
PEMANFAATAN DATA SATELIT SENTINEL-1 DAN SENTINEL-2 UNTUK DETEKSI KAPAL TRANSHIPMENT DI PERAIRAN BINTAN

Rizqi Naufal Aprianto¹, Sofia Pinardi^{1*}, Fahmi Sahar¹,
Maryani Hartuti², Harry Ramza¹

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas
Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Indonesia,

²Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia

Email: rizqinaufal502@gmail.com, sofia-pinardi@uhamka.ac.id, saharf008@gmail.com,
mhartuti2009@gmail.com, hramza@uhamka.ac.id

*Correspondence: sofia-pinardi@uhamka.ac.id

ABSTRAK

Perairan Indonesia memiliki aktivitas pelayaran yang sangat tinggi, sehingga memerlukan sistem pemantauan yang andal untuk mendukung keselamatan navigasi, pengawasan maritim, dan pengelolaan sumber daya laut. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan data Sentinel-1, Sentinel-2, dan Automatic Identification System (AIS) dalam mendeteksi kapal di perairan Bintan. Deteksi kapal dari citra Sentinel-1 dilakukan dengan algoritma Constant False Alarm Rate (CFAR), yaitu teknik deteksi objek berbasis ambang batas dan klasifikasi untuk membedakan kapal dari latar perairan. Pada citra Sentinel-2, digunakan metode interpretasi visual untuk mengidentifikasi dugaan aktivitas transshipment. Data AIS digunakan sebagai acuan untuk memverifikasi posisi dan jenis kapal yang terdeteksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi data Sentinel-1, Sentinel-2, dan AIS mampu meningkatkan akurasi dalam identifikasi kapal, termasuk kapal yang tidak dilengkapi perangkat AIS. Tercatat lima kejadian dugaan transshipment pada 13 September 2024 dan tujuh kejadian pada 12 November 2024. Hasil ini menjadi dasar awal bagi pihak pengamanan maritim untuk melakukan analisis lebih lanjut guna mendukung pengambilan keputusan yang tepat.

Kata kunci: Data Sentinel-1, Data Sentinel-2, Data AIS, Transshipment, Pulau Bintan

Abstract

Indonesia's waters are known for their intense maritime traffic, necessitating robust monitoring systems to support navigation safety, maritime surveillance, and marine resource management. This research aims to utilize Sentinel-1, Sentinel-2, and Automatic Identification System (AIS) data for vessel detection in the Bintan waters. Vessel detection from Sentinel-1 imagery was performed using the Constant False Alarm Rate (CFAR) algorithm, a threshold-based object detection technique combined with classification algorithms to distinguish ships from the water background. Visual interpretation of Sentinel-2 imagery was applied to identify suspected transshipment activities. AIS data served as a reference for verifying the location and type of detected vessels. The results demonstrate that integrating Sentinel-1, Sentinel-2, and AIS data enhances the accuracy of ship identification, particularly in detecting vessels not equipped with AIS transponders. This study identified five suspected transshipment events on September 13, 2024, and seven on November 12, 2024. These findings provide

initial evidence for maritime security authorities to conduct further analysis and support effective decision-making.

Keywords: Data Sentinel-1, Data Sentinel-2, Data AIS, Transshipment, Pulau Bintan

PENDAHULUAN

Laut Bintan yang merupakan bagian dari kepulauan Riau, perairan ini menghubungkan rute pelayaran antara Indonesia dengan Singapura, Malaysia dan negara lainya dikawasan Asia Tenggara. Dengan lokasi yang strategis menjadikan salah satu jalur penting transportasi laut dan perdagangan. Penyelundupan oleh kapal asing ke dalam wilayah laut Indonesia untuk mencuri ikan maupun kapal asing memasukkan barang barang illegal melalui jalur laut menjadi masalah serius yang di hadapi Indonesia saat ini (Cabanellas-Reboredo et al., 2014; IM et al., 2018; Macusi et al., 2022; Nguyen & Nguyen, 2022; Simeon et al., 2019; Susiloningtyas et al., 2014). Minimnya pemantauan didaerah tersebut banyak sekali kegiatan kapal yang diduga melakukan kegiatan ilegal seperti pertukaran barang, transfer bahan bakar minyak tanpa izin serta menimbulkan kebocoran dilaut dan lain-lain. Hal ini harus ada tindakan untuk pemantauan jarak jauh seperti pemantauan pelayaran kapal menggunakan Sentinel-1 untuk meminimalisir kegiatan ilegal.

Pemantauan aktivitas kapal umumnya menggunakan AIS, yang merupakan system navigasi maritim dan komunikasi berbasis sinyal radio. AIS memungkinkan identifikasi posisi, kecepatan, dan arah kapal secara real-time. Data AIS sangat penting tidak hanya bagi otoritas pelabuhan dan instansi pengatur lalu lintas laut, tetapi juga bagi peneliti, operator pelayaran, hingga pihak swasta yang bergerak di bidang logistik dan analisis data maritim (Dalinda, 2022). Informasi yang diperoleh dari AIS dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti pemantauan pergerakan kapal, analisis pola pelayaran, prediksi kedatangan kapal, hingga deteksi aktivitas ilegal seperti penangkapan ikan di wilayah terlarang atau pelayaran tanpa izin. Semua kapal dalam pelayaran internasional yang bobotnya di atas 300 GT wajib mengoperasikan perangkat (Simau & al., 2023).

Keunggulan utama data radar Sentinel-1 adalah kemampuannya untuk melakukan pengamatan secara konsisten, baik siang maupun malam, dan dalam segala kondisi cuaca, termasuk saat terdapat awan atau hujan. Data SAR sangat berguna untuk mendeteksi objek seperti kapal di laut, bahkan dalam situasi di mana AIS tidak aktif. Sedangkan keunggulan dari Sentinel-2 kemampuannya untuk mendeteksi kapal berkat resolusi spasial tinggi (hingga 10 meter) dan cakupan spektral yang luas, terutama pada band-band visible dan NIR (near-infrared) yang memungkinkan identifikasi objek permukaan laut seperti kapal dengan kontras yang jelas terhadap air. Sensor optiknya mampu menangkap citra multispektral dengan frekuensi tinggi sehingga sangat efektif untuk pemantauan pergerakan kapal. Dengan kombinasi data Sentinel-1 dan Sentinel-2 serta AIS membuka peluang baru untuk menciptakan sistem pemantauan yang lebih komprehensif. Integrasi keduanya memungkinkan identifikasi kapal yang tidak hanya berdasarkan sinyal AIS, tetapi juga melalui deteksi secara visual dari satelit (Alexandre et al., 2024).

Penelitian oleh Ernawati et al. (2020) membahas efektivitas penggunaan data AIS dalam memantau aktivitas kapal di wilayah Selat Malaka dan menemukan bahwa AIS sangat membantu dalam memantau jalur pelayaran legal, namun memiliki keterbatasan dalam mendeteksi kapal-kapal yang

mematikan transponder atau tidak dilengkapi AIS. Di sisi lain, studi oleh Sunaryo dan Nugroho (2022) menunjukkan potensi besar citra Sentinel-1 dalam mendeteksi kapal melalui pendekatan radar berbasis Synthetic Aperture Radar (SAR), tetapi tidak memberikan integrasi dengan visual imagery (Sentinel-2) atau data AIS sehingga hasilnya kurang konklusif untuk klasifikasi jenis aktivitas kapal secara menyeluruh. Berdasarkan kedua studi tersebut, penelitian ini mengisi gap dengan mengintegrasikan ketiga sumber data—Sentinel-1, Sentinel-2, dan AIS—untuk memperkuat akurasi dan verifikasi deteksi aktivitas kapal di perairan Bintan. Dengan pendekatan multimodal ini, deteksi kapal yang tidak teridentifikasi oleh AIS dapat dilacak menggunakan citra radar dan visual, sehingga memperluas cakupan pengawasan maritim. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pemantauan kapal yang lebih efektif di wilayah perairan Indonesia, khususnya di wilayah rawan seperti Bintan, serta memberikan data awal kepada otoritas maritim untuk mengidentifikasi aktivitas transshipment ilegal. Manfaatnya adalah sebagai alat pendukung kebijakan keamanan laut, konservasi sumber daya laut, dan pengambilan keputusan berbasis bukti untuk pengawasan wilayah laut nasional.

METODE

Perairan Bintan terletak pada wilayah bagian dari Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia. Dengan Koordinat 1.404 – 2.200 LU (Lintang Utara) dan 104.189 – 104.969 BT (Bujur Timur). Yang letaknya berada di jalur pelayaran internasional yang sangat sibuk, terutama dekat dengan Selat Malaka dan Laut Cina Selatan. Lokasinya yang dekat dengan Singapura menjadikan perairan ini sebagai rute penting untuk kapal-kapal dagang dan logistik internasional. Dalam penelitian ini sisi perairan bintan yang terletak pada garis merah pada gambar.1 berfokuskan untuk mendeteksi dugaan kapal transshipment pada perairan Bintan (Prawinugraha et al., 2020).

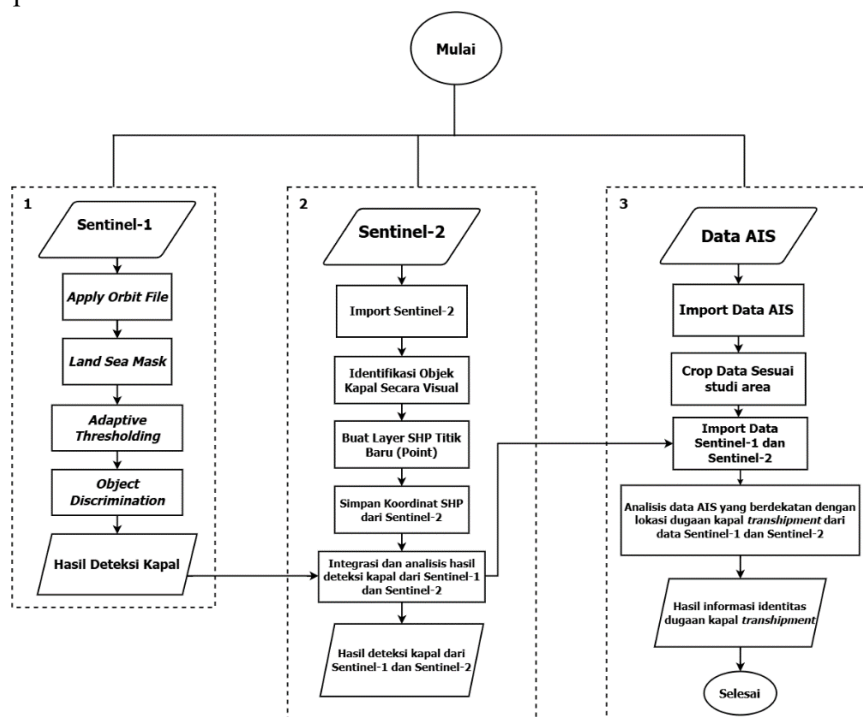
Data Sentinel-1 Interferometric Wide swath Ground Range Detected (IWGRD) merupakan data yang digunakan pada penelitian ini, data Sentinel-1 dan Sentinel-2 ini tersedia di Copernicus yang merupakan bagian dari program milik ESA website ini dapat diakses secara gratis untuk pengambilan data. Pada data ini diperoleh pada tanggal (13 September 2024 dan 12 November 2024) dari Sentinel-1 dan Sentinel-2 adapun kedua tanggal tersebut diambil paling banyak kegiatan transshipment pada perairan Bintan. Sementara itu Sentinel-2 dengan jenis data True Color Image (TCI) yang merupakan representasi visual dari permukaan bumi menggunakan kombinasi warna merah, hijau, biru sehingga tampilan data Sentinel-2 meyerupai apa yang dilihat oleh mata manusia, sehingga dapat memudahkan interpretasi visual objek di permukaan laut (Crisp, 2004).

Untuk melihat tingkat keakuratan dari kedua data tersebut menggunakan data AIS yang bekerja sama dengan bakamla untuk penelitian ini. Data ini dapat disajikan dalam format Comma-Separated Values (CSV), data ini mencakup informasi seperti posisi kapal, ID kapal, waktu pelaporan dan spesifikasi kapal, diperoleh pada tanggal yang sama dengan Sentinel-1 dan Sentinel-2.

Area Penelitian dibatasi pada wilayah perairan Bintan, menggunakan data radar Sentinel-1 dan Sentinel-2. Pada metode penelitian ini menggunakan algoritma CFAR untuk deteksi kapal dalam citra SAR, Algoritma itu kemudian diterapkan dalam Software SNAP untuk deteksi objek laut. Serta Sentinel-2 dengan menggunakan Citra radar pemrosesan ini diterapkan menggunakan software Qgis untuk menganalisis dan memvisualisasikan data berbasis geospasial. Dan data AIS untuk melengkapi akurasi dari deteksi kapal tersebut.

Tahapan Penelitian

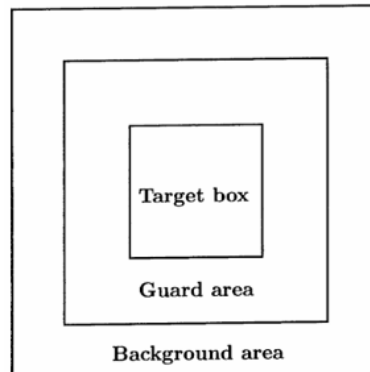
Area Penelitian dibatasi pada wilayah perairan Bintan, menggunakan data radar Sentinel-1 dan Sentinel-2. Pada metode penelitian ini menggunakan algoritma CFAR untuk deteksi kapal dalam citra SAR, Algoritma itu kemudian diterapkan dalam Software SNAP untuk deteksi objek laut. Serta Sentinel-2 dengan menggunakan Citra radar pemrosesan ini diterapkan menggunakan software Qgis untuk menganalisis dan memvisualisasikan data berbasis geospasial. Dan data AIS untuk melengkapi akurasi dari deteksi kapal tersebut.



Gambar 1. Diagram alur menunjukkan metode keseluruhan digunakan dalam penelitian.

Ada tiga tahap untuk pengolahan data tersebut dimana pengolahan Sentinel-1 dengan jenis data GRD Image ini untuk mengurangi efek kesalahan orbit atau noise bintik-bintik dilakukan dengan processing Sentinel-1. Tujuan dari processing Sentinel-1 ini untuk meningkatkan kualitas dan keterandalan data sebelum dianalisis lebih lanjut. Vektor status orbit yang disediakan dalam meta data SAR produk umumnya tidak akurat dan dapat disempurnakan dengan Apply Orbit File. [7] Kemudian band pada Intensity_VH hasil dari pengolahan Apply Orbit file dilakukan Land Sea Mask untuk mengfokuskan pada bagian objek yang berada pada daerah perairan, serta calibration untuk menyediakan citra di mana nilai piksel dapat berhubungan langsung dengan hamburan balik radar. Jenis spesifik algoritma Adaptive Thersholding dapat digunakan dalam alat deteksi objek laut SNAP Pada Gambar 3 piksel yang diuji dikelilingi oleh cincin Guard dan kemudian cincin background. Tujuan dari cincin guard adalah untuk memastikan tidak ada piksel dari target yang diperluas yang termasuk dalam cincin background area dengan demikian memastikan bahwa cincin background area tersebut representatif terhadap statistik latar belakang yang mendasarinya. Semua jendela dipindahkan satu piksel pada satu waktu di seluruh gambar. Tujuan dalam merancang detektor adaptif thresholding adalah untuk memastikan bahwa probabilitas alarm palsu adalah konstan. Dalam hal ini, ambang ditentukan sehingga persentase nilai piksel latar belakang yang berada di atas ambang adalah konstan. Jika ini dilakukan,

maka laju alarm palsu (jumlah alarm palsu per unit area citra) juga konstan. Oleh karena itu, detektor semacam itu disebut sebagai detektor laju alarm palsu konstan (CFAR).

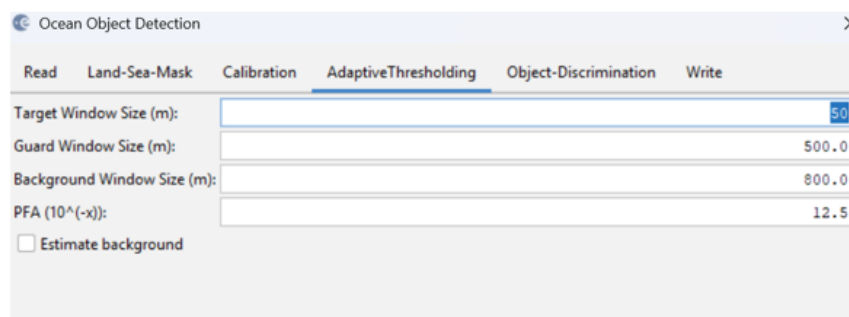


Gambar 2. Jendela untuk algoritma Adaptive (Saini et al., 2020)

Kemudian probabilitas alarm palsu atau Probability False Alarm (PFA) yang ditentukan pengguna digunakan untuk menentukan parameter desain deteksi t sebagai berikut.

$$pfa = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{t}{\sqrt{2}}\right) \quad (1)$$

Kriteria keputusan kemudian dinyatakan sebagai: $x_t > \mu_b + \sigma_b > \text{target}$ (jendela target adalah piksel tunggal) atau sebagai: $\mu_t > \mu_b + \sigma_b < \text{Target}$ (jendela target berisi beberapa piksel), di mana x_t adalah nilai piksel target atau μ_t adalah nilai rata-rata jendela target; μ_b adalah latar belakang rata-rata dan σ_b adalah latar belakang standar deviasi.



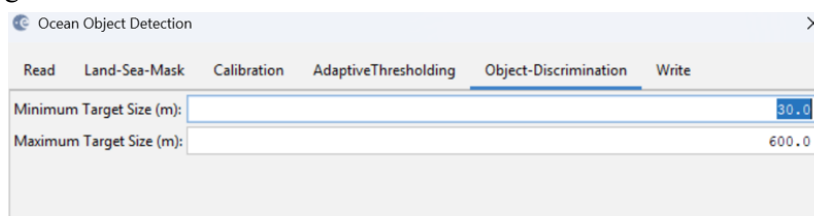
Gambar 3. Ukuran Parameter objek yang terdeteksi pada Aplikasi Snap

Pada ukuran target window dihitung dalam meter, ukuran ini harus diatur sesuai dengan ukuran target terkecil yang perlu dideteksi dengan nilai 50. Sedangkan ukuran Guard window ini harus diatur sesuai dengan ukuran target terbesar yang ingin dideteksi dengan nilai 500. Ukuran background area harus jauh lebih besar dari pada ukuran guard window untuk memastikan perhitungan statistik latar belakang yang akurat. Di sini pengguna memasukkan angka positif untuk parameter x , dan nilai PFA dihitung dengan

$10^{(-x)}$. Misalnya, jika pengguna memasukkan $x = 6$, maka $PFA = 10^{(-6)}$ yaitu 0.000001.

Operator Discrimination Objek Selama operasi ini deteksi palsu dihilangkan berdasarkan pengukuran target yang sederhana. Pertama-tama mengelompokkan piksel yang terdeteksi secara kontinyu menjadi satu pengelompokan, kemudian informasi lebar dan panjang dari pengelompokan diekstrak. Proses Akhirnya, berdasarkan pengukuran ini dan kriteria diskriminasi input pengguna, kelompok yang terlalu besar atau terlalu kecil dihilangkan. Pada Gambar 5 menjelaskan ukuran

minimum target sebesar 30 m, sedangkan ukuran maximum target sebesar 600 m yang di ambil pada objek yang terdeteksi. Maka ukuran lebih dari nilai maximum dan minumum maka objek akan secara otomatis dihilangkankan.

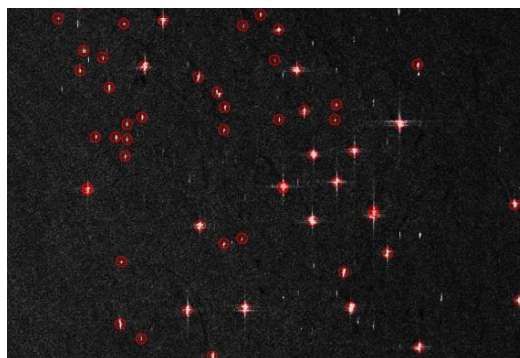


Gambar 4. Ukuran Objek Discrimination pada objek yang tedeteksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil deteksi kapal dari Sentinel-1

Pada tahap pengolahan data Sentinel-1 menunjukan bahwa data tersebut efektif dalam mendeteksi objek kecil di permukaan laut. Dengan pengolahan awal berupa apply orbit file, land Sea mask serta calibration untuk memastikan nilai backscatter yang akurat. Kemudian proses deteksi kapal menggunakan teknik CFAR dengan objek Kapal pada citra SAR biasanya muncul sebagai objek terang karena sifat reflektif permukaan logam terhadap sinyal radar. Hasil pengolahan pada gambar 2 menunjukan sejumlah objek terang tersebar pada wilayah analisis yang teridentifikasi sebagai kapal.



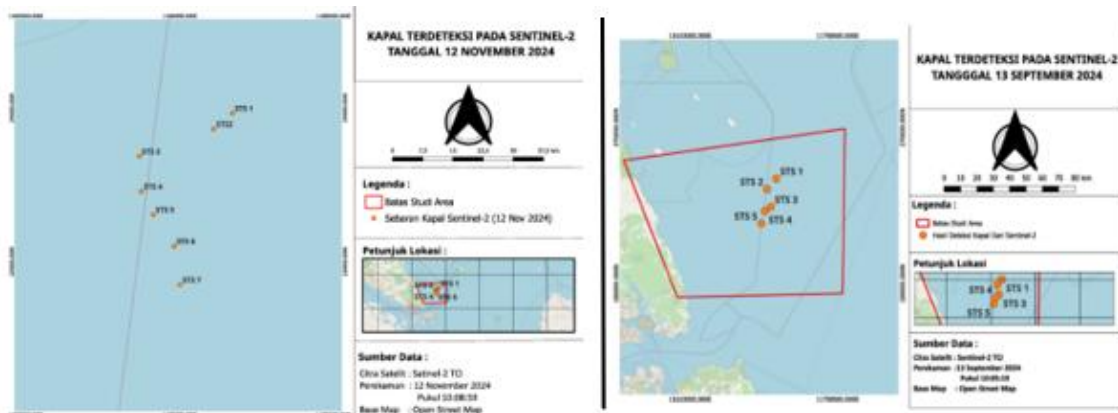
Gambar 2. Hasil pengolahan pada Sentinel-1 yang terdeteksi pada beberapa objek

Hasil deteksi kapal dari Sentinel-2

Hasil pengolahan pada data citra Sentinel-2 yang tertera pada gambar 5 merupakan adanya 7 kapal yang terdeteksi pada tanggal 12 November 2024 dan 5 terdeteksi pada tanggal 13 September 2024, berada dalam posisi sangat berdekatan dengan jarak lambung yang nyaris tidak terpisahkan oleh piksel dengan resolusi citra 10 meter. Pola ini menunjukan sementara bahwa kapal-kapal tersebut yang sedang bersandar satu sama lain ditengah laut merupakan aktivitas dugaan awal transshipment. Hasil ini diperkuat oleh analisis yang menunjukan posisi kapal tidak mengalami perubahan pada data AIS. Kondisi ini tidak umum terjadi ditengah laut dan dapat menjadi indikasi aktivitas kapal yang perlu diawasi lebih lanjut.

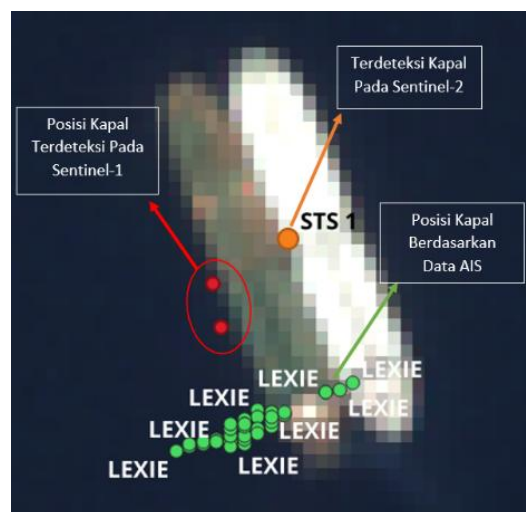
Rizqi Naufal Aprianto¹, Sofia Pinardi^{1*}, Fahmi Sahar¹, Maryani Hartuti², Harry Ramza¹

Pemanfaatan Data Satelit Sentinel-1 dan Sentinel-2 Untuk Deteksi Kapal Transshipment di Perairan Bintan



Gambar 3. Kordinat Kapal yang terdeteksi Sentinel-2

Setelah itu, data Sentinel-1 dimasukan ke QGIS untuk ekstraksi fitur reflektif tinggi yang mengindikasikan keberadaan kapal, hasil ekstraksi ini dikonversi menjadi titik koordinat deteksi kapal yang disimpan dalam CSV. Selanjutnya data Sentinel-2 digunakan untuk mendeteksi kapal melalui pengamatan visual berbasis spektrum cahaya, pada titik deteksi dari Sentinel-2 kemudian dipetekan dan dibandingkan dengan hasil.



Gambar 4. Sentinel-2

Sentinel-1, untuk memastikan bahwa titik-titik deteksi dari kedua data satelit benar-benar merepresentasikan kapal dilakukan validasi menggunakan data AIS. Data AIS diolah dan dimasukan ke Qgis dalam format CSV sehingga bisa dapat dibandingkan secara langsung dengan hasil deteksi satelit. Validasi ini dilakukan dengan mencocokkan kordinat dan waktu deteksi antara data AIS dan titik-titik hasil deteksi Sentinel-1 dan Sentinel-2. Titik yang berada dalam radius dan selang waktu tertentu dari posisi AIS yang dianggap sebagai deteksi yang tervalidasi. Hasil Analisa citra menunjukan pada gambar 6 titik kordinat berwarna merah berasal dari data Sentinel-1, yang menggunakan radar untuk mendeteksi objek di laut, sementara itu kordinat berwarna kuning berasal dari data citra optik Sentinel-2 yang merakam data visualiasi. Data AIS ditunjukan oleh koordinat berwarna hijau, yang merupakan hasil pelaporan posisi kapal secara otomatis. Dengan membandingkan ketiga sumber ini dapat dilakukan verifikasi keberadaan kapal secara akurat.

Hasil Analisis data AIS

Data Sentinel-1 dan Sentinel-2 menunjukkan bahwa kombinasi dari kedua data tersebut dapat meningkatkan akurasi dalam identifikasi objek kapal. Analisis data Sentinel-1 berhasil teridentifikasi sejumlah objek pantulan terang, sedangkan dengan citra Sentinel-2 digunakan untuk menverifikasi keberadaan objek visual tersebut. Untuk mengevaluasi akurasi deteksi kapal, hasil deteksi kapal dari citra satelit dibandingkan dengan data AIS dengan dilakukan mencocokkan kordinat dan waktu deteksi dari citra satelit. Pada tabel 1 dan 2 dilakukan analisis terhadap data AIS, yang menunjukkan adanya aktivitas disuatu titik koordinat diwilayah terbuka. Terdeteksi 7 kordinat kapal pada tanggal 12 November 2024 dan 5 kordinat kapal pada tanggal 13 September 2024 secara berdekatan dan menunjukkan pola pergerakan yang tidak biasa, pola ini menjadi indikasi awal kemungkinan adanya aktivitas transshipment atau pemindahan muatan antara kapal ditengah laut.

Tabel 1. Hasil analisis deteksi kapal di tanggal 13 September 2024

No	Gambar	Koodinat	Panjang kapal	Lebar kapal	Analisis
STS 1		2.159627N, 104.766702E	± 335M	± 60 M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2, 1 kapal yang tidak terdeteksi dari data AIS. Dengan nama kapal pada salah satu kapal yaitu AVITAL pada salah satu kapal yang terdeteksi.
STS 2		2.105366N, 104.716531E	± 355 dan ± 250	± 60 M dan ± 50M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan salah satu kapal yang tidak terdeteksi dari data AIS, dengan nama Pioneer92 dengan jarak pada salah satu titik kordinat AIS ± 1KM pada salah satu kapal yang terdeteksi.
STS 3		2.013584N, 104.736719E	± 330M dan ± 250M	±60 M Dan ±50M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan salah satu kapal yang tidak terdeteksi dari data AIS, dengan nama Pioneer92 dengan jarak pada salah satu titik kordinat AIS ± 262 M pada salah satu kapal yang terdeteksi.
STS 4		1.992069N, 104.704088E	± 330	± 60 M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan salah satu kapal yang tidak terdeteksi dari data AIS, dengan nama THINH93 dengan jarak pada salah satu titik

					kordinat AIS ± 629 M pada salah satu kapal yang terdeteksi.
STS 5		1.928116N, 104.684268E	± 288	± 60 M	Terdeteksi 2 kapal yang berdempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2, dengan 2 kapal yang tidak terdeteksi dari data AIS yang sedang berdempetan dan bisa diduga melukan kegiatan <i>transshipment</i> .

Tabel 2. Hasil analisis deteksi kapal di tanggal 12 November 2024

No	Gambar	Koodinat	Panjang Kapal	Lebar kapal	Analisis
STS 1		2.148885N, 104.804851E	± 355	± 60 M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan 1 kapal tidak terdeteksi dari data AIS, dengan nama kapal LEXIE pada salah satu kapal yang terdeteksi.
STS 2		2.130750N, 104.783067 E	± 337	± 60 M	Terdeteksi 2 kapal yang berdempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2, dengan 2 kapal yang terdeteksi dari data AIS dengan jarak 5 M nama VIGOR dan AYDEN
STS 3		2.098920N, 104.696369E	± 330	± 60 M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan 1 kapal tidak terdeteksi dari data AIS, dengan nama kapal DH HONESTY pada salah satu kapal yang terdeteksi.
STS 4		2.057586N, 104.698732E	± 330	± 60 M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan 1 kapal tidak terdeteksi dari data AIS. Nama kapal TOLAK SEMBILAN dengan jarak ± 117 Meter pada salah satu kapal yang terdeteksi.

STS 5		2.030671N, 104.712996E	± 288	±60 M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data sentinel-1 dan sentinel-2 dengan 1 kapal terdeteksi data AIS dengan jarak ±567 Meter dan nama kapal tersebut PIONEER 92
STS 6		1.993844N, 104.736962E	±330, ±250	±60M, ±50M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data sentinel-1 dan sentinel-2 dengan 1 kapal terdeteksi data AIS dengan jarak ± 575M, nama kapal tersebut BIANCA JOYSEL
STS 7		1.949265N, 104.743757E	± 330	±60 M	Tedeteksi 2 kapal yang bedempetan dari data sentinel-1 dan sentinel-2 dengan 1 kapal terdeteksi data AIS dengan jarak ± 527M, nama kapal tersebut PHUC THUAN39

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mendeteksi keberadaan kapal menggunakan citra satelit Sentinel-1 dan Sentinel-2 pada dua tanggal pengamatan yang berbeda. Berdasarkan hasil analisis, pada tanggal 12 November 2024 terdeteksi 7 posisi keberadaan kapal, sedangkan pada tanggal 13 September 2024 teridentifikasi 5 posisi keberadaan kapal. Kedua jenis data satelit menunjukkan konsistensi dalam mendeteksi objek kapal di wilayah pengamatan yang sama, menunjukkan bahwa integrasi data Sentinel-1 dan Sentinel-2 dapat saling melengkapi dalam proses identifikasi kapal dilaut meskipun menggunakan sensor yang berbeda. Ini membuktikan bahwa kombinasi dari kedua data satelit efektif dalam untuk pemantauan aktivitas maritim dan potensi pelanggaran di wilayah perairan yang menjadi fokus studi. Selain itu, keberadaan data AIS berhasil memvalidasi posisi kapal yang terdeteksi oleh kedua satelit, sehingga membuktikan bahwa integrasi ketiga data ini memberikan hasil yang lebih andal dan akurat dalam pemantauan aktivitas maritim.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandre, C., Devillers, R., Mouillot, D., Seguin, R., & Catry, T. (2024). Ship Detection With SAR C-Band Satellite Images: A Systematic Review. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, 17, 14353–14367. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2024.3437187>
- Bioresita, F., Pribadi, C. B., & Firdaus, H. S. (2018). Ship detection in Madura Strait and Lamong Gulf using Sentinel-1 SAR Data. *Digit. Press Phys. Sci. Eng.*, 1, 00002. <https://doi.org/10.29037/digitalpress.11224>

- Cabanellas-Reboredo, M., Alós, J., March, D., Palmer, M., Jordà, G., & Palmer, M. (2014). Where and when will they go fishing? Understanding fishing site and time choice in a recreational squid fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 71(7). <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst206>
- Crisp, D. J. (2004). *The State-of-the-Art in Ship Detection in Synthetic Aperture Radar imagery*.
- Dalinda, N. (2022). Tinjauan Yuridis Tentang Kapal Asing Yang Melanggar Batas Wilayah Republik Indonesia Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun *Lex Crim.*, 1. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/lexcrimen/article/view/44433>
- IM, Y.-G., LEE, J.-B., LEE, J.-H., JO, H., CHANG, H. Y., HWANG, B.-K., & CHOI, S.-G. (2018). Influence of moon light to the fishing of squid jigging fishery in the Southwest Atlantic Ocean. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*, 54(1). <https://doi.org/10.3796/ksfot.2018.54.1.032>
- Macusi, E. D., Morales, I. D. G., Macusi, E. S., Pancho, A., & Digal, L. N. (2022). Impact of closed fishing season on supply, catch, price and the fisheries market chain. *Marine Policy*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105008>
- Nguyen, L. T., & Nguyen, K. Q. (2022). Effects of jig location and soak time on catch rates of a novel fishing gear design of squid longline fisheries. *Regional Studies in Marine Science*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102312>
- Prawinugraha, A., Latief, J., & Sugiono, S. (2020). Kajian Faktor Pencurian Peralatan Vital Kelong Apung Nelayan Kelurahan Kawal Kabupaten Bintan. *J. Masy. Marit.*, 4(2), 75–81. <https://doi.org/10.31629/jmm.v4i2.3055>
- Saini, O., Bhardwaj, A., & Chatterjee, R. S. (2020). Ship Detection from RISAT-1 and Radarsat-2 SAR Images using CFAR. *MOL2NET, Int. Conf. Ser. Multidiscip. Sci. USEDAT-08 USA-Europe Data Anal. Train. Progr. Work. UPV/EHU*, 8. <http://sciforum.net/conference/mol2net-06>
- Simau, S., & al., et. (2023). Kajian Pemanfaatan Ais (Automatic Identification System) Dalam Melacak Aktivitas Illegal Fishing Pada Kapal Dan Ais Hybrid Sebagai Alat Bantu Penangkapan Ikan. *J. Bluefin Fish.*, 4(2), 102–108. <http://journal.poltekkp-bitung.ac.id>
- Simeon, B. M., Fahmi, Ichsan, M., Muttaqin, E., Oktaviyani, S., Mardhiah, U., & Yulianto, I. (2019). Catch abundance and fishing season from vulnerable and endangered Elasmobranch species in Tanjung Luar Fishery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 278(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/278/1/012071>
- Sugianto, A., Agussalim, D., & Armaidly, A. (2021). Penanganan Keamanan Maritim Perbatasan Wilayah Laut dan Dampaknya pada Aspek Pertahanan Keamanan. *J. Lemhannas RI*, 9(2), 113–126. <https://doi.org/10.55960/jlri.v9i2.395>
- Susiloningtyas, D., Boer, M., Adrianto, L., & Julianto, F. (2014). The Influence of Fishing Assets and Migration Time to Catch Squid Fisheries on Seasons Variability. *Indones. J. Geogr.*, 46(1), 22. <https://doi.org/10.22146/ijg.4987>
- Ummah, M. S. (2019). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. 11(1). <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y>

