
Kajian Metode Penambangan Timah di Laut Untuk Mengurangi Dampak Penyebaran Sedimen Pada Perairan Laut di Laut Matras Kabupaten Bangka

Riki Syamdhora, Restu Juniah, Rozirwan

Universitas Sriwijaya, Indonesia

Emails: riki.syamdhora@gmail.com, restu_juniah@yahoo.co.id, rozirwan@unsri.ac.id

Abstrak:

Penambangan timah di Bangka Belitung telah berlangsung lebih dari satu abad dan menjadi salah satu penyumbang utama devisa daerah, mencapai 2,29 miliar USD atau lebih dari 80% total ekspor provinsi. Di perairan Matras, aktivitas ini dilakukan menggunakan Kapal Isap Produksi (KIP) untuk mengeruk material dari dasar laut yang kemudian dicuci, menghasilkan tailing yang berpotensi mencemari lingkungan perairan. Penelitian pada Maret 2025 di Pantai Matras, Kecamatan Sungai Liat, bertujuan menganalisis pola sebaran sedimen akibat operasi KIP serta meninjau alternatif metode penambangan yang lebih berkelanjutan. Hasil pemodelan numerik menggunakan perangkat lunak MIKE21 (modul FM dan MT) menunjukkan bahwa distribusi Total Suspended Solid (TSS) dipengaruhi oleh musim dan pasang surut, dengan konsentrasi berkisar antara 0,020–0,024 kg/m³ pada Musim Timur dan meningkat menjadi 0,026–0,028 kg/m³ selama Musim Barat, dengan arah dominan sebaran ke selatan saat pasang. Data lapangan menunjukkan TSS antara 2–46 mg/L, sedangkan karakteristik sedimen didominasi oleh partikel halus dengan proporsi 44,69% hingga 70,95%. Untuk meminimalkan dampak penyebaran TSS, pendekatan teknis diterapkan melalui pemisahan lokasi pengerukan dan pencucian, yaitu dengan menempatkan Floating Washing Plant (FWP) di area pesisir. Tailing dari FWP dapat ditangani melalui pembuangan laut terkontrol, pembangunan kolam penampungan dengan struktur tanggul batu granit dan geotube, atau pemanfaatan lanjutan sebagai bahan reklamasi maupun sumber mineral ikutan bernilai seperti zirkon, ilmenit, dan kuarsa—seluruh strategi ini mendukung penerapan praktik pertambangan yang ramah lingkungan dan berorientasi pada keberlanjutan.

Kata kunci: Penambangan Timah; Laut; Bangka Belitung

Abstract:

Tin mining in Bangka Belitung has been going on for more than a century and is one of the main contributors to regional foreign exchange, reaching 2.29 billion USD or more than 80% of the province's total exports. In the waters of Matras, this activity is carried out using Production Suction Vessels (KIP) to dredge material from the seabed which is then washed, producing tailings that have the potential to pollute the aquatic environment. The research in March 2025 at Matras Beach, Sungai Liat District, aims to analyze the pattern of sediment distribution due to KIP operations and review alternative mining methods that are more sustainable. Numerical modeling results using MIKE21 software (FM and MT modules) show that the distribution of Total Suspended Solid (TSS) is influenced by seasons and tides, with concentrations ranging from 0.020–0.024 kg/m³ in the Eastern Season and increasing to 0.026–0.028 kg/m³ during the Western Season, with the dominant direction of distribution to the south at high tide. Field data showed TSS between 2–46 mg/L, while sediment characteristics were dominated by fine particles with a proportion of 44.69% to 70.95%. To minimize the impact of TSS deployment, a technical approach is applied through the separation of dredging and washing sites, namely by placing a Floating Washing Plant (FWP) in coastal areas. Tailings from FWP can be

handled through controlled marine discharge, the construction of reservoirs with granite and geotube embankment structures, or continued use as reclamation materials and valuable alternative mineral sources such as zircon, ilmenite, and quartz—all of these strategies support the implementation of environmentally friendly and sustainability-oriented mining practices.

Keywords: Tin Mining; Marine; Bangka Belitung

Corresponding: Riki Syamdhora

E-mail: riki.syamdhora@gmail.com, restu_juniah@yahoo.co.id



PENDAHULUAN

Penambangan timah di Bangka Belitung telah berlangsung lebih dari satu abad dan menjadikan wilayah ini sebagai salah satu produsen timah utama dunia. Kontribusinya signifikan terhadap perekonomian nasional, menyumbang devisa sebesar 2,29 miliar USD atau lebih dari 80% nilai ekspor provinsi (BPS Babel, 2022). Selain berperan sebagai pemasok bahan baku industri global seperti elektronik dan solder, sektor ini juga menjadi sumber utama lapangan kerja, baik formal maupun informal (Irzon, 2021; Tarina, 2022; Tarina Arum, 2022).

Awalnya, kegiatan penambangan dilakukan di darat melalui metode tambang terbuka di daerah aliran sungai atau lembah hutan yang mengandung endapan timah aluvial. Namun, karena cadangan darat menipis, aktivitas kini beralih ke laut menggunakan Kapal Keruk (KK), Kapal Isap Produksi (KIP), dan Ponton Isap Produksi (PIP) untuk menyedot pasir laut (Rismika et al., 2019; RKAB PT Timah Tbk, 2022).

Meski berdampak positif secara ekonomi, penambangan juga menimbulkan konflik sosial antara penambang legal, ilegal, dan nelayan. Ketergantungan masyarakat pada sektor ini tinggi, namun disertai degradasi lingkungan baik di darat maupun laut (Tambunan et al., 2024). Pencemaran akibat aktivitas tambang laut mengganggu ekosistem dan menurunkan pendapatan nelayan sebesar Rp 1,5–1,75 juta per bulan (Jihan et al., 2021).

Penambangan terbuka merusak hutan dan tanah, meninggalkan lahan kritis yang sulit dipulihkan. Sementara itu, penambangan laut meningkatkan sedimentasi, merusak terumbu karang, habitat ikan, dan kualitas air, sehingga mengancam keanekaragaman hayati serta keberlanjutan ekonomi masyarakat pesisir (Syari et al., 2022).

Penambangan timah di laut Bangka Belitung dilakukan dengan menggali material dasar laut yang mengandung timah, kemudian mencucinya menggunakan Kapal Keruk, Kapal Isap Produksi, atau Ponton Isap Produksi (Ibrahim, 2015). Sisa material berupa pasir, terutama fraksi halus, dibuang kembali ke laut dan terbawa arus hingga mengendap di wilayah tertentu. Endapan ini menyebabkan sedimentasi yang berdampak pada ekosistem laut, termasuk terumbu karang dan biota lainnya (Ambalika et al., 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji dampak penambangan timah terhadap kualitas lingkungan laut, sebagian besar masih terbatas pada pemantauan sebaran sedimen atau analisis dampak ekologis tanpa mengeksplorasi alternatif teknis mitigasi yang terintegrasi. Hingga saat ini, belum banyak kajian yang secara spesifik menguji efektivitas pemisahan lokasi pengerukan dan pencucian dalam skenario penambangan timah lepas pantai di perairan

Bangka. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan mengusulkan pendekatan teknis berbasis kombinasi *Cutter Suction Dredge* (CSD) dan *Floating Washing Plant* (FWP) sebagai solusi inovatif untuk meminimalkan sebaran *Total Suspended Solid* (TSS). Selain itu, studi ini tidak hanya menyajikan pemodelan numerik distribusi TSS, tetapi juga menawarkan alternatif strategi pengelolaan tailing yang berorientasi pada prinsip keberlanjutan dan konservasi laut. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi praktis dan akademik dalam merancang metode penambangan laut yang ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran sedimen akibat penambangan timah di perairan Matras serta mengkaji metode penambangan yang lebih efektif dan berkelanjutan untuk meminimalkan dampak sedimentasi dan kekeruhan air laut.

Penelitian ini dibatasi pada kajian dampak lingkungan dari aktivitas penambangan timah di laut Matras, Kabupaten Bangka. Fokus utamanya adalah sebaran sedimentasi yang berasal dari tailing penambangan serta alternatif metode penambangan yang berpotensi mengurangi penyebaran sedimen di wilayah tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2025 di perairan pantai Matras yang berada desa Matras dan Sinar Baru Kecamatan Sungai Liat Kabupaten Bangka Provinsi Bangka Belitung yang merupakan salah satu areal penambangan bijih timah dengan menggunakan Kapal Isap Produksi (KIP). Pengambilan sampel dilakukan dengan 7 stasiun sebagai titik pengambilan sampel yang ditunjukkan pada Tabel 1. Teknik penentuan stasiun yang digunakan adalah Purposive Sampling di mana penelitian ini tidak dilakukan pada seluruh wilayah, tapi terfokus pada target. Purposive Sampling artinya bahwa penentuan stasiun mempertimbangkan kriteria - kriteria tertentu yang telah di buat terhadap stasiun yang sesuai dengan tujuan penelitian (Kurniawan et al, 2014). Dalam hal ini peneliti melakukan pendekatan pengambilan stasiun dengan di lokasi penelitian yang merupakan daerah penambangan timah aktif sepanjang tahun dan juga menjadi daerah kegiatan penangkapan ikan oleh nelayan. Pengumpulan data lapangan difokuskan pengambilan sample perairan untuk mengetahui tingkat sebaran Total Suspension Solid (TSS) dan laju sedimentasi yang digunakan sebagai data dasar dalam pemodelan numerik. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data sekunder seperti peta batimetri dari Dinas Hidrografi dan Oseanografi Angkatan Laut (DISHIDROS TNI-AL), data pasang surut dari Babel Ocean Observation Science and Technologies (BOOST) Center dan beberapa data klimatologi dari European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) melalui <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/> sebagai atmospheric forcing yang meliputi kecepatan angin dan tekanan udara untuk pembuatan model numerik.

Tabel 1. Data Primer dan sekunder yang digunakan

No	Jenis Data	Deskripsi
1	Peta RBI tahun 2017	Peta rupa bumi indonesia tahun 2017 dari Badan Informasi Geospasial
2	Citra Landsat 8 tahun 2020	Data citra Landsat 8 tahun 2020
3	Data pengukuran TSS insitu	Nilai TSS yang telah diambil pada sampel air laut

No	Jenis Data	Deskripsi
4	Data angin tahun 2015-2019	Data angin didapatkan dari website European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)
5	Data arus tahun 2015-2019	Data arus didapatkan dari website ECMWF
6	Data pasang surut	Data pasang surut didapatkan dari website Babel Ocean Observation Science and Technologies (BOOST) Center
7	Data batimetri	Data batimetri di didapatkan dari DISHIDROS
8	Data Laju Sedimentasi	Data jumlah material pada sedimen trap

Sumber : Data diolah Peneliti

Pengambilan sampel untuk pengukuran kandungan TSS dalam air dilakukan pada setiap stasiun penelitian sesuai dengan SNI 03-7016-2004 dengan cara botol sampel dimiringkan, sehingga air tidak akan kemasukan udara. Selanjutnya botol tersebut dimasukkan ke dalam cool box. Selanjutnya sampel di bawa ke Laboratorium Universitas Bangka Belitung untuk dilakukan perhitungan Total Suspension Solid (TSS). Pada penelitian ini dilakukan pengukuran laju sedimentasi untuk melihat seberapa cepat proses sedimentasi yang terjadi di lokasi penelitian pada jangka waktu tertentu. Pengukuran parameter ini menggunakan sediment trap yang telah dimodifikasi menjadi 4 arah sehingga dapat diketahui laju sedimentasi baik dari arah utara, timur, selatan, maupun barat (Gambar 2).. Pengukuran dilakukan selama 24 jam dalam satu siklus pasang-surut di lokasi penelitian. Sedimen yang terendapkan pada sediment trap kemudian dihitung laju sedimentasinya sehingga dapat diproyeksikan untuk menentukan seberapa banyak sedimentasi yang terjadi selama jangka waktu tertentu (Hutari et al. 2018).

Sampel air dianalisis di laboratorium dengan menggunakan metode analisis sesuai SNI 06-6989.3-2004 dengan urutan:

- 1) Sampel yang diambil dimasukkan dalam botol sebanyak 1000 ml dan dikocok. Selanjutnya dilakukan penyaringan dengan kertas saring (Whatman, dengan ukuran pori 0,45 mm). Kertas saring sebelumnya sudah dioven dan dimasukkan ke dalam desikator sebelum digunakan untuk penyaringan.
- 2) Sampel yang sudah disaring dengan kertas saring, kemudian kertas saring dimasukkan ke dalam oven dengan suhu ± 105 °C selama 1 jam.
- 3) Kertas saring dikeluarkan dan dimasukkan dalam desikator, kemudian ditimbang.
- 4) Hasil partikel tersuspensi dihitung dengan selisih antara kertas saring terisi partikel dikurangi kertas saring kosong, kemudian dibagi dengan volume sampel air.

Material yang terkumpul pada sedimen trap akan dilakukan analisa ukuran butir. Analisis dimulai dengan penentuan densitas, kemudian dilanjutkan dengan ukuran butir sedimen sesuai ayakan bertingkat menggunakan metode ayak sieve net untuk ukuran sedimen pasir dan metode pipet untuk ukuran lempung dan lanau. Selanjutnya dikelompokkan dalam klasifikasi sedimen berdasarkan Skala Wenworth (Aritonang et al, 2016).

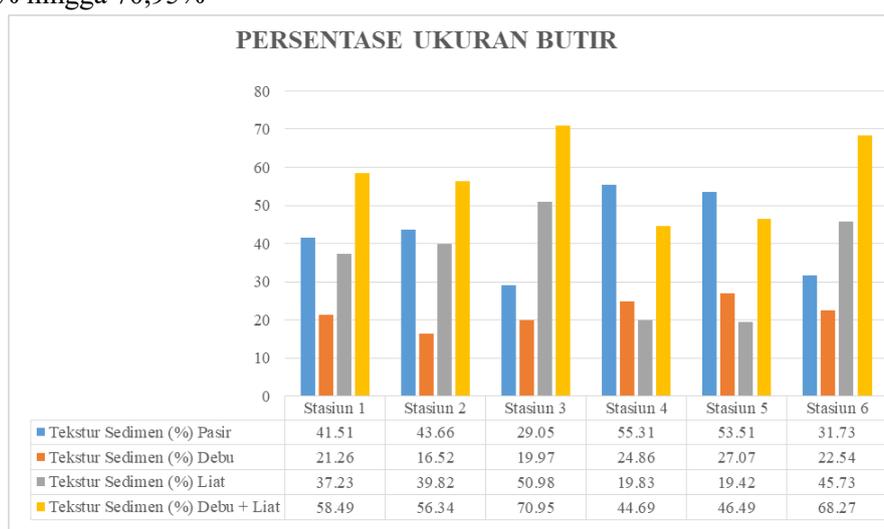
Berikut adalah deskripsi alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini: Kamera digunakan untuk memotret keadaan lokasi penelitian sebagai dokumentasi visual, sementara GPS membantu

menentukan lokasi pengambilan sampel perairan. Sedimen Trap berfungsi untuk menangkap sedimen di perairan, dan perahu motor digunakan sebagai transportasi ke lokasi pengambilan sampel. Alat tulis dan kertas label digunakan untuk mencatat data dan memberi kode pada sampel yang diambil. Current Meter digunakan untuk mengukur kecepatan arus serta pasang surut air, sedangkan tempat sampel air berfungsi untuk menampung sampel yang akan diuji kadar TSS. Kertas saring ukuran 45 μ digunakan untuk menyaring endapan dalam sampel perairan, sementara ayakan bertingkat digunakan untuk memisahkan partikel berdasarkan ukuran. Oven digunakan untuk mengeringkan hasil endapan pada kertas saring, dan timbangan analitik mengukur berat kertas saring sebelum dan setelah penyaringan. Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume sampel dan tempat pembuangan air yang telah tersaring. Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan dalam proses pengujian. Microsoft Excel digunakan untuk pengolahan data, sementara Micromine dan Er Mapper digunakan untuk klasifikasi peta dan pengolahan data TSS menggunakan algoritma. Terakhir, Mike21 digunakan untuk memodelkan dan memprediksi laju sedimentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Ukuran Butir dan Laju Sedimen

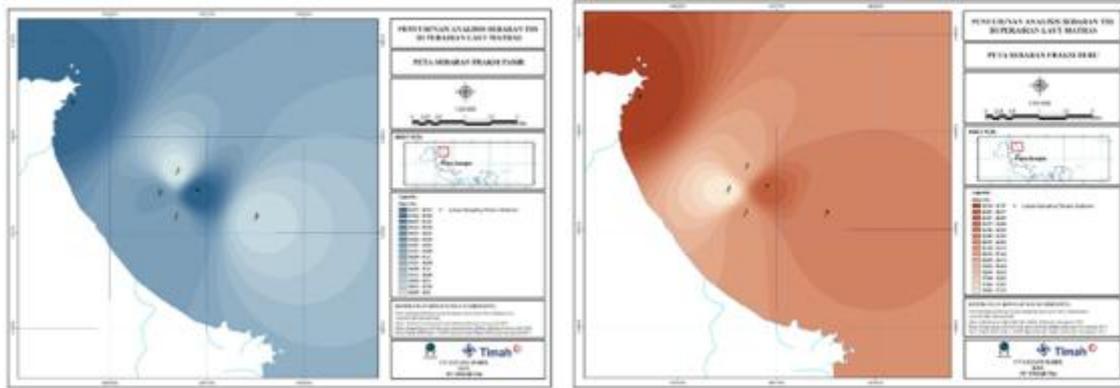
Pengukuran Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Matras menunjukkan kisaran antara 2 hingga 46 mg/L. Mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, sebagian besar nilai TSS di wilayah ini masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan untuk berbagai jenis ekosistem, seperti terumbu karang (20 mg/L), mangrove (80 mg/L), dan padang lamun (20 mg/L). Namun, pengecualian terjadi di Stasiun 7 yang berdekatan dengan lokasi Kapal Isap Produksi, di mana nilai TSS tercatat mencapai 46 mg/L, melebihi ambang batas yang berlaku. Meskipun demikian, secara umum kondisi kualitas air di Perairan Matras masih layak dan mampu mendukung kehidupan organisme akuatik. Tekstur sedimen yang ditemukan di Perairan Matras menunjukkan variasi yang signifikan. Untuk fraksi pasir (>63 μ m), persentase yang diperoleh berkisar antara 29,05% hingga 55,31%. Sedangkan persentase debu (4-63 μ m) berada dalam rentang 16,52% hingga 27,07%. Fraksi liat (<4 μ m) memiliki persentase yang bervariasi antara 19,42% hingga 50,98%. Secara keseluruhan, untuk partikel halus yang terdiri dari debu dan liat (ukuran butiran <63 μ m), persentasenya berkisar antara 44,69% hingga 70,95%



Grafik 1. Persentase ukuran butiran sedimen (%) yang di peroleh pada perairan Matras

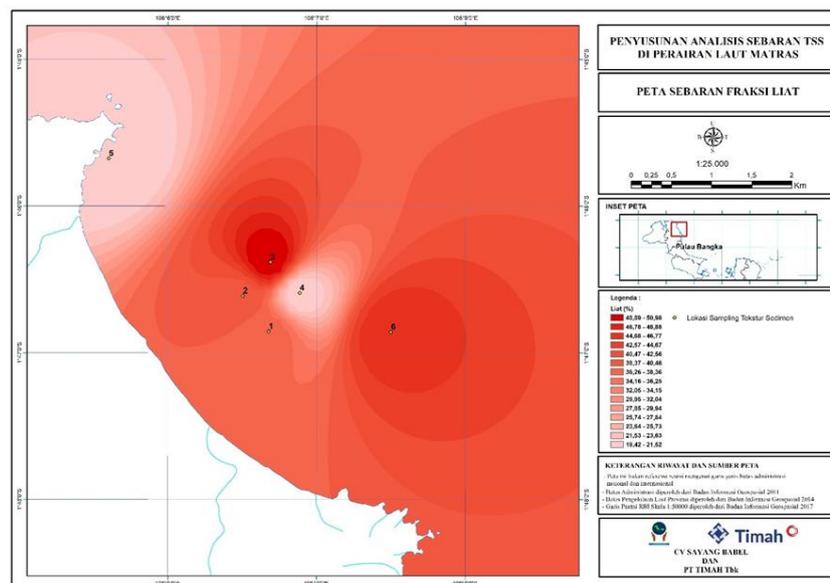
Sumber : Data diolah Peneliti

Pada perairan dengan kondisi relatif tenang atau kecepatan arus yang lemah, partikel halus cenderung menjadi dominan dalam proses deposisi sedimen. Sebaliknya, pada perairan dengan kecepatan arus yang relatif kuat, fraksi pasir akan lebih dominan terdeposisi. Pada Perairan Matras, terlihat bahwa partikel halus menjadi fraksi yang dominan dalam proses deposisi sedimen.



Gambar 2. Distribusi Fraksi Pasir (kiri) dan Fraksi Debu (Kanan) pada Sedimen Perairan Matras

Sumber : Data diolah Peneliti

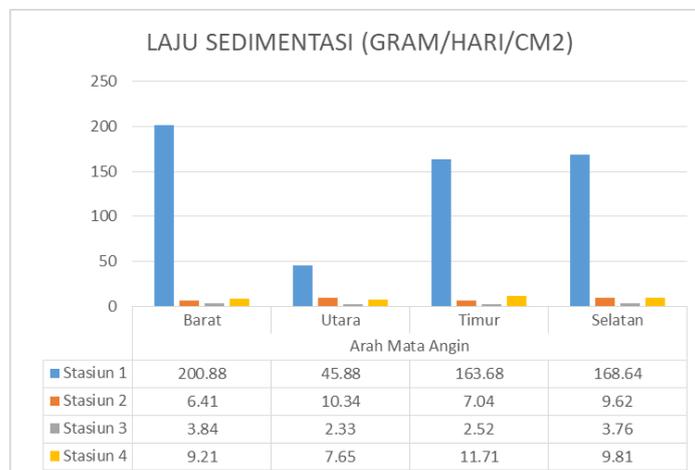


Gambar 3. Distribusi Fraksi Liat pada Sedimen Perairan Matras

Sumber : Data diolah Peneliti

TSS yang dihasilkan selama kegiatan operasi penambangan lepas pantai akan mengalami pengendapan yang dipengaruhi oleh karakteristik sedimen dan kondisi perairan di sekitarnya. Laju sedimentasi di Perairan Matras dapat dilihat pada Grafik 2. Dengan memeriksa setiap stasiun di sekitar lokasi sumber TSS, kita dapat mengidentifikasi daerah yang mengalami laju sedimentasi akibat aktivitas penambangan. Stasiun 1, 2, 3, dan 4 masing-masing mewakili arah selatan, barat, utara, dan timur dari sumber TSS.

Berdasarkan data yang diperoleh, laju sedimentasi berkisar antara 2,33 – 200,88 gram/hari/cm². Laju sedimentasi tertinggi tercatat pada Stasiun 1, yang terletak di arah selatan dari sumber TSS, dengan nilai mencapai 579,08 gram/hari/cm². Kondisi ini disebabkan oleh pola arus yang dominan bergerak ke arah selatan, yang dipengaruhi oleh fenomena pasang-surut serta angin monsun.



Grafik 4. Laju Sedimentasi yang Diperoleh pada Perairan Matras
Sumber : Data diolah Peneliti

Pemodelan Sebaran TSS

PT Timah, sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan, melakukan aktivitas penambangan baik di wilayah darat maupun laut di Bangka Belitung, termasuk di perairan Matras. Untuk mengetahui dampak dari aktivitas penambangan lepas pantai terhadap kondisi Total Suspended Solid (TSS) di perairan, dilakukan simulasi sebaran TSS akibat operasional penambangan lepas pantai. Simulasi ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu simulasi penambangan sepanjang tahun dan simulasi penambangan per tiga bulan yang mewakili kondisi Musim Timur (Juni-Juli-Agustus, JJA) dan Musim Barat (Desember-Januari-Februari, DJF), serta memperhitungkan kondisi pasang dan surut pada tahun 2023 dan 2024.

Perairan Matras yang terletak di sisi timur perairan Bangka akan terpengaruh oleh kedua musim tersebut. Pada Musim Timur, sebaran TSS disajikan dalam Gambar 4. Pada musim ini, angin yang dominan di Indonesia, termasuk Bangka Belitung, bergerak dari arah selatan menuju utara akibat perbedaan tekanan udara. Pergerakan angin ini mempengaruhi pola arus laut, yang pada gilirannya memengaruhi sebaran TSS di perairan Matras. Selama Musim Timur, konsentrasi TSS cenderung lebih rendah dibandingkan dengan Musim Barat, dengan rentang konsentrasi TSS antara 0,020-0,024 kg/m³. Sebaran TSS pada musim ini dominan bergerak ke arah selatan, dengan sedikit sebaran ke arah utara dari sumber TSS.

Pada Musim Barat, yang berlangsung pada bulan Desember-Januari-Februari, perairan Matras akan dipengaruhi oleh angin monsun Barat. Pada musim ini, angin bergerak dominan dari arah utara ke arah selatan, yang menyebabkan arus dan sebaran TSS terbawa semakin jauh ke arah selatan. Sebaran TSS pada Musim Barat lebih tinggi dibandingkan pada Musim Timur, dengan konsentrasi berkisar antara 0,026-0,028 kg/m³. Selain itu, sebaran TSS pada Musim

Barat semakin meluas ke arah selatan dengan konsentrasi yang relatif lebih tinggi dibandingkan pada Musim Timur. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas penambangan lepas pantai pada Musim Barat akan cenderung memiliki dampak yang lebih luas terhadap perairan, terutama terkait dengan sebaran TSS yang lebih signifikan.

Selain pengaruh angin monsun, dinamika perairan Matras juga dipengaruhi oleh faktor pasang-surut. Perairan Bangka Belitung memiliki tipe pasang-surut diurnal, di mana dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Perubahan kondisi menuju pasang dan menuju surut menghasilkan kecepatan arus laut yang maksimal, dengan arah arus yang berbeda dan cenderung berlawanan antara saat menuju pasang dan surut. Dinamika perubahan kondisi pasang-surut ini menyebabkan perubahan pada pola arus laut dan sebaran TSS di perairan Matras.

Pola sebaran TSS pada kondisi pasang dan surut disajikan pada Gambar 5. Pada kondisi surut, arah arus cenderung bergerak ke arah utara menyusuri pesisir Pantai Matras dari arah selatan. Hal ini menyebabkan pola sebaran TSS yang sebelumnya bergerak ke arah selatan akan tertahan dan tersebar di sekitar lokasi sumber TSS, dengan sedikit sebaran ke arah utara. Luas sebaran TSS pada kondisi surut cenderung lebih luas dibandingkan dengan kondisi pasang, meskipun dengan konsentrasi yang lebih rendah. Pada kondisi surut, sebaran TSS berkisar antara 0,024 – 0,026 kg/m³. Sebaran ini lebih tersebar ke segala arah, baik utara, timur, maupun selatan, sehingga TSS tersebar lebih luas dengan konsentrasi yang lebih rendah.

Pada kondisi pasang, arus laut menjadi lebih kuat dan dominan bergerak ke arah selatan, menyusuri pesisir perairan Matras. Keadaan pasang ini memperkuat arah arus ke selatan, sehingga sebaran TSS akan sangat dominan ke arah selatan. Pada kondisi ini, sebaran TSS tidak akan terlalu meluas, tetapi lebih terfokus ke arah selatan dengan konsentrasi yang relatif lebih tinggi. Sebaran TSS pada kondisi pasang berkisar antara 0,026 – 0,028 kg/m³.

Berdasarkan hasil pemodelan dan simulasi, diketahui bahwa aktivitas pertambangan akan menyebabkan penyebaran TSS yang terus meluas seiring berjalannya waktu. Sumber TSS dari IUP yang berada relatif dekat dengan garis pantai menyebabkan TSS cenderung tersebar menyusuri sepanjang pantai. Kondisi geografis perairan Matras yang terletak di pesisir timur juga membuat dinamika arus dan sebaran TSS sangat dipengaruhi oleh kondisi monsun dan pasang-surut, di mana sebaran TSS tetap akan dominan ke arah selatan dari titik sumber TSS.

Solusi Penambangan Timah Yang Ramah Lingkungan

Pada penelitian ini, metode penambangan yang diterapkan merupakan kombinasi penggunaan *Floating Washing Plant* (FWP) dan *Cutter Suction Dredge* (CSD) sebagai alat utama untuk pengambilan bijih (*ore getting*). Proses penambangan terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari penetrasi penggalian tanah atau batuan penutup, penggalian lapisan bertimah, hingga tahap pencucian menggunakan jig.

Metode penambangan menggunakan *Cutter Suction Dredge* (CSD) memiliki kesamaan dengan proses penambangan menggunakan Kapal Isap Produksi. Alat ini beroperasi dengan mengombinasikan pisau berputar yang berfungsi untuk memotong lapisan tanah serta sistem pompa isap yang mengangkat material dari dasar perairan menuju permukaan. *Cutter Suction Dredge* (CSD) memiliki kemampuan menggali hingga kedalaman 30 meter di bawah permukaan air dan memiliki kapasitas pemindahan material mencapai 1.000 m³ per jam,

dengan kapasitas ini dapat disesuaikan mengikuti kapasitas pompa isap yang digunakan. Rasio material yang terisap dengan media air penghantar adalah 1:10, yang berarti setiap 1 bagian material yang terisap akan diangkat bersama dengan 10 bagian air. Material yang telah terisap selanjutnya dipindahkan melalui pipa penghantar di bagian buritan *Cutter Suction Dredge* (CSD) menuju alat pencucian *Floating Washing Plant* (FWP).

Proses pergerakan *Cutter Suction Dredge* (CSD) dilakukan dengan menggunakan jangkar yang terhubung dengan *sling* yang mengikat bagian *cutterhead*. *Winch draghead* digunakan untuk menarik alat tersebut ke kiri dan kanan untuk memotong material yang ada di bawah air. Sementara itu, satu *spud* berfungsi untuk menjaga posisi *Cutter Suction Dredge* (CSD) agar tetap stabil di lokasi penambangan. Pergerakan *Cutter Suction Dredge* (CSD) mengikuti arah penggalian digunakan sistem *spud* yang memungkinkan pergerakan bertahap, di mana *satu spud* stasiun bergerak maju untuk memindahkan alat tersebut. Pergerakan vertikal *draghead* diatur menggunakan *winch* yang terhubung dengan *sling* dan diikatkan pada ponton untuk memastikan pengaturan kedalaman yang tepat. Semua kegiatan yang dilakukan di bawah air, termasuk pergerakan *draghead*, sudut operasi *Cutter Suction Dredge* (CSD), serta tekanan pada pipa buang, dipantau secara real-time menggunakan sistem komputer. Proses pemindahan material dilakukan melalui pipa buang yang mengalirkan material hasil penggalian ke lokasi pembuangan atau pengolahan lebih lanjut. Dengan teknologi ini, proses penambangan dapat dilakukan secara efisien dan terkontrol dengan baik.



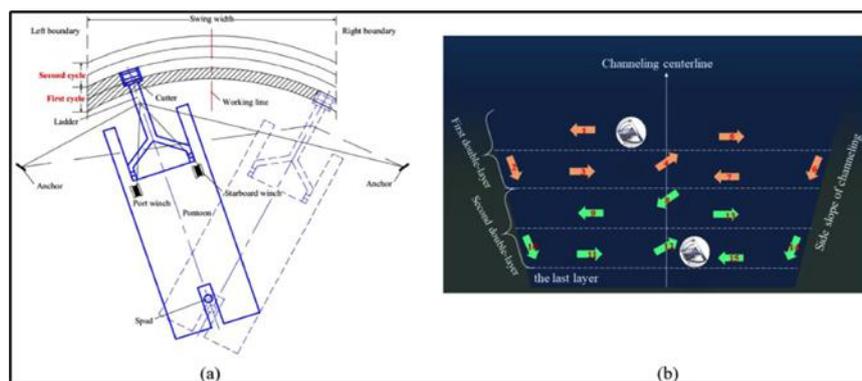
Gambar 5. *Cutter Suction Dredge* (CSD)

Sumber : Data diolah Peneliti

Tahapan Kegiatan Penambangan

1. Pengupasan Tanah Penutup

Tahapan pertama dalam kegiatan penambangan adalah pengupasan tanah penutup, yang merupakan langkah krusial untuk mengakses bijih timah atau kaksa yang berada di bawah lapisan tanah tersebut. Proses ini dilakukan menggunakan *Cutter Suction Dredge* (CSD), yang berfungsi untuk menggali dan mengangkat tanah penutup (*overburden*). Material tanah yang telah terangkat kemudian dipindahkan menggunakan *floating pipe*, yang mengalirkan material tersebut ke area pembuangan yang telah ditentukan sebelumnya. Proses pengupasan ini sangat penting untuk mempersiapkan akses ke lapisan bijih timah yang berada di bawahnya. Metode penggalian bisa dilakukan dengan sistem *Middle dredging in double layer operation schemes* yang dinilai lebih optimal (Bing Wang, 2023).



Gambar 6. Metode penggalian Cutter Suction Dredge

Sumber : Bing Wang, 2023

2. Pengambilan Bijih Timah (Ore Getting)

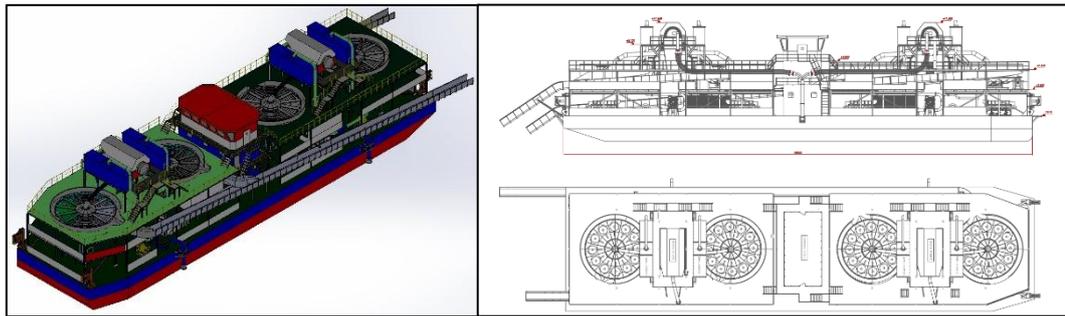
Setelah tanah penutup berhasil diangkat, tahap berikutnya adalah pengambilan bijih timah atau ore. Proses ini juga dilakukan menggunakan Cutter Suction Dredge (CSD). Dengan menggunakan sistem isap, material ore yang terangkat kemudian dihisap dan dialirkan melalui pipa menuju *Floating Washing Plant* (FWP) untuk diproses lebih lanjut. Kegiatan penggalian ini bertujuan untuk mendapatkan bijih timah yang akan diolah lebih lanjut.

3. Pengangkutan Material

Material hasil penggalian, yang terdiri dari tanah penutup serta pasir yang mengandung mineral timah, dialirkan menuju fasilitas pencucian berupa *Floating Washing Plant*. Proses penyaluran ini dilakukan menggunakan dua jenis pipa, yaitu pipa besi dan self-floating rubber hose. Pipa besi memiliki sifat kaku dan berat sehingga memerlukan media tambahan berupa ponton untuk menopangnya agar tetap mengapung di atas permukaan air. Ponton ini berfungsi menjaga kestabilan dan posisi pipa, serta mencegahnya tenggelam atau mengganggu jalur aliran material (Gambar 8). Sementara itu, self floating rubber pipe dirancang dengan material fleksibel dan dilengkapi dengan komponen pengapung internal yang memungkinkan pipa ini tetap berada di permukaan air tanpa bantuan ponton (Gambar 9). Sistem ini tidak hanya lebih efisien dalam hal pemasangan dan mobilitas, tetapi juga mengurangi risiko kerusakan akibat tekanan dan pergerakan gelombang. Pemilihan jenis pipa umumnya disesuaikan dengan kondisi lapangan, kedalaman perairan, serta efisiensi operasional yang ingin dicapai dalam proses pengangkutan material tambang ke unit pencucian.

Pengolahan Bijih Timah (Mineral Processing)

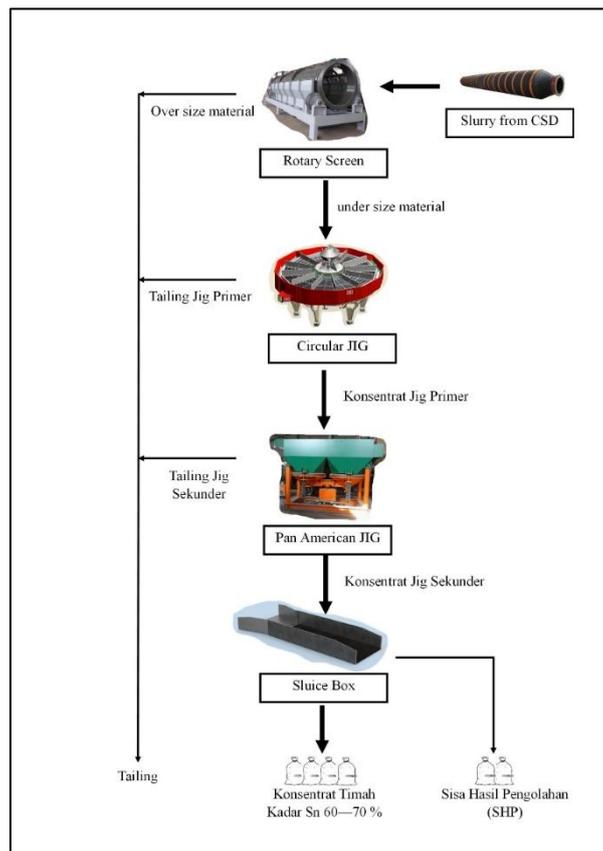
Proses pengolahan bijih timah dilakukan di unit *Floating Washing Plant* (FWP), sebuah fasilitas terapung yang dirancang khusus untuk mendukung kegiatan pemisahan mineral timah dari material pengotor secara efisien di lokasi tambang lepas pantai (Gambar 10). FWP ini dilengkapi dengan berbagai jenis peralatan pengolahan yang terintegrasi. Tahapan awal pengolahan dimulai dari proses pencucian menggunakan saringan putar (*rotary screen*) yang berfungsi menyaring dan memisahkan material kasar seperti kerikil besar dan tanah liat yang tidak mengandung mineral berharga. Material dengan ukuran kurang dari 10 mm yang lolos dari saringan kemudian dialirkan ke sistem pemisahan gravitasi menggunakan alat jig, yang berperan penting dalam memisahkan bijih timah berdasarkan perbedaan massa jenis.



Gambar 7. Floating Washing Plant
Sumber : Engineering PT Timah Tbk, 2024

Proses pemisahan ini berlangsung dalam beberapa tahap, yakni melalui jig primer dan jig sekunder, yang masing-masing dirancang untuk meningkatkan kadar bijih timah secara bertahap. Pada tahap akhir, digunakan Sluice box, yang berfungsi untuk memurnikan konsentrat timah agar mencapai kadar yang ditentukan. Adapun jenis jig yang digunakan pada tahap awal (jig primer) adalah IHC - circular jig, yang memiliki kapasitas pengolahan besar dan recovery lebih baik serta biaya perawatan lebih rendah. Berdasarkan percobaan dan penelitian menunjukkan bahwa jig IHC-Circular mencatat tingkat recovery sebesar 98,66%, lebih tinggi dibandingkan dengan jig Pan America-Rectangular yang hanya mencapai 93,15%. Selain itu, dari segi efisiensi biaya, jig IHC-Circular juga unggul dengan total biaya perawatan tahunan sebesar Rp 162.349.285,-, jauh lebih rendah dibandingkan biaya perawatan tahunan jig Pan America-Rectangular yang mencapai Rp 300.110.445, (Pratomo, 2024).

Diharapkan, melalui proses pencucian ini, kandungan Sn (Timah) yang terkandung dalam bijih dapat dipisahkan dengan efisien, dan menghasilkan konsentrat dengan kadar Sn sekitar 60 – 70 %. Konsentrat tersebut kemudian disimpan dalam ore bin untuk proses selanjutnya. Secara garis besar proses pemisahan bijih timah di Floating Washing Plant di tunjukkan pada Gambar 11 berikut.



Gambar 8. Flowsheet Pencucian di Floating Washing Plant

Sumber : Data diambil Peneliti

Kajian tingkat penyebaran TSS dari Floating Washing Plant

Metode penambangan bijih timah di laut yang menerapkan pemisahan antara peralatan penambangan dan peralatan pengolahan merupakan upaya untuk mengurangi penyebaran sedimen *Total Suspended Solid (TSS)* yang dihasilkan dari aktivitas pengerukan. Salah satu strategi teknis yang diterapkan adalah dengan menempatkan Floating Washing Plant (FWP) di area bibir pantai (Gambar 11). Dengan demikian, material hasil pengerukan yang dilakukan oleh kapal isap produksi atau *Cutter Suction Dredge* dapat disalurkan melalui pipa menuju FWP tanpa langsung mencemari perairan sekitarnya.

Jarak terjauh antara lokasi penambangan dan pantai diperkirakan mencapai 1,7 kilometer, yang masih memungkinkan penyaluran material slurry secara efisien. Setelah proses pencucian berlangsung di FWP, sisa material buangan atau tailing memerlukan penanganan yang tepat agar tidak mencemari lingkungan. Dengan kondisi perairan di pantai Matras serta adanya kolong – kolong bekas tambang di areal daratannya. Penulis merekomendasikan beberapa metode penempatan dan pengelolaan tailing yang dapat diterapkan antara lain:

A. Metode Tailing Disposal

Metode ini dilakukan dengan membuang sisa material pencucian (tailing) langsung ke laut di area yang telah ditentukan dan diawasi secara ketat. Area pembuangan dipilih berdasarkan kajian hidrodinamika dan lingkungan untuk memastikan bahwa sedimen tidak

menyebar luas dan tidak mengganggu ekosistem perairan seperti terumbu karang, lamun, atau biota endemik. Dengan kondisi pasang surut dan gelombang di pinggir pantai Matras yang relative tenang. Metode ini bisa diterapkan karena tergolong praktis, namun memerlukan pengawasan berkala agar sesuai dengan standar baku mutu lingkungan laut. Metode pembuangan ini masih memungkinkan adanya TSS yang menyebar. Akan tetapi tingkat penyebaran akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan metode konvensional sekarang ini yang ada di KIP, dimana tailing langsung dibuang jauh dari bibir pantai sehingga arus laut membawa TSS cukup jauh dari lokasi penambangan.

B. Metode Dam dengan membuat kolam tailing (Tailing Pond)

Pengelolaan limbah tailing di wilayah pesisir memerlukan pendekatan rekayasa lingkungan yang terintegrasi guna meminimalkan dampaknya terhadap ekosistem laut. Salah satu metode yang umum diterapkan adalah pembangunan kolam penampungan (*tailing pond*) yang dirancang untuk menampung sedimen padat dan memungkinkan air limpasan melalui tahapan sedimentasi dan filtrasi lanjutan sebelum dialirkan kembali ke laut. Teknik ini lebih ramah lingkungan dibandingkan pembuangan langsung karena memberikan waktu yang cukup untuk pengendapan partikel tersuspensi dan memungkinkan pemantauan kualitas air secara rutin.

Pada konteks lokal seperti di Pantai Matras, pembangunan tanggul dari batu granit dapat dijadikan sebagai dasar struktur dam, memanfaatkan infrastruktur yang telah dirintis pemerintah. Batu granit dinilai tahan terhadap erosi dan abrasi pantai, menjadikannya material ideal dalam lingkungan laut terbuka. Untuk meningkatkan efisiensi penyaringan, dapat digunakan *geotube embankment*, yaitu tabung geotekstil berisi material granular yang dirancang untuk menahan sedimen halus namun tetap memungkinkan aliran air keluar yang telah tersaring (Lee et al., 2018). Kombinasi metode ini tidak hanya mendukung konservasi laut, tetapi juga memfasilitasi strategi pengelolaan berkelanjutan di wilayah pesisir terdampak aktivitas pertambangan .



Gambar 9. Metode kolam tailing

Sumber : Data diambil Peneliti

C. Metode Pengolahan Lanjut

Metode ini bertujuan untuk mengolah kembali tailing agar tidak hanya dibuang begitu saja, tetapi juga dimanfaatkan lebih lanjut. Proses ini dapat mencakup *dewatering* (pengeringan material), pemanfaatan material buangan sebagai bahan reklamasi lahan atau material timbunan pada lobang bekas tambang (R Juniah, 2021). Selain itu, dapat juga dilakukan pemisahan logam berat atau unsur mineral bernilai ekonomis yang belum terambil sempurna pada tahap pencucian awal. Pendekatan ini mendukung prinsip zero waste dan meningkatkan efisiensi ekonomi tambang. Dengan banyaknya bekas kolong penambangan timah di daratan pantai Matras. Pembangunan sarana pencucian pasir tailing dari *Floating Washing Plant* bisa jadi alternative solusi.

Tailing dari FWP di pompakan kembali ke daratan di sekitar lobang eks tambang. Kemudian material di pisahkan sesuai karakteristik dengan peralatan pemisahan mineral ikutan timah. Beberapa mineral yang bisa di manfaatkan dari tailing tersebut adalah Zirkon , Ilmenit, dan Pasir kuarsa.



Gambar 10. Metode pengolahan lanjut

Sumber : Data diambil Peneliti

Keberlanjutan lingkungan dalam penambangan timah di laut merupakan bagian dari upaya perlindungan dan pengelolaan ekosistem pesisir dan laut secara sistematis dan terpadu, yang mencakup perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, serta pengawasan aktivitas tambang. Prinsip ini bertujuan untuk memastikan bahwa kegiatan eksploitasi sumber daya timah di wilayah perairan dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat tanpa mengabaikan daya dukung lingkungan (Harahap FR et al, 2018). Pembangunan di sektor kelautan dan pertambangan perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan ekonomi, kelestarian fungsi ekologis, dan perlindungan terhadap keanekaragaman hayati laut. Mengingat lingkungan laut memiliki batas daya dukung terhadap gangguan seperti sedimentasi, pencemaran logam berat, dan kerusakan habitat, maka praktik penambangan timah harus dilakukan dalam koridor keberlanjutan. Selama eksploitasi tidak melampaui ambang batas ekosistem, pemanfaatan timah dari dasar laut tetap dapat dilakukan secara

berkelanjutan dan mendukung kesejahteraan masyarakat pesisir serta keberlangsungan ekosistem laut.

KESIMPULAN

Pengukuran Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Matras menunjukkan kisaran antara 2 hingga 46 mg/L. Mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, sebagian besar nilai TSS di wilayah ini masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan untuk berbagai jenis ekosistem, seperti terumbu karang (20 mg/L), mangrove (80 mg/L), dan padang lamun (20 mg/L). Secara umum kondisi kualitas air di Perairan Matras masih layak dan mampu mendukung kehidupan organisme akuatik. Tekstur sedimen yang ditemukan di Perairan Matras menunjukkan variasi yang signifikan. Untuk fraksi pasir (>63 μm), persentase yang diperoleh berkisar antara 29,05% hingga 55,31%. Sedangkan persentase untuk fraksi debu (4-63 μm) berada dalam rentang 16,52% hingga 27,07%. Fraksi liat (<4 μm) memiliki persentase yang bervariasi antara 19,42% hingga 50,98%. Secara keseluruhan, untuk partikel halus yang terdiri dari debu dan liat (ukuran butiran <63 μm), persentasenya berkisar antara 44,69% hingga 70,95%

Prediksi sebaran Total Suspended Solid (TSS) selama Musim Timur menunjukkan konsentrasi yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan Musim Barat, yakni berkisar antara 0,020 hingga 0,024 kg/m^3 . Pada periode ini, arah dominan sebaran TSS cenderung bergerak ke selatan, dengan sedikit dispersi ke utara dari sumber utama. Sebaliknya, selama Musim Barat, konsentrasi TSS meningkat dalam rentang 0,026 hingga 0,028 kg/m^3 , dengan pola sebaran yang lebih meluas ke arah selatan dan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan Musim Timur. Dinamika perairan Matras tidak hanya dipengaruhi oleh angin muson, tetapi juga oleh pasang-surut bertipe diurnal. Saat surut, TSS tersebar lebih merata ke berbagai arah dengan konsentrasi 0,024–0,026 kg/m^3 . Sebaliknya, saat pasang, arus laut menguat dan mengarah ke selatan, menyebabkan sebaran TSS menjadi lebih terfokus dan terkonsentrasi di wilayah tersebut, dengan kisaran 0,026–0,028 kg/m^3 .

Pemisahan antara alat penambangan dan pengolahan bijih timah di laut merupakan strategi untuk mengurangi penyebaran sedimen TSS akibat aktivitas pengerukan. Salah satu pendekatan teknis yang digunakan adalah penempatan Floating Washing Plant (FWP) di dekat garis pantai. Material hasil pengerukan dari kapal isap produksi atau Cutter Suction Dredge dialirkan melalui pipa menuju FWP, sehingga proses pengolahan tidak langsung mencemari perairan sekitar. Pengelolaan tailing yang dihasilkan dari Floating Washing Plant (FWP) dapat dilakukan melalui tiga pendekatan utama: pembuangan terkontrol ke laut pada zona yang telah dikaji secara hidrodinamik, pembangunan kolam tailing di pesisir dengan tanggul batu granit dan geotube untuk menyaring sedimen sebelum air dilepas ke laut, serta pengolahan lanjutan dengan memompa tailing ke darat untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan reklamasi atau di olah kembali untuk mendapatkan mineral bernilai seperti zircon, ilmenit dan kuarsa. Ketiga metode ini bertujuan mengurangi sebaran TSS dan mendukung praktik tambang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambalika, I., Nugraha, M. A., Pamungkas, A., Utami, E., Akhrianti, I., Hudatwi, M., ... & Marfuah, T. (2021). Sebaran partikel tersuspensi, partikel terlarut dan laju sedimentasi di Teluk Kelabat Luar, area pengaruh penambangan timah. *Scientific Timeline*, 1(2), 97–107.
- Aritonang, A. A., Surbakti, H., & Purwiyanto, A. I. (2016). Laju pengendapan sedimen di Pulau Anakan Muara Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 8(1), 7–14.
- BPS Bangka Belitung. (2022). *Ekspor timah dan nontimah Kepulauan Bangka Belitung*. Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.
- Harahap, F. R., Taqwa, R., Juniah, R., & Wildayana, E. (2018). Sustainability for management and protection tin mining environment. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 68, p. 03002). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186803002>
- Hutari, P. H., Johan, Y., & Negara, B. F. S. P. (2018). Analisis sedimentasi di Pelabuhan Pulau BAAI Kota Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 3(1), 129–143.
- Ibrahim, I. (2015). Dampak penambangan timah ilegal yang merusak ekosistem di Bangka Belitung. *Jurnal Hukum dan Bisnis (Selisik)*, 1(1), 76–89.
- Irzon, R. (2021a). Penambangan timah di Indonesia: Sejarah, masa kini, dan prospeksi. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 17(3), 179–189.
- Irzon, R. (2021b). Prospeksi dan masalah lingkungan akibat penambangan timah di Pulau Karimun. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 12(3). <https://doi.org/10.34126/jlbg.v12i3.367>
- Jihan, D., Yuniarti, F. R., Monalisa, J. T., Panjaitan, P. M., Aprila, M., Khasanah, U., ... & Ningrum, Y. (2021). Analisis dampak penambangan timah di laut terhadap ekosistem laut dan pendapatan nelayan Desa Tanjung Binga. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 4(2), 79–87.
- Juniah, R., Toha, M. T., Zakir, S., & Rahmi, H. (2021). Potential economic value of water resource sustainability for sustainable environment: A case study in South Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 716(1), 012078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012078>
- Kurniawan, K., Supriharyono, S., & Sasongko, D. P. (2014). Pengaruh kegiatan penambangan timah terhadap kualitas air laut di wilayah pesisir Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 8(1), 13–21.
- Lee, S. C., Hashim, R., & Mo, K. H. (2018). The evaluation of geotube behaviors on muddy beach: Field monitoring and numerical analysis. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22, 4185–4193. <https://doi.org/10.1007/s12205-018-1942-0>
- Pratomo, O. (2024). *Perbandingan kinerja operasi Jig IHC-Circular vs Pan America-Rectangular di Kapal Keruk Kundur 1* (Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sains Bandung).

- RKAB PT Timah Tbk. (2022). *Alat produksi penambangan PT Timah*. PT Timah Tbk.
- Rismika, T., & Purnomo, E. P. (2019). Kebijakan pengelolaan ekosistem laut akibat pertambangan timah di Provinsi Bangka Belitung. *Publisia (Jurnal Ilmu Administrasi Publik)*, 4(1), 63–80.
- Syari, I. A., & Nugraha, M. A. (2022). Dampak penambangan timah di laut terhadap ekosistem terumbu karang di Pulau Pemuja dan Malang Duyung, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Journal of Tropical Marine Science*, 5(1), 63–69.
- Tambunan, A. H., Prayoga, T., & Saptono, Y. (2024). Ketahanan ekonomi wilayah dalam perspektif tata kelola pengelolaan tambang di Provinsi Bangka Belitung. *Co-Value Jurnal Ekonomi Koperasi dan Kewirausahaan*, 15(1).
- Tarina, A. (2022). Memahami hukum perseroan perorangan: Sejarah perseroan terbatas di Indonesia, masa lalu dan masa kini. *Jurnal Pelita Ilmu*, 16(2). <https://jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/jpi/issue/view/177>
- Wang, B., Fan, S., Jiang, P., Chen, Y., Zhu, H., & Xiong, T. (2023). Cutting state estimation and time series prediction using deep learning for cutter suction dredger. *Applied Ocean Research*, 134, 103515. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103515>