. Metode kuantitatif penginderaan jauh dalam hal dimaksudkan sebagai suatu pengukuran dan pengambilan data spasial berdasarkan perekaman sensor pada perangkat satelit, yakni data spasial berupa citra satelit.

Sedangkan eksperimen komputer dimaksudkan ialah penggunaan perangkat keras komputer dengan perangkat lunak pendukung yakni GEE sebagai *platform* atau wadah perangkat lunak dimana data spasial dapat diperoleh, diolah serta dianalisis secara spasial. Pendekatan analisis kuantitatif disini menggunakan analisis spasial, analisis spektral dan analisis temporal. Dimana hasil akhirnya ialah teridentifikasi objek kapal dipermukaan laut perairan

Selat Sunda dari interpretasi citra Landsat-8 dan Sentinel-2.

Tempat penelitian ini menggunakan lokasi perairan Selat Sunda yang dilakukan secara eksperimental komputer, dengan posisi geografis Selat Sunda berada disebelah utara dibatasi oleh garis yang menghubungkan Tanjung Sumur dari barat ke timur pada koordinat posisi $5^{\circ}50' \text{ LS} - 105^{\circ}47' \text{ BT}$ dan di pantai bagian selatan Pulau Sumatera ke Tanjung Pujut pada koordinat $5^{\circ}53' \text{ LS} - 105^{\circ}02' \text{ BT}$ di pantai sebelah barat laut Pulau Jawa. Sementara itu, di sebelah selatan dibatasi garis yang menghubungkan dari barat ke timur yaitu Tanjung Guha Kolak posisi koordinat $6^{\circ}50' \text{ LS} - 105^{\circ}15' \text{ BT}$ di pantai barat daya Pulau Jawa ke Tanjung Cuku Balimbing pada posisi koordinat $5^{\circ}56' \text{ LS} - 105^{\circ}33' \text{ BT}$ di pantai sebelah selatan Pulau Sumatera ¹³.



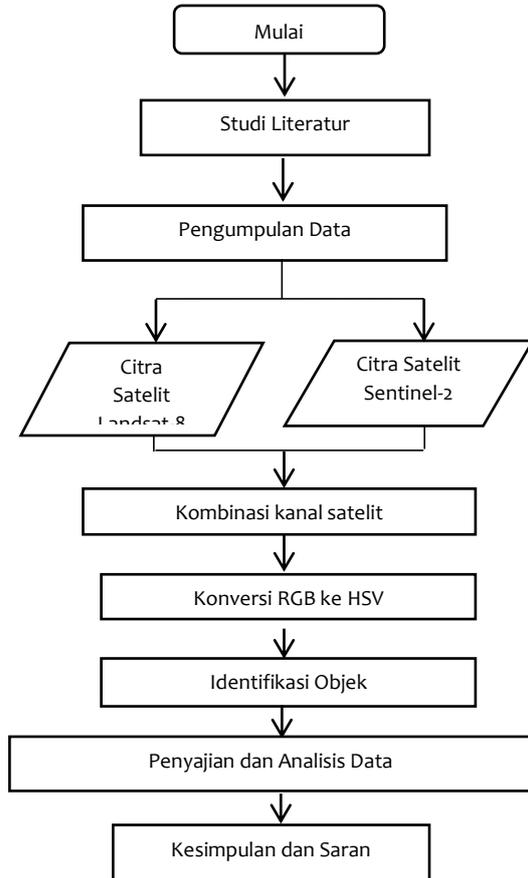
Gambar 1. Lokasi Penelitian Selat Sunda secara Geografis
Sumber : Sobaruddin Armawi dan Matono, 2017

¹³ Sobaruddin, et al. “ Model Traffic Separation Scheme (TSS) di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I di Selat Sunda dalam

Mewujudkan Ketahanan Wilayah”, *Jurnal Ketahanan Nasional*, Vol. 23, No. 1, 2017, hlm. 104-122.

Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Proses pengolahan dan analisis data citra digambarkan melalui diagram alir dibawah ini :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Peneliti (2020)

Adapun teknik analisis data citra yang akan dilakukan ialah:

1. Kombinasi Kanal Satelit

Kombinasi kanal merupakan penggabungan citra dari tiga kanal yang berbeda. Citra dari hasil kombinasi kanal disebut juga dengan citra komposit. Metode ini digunakan untuk memperoleh citra yang lebih jelas dalam mengenali objek. Pemanfaatan citra komposit pada satelit Landsat 8 dan Sentinel 2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Kanal Citra Satelit

Pemanfaatan Citra Satelit	Kombinasi Kanal Landsat 8	Kombinasi Kanal Sentinel 2A
<i>Natural Color</i>	4 3 2	4 3 2
<i>False Color (Urban)</i>	7 6 4	12 11 4
<i>Color Infrared (Vegetation)</i>	5 4 3	8 4 3
<i>Agriculture</i>	6 5 4	11 8 2
<i>Atmospheric Penetration</i>	7 6 5	12 11 8A
<i>Healthy Vegetation</i>	5 6 2	8 11 2
<i>Land / Water</i>	5 6 4	8 11 4
<i>Natural with Atmospheric Removal</i>	7 5 3	12 8 3

Shortwave Infrared	7 5 4	12 8 4
Vegetation Analysis	6 5 4	11 8 4

Sumber: ESRI (2013) dan EOS (2015)

Probabilitas kombinasi tiga kanal pada satelit dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\binom{N}{3} = \frac{N!}{(3! \times (N-3)!)} \quad (1)$$

Dimana N adalah jumlah kanal dalam citra satelit yang digunakan dengan menggunakan kombinasi 3 kanal.

2. Metode Penajaman Citra HSV

Setelah dilakukan kombinasi kanal, dilakukan penajaman citra untuk memperjelas identifikasi objek pada citra. Pada penelitian ini dilakukan penajaman citra dengan menggunakan metode penajaman citra HSV (*Hue-Saturation-Value*). Citra multispektral yang diperoleh dari satelit merupakan warna RGB, namun mata manusia lebih sensitif terhadap intensitas daripada informasi warna yang ada di RGB. Ruang warna HSV ini dirancang untuk mendekati penglihatan manusia, sehingga diperlukan transformasi dari RGB ke HSV.

Hue pada HSV berkaitan dengan panjang gelombang, *saturation* berkaitan dengan tingkat kemurnian pada warna, sedangkan *value* berkaitan dengan

banyaknya cahaya yang diterima oleh mata. Transformasi RGB ke HSV dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$H = \begin{cases} 60 \left(\frac{G-B}{\max - \min} \right), & \max = R \\ 60 \left(\frac{(B-R)}{\max - \min} + 2 \right), & \max = G \\ 60 \left(\frac{(R-G)}{\max - \min} + 4 \right), & \max = B \end{cases} \quad (2)$$

$$V = \begin{cases} 0, & \text{jika } \max = \min \\ \frac{\max - \min}{V}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$V = \max \quad (4)$$

Hasil dan Pembahasan

Pengamatan Selat Sunda dari Aspek Citra Satelit Multiresolusi

Mutiresolusi yang digunakan pada penelitian ini ialah peneliti melihat kemampuan dari setiap data citra satelit yang digunakan dari aspek resolusi yang dimilikinya pada GEE, dalam hal ini terbagi kedalam resolusi spasial, temporal dan spektral.

1. Resolusi Spasial

Resolusi spasial ialah ukuran terkecil dari suatu objek di lapangan yang bisa direkam pada citra ataupun data digital. Semakin baik sensor satelit dapat menyajikan data dan informasi yang teliti

maka semakin kecil ukuran data yang direkam oleh sensor tersebut.

Suatu data spasial dapat dikatakan sebagai data dengan resolusi spasial yang baik apabila memiliki resolusi yang tinggi atau halus, sedangkan dapat dikatakan sebagai data spasial yang kurang baik apabila memiliki resolusi yang kasar atau rendah. Pada bagian ini, peneliti memilih dua buah data citra yang digunakan yaitu citra satelit Landsat-8 dengan resolusi spasial 30 meter, kecuali kanal *Panromatic* sebesar 15 meter dan *Infrared* 100 meter, sedangkan untuk Sentinel-2. Landsat-8 dengan resolusi spasialnya yang bervariasi yaitu 10 meter untuk kanal *Blue*, *Green*, *Red* dan *Infrared*; 20 meter *Vegetation Red Edge*, *Narrow NIR* dan *SWIR*; 60 meter untuk *Coastal/Aerosol*, *Water Vapour* dan *SWIR-Cirrus*¹⁴. Kemampuan dalam variasi resolusi spasial yang berbeda akan lebih jelas terlihat pada hasil pengamatan objek di perairan Selat Sunda yang diteliti.

2. Resolusi Temporal

Resolusi temporal ialah frekuensi perekaman ulang yang kembali ke daerah yang sama pada rentang waktu tertentu. Untuk Landsat-8 memiliki waktu liput

ulang pada daerah yang sama adalah 16 hari, sedangkan Sentinel-2 adalah 5 hari. Dengan perbedaan waktu liput ulang pada daerah yang sama yaitu perairan Selat Sunda dalam penelitian ini, diharapkan data citra yang diperoleh bisa saling melengkapi hasil visualisasi dalam upaya identifikasi objek kapal. Pada GEE, data yang disajikan terus terupdate setiap harinya juga dilengkapi dengan fitur *timelapse* untuk melihat perubahan dari suatu objek yang diamati selama kurun waktu yang cukup panjang namun tersajikan dalam visualisasi *timelapse* yang singkat.

Pada penelitian ini, peneliti melakukan pengamatan pada wilayah perairan Selat Sunda dengan koordinat yang telah ditentukan. Pada GEE, peneliti melihat jumlah citra yang dapat dihasilkan dari satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 dalam rentang waktu dari 1 Januari 2019 sampai dengan 31 Desember 2019. Untuk data citra yang dihasilkan dari citra satelit Landsat-8 pada GEE yaitu sebanyak 21 citra termasuk didalamnya citra yang tertutup awan, sedangkan untuk Sentinel-2 data citra yang dapat dihasilkan ialah lebih dari 71 citra termasuk citra yang

¹⁴ Gokmaria Sitanggang. "Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan

Satelit LDCM (Landsat-8)", *Berita Dirgantara*, Vol 11, No. 2, 2010, hlm. 47-58.

Meningkatkan Pemanfaatan Citra Satelit Multi Resolusi Berbasis *Google Earth Engine* (Gee) Untuk Identifikasi Objek Permukaan Laut ... | Rizky, Trismadi, Makmur | 47

tertutup awan. Melihat potensi dari keduanya, tentu dapat saling melengkapi dimana ada waktu rekam ulang yang dilakukan oleh Sentinel-2 namun tidak dilakukan oleh Landsat-8.

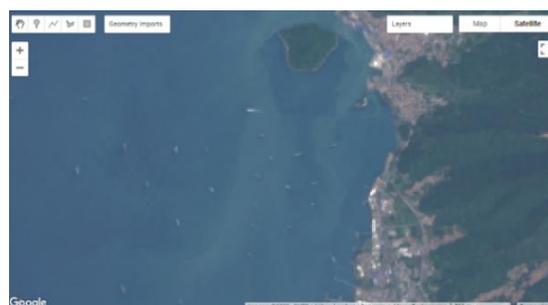
3. Resolusi Spektral

Resolusi spektral ialah ukuran lebar dan banyaknya saluran yang dapat diserap oleh sensor, dimana nilai resolusi spektral pada salurannya dikatakan semakin tinggi maka dapat dikatakan bahwa semakin banyak saluran yang dapat diserap dan semakin sempit lebar spektral tiap salurannya. Adapun resolusi spektral ini berkaitan langsung dengan kemampuan sensor untuk dapat mengidentifikasi objek. Resolusi spektral sensor yang spesifik menentukan jumlah band spektral, di mana sensor dapat memilih radiasi yang direfleksikan (dipantulkan)¹⁵.

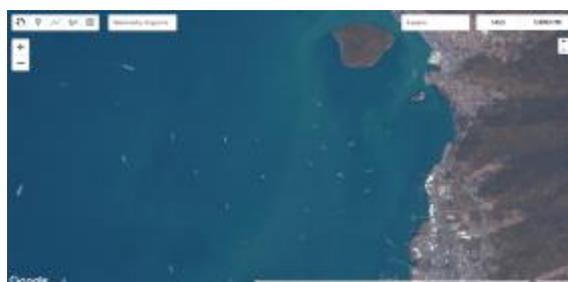
Perbandingan Citra Landsat-8 dan Sentinel-2

Berikut adalah perbandingan hasil pengamatan oleh Landsat-8 dan Sentinel-2 yang merupakan kategori satelit dengan resolusi temporal yang sedang. Wilayah Selat Sunda yang diamati dengan

Landsat-8 pada path 124, diperoleh 21 citra pada tahun 2019. Sedangkan pengamatan dengan Sentinel-2 pada tile T48MXU, diperoleh 71 citra pada tahun 2019. Pada resolusi spasial, Landsat-8 dan Sentinel-2 merupakan jenis satelit dengan resolusi spasial menengah.



Gambar 3. Citra Landsat-8 dengan Visualisasi *Natural Color* pada Tanggal 5 Januari 2019
Sumber: diolah peneliti pada GEE, 2020



Gambar 4. Citra Sentinel-2 dengan Visualisasi *Natural Color* pada Tanggal 5 Januari 2019
Sumber: diolah peneliti pada GE,2020

Citra yang diperoleh dengan menggunakan Landsat-8 dan Sentinel-2 pada tanggal 5 Januari 2019 tersebut dibandingkan dengan tingkat perbesaran yang sama. Citra yang dihasilkan dengan menggunakan Sentinel-2 lebih jelas

¹⁵ Muhammad A. Ashraf, et al.

“Introduction to Remote Sensing of

daripada citra yang dihasilkan dengan menggunakan Landsat-8. Hal ini dikarenakan Sentinel-2 pada kanal 4, 3, dan 2 memiliki resolusi lebih bagus dari kanal 4, 3, 2 Landsat-8. Pada kanal tersebut, Sentinel-2 memiliki resolusi spasial 10 m, sedangkan Landsat-8 memiliki resolusi spasial 30 m. Sehingga dalam identifikasi kapal lebih mudah dengan menggunakan citra Sentinel-2.

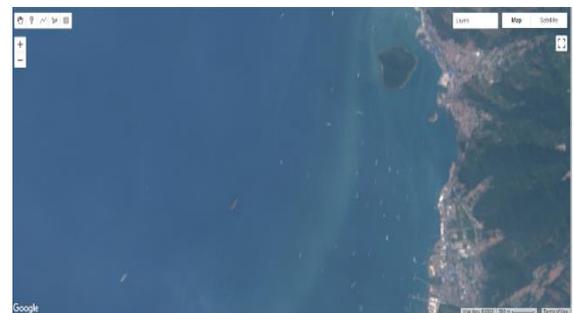
Visualisasi Citra Satelit Kombinasi Tiga Kanal dan Penajaman HSV

Pada penelitian ini dilakukan kombinasi 3 kanal pada citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2. Tujuannya untuk interpretasi kapal dengan yang bukan kapal. Lalu dilakukan penajaman dengan menggunakan metode HSV untuk mendapatkan citra yang lebih jelas. Berikut tahap transformasi citra HSV pada citra Landsat-8 pada wilayah Selat Sunda bagian Utara.

```
var image =
ee.Image('LANDSAT/LCo8/Co1/T1_TOA/LCo8_12306
4_20190105');
Map.addLayer(
  image,
  {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 0, max: 0.25,
gamma: [1.1, 1.1, 1]}},
  'rgb');
var hsv = image.select(['B4', 'B3', 'B2']).rgbToHsv();
var sharpened = ee.Image.cat([
  hsv.select('hue'), hsv.select('saturation'),
  image.select('B8')
]).hsvToRgb();
```

```
Map.setCenter(105.9845, -5.9528, 15);
Map.addLayer(sharpened,
  {min: 0, max: 0.25, gamma: [1.3, 1.3, 1.3]},
  'pan-sharpened');
```

Pada pemograman tersebut, untuk transformasi citra dari RGB ke HSV di GEE digunakan kanal *panchromatic* pada kanal nomor 8. Kombinasi kanal yang didapatkan akan ditajamkan dengan kanal *panchromatic* pada kanal nomor 8.



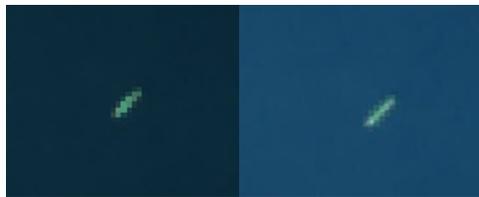
Gambar 5. Visualisasi *Natural Color*
Sumber: diolah peneliti pada GEE (2020)



Gambar 6. Visualisasi *Natural Color* dengan Penajaman HSV
Sumber: diolah peneliti pada GEE,2020

Pada visualisasi *natural color* yang dihasilkan dari kombinasi kanal 4, 3 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 5. Kemudian dari kombinasi kanal tersebut, dilakukan penajaman HSV yang dapat dilihat pada Gambar 6. Dari kedua gambar tersebut, dapat dilihat bahwa Gambar 6 yang telah

dilakukan penajaman HSV terlihat lebih jelas dengan tingkat perbesaran yang sama.

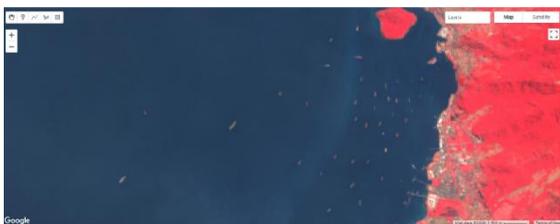


(a) RGB (b) HSV

Gambar 7. Identifikasi Kapal dengan Citra RGB da HSV

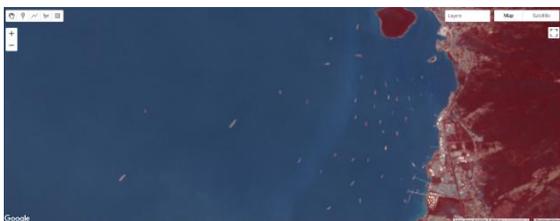
Sumber: diolah peneliti pada GEE (2020)

Kemudian dilakukan kombinasi kanal 5, 4, 3 pada citra Landsat-8 yang menghasilkan visualisasi *infrared* yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Visualisasi *Infrared*

Sumber: diolah peneliti pada GEE,2020



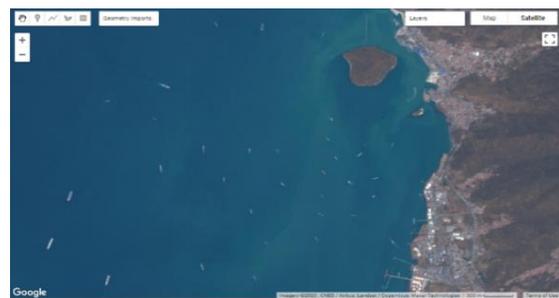
Gambar 9. Visualisasi *Infrared* dengan Penajaman HSV

Sumber: diolah peneliti pada GEE, 2020

Pada Gambar 8 dengan visualisasi *infrared*, dilakukan untuk mengetahui perbedaan dengan visualisasi *natural*

color, dan mendapatkan identifikasi kapal yang lebih kontras dengan laut. Pada visualisasi *infrared* tersebut, vegetasi yang ada di pulau diinterpretasikan dengan warna merah muda. Sehingga dapat dilakukan identifikasi antara kapal dengan pulau kecil dari segi warna untuk memperjelas identifikasi kapal yang berbentuk persegi panjang.

Pada visualisasi kombinasi kanal pada citra Sentinel-2 ini tidak dilakukan penajaman citra dengan HSV dikarenakan pada Sentinel-2 tidak ada kanal *panchromatic* seperti yang terdapat pada kanal Landsat-8. Fungsi kanal *panchromatic* adalah untuk mempertajam citra dari kombinasi kanal. Namun pada citra Sentinel-2 ini memiliki resolusi spasial lebih bagus daripada Landsat-8.



Gambar 10. Visualisasi *Natural Color* dengan Sentinel-2

Sumber: diolah peneliti pada GEE (2020)



Gambar 11. Visualisasi *Infrared* dengan Sentinel-2

Sumber: diolah peneliti pada GEE, 2020

Kombinasi yang dilakukan pada data citra Sentinel-2 ini bertujuan untuk membedakan objek kapal dengan objek selain kapal, yakni dilihat dari interpretasi citra dari warna dan bentuknya. Secara visualisasi dapat terlihat perbedaan antara objek kapal dengan objek selain kapal yakni pulau. Pada kombinasi kanal visualisasi natural color bisa terlihat dengan jelas dimana objek kapal terlihat di atas perairan Selat Sunda yang berwarna putih dengan bentuk kapal, sementara objek selain kapal yaitu pulau atau daratan terlihat berwarna abu kecoklatan dengan bentuk pulau pada umumnya. Begitu pulau dengan visualisasi *false color*, *infrared* dan *shortwave infrared* terlihat perbedaan yang jelas antara objek kapal dengan yang bukan kapal dalam hal ini pulau atau daratan. Dari keempat visualisasi pada sentinel-2 ini bahwa visualisasi dengan kombinasi *shortwave infrared* memiliki bentuk dan warna visualisasi yang lebih

jelas dibanding ketiga lainnya, yakni objek kapal berwarna hijau muda dengan garis-garis kecil menyerupai bentuk kapal di atas perairan Selat Sunda.

Pemanfaatan GEE dalam Rangka Mendukung Pertahanan Wilayah Perairan Selat Sunda

Wilayah perairan Indonesia dengan sumber daya kelautan yang melimpah telah menjadi daya tarik bagi negara lain untuk memanfaatkannya. Adapun berbagai upaya telah diselenggarakan sebagai bentuk usaha menjaga kedaulatan negara, salah satunya ialah Pertahanan Negara yang bertujuan untuk menjamin tetap tegaknya Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) yang berlandaskan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945 dari segala bentuk ancaman yang datang baik dari dalam dan luar negeri.

Oleh karena itu diperlukan usaha dan peran dari seluruh komponen kekuatan nasional sebagai suatu bentuk Pertahanan Negara sehingga siap menghadapi berbagai bentuk ancaman, gangguan, hambatan dan tantangan (AGHT) yang bersifat militer ataupun nirmiliter. Seperti yang telah tertera didalam Buku Putih Pertahanan Indonesia (BPPI) tahun 2015, bahwa suatu pembangunan kekuatan pertahanan laut

salah satunya ialah perlu dibangun suatu bentuk kekuatan pertahanan maritim yang didukung teknologi satelit dan sistem *drone*. Dimana teknologi ini dapat dikembangkan dengan meningkatkan kualitas sistem informasi dan komunikasi pertahanan berbasis teknologi satelit atau lebih tepatnya dalam hal teknologi penginderaan, yang dalam penelitian digunakan *Google Earth Engine* sebagai teknologi penginderaan terbaru sebagai salah satu upaya untuk menjawab permasalahan tersebut.

Selat Sunda sebagai salah satu wilayah perairan Indonesia yang saat ini perlu dilakukan suatu upaya pengawasan terhadap aktivitas laut yang dapat dikatakan sangat bebas karena keberadaan Selat Sunda dalam ALKI I dan sebagai salah satu *chockpoint* dunia. Potensi dari Selat Sunda menjadi jalur perdagangan laut yang ramai dan bebas, menjadikan banyak upaya yang dilakukan untuk mengawasi dan mengamankan wilayah perairan Selat Sunda ini, salah satunya dengan upaya pengawasan jarak jauh dengan teknologi penginderaan.

Dengan potensi yang dimiliki GEE sebagai arsip data geospasial dan sebagai *platform* pengolahan data citra dengan kecepatan waktu pengolahan serta memudahkan peneliti untuk memodifikasi

algoritma pemrograman didalamnya, GEE dapat dikatakan sebagai teknologi penginderaan jauh yang mampu menjawab permasalahan dalam penelitian ini, yaitu identifikasi objek kapal sebagai upaya pengawasan wilayah perairan Selat Sunda.

Dari hasil identifikasi, diperoleh visualisasi dari objek kapal yang terdeteksi dan kemudian ditentukan koordinat posisi kapal dengan *tools inspector* didalam GEE. Keterbaruan dalam bidang teknologi penginderaan berbasis GEE ini dapat diintegrasikan dalam mendukung upaya pengawasan wilayah perairan Selat Sunda lainnya yang juga saat ini sedang dilakukan oleh lembaga atau instansi terkait.

Adapun upaya tersebut diantaranya sebagai berikut :

a. Pembentukan Satgas

Dengan potensi Selat Sunda yang termasuk kedalam WPP-RI 572 mampu menjadikan Selat Sunda sebagai wilayah perairan yang dapat di eksploitasi kekayaan lautnya yaitu dengan aktivitas *illegal Fishing*. Untuk itu telah dibentuk Satuan Tugas (Satgas) pemberantasan *Illegal Fishing* dengan perwakilan beberapa instansi pemerintahan seperti KKP, BAKAMLA, TNI AL dan beberapa *stakeholder* terkait lainnya.

Objek kapal yang teridentifikasi dalam penelitian ini dapat diintegrasikan dengan data AIS (*Automatic Identification System*) yang digunakan sebagai alat pendeteksi sinyal kapal yang diwajibkan untuk semua kapal secara internasional oleh IMO (*International Maritime Organization*) untuk dapat mendukung Satgas dan instansi terkait dalam upaya pengamatan kapal-kapal asing yang tidak resmi melintasi wilayah perairan Indonesia. Hasil identifikasi ini berupa data kapal visualisasi dan posisi dengan estimasi koordinat yang dapat ditentukan langsung, kemudian diintegrasikan dengan data AIS yang memiliki data statis (spesifikasi kapal) dan data dinamis (koordinat kapal).

Apabila terdapat kapal yang teridentifikasi secara visual pada GEE tetapi setelah diintegrasikan dengan data AIS tidak ada keberadaannya, maka dapat diduga bahwa kapal tersebut merupakan kapal *illegal*. Tentu apabila hal ini dapat terealisasi dengan baik, maka teknologi GEE ini menjadi sangat bermanfaat sebagai salah satu upaya dalam mendukung pertahanan Negara.

b. Model Traffic Separation Scheme (TSS) di ALKI I Selat Sunda

Dalam upaya pengawasan dan

mendukung ketahanan wilayah perairan Selat Sunda, Pushidrosal dan para peneliti dari Universitas Gajah Mada membuat suatu model sistem Traffic Separation Scheme (TSS) di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I Selat Sunda dan mengkaji dampak pembangunan model TSS bagi ketahanan wilayah Selat Sunda itu sendiri. Didalam penelitian yang dilakukan oleh Sobaruddin, *et al* (2017) ini menunjukkan bahwa Model TSS di Selat Sunda yang terbaik ialah Solusi-2 yaitu TSS berada di sebelah barat Pulau Sangiang yang merupakan alur pelayaran di antara Pulau Panjurit dan Pulau Sangiang. Penentuan ini tentu dengan tetap memperhatikan ALKI-I yang sudah ada dan melihat keberadaan bahaya navigasi di Terumbu Koliot.

c. Tiga Komando Gabungan Wilayah Pertahanan TNI (Kogabwilhan)

Kogabwilhan merupakan komando utama operasi TNI yang dibentuk berdasarkan Keputusan Presiden No. 27 Tahun 2019 yaitu tentang Pembentukan Komando Gabungan Wilayah Pertahanan dan Peningkatan Status 23 Komando Resort Militer dari tipe B menjadi tipe A. Kogabwilhan dipimpin oleh perwira tinggi dan berkedudukan langsung di bawah Panglima TNI, yang mana pada satuan

baru tersebut memiliki tugas sebagai penindak awal dan pemulih bila terjadi konflik di wilayahnya, termasuk operasi militer perang (OMP) dan operasi militer selain perang (OMSP). Selain itu juga bertugas sebagai penangkal apabila terjadi ancaman dari luar dan dalam negeri di wilayahnya, dan pemulih terhadap kondisi keamanan negara yang terganggu karena adanya kekacauan keamanan di wilayahnya yang dilaksanakan sesuai dengan kebijakan dari Panglima TNI. Adapun wilayah operasi dari Kogabwilhan ini dibagi kedalam tiga wilayah pertahanan, dimana perairan Selat Sunda termasuk kedalam Kogabwilhan I dalam wilayah laut beserta perairan di sekitar Sumatera, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, DKI, Jawa Barat, Banten dan ALKI-1¹⁶.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan pada penelitian ini adalah pemanfaatan citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 pada GEE dapat ditingkatkan untuk identifikasi objek permukaan laut di perairan Selat Sunda. Proses pengolahan dan analisa data citra

menjadi faktor penentu dari visualisasi citra yang dihasilkan, dimana dengan kombinasi tiga kanal dan transformasi HSV citra yang dihasilkan menjadi lebih tajam sehingga memudahkan peneliti dalam proses identifikasi objek kapal.

Identifikasi objek kapal juga di analisa dengan menggunakan tools *inspector* pada GEE untuk menentukan koordinat kapal. Upaya peningkatan pemanfaatan citra satelit Landsat-8 dan Sentinel-2 pada GEE telah berhasil dilakukan oleh peneliti, dimana hal tersebut di dukung oleh keunggulan yang dimiliki oleh GEE sebagai *platform* pemrosesan data geospasial berbasis *cloud/arsip* data geospasial sehingga memudahkan peneliti.

Upaya identifikasi objek permukaan laut yaitu kapal di perairan Selat Sunda ini tentu masih jauh dari sempurna dan diperlukan perbaikan maupun pengembangan metode. Adapun saran dari penulis bagi para peneliti yang tertarik dan akan meneruskan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam metode penajaman citra, dapat digunakan metode lain yang

¹⁶ Golda Eksa. "Tiga Komando Gabungan Wilayah Perthanan TNI". dalam <https://mediaindonesia.com/read/deta il/262018-tiga-komando-gabungan->

wilayah-pertahanan-tni-diresmikan, diakses pada 23 Februari 2020.

dimungkinkan hasilnya dapat lebih baik dibanding metode yang digunakan pada penelitian ini

2. Citra satelit yang dapat digunakan bukan hanya Landsat-8 dan Sentinel-2, untuk itu peneliti berikutnya dapat mengembangkan kembali citra satelit lainnya yang memiliki potensi yang sama dari keduanya.
3. Diperlukan integrasi dengan data AIS (Automatic Identification System) atau data VMS (Vessel Monitoring System) yang dimiliki oleh Bakamla dan KKP dalam rangka mendukung illegal fishing.

Daftar Pustaka

Buku

Cirigliano, Raffaella Valeria. (2017). *Monitoring Urban Heat Island through GEE: potentialities and difficulties in the case of Phoenix, Arizona*. Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Civil and Industrial Engineering: Sapienza Universita Di Roma.

Siombo, M.R. (2010). *Hukum Perikanan Nasional dan Internasional*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Tesis

Ikhtiari, Richarunia Wenny. (2011). *Strategi Keamanan Maritim Indonesia dalam Menanggulangi Ancaman Non-Tradisional Security, Studi Kasus: Illegal Fishing Periode Tahun 20-5-2010*. Universitas Indonesia.

Jurnal

Ashraf, Muhammad A., Maah, Mohd. J., dan Yusoff, Ismail. (2014). "Introduction to Remote Sensing of Biomass". *ResearchGate Publication* 221915805: University of Malaya, Malaysia.

Putri, H.M., Pramoda, R dan Firdaus, M. (2017). "Kebijakan Penenggelaman Kapal Pencuri Ikan Di Wilayah Perairan Indonesia Dalam Perspektif Hukum". Balai Besar Riset Sosial Ekonomi, Kementerian Kelautan dan Perikanan. *Jurnal Kebijakan Sosek KP*, vol. 7(2), Desember 2017: 91-102.

Sitanggang, Gokmaria. (2010). "Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Satelit LDCM (Landsat-8)". *Berita Dirgantara*, vol. 11(2), hlm. 47-58.

Sobaruddin, Dyan Primana., Armawi, Armaidly dan Martono, Edhi. (2017). "Model Traffic Separation Scheme (TSS) Di Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I di Selat Sunda dalam Mewujudkan Ketahanan Wilayah". *Jurnal Ketahanan Nasional*, vol. 23(1), 27 April 2017 Halaman 104-122 ISSN: 0853-9340 (Print), ISSN: 2527-9688 (Online).

Suniada, Komang Iwan. (2018). "Validasi Sebaran Kapal Penangkap Ikan Tradisional Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan GPS Tracker". *Jurnal of Marine and Aquatic Sciences*, vol. 4(1), 14-21. Balai Riset dan Observasi Laut Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Yanuar, Resha Chistian., Hanintyo, Rizki., dan Muzaki, Anggi Afif. (2017). "Penentuan Jenis Citra Satelit Dalam Interpretasi Luasan Ekosistem Lamun Menggunakan Pengolahan Algoritma Cahaya Tampak". *Jurnal Geomatika*, vol. 23(2), November 2017: 75-86.

Peraturan

Doktrin TNI AL Eka Sasana Jaya.
Keputusan Kepala Staf TNI Angkatan
Laut Nomor: KEP/07/II/2001

Website

Eksa, Golda. (2019). Tiga Komando
Gabungan Wilayah Pertahanan TNI
Diresmikan : Media Indonesia.
Retrieved from
[https://mediaindonesia.com/read/deta
il/262018-tiga-komando-gabungan-
wilayah-pertahanan-tni-diresmikan](https://mediaindonesia.com/read/deta
il/262018-tiga-komando-gabungan-
wilayah-pertahanan-tni-diresmikan),
diakses pada 23 Februari 2020.