

Vol. 7 No. 1 (2026), Halaman 9-20



GEOGRAPHIA

Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi

ISSN: 2774-6968

ANALISIS HIDROGRAFI SUNGAI SESAYAP HILIR UNTUK KELAYAKAN TERMINAL KHUSUS KAYU

Sutriani^{1*}

^{1*}Pendidikan Geografi, Universitas Mulawarman, Indonesia

Email: sutriani@fkip.unmul.ac.id^{1*}

Website Jurnal: <http://ejurnal.unima.ac.id/index.php/geographia>



Akses di bawah lisensi CC BY-SA 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

DOI: <https://doi.org/10.53682/26vtd559>

(Diterima: 29-01-2026; Direvisi: 07-04-2026; Disetujui: 01-06-2026)

ABSTRACT

The development of a dedicated timber terminal requires a hydrographic assessment to ensure navigational safety and operational feasibility. This study aims to analyze tidal characteristics, current patterns, and water depth conditions in the Lower Sesayap River, North Kalimantan, as a basis for evaluating the feasibility of developing a dedicated industrial timber plantation (HTI) terminal. Data were collected through field observations of tides, measurements of current velocity and direction at the surface, middle, and bottom layers, and bathymetric depth measurements. Data analysis was conducted using descriptive and comparative approaches to evaluate the relationship between tidal dynamics, current patterns, and the technical requirements for terminal operations. The results indicate that the study area is characterized by a semidiurnal tidal regime, with two high tides and two low tides each day. Current patterns across all water layers are relatively uniform, with current velocities classified as weak to moderate and directions generally following tidal phases. The water depth in the study area also meets the minimum requirements for vessel navigation and maneuvering. These findings indicate that the hydrological conditions of the Lower Sesayap River support the development of a dedicated timber terminal to facilitate the safe and efficient transportation of forest products from industrial plantation forests.

Keywords: *Current velocity, Dedicated terminal, Hydrographic suitability, Tidal dynamics, Water depth.*

ABSTRAK

Pengembangan terminal khusus kayu memerlukan kajian hidrografi untuk memastikan keamanan navigasi dan kelayakan operasional pelabuhan. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik pasang surut, arus, dan kedalaman perairan di kawasan Sungai Sesayap Hilir, Kalimantan Utara, sebagai dasar penilaian kelayakan pembangunan terminal khusus kayu HTI. Data diperoleh melalui pengamatan lapangan terhadap pasang surut, pengukuran kecepatan dan arah arus pada lapisan permukaan, tengah, dan dasar perairan, serta pengukuran kedalaman perairan. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan komparatif untuk mengevaluasi keterkaitan antara dinamika pasang surut, pola arus, dan persyaratan teknis operasional terminal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah kajian memiliki tipe pasang surut semidiurnal dengan dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari. Pola arus pada seluruh lapisan perairan relatif seragam dengan intensitas arus tergolong lemah hingga sedang serta arah arus yang mengikuti fase pasang surut. Kedalaman perairan di lokasi penelitian juga memenuhi persyaratan minimum untuk kegiatan pelayaran dan manuver kapal. Temuan ini menunjukkan bahwa kondisi hidrografi di Sungai Sesayap Hilir mendukung pengembangan terminal khusus kayu guna menunjang distribusi hasil hutan dari hutan tanaman industri secara aman dan efisien.

Kata Kunci: Kecepatan arus, Kedalaman perairan, Kelayakan hidrografi, Pasang surut, Terminal khusus.

PENDAHULUAN

Hutan Tanaman Industri (HTI) telah menjadi salah satu pilar strategis dalam upaya memenuhi kebutuhan bahan baku kayu industri sekaligus mendukung pembangunan kehutanan berkelanjutan di Indonesia. Menurut [Hardiansyah et al., \(2025\)](#), konflik penguasaan lahan HTI masih menjadi tantangan utama pada aspek izin dan tata kelola, sehingga memerlukan mekanisme resolusi yang efektif untuk menjaga stabilitas perusahaan dan keberlanjutan investasi. Di sisi lain, strategi pengelolaan HTI tidak hanya berorientasi pada produksi semata, tetapi juga memiliki potensi besar dalam mitigasi perubahan iklim. Menurut [Widhanarto et al., \(2019\)](#), hutan tanam industri dapat dioptimalkan sebagai alat mitigasi dengan memanfaatkan kekuatan internal perusahaan dan peluang eksternal melalui analisis SWOT. Dengan demikian, HTI bukan hanya berfungsi sebagai penyedia kayu untuk industri, tetapi juga sebagai instrumen penting dalam manajemen risiko sosial dan iklim ([Purwestri & Lusiana, 2021](#)), menjadikannya bagian integral dari strategi kehutanan nasional yang berkelanjutan.

Secara normatif, pengelolaan HTI diatur Menurut [Peraturan Pemerintah No.7 tahun \(1990\)](#), hak perusahaan HTI adalah hak untuk mengusahakan hutan di dalam suatu kawasan hutan yang kegiatannya mulai dari penanaman, pemeliharaan, pemungutan, pengelolaan dan pemasaran. Tujuan pembangunan HTI adalah untuk mengoptimalkan produktivitas hutan produksi guna menjamin ketersediaan bahan baku bagi industri perkayuan secara berkelanjutan. Selain itu, pengembangan HTI diarahkan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi melalui penciptaan peluang usaha dan perluasan lapangan kerja, serta meningkatkan pemberdayaan masyarakat di sekitar kawasan hutan. Pembangunan HTI juga berkontribusi terhadap upaya perbaikan kualitas lingkungan hidup dan penguatan daya saing produk industri

berbasis kayu, seperti penggergajian, pulp dan kertas, serta industri mebel, baik untuk memenuhi kebutuhan domestik maupun pasar ekspor ([Wahdaniah et al., 2022](#)).

Dalam konteks kebutuhan industri, menurut [Irvan \(2021\)](#), tingginya permintaan bahan baku pada industri perkayuan nasional menjadi indikator kuat bahwa investasi dalam budidaya tanaman hutan memiliki prospek yang sangat strategis. Kebutuhan bahan baku industri perkayuan nasional diperkirakan mencapai sekitar 72 juta m³ per tahun, yang dialokasikan untuk berbagai subsektor, antara lain industri penggergajian (*sawmill*) sebesar kurang lebih 30 juta m³, industri kayu lapis sekitar 18 juta m³, serta industri pulp dan kertas berkisar antara 17 hingga 25 juta m³. Kondisi tersebut menunjukkan urgensi pengembangan hutan tanaman sebagai sumber pasokan yang berkelanjutan bagi industri kehutanan nasional ([Setiawan et al., 2025](#)). Hal ini selaras dengan tren global yang mendorong perluasan hutan tanaman guna memastikan pasokan serat kayu yang stabil dan berkelanjutan bagi sektor pulp dan kertas, serta industri kayu lainnya, sebagai respons terhadap permintaan pasar domestik dan internasional ([Trase, 2023](#)).

Pembuatan produk kayu melibatkan konversi kayu mentah menjadi barang jadi, termasuk furnitur, bahan bangunan, kertas, dan produk kayu olahan. Proses ini bervariasi tergantung pada produk akhir dan melibatkan beberapa tahap, termasuk pemanenan, primer (transformasi awal kayu gelondongan yang dipanen menjadi bahan baku yang dapat digunakan), sekunder (diproses menjadi berbagai produk kayu), tersier (furnitur dan perlengkapan), pemrosesan, dan tahap penyelesaian ([Pekkarinen & Officer, 2020](#)). Sumbangan bahan baku yang berasal dari hutan alam ke industri pulp per tahunnya mencapai 54% dan di luar daripada itu dipasok dari hutan tanaman ([IWGFF, 2010](#)). Realisasi produksi

kayu alam dan kayu hutan tanaman industri di Kecamatan Sesayap Hilir, Kabupaten Tana Tidung, Kalimantan Utara sebesar 194.085,96 m³.

Transportasi dan logistik produk kayu memainkan peran penting dalam industri kayu (Gejdoš & Hitka, 2024), memastikan bahwa bahan baku dan barang jadi bergerak secara efisien dari hutan ke fasilitas pemrosesan dan kemudian ke pasar. Mengingat besarnya, berat, dan pertimbangan lingkungan dari produk kayu, mengoptimalkan transportasi dan logistik sangat penting untuk mencapai efisiensi biaya, keberlanjutan, dan kepatuhan terhadap peraturan (Mensah et al., 2025). Keberadaan terminal khusus untuk kayu dari HTI mampu menjadi simpul logistik penting yang menyederhanakan aliran bahan baku dari hutan menuju industri pengolahan, sehingga menurunkan biaya transportasi dan memperpendek rantai pasok bagi pelaku usaha kecil-menengah (Hardiansyah et al., 2025). Kebijakan tersebut bertujuan untuk menjamin kepastian dan kemudahan bagi industri dalam memperoleh bahan baku kayu yang legal dan berkelanjutan. Selain itu, upaya ini juga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi sistem tata niaga kayu melalui penyederhanaan mekanisme distribusi dan penguatan aspek legalitas dalam rantai pasok industri kehutanan. Selain efisiensi biaya, terminal terpusat juga memberi keuntungan dalam hal manajemen kualitas dan penanganan pascapanen seperti saat penimbunan, sortir dan pengeringan yang dapat menjaga nilai kayu dan mengurangi kerugian bagi industri kecil dan menengah yang modalnya terbatas.

Sungai berperan penting dalam menopang kegiatan ekonomi strategis, termasuk industri manufaktur, pariwisata, dan aktivitas ekonomi ekstraktif, yang secara langsung bergantung pada kondisi hidrografi seperti kedalaman, lebar alur, arus, dan dinamika perairan sungai. (Sukiman et al., 2021). Dalam perancangan terminal Kayu Hutan Tanaman Industri, tinjauan hidrografi menjadi landasan utama dalam menentukan tingkat keselamatan, kelayakan operasional, dan efisiensi ekonomi kegiatan bongkar muat serta akses kapal.

Pasang surut, arus, batimetri, dan topografi merupakan parameter fisik perairan yang saling terkait dan berperan penting dalam mendukung aktivitas transportasi serta perencanaan infrastruktur pelabuhan dan sungai (Robinson et al., 2023). Pasang surut, yang dipengaruhi oleh

gaya gravitasi bulan dan matahari, menyebabkan fluktuasi muka air laut secara periodik dengan pola diurnal, semidiurnal, atau campuran, di mana sebagian besar perairan pesisir Indonesia didominasi oleh tipe semidiurnal atau campuran semidiurnal dengan dua kali pasang dan surut dalam satu hari (Alajuri et al., 2024). Dinamika ini secara langsung memengaruhi operasional pengangkutan kayu, navigasi kapal, serta desain fasilitas pelabuhan dan pemodelan hidrodinamika pesisir (Irawan, 2016). Selain pasang surut, kecepatan arus menjadi faktor krusial yang menentukan stabilitas perairan, proses angkutan sedimen (Srše & Perkovič, 2023), serta kelayakan kegiatan bongkar muat, karena kondisi arus yang terlalu kuat dapat menghambat manuver kapal dan meningkatkan risiko erosi maupun sedimentasi di sekitar kolam pelabuhan.

Survei batimetri modern dan pemetaan topografi dasar perairan juga diperlukan untuk mengetahui kedalaman, kontur (Hidayat et al., 2025), serta keberadaan hambatan bawah air yang berpengaruh langsung terhadap penentuan alur pelayaran, kolam putar, area tambat, dan potensi pengembangan pelabuhan di masa mendatang. Di sisi lain, informasi batimetri memberikan gambaran kedalaman dan konfigurasi dasar perairan yang esensial untuk menjamin keselamatan pelayaran dan perencanaan alur transportasi air, sementara data topografi daratan berperan sebagai dasar analisis ruang dan perancangan infrastruktur yang terintegrasi dengan kondisi perairan (Xin et al., 2025).

Informasi hidrografi tersebut menjadi dasar dalam desain dermaga, penentuan kedalaman saluran pendekatan, serta estimasi kebutuhan pengerukan agar operasi pelayaran berlangsung aman dan berkelanjutan (A. Bianchini, F. Cento, A. Guzzini, M. Pellegrini, 2019; Li et al., 2023). Selain itu, integrasi hasil survei hidrografi dengan analisis spasial dan pemodelan numerik mendukung penentuan lokasi fasilitas pendukung seperti area penumpukan kayu, jaringan jalan transportasi, dan kawasan industri di belakang dermaga, sehingga terminal yang dirancang mampu meminimalkan risiko navigasi serta mengakomodasi dinamika lingkungan perairan secara efektif. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif terhadap karakteristik pasang surut, arus, batimetri, dan topografi menjadi sangat penting dalam mendukung

perencanaan dan pengelolaan wilayah perairan secara efektif dan berkelanjutan (He et al., 2024; Sestras et al., 2025).

Berdasarkan uraian sebelumnya, terlihat adanya kesenjangan struktural antara peningkatan produksi Hutan Tanaman Industri (HTI) dan kesiapan infrastruktur logistik berbasis perairan yang mendukung distribusi hasil hutan secara efisien. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa optimalisasi produksi belum diimbangi oleh sistem pendukung yang memadai, sehingga berpotensi menurunkan efisiensi rantai pasok dan daya saing industri. Dalam konteks tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab tiga pertanyaan utama: (1) bagaimana karakteristik hidrografi pada lokasi rencana terminal kayu HTI, (2) sejauh mana kondisi tersebut memenuhi persyaratan operasional terminal, dan (3) bagaimana hasil analisis hidrografi dapat menginformasikan perencanaan desain serta pengembangan terminal yang berkelanjutan.

Lebih lanjut, untuk menjembatani kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi hidrografi sebagai dasar ilmiah dalam perencanaan terminal kayu HTI yang efisien, aman, dan berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan aspek produksi HTI, kebutuhan logistik, dan karakteristik hidrografi, studi ini tidak hanya menawarkan pendekatan teknis dalam penentuan lokasi dan desain terminal, tetapi juga memperkuat kerangka konseptual keterkaitan antara sistem produksi dan distribusi. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sistem logistik hasil hutan yang lebih terintegrasi, adaptif, dan berdaya saing dalam konteks pembangunan kehutanan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Sungai Sesayap, Kecamatan Sesayap Hilir, Kabupaten Tana Tidung, Provinsi Kalimantan Utara. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis, yang bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik hidrologi dan kondisi fisik perairan sebagai dasar penilaian kelayakan pembangunan terminal/pelabuhan. Pendekatan ini menggabungkan observasi lapangan (*field survey*) dan analisis data sekunder/institusional untuk menghasilkan gambaran kondisi eksisting secara terukur dan objektif. Data pada penelitian ini diperoleh dengan melakukan

observasi lapangan dengan pengamatan secara fisik dan juga dengan melakukan survei institusional.

Data pasang surut diperoleh melalui pengukuran elevasi muka air laut yang direkam secara kontinu di lokasi penelitian. Pengamatan lapangan dilakukan selama 3 hari dan dikombinasikan dengan data pasang surut minimum 15 hari sebagai dasar analisis harmonik. Metode harmonik digunakan untuk mengidentifikasi komponen utama pasang surut dan menentukan tipe pasang surut (diurnal, semidiurnal, atau campuran). Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan karakteristik fluktuasi muka air laut serta sebagai dasar peramalan pasang surut di masa mendatang. Informasi elevasi muka air laut selanjutnya dimanfaatkan dalam perencanaan tinggi dermaga, penentuan waktu pelayaran kapal, serta pertimbangan desain pemecah gelombang.

Pengukuran arus dilakukan untuk memperoleh nilai kecepatan dan arah arus yang berpengaruh terhadap stabilitas perairan dan aktivitas pelabuhan. Parameter kecepatan arus dianalisis dalam satuan m/s untuk mengevaluasi kondisi manuver kapal, potensi angkutan sedimen, serta stabilitas garis pantai (erosi atau sedimentasi). Data arus juga digunakan untuk menilai kelayakan kolam pelabuhan, dengan kriteria arus yang cukup tenang sehingga memungkinkan kegiatan penambatan dan bongkar muat kapal selama 95–97,5% waktu operasional, menyesuaikan dengan jenis kapal yang beroperasi.

Survei batimetri dilakukan untuk memetakan kedalaman dan konfigurasi dasar perairan menggunakan instrumen echo sounder. Pengukuran dilakukan dengan metode akustik, mengacu pada prinsip kerja *single-beam* atau *multibeam echosounder*, dengan penekanan pada penggunaan *multibeam echosounder* (MBES) guna memperoleh cakupan area yang luas dan resolusi tinggi. Tahapan survei meliputi perencanaan lintasan kapal, kalibrasi alat, akuisisi data kedalaman, serta pengolahan data dengan koreksi pasang surut dan kecepatan rambat suara di air (He et al., 2024). Hasil akhir disajikan dalam bentuk peta batimetri yang menggambarkan distribusi kedalaman sungai/perairan sebagai dasar perencanaan alur pelayaran dan infrastruktur perairan.

Pengambilan data topografi dilakukan menggunakan GPS geodetik dengan metode statik untuk memperoleh data elevasi dan koordinat permukaan daratan dengan presisi

tinggi. Pengukuran melibatkan minimal dua *receiver* (*base* dan *rover*) yang diam pada titik berbeda, kemudian diproses secara diferensial melalui *post-processing*. Data hasil pengamatan diolah menggunakan perangkat lunak *Trimble Business Center* untuk menghasilkan peta topografi. Metode statis dipilih karena memberikan akurasi yang lebih baik, terutama pada *baseline* yang relatif panjang, sehingga mendukung penentuan titik kontrol horizontal dan vertikal yang andal untuk keperluan pemetaan dan perencanaan infrastruktur (Julianto et al., 2018).

HASIL PENELITIAN

Kalimantan Utara dan perairan pesisir Indonesia secara umum dipengaruhi oleh fenomena pasang surut laut yang tergolong *mixed tide* dengan kecenderungan *semidiurnal*, yaitu munculnya dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari (Kurniawan et al., 2023). Mengetahui rentang pasang surut sesaat,

diperlukan waktu pengamatan sekitar 15 jam agar dapat menggambarkan kondisi dari air surut terendah hingga pasang tertinggi. Namun, pengamatan juga dapat dilakukan dalam waktu yang lebih singkat tergantung pada kondisi air saat pengukuran. Selain itu, studi distribusi tipe pasang surut di perairan Indonesia menunjukkan bahwa dominasi tipe pasang surut campuran yang cenderung *semidiurnal* juga menjadi ciri karakteristik umum pasang surut di wilayah perairan Indonesia berdasarkan observasi di berbagai stasiun di sepanjang pesisir Nusantara (Ramdhan et al., 2021).

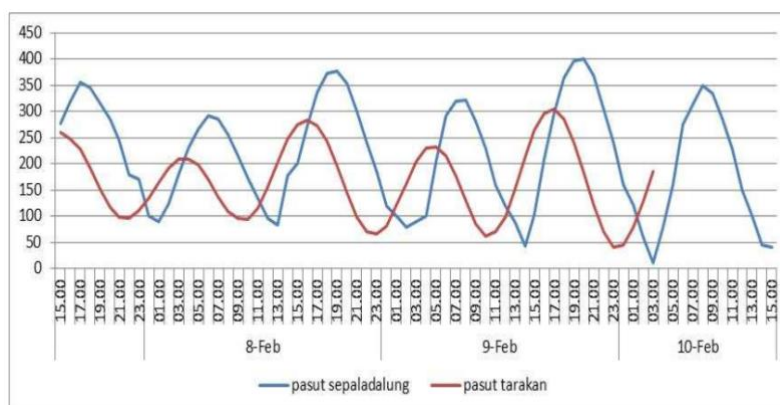
Titik pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa kecepatan arus pada bagian permukaan, tengah, dan dasar sungai menunjukkan nilai yang kurang lebih sama. Namun, secara rinci kecepatan arus terendah cenderung terjadi pada bagian tengah kolom air. Berdasarkan Tabel 1, kecepatan arus di lokasi rencana pembangunan terminal khusus termasuk dalam kategori lemah hingga Sedang.

Tabel 1. Kategori Kecepatan Arus

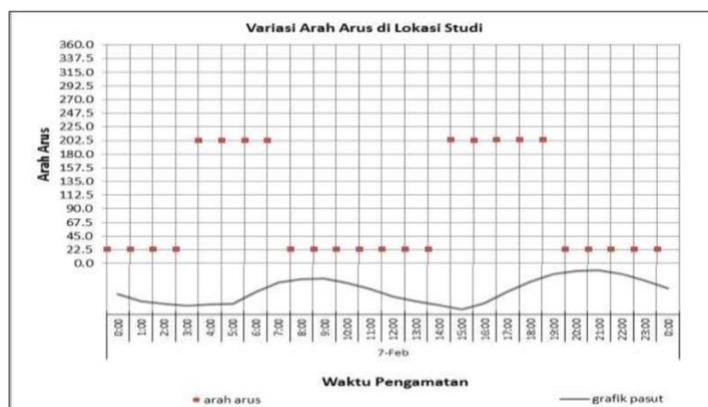
Kecepatan arus (m/det)	Kategori arus
0-0,50	Lemah
0,51-<1,00	Sedang
>1,00->2,00	Kuat

Pengamatan pasang-surut dimulai pada level muka air 190 cm papan duga, sedangkan batas surut (permukaan sungai terendah) dan batas pasang (permukaan sungai tertinggi) selama pengamatan yaitu pada level papan duga 20 cm dan 342 cm, dengan demikian, rentang pasang-surut selama pengamatan 72,0 jam sebesar 392 cm. Hasil pengukuran pasang surut pada Gambar 1 menunjukkan adanya persamaan tipe pasang surut dan tunggang pasang surut.

Fenomena pasang surut berpengaruh terhadap pembangkitan arus di sekitar tepi perairan. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 2 adanya perubahan arah dan kecepatan arus setiap jam, yang mengikuti naik turunnya permukaan air laut. Arus di lokasi penelitian berfluktuasi, dengan arah yang bervariasi akibat kombinasi antara debit sungai dan pengaruh pasang surut laut.



Gambar 1. Grafik Pengukuran Pasang Surut



Gambar 2. Grafik variasi Arus

Arah arus dalam pengukuran selama 25 jam menunjukkan pola aliran dalam dua arah yang mengikut pola pasang surut. Dalam beberapa waktu yang berurutan menunjukkan kecenderungan arah arus yang tidak jauh berbeda. Seiring dengan perubahan pola pasang surut, keadaan arah arus juga berubah. Sebagaimana analisis pasang surut menunjukkan tipe pasang surut perairan Sesayap adalah tipe campuran cenderung ganda. Saat air menuju surut, arah arus cenderung mengalir ke timur laut (23° – 24°).

Sebaliknya, ketika air menuju pasang, arah arus bergerak ke barat daya (203° – 204°).

Secara keseluruhan, kecepatan arus sungai hasil pengukuran di lapangan mulai dari permukaan hingga dasar sungai berkisar antara 0.2 sampai 0.7 m/det, 0.2 sampai 0.6 m/det, dan 0.2 sampai 0.6 m/det secara berturut-turut. Keadaan kecepatan arus pada Tabel 2, menunjukkan kisaran kecepatan antara strata kedalaman dalam *range* yang tidak jauh berbeda.

Table 2. Data Analisis Kecepatan Arus

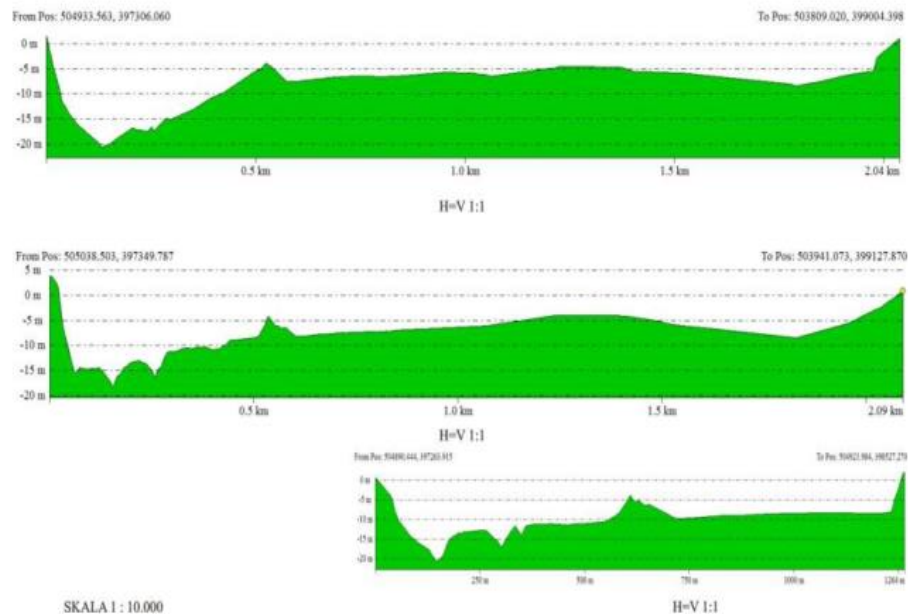
Koordinat	Kolom	Kecepatan arus	kedalaman	Temperatur	Keterangan waktu
504714 mT;	1	0.2	Bawah	27.3	
397474 mU	1	0.2	Tengah	27.2	
	1	0.2	Atas	27.3	
504257 mT;	2	0.3	Bawah	27.2	(9:45:00)
398086 mU	2	0.4	Tengah	27.3	
	2	0.4	Atas	27.3	
503973 mT;	3	0.3	Bawah	27.3	(9:55:00)
398279 mU	3	0.4	Tengah	27.3	
	3	0.5	Atas	27.5	(10:00:00)
503631 mT ;	4	0.6	Bawah	27.2	(10:04:00)
398454 mU	4	0.6	Tengah	27.3	(10:06:00)
	4	0.7	Atas	27.4	(10:08:00)

Keadaan kecepatan arus pada setiap waktu menunjukkan fluktuasi sesuai dengan keadaan pasang surut pula. Kecepatan arus meningkat saat air menuju pasang dan saat menuju surut dengan kecepatan berkisar antara 0,25–0,64 meter/detik. Saat air pasang dan surut, kecepatan arus menurun 0,05–0,15 meter/detik. Dengan demikian, pola kecepatan arus di setiap jam mengikuti dinamika pasang surut, menandakan bahwa wilayah studi merupakan sungai yang masih dipengaruhi oleh pasang surut laut.

Kedalaman maksimal sungai berdasarkan Gambar 3 pada areal yang mencapai 16 meter pada kondisi muka air rata-rata atau 13,9 meter LLWL (pada kondisi air surut terendah) yang membentuk sebuah lubang cekungan menyerupai mangkuk di dasar sungai. Jarak kedalaman tersebut dari tepi sungai adalah sekitar 76 meter, sedangkan kedalaman 7,5 meter MSL atau sekitar 5,2 meter LLWL berada pada jarak yang berkisar antara 51 meter dari tepi sungai. Kondisi kedalaman pada alur sungai umumnya membentuk alur cekungan dasar sungai dengan profil yang curam dan

landai. Rata-rata kedalaman yang lebih besar berada dekat dengan sisi tepi bagian selatan dan memperlihatkan karakteristik relief dasar laut curam. Relief dasar sungai yang curam ditunjukkan dengan kontur kedalaman yang rapat. Sementara keadaan kedalaman dasar sungai ke utara (ke arah seberang tepi sungai di

utara) menunjukkan kedalaman semakin berkurang dari 11 meter ke 5 meter dengan relief dasar sungai yang datar hingga landai. Relief dasar sungai yang datar hingga landai tersebut ditunjukkan dengan kontur kedalaman yang renggang.



Gambar 3. Grafik Kedalaman Sungai

PEMBAHASAN

Sungai Sesayap merupakan salah satu sungai utama di Provinsi Kalimantan Utara yang bermuara ke laut Sulawesi dan memiliki peran penting sebagai jalur transportasi serta penopang aktivitas ekonomi wilayah. Pada bagian hilir, sungai Sesayap menunjukkan karakteristik hidrologi sungai dataran rendah dengan lebar alur yang relatif besar, debit yang dipengaruhi oleh curah hujan di daerah hulu, serta interaksi yang kuat dengan dinamika pasang surut laut. Pola aliran di wilayah ini bersifat fluvial pasang surut, di mana muka air sungai dan kecepatan arus mengalami fluktuasi harian akibat pengaruh pasang surut, terutama pada musim kemarau ketika debit dari hulu relatif menurun.

Secara umum, kondisi hidrologi Sungai Sesayap hilir dicirikan oleh debit yang cukup besar sepanjang tahun, namun mengalami variasi musiman yang dipengaruhi oleh pola hujan tropis basah. Pada musim hujan, peningkatan debit dapat menyebabkan kenaikan muka air dan memperbesar potensi genangan di daerah bantaran, sedangkan pada musim kemarau aliran lebih dipengaruhi oleh pasang

surut laut. Selain itu, karakteristik sedimen halus yang terbawa aliran sungai berkontribusi terhadap proses sedimentasi di bagian hilir, yang berimplikasi pada perubahan kedalaman alur sungai dan memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan kegiatan pelayaran serta pembangunan infrastruktur perairan seperti terminal khusus.

Penelitian menunjukkan korelasi *spatio-temporal* antara pasang-surut dan perilaku kapal yang bisa dimanfaatkan untuk optimasi jadwal pelayaran. Pola pasang-surut dan kecepatan arus memengaruhi waktu aman keluar-masuk kapal, dan manuverisasi dalam muara (Shu et al., 2024). Oleh karena itu, data pasang-surut yang berkualitas tinggi (dilihat dalam skala harian, musiman, dan ekstrem) harus dimasukkan dalam perencanaan operasional terminal untuk meminimalkan keterlambatan dan risiko keselamatan.

Pembangunan terminal khusus untuk mendukung kegiatan industri dan logistik memerlukan kajian kelayakan teknis yang komprehensif, termasuk identifikasi fasilitas sisi laut dan kondisi perairan. Dalam studi kelayakan terminal khusus, analisis fasilitas

dermaga yang direncanakan perlu memperhatikan kedalaman kolam dermaga agar terhindar dari risiko kandas saat kapal sandar.

Hal ini menegaskan pentingnya pengukuran batimetri dan penyesuaian teknis menurut karakteristik perairan di lokasi pembangunan terminal (Landimuru et al., 2025). Selain itu, pembangunan terminal khusus juga perlu memperhatikan kedalaman perairan antara 3 hingga 9 m yang dinyatakan layak untuk operasional setelah memperhitungkan sarana bantu navigasi dan alur pelayaran yang tidak mengganggu rute utama. Kajian seperti ini menegaskan bahwa penentuan ukuran kapal yang akan dilayani dan kondisi teknis perairan seperti kedalaman, akses alur pelayaran, serta fasilitas pantauan navigasi menjadi aspek fundamental dalam studi *technical feasibility* pembangunan terminal khusus.

Kelayakan teknis pembangunan terminal khusus pada ukuran tongkang yang direncanakan adalah 300 feet, dengan spesifikasi lebar 25 meter x panjang 90 meter x tinggi 5 meter. Kedalaman air yang dibutuhkan untuk bersandarnya kapal/ponton dengan ukuran 300 feet adalah 3 meter MSL (saraf kapal + clearance = 2 + 1 meter). Kedalaman air di depan rencana AS dermaga terminal khusus ± 10 m MSL (*Mean Sea Level*), atau $\pm 8,22$ m LLWS (*Lowest Low Water Level*) saat air surut terendah. Sehingga dapat dikatakan bahwa perencanaan pembangunan terminal khusus dapat dilaksanakan. Karena kedalaman air bersandarnya kapal pada daerah tersebut memenuhi syarat dari kedalaman yang dibutuhkan $LLWS > (\text{Saraf kapal} + \text{clearance})$.

Perencanaan elevasi dan dimensi dermaga dapat diketahui dengan rumus $HHWL + 0,5$ ($3,5 + 0,5 = 4$), sehingga tinggi atas dermaga = 4 meter yang sudah dianggap aman untuk tempat sandar kapal. Penentuan panjang dermaga digunakan rumus: $L_p = n(Loa) + (n - 1)(15) + (225) = 140$ meter (Triatmodjo, 2003). Kolam putar berfungsi sebagai area manuver kapal/tongkang agar dapat bertambat dan melakukan kegiatan loading kayu dengan aman. Luas kolam putar ditentukan dengan rumus: $D = 2 \times L$. Dengan lebar kapal (L) = 25 meter, maka diameter kolam putar $D = 50$ meter.

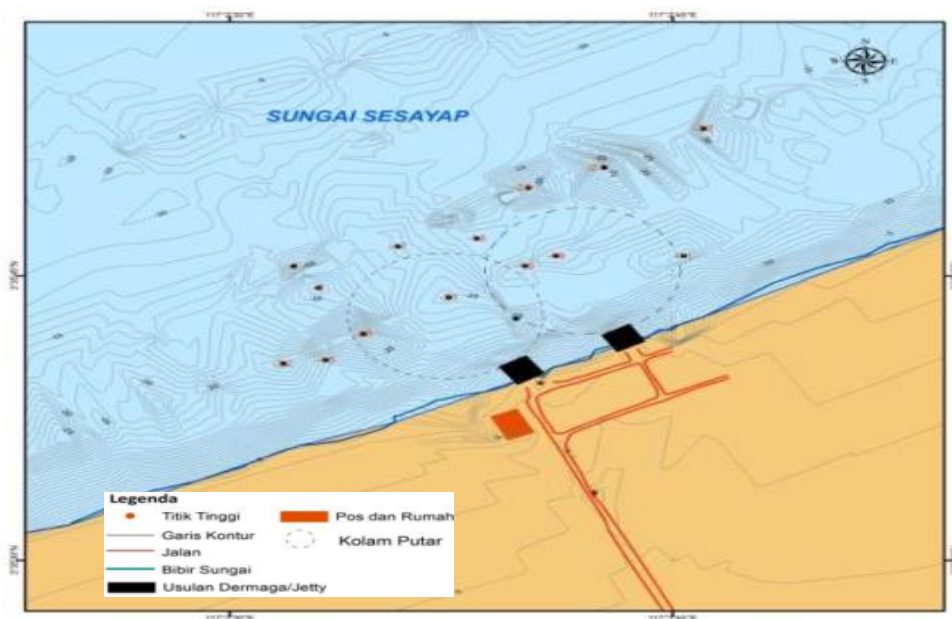
Berdasarkan hasil perhitungan teknis, perencanaan elevasi dan dimensi dermaga serta kolam putar telah memenuhi kriteria keselamatan dan kelayakan operasional untuk

kegiatan sandar dan manuver kapal atau tongkang. Penentuan tinggi atas dermaga yang mengacu pada kondisi muka air tertinggi dengan penambahan faktor keamanan menghasilkan elevasi yang aman terhadap pengaruh pasang surut. Panjang dermaga yang direncanakan telah mempertimbangkan jumlah dan ukuran kapal yang dilayani, serta kebutuhan ruang operasional, sementara dimensi kolam putar yang ditetapkan dinilai memadai untuk mendukung manuver kapal secara aman seperti pada Gambar 4. Dengan demikian, rancangan fasilitas perairan ini dapat mendukung kelancaran aktivitas bongkar muat kayu HTI secara efektif dan berkelanjutan.

Kemudian kondisi eksisting di sekitar lokasi studi telah tersedia gudang penyimpanan, akses jalan, dan mess karyawan, sehingga mendukung rencana pembangunan terminal khusus. Dari perspektif tata kelola ruang dan lingkungan, perencanaan terminal yang baik memungkinkan integrasi praktik keberlanjutan di area penumpukan dan pengiriman sehingga berdampak positif pada pengelolaan erosi, sedimentasi, dan keselamatan pelayaran di muara atau sungai yang sering dipakai untuk angkutan kayu (Asyraf, 2023).

Dari sisi teknis dermaga dan fasilitas penanganan kayu, parameter hidrografi juga memengaruhi desain struktur *mooring*, panjang tambatan, dan jarak aman antara area *stacking* kayu dengan area alur pelayaran sehingga meminimalkan konflik operasional dan risiko pencemaran sedimen. Standar desain pelabuhan dan studi kasus rekayasa menegaskan bahwa integrasi hasil survei hidrografi, pemodelan numerik (misal Delft3D), dan analisis risiko akan menghasilkan desain terminal yang lebih tahan terhadap perubahan lingkungan laut dan lebih efisien biaya operasionalnya.

Terakhir, untuk menjamin kontinuitas pasokan bahan baku bagi industri kecil menengah, perencanaan kontingensi hidrografi wajib dimasukkan, seperti skenario alur alternatif saat sedimen memblokir *channel*, jadwal bongkar berdasarkan pasang-surut, serta rencana pemanfaatan sedimen hasil pengerukan secara bermanfaat. Berbagai studi tentang operasi terminal yang berkelanjutan menunjukkan bahwa integrasi data hidrografi *real-time* dengan sistem manajemen logistik dapat meningkatkan ketahanan rantai pasok (Auer & Rauch, 2021), dan mengurangi biaya tak terduga akibat gangguan hidrometeorologi (Fratini et al., 2025).



Gambar 4. Rencana Pembangunan Terminal Khusus Kayu HTI

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian untuk menilai karakteristik pasang surut, arus, dan kedalaman perairan serta kelayakan lokasi pembangunan terminal khusus kayu HTI di Sungai Sesayap Hilir, hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan kajian memiliki tipe pasang surut semidiurnal yang berperan dominan dalam mengendalikan dinamika arus. Pola arus yang konsisten mengikuti fase pasang surut, dengan arah menuju timur laut saat surut dan barat daya saat pasang, serta kecepatan yang relatif seragam dan tergolong lemah hingga sedang pada seluruh kolom air, menunjukkan kondisi perairan yang stabil dan dapat diprediksi. Karakteristik ini mencerminkan prinsip dasar dalam kajian hidrografi pesisir, di mana interaksi antara pasang surut dan arus menjadi faktor kunci dalam menentukan aspek keselamatan navigasi dan efisiensi operasional pelabuhan.

Kondisi kedalaman perairan yang mencapai sekitar ± 10 meter MSL atau $\pm 8,22$ meter LLWS juga menunjukkan kesesuaian dengan kebutuhan teknis operasional tongkang berukuran 300 feet, khususnya dalam mendukung manuver kapal dan menjaga keselamatan pelayaran. Secara konseptual, hasil ini menegaskan pentingnya pendekatan integratif yang menggabungkan parameter pasang surut, arus, dan kedalaman dalam penilaian kesesuaian lokasi infrastruktur perairan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengonfirmasi kelayakan lokasi secara empiris, tetapi juga memperkuat peran analisis hidrografi sebagai landasan ilmiah dalam perencanaan terminal di wilayah sungai pesisir. Temuan ini diharapkan dapat memperkaya kajian geografi kelautan dan memberikan kontribusi dalam pengembangan infrastruktur pelabuhan yang lebih adaptif, aman, dan berkelanjutan.

SARAN

Temuan bahwa perairan Sungai Sesayap Hilir memiliki tipe pasang surut semidiurnal, pola arus relatif seragam dengan intensitas lemah hingga sedang, serta kedalaman yang memenuhi persyaratan pelayaran memberikan dasar teknis dalam perencanaan terminal khusus kayu. Oleh karena itu, perencanaan operasional terminal disarankan mempertimbangkan siklus pasang surut harian untuk mengoptimalkan waktu sandar dan keberangkatan kapal, terutama pada fase pasang maksimum. Selain itu, arah arus yang mengikuti fase pasang surut perlu menjadi acuan dalam penentuan orientasi dermaga dan jalur alur pelayaran guna meminimalkan gangguan navigasi.

Dalam aspek teknis, meskipun kedalaman perairan telah memenuhi syarat minimum, diperlukan pemantauan batimetri secara berkala untuk mengantisipasi potensi sedimentasi yang dapat menyebabkan pendangkalan alur. Sistem pemantauan dinamika perairan berbasis

pengukuran kontinu (misalnya melalui pemasangan *current* meter dan *tide gauge*) direkomendasikan untuk memperoleh data temporal yang lebih detail sebagai dasar evaluasi operasional jangka panjang.

Secara ilmiah, penelitian lanjutan disarankan mengintegrasikan analisis hidrografi dengan kajian sedimentasi dan perubahan morfologi dasar sungai untuk memahami dinamika perairan secara lebih komprehensif. Selain itu, pengembangan model numerik hidrodinamika dengan resolusi spasial dan temporal yang lebih tinggi perlu dilakukan untuk mensimulasikan variasi arus dan pasang surut terhadap skenario operasional terminal, sehingga dapat mendukung perencanaan infrastruktur yang lebih adaptif, aman, dan berkelanjutan di wilayah sungai pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Bianchini, F. Cento, A. Guzzini, M. Pellegrini, S. b. 2019. Sediment management in coastal infrastructures: Techno-economic and environmental impact assessment of alternative technologies to dredging. *Journal of Environmental Managementent, Volume 248*(15 October 2019), 109332.
- Alajuri, M. H. S., Kusuma, H. A., Suhendra, T., & Djoko, D. E. 2024. Comparation Tidal Harmonic Based on IoT Instrument Using The Admiralty Method in Tanjungpinang Waters. *Journal of Applied Geospatial Information*, 8(2), 140–145.
- Asyraf, M. 2023. *Erosi Pada Hutan Tanaman Industri Di Kecamatan Tompobulu Kabupaten MarOS*. 2(4), 31–41.
- Auer, V., & Rauch, P. 2021. Biomass and Bioenergy Wood supply chain risks and risk mitigation strategies : A systematic review focusing on the Northern hemisphere. *Biomass and Bioenergy*, 148(February), 106001.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106001>
- Fratini, C., Anselmi, S., & Renzi, M. 2025. Dredge Sediment as an Opportunity: A Comprehensive and Updated Review of Beneficial Uses in Marine, River, and Lagoon Eco-Systems. *Environments - MDPI*, 12(6), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/environments12060200>
- Gejdoš, M., & Hitka, M. 2024. *Logistics Analysis of the Supply Chain for Forest Biomass in Slovakia*. 15(1), 167–176.
<https://doi.org/10.2478/logi-2024-0015>
- Hardiansyah, G., Mardin Rachmad, H., Rifanjani, S., & Fitriani, A. 2025. Problem Identification and Conflict Resolution Strategies for Industrial Forest Plantation Licensing in Sekadau Forest Management Unit. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 19(1), 60–71.
<https://doi.org/10.22146/jik.v19i1.12221>
- He, J., Zhang, S., Cui, X., & Feng, W. 2024. Remote sensing for shallow bathymetry: A systematic review. *Earth-Science Reviews*, 258, 104957.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104957>
- Hidayat, R. R., Amron, A., Husni, I. A., Prihatiningsih, I., Hartoyo, H., Trenggono, M., & Hakim, M. R. 2025. Geodesy And Cartography Accuracy Test Of Satellite Imagery-Derived Bathymetry In Shallow Waters Using Sentinel-2A Multispectral Imagery. *GEODESY and CARTOGRAPHY*, 51. <https://doi.org/10.3846/gac.2025.21128>
- Irawan, S. 2016. Pemetaan Pasang Surut Dan Arus Laut Pulau Batam Dan Pengaruhnya Terhadap Jalur Transportasi Antarpulau. *Jurnal Kelautan*, 9(1), 32–42.
- Julianto, E. N., Safrel, I., & Taveriyanto, A. 2018. High Accuracy Geodetic Control Point Measurement Using GPS Geodetic With Static Methods. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 20(2), 81–89.
- Kurniawan, M. A., Azhari, F., Handoko, D., & Pranowo, Widodo Setiyo. 2023. Studi Komparasi Pengolahan Data Pasang Surut Di Perairan Sebatik Kalimantan Utara Menggunakan Metode Least Square Dan Metode Admiralty. *Jurnal Chart Datum*.
- Landimuru, C. B., Ode, L., Arsyad, M. N., Soeparyanto, T. S., & Putra, E. N. 2025. Analisis Kelayakan Teknis Terminal Khusus Untuk Kebutuhan Pertambangan Batuan PT . Ayaskara Alam Nusantara. *Journal of Civil*

Engineering and Technology, 1(1), 32–42.

2

- Li, W., Sun, R., & Tian, Y. 2023. Research on the Application of NbS in Watershed Ecological Restoration: A Case Study of Jiulong River Watershed Shan-Shui Initiative. *MDPI Sustainability*.
- Mensah, P., Pimenta, A. S., de Melo, R. R., Amponsah, J., Tuo, G., Chakurah, I., Ampadu, S. D., Buckman, I., Nikoi, M., Minkah, E., Miranda, N. de O., & de Medeiros, P. L. 2025. The Global Supply Chain of Wood Products: A Literature Review. *Forests*, 16(7), 1–41. <https://doi.org/10.3390/f16071036>
- Pekkarinen, A., & Officer, S. F. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020. *Global Forest Resources Assessment 2020, October*. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1990 Tentang Hak Pengusahaan Hutan Tanaman Industri. 1990.
- Purwestri, R. C., & Lusiana, B. 2021. *Editorial: Socioeconomic implications of forests and forestry in a changing climate and governance*. <https://doi.org/10.1111/gcb.16281>
- Ramadhan, M., Oktaviana, N. K., & Yulius. 2021. Distribution Of Tide Type In Indonesian Waters Based On 7 Days Data Measurement Of Ipasoet-Big Station. *Jurnal Segara*, 17(2), 117–124.
- Robinson, A., Tilburg, C., & Robinson, A. 2023. Influences of Tides , Winds , and Bathymetry on Surface Transport Through a Complex Nearshore System : Measurements from GPS Drifters and an Uncrewed Aerial Vehicle. *Estuaries and Coasts*, 46(6), 1401–1416. <https://doi.org/10.1007/s12237-023-01223-9>
- Sestras, P., Badea, G., Cornelia, A., Salagean, T., Roșca, S., Kader, S., & Remondino, F. (2025). Automation in Construction Land surveying with UAV photogrammetry and LiDAR for optimal building planning. *Automation in Construction*, 173(February), 106092. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.10609>
- Setiawan, F., Basuki, T. M., Santosa, B. H., Pramono, I. B., Chulafak, G. A., Rahmadya, A., & Nada, F. M. H. 2025. Developing algorithms for estimating total suspended solids (TSS) using unmanned aerial vehicle: A case study in the Upper Citarum River, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(2), 7379–7388. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.122.7379>
- Shu, Y., Han, B., Song, L., Yan, T., Gan, L., Zhu, Y., & Zheng, C. 2024. Analyzing the spatio-temporal correlation between tide and shipping behavior at estuarine port for energy-saving purposes. *Applied Energy*, 367, 123382. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123382>
- Srše, J., & Perkovič, M. 2023. *Sediment Resuspension Distribution Modelling Using a Ship Handling Simulation along with the MIKE 3 Application*.
- Sukiman, M., Tendean, M., & Sulastriningsih, S. 2021. Analisis Kualitas Air Sungai Poopoh Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa. *Geographia: Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 2(1), 62–67.
- Trase. 2023. *SEI-PCS Indonesia wood pulp v3 . 1 supply chain map : Data sources and methods*. November, 1–19. <https://doi.org/10.48650/3CR2-0H45>
- Wahdaniah, W., Rahim, S., & Bempah, I. 2022. Dampak Hutan Tanaman Industri Terhadap Perubahan Tutupan Lahan Hutan Dan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 5(2), 101. <https://doi.org/10.32662/gjfr.v5i2.2151>
- Widhanarto, G. O., Purwanto, R. H., Maryudi, A., & Senawi, . (2019). Strategi Pengelolaan Hutan Tanaman Industri Untuk Mitigasi Perubahan Iklim Melalui Skema Redd+. *Jurnal Tengawang*, 8(2), 122–136. <https://doi.org/10.26418/jt.v8i2.31243>
- Xin, H., Xu, N., Xu, H., Yang, H., Wang, Z., & Zhang, Z. 2025. Mapping tidal flat

topography by combining ICESat-2 laser
altimetry and multi-source satellite imagery
ABSTRACT. *International Journal of*

Digital Earth, 8947, 1–18.
<https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2554313>