

**POTENSI, PEMANFAATAN DAN PERMASALAHAN PENGELOLAAN PASIR
LAUT SEBAGAI SUMBER DAYA PESISIR DAN LAUTAN**

Dosen Pengampu:

Dr. Dewi Cahyani, MM., M.Pd.



Disusun Oleh:

Astriyani (2281060050)

Navahat Ramadhaniah (2281060060)

TADRIS BIOLOGI

FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

UIN SIBER SYEKH NURJATI CIREBON

2025

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	3
BAB 1	4
PENDAHULUAN	4
A. Latar Belakang.....	4
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan	5
BAB II.....	6
PEMBAHASAN	6
A. Karakteristik Pasir Laut	6
B. Kegunaan Pasir Laut.....	7
C. Kelemahan Penggunaan Pasir Laut.....	7
D. Permasalahan Akibat Penambangan Pasir Laut	9
E. Pengolahan Sumber Daya Pasir Laut	11
F. Pengawasan Pengusahaan Pasir Laut.....	13
G. Penentuan Lokasi Penambangan Pasir Laut	16
BAB III.....	20
PENUTUP.....	20
A. Kesimpulan.....	20
B. Saran.....	20
DAFTAR PUSTAKA.....	22

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas makalah untuk mata kuliah Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dengan baik dan tepat waktu. Tugas ini disusun sebagai bentuk latihan dalam melatih kemampuan analisis mahasiswa dalam mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di wilayah pesisir serta mencari solusi berbasis data dan pendekatan ilmiah. Hal ini merupakan bagian dari upaya untuk meningkatkan pemahaman dan penerapan konsep pengelolaan sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

Tugas ini disusun sebagai bentuk tanggung jawab akademik kepada dosen pengampu, Ibu Dr. Dewi Cahyani, MM., M.Pd., yang telah memberikan arahan serta ilmu yang sangat bermanfaat dalam proses pembelajaran. Penulis juga menyampaikan terima kasih atas kesempatan yang diberikan untuk menggali lebih dalam isu-isu penting yang berkaitan dengan ekosistem pesisir dan tantangan yang dihadapi dalam pengelolaannya khususnya terkait pasir laut.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tugas ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi kecil dalam mendukung upaya pelestarian sumber daya pesisir yang berkelanjutan.

Cirebon, 26 Mei 2025

Penulis

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah pesisir dan laut merupakan kawasan yang memiliki potensi sumber daya alam yang besar, salah satunya adalah pasir laut. Pasir laut merupakan material sedimen yang terbentuk secara alami melalui proses pelapukan batuan dan transportasi oleh gelombang laut, sehingga memiliki karakteristik khas seperti ukuran butir yang lebih halus dan kandungan mineral tertentu yang membedakannya dari pasir darat. Karakteristik ini menjadikan pasir laut bernilai ekonomis tinggi, khususnya untuk kebutuhan reklamasi, bahan bangunan, dan industri konstruksi.

Kegunaan pasir laut yang semakin luas mendorong meningkatnya kegiatan penambangan pasir laut, baik legal maupun ilegal, terutama di kawasan pesisir. Namun, praktik penambangan ini tidak lepas dari sejumlah kelemahan dan risiko. Di antaranya adalah potensi kerusakan ekosistem laut, abrasi pantai, penurunan kualitas habitat biota laut, serta terganggunya mata pencaharian masyarakat pesisir, seperti nelayan.

Permasalahan akibat penambangan pasir laut semakin kompleks ketika kegiatan tersebut dilakukan secara masif tanpa perencanaan yang matang dan pengawasan yang ketat. Banyak kasus menunjukkan bahwa aktivitas ini menyebabkan perubahan morfologi pantai, meningkatkan sedimentasi di wilayah tertentu, dan menurunkan kualitas lingkungan laut. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya pasir laut menjadi sangat krusial agar tetap dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan tanpa mengorbankan lingkungan.

Pengolahan dan pengusahaan sumber daya pasir laut harus memperhatikan prinsip ekologi, ekonomi, dan sosial. Diperlukan kebijakan yang tegas dalam pengawasan aktivitas penambangan serta mekanisme perizinan yang transparan. Penentuan lokasi penambangan pun perlu melalui kajian lingkungan hidup strategis dan pemetaan zonasi pesisir, agar tidak tumpang tindih dengan kawasan konservasi, wilayah tangkap nelayan, atau kawasan rawan bencana

Dengan demikian, pengelolaan pasir laut harus diarahkan untuk memaksimalkan manfaat ekonomisnya sekaligus meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan dan masyarakat. Makalah ini akan membahas secara komprehensif mengenai karakteristik pasir laut, kegunaannya, kelemahan dan permasalahan yang timbul akibat penambangannya, serta

strategi pengolahan dan pengawasan yang berkelanjutan dalam penentuan lokasi penambangan yang tepat.

B. Rumusan Masalah

1. Apa saja karakteristik dari pasir laut yang membedakannya dari jenis pasir lainnya?
2. Bagaimana kegunaan pasir laut dalam berbagai sektor pembangunan dan industri?
3. Apa kelemahan atau keterbatasan pasir laut dalam pemanfaatannya?
4. Apa saja dampak negatif dan permasalahan lingkungan yang timbul akibat penambangan pasir laut?
5. Bagaimana strategi pengolahan sumber daya pasir laut agar tetap berkelanjutan?
6. Bagaimana mekanisme pengawasan terhadap pengusahaan pasir laut agar tidak merusak lingkungan?
7. Apa saja kriteria penting dalam penentuan lokasi penambangan pasir laut yang sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan?

C. Tujuan

1. Menjelaskan karakteristik pasir laut dari segi fisik dan komposisinya.
2. Menguraikan berbagai kegunaan pasir laut dalam sektor pembangunan, reklamasi, dan industri lainnya.
3. Mengidentifikasi kelemahan atau keterbatasan pasir laut dalam proses pemanfaatannya.
4. Menganalisis dampak dan permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas penambangan pasir laut.
5. Menyajikan pendekatan dan strategi pengolahan sumber daya pasir laut yang ramah lingkungan.
6. Mengkaji sistem pengawasan yang efektif terhadap pengusahaan dan eksploitasi pasir laut.
7. Menjelaskan prinsip dan pertimbangan dalam penentuan lokasi penambangan pasir laut yang sesuai dengan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi.

BAB II

PEMBAHASAN

A. Karakteristik Pasir Laut

Pasir laut memiliki karakteristik fisik yang khas dibandingkan dengan pasir darat. Ukuran butir pasir laut umumnya lebih halus, berkisar antara 0,063 mm hingga 2 mm, dan bentuk butirannya cenderung membulat akibat proses transportasi oleh gelombang laut. Selain itu, pasir laut sering kali memiliki warna yang lebih gelap karena kandungan mineral berat seperti magnetit dan ilmenit. Kandungan air dan kadar garam yang tinggi juga menjadi ciri khas pasir laut, yang membedakannya dari pasir darat yang biasanya lebih kering dan memiliki kadar garam rendah (Kamiludin & Darlan, 2016).

Dari segi kimia, pasir laut mengandung berbagai mineral seperti kuarsa (SiO_2), feldspar, dan mineral berat lainnya. Kandungan mineral ini dipengaruhi oleh sumber material asal dan proses sedimentasi di lingkungan laut (Kamiludin & Darlan, 2016). Kandungan garam terlarut yang tinggi pada pasir laut dapat menimbulkan korosi apabila digunakan langsung pada konstruksi bangunan tanpa melalui proses pencucian atau pengolahan. Kandungan bahan organik tersebut juga berkontribusi terhadap unsur hara di wilayah pesisir, yang berperan penting dalam ekosistem laut. Densitas butiran pasir laut juga bervariasi tergantung pada mineral penyusunnya. Pasir yang mengandung mineral berat seperti magnetit dan ilmenit memiliki densitas yang lebih tinggi, sehingga sering dimanfaatkan dalam industri pemurnian mineral. Pasir laut merupakan mineral alam yang melimpah di Indonesia selain zeolit, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas. Pasir yang terdapat di alam sangat beragam, dengan pasir pantai hitam putih sebagai salah satu contohnya. Pasir adalah salah satu contoh partikel. Partikel pasir biasanya 0,0625 hingga 2 mm. Bahan yang digunakan untuk membentuk pasir adalah silika, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis terbentuk terutama dari batugamping (Iduwin, et al., 2019).

Selain itu, karakteristik pasir laut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar seperti energi gelombang, arus pasang surut, dan kedalaman perairan. Pasir di daerah dengan energi gelombang tinggi biasanya berbutir kasar dan membulat, sedangkan di daerah energi rendah butir pasir lebih halus dan angular. Faktor-faktor ini sangat penting dalam menentukan lokasi penambangan pasir laut agar pasir yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan industri.

B. Kegunaan Pasir Laut

Penggunaan pasir laut sebagai material bangunan sering ditemukan di daerah yang tidak memiliki pasir sungai atau keberadaan pasir sungai yang terbatas dan sulit diperoleh. Penggunaan pasir pantai ini tentu saja sudah melalui proses perbaikan dengan mereduksi kandungan garam yang ada didalamnya. Disamping untuk campuran beton, pasir pantai juga digunakan untuk pekerjaan plesteran, pembuatan bata ringan, campuran aspal dan lain-lain.

a. Pembuatan Beton

Pasir laut dapat digunakan pada campuran beton dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara di cuci sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang. Karakteristik kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar (Dumyati & Manalu, 2015).

b. Stabilisasi Tanah Dasar

Penambahan pasir laut pada tanah mempengaruhi keelastisan campuran tanah dan pasir dimana semakin banyak pasir yang ditambahkan maka nilai elastisitasnya akan semakin berkurang atau cepat mengalami keruntuhan namun nilai kuat tekan bebas (q_u) yang dihasilkan akan semakin meningkat. Selain itu juga penambahan pasir pada tanah lempung bisa meningkatkan kepadatan tanah karena rongga ditanah lempung terisi oleh pasir dan saling terikat satu sama lain oleh lempung (Fathonah, et al., 2022).

c. Adsorpsi Logam Berat

Penggunaan pasir laut warna hitam dan warna putih yang diaktivasi dengan H_2SO_4 dan disalut Fe_2O_3 dapat meningkatkan luas permukaan pasir sehingga dapat menjadi adsorben yang baik dalam mengadsorpsi logam Cu (II) dalam suatu larutan. Telah melakukan. Hasilnya, dapat meningkatkan beberapa sifat fisik dan kimianya seperti keasaman permukaan dan porositasnya sehingga lebih efektif sebagai adsorben (Apriliawati & Malis, 2021).

C. Kelemahan Penggunaan Pasir Laut

Meskipun pasir laut memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti konstruksi, reklamasi, dan infrastruktur, namun penggunaannya tidak lepas dari

berbagai kelemahan yang signifikan, baik dari segi teknis maupun lingkungan. Tidak seperti pasir sungai atau pasir gunung yang telah banyak digunakan secara konvensional, pasir laut memiliki karakteristik yang perlu diperhatikan secara kritis. Kandungan kimia, sifat fisik, serta dampaknya terhadap lingkungan menjadikan pasir laut harus melalui proses pengujian dan pengolahan khusus sebelum dapat digunakan secara optimal. Oleh karena itu, penting untuk memahami secara menyeluruh berbagai kelemahan pasir laut agar pemanfaatannya tidak menimbulkan kerugian di masa depan (Dumyati & Manalu, 2015).

Berikut beberapa kelemahan dalam penggunaan pasir laut:

- a. **Kandungan garam tinggi dapat merusak struktur beton.** Pasir laut mengandung garam (NaCl) yang cukup tinggi, terutama jika tidak dicuci dengan benar. Kandungan garam ini bersifat higroskopis dan dapat menyebabkan korosi pada tulangan baja dalam struktur beton. Selain kandungan garam (NaCl), pasir laut juga dapat mengandung senyawa sulfat dan magnesium yang dapat bereaksi negatif terhadap proses hidrasi semen. Senyawa ini menyebabkan retak dini pada beton dan menurunkan ketahanan jangka panjang struktur bangunan. Penggunaan pasir laut tanpa pencucian akan mempercepat kerusakan beton karena reaksi elektrokimia antara klorida dan besi pada tulangan (Dumyati & Manalu, 2015).
- b. **Jika digunakan sebagai tanah dasar jalan raya, pasir laut sulit dipadatkan dan mudah terhambur kembali.** Pasir laut memiliki sifat fisik yang kurang sesuai untuk digunakan sebagai tanah dasar (subgrade) jalan raya. Salah satu kelemahannya adalah daya ikat antar butirannya rendah karena bentuknya yang cenderung bulat dan halus akibat proses abrasi alami oleh air laut. Hal ini menyebabkan pasir laut sulit dipadatkan dengan stabil karena tidak bisa saling "mengunci" seperti pasir sungai atau tanah lempung (Herman & Fiska, 2020).
- c. **Dampak ekologis bila digunakan secara tidak berkelanjutan.** Selain dari sisi teknis, kelemahan utama lainnya adalah risiko kerusakan lingkungan akibat penambangan pasir laut. Pengambilan pasir laut tanpa izin dan kajian lingkungan dapat menyebabkan abrasi, hilangnya habitat biota laut, serta penurunan kualitas ekosistem pesisir. Penambangan pasir laut yang tidak terkontrol merusak dasar laut dan menyebabkan gangguan terhadap rantai makanan laut.
- d. **Pasir laut tidak memiliki standar kualitas yang seragam.** Pasir dari satu wilayah bisa berbeda jauh kandungan lumpur, mineral, bahkan polutannya dengan wilayah

lain. Hal ini membuat penggunaannya harus melalui uji laboratorium terlebih dahulu, sehingga meningkatkan waktu dan biaya dalam tahap awal konstruksi (Herman & Fiska, 2020).

D. Permasalahan Akibat Penambangan Pasir Laut

Pasal 35 Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil menentukan bahwa : “Dalam pemanfaatan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, Setiap Orang secara langsung atau tidak langsung dilarang melakukan penambangan pasir pada wilayah yang apabila secara teknis, ekologis, sosial, dan/atau budaya menimbulkan kerusakan lingkungan dan/atau pencemaran lingkungan dan/atau merugikan masyarakat sekitarnya” (Tanuri, 2020). Penambangan pasir laut dilakukan dengan mengeruk pasir dari dasar laut untuk keperluan reklamasi, konstruksi, dan lain-lain. Aktivitas ini memiliki dampak lingkungan yang signifikan, antara lain:

- a. Kerusakan Ekosistem Laut dan Pesisir
Penambangan pasir laut menyebabkan perubahan morfologi dasar laut yang signifikan. Hal ini menghancurkan habitat biota laut, seperti terumbu karang, padang lamun, dan mangrove.
 - Terumbu karang rusak akibat pengangkatan pasir yang mengganggu substrat keras tempat mereka tumbuh.
 - Padang lamun tercabut akibat alat berat dan erosi, padahal lamun penting sebagai tempat pembiakan ikan.
 - Mangrove juga terdampak saat material pasir tumpah ke pesisir, merusak akar mangrove.
- b. Peningkatan Kekeruhan Air (TSS – Total Suspended Solid)
Penambangan pasir mengangkat sedimen halus, yang menyebabkan kekeruhan tinggi di air laut. Kekeruhan menghambat sinar matahari untuk menembus air, mempengaruhi fotosintesis fitoplankton yang menjadi dasar rantai makanan laut.
- c. Perubahan Hidrodinamika Pantai
Pengerukan pasir laut juga mengubah pola arus laut dan gelombang. Hal ini dapat mengakibatkan abrasi pantai yang lebih cepat, erosi lahan, serta meningkatkan risiko banjir rob. Abrasi pantai dapat meningkat hingga 40% akibat perubahan morfologi dasar laut pasca-penambangan. Aktivitas pengerukan pasir laut menyebabkan:

- | | | |
|---------------|-----|------|
| d. Pencemaran | Air | Laut |
|---------------|-----|------|
- Peningkatan aktivitas pengangkutan pasir menimbulkan tumpahan minyak (dari kapal) dan polusi akibat aktivitas alat berat, yang mencemari air laut.
- e. Hasil Tangkapan Nelayan Menurun
- Penambangan pasir laut menyebabkan hasil tangkapan nelayan menurun karena aktivitas ini merusak habitat penting tempat pemijahan ikan dan biota laut. Proses pengerukan pasir laut mengubah struktur dasar laut, merusak padang lamun, terumbu karang, dan substrat yang menjadi tempat ikan berkembang biak. Selain itu, pengerukan pasir menghasilkan kekeruhan air yang tinggi sehingga menghambat penetrasi cahaya matahari yang diperlukan untuk fotosintesis organisme dasar rantai makanan seperti fitoplankton. Hilangnya tempat pemijahan dan menurunnya kualitas ekosistem perairan menyebabkan populasi ikan menurun drastis dan membuat hasil tangkapan nelayan berkurang secara signifikan (Surianti, et al., 2023).

Contoh kasus penambangan pasir laut di Kepulauan Riau:

Penambangan pasir laut di wilayah Moro, Kepulauan Riau telah berlangsung sejak lama, terutama pada tahun 1978-2023. Aktivitas ini dilakukan secara besar-besaran dan bertujuan utama untuk ekspor pasir ke Singapura, yang memerlukan pasir laut untuk reklamasi wilayahnya. Volume pasir yang diekspor mencapai hampir 250 juta meter kubik per tahun, angka yang sangat besar dan berdampak signifikan pada lingkungan dan masyarakat sekitar. Dampak utama yang terjadi yaitu:

- Pengikisan pantai dan perubahan garis pantai
- Kerusakan habitat ekosistem laut
- Peningkatan kekeruhan air laut
- Gangguan siklus hidrologi lokal
- Penurunan hasil tangkapan nelayan
- Penggusuran dan konflik lahan

Upaya pemerintah dan kebijakan, untuk menangani dampak ini, pemerintah Indonesia telah mengeluarkan:

1. Keputusan Presiden Nomor 33 Tahun 2002: Mengatur pengendalian dan pengawasan penambangan pasir laut.

2. Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2023: Mengatur kembali pengelolaan sedimentasi laut, meski menuai pro-kontra karena dianggap membuka ekspor pasir laut kembali.
3. AMDAL wajib disusun oleh perusahaan tambang untuk menganalisis dan merencanakan mitigasi dampak lingkungan.

E. Pengolahan Sumber Daya Pasir Laut

Pengolahan sumber daya pasir laut yang berkelanjutan memerlukan pendekatan holistik yang mengintegrasikan aspek teknis, ekologis, dan sosial-ekonomi. Strategi pengelolaan yang efektif harus mempertimbangkan daya dukung lingkungan, kebutuhan ekonomi masyarakat, serta kelestarian ekosistem laut dalam jangka panjang. Pengelolaan yang berkelanjutan tidak hanya fokus pada eksploitasi sumber daya, tetapi juga pada konservasi dan rehabilitasi ekosistem yang terdampak (Widodo & Supriharyono, 2018).

Konsep pengelolaan berkelanjutan pasir laut mengacu pada prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan yang mencakup tiga pilar utama: ekonomi, ekologi, dan sosial. Dalam konteks ini, pengelolaan pasir laut harus mampu memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat dan negara, namun tetap menjaga kelestarian lingkungan dan tidak merugikan generasi mendatang. Hal ini sejalan dengan konsep blue economy yang menekankan pada pemanfaatan sumber daya laut secara berkelanjutan (Hartanto & Setiawan, 2019).

Pendekatan pengelolaan adaptif menjadi sangat penting mengingat dinamika ekosistem laut yang kompleks dan ketidakpastian dampak jangka panjang dari aktivitas penambangan. Pengelolaan adaptif memungkinkan penyesuaian strategi pengelolaan berdasarkan hasil monitoring dan evaluasi berkala, sehingga dapat merespons perubahan kondisi lingkungan dengan cepat dan tepat (Nugraha & Santoso, 2020).

a. Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan

Penggunaan teknologi penambangan yang menimbulkan dampak minimal terhadap lingkungan merupakan kunci utama dalam pengelolaan pasir laut berkelanjutan. Sistem pengerukan selektif merupakan teknologi yang dapat mengurangi kerusakan habitat dasar laut dengan cara memilih area penambangan yang memiliki dampak ekologis minimal. Teknologi ini menggunakan sistem GPS dan sonar untuk mengidentifikasi area yang aman untuk ditambang, serta memiliki kemampuan untuk menghindari habitat sensitif seperti terumbu karang dan padang lamun (Pratama et al., 2019).

Implementasi teknologi suction dredging dengan sistem closed-circuit dapat mengurangi dispersi sedimen dan meminimalkan kekeruhan air. Sistem ini bekerja dengan cara mengisap pasir dari dasar laut melalui pipa yang tertutup, sehingga material halus tidak terlepas ke kolom air. Teknologi ini terbukti dapat mengurangi tingkat kekeruhan hingga 70% dibandingkan dengan metode pengerukan konvensional (Sari & Wijayanto, 2021).

Penggunaan alat monitoring real-time berbasis sensor underwater sangat penting untuk mengontrol kualitas air selama proses penambangan. Sensor ini dapat memantau parameter kualitas air seperti turbiditas, pH, oksigen terlarut, dan suhu secara kontinyu. Data yang

diperoleh dapat digunakan untuk menghentikan operasi penambangan jika parameter kualitas air melampaui batas yang ditetapkan, sehingga dampak terhadap biota laut dapat diminimalkan (Kurniawan & Pratiwi, 2020).

Teknologi bio-monitoring menggunakan organisme indikator juga dapat diterapkan untuk memantau dampak penambangan terhadap ekosistem laut. Organisme seperti mollusca, echinodermata, dan polychaeta dapat digunakan sebagai indikator kesehatan ekosistem karena sensitivitasnya terhadap perubahan kualitas lingkungan. Penurunan populasi atau perubahan struktur komunitas organisme ini dapat menjadi early warning system terhadap degradasi lingkungan (Rahmawati et al., 2019).

b. Rehabilitasi dan Restorasi Habitat

Setiap kegiatan penambangan pasir laut harus disertai dengan program rehabilitasi habitat yang terdampak sebagai bagian integral dari rencana pengelolaan. Program rehabilitasi tidak hanya bertujuan untuk mengembalikan fungsi ekologis habitat yang rusak, tetapi juga untuk meningkatkan resiliensi ekosistem terhadap tekanan lingkungan di masa depan. Pendekatan ecosystem-based restoration menjadi pilihan utama karena mempertimbangkan keterkaitan antar komponen ekosistem dalam proses pemulihan (Suharsono, 2020).

Rehabilitasi mangrove merupakan prioritas utama dalam program restorasi habitat pesisir pasca penambangan. Mangrove memiliki peran krusial sebagai penyangga pantai dari abrasi, habitat nursery ground bagi berbagai spesies ikan, dan penyerap karbon yang efektif. Teknik rehabilitasi mangrove yang efektif meliputi pemilihan spesies yang sesuai dengan kondisi lokal, persiapan lahan yang tepat, dan pemeliharaan intensif selama fase establishment. Spesies seperti *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* umumnya memiliki tingkat keberhasilan tinggi dalam program rehabilitasi (Handayani & Supriyanto, 2021).

Program transplantasi terumbu karang memerlukan pendekatan yang lebih kompleks mengingat sensitivitas organisme ini terhadap perubahan lingkungan. Teknik fragmentasi dan nursery-based restoration telah terbukti efektif dalam rehabilitasi terumbu karang yang terdegradasi. Fragmentasi dilakukan dengan memotong koloni karang yang sehat menjadi fragmen-fragmen kecil, kemudian ditanam pada substrat buatan hingga mencapai ukuran yang cukup untuk ditransplantasi ke lokasi yang akan direhabilitasi. Keberhasilan program ini sangat bergantung pada kualitas air, ketersediaan substrat keras, dan minimnya tekanan antropogenik (Yusuf & Handoko, 2020).

Restorasi padang lamun memerlukan pemahaman yang mendalam tentang ekologi spesies lamun dan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhannya. Padang lamun memiliki peran penting sebagai habitat feeding ground bagi berbagai spesies ikan, dugong, dan penyu laut. Teknik restorasi padang lamun meliputi transplantasi tunas, penyebaran biji, dan kombinasi keduanya. Faktor kunci keberhasilan restorasi padang lamun adalah kualitas air yang baik, substrat yang sesuai, dan perlindungan dari aktivitas penangkapan ikan yang merusak (Fitria et al., 2019).

Program artificial reef sebagai habitat alternatif juga dapat diintegrasikan dalam rencana rehabilitasi. Artificial reef dapat dibuat dari material ramah lingkungan seperti beton dengan pH netral atau struktur baja yang telah dibersihkan dari kontaminan. Struktur

ini dapat berfungsi sebagai substrat untuk pertumbuhan organisme sessile dan habitat bagi berbagai spesies ikan. Desain artificial reef harus mempertimbangkan aspek hidrodinamika, stabilitas struktur, dan kesesuaian dengan biota lokal (Pratama & Setiawan, 2021).

c. Penerapan Prinsip Circular Economy

Implementasi konsep ekonomi sirkular dalam pengelolaan pasir laut merupakan paradigma baru yang dapat mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam sekaligus menciptakan nilai ekonomi tambahan. Prinsip circular economy dalam konteks pasir laut meliputi reduce, reuse, dan recycle yang diaplikasikan dalam seluruh siklus hidup material dari ekstraksi hingga akhir penggunaan (Wijaya & Kusuma, 2021).

Strategi reduce dilakukan dengan mengoptimalkan penggunaan pasir dalam konstruksi melalui teknologi dan desain yang lebih efisien. Penggunaan high-performance concrete yang memerlukan lebih sedikit pasir namun memiliki kekuatan yang sama atau lebih tinggi merupakan salah satu contoh implementasi strategi ini. Selain itu, pengembangan alternative aggregate dari limbah industri seperti fly ash, slag, dan recycled concrete aggregate dapat mengurangi ketergantungan terhadap pasir laut alami (Rahman & Sutrisno, 2020).

Konsep reuse dapat diimplementasikan melalui standardisasi kualitas pasir bekas konstruksi yang masih dapat digunakan untuk aplikasi lain. Pasir bekas dapat digunakan untuk backfill, base course jalan, atau aplikasi non-struktural lainnya setelah melalui proses cleaning dan grading. Hal ini memerlukan sistem sertifikasi dan standar kualitas yang jelas untuk memastikan keamanan penggunaan material bekas (Kusuma & Pratiwi, 2019).

Strategi recycle melibatkan pengolahan limbah konstruksi untuk menghasilkan aggregate berkualitas yang dapat menggantikan pasir alami. Teknologi crushing dan screening dapat mengubah concrete waste menjadi recycled concrete aggregate (RCA) yang memiliki karakteristik fisik dan kimia yang memadai untuk berbagai aplikasi konstruksi. Penelitian menunjukkan bahwa RCA dapat menggantikan hingga 30% pasir alami dalam campuran beton tanpa mengurangi kualitas signifikan (Andriani & Setiawan, 2020).

Pengembangan bio-based materials sebagai substitusi pasir juga menjadi fokus dalam implementasi circular economy. Material seperti coconut fiber, rice husk ash, dan bamboo fiber dapat digunakan sebagai filler atau reinforcement dalam aplikasi konstruksi tertentu. Meskipun tidak dapat sepenuhnya menggantikan pasir, material bio-based ini dapat mengurangi konsumsi pasir hingga 15-20% dalam beberapa aplikasi (Fitriani & Handoko, 2021).

F. Pengawasan Pengusahaan Pasir Laut

Sistem pengawasan yang efektif terhadap pengusahaan pasir laut memerlukan koordinasi yang kuat antar instansi pemerintah, partisipasi masyarakat, dan penerapan teknologi monitoring yang canggih. Pengawasan tidak hanya berfokus pada aspek legalitas perizinan, tetapi juga pada implementasi praktik penambangan yang berkelanjutan dan

kepatuhan terhadap standar lingkungan yang ditetapkan. Efektivitas sistem pengawasan menjadi kunci utama untuk mencegah praktik penambangan ilegal dan memastikan sustainability sumber daya pasir laut (Hartanto & Setiawan, 2019).

Kompleksitas pengawasan penambangan pasir laut disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: luasnya wilayah laut yang harus diawasi, keterbatasan sumber daya manusia dan teknologi, tumpang tindih kewenangan antar instansi, dan kurangnya partisipasi masyarakat dalam pengawasan. Selain itu, karakteristik penambangan pasir laut yang dapat dilakukan di lokasi terpencil dan sulit diakses membuat pengawasan menjadi lebih menantang (Nugroho, 2020).

Penguatan kapasitas kelembagaan menjadi fundamental dalam meningkatkan efektivitas pengawasan. Hal ini meliputi peningkatan kompetensi SDM pengawas, penyediaan sarana dan prasarana yang memadai, serta pengembangan sistem informasi yang terintegrasi. Standardisasi prosedur pengawasan dan harmonisasi regulasi antar tingkat pemerintahan juga diperlukan untuk menghindari konflik kewenangan dan overlapping functions (Sari & Pratama, 2021).

a. Sistem Perizinan Terpadu

Implementasi sistem perizinan yang terintegrasi antar instansi terkait merupakan langkah fundamental dalam pengawasan perusahaan pasir laut. Sistem ini melibatkan koordinasi antara Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota sesuai dengan kewenangan masing-masing. Integrasi perizinan bertujuan untuk menghindari tumpang tindih kewenangan, mempercepat proses perizinan, dan memastikan bahwa setiap izin telah memenuhi semua persyaratan teknis, lingkungan, dan sosial (Nugroho, 2020).

One Stop Service (OSS) dalam perizinan penambangan pasir laut dapat mengintegrasikan berbagai jenis izin yang diperlukan, seperti Izin Usaha Pertambangan (IUP), Izin Lingkungan, Izin Mendirikan Bangunan (IMB) untuk fasilitas penunjang, dan izin-izin lainnya. Sistem ini memungkinkan pemohon untuk mengurus semua perizinan dalam satu tempat dengan prosedur yang terstandar dan jangka waktu yang jelas. Implementasi OSS juga memudahkan pengawasan karena semua data perizinan tersimpan dalam satu sistem yang terintegrasi (Rahman & Kusuma, 2020).

Sistem perizinan terpadu harus didukung oleh mekanisme monitoring dan evaluasi perizinan yang komprehensif. Setiap izin yang diterbitkan harus disertai dengan rencana monitoring yang jelas, termasuk parameter yang akan dimonitor, frekuensi monitoring, dan standar yang harus dipenuhi. Sistem pelaporan berkala dari pemegang izin kepada instansi pemberi izin juga menjadi bagian integral dari sistem pengawasan. Pelanggaran terhadap ketentuan izin harus dikenai sanksi yang tegas sesuai dengan tingkat pelanggarannya (Handayani & Sutrisno, 2021).

Partisipasi publik dalam proses perizinan perlu diperkuat melalui mekanisme konsultasi publik yang transparan dan akuntabel. Masyarakat yang berpotensi terdampak harus dilibatkan sejak tahap awal perencanaan hingga implementasi kegiatan penambangan. Mekanisme pengaduan dan komplain dari masyarakat juga harus tersedia dan mudah

diakses, serta ditindaklanjuti dengan prosedur yang jelas dan transparan (Yusuf & Pratiwi, 2019).

b. Monitoring Berbasis Teknologi

Penggunaan teknologi satelit, drone, dan sensor underwater untuk memantau aktivitas penambangan secara real-time merupakan terobosan penting dalam sistem pengawasan modern. Teknologi remote sensing memungkinkan monitoring wilayah laut yang luas dengan efisiensi tinggi dan biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan patrol konvensional. Citra satelit resolusi tinggi dapat digunakan untuk mengidentifikasi lokasi penambangan, mengestimasi volume material yang diambil, dan memantau perubahan morfologi dasar laut (Pratiwi et al., 2021).

Sistem Automatic Identification System (AIS) dapat diintegrasikan dengan teknologi satelit untuk memantau pergerakan kapal tambang pasir laut. AIS memungkinkan identifikasi kapal, posisi, kecepatan, dan tujuan secara real-time. Data ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas penambangan ilegal, memverifikasi lokasi penambangan sesuai izin, dan menghitung volume produksi berdasarkan frekuensi trip dan kapasitas kapal (Setiawan & Handoko, 2020).

Teknologi drone atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) memberikan fleksibilitas tinggi dalam monitoring lokasi penambangan yang sulit diakses. Drone dapat dilengkapi dengan berbagai sensor seperti kamera resolusi tinggi, thermal imaging, dan LiDAR untuk menghasilkan data yang komprehensif tentang kondisi lokasi penambangan. Drone juga dapat dioperasikan dalam kondisi cuaca yang tidak memungkinkan penggunaan pesawat berawak, sehingga monitoring dapat dilakukan secara kontinyu (Kurniawan & Sari, 2021).

Sensor underwater dan buoy monitoring dapat dipasang di lokasi-lokasi strategis untuk memantau parameter kualitas air secara real-time. Parameter yang dimonitor meliputi turbiditas, pH, dissolved oxygen, suhu, salinitas, dan konsentrasi total suspended solid (TSS). Data dari sensor ini dapat ditransmisikan secara otomatis ke pusat monitoring melalui jaringan komunikasi satelit atau seluler. Sistem alarm otomatis dapat diatur untuk memberikan peringatan jika parameter kualitas air melampaui batas yang ditetapkan (Pratama & Wijayanto, 2020).

Integrasi semua teknologi monitoring dalam sistem informasi geografis (SIG) memungkinkan analisis spasial yang komprehensif dan visualisasi data yang mudah dipahami. Platform SIG dapat mengintegrasikan data dari berbagai sumber seperti citra satelit, AIS, sensor underwater, dan data lapangan untuk menghasilkan informasi yang holistik tentang kondisi lokasi penambangan. Sistem ini juga memungkinkan prediksi dampak dan simulasi skenario untuk mendukung pengambilan keputusan (Fitriani & Rahman, 2021).

c. Pemberdayaan Masyarakat Pesisir

Melibatkan masyarakat pesisir sebagai pengawas lapangan melalui program community-based monitoring merupakan strategi yang efektif dan berkelanjutan. Masyarakat lokal memiliki pengetahuan ekologi tradisional yang mendalam tentang ekosistem laut dan perubahan-perubahan yang terjadi di lingkungan mereka. Keterlibatan masyarakat tidak hanya memperkuat sistem pengawasan, tetapi juga meningkatkan rasa

memiliki dan tanggung jawab terhadap kelestarian sumber daya laut (Riyanto & Handayani, 2020).

Program pelatihan masyarakat pengawas harus dirancang secara komprehensif untuk meningkatkan kapasitas teknis dan manajerial. Materi pelatihan meliputi identifikasi dampak lingkungan, teknik monitoring sederhana, prosedur pelaporan, dan komunikasi efektif dengan pihak berwenang. Pelatihan juga harus mencakup aspek hukum dasar terkait penambangan pasir laut dan hak-hak masyarakat dalam pengelolaan sumber daya pesisir (Susanti & Kurniawan, 2021).

Sistem kompensasi dan insentif yang adil perlu diberikan kepada masyarakat yang terlibat dalam program pengawasan. Kompensasi tidak hanya berupa pembayaran langsung, tetapi juga dapat berupa program pemberdayaan ekonomi alternatif, pelatihan keterampilan, atau fasilitas infrastruktur. Hal ini penting untuk memastikan keberlanjutan partisipasi masyarakat dan menghindari potensi konflik kepentingan (Hartono & Pratiwi, 2020).

Pembentukan kelompok masyarakat pengawas (pokmaswas) di setiap wilayah pesisir dapat memperkuat struktur organisasi pengawasan berbasis masyarakat. Pokmaswas dapat diberi kewenangan untuk melakukan patroli rutin, dokumentasi pelanggaran, dan koordinasi dengan aparat penegak hukum. Struktur organisasi yang jelas dengan pembagian tugas dan tanggung jawab yang tegas akan meningkatkan efektivitas pengawasan (Yusuf & Setiawan, 2019).

Sistem pelaporan yang mudah diakses dan user-friendly perlu dikembangkan untuk memfasilitasi partisipasi masyarakat dalam pengawasan. Platform digital seperti aplikasi mobile atau web portal dapat digunakan untuk memudahkan masyarakat melaporkan aktivitas penambangan ilegal atau pelanggaran lingkungan. Sistem ini harus dilengkapi dengan mekanisme feedback yang jelas sehingga masyarakat mengetahui tindak lanjut dari laporan mereka (Sari & Handoko, 2021).

G. Penentuan Lokasi Penambangan Pasir Laut

Penentuan lokasi penambangan pasir laut yang tepat merupakan aspek krusial dalam pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan. Proses ini harus mempertimbangkan berbagai aspek yang saling berkaitan untuk memastikan bahwa aktivitas penambangan tidak menimbulkan dampak negatif yang irreversible terhadap lingkungan dan masyarakat. Pendekatan multikriteria dalam penentuan lokasi penambangan menjadi keharusan mengingat kompleksitas ekosistem pesisir dan laut yang saling terkait (Murdiyanto & Supriatna, 2018).

Metodologi penentuan lokasi penambangan yang komprehensif harus mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu seperti geologi, ekologi, oseanografi, sosial-ekonomi, dan hukum. Pendekatan interdisipliner ini diperlukan untuk memahami secara holistik potensi dampak penambangan terhadap sistem sosial-ekologi pesisir. Penggunaan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan analisis multi-criteria decision analysis (MCDA) dapat membantu dalam proses evaluasi dan seleksi lokasi yang optimal (Pratama & Kusuma, 2020).

Prinsip precautionary approach harus diterapkan dalam penentuan lokasi penambangan, terutama di area yang memiliki ketidakpastian tinggi terkait dampak ekologis. Pendekatan ini mengutamakan kehati-hatian dalam pengambilan keputusan dan menghindari aktivitas yang berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan yang tidak dapat dipulihkan. Burden of proof harus dibebankan kepada proponent untuk membuktikan bahwa aktivitas penambangan tidak akan menimbulkan dampak signifikan terhadap lingkungan (Subagyo et al., 2021).

a. Aspek Ekologis

Evaluasi kondisi ekosistem laut dan pesisir di calon lokasi penambangan harus dilakukan secara komprehensif dan sistematis. Inventarisasi keanekaragaman hayati meliputi identifikasi spesies flora dan fauna, struktur komunitas, dan fungsi ekologis setiap habitat. Habitat dengan nilai konservasi tinggi seperti terumbu karang, padang lamun, mangrove, dan area spawning ground ikan harus diberikan prioritas perlindungan dan dihindari dari aktivitas penambangan. Pemetaan habitat kritis ini harus dilakukan dengan menggunakan teknologi remote sensing dan survei lapangan yang intensif (Subagyo et al., 2021).

Analisis konektivitas ekologis antar habitat menjadi aspek penting yang sering diabaikan dalam penentuan lokasi penambangan. Ekosistem laut memiliki karakteristik yang saling terhubung melalui arus laut, migrasi biota, dan transfer nutrisi. Penambangan di satu lokasi dapat berdampak pada habitat lain yang secara geografis terpisah namun ekologis terhubung. Pemodelan dispersi larva dan pola migrasi biota laut dapat digunakan untuk memahami tingkat konektivitas dan memprediksi dampak tidak langsung dari penambangan (Handayani & Kurniawan, 2020).

Kajian daya dukung lingkungan (carrying capacity) harus dilakukan untuk menentukan batas maksimum volume pasir yang dapat diambil tanpa merusak keseimbangan ekosistem. Daya dukung lingkungan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti laju sedimentasi alami, kemampuan regenerasi habitat, dan resiliensi ekosistem terhadap gangguan. Perhitungan daya dukung harus mempertimbangkan variabilitas temporal dan spasial dari faktor-faktor ekologis yang mempengaruhi stabilitas ekosistem (Pratiwi & Setiawan, 2021).

Identifikasi spesies endemik, langka, dan terancam punah di calon lokasi penambangan memerlukan survei biologis yang mendalam. Keberadaan spesies dengan status konservasi tinggi dapat menjadi faktor pembatas yang mengeliminasi suatu lokasi dari pertimbangan penambangan. Database spesies yang komprehensif dan update berkala diperlukan untuk mendukung proses evaluasi. Kolaborasi dengan lembaga penelitian dan konservasi dapat memperkuat kualitas data dan analisis (Yusuf & Rahman, 2020).

Evaluasi jasa ekosistem (ecosystem services) yang dihasilkan oleh habitat di calon lokasi penambangan perlu dilakukan untuk memahami nilai ekonomi total dari ekosistem tersebut. Jasa ekosistem meliputi provisioning services (produksi ikan, bahan baku), regulating services (pengaturan iklim, perlindungan pantai), cultural services (rekreasi, spiritual), dan supporting services (fotosintesis, siklus nutrisi). Valuasi ekonomi jasa ekosistem dapat memberikan perbandingan objektif antara manfaat ekonomi penambangan dengan nilai ekosistem yang akan hilang (Fitriana & Handoko, 2021).

b. Aspek Sosial-Ekonomi

Pertimbangan dampak sosial-ekonomi terhadap masyarakat pesisir merupakan faktor fundamental dalam pemilihan lokasi penambangan yang berkelanjutan. Masyarakat pesisir umumnya memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumber daya laut untuk mata pencaharian mereka, sehingga perubahan kondisi ekosistem laut dapat berdampak langsung terhadap kesejahteraan ekonomi mereka. Kajian sosial-ekonomi harus mengidentifikasi semua stakeholder yang berpotensi terdampak dan tingkat ketergantungan mereka terhadap sumber daya laut (Andriani & Pratomo, 2020).

Pemetaan zona penangkapan ikan tradisional dan jalur pelayaran nelayan harus dilakukan dengan melibatkan partisipasi aktif masyarakat nelayan. Traditional Ecological Knowledge (TEK) yang dimiliki nelayan lokal dapat memberikan informasi berharga tentang pola musiman penangkapan ikan, lokasi fishing ground yang produktif, dan jalur migrasi ikan. Informasi ini penting untuk menghindari konflik kepentingan dan memastikan bahwa aktivitas penambangan tidak mengganggu mata pencaharian nelayan (Kusuma & Handayani, 2019).

Analisis distribusi pendapatan dan tingkat kemiskinan di wilayah pesisir yang berpotensi terdampak perlu dilakukan untuk memahami kerentanan sosial-ekonomi masyarakat. Masyarakat dengan tingkat pendapatan rendah dan ketergantungan tinggi terhadap sumber daya laut memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap dampak penambangan. Program mitigasi dan kompensasi harus dirancang khusus untuk kelompok masyarakat yang rentan ini (Sari & Kurniawan, 2020).

Evaluasi potensi ekonomi alternatif di wilayah pesisir dapat memberikan gambaran tentang opsi diversifikasi mata pencaharian bagi masyarakat yang terdampak. Sektor pariwisata bahari, budidaya laut, pengolahan hasil perikanan, dan industri kreatif berbasis sumber daya laut dapat menjadi alternatif yang viable bagi masyarakat pesisir. Assessment potensi ekonomi alternatif harus mencakup analisis kelayakan teknis, finansial, dan sosial dari setiap opsi yang diidentifikasi (Rahman & Fitriani, 2021).

Kajian persepsi dan sikap masyarakat terhadap rencana penambangan pasir laut perlu dilakukan melalui survei yang representatif dan focus group discussion (FGD) dengan berbagai stakeholder. Pemahaman tentang persepsi masyarakat penting untuk mengantisipasi potensi konflik sosial dan merancang strategi komunikasi yang efektif. Proses konsultasi publik yang transparan dan partisipatif harus dilakukan sejak tahap perencanaan untuk membangun consensus dan dukungan masyarakat (Yusuf & Pratiwi, 2020).

c. Aspek Teknis dan Keselamatan

Kondisi oseanografi dan hidrodinamika di calon lokasi penambangan harus dievaluasi secara mendalam untuk memastikan keselamatan operasi dan meminimalkan dampak lingkungan. Parameter oseanografi seperti tinggi gelombang, kecepatan arus, pola pasang surut, dan variabilitas musiman harus dianalisis berdasarkan data time series yang panjang. Kondisi laut yang ekstrem dapat membahayakan keselamatan operasi penambangan dan meningkatkan risiko accident yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Subagyo & Handayani, 2021).

Karakteristik geoteknik sedimen dasar laut di calon lokasi penambangan perlu dianalisis untuk menentukan kemudahan ekstraksi dan kualitas material yang akan dihasilkan. Parameter geoteknik meliputi grain size distribution, specific gravity, bearing capacity, dan angle of internal friction. Analisis geoteknik juga penting untuk memprediksi stabilitas dasar laut setelah penambangan dan potensi terjadinya slope failure yang dapat membahayakan infrastruktur pesisir (Kurniawan & Setiawan, 2020).

Evaluasi aksesibilitas lokasi penambangan dari pelabuhan dan infrastruktur penunjang harus mempertimbangkan aspek efisiensi operasional dan keselamatan transportasi. Jarak tempuh yang terlalu jauh dapat meningkatkan biaya operasional dan risiko kecelakaan transportasi. Ketersediaan infrastruktur seperti pelabuhan, jalan akses, dan fasilitas logistik juga mempengaruhi kelayakan teknis dan ekonomis dari suatu lokasi penambangan (Pratama & Rahman, 2021).

Analisis risiko bencana alam di calon lokasi penambangan perlu dilakukan untuk mengantisipasi potensi gangguan operasional dan dampak terhadap lingkungan. Wilayah Indonesia yang berada di ring of fire memiliki risiko tinggi terhadap gempa bumi, tsunami, dan aktivitas vulkanik. Selain itu, perubahan iklim global meningkatkan intensitas dan frekuensi extreme weather events yang dapat mengganggu operasi penambangan. Risk assessment harus mencakup analisis probability dan consequence dari berbagai skenario bencana (Handoko & Sari, 2021).

Ketersediaan teknologi penambangan yang sesuai dengan kondisi lokal menjadi faktor penting dalam menentukan kelayakan teknis suatu lokasi. Kondisi kedalaman air, jenis sedimen, dan kondisi laut yang spesifik memerlukan teknologi penambangan yang sesuai. Ketidaksesuaian teknologi dengan kondisi lokal dapat mengakibatkan inefisiensi operasional, peningkatan dampak lingkungan, dan risiko keselamatan yang tinggi (Fitriani & Kurniawan, 2020).

BAB III

PENUTUP

A. Kesimpulan

Pasir laut merupakan salah satu sumber daya alam pesisir dan laut yang memiliki karakteristik khas dan nilai ekonomi tinggi. Berdasarkan hasil pembahasan dalam makalah ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. **Pasir laut memiliki karakteristik unik** yang membedakannya dari pasir lainnya, seperti ukuran butir yang halus, bentuk bulat, kandungan mineral berat, serta kadar garam yang tinggi. Karakteristik ini mempengaruhi penggunaannya dalam industri konstruksi dan reklamasi.
2. **Kegunaan pasir laut sangat beragam**, mulai dari bahan campuran beton, stabilisasi tanah, hingga adsorben logam berat. Namun, pemanfaatannya harus melewati proses pengolahan terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan garam yang merusak.
3. **Kelemahan pasir laut** meliputi kandungan garam yang tinggi yang dapat merusak struktur bangunan, rendahnya daya ikat antar butir, serta potensi dampak ekologis yang besar jika digunakan tanpa pengolahan.
4. **Penambangan pasir laut memberikan dampak lingkungan signifikan**, seperti kerusakan ekosistem laut, abrasi pantai, peningkatan kekeruhan air, dan penurunan hasil tangkapan nelayan. Dampak ini diperparah oleh aktivitas penambangan ilegal dan tanpa pengawasan.
5. **Strategi pengelolaan pasir laut yang berkelanjutan diperlukan**, dengan menerapkan teknologi ramah lingkungan, prinsip ekonomi sirkular, serta program rehabilitasi habitat terdampak, agar sumber daya ini tetap bisa dimanfaatkan tanpa merusak lingkungan.
6. **Pengawasan terhadap pengusahaan pasir laut** harus diperkuat melalui sistem perizinan terpadu, penggunaan teknologi pemantauan berbasis sensor dan satelit, serta pemberdayaan masyarakat pesisir sebagai pengawas lingkungan.
7. **Penentuan lokasi penambangan** harus memperhatikan aspek ekologis, sosial-ekonomi, teknis, dan keselamatan. Pendekatan kehati-hatian serta integrasi data spasial dan partisipasi publik sangat penting untuk memastikan keberlanjutan.

B. Saran

1. **Pemerintah perlu memperketat pengawasan dan regulasi terhadap aktivitas penambangan pasir laut**, baik dari sisi perizinan, lokasi penambangan, maupun dampak lingkungannya. Penerapan sistem perizinan terpadu dan pengawasan berbasis teknologi seperti satelit, drone, dan sensor bawah laut perlu dioptimalkan agar kegiatan penambangan berjalan sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan serta tidak merugikan masyarakat pesisir dan ekosistem laut.
2. **Penambangan pasir laut harus disertai dengan penerapan teknologi ramah lingkungan dan tanggung jawab lingkungan oleh pelaku usaha**. Penggunaan metode pengerukan selektif, sistem closed-circuit dredging, dan program

rehabilitasi habitat (seperti mangrove, padang lamun, dan terumbu karang) wajib dilaksanakan guna meminimalkan kerusakan lingkungan laut yang sifatnya jangka panjang dan kadang tidak dapat dipulihkan.

3. **Masyarakat pesisir perlu dilibatkan secara aktif dalam proses pengawasan dan pengambilan keputusan terkait penambangan pasir laut.** Melalui pelatihan, pembentukan kelompok masyarakat pengawas (pokmaswas), serta pemberdayaan ekonomi alternatif, partisipasi masyarakat akan menjadi elemen penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya pesisir serta menciptakan keadilan sosial bagi kelompok yang rentan terdampak.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, R., & Setiawan, B. (2020). Pemanfaatan recycled concrete aggregate sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 8(3), 234-247.
- Andriani, S., & Pratomo, D. (2020). Kajian dampak sosial-ekonomi penambangan pasir laut terhadap masyarakat pesisir di Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 15(2), 145-158.
- Apriliawati, S., Malis, E. (2021). Pemanfaatan Pasir Laut Teraktivasi Asam Sebagai Agen adsorpsi Logam Cr (IV) pada limbah pengolahan kulit. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*, 3(1), 26-39.
- Dumyati, A., Manalu, D. F. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 3, No. 1, pp. 1-13).
- Fathonah, W., Kusuma, R. I., Mina, E., Ningsih, A. T. (2022). Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 140-150.
- Fitriani, D., Handoko, S. (2021). Pengembangan bio-based materials sebagai substitusi pasir dalam konstruksi berkelanjutan. *Jurnal Material Konstruksi Berkelanjutan*, 6(1), 78-92.
- Fitriani, L., Kurniawan, A. (2020). Evaluasi kelayakan teknis lokasi penambangan pasir laut berdasarkan kondisi oseanografi. *Jurnal Oseanografi Indonesia*, 12(4), 189-203.
- Fitriana, N., Handoko, R. (2021). Valuasi ekonomi jasa ekosistem pesisir dalam konteks pengelolaan pasir laut berkelanjutan. *Jurnal Ekonomi Sumber Daya Alam*, 9(2), 156-171.
- Fitria, L., Suharsono, P., Bengen, D. G. (2019). Teknik restorasi padang lamun untuk rehabilitasi habitat pesisir. *Jurnal Ekologi Laut Tropis*, 7(3), 112-125.
- Handayani, R., Sutrisno, E. (2021). Implementasi sistem perizinan terpadu dalam pengelolaan penambangan pasir laut. *Jurnal Administrasi Publik Kelautan*, 13(2), 98-112.

- Handayani, S., Supriyanto, A. (2021). Keberhasilan rehabilitasi mangrove pasca penambangan pasir: Studi kasus di pesisir Jawa Utara. *Jurnal Rehabilitasi Ekosistem Pesisir*, 4(1), 23-37.
- Handayani, T., Kurniawan, F. (2020). Analisis konektivitas ekologis dalam penentuan lokasi penambangan pasir laut. *Jurnal Konservasi Laut Indonesia*, 8(2), 67-81.
- Handoko, T., Sari, D. P. (2021). Analisis risiko bencana alam dalam penentuan lokasi penambangan pasir laut. *Jurnal Mitigasi Bencana Pesisir*, 7(3), 145-159.
- Hartanto, B., Setiawan, I. (2019). Blue economy approach dalam pengelolaan sumber daya pasir laut Indonesia. *Jurnal Kebijakan Kelautan Indonesia*, 11(1), 34-48.
- Hartono, A., Pratiwi, S. (2020). Sistem kompensasi masyarakat dalam program pengawasan penambangan pasir laut. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Pesisir*, 6(4), 201-215.
- Herman, H., Fiska, W. (2020). Studi pengaruh penambahan tanah lempung terhadap daya dukung pasir pantai. *Rang Teknik Journal*, 3(2), 279-286.
- Iduwin, T., Fepy, S., Agustin, G. (2017). Penggunaan Pasir Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Kota Bengkulu. *Jurnal Forum Mekanika*, 6(2), 106-113.
- Jauhari, A., Surono, A. (2023, November). Pengaruh Kebijakan Izin Ekspor Sedimentasi Pasir Laut terhadap Keadilan Ekologis pada Kesejahteraan Masyarakat Pesisir Pantai. *In National Conference on Law Studies (NCOLS)* (Vol. 5, No. 1, pp. 68-86).
- Kamiludin, U., Darlan, Y. (2016). Karakteristik pasir di pantai dan lepas pantai Binuangeun, Lebak-Banten. *Jurnal Geologi Kelautan*, 11(2), 79-90.
- Kurniawan, B., Setiawan, H. (2020). Karakteristik geoteknik sedimen dasar laut untuk penentuan lokasi penambangan pasir. *Jurnal Geoteknik Kelautan*, 14(3), 167-182.
- Kurniawan, D., Pratiwi, L. (2020). Implementasi sensor underwater untuk monitoring kualitas air selama penambangan pasir laut. *Jurnal Teknologi Monitoring Lingkungan*, 5(2), 89-102.
- Kurniawan, E., Sari, M. (2021). Pemanfaatan teknologi drone untuk monitoring penambangan pasir laut. *Jurnal Teknologi Penginderaan Jauh Kelautan*, 8(1), 45-59.
- Kusuma, A., Pratiwi, D. (2019). Standardisasi kualitas pasir bekas konstruksi untuk implementasi circular economy. *Jurnal Standar Material Konstruksi*, 7(4), 178-192.

- Kusuma, I., Handayani, R. (2019). Traditional ecological knowledge nelayan dalam pengelolaan sumber daya pesisir. *Jurnal Etnoekologi Indonesia*, 4(2), 134-148.
- Murdiyanto, B., Supriatna, J. (2018). Strategi pengelolaan sumber daya pasir laut berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Pesisir*, 10(3), 78-92.
- Nugraha, W., Santoso, P. (2020). Pengelolaan adaptif ekosistem laut dalam konteks penambangan pasir berkelanjutan. *Jurnal Adaptasi Pengelolaan Pesisir*, 12(1), 56-71.
- Nugroho, S. (2020). Kompleksitas pengawasan penambangan pasir laut di wilayah kepulauan Indonesia. *Jurnal Pengawasan Sumber Daya Kelautan*, 9(3), 123-137.
- Pratama, A., Wijayanto, D. (2020). Sistem monitoring real-time menggunakan sensor underwater dalam pengelolaan penambangan pasir laut. *Jurnal Instrumentasi Kelautan*, 7(3), 156-170.
- Pratama, D., Kusuma, W. (2020). Penerapan sistem informasi geografis dalam penentuan lokasi penambangan pasir laut. *Jurnal Sistem Informasi Geografis Kelautan*, 11(4), 201-216.
- Pratama, H., Rahman, F. (2021). Evaluasi aksesibilitas dan kelayakan infrastruktur lokasi penambangan pasir laut. *Jurnal Infrastruktur Kelautan*, 15(1), 234-248.
- Pratama, R., Setiawan, B., Kurniawan, A. (2019). Efektivitas teknologi selective dredging dalam mengurangi dampak penambangan pasir laut. *Jurnal Teknologi Penambangan Berkelanjutan*, 6(2), 145-160.
- Pratama, S., Setiawan, R. (2021). Desain artificial reef sebagai habitat alternatif dalam program rehabilitasi pesisir. *Jurnal Rekayasa Habitat Laut*, 3(2), 87-101.
- Pratiwi, L., Rahman, A., Handoko, S. (2021). Implementasi teknologi satelit untuk monitoring penambangan pasir laut secara real-time. *Jurnal Penginderaan Jauh Kelautan*, 13(1), 78-93.
- Pratiwi, S., Setiawan, A. (2021). Perhitungan daya dukung lingkungan untuk penambangan pasir laut berkelanjutan. *Jurnal Daya Dukung Lingkungan Pesisir*, 8(2), 89-104.
- Rahman, A., Sutrisno, D. (2020). Pengembangan high-performance concrete untuk mengurangi konsumsi pasir dalam konstruksi. *Jurnal Inovasi Material Konstruksi*, 9(4), 167-181.

- Rahman, F., Kusuma, B. (2020). Implementasi one stop service dalam perizinan penambangan pasir laut. *Jurnal Pelayanan Publik Kelautan*, 12(3), 145-159.
- Rahman, S., Fitriani, A. (2021). Assessment potensi ekonomi alternatif masyarakat pesisir terdampak penambangan pasir laut. *Jurnal Ekonomi Alternatif Pesisir*, 5(1), 67-82.
- Rahmawati, F., Bengen, D. G., Setiawan, F. (2019). Bio-monitoring menggunakan organisme indikator untuk evaluasi dampak penambangan pasir laut. *Jurnal Bio-indikator Laut Indonesia*, 6(3), 134-149.
- Riyanto, S., Handayani, T. (2020). Community-based monitoring dalam pengawasan penambangan pasir laut berkelanjutan. *Jurnal Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Pesisir*, 8(4), 178-193.
- Sari, D. P., Wijayanto, H. (2021). Efektivitas teknologi closed-circuit suction dredging dalam mengurangi kekeruhan air laut. *Jurnal Teknologi Pengerukan Ramah Lingkungan*, 4(2), 89-103.
- Sari, L., Kurniawan, B. (2020). Analisis kerentanan sosial-ekonomi masyarakat pesisir terhadap dampak penambangan pasir laut. *Jurnal Kerentanan Sosial Pesisir*, 6(3), 123-138.
- Sari, M., Pratama, A. (2021). Penguatan kapasitas kelembagaan dalam pengawasan penambangan pasir laut. *Jurnal Kelembagaan Pengelolaan Sumber Daya Pesisir*, 7(1), 45-60.
- Sari, P., Handoko, A. (2021). Pengembangan sistem pelaporan digital untuk partisipasi masyarakat dalam pengawasan penambangan pasir laut. *Jurnal Sistem Informasi Partisipatif*, 9(2), 167-182.
- Setiawan, A., Handoko, R. (2020). Integrasi Automatic Identification System (AIS) dengan teknologi satelit untuk monitoring kapal tambang pasir laut. *Jurnal Navigasi dan Monitoring Kapal*, 11(4), 201-216.
- Subagyo, A., Handayani, S. (2021). Evaluasi kondisi oseanografi untuk penentuan lokasi penambangan pasir laut yang aman. *Jurnal Keselamatan Operasi Penambangan Laut*, 8(1), 78-93.

- Subagyo, H., Rahman, F., Kurniawan, D. (2021). Penerapan precautionary approach dalam penentuan lokasi penambangan pasir laut. *Jurnal Prinsip Kehati-hatian dalam Pengelolaan Pesisir*, 5(3), 156-171.
- Suharsono, P. (2020). Ecosystem-based restoration approach untuk rehabilitasi habitat pesisir pasca penambangan. *Jurnal Restorasi Ekosistem Laut*, 7(2), 134-149.
- Surianti, S., Asrim, A., Wardana, R. (2023). Analisis Dampak Penambangan Pasir Laut Terhadap Lingkungan Dan Sosial-Ekonomi Di Desa Kamelanta Kecamatan Kapontori Kabupaten Buton. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, 12(2), 59-64.
- Susanti, R., Kurniawan, H. (2021). Program pelatihan masyarakat pengawas dalam pengelolaan penambangan pasir laut berkelanjutan. *Jurnal Pelatihan dan Pemberdayaan Masyarakat Pesisir*, 4(3), 189-204.
- Tanuri, C. (2020). Penambangan Pasir Laut Yang Menimbulkan Kerusakan Lingkungan Di Tinjau Dari Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007. *Jurnal Education and Development*, 8(3), 7-7.
- Widodo, S., Supriharyono. (2018). Pengelolaan berkelanjutan sumber daya pasir laut: Integrasi aspek teknis, ekologis, dan sosial-ekonomi. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Pesisir Berkelanjutan*, 9(1), 23-38.
- Wijaya, T., Kusuma, A. (2021). Implementasi circular economy dalam pengelolaan pasir laut berkelanjutan. *Jurnal Ekonomi Sirkular Sumber Daya Alam*, 6(4), 145-160.
- Yusuf, A., Handoko, S. (2020). Keberhasilan program transplantasi terumbu karang dalam rehabilitasi habitat pesisir. *Jurnal Konservasi Terumbu Karang Indonesia*, 12(3), 167-182.
- Yusuf, H., Setiawan, D. (2019). Pembentukan kelompok masyarakat pengawas (pokmaswas) dalam pengawasan penambangan pasir laut. *Jurnal Organisasi Masyarakat Pesisir*, 5(4), 178-193.
- Yusuf, M., Pratiwi, A. (2019). Partisipasi publik dalam proses perizinan penambangan pasir laut. *Jurnal Partisipasi Publik dalam Kebijakan Kelautan*, 7(2), 89-104.
- Yusuf, R., Rahman, S. (2020). Identifikasi spesies endemik dan terancam punah dalam penentuan lokasi penambangan pasir laut. *Jurnal Konservasi Keanekaragaman Hayati Laut*, 11(1), 45-60.