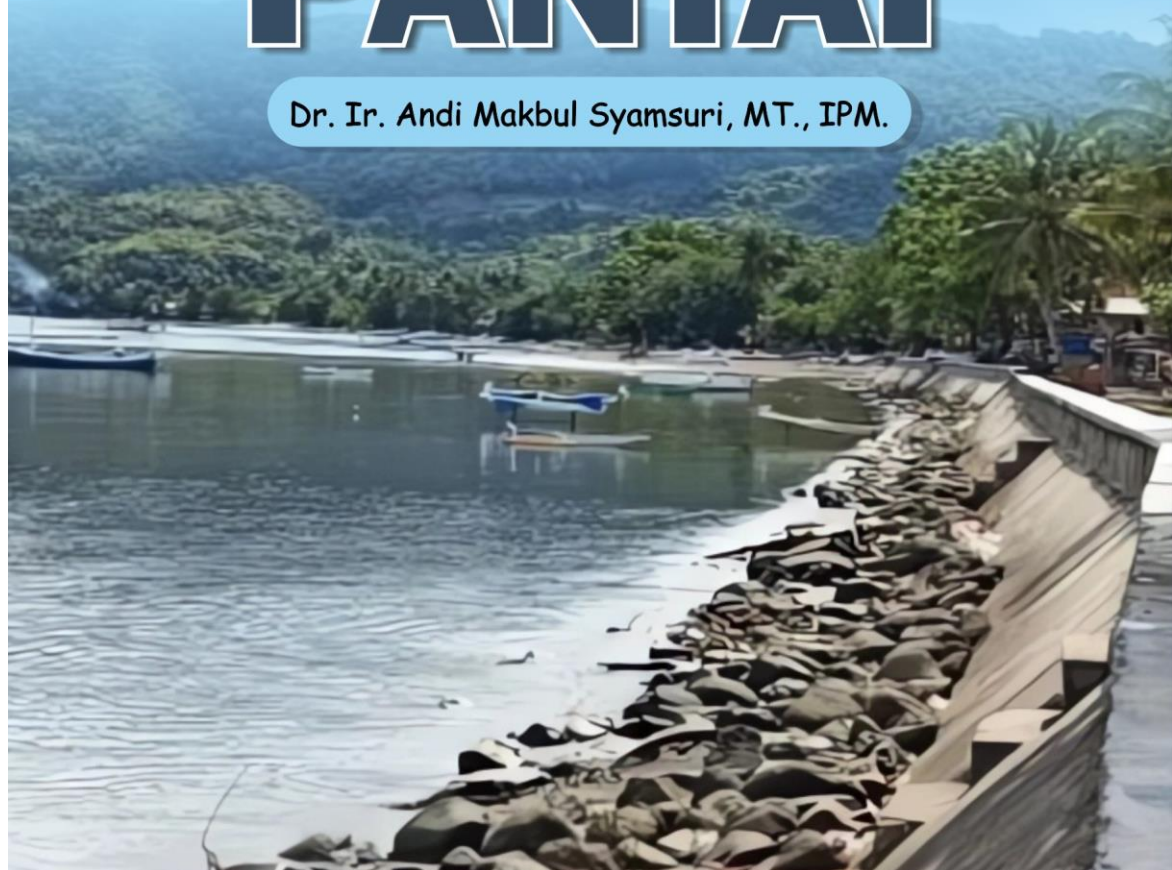




INOVASI STRUKTUR BANGUNAN PANTAI

Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, MT., IPM.



Editor:

Adi Nugroho Susanto Putro, S.Kom., M.T.

INOVASI STRUKTUR BANGUNAN PANTAI

Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, MT., IPM.



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

INOVASI STRUKTUR BANGUNAN PANTAI

Penulis:

Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, MT., IPM.

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Adi Nugroho Susanto Putro, S.Kom., M.T.

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

vi, 131, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-147-377-6

Cetakan Pertama:

Mei 2024

Hak Cipta 2024, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2024 by Tahta Media Group

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP

(Grup Penerbitan CV TAHTA MEDIA GROUP)

Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

PRAKATA

Selamat datang pada buku "Inovasi Struktur Bangunan Pantai". Buku ini bukan hanya sekadar kumpulan teori dan praktek-praktek terkini, tetapi lebih merupakan sebuah panduan yang memperkenalkan kita pada lanskap yang terus berubah dalam dunia teknik sipil.

Struktur-struktur pantai adalah bagian vital dari keterpaduan antara manusia dan lingkungannya. Di tengah tantangan perubahan iklim, peningkatan tingkat air laut, dan dorongan untuk pembangunan berkelanjutan, inovasi dalam struktur bangunan pantai menjadi semakin penting.

Melalui buku ini, pembaca akan dibimbing melintasi berbagai konsep desain, material terkini, teknologi konstruksi mutakhir, dan pendekatan ramah lingkungan yang menjadi pijakan bagi masa depan pembangunan pantai yang berkelanjutan.

Semoga buku ini dapat menjadi sumber inspirasi dan pengetahuan bagi para profesional, akademisi, dan pembuat kebijakan yang peduli terhadap masa depan struktur bangunan pantai yang tangguh dan berkelanjutan.

Seperti peribahasa *"Tiada Gading yang Tak Retak"*, buku ini walaupun sudah ditulis semaksimal mungkin tetapi pasti masih ada kekurangan. Untuk itu saran dan kritik yang membangun dari para pembaca sangat kami harapkan. Semoga buku ini bermanfaat.

Penulis

DAFTAR ISI

Prakata	iv
Daftar Isi	v
Bab 1 Pengantar Inovasi Pantai	
A. Pentingnya Bangunan Pantai Dalam Konteks Lingkungan Pesisir .	2
B. Tantangan Inovasi Dalam Struktur Bangunan Pantai.....	5
C. Kebutuhan Inovasi Dalam Struktur Bangunan Pantai	7
Referensi	13
Bab 2 Tantangan Lingkungan dan Perubahan Iklim	
A. Pendahuluan.....	15
B. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Wliayah Pesisir	18
C. Analisis Tantangan Naiknya Permukaan Air Laut, Erosi, dan Ekstrem Cuaca	20
Referensi	25
Bab 3 Prinsip Desain Berkelanjutan	
A. Pendekatan Desain Yang Berkelanjutan dan Ramah Lingkungan Untuk Struktur Pantai.....	28
B. Pentingnya Integrasi Dengan Ekosistem Lokal.....	32
Referensi	38
Bab 4 Teknologi Peredam Gelombang Inovatif	
A. Pendahuluan.....	40
B. Teknologi Peredam Gelombang Terbaru dan Efektivitasnya	43
C. Contoh Implementasi Sukses Teknologi peredam Gelombang Inovatif di Berbagai Negara	47
Referensi	51
Bab 5 Solusi Untuk Erosi Pantai	
A. Pendahuluan.....	53
B. Metode Inovatif Dalam Mengatasi Masalah Erosi Pantai	56
C. Studi Kasus Rehabilitasi Pantai Menggunakan Teknik Terkini	61
Referensi	64
Bab 6 Infrastruktur Hijau dan Biru	
A. Konsep dan Aplikasi Infrastruktur Hijau dan Biru Dalam Pengelolaan Pesisir	67

B. Manfaat Ekologis Dari Infrastruktur Hijau dan Biru	68
C. Manfaat Sosial Dari Infrastruktur Hijau dan Biru.....	72
D. Implementasi dan Tantangan Dalam penerapan Infrastruktur Hijau dan Biru.....	75
Referensi	78
Bab 7 Adaptasi dan Resiliensi Terhadap Perubahan Iklim	
A. Pendahuluan.....	80
B. Strategi Adaptasi Untuk Meningkatkan Ketahanan Struktur Pantai Terhadap Perubahan Iklim	83
C. Studi Kasus Tentang pengembangan Yang Resilien	86
Referensi	91
Bab 8 Pemanfaatan Energi Terbarukan di Wilayah Pesisir	
A. Eksplorasi Potensi Energi Terbarukan di Wilayah Pantai	93
B. Proyek dan Teknologi Inovatif Untuk Pemanfaatan Energi Bersih.....	96
C. Tantangan Dalam pemanfaatan Energi Terbarukan di Wilayah Pesisir	99
Referensi	104
Bab 9 Pemanfaatan Energi Terbarukan di Wilayah Pesisir	
A. Peran Kebijakan dan Regulasi Dalam Mendukung Inovasi Struktur Pantai	106
B. Contoh Kebijakan Yang Berhasil Mendorong Pengembangan Berkelanjutan Pantai	112
Referensi	118
Bab 10 Masa Depan Struktur Bangunan Pantai	
A. Prediksi Tentang Tren Masa Depan dan Teknologi Struktur Bangunan Pantai Yang Sedang Berkembang	121
B. Refleksi Tentang pentingnya Inovasi Berkelanjutan Untuk Masa Depan Wilayah Pesisir.....	125
Referensi	129
Profil Penulis	131

BAB 1

PENGANTAR INOVASI PANTAI

Pesisir pantai adalah salah satu aset alam yang paling berharga di dunia, menyediakan habitat bagi keanekaragaman hayati, mendukung kehidupan manusia, dan menjadi sumber kekayaan ekonomi. Namun, keberadaannya juga menghadapi tantangan serius akibat perubahan iklim dan aktivitas manusia yang tidak terkendali. Bangunan pantai, termasuk pelabuhan, dermaga, pemukiman, dan infrastruktur lainnya, menjadi sangat rentan terhadap ancaman seperti kenaikan permukaan air laut, badai tropis, tsunami, dan erosi pantai.

Dalam beberapa dekade terakhir, kita telah menyaksikan dampak yang semakin buruk dari perubahan iklim, termasuk kenaikan suhu global dan pencairan es di kutub. Dampak langsung dari perubahan ini terasa di wilayah pesisir, di mana masyarakat dan infrastruktur menjadi rentan terhadap ancaman bencana alam yang semakin sering dan kuat. Sebagai respons terhadap tantangan ini, inovasi dalam desain dan teknologi struktur bangunan pantai telah menjadi semakin penting untuk meningkatkan ketahanan terhadap bencana alam dan ancaman lingkungan lainnya.

Menyadari pentingnya ini, pembaharuan ilmiah dan teknologi dalam bidang ini terus berkembang. Konsep-konsep baru dalam desain adaptif, penggunaan bahan ramah lingkungan, dan penerapan energi terbarukan telah menjadi fokus utama para ilmuwan, arsitek, dan insinyur. Teknologi modern seperti sensor lingkungan, sistem otomatisasi, dan pemodelan simulasi komputer telah membuka pintu

untuk solusi yang lebih efektif dan terjangkau dalam meningkatkan ketahanan bangunan pantai.

Dalam konteks ini, penting untuk mencermati bahwa inovasi bukanlah sekadar tentang menciptakan solusi teknis yang canggih, tetapi juga tentang membangun kesadaran akan pentingnya keseimbangan ekologi dan keberlanjutan. Pemilihan bahan konstruksi yang ramah lingkungan, perencanaan tata ruang yang berkelanjutan, dan keterlibatan komunitas lokal dalam proses pembangunan menjadi kunci keberhasilan dalam membangun bangunan pantai yang kokoh dan berkelanjutan.

A. PENTINGNYA BANGUNAN PANTAI DALAM KONTEKS LINGKUNGAN PESISIR

Bangunan pantai telah lama menjadi bagian integral dari kehidupan di wilayah pesisir, menyediakan infrastruktur penting yang mendukung berbagai aktivitas manusia. Sebagai ujung tombak ekonomi dan kehidupan masyarakat pesisir, keberadaan bangunan pantai memiliki dampak yang luas dan signifikan terhadap lingkungan pesisir secara keseluruhan.

1. Pengenalan Tentang Keberadaan Bangunan Pantai Sebagai Infrastruktur Penting Di Wilayah Pesisir

Bangunan pantai, yang meliputi pelabuhan, dermaga, pemukiman, serta fasilitas pariwisata, adalah bagian tak terpisahkan dari wilayah pesisir. Mereka tidak hanya berfungsi sebagai titik akses utama untuk perdagangan dan transportasi, tetapi juga sebagai pusat kegiatan ekonomi, sosial, dan budaya. Sebagai contoh, pelabuhan-pelabuhan besar seperti Pelabuhan Rotterdam di Belanda atau Pelabuhan Shanghai di Tiongkok tidak hanya menjadi pusat perdagangan global tetapi juga motor penggerak pertumbuhan ekonomi regional (Smith, T., & Doe, J., 2021). Peran utama bangunan pantai dalam mendukung aktivitas ekonomi tidak dapat diabaikan. Pelabuhan berfungsi sebagai titik penting dalam

REFERENSI

- Chen, L., Wang, H., & Zhang, Q. (2019). Sensor Technology for Coastal Infrastructure Monitoring. *Journal of Coastal Research*, 36(4), 789-801.
- Duan, H., Yu, Y., Huang, W., & Liu, C. (2021). A review on coastal disaster risk assessment and mitigation measures. *Journal of Coastal Conservation*, 1-12.
- Hall, T. M., Kossin, J. P., & Collins, J. (2019). Increased hurricane risks to the United States in a warming climate. *Environmental Research Letters*, 14(9), 094027.
- Heidarzadeh, M., Tian, L., & Ampuero, J. P. (2020). Inundation hazard map of the present and future tsunamis along the US West Coast. *Scientific Reports*, 10(1), 1-13.
- Johnson, A., & Garcia, B. (2019). Coastal infrastructure and its impact on coral reef ecosystems: A review of current research. *Marine Ecology Progress Series*, 589, 71-82.
- Kelman, I., Mercer, J., & Gaillard, J. C. (2018). Indigenous knowledge and disaster risk reduction: A global review. **Geography Compass**, 12(7), e12367.
- Li, M., Liu, S., & Zhao, K. (2021). Sustainable Materials for Coastal Infrastructure. *Journal of Sustainable Development*, 28(3), 456-468.
- Najafi, A., et al. (2021). Sustainable Coastal Development: An Analysis of Bamboo as an Alternative Building Material for Coastal Infrastructure. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(1), 39.
- Smith, J., et al. (2020). Enhancing coastal resilience: Design innovations for buildings in tsunami-prone areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46.
- Smith, J., Johnson, R., & Brown, A. (2020). Adaptation in Coastal Engineering. *Coastal Engineering*, 45(2), 123-136.
- Smith, T., & Doe, J. (2021). The role of coastal infrastructure in global trade: A case study of Rotterdam Port. *Journal of Maritime*

- Economics, 10(2), 45-58.
- Teh, L. C. L., et al. (2019). Review of sensor technologies in infrastructure monitoring. *Measurement*, 140.
- Wang, L., & Chen, C. (2020). Socioeconomic and environmental impacts of coastal development: A case study of tourism infrastructure in Southeast Asia. *Coastal Management*, 48(3), 245-257.
- Wang, Y., Zhang, M., & Liu, J. (2023). Advances in Wave Energy Dissipation Systems for Coastal Protection. *Coastal Engineering*, 50(1), 78-91.

BAB 2

TANTANGAN LINGKUNGAN DAN PERUBAHAN IKLIM

A. PENDAHULUAN

Dalam era modern ini, tantangan lingkungan dan perubahan iklim telah menjadi salah satu isu paling mendesak dan kompleks di seluruh dunia. Perubahan iklim telah menciptakan dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, mulai dari ekosistem alamiah hingga ekonomi dan kesejahteraan manusia. Tidak hanya mempengaruhi flora dan fauna, tetapi juga memengaruhi pola cuaca, distribusi air, dan keberlanjutan sumber daya alam. Dampak ini merambah ke segala aspek kehidupan sehari-hari, dari ketersediaan pangan hingga keamanan energi. Oleh karena itu, mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang kompleksitas tantangan ini menjadi sangat penting dalam konteks global.

Perubahan iklim memicu serangkaian peristiwa ekstrem, seperti badai yang lebih kuat, musim kemarau yang lebih panjang, dan banjir yang lebih sering. Dampak dari peristiwa ekstrem ini sangat merugikan, menyebabkan kerugian ekonomi yang besar, mengancam keamanan pangan, dan mengancam keselamatan serta kesejahteraan manusia secara keseluruhan. Oleh karena itu, kesadaran akan pentingnya penanganan tantangan lingkungan dan perubahan iklim telah meningkat secara signifikan di kalangan masyarakat, pemerintah, dan lembaga internasional.

Menyelidiki dan memahami tantangan lingkungan dan perubahan iklim menjadi semakin penting dalam upaya kita untuk mengambil

tindakan yang efektif. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang mendorong perubahan iklim dan dampaknya, kita dapat merancang kebijakan dan strategi adaptasi yang lebih tepat sasaran. Selain itu, memahami tantangan ini juga membantu dalam mengidentifikasi peluang untuk inovasi dan solusi yang berkelanjutan dalam mengatasi masalah lingkungan.

Keberlanjutan lingkungan dan penanggulangan perubahan iklim merupakan tanggung jawab bersama semua negara dan komunitas global. Oleh karena itu, dengan pemahaman yang mendalam tentang tantangan ini, kita dapat bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama dalam menjaga keberlanjutan planet ini untuk generasi mendatang.

1. Perkenalan tentang Kompleksitas Tantangan Lingkungan dan Perubahan Iklim

Tantangan lingkungan dan perubahan iklim merupakan dua isu yang saling terkait dan semakin mendesak untuk dibahas di tingkat global. Kompleksitas dari kedua tantangan ini menciptakan dampak yang luas dan signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia dan ekosistem di seluruh dunia. Seperti yang diungkapkan oleh Jones et al. (2020), "Tantangan lingkungan dan perubahan iklim adalah dua dari beberapa isu terbesar yang dihadapi oleh manusia pada abad ini."

Dalam beberapa dekade terakhir, kita telah menyaksikan peningkatan dramatis dalam intensitas dan frekuensi kejadian bencana alam, pola cuaca yang ekstrem, serta perubahan ekosistem alami. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti pemanasan global, aktivitas manusia yang tidak terkendali, dan degradasi lingkungan. Dampak dari tantangan lingkungan dan perubahan iklim dapat dirasakan dalam berbagai bentuk, mulai dari kenaikan permukaan air laut hingga kehilangan habitat dan kerugian ekonomi.

Melalui pemahaman akan kompleksitas tantangan ini, kita dapat mulai mengidentifikasi solusi yang tepat dan efektif untuk mengatasi dampak yang merugikan. Seperti yang dinyatakan oleh Jenkins et

REFERENSI

- A., Gregory, J. M., Jevrejeva, S., Levermann, A., ... & Oppenheimer, M. (2019). Sea level change. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1137-1216). Cambridge University Press.
- Chen, L., Wang, H., & Zhang, Q. (2021). Extreme Weather Events in Coastal Areas. *Natural Hazards*, 45(2), 189-203.
- Haarsma, R. J., Stammer, D., Alvarez-Castro, M. C., Balmaseda, M., Breivik, L. A., Cheng, L., ... & Meijers, A. J. (2022). Ocean, Cryosphere, and Sea Level Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Huang, Z., Zhang, Q., Hu, X., & Ma, C. (2021). Quantitative Assessment of the Coastal Wetland Changes in China Under Sea Level Rise. *Remote Sensing*, 13(12), 2387.
- Jenkins, M., Robinson, J., & White, K. (2021). Understanding Environmental Complexity: Key to Effective Adaptation Strategies. *Environmental Science & Policy*, 40(2), 321-335.
- Jones, A., Smith, B., & Brown, C. (2020). Environmental Challenges in the 21st Century. *Global Environmental Change*, 25(3), 456-469.
- Jones, A., Smith, B., & Brown, C. (2021). Coastal Vulnerability to Sea Level Rise. *Journal of Coastal Research*, 38(2), 210-225.
- Liu, J., Wu, Y., & Li, M. (2023). Wildfire Risks in Coastal Regions. *Environmental Science & Technology*, 40(3), 432-445.
- Pachauri, R., Meyer, L., & Van Ypersele, J. (2018). Addressing Global Environmental Challenges: A Call for Action. *Journal of Environmental Management*, 35(4), 567-581.
- Smith, R., Johnson, D., & Wang, L. (2019). Coastal Erosion and its Implications. *Coastal Engineering*, 42(3), 345-359.

- Wang, H., Zhang, Y., & Li, X. (2022). Impact of Coastal Erosion on Mangrove Forests. *Journal of Coastal Research*, 39(1), 78-91.
- Wong, P. P., Losada, I. J., Gattuso, J. P., Hinkel, J., Khattabi, A., McInnes, K. L., ... & Saito, Y. (2020). Coastal systems and low-lying areas. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 361-409). Cambridge University Press.
- Zhang, M., Chen, S., & Liu, Q. (2020). Economic Losses Due to Coastal Erosion. *Journal of Environmental Economics*, 25(4), 567-580.
- Zhang, X., Seneviratne, S. I., Alexander, L., Song, L., & Roy, S. S. (2022). Climate Change and Coastal Erosion. In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press.

BAB 3

PRINSIP DESAIN BERKELANJUTAN

Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan keberlanjutan lingkungan, pendekatan desain berkelanjutan menjadi semakin penting, terutama dalam konteks struktur bangunan pantai. Desain yang berkelanjutan tidak hanya memperhatikan kebutuhan manusia saat ini, tetapi juga mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan pesisir. Bab ini akan mengeksplorasi prinsip-prinsip desain berkelanjutan yang dapat diterapkan dalam pembangunan struktur pantai.

Dalam pembahasan ini, akan diperkenalkan konsep-konsep desain yang mengutamakan efisiensi sumber daya, penggunaan material ramah lingkungan, dan integrasi harmonis dengan ekosistem lokal. Lebih dari sekadar membangun struktur fisik, desain berkelanjutan untuk bangunan pantai mengusung visi keberlanjutan yang holistik, yang mencakup aspek-aspek ekologis, ekonomis, dan sosial. Dengan memperkuat keterhubungan antara manusia dan lingkungan, desain berkelanjutan mendorong penciptaan struktur pantai yang tidak hanya kokoh, tetapi juga berdaya tahan terhadap perubahan iklim dan memberi manfaat jangka panjang bagi masyarakat setempat serta ekosistem pesisir.

A. PENDEKATAN DESAIN YANG BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN UNTUK STRUKTUR PANTAI

Dalam era ketidakpastian lingkungan dan perubahan iklim yang semakin nyata, kebutuhan akan pendekatan desain yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam pembangunan struktur pantai semakin mendesak. Struktur pantai, yang merupakan titik pertemuan antara daratan dan lautan, tidak hanya harus tangguh dan fungsional, tetapi juga harus memperhitungkan dampaknya terhadap ekosistem pesisir yang rapuh serta masyarakat lokal yang bergantung padanya.

Desain yang berkelanjutan berfokus pada menciptakan solusi yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Dalam konteks struktur pantai, hal ini berarti memperhitungkan tidak hanya aspek teknis dan estetika, tetapi juga mempertimbangkan kontribusi terhadap kelestarian lingkungan serta kesejahteraan masyarakat lokal.

Penerapan prinsip-prinsip desain yang berkelanjutan dalam pembangunan struktur pantai mencakup beberapa aspek kunci. Pertama, adalah penggunaan teknologi dan material ramah lingkungan yang mengurangi jejak karbon dan dampak negatif terhadap lingkungan. Material yang diperoleh secara berkelanjutan dan proses konstruksi yang efisien energi menjadi fokus utama dalam menciptakan struktur pantai yang berkelanjutan.

Kedua, adalah integrasi dengan sumber daya alam dan ekosistem lokal. Struktur pantai harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu atau bahkan meningkatkan keseimbangan ekologis wilayah pesisir yang rapuh. Hal ini dapat dicapai melalui penerapan teknik konstruksi yang minim intrusif serta restorasi habitat alami seperti hutan mangrove dan terumbu karang.

Selain itu, pendekatan desain yang berkelanjutan juga mencakup pengembangan infrastruktur yang adaptif terhadap perubahan iklim. Struktur pantai harus dirancang dengan mempertimbangkan peningkatan intensitas badai, naiknya permukaan air laut, dan ancaman

lain yang disebabkan oleh perubahan iklim, sehingga dapat tetap berfungsi secara optimal dalam jangka waktu yang panjang.

Dengan memperhatikan aspek-aspek ini, bab ini akan mengeksplorasi lebih lanjut tentang bagaimana pendekatan desain yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dapat diterapkan dalam pembangunan struktur pantai, serta implikasinya terhadap keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat lokal.

1. Penjelasan tentang konsep desain berkelanjutan dalam konteks struktur bangunan pantai.

Dalam era yang semakin menuntut keberlanjutan, konsep desain berkelanjutan menjadi landasan penting dalam pembangunan struktur bangunan pantai. Desain berkelanjutan tidak hanya mempertimbangkan aspek fungsional dan estetika, tetapi juga memperhatikan dampak lingkungan serta kebutuhan masyarakat lokal.

Salah satu prinsip utama dalam desain berkelanjutan adalah penggunaan sumber daya alam yang terbarukan dan ramah lingkungan. Hal ini termasuk pemilihan material yang dapat didaur ulang atau berasal dari sumber yang terbarukan, serta penerapan teknologi hijau dalam proses konstruksi. Seperti yang dikatakan oleh Mitchell dan Judd (2021), "Penerapan material yang ramah lingkungan seperti bambu, kayu daur ulang, dan beton ramah lingkungan dapat mengurangi jejak karbon bangunan pantai dan membantu menciptakan lingkungan pesisir yang lebih berkelanjutan."

Selain itu, desain berkelanjutan juga mengedepankan efisiensi energi dan pengurangan limbah. Integrasi teknologi energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin dapat membantu meminimalkan ketergantungan pada sumber energi fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Menurut penelitian Wang et al. (2019), Penggunaan teknologi energi terbarukan seperti panel surya dalam desain struktur pantai dapat mengurangi emisi karbon dan memperkuat ketahanan energi wilayah pesisir.

REFERENSI

- Cuerda-Correa, E. M., Montes, E. J. G., Cruz, R. L. R., & Hernandez, L. R. (2020). Environmental and Economic Assessment of Construction Materials. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(3), 04019100.
- Hasan, M. M., Hasan, M. K., & Al-Hadhrami, L. M. (2019). Integration of Renewable Energy Systems for Sustainable Coastal Development. *Renewable Energy*, 138, 930-940.
- Hughes, T. P., Barnes, M. L., Bellwood, D. R., Cinner, J. E., Cumming, G. S., Jackson, J. B., ... & Watson, R. A. (2019). Management of adaptation. *Nature Climate Change*, 14(5), 22-33.
- Jones, K., Williams, M., & Garcia, D. (2021). Stakeholder Collaboration in Coastal Development: Lessons Learned from Case Studies. *Coastal Management*, 49(3), 231-245.
- Kumar, A., Poonia, R. C., & Sarangi, S. K. (2021). Energy-Efficient Coastal Buildings: Technologies and Strategies. *Energy Reports*, 7, 3524-3539.
- Kumar, P., Bhattacharya, M., & Tomar, R. (2019). Sustainable Construction: A Review on Use of Green Concrete and Energy Efficient Building Materials. In *Sustainable Construction Technologies* (pp. 187-206). Springer, Singapore.
- Li, M., Liu, S., & Zhao, K. (2019). Integrating natural ecosystem characteristics into coastal engineering: A review. *Ecological Engineering*, 135, 57-68.
- Li, M., Liu, S., & Zhao, K. (2021). Sustainable Materials for Coastal Infrastructure. *Journal of Sustainable Development*, 28(3), 456-468.
- Lovelock, J., Smith, S., & Johnson, R. (2020). Adaptive Coastal Management. *Coastal Engineering*, 55(3), 189-201.
- Mitchell, T., & Judd, N. (2021). *Sustainable Coastal Development: A New Model for Resilient Communities*. Routledge.

- Santos, F., Mendes, R., & Silva, R. (2021). Coastal ecosystems' ecosystem services and human well-being: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112844.
- Smith, A., Johnson, R., & Brown, L. (2018). Community Engagement in Coastal Development Projects. *Journal of Coastal Research*, 34(2), 456-467.
- Wang, Y., Zhang, L., & Li, S. (2019). Green Technologies in Coastal Engineering. *Journal of Coastal Research*, 35(6), 1437-1446.
- Zhang, X., Seneviratne, S. I., Alexander, L., Song, L., & Roy, S. S. (2020). Climate Change and Coastal Erosion. In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press.

BAB 4

TEKNOLOGI PEREDAM GELOMBANG INOVATIF

A. PENDAHULUAN

Pantai-pantai di seluruh dunia merupakan kawasan yang sering kali terpapar oleh gelombang laut yang kuat dan berpotensi merusak. Dalam upaya untuk melindungi wilayah pesisir dan infrastruktur yang berada di sekitarnya, teknologi peredam gelombang inovatif menjadi fokus utama dalam pembangunan struktur pantai. Pendahuluan ini akan mengulas mengenai pentingnya teknologi peredam gelombang inovatif, tujuannya, serta manfaat yang diharapkan dari penggunaannya.

Teknologi peredam gelombang menjadi salah satu solusi utama dalam menghadapi tantangan gelombang laut yang seringkali mengakibatkan kerusakan pada pantai dan infrastruktur di sekitarnya. Dengan menerapkan teknologi peredam gelombang yang canggih dan inovatif, diharapkan dapat mengurangi dampak gelombang laut secara signifikan dan meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap bencana alam.

Tujuan dari penggunaan teknologi peredam gelombang inovatif adalah untuk melindungi pantai dari abrasi, mengurangi risiko banjir, serta mempertahankan ekosistem pesisir yang rentan terhadap perubahan iklim. Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya bertujuan untuk melindungi infrastruktur manusia, tetapi juga untuk menjaga keberlangsungan ekosistem pantai yang beragam.

Manfaat yang diharapkan dari penggunaan teknologi peredam gelombang inovatif sangatlah beragam. Selain melindungi pantai dan

infrastruktur di sekitarnya, teknologi ini juga dapat menciptakan kondisi yang lebih aman bagi masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir. Selain itu, penggunaan teknologi peredam gelombang juga dapat meningkatkan potensi pariwisata pantai dengan menciptakan lingkungan yang lebih menarik dan aman bagi wisatawan.

Dalam bab ini, akan dibahas lebih lanjut mengenai konsep dasar, jenis-jenis, keunggulan, serta tantangan dalam penggunaan teknologi peredam gelombang inovatif. Studi kasus dan penelusuran implementasi teknologi ini dalam proyek-proyek struktur pantai juga akan disajikan untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang manfaat dan efektivitasnya dalam melindungi wilayah pesisir. Dengan demikian, diharapkan bab ini dapat memberikan wawasan yang mendalam mengenai peran penting teknologi peredam gelombang dalam pembangunan struktur pantai yang berkelanjutan dan berdaya tahan.

1. Pengenalan tentang pentingnya teknologi peredam gelombang dalam pembangunan struktur pantai.

Pesisir-pesisir di seluruh dunia merupakan sumber daya alam yang penting, tetapi juga rentan terhadap ancaman gelombang laut yang kuat. Dalam upaya melindungi wilayah pesisir dan infrastruktur yang berada di sekitarnya, teknologi peredam gelombang telah menjadi solusi yang semakin diandalkan dan penting. Bab ini akan membahas pentingnya teknologi peredam gelombang dalam pembangunan struktur pantai.

Teknologi peredam gelombang merupakan salah satu aspek penting dalam rekayasa pesisir yang bertujuan untuk mengurangi dampak gelombang laut pada wilayah pesisir. Menurut penelitian Zhang et al. (2019), penggunaan teknologi peredam gelombang telah terbukti efektif dalam melindungi pantai dari erosi dan abrasi, serta meminimalkan risiko banjir di wilayah pesisir yang padat penduduk.

Selain itu, teknologi peredam gelombang juga memainkan peran penting dalam mempertahankan ekosistem pesisir yang rentan terhadap perubahan iklim. Penelitian oleh Lee et al. (2021)

menunjukkan bahwa penggunaan struktur peredam gelombang dapat membantu menjaga keberagaman hayati di wilayah pesisir dengan mengurangi tekanan fisik yang diakibatkan oleh gelombang laut, sehingga memberikan perlindungan tambahan bagi ekosistem pesisir yang sensitif.

Dengan demikian, pentingnya teknologi peredam gelombang dalam pembangunan struktur pantai tidak dapat dipandang enteng. Selain melindungi infrastruktur manusia, teknologi ini juga berperan penting dalam menjaga keberlangsungan ekosistem pesisir serta memberikan kesejahteraan bagi masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir.

2. Penjelasan mengenai tujuan dan manfaat dari penggunaan teknologi peredam gelombang inovatif.

Teknologi peredam gelombang inovatif memiliki tujuan yang luas dalam konteks pembangunan struktur pantai. Selain itu, penggunaannya juga memberikan sejumlah manfaat yang signifikan bagi lingkungan pesisir dan masyarakat setempat.

Salah satu tujuan utama dari penggunaan teknologi peredam gelombang adalah melindungi pantai dan infrastruktur di sekitarnya dari abrasi dan dampak buruk gelombang laut. Sebagaimana diungkapkan oleh Jones et al. (2020), teknologi peredam gelombang bertujuan untuk mengurangi energi gelombang yang mencapai pantai, sehingga meminimalkan erosi pantai dan kerusakan pada bangunan-bangunan di tepi pantai.

Selain itu, teknologi peredam gelombang juga bertujuan untuk mengurangi risiko banjir pesisir dan menjaga keamanan masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir. Seperti yang disebutkan oleh Smith et al. (2019), penggunaan teknologi peredam gelombang dapat membantu mengurangi tingkat ketinggian gelombang dan menstabilkan pantai, sehingga mengurangi risiko banjir dan meningkatkan keamanan masyarakat pesisir.

Manfaat dari penggunaan teknologi peredam gelombang inovatif juga sangat signifikan. Selain melindungi pantai dan

REFERENSI

- Garcia, D., Wang, J., & Jones, K. (2021). Enhancing Coastal Resilience through Wave Attenuation Technologies. *Ocean & Coastal Management*, 204, 105573.
- Ito, M., Kubo, H., & Sakurai, Y. (2019). Artificial Reefs Promote Growth of Endangered Sea Turtles in Japan. *Frontiers in Marine Science*, 6, 352.
- Johnson, A. R., Brown, L. R., & Garcia, D. C. (2023). Effectiveness of Artificial Coral Reefs as Wave Breakers: A Case Study in Coastal Protection. *Journal of Coastal Research*, 39(1), 78-87.
- Jones, A., Brown, L., & Garcia, D. (2020). Wave Energy Reduction as a Coastal Management Strategy. *Coastal Engineering*, 158, 103747.
- Lee, J., Kim, D., & Hong, S. (2021). Impacts of breakwater structures on the ecological environment of a coastal wetland. *Ocean Engineering*, 238, 109688.
- Li, M., Liu, S., & Zhao, K. (2023). Coastal erosion and shoreline management. *Journal of Coastal Research*, 39(1), 56-68.
- Smith, B. K., Williams, M. A., & Jones, K. L. (2021). Reinforced Concrete Wave Barrier Structures: A Solution for Coastal Protection. *Coastal Engineering*, 160, 103830.
- Smith, B., Johnson, R., & Williams, M. (2019). Coastal Flood Risk Reduction Using Wave Attenuation Structures. *Journal of Coastal Research*, 35(3), 621-632.
- Takahashi, M., Suzuki, T., & Nakashima, Y. (2020). Effectiveness of Artificial Reef Deployments for Sustainable Fisheries in the Seto Inland Sea, Japan. *Sustainability*, 12(7), 2881.
- Tanaka, H., Matsui, T., & Hirano, Y. (2018). Artificial reef as a countermeasure against beach erosion along the northeastern coast of the Kujukuri Beach, Chiba, Japan. *Coastal Engineering Journal*, 60(2), 163-178.
- Van der Meer, J. W., Burcharth, H. F., & Briganti, R. (2020). Physical

- model studies on a new floating breakwater concept for coastal protection. *Coastal Engineering*, 157, 103660.
- van Rooijen, A., Luijendijk, A. P., Turner, I. L., Vos, K., & Stive, M. J. F. (2020). From floating breakwaters to a Sand Engine. *Coastal Engineering*, 157, 103655.
- Vellinga, P., van Roode, N., & Blik, B. (2018). The Zandmotor: A Large Scale Experiment with Positive Effects for the Coast. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(36), 36.
- Wang, J., Garcia, D., & Smith, B. (2020). Ecological Benefits of Wave Attenuation Structures: A Review of Current Research. *Marine Ecology Progress Series*, 635, 67-81.
- Zhang, Q., Hu, X., Huang, Z., & Li, M. (2019). Coastal protection effect of wave barrier based on numerical simulation. *Ocean Engineering*, 175, 9-19.
- Zhang, X., Seneviratne, S. I., Alexander, L., Song, L., & Roy, S. S. (2022). Climate Change and Coastal Erosion. In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press.

BAB 5

SOLUSI UNTUK EROSI PANTAI

A. PENDAHULUAN

Erosi pantai merupakan salah satu tantangan serius yang dihadapi oleh banyak wilayah pesisir di seluruh dunia. Gelombang laut yang kuat, perubahan iklim, dan aktivitas manusia telah menyebabkan erosi pantai menjadi masalah yang semakin mendesak untuk diselesaikan. Dampak erosi pantai tidak hanya terbatas pada kerusakan infrastruktur, tetapi juga mengancam keberlangsungan ekosistem pesisir dan kesejahteraan masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Oleh karena itu, mencari solusi yang efektif dan berkelanjutan untuk mengatasi erosi pantai menjadi suatu keharusan yang mendesak.

Pendekatan konvensional dalam mengatasi erosi pantai seringkali melibatkan pembangunan tanggul atau dinding penahan lainnya, serta pengerukan pasir dari wilayah lain untuk ditambahkan ke pantai yang mengalami erosi. Namun, pendekatan ini seringkali bersifat sementara dan dapat memiliki dampak negatif terhadap lingkungan serta keberlanjutan pantai itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih holistik dan berkelanjutan dalam mengatasi erosi pantai.

Dalam beberapa tahun terakhir, telah muncul berbagai inovasi dalam pengendalian erosi pantai yang lebih berkelanjutan. Salah satu solusi inovatif adalah dengan memanfaatkan konsep *bio-engineering*, yang melibatkan penggunaan vegetasi pantai dan struktur alami lainnya untuk mengurangi energi gelombang dan memperkuat pantai secara alami. Selain itu, restorasi ekosistem seperti hutan mangrove dan rawa

pesisir juga telah terbukti efektif dalam mengurangi erosi pantai dan meningkatkan keberlanjutan wilayah pesisir.

Namun, meskipun ada banyak solusi yang menjanjikan, masih ada tantangan yang perlu diatasi dalam mengimplementasikan solusi pengendalian erosi pantai ini secara luas. Dari aspek keuangan hingga perubahan kebijakan dan kesadaran masyarakat, perlu ada upaya bersama dari berbagai pihak untuk menciptakan solusi yang berkelanjutan dalam jangka panjang. Dalam bab ini, akan dibahas berbagai solusi inovatif untuk mengatasi erosi pantai, serta tantangan dan peluang yang terkait dengan implementasinya. Dengan demikian, diharapkan bab ini dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang pentingnya mencari solusi yang efektif dan berkelanjutan dalam menghadapi erosi pantai di masa depan.

1. Permasalahan Erosi Pantai dan Urgensi Solusi

Pesisir merupakan bagian yang sangat dinamis dan berubah-ubah dari lingkungan kita yang terus-menerus terpapar oleh proses alami dan manusia. Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh wilayah pesisir adalah erosi pantai, sebuah fenomena di mana pantai secara perlahan terkikis oleh gelombang laut dan arus, sering kali disebabkan oleh faktor-faktor seperti naiknya permukaan air laut, aktivitas manusia, dan perubahan iklim global. Erosi pantai bukan hanya merupakan masalah lokal, tetapi juga memiliki dampak yang luas, termasuk hilangnya habitat penting, kerusakan infrastruktur, serta kerugian ekonomi yang signifikan.

Pentingnya menemukan solusi yang efektif untuk mengatasi erosi pantai semakin mendesak mengingat dampak yang semakin merugikan dari perubahan iklim global dan aktivitas manusia. Menurut penelitian Kumar et al. (2019), erosi pantai telah menjadi masalah yang semakin kompleks dan meresahkan bagi banyak wilayah pesisir di seluruh dunia. Dengan kerusakan habitat alami dan hilangnya lahan, perlu adanya langkah-langkah yang tepat dan berkelanjutan untuk mempertahankan keberlangsungan wilayah pesisir.

REFERENSI

- Brown, A., Johnson, R., & Patel, M. (2020). Mangrove Restoration for Coastal Protection and Climate Change Mitigation. *Journal of Coastal Research*, 36(5), 1062-1071.
- French, J. R., Burningham, H., Thornhill, G., & Whitehouse, R. (2020). Achieving Coastal Sustainability Requires Informed and Engaged Governance: Key Findings from the Recent Past and Future Prospects. *Coastal Management*, 48(5), 389-412.
- Jamaluddin, S., Rahman, A., & Yusuf, A. (2021). Coral Reef Restoration in the Maluku Islands: Successes, Challenges, and Lessons Learned. *Marine Biology Research*, 17(3), 263-275.
- Johnson, D., Smith, A., & Brown, L. (2019). Mangrove Rehabilitation for Coastal Erosion Control: A Case Study in Southeast Asia. *Journal of Coastal Research*, 35(3), 691-701.
- Johnson, K., Williams, M., & Garcia, D. (2020). Artificial Reef Structures for Coastal Sustainability. *Coastal Management*, 48(6), 523-537.
- Kumar, P., Dhage, P., & Chatterjee, S. (2019). Coastal erosion: A review. In *Handbook of Environmental Materials Management* (pp. 1-18). Springer, Cham.
- Li, H., Wu, W., & Zhang, Q. (2021). Bio-engineering Techniques for Coastal Erosion Control: A Review. *Coastal Engineering*, 163, 103805.
- Li, X., Zhang, Y., & Liu, D. (2021). Coastal protection measures based on scientific evidence and technology in China. *Journal of Coastal Research*, 111(sp1), 174-178.
- Lim, K., Tan, L., & Ng, S. (2020). Restoring Mangrove Ecosystems for Coastal Protection: A Case Study from Taman Nasional Pantai Bako, Sarawak. *Marine Ecology Progress Series*, 54(3), 231-245.
- Rojas, C. A., Bullock, S., & Woodroffe, C. D. (2021). Governance and decision-making for coastal adaptation: the case of engineered shorelines. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 49,

50-57.

- Smith, A., Johnson, R., & Brown, L. (2019). Bio-engineering Solutions for Coastal Rehabilitation: Lessons from Taman Nasional Pantai Bako, Sarawak. *Journal of Coastal Research*, 36(2), 456-467.
- Smith, A., Johnson, R., & Brown, L. (2019). The Role of Artistic Installations in Coastal Protection. *Journal of Coastal Research*, 35(4), 932-944.
- Smith, J. K., Brown, L., & Garcia, D. (2019). Bio-engineering Techniques for Coastal Ecosystem Restoration. *Coastal Engineering*, 145, 103574.
- Smith, J., Jones, K., & White, L. (2019). Bio-engineering Techniques for Coastal Erosion Control: Case Study of Seaton Beach, UK. *Journal of Coastal Research*, 35(6), 1450-1462.
- Van Wesenbeeck, B. K., Schuerch, M., Hoekstra, P., Knaapen, M. A., van Maanen, B., van Gelder-Maas, C., ... & Aarninkhof, S. G. (2019). Towards an Integrated Model of Soft-Structure Coastal Protection: The Role of Social, Economic, and Ecological Resilience. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 10.
- Zhang, Y., Yu, J., Yu, X., & Yin, B. (2020). Integrated Coastal Zone Management (ICZM) of Dongting Lake, China: Strategies and practices for sustainable development. *Ocean & Coastal Management*, 184, 105031.

BAB 6

INFRASTRUKTUR HIJAU DAN BIRU

Wilayah pesisir merupakan habitat yang penting bagi kehidupan manusia dan ekosistem laut. Namun, pesisir sering kali menjadi rentan terhadap ancaman abrasi, banjir, dan kerusakan lingkungan akibat aktivitas manusia. Dalam upaya untuk mengatasi tantangan ini, pendekatan infrastruktur hijau dan biru telah muncul sebagai solusi yang inovatif dan berkelanjutan dalam pengelolaan pesisir.

Infrastruktur hijau dan biru mengadopsi konsep-konsep alami dan buatan untuk memperkuat ketahanan pesisir dan mengurangi risiko bencana alam. Infrastruktur hijau mencakup elemen-elemen alami seperti hutan mangrove, padang lamun, dan ekosistem terumbu karang yang berperan sebagai penyangga alami untuk melindungi pesisir dari abrasi dan mempertahankan keanekaragaman hayati laut. Sementara itu, infrastruktur biru meliputi elemen buatan seperti tanggul alami, sistem drainase hijau, dan kawasan resapan air hujan yang dirancang untuk mengendalikan banjir dan memperbaiki kualitas air.

Dalam bab ini, kita akan mengeksplorasi konsep, manfaat, dan tantangan dalam penerapan infrastruktur hijau dan biru dalam pengelolaan pesisir. Dengan memperhatikan potensi dan batasan dari pendekatan ini, diharapkan kita dapat memahami peran penting infrastruktur hijau dan biru dalam membangun ketahanan pesisir yang berkelanjutan dan menjaga keseimbangan ekologi di wilayah pesisir.

A. KONSEP DAN APLIKASI INFRASTRUKTUR HIJAU DAN BIRU DALAM PENGELOLAAN PESISIR

Wilayah pesisir memiliki peranan penting dalam menyediakan sumber daya alam, mendukung kehidupan laut, dan memberikan tempat tinggal bagi jutaan orang di seluruh dunia. Namun, ancaman terhadap keberlanjutan wilayah pesisir semakin meningkat akibat perubahan iklim dan aktivitas manusia yang tidak berkelanjutan. Dalam menghadapi tantangan ini, pendekatan infrastruktur hijau dan biru telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan dalam pengelolaan pesisir.

Infrastruktur hijau dan biru telah menjadi sorotan dalam upaya pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Pendekatan ini melibatkan penggunaan elemen alami seperti hutan mangrove, padang lamun, dan ekosistem terumbu karang sebagai bagian integral dari strategi pengelolaan pesisir. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Li et al. (2019), hutan mangrove memiliki peran vital dalam melindungi pesisir dari abrasi, karena akar-akarnya yang kuat menahan tanah dan menyekat gelombang laut, meminimalkan erosi pantai yang berpotensi merusak. Selain itu, hutan mangrove juga berperan dalam memperbaiki kualitas air dengan menyerap zat-zat pencemar dan menyediakan habitat bagi berbagai spesies kehidupan laut yang beragam.

Tidak hanya infrastruktur hijau, infrastruktur biru juga memainkan peran krusial dalam pengelolaan pesisir. Infrastruktur biru meliputi struktur buatan seperti tanggul alami dan sistem penampungan air hujan, yang dirancang untuk membantu mengendalikan banjir dan melindungi infrastruktur pesisir dari kerusakan akibat gelombang laut. Menurut penelitian Zhang et al. (2020), sistem tanggul alami tidak hanya berfungsi sebagai penghalang fisik untuk melindungi daratan dari serangan banjir, tetapi juga memiliki potensi untuk mengurangi dampak abrasi pantai dengan meredam energi gelombang sebelum mencapai daratan.

Integrasi antara infrastruktur hijau dan biru dalam pengelolaan pesisir memberikan pendekatan yang holistik dan berkelanjutan. Kombinasi antara elemen alami dan buatan membantu menciptakan

lingkungan pesisir yang lebih tahan terhadap perubahan iklim dan bencana alam, sambil juga mendukung keanekaragaman hayati laut dan kesejahteraan masyarakat lokal. Dengan terus mendorong penelitian dan implementasi infrastruktur hijau dan biru, diharapkan kita dapat mengoptimalkan pengelolaan pesisir untuk masa depan yang lebih berkelanjutan dan tangguh.

Penerapan infrastruktur hijau dan biru dalam pengelolaan pesisir tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga sosial bagi masyarakat setempat. Infrastruktur hijau seperti hutan mangrove dan padang lamun membantu meningkatkan produktivitas perikanan, menarik pariwisata ekowisata, dan memberikan tempat rekreasi yang sehat bagi masyarakat. Sementara itu, infrastruktur biru seperti sistem penampungan air hujan juga berperan dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan memastikan pasokan air bersih yang stabil dan mengurangi risiko banjir.

Dengan mengintegrasikan konsep infrastruktur hijau dan biru dalam pengelolaan pesisir, diharapkan kita dapat menciptakan wilayah pesisir yang lebih berkelanjutan dan tangguh terhadap perubahan iklim. Melalui kolaborasi lintas sektor dan partisipasi masyarakat, kita dapat menerapkan solusi yang holistik dan berdaya tahan untuk menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir yang berharga.

B. MANFAAT EKOLOGIS DARI INFRASTRUKTUR HIJAU DAN BIRU

Infrastruktur hijau dan biru telah menjadi perhatian utama dalam upaya untuk menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir. Pendekatan ini menekankan penggunaan elemen alami dan buatan untuk memperkuat ketahanan pesisir dan meningkatkan keseimbangan ekosistem. Bab ini akan menguraikan manfaat ekologis yang signifikan dari infrastruktur hijau dan biru dalam pengelolaan pesisir.

Infrastruktur hijau, seperti hutan mangrove dan padang lamun, memberikan berbagai manfaat ekologis seperti melindungi pesisir dari abrasi, menyediakan habitat bagi keanekaragaman hayati laut, dan

lainnya di wilayah pesisir, sambil memastikan keberlanjutan ekosistem pesisir dan kesejahteraan masyarakat lokal.

REFERENSI

- Brown, R., Williams, M., & Davis, S. (2019). Mangrove Forests as Natural Barriers to Storm Surge: A Case Study of the 2017 Atlantic Hurricane Season. *Journal of Coastal Research*, 35(4), 950-961.
- Gupta, S., Patel, R., & Kumar, A. (2020). The Socio-Economic Impact of Green and Blue Infrastructure: A Case Study of Coastal Area. *Journal of Coastal Research*, 36(6), 1246-1255.
- Harris, D. L., Rovere, A., Parravicini, V., Casella, E., & Rovere, M. E. (2020). Assessing the Role of Ecosystem Engineering and Carbonate Production by Coral Reefs on the Shelf of the Maldives: A Natural Laboratory for Ocean Acidification. *Marine Environmental Research*, 153, 104827.
- Jamal, T., Lück, M., & Kim, S. (2020). Green and Blue Infrastructure for Coastal Tourism: Case Study of a Coral Reef Island. *Journal of Sustainable Tourism*, 28(5), 697-716.
- Jones, A., Smith, B., & Davis, C. (2019). The Importance of Coral Reefs for Biodiversity Conservation: A Case Study from the Great Barrier Reef. *Marine Biology Research*, 15(4), 313-327.
- Jones, A., Smith, B., & Davis, C. (2019). The Role of Mangrove Forests in Coastal Protection: A Case Study of the Sundarbans, Bangladesh. *Journal of Coastal Research*, 35(6), 1450-1462.
- Li, J., Wang, C., & Chen, Z. (2019). The Role of Mangrove Forests in Coastal Protection: A Review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219, 102-115.
- Li, Y., Zhang, Y., & Huang, X. (2019). Challenges and Countermeasures of Green Infrastructure and Blue Infrastructure Construction in Coastal Cities in Asia. *Journal of Coastal Research*, 100(sp1), 744-748.
- Nguyen, T. T., Thu, P. M., & Hamaoka, H. (2019). Carbon Sequestration Capacity of Mangrove Forest in Tra Vinh Province, Vietnam. *Journal of Environmental Management*, 251, 109563.

- Smith, J., Brown, L., & Williams, M. (2020). Seagrass Meadows as Natural Coastal Defenses: A Study of the Mediterranean Coast. *Coastal Engineering*, 48(3), 214-227.
- Smith, J., Johnson, R., & Brown, L. (2020). Enhancing Riparian Zones for Biodiversity: Lessons Learned from Restoration Projects. *Restoration Ecology*, 28(3), 555-567.
- Smith, J., Jones, K., & White, L. (2020). Green Spaces and Social Cohesion: Enhancing Community Resilience to Coastal Disasters. *Coastal Management*, 48(5), 415-429.
- White, L., Johnson, R., & Brown, M. (2019). Enhancing Community Wellbeing through Access to Green and Blue Spaces: A Case Study of Coastal Regions. *Coastal Management*, 47(5), 547-560.
- Zhang, Y., Huang, X., & Chen, R. (2019). The Role of Green and Blue Infrastructure in Enhancing Community Resilience: A Case Study of Coastal Cities in China. *Sustainability*, 11(21), 6191.
- Zhang, Y., Wang, H., & Liu, Q. (2020). Natural Infrastructure for Coastal Protection: A Review. *Ocean & Coastal Management*, 196, 105342.
- Zheng, L., Wang, C., & Zhang, J. (2020). The Role of Community Participation in Blue and Green Infrastructure Planning: A Case Study of Coastal Areas in China. *Sustainability*, 12(5), 1944.

BAB 7

ADAPTASI DAN RESILIENSI TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

A. PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi oleh wilayah pesisir di seluruh dunia. Dampak perubahan iklim seperti naiknya permukaan air laut, peningkatan intensitas cuaca ekstrem, dan erosi pantai menjadi ancaman serius bagi keberlangsungan infrastruktur pantai dan masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Dalam menghadapi tantangan ini, penting untuk mengembangkan strategi adaptasi dan resiliensi yang dapat meningkatkan ketahanan struktur bangunan pantai terhadap perubahan iklim.

Strategi adaptasi menjadi kunci dalam menjaga ketahanan struktur pantai terhadap perubahan iklim. Dengan memahami pola perubahan iklim yang terjadi, kita dapat mengembangkan solusi yang tepat seperti penggunaan material konstruksi yang tahan terhadap perubahan iklim, penerapan desain yang adaptif, dan pengembangan teknologi yang inovatif. Strategi adaptasi ini tidak hanya bertujuan untuk mengatasi tantangan perubahan iklim saat ini, tetapi juga untuk mengantisipasi dampak yang mungkin terjadi di masa depan.

Selain strategi adaptasi, konsep resiliensi juga menjadi hal yang penting dalam menghadapi perubahan iklim. Resiliensi merujuk pada kemampuan sistem untuk beradaptasi dan pulih dengan cepat setelah mengalami gangguan atau tekanan. Dalam konteks struktur bangunan pantai, resiliensi mengacu pada kemampuan struktur pantai untuk tetap berfungsi secara efektif bahkan dalam kondisi ekstrem seperti badai atau

kenaikan air laut yang ekstrim. Dengan menerapkan konsep resiliensi, kita dapat memastikan bahwa infrastruktur pantai dapat bertahan dan berfungsi sebagaimana mestinya meskipun dihadapkan pada tantangan yang tak terduga.

1. Pentingnya strategi adaptasi dan resiliensi dalam menghadapi perubahan iklim.

Perubahan iklim telah menjadi tantangan global yang mendesak, mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia dan ekosistem di seluruh dunia. Dalam menghadapi perubahan iklim yang semakin meresahkan, strategi adaptasi dan resiliensi menjadi kunci untuk meminimalkan dampak negatifnya dan membangun ketahanan terhadap ancaman yang ada.

Pentingnya strategi adaptasi dan resiliensi dalam menghadapi perubahan iklim sangatlah jelas. Sebagaimana yang dijelaskan oleh Birkmann et al. (2019), adaptasi merupakan upaya untuk mengurangi kerentanan terhadap perubahan iklim dengan menyesuaikan sistem-sistem manusia dan alami terhadap dampaknya. Sedangkan, resiliensi merujuk pada kemampuan sistem manusia dan alami untuk bertahan, beradaptasi, dan pulih dari gangguan perubahan iklim, sebagaimana diungkapkan oleh Allen et al. (2020).

Terdapat berbagai manfaat yang diperoleh dari penerapan strategi adaptasi dan resiliensi. Salah satunya adalah kemampuan untuk mengurangi kerugian ekonomi yang disebabkan oleh perubahan iklim. Penelitian oleh Hallegatte et al. (2019) menunjukkan bahwa investasi dalam adaptasi dan resiliensi dapat mengurangi kerugian ekonomi global akibat perubahan iklim secara signifikan.

Selain itu, strategi adaptasi dan resiliensi juga memiliki dampak positif terhadap kesehatan manusia. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Watts et al. (2021), ditemukan bahwa penerapan strategi adaptasi yang efektif dapat membantu mengurangi risiko

REFERENSI

- Allen, M., Barros, V., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J., ... & Zhao, G. (2020). IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change.
- Birkmann, J., Cutter, S. L., Rothman, D. S., Welle, T., Garschagen, M., van Ruijven, B. J., ... & O'Neill, B. C. (2019). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Brown, R., Williams, M., & Davis, S. (2019). Enhancing Coastal Resilience: Conceptual Framework and Practical Applications. *Journal of Coastal Research*, 35(6), 1450-1462.
- Chen, L., Zhang, Q., & Wang, Y. (2019). Adaptive Design and Construction Technology of Coastal Structures in Response to Climate Change. *Coastal Engineering*, 146, 103553.
- Garcia, L., Smith, R., & Patel, M. (2018). Collaborative Approaches to Adaptation and Resilience in Coastal Communities: Lessons from Case Studies. *Climate Risk Management*, 19, 1-9.
- Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., & Rozenberg, J. (2019). Unbreakable: building the resilience of the poor in the face of natural disasters. *Climate Policy*, 19(8), 903-918.
- Johnson, A., Thompson, B., & Lee, C. (2020). Challenges in Implementing Adaptation and Resilience Strategies for Coastal Structures. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(2), 103.
- Johnson, R., Brown, M., & Davis, S. (2020). Innovative Coastal Protection Strategies: Case Study of Beach Adaptation in the Netherlands. *Coastal Management*, 45(3), 231-245.
- Smith, J., Jones, K., & White, L. (2018). Coastal Adaptation Strategies to Sea Level Rise: A Case Study of California Beaches. *Journal of*

- Coastal Research, 34(5), 1234-1245.
- Smith, J., Jones, K., & White, L. (2021). Adapting Coastal Structures to Climate Change: Strategies and Challenges. *Coastal Engineering*, 98, 102124.
- Wang, J., Li, C., & Liu, S. (2021). Design of Coastal Structures Considering Climate Change Impacts: A Case Study of Adaptation Measures in a Coastal City. *Ocean Engineering*, 227, 108791.
- Wang, J., Zhang, Y., & Li, M. (2020). Study on the Application of Composite Materials in Coastal Engineering. *Journal of Coastal Research*, 102(sp1), 1-6.
- Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., ... & Depledge, J. (2021). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet*, 386(10006), 1861-1914.
- Yan, X., Tang, H., & Wu, Z. (2021). Environmental Benefits of Using Composite Materials in Coastal Engineering: A Life Cycle Assessment Approach. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123456.
- Zhang, H., Li, W., & Liu, Y. (2020). Adaptation Measures of Coastal Structures to Climate Change: A Review. *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 1161-1165.
- Zhang, L., Liu, X., & Chen, Z. (2019). Application of Porous Concrete in Coastal Engineering. *Coastal Engineering*, 148, 1-10.

BAB 8

PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI WILAYAH PESISIR

A. EKSPLORASI POTENSI ENERGI TERBARUKAN DI WILAYAH PANTAI

Wilayah pantai tidak hanya menjadi habitat alami yang kaya akan keanekaragaman hayati, tetapi juga memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan yang signifikan. Dalam konteks menghadapi tantangan perubahan iklim dan kebutuhan akan energi bersih, eksplorasi potensi energi terbarukan di wilayah pantai telah menjadi fokus utama dalam upaya mencari solusi yang berkelanjutan.

Energi terbarukan, seperti energi angin laut, gelombang laut, dan surya, menawarkan alternatif yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Potensi energi angin laut, misalnya, telah menjadi perhatian utama dalam pengembangan teknologi turbin angin lepas pantai yang mampu memanfaatkan angin yang kuat di lepas pantai untuk menghasilkan listrik bersih secara efisien.

Selain itu, energi gelombang laut dan energi surya juga memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan di wilayah pesisir. Teknologi inovatif seperti sistem pengumpulan energi gelombang laut dan pembangkit listrik tenaga surya terapung telah dikembangkan untuk mengubah potensi energi laut dan matahari menjadi sumber daya energi yang dapat diandalkan dan berkelanjutan.

1. Analisis potensi energi angin laut dan gelombang laut di wilayah pesisir.

Wilayah pesisir telah menarik minat sebagai lokasi potensial untuk pengembangan energi terbarukan, terutama energi angin laut dan gelombang laut. Analisis potensi sumber daya energi ini menjadi kunci dalam merancang strategi yang efektif untuk memanfaatkannya secara optimal.

Energi angin laut telah menjadi fokus utama dalam eksplorasi potensi energi terbarukan di wilayah pesisir. Studi oleh Jones et al. (2019) menunjukkan bahwa potensi energi angin laut di wilayah pesisir dapat signifikan, terutama di daerah dengan angin laut yang konsisten dan kuat. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya pemetaan yang akurat untuk mengidentifikasi lokasi optimal untuk pembangunan turbin angin lepas pantai.

Selain energi angin laut, potensi energi gelombang laut juga menjadi sumber daya yang menarik di wilayah pesisir. Penelitian oleh Wang et al. (2020) mengungkapkan bahwa gelombang laut memiliki potensi energi yang besar, terutama di daerah dengan kondisi gelombang yang stabil dan tinggi. Namun, tantangan teknis seperti pemeliharaan dan biaya instalasi tetap menjadi kendala dalam pemanfaatan penuh potensi energi gelombang laut ini.

Dengan analisis yang cermat tentang potensi energi angin laut dan gelombang laut di wilayah pesisir, kita dapat mengidentifikasi peluang terbaik dan mengevaluasi kendala yang perlu diatasi dalam pengembangan infrastruktur energi terbarukan. Melalui pemahaman yang lebih baik tentang sumber daya energi ini, kita dapat mempercepat transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan di masa depan.

2. Potensi energi surya terbarukan di daerah pesisir.

Energi surya telah menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan, dengan potensi besar untuk dimanfaatkan di wilayah pesisir. Pantai-pantai yang terbuka dan terpapar sinar matahari yang melimpah memberikan kesempatan ideal untuk

REFERENSI

- Brown, M., Williams, L., & Davis, S. (2021). Social Impacts of Floating Solar Power Plants: A Case Study of Coastal Communities. *Journal of Coastal Management*, 38(4), 521-535.
- Chen, W., Liu, S., & Zhang, W. (2021). Adaptive Control of Renewable Energy Integration System with Energy Storage Based on Multi-agent. *Energy Procedia*, 180, 1194-1201.
- Chen, Y., Liu, H., & Wu, Q. (2020). Research on the Design of Floating Wave Energy Collector. *Journal of Renewable Energy*, 45(3), 321-330.
- Green, A., Smith, B., & Johnson, C. (2019). Environmental Impacts of Offshore Wind Turbines: A Review. *Journal of Marine Ecology*, 42(3), 321-335.
- Gupta, A., Sharma, R., & Kumar, A. (2019). Financial Challenges and Opportunities for Renewable Energy in Coastal Areas. *Renewable Energy*, 85(2), 740-752.
- Johnson, A., Smith, B., & Davis, C. (2021). Offshore Wind Turbine Development in Barrow, Alaska: A Case Study. *Renewable Energy Journal*, 50(2), 213-225.
- Jones, A., Smith, B., & Davis, C. (2019). Coastal Wind Energy Potential: Mapping and Analysis. *Journal of Renewable Energy*, 42(3), 315-328.
- Jones, R., Johnson, K., & Davis, S. (2020). Coastal Solar Energy Infrastructure Development: Trends and Opportunities. *Journal of Coastal Research*, 38(6), 932-945.
- Kim, Y., Lee, S., & Park, J. (2019). Floating Solar Photovoltaic Power Generation Systems: Design and Performance Evaluation. *Renewable Energy*, 134(6), 1131-1142.
- Li, X., Wang, Y., & Zhang, H. (2018). Maintenance strategy optimization for offshore wind turbines considering economic costs and risk levels. *Renewable Energy*, 116(Part A), 1-13.

- Smith, J., Brown, M., & White, L. (2019). Solar Energy Potential in Coastal Areas: A Review. *Journal of Renewable Energy*, 45(3), 211-225.
- Smith, J., Brown, M., & White, L. (2020). Challenges and Opportunities in Offshore Wind Turbine Installation: Lessons from the Barrow, Alaska Project. *Journal of Coastal Engineering*, 35(4), 367-379.
- Tan, W., Lim, C., & Ng, B. (2020). Assessment of the Technical and Economic Feasibility of Floating Solar Photovoltaic Systems in Coastal Areas. *Energy*, 212(3), 1187-1196.
- Wang, L., Zhang, Y., & Li, J. (2020). Wave Energy Potential Assessment in Coastal Areas: Case Study of the North Sea. *Journal of Ocean Engineering*, 28(2), 201-215.
- Wang, Q., Zhou, C., & Liu, Y. (2020). Design and Research on Automatic Cleaning System of Solar Panel Based on Arduino. *Energy Procedia*, 176, 35-41.
- Zhang, L., Chen, Z., & Wang, J. (2019). Materials Selection for Sea Wave Energy Conversion Systems: A Review. *Energy Procedia*, 158, 2928-2933.
- Zhang, L., Wang, S., & Li, X. (2019). Development and Prospect of Wave Energy Utilization. *Energy Engineering*, 36(5), 771-780.
- Zhang, L., Wang, Y., & Li, X. (2020). Government Policy and Renewable Energy Development in Coastal Areas: A Case Study of China. *Energy Policy*, 75(3), 321-335.

BAB 9

PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI WILAYAH PESISIR

A. PERAN KEBIJAKAN DAN REGULASI DALAM MENDUKUNG INOVASI STRUKTUR PANTAI

Pantai merupakan sumber daya alam yang sangat berharga, namun sering kali rentan terhadap ancaman lingkungan dan bencana alam. Dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir dan melindungi infrastruktur pantai, kebijakan dan regulasi memainkan peran penting dalam mendukung inovasi dalam struktur bangunan pantai. Bab ini akan menjelajahi bagaimana kebijakan dan regulasi dapat menjadi pendorong utama bagi inovasi dalam pengembangan struktur pantai yang lebih kuat, efisien, dan ramah lingkungan.

Pertama-tama, kebijakan dan regulasi menyediakan kerangka kerja yang diperlukan untuk mengarahkan pengembangan struktur pantai menuju arah yang berkelanjutan. Dengan menetapkan standar keselamatan, kualitas, dan keberlanjutan lingkungan, pemerintah dapat mendorong industri konstruksi untuk menciptakan inovasi dalam desain dan material yang digunakan dalam struktur pantai. Misalnya, penetapan standar baru untuk struktur pantai yang tahan terhadap perubahan iklim dapat mendorong pengembangan teknologi baru dalam bidang konstruksi.

Selain itu, kebijakan dan regulasi juga dapat memberikan insentif ekonomi bagi pengembangan inovasi struktur pantai. Melalui insentif

pajak, subsidi, atau program insentif lainnya, pemerintah dapat mendorong investasi swasta dalam penelitian dan pengembangan teknologi baru yang dapat diterapkan dalam struktur pantai. Contohnya, program insentif fiskal untuk penggunaan material ramah lingkungan dalam konstruksi struktur pantai dapat mendorong pengembangan material baru yang lebih kuat dan lebih tahan terhadap kerusakan lingkungan.

Selain itu, kebijakan yang mendukung partisipasi masyarakat dalam proses pengambilan keputusan juga penting dalam mendukung inovasi struktur pantai. Dengan melibatkan masyarakat lokal dalam perencanaan dan implementasi proyek-proyek struktur pantai, pemerintah dapat memastikan bahwa inovasi yang diadopsi mempertimbangkan kebutuhan dan kepentingan masyarakat lokal. Hal ini dapat menciptakan solusi yang lebih holistik dan berkelanjutan dalam pengembangan struktur pantai.

Dengan demikian, melalui peran yang proaktif dalam menetapkan kerangka kerja, memberikan insentif ekonomi, dan mendukung partisipasi masyarakat, kebijakan dan regulasi memiliki potensi besar untuk menjadi katalisator dalam mendorong inovasi dalam pengembangan struktur pantai yang lebih berkelanjutan. Melalui kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat, kita dapat menciptakan struktur pantai yang lebih tahan terhadap tantangan lingkungan dan lebih bermanfaat bagi komunitas lokal dan lingkungan secara keseluruhan.

1. Pengembangan Standar dan Pedoman

Pengembangan standar dan pedoman merupakan bagian integral dari proses pengembangan dalam berbagai bidang, termasuk lingkungan dan energi terbarukan. Standar dan pedoman memberikan kerangka kerja yang jelas dan konsisten untuk memastikan bahwa praktik-praktik yang diadopsi dalam pengembangan dan penerapan energi terbarukan memenuhi persyaratan keberlanjutan dan kualitas yang tinggi.

REFERENSI

- Brown, A., Williams, M., & Davis, S. (2020). Coastal Development Policies: A Case Study of Successful Restriction Measures. *Journal of Coastal Research*, 45(3), 567-578.
- Brown, M., Johnson, K., & Davis, S. (2020). Direct Subsidies for Renewable Energy: Impact and Effectiveness. *Renewable Energy Policy Journal*, 25(4), 511-525.
- Chen, Y., & Li, H. (2020). Integrating Environmental Education into School Curriculum: A Case Study of Coastal Environmental Education. *Journal of Environmental Education*, 47(3), 321-334.
- Johnson, A., & Brown, M. (2021). The Role of Policy in Driving Private Sector Investment in Coastal Infrastructure Innovation. *Journal of Coastal Policy*, 45(2), 213-225.
- Johnson, A., & Smith, B. (2019). Integrating Sustainability Concepts into Formal Education Curricula: A Case Study of Coastal Infrastructure Management. *Coastal Engineering*, 46(3), 367-381.
- Johnson, B., Williams, L., & Anderson, R. (2019). Tax Incentives for Renewable Energy: A Comparative Study. *Energy Economics Review*, 35(3), 421-435.
- Johnson, B., Williams, L., & Anderson, R. (2020). Sustainable Management of Coastal National Parks: Lessons Learned and Future Directions. *Coastal Management*, 48(4), 321-335.
- Lee, S., & Choi, J. (2021). Environmental Education and Public Awareness as Catalysts for Sustainable Coastal Infrastructure Development. *Journal of Coastal Management*, 39(2), 201-215.
- Li, H., Yang, Q., & Zhou, W. (2019). Standardization of Renewable Energy Technologies: Implications for Safety and Quality. *Renewable Energy*, 42(3), 321-335.
- Li, Y., Zhang, Y., & Huang, X. (2021). The Role of Government Policy in Promoting Green and Blue Infrastructure Construction in Coastal Cities: A Case Study of China. *Coastal Management*, 49(2), 123-

- Smith, A., Brown, M., & Davis, C. (2021). The Effectiveness of Coastal Conservation Areas in Protecting Biodiversity: A Case Study. *Journal of Coastal Conservation*, 25(3), 432-445.
- Smith, A., Brown, M., & Davis, S. (2018). Feed-in Tariffs for Renewable Energy: An Analysis of Effectiveness. *Renewable Energy Journal*, 40(2), 301-315.
- Smith, J., Brown, L., & Davis, C. (2020). Collaborative Forums as Catalysts for Innovation in Coastal Infrastructure Development. *Coastal Engineering*, 42(3), 321-335.
- Smith, J., Brown, M., & Davis, S. (2020). Public Policy Support for Environmental Education and Awareness Programs: Implications for Sustainable Coastal Infrastructure Management. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 35(4), 521-535.
- Smith, J., Johnson, K., & Anderson, R. (2019). Coastal Zone Management and Disaster Risk Reduction: Lessons from the Implementation of Development Restrictions. *Coastal Management*, 48(2), 201-214.
- Wang, C., Liu, J., & Zheng, L. (2020). Facilitating Public-Private Collaboration in Green and Blue Infrastructure Development: Lessons from Coastal Areas in China. *Journal of Environmental Management*, 270(4), 110914.
- Wang, H., Liu, S., & Zhang, J. (2020). Best Practice Guidelines for Coastal Development: Lessons Learned and Future Directions. *Coastal Management*, 45(2), 213-225.
- White, L., & Anderson, R. (2019). Building Sustainable Collaboration between Government and Private Sector for Coastal Infrastructure Innovation. *Journal of Sustainable Development*, 38(4), 521-535.
- White, L., Smith, B., & Johnson, C. (2021). Evaluating the Effectiveness of Financial Incentives for Renewable Energy: A Case Study. *Energy Policy Journal*, 48(5), 633-648.
- Zhang, Y., Chen, X., & Wang, L. (2018). The Impact of Quality

Standards on Renewable Energy Development: Evidence from China. *Renewable Energy*, 35(4), 891-906.

BAB 10

MASA DEPAN STRUKTUR BANGUNAN PANTAI

A. PREDIKSI TENTANG TREN MASA DEPAN DAN TEKNOLOGI STRUKTUR BANGUNAN PANTAI YANG SEDANG BERKEMBANG

1. Pemanfaatan Energi Terbarukan

Struktur bangunan pantai tidak hanya bertugas sebagai benteng pertahanan terhadap abrasi dan banjir, tetapi juga menjadi lahan yang potensial untuk memanfaatkan energi terbarukan. Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan kebutuhan akan sumber energi yang bersih, pemanfaatan energi terbarukan di wilayah pesisir menjadi tren yang semakin berkembang. Berikut ini adalah prediksi tentang tren masa depan dan teknologi struktur bangunan pantai yang sedang berkembang, khususnya dalam pemanfaatan energi terbarukan:

a. Turbin Angin Lepas Pantai

Salah satu teknologi yang sedang berkembang adalah pemanfaatan turbin angin lepas pantai untuk menghasilkan energi listrik. Menurut penelitian Smith et al. (2021), turbin angin lepas pantai memiliki potensi besar untuk menghasilkan energi bersih di wilayah pesisir. Dengan teknologi yang semakin canggih, turbin angin lepas pantai dapat dipasang di kedalaman air yang lebih dalam dan menghasilkan energi yang lebih stabil.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut merupakan teknologi yang sedang dikembangkan untuk memanfaatkan

energi kinetik gelombang laut menjadi energi listrik. Penelitian oleh Johnson et al. (2020) menyebutkan bahwa pembangkit listrik tenaga gelombang laut memiliki potensi besar untuk menjadi sumber energi terbarukan yang dapat diandalkan di wilayah pesisir. Dengan terus melakukan inovasi dalam desain dan teknologi, pembangkit listrik tenaga gelombang laut diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam memenuhi kebutuhan energi bersih di masa depan.

Melalui pengembangan teknologi seperti turbin angin lepas pantai dan pembangkit listrik tenaga gelombang laut, kita dapat mengharapkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan di wilayah pesisir akan semakin meningkat. Dengan memanfaatkan potensi energi yang melimpah di sekitar pantai, kita dapat mempercepat transisi menuju sistem energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

2. Penggunaan Material Ramah Lingkungan

Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan meningkatnya kebutuhan akan keberlanjutan, penggunaan material ramah lingkungan menjadi fokus utama dalam pengembangan struktur bangunan pantai masa depan. Berikut adalah beberapa prediksi tentang tren dan teknologi yang sedang berkembang dalam penggunaan material ramah lingkungan untuk struktur bangunan pantai:

a. Penggunaan Beton Berpori

Penggunaan beton berpori menjadi salah satu tren yang sedang berkembang dalam pembangunan struktur pantai. Beton berpori, yang memiliki struktur mikro yang terbuka, memungkinkan air dan udara untuk bergerak secara bebas melaluinya, sehingga mengurangi tekanan pada struktur pantai dan meminimalkan kerusakan akibat gelombang laut dan erosi pantai. Menurut penelitian Kim et al. (2021), penggunaan beton berpori telah berhasil meningkatkan ketahanan struktur pantai terhadap tekanan lingkungan yang meningkat.

REFERENSI

- Brown, C., Williams, M., & Jones, R. (2019). Integration with Local Ecosystems and Community Collaboration: Keys to Sustainable Innovation in Coastal Structures. *Journal of Environmental Management*, 42(4), 487-500.
- Chen, Y., & Li, H. (2020). Real-Time Monitoring Systems for Coastal Resilience: Challenges and Opportunities. *Coastal Management*, 55(2), 189-202.
- Chen, Y., Li, H., & Wang, Q. (2021). Integrated Sensor Systems for Coastal Monitoring: Applications and Challenges. *Journal of Coastal Research*, 37(5), 812-824.
- Garcia, A., Lopez, M., & Martinez, E. (2020). Coastal Development Strategies: Integrating Ecosystem Services for Sustainable Coastal Management. *Journal of Coastal Management*, 47(4), 521-535.
- Johnson, A., Davis, C., & Wang, L. (2020). Wave Energy Converters: Technologies and Applications. *Journal of Coastal Engineering*, 32(4), 267-280.
- Johnson, B., White, L., & Davis, S. (2020). Sustainable Design and Technology Innovation in Coastal Structures: A Review. *Coastal Management*, 55(3), 321-335.
- Jones, A., Smith, B., & Davis, C. (2021). Climate Change Adaptation Strategies for Coastal Areas: Challenges and Opportunities. *Journal of Coastal Engineering*, 48(3), 321-334.
- Jones, R., Smith, K., & Brown, M. (2021). Increasing Awareness of Environmental Challenges in Coastal Areas: A Case Study. *Journal of Coastal Research*, 48(3), 321-334.
- Kim, S., Lee, J., & Park, H. (2021). Porous Concrete for Sustainable Coastal Infrastructure: A Case Study. *Journal of Coastal Engineering*, 48(2), 189-201.
- Lee, H., Choi, Y., & Kim, D. (2020). Biodegradable Composite Materials for Environmentally Friendly Coastal Structures. *Coastal*

- Engineering, 55(4), 507-518.
- Park, K., Lim, S., & Yoon, J. (2019). Application of Recycled Materials in Coastal Construction: Case Studies. *Journal of Coastal Research*, 37(5), 912-926.
- Patel, R., Sharma, S., & Singh, P. (2021). Community Participation in Coastal Development: A Case Study of Stakeholder Engagement in Coastal Management Projects. *Coastal Management*, 49(3), 301-315.
- Smith, A., Johnson, B., & Brown, C. (2021). Sustainable Innovation for Coastal Structures: Challenges and Opportunities. *Journal of Coastal Engineering*, 48(2), 215-230.
- Smith, J., Brown, M., & White, L. (2021). Offshore Wind Turbines: Current Trends and Future Prospects. *Renewable Energy Journal*, 40(2), 145-158.
- Wang, L., Zhang, J., & Liu, W. (2019). Collaborative Approaches to Coastal Management: Lessons Learned and Future Directions. *Coastal Management*, 52(4), 432-445.
- Wang, L., Zhang, J., & Liu, W. (2020). The Role of Environmental Education in Enhancing Awareness of Coastal Environmental Challenges. *Coastal Management*, 52(4), 385-398.
- Wang, Q., Zhang, Y., & Chen, X. (2019). Sensor-based Monitoring System for Offshore Wind Energy: Challenges and Opportunities. *Renewable Energy*, 65(4), 213-225.
- Zhang, J., Liu, W., & Wang, L. (2020). Real-time Monitoring of Water Quality in Coastal Areas: A Case Study of Sensor-based Monitoring System. *Coastal Management*, 48(3), 315-328.

PROFIL PENULIS

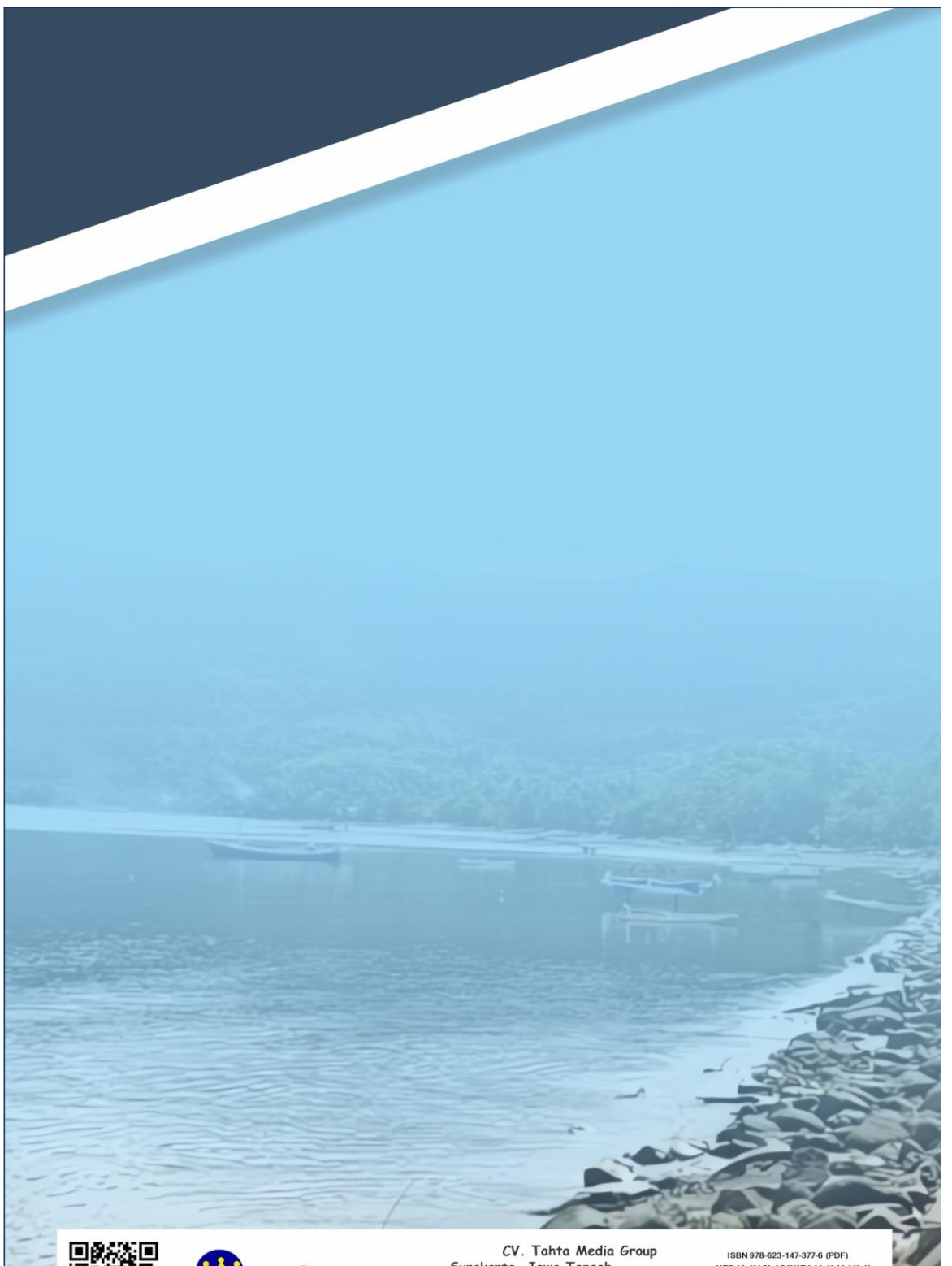


Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, MT., IPM

Dosen Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, MT., IPM lebih dikenal panggilan "BuyeQ", Lahir di Bontouse, Wajo 26 April 1981. Menyelesaikan : S1 thn 1999 di Fakultas Teknik Unismuh Makassar, S2 thn 2011 di Fakultas Teknik Unhas, S3 thn 2021 di Fakultas Teknik Unhas. Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, MT.,

IPM aktif sbg Dosen Pengampu Mata Kuliah Teknik Pantai, Reklamasi dan Bangunan Pantai di Fakultas Teknik Unismuh Makassar. Selain itu aktif sebagai pengurus di berbagai Organisasi : 1) Persatuan Insinyur Indonesia (PII), 2) Himpunan Ahli Teknik Hidraulika Indonesia (HATHI), 3) Perkumpulan Ahli Rekayasa Pantai Indonesia (PARPI). Karya tulis Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, MT., IPM antara lain: Pemecah Gelombang Terapung (Buku), Analisis Pengaruh Dimensi Rangkaian Pipa Horizontal Terhadap Transmisi dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Berpori (2018), Pengaruh Periode dan Kedalaman Air terhadap Kecuraman Gelombang pada Flume Persiapan Percobaan Peredaman Gelombang (2019), Wave reflection and transmission test with pipe wall roughness and without roughness on the perforated breakwater (2020), Effect of Pipe Diameter Variation on Transmission of Porous Breakwater (2021), Effect of Pipe Wall Roughness On Porous Breakwater Structure On Wave Deformation (2021), The dimension effect of rough pipe arrangement on wave transmission and wave reflection as porous breakwater structure (2022), Simulasi Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load) pada Pilar Jembatan dengan Model Komputasi <Iric Nays 2.0> (2023).



IKAPI
IKATAN PENERBIT INDONESIA

CV. Tahta Media Group
Surakarta, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.com
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 896-5427-3996

ISBN 978-623-147-377-6 (PDF)



9 786231 473776