

BAB 2

KONSEP PERENCANAAN

2.1 Kerangka Analisis

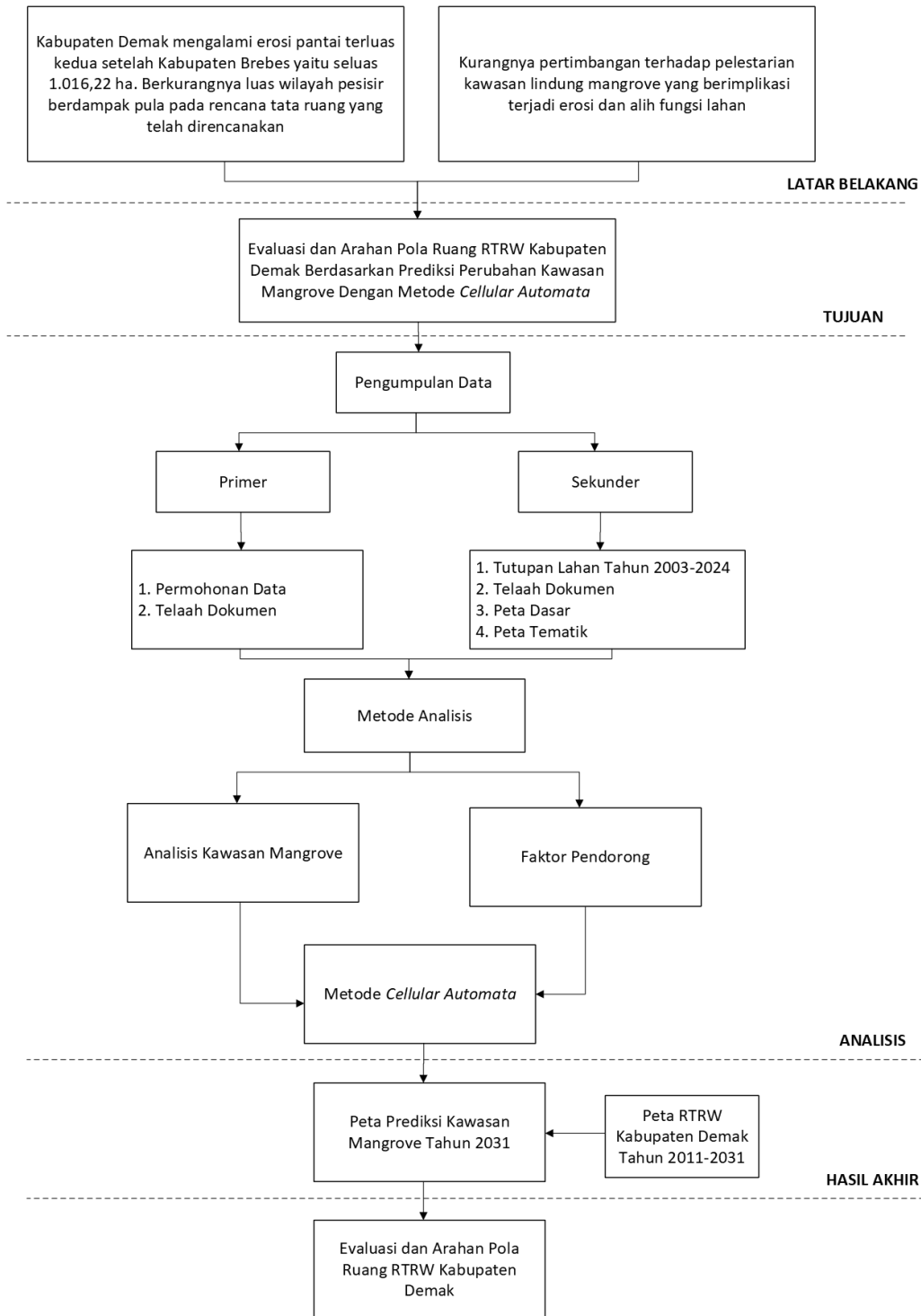
Kabupaten Demak menghadapi permasalahan erosi pantai yang sangat serius, di mana wilayah ini tercatat memiliki tingkat erosi pantai terluas kedua setelah Kabupaten Brebes, yakni seluas 1.016,22 hektar. Berkurangnya luas wilayah pesisir tidak hanya menyebabkan kerusakan lingkungan, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap rencana tata ruang yang telah direncanakan sebelumnya. Salah satu penyebab utama dari permasalahan ini adalah kurangnya perhatian terhadap pelestarian kawasan lindung mangrove. Hal ini berimplikasi pada meningkatnya risiko terjadinya erosi serta alih fungsi lahan di wilayah pesisir. Oleh karena itu, diperlukan sebuah upaya strategis untuk memahami dinamika perubahan tersebut sekaligus merumuskan langkah-langkah perbaikan melalui evaluasi berbasis data.

Sebagai langkah awal, studi ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi kawasan hutan mangrove yang dapat digunakan sebagai evaluasi rencana tata ruang. Penelitian dimulai dengan proses pengumpulan data yang dibagi menjadi dua kategori, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer mencakup kegiatan permohonan data ke instansi terkait serta telaah dokumen pendukung yang relevan. Sementara itu, data sekunder meliputi berbagai informasi penting seperti data tutupan lahan tahun 2003 hingga 2024, peta kawasan mangrove, peta rencana pola ruang tahun 2011–2031, peta dasar, dan peta tematik. Kedua jenis data ini kemudian diolah untuk memberikan landasan analisis yang lebih komprehensif.

Metode analisis digunakan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan. Analisis ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu analisis perkembangan kawasan mangrove dan analisis faktor pendorong. Proses analisis ini bertujuan untuk menghasilkan peta prediksi kawasan mangrove tahun 2031, yang memberikan gambaran mengenai potensi perubahan dan dinamika yang terjadi di masa depan. Setelah peta prediksi selesai dibuat, langkah berikutnya adalah melakukan validasi hasil guna memastikan tingkat akurasi dari model prediksi yang telah dikembangkan.

Hasil akhir dari seluruh rangkaian proses ini, disusun peta simulasi perubahan kawasan mangrove untuk tahun 2031. Peta ini diharapkan dapat memberikan informasi yang

mendalam bagi para pemangku kepentingan dalam mendukung perencanaan tata ruang yang lebih baik. Peeta ini juga menjadi panduan penting untuk memperkuat langkah pelestarian kawasan lindung mangrove guna mengurangi dampak erosi serta alih fungsi lahan di wilayah pesisir Kabupaten Demak.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 2. 1 Diagram Alir Analisis

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Citra Landsat 7 ETM+

Karakteristik Landsat 7 ETM+ hampir serupa dengan Landsat 5 TM, dengan hanya tiga sensor yang berbeda, yaitu sensor TM dan ETM+. Satelit ini diluncurkan pada tahun 1999. Meskipun direncanakan untuk beroperasi selama lima tahun, satelit tersebut mengalami kerusakan akibat kesalahan dalam pengoreksian baris pemindai. Hingga 31 Mei 2003, satelit ini tidak berfungsi dengan baik (Loekman & Khakhim, 2015)

Tabel 2. 1 Spesifikasi Band Spektral Landsat 7 ETM+

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (micrometers)	Resolusi (meter)
<i>Band 1 – Blue</i>	0.45-0.52	30
<i>Band 2 - Green</i>	0.52-0.60	30
<i>Band 3 - Red</i>	0.63-0.69	30
<i>Band 4 – Near infrared</i>	0.77-0.90	30
<i>Band 5 – SWIR 2</i>	1.55-1.75	30
<i>Band 6 - Thermal Infrared</i>	10.40-12.50	30
<i>Band 7 - SWIR 2</i>	2.09-2.35	30
<i>Band 8 - Panchromatic</i>	0.52-0.90	15

Sumber : landsat.gsfc.nasa.gov

2.2.2 Citra Landsat 8-OLI TIRS

Landsat 8 OLI adalah satelit yang diluncurkan pada tahun 2013 sebagai penerus dari Landsat 7 ETM+. Satelit ini dilengkapi dengan dua sensor utama, yaitu OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Sensor OLI memiliki karakteristik yang serupa dengan citra Landsat 7 ETM+, tetapi dengan tambahan dua kanal baru: kanal 1 untuk mendeteksi aerosol di daerah garis pantai (433 nm) dan kanal 9 untuk mengidentifikasi awan cirrus (1375 nm) (Loekman & Khakhim, 2015).

Tabel 2. 2 Spesifikasi Band Spektral Landsat 8

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (micrometers)	Resolusi (meter)
<i>Band 1 – Coastal Aerosol</i>	0.43-0.45	30
<i>Band 2 - Blue</i>	0.45-0.51	30

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (micrometers)	Resolusi (meter)
<i>Band 3 - Green</i>	0.53-0.59	30
<i>Band 4 - Red</i>	0.64-0.67	30
<i>Band 5 - Near Infrared (NIR)</i>	0.85-0.88	30
<i>Band 6 - SWIR 1</i>	1.57-1.65	30
<i>Band 7 - SWIR 2</i>	2.11-2.29	30
<i>Band 8 - Panchromatic</i>	0.50-0.68	15
<i>Band 9 - Cirrus</i>	1.36-1.38	30
<i>Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	10.60-11.19	100
<i>Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	11.50-12.51	100

Sumber : landsat.gsfc.nasa.gov

2.2.3 Citra Landsat 9-OLI TIRS

Landsat 9 diluncurkan pada 27 September 2021 oleh NASA bekerja sama dengan *United States Geological Survey* (USGS). Satelit ini merupakan bagian dari Program Landsat yang telah berlangsung sejak 1972, dan dirancang untuk melanjutkan misi Landsat 8 dengan peningkatan dalam resolusi radiometrik dan kualitas data. Landsat 9 dilengkapi dengan dua instrumen utama: *Operational Land Imager 2* (OLI-2) dan *Thermal Infrared Sensor 2* (TIRS-2), yang memungkinkan pengamatan yang lebih akurat terhadap fenomena seperti deforestasi, perubahan penggunaan lahan, dan dampak perubahan iklim (Masek et al., 2020).

Tabel 2. 3 Spesifikasi Band Spektral Landsat 9

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (micrometers)	Resolusi (meter)
<i>Band 1 – Coastal Aerosol</i>	0.43-0.45	30
<i>Band 2 - Blue</i>	0.45-0.51	30
<i>Band 3 - Green</i>	0.53-0.59	30
<i>Band 4 - Red</i>	0.64-0.67	30

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (micrometers)	Resolusi (meter)
<i>Band 5 - Near Infrared (NIR)</i>	0.85-0.88	30
<i>Band 6 - SWIR 1</i>	1.57-1.65	30
<i>Band 7 - SWIR 2</i>	2.11-2.29	30
<i>Band 8 - Panchromatic</i>	0.50-0.68	15
<i>Band 9 - Cirrus</i>	1.36-1.38	30
<i>Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	10.60-11.19	100
<i>Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	11.50-12.51	100

Sumber : landsat.gsfc.nasa.gov

2.2.4 Hutan Mangrove

Hutan mangrove merupakan ekosistem komunitas pantai tropis yang terdiri dari berbagai jenis pohon mangrove yang mampu tumbuh di daerah pasang surut, baik di pantai yang berlumpur maupun yang berpasir (Bengen, 2001). Ekosistem mangrove, yang juga dikenal sebagai bakau, terletak di wilayah pesisir yang dipengaruhi oleh fluktuasi pasang surut air laut. Akibatnya, permukaan atau lantai kawasan ini selalu tergenang air, menciptakan lingkungan yang unik dan khas bagi pertumbuhan vegetasi mangrove. Ekosistem ini terletak di kawasan antara level tertinggi pasang naik dan level rata-rata permukaan laut pada area pantai yang terlindung. Mangrove juga berperan dalam menyediakan berbagai layanan ekosistem yang esensial di sepanjang pesisir pantai di wilayah-wilayah tropis. Keberadaan ekosistem mangrove membentuk zona penyangga alami yang menjembatani antara lingkungan darat dan laut, memungkinkannya untuk mendukung keanekaragaman hayati yang unik dan menawarkan perlindungan bagi garis pantai. Sistem perakaran yang kompleks dan kemampuan adaptasinya terhadap lingkungan payau, mangrove mampu bertahan di habitat yang menantang ini sambil terus memberikan kontribusi ekologis yang sangat penting bagi keseimbangan alam di kawasan pesisir tropis.

Ekosistem mangrove merupakan suatu sistem yang terdiri atas organisme (tumbuhan dan hewan) yang berinteraksi dengan faktor lingkungannya di dalam suatu habitat mangrove. Mangrove merupakan ekosistem hutan yang unik karena merupakan perpaduan antara

ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ekosistem mangrove merupakan penghasil detritus, sumber nutrisi, dan bahan organik yang dibawa ke ekosistem padang lamun oleh arus kuat (Kawamuna dkk., 2017)

2.2.5 Prediksi Perubahan Kawasan Mangrove

Prediksi spasial adalah metode untuk memodelkan perubahan penggunaan lahan berdasarkan data historis dan faktor pendorong (Ziadat. F, 2017). Penggunaan data kawasan mangrove untuk menganalisis perubahan atau perkembangan luas dan distribusi kawasan mangrove dalam kurun waktu (2003–2024). Analisis ini bertujuan untuk memahami dinamika perubahan ekosistem mangrove yang terjadi di Kabupaten Demak. Metode yang digunakan adalah *Cellular Automata*. *Cellular Automata* (CA) adalah algoritma simulasi yang memprediksi perubahan tutupan lahan berdasarkan aturan transisi dan data spasial. Metode ini digunakan karena kemampuannya mengintegrasikan faktor sosial, ekologis, dan kebijakan dalam analisis prediksi (Shi dkk., 2021)

2.2.6 Mollusce (Modules for Land Use Change Evaluation)

Modules for Land Use Change Simulations (MOLUSCE) adalah sebuah perangkat yang dapat dimanfaatkan untuk memprediksi perubahan penutupan lahan di masa mendatang (Lukman & Darmawan, 2023). MOLUSCE memiliki beberapa keunggulan, antara lain: bersifat sumber terbuka, memiliki antarmuka pengguna dengan standar umum, menawarkan berbagai opsi algoritma untuk pemodelan, dilengkapi dengan fitur validasi model menggunakan statistik kappa, serta tidak memerlukan ukuran data minimal atau proses pengolahan awal data yang rumit

Plugin ini mengintegrasikan algoritma-algoritma yang telah dikenal luas, yang dapat diaplikasikan dalam analisis perubahan penutupan lahan dan studi perkotaan. Molusce sangat tepat digunakan untuk mengkaji perubahan penggunaan lahan dan penutupan hutan pada berbagai periode waktu; membuat model potensi transisi penggunaan lahan/tutupan atau kawasan yang memiliki risiko deforestasi; serta menjalankan simulasi perubahan penggunaan lahan dan tutupan hutan untuk masa yang akan datang. Molusce terdiri dari lima tahap berurutan yaitu modul input, analisis kawasan yang mengalami perubahan, metodologi pemodelan, simulasi, dan validasi (Haryani dkk., 2023).

2.2.7 Cellular Automata

Cellular Automata (CA) adalah model dinamis yang menggabungkan dimensi spasial dan temporal. Konsep *cellular automata* mulai dikembangkan pada dekade 1940-an

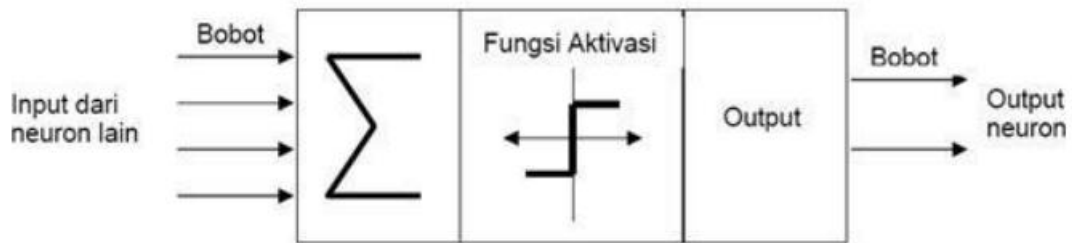
dalam bidang ilmu komputer oleh Von Neumann dan Ulam. Kelebihan utama model cellular automata terletak pada kemampuannya untuk menelaah berbagai pola, mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks, dengan menggunakan prinsip-prinsip yang tidak rumit. (Singh, 2003). *Model Cellular Automata* (CA) telah banyak digunakan dan diterapkan dalam berbagai kajian ilmu kebumihutan, dengan salah satu aplikasi pentingnya adalah dalam studi transformasi atau perubahan penggunaan lahan (Almeida dkk., 2005). Rumus CA umumnya dinyatakan sebagai:

$$[S_i^{t+1} = f(S_i^t, N(S_i^t))]$$

Keterangan

- S_i^t : Status sel i pada waktu t
- S_i^{t+1} : Status sel i pada waktu $t+1$
- $N(S_i^t)$: Status tetangga dari sel i pada waktu t .
- f : Fungsi aturan transisi (biasanya berbentuk logika atau persamaan matematis). (Wolfram, 1983)

Meskipun CA memiliki keunggulan dalam menangkap pola perubahan spasial, model ini memerlukan aturan transisi yang akurat untuk menghasilkan prediksi yang lebih realistis. Oleh karena itu, Artificial Neural Network (ANN) sering digunakan sebagai algoritma dalam CA guna meningkatkan ketepatan dalam menentukan aturan transisi berdasarkan pola historis data perubahan lahan. *Artificial Neural Network* (ANN) adalah sebuah sistem yang beroperasi berdasarkan prinsip jaringan saraf biologis, menjadi simulasi dari sistem saraf biologi (Suhartono, 2012). Konsep mendasar dari ANN adalah meniru cara kerja pemikiran otak manusia. Dalam konteks pemodelan perubahan penggunaan lahan, ANN dapat diimplementasikan melalui empat tahap: pertama, menetapkan input dan rancangan arsitektur jaringan; kedua, melakukan pelatihan jaringan; ketiga, mengevaluasi jaringan melalui pengujian; dan keempat, memanfaatkan hasil analisis untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan di masa depan (Tasha, 2012). Visualisasi struktur ANN dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Sumber: Suhartono, 2012

Gambar 2. 2 Struktur *Artificial Neural Network*

Multilayer Perceptron (MLP) merupakan komponen ANN yang paling populer dan banyak diaplikasikan. MLP termasuk dalam kategori metode pembelajaran terbbimbing (*supervised learning*) yang memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengenali pola-pola masukan yang disajikan. Dalam aplikasinya, MLP dapat dimanfaatkan untuk melakukan analisis diskriminan non-linier dalam proses klasifikasi serta untuk menjalankan analisis regresi yang bersifat non-linier (Li dkk., 2012) *Multilayer Perception* dengan fungsi sigmoid energi. Oleh karena itu variabel target (kategori peta perubahan) harus diskalakan ke interval (-1, 1) selama pengkodean dummy alih-alih klasik (0, 1). Proses ini dilakukan secara otomatis selama persiapan.

Jaringan yang dibuat dapat mengatur jumlah *arbitrary* lapisan tersembunyi (satu atau lebih) dan jumlah *arbitrary* neuron (satu atau lebih) di lapisan tersebut. Akhirnya jaringan yang dibuat memiliki:

$$(C - 1)(2N + 1)^2 + B(2N + 1)^2 \text{ input neuron};$$

$$M \text{ output neuron (tergantung metode sampling)}$$

Keterangan :

- C : jumlah kategori penggunaan lahan.
- N : ukuran lingkungan yang telah ditentukan.
- B : jumlah *band raster* faktor.
- M : jumlah kelas kategori unik.

Algoritma backpropagation klasik dengan momentum digunakan untuk prosedur pembelajaran. Koreksi bobot dilakukan sebagai:

$$w(n + 1) = r * dw(n) + m * dw(n - 1)$$

Keterangan :

- w : vektor bobot neuron,
- dw : vektor perubahan bobot,
- n : nomor iterasi,
- r : *learning rate*,
- m : nilai momentum.

2.2.8 Faktor Pendorong

Identifikasi faktor pendorong dengan menggunakan analisis deskriptif dengan memilih beberapa variabel yang mendorong perubahan penutupan lahan. Diantara banyaknya faktor-faktor yang dapat mendorong perubahan penutupan lahan dalam suatu wilayah beberapa diantaranya mempunyai aspek yang berbeda. Perubahan lahan lebih banyak terjadi apabila jarak lahan dari permukiman, jalan, dan sungai semakin dekat, serta semakin banyak penduduk yang menempati lahan tersebut. Beberapa faktor yang mendorong perubahan suatu penutupan lahan diantaranya adalah jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke pemukiman, kepadatan penduduk, pendapatan (Kubangun dkk., 2016)

Jarak ke jalan, sungai dan pemukiman digunakan sebagai faktor perubahan dari segi budaya masyarakat, artinya semakin dekat penutupan lahan terhadap jalan, sungai dan pemukiman maka semakin cepat perubahan penutupan lahan yang terjadi (Hapsary dkk., 2021). Korelasi Pearson merupakan salah satu metode untuk mengukur tingkat asosiasi (hubungan) atau korelasi antar variabel faktor. Nilai uji korelasi semakin mendekati 1 maka menunjukkan keterkaitan atau hubungan yang erat antar variable (Santoso, 2009).

Pertimbangan perkembangan kota yang telah diklasifikasikan menjadi lahan terbangun akan dipengaruhi oleh kedekatan jarak dengan permukiman dan tempat kegiatan yang telah ada kemudian akan cenderung berkembang linear mengikuti lahan yang mudah diakses maka peneliti memilih lima faktor pendorong yang berkaitan dengan untuk melakukan prediksi perubahan tutupan lahan pada wilayah studi yaitu Kabupaten Demak yaitu : 1) Permukiman, 2) Jalan, 3) *Slope*, 4) Sungai, 5) Garis Pantai.

2.2.9 Sistem Agroforestri Pesisir

Pendekatan agroforestri pesisir digunakan dalam penataan kawasan hortikultura yang terancam abrasi. Teori agroforestri pesisir menyatakan bahwa integrasi tanaman tahan salinitas dengan vegetasi pelindung dapat meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap

abrasi serta mendukung ketahanan pangan di wilayah pesisir. Sistem ini menjaga keseimbangan ekologis melalui kombinasi tanaman produktif dengan vegetasi yang berfungsi sebagai penahan erosi dan pelindung tanah dari intrusi air laut (Sarangi dkk., 2024). Konsep *green belt* mangrove menjelaskan bahwa sabuk hijau berbasis vegetasi seperti mangrove dapat mengurangi dampak gelombang, menstabilkan garis pantai, serta meningkatkan kesuburan tanah di sekitar lahan hortikultura (Edyanto, 2016).

2.2.10 Resilient Coastal Settlement

Permukiman di kawasan pesisir yang rentan abrasi harus menerapkan konsep *resilient coastal settlement*, yang menekankan adaptasi terhadap perubahan lingkungan melalui strategi struktural dan non-struktural (Zhang & Stouffs, 2023). Adaptasi struktural mencakup pembangunan rumah panggung yang lebih tahan terhadap banjir rob dan kenaikan muka air laut (Warsilah, 2023). Adaptasi non-struktural melibatkan relokasi permukiman ke zona yang lebih aman serta penguatan kesadaran masyarakat mengenai risiko bencana pesisir. Teori mitigasi berbasis tata ruang menekankan bahwa pengelolaan ruang harus mempertimbangkan faktor risiko lingkungan dengan mengatur zona penyangga dan menghindari pembangunan di daerah rawan abrasi (Paudel dkk., 2024). Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) berperan penting dalam mengatur pola permukiman agar sesuai dengan daya dukung lingkungan serta strategi mitigasi bencana (Novriyal dkk., 2025).

2.2.11 Breakwater dan Seawall

Kemiringan Breakwater dan seawall merupakan strategi *hard engineering* yang digunakan untuk menanggulangi abrasi pada kawasan industri di pesisir. Teori *hard engineering* menjelaskan bahwa struktur pelindung pantai seperti *breakwater* dan *seawall* dapat meredam energi gelombang, mengurangi erosi pantai, serta menjaga stabilitas garis pantai (Xia, 2025). Pembangunan *breakwater* bertujuan untuk menahan dampak langsung dari gelombang laut, sementara *seawall* berfungsi sebagai penghalang fisik untuk melindungi infrastruktur di kawasan pesisir. Teori pengelolaan zona pesisir berbasis risiko (*Coastal Zone Management*) menekankan pentingnya pengendalian pemanfaatan ruang berdasarkan tingkat risiko lingkungan guna memastikan kawasan industri tidak berada di area yang sangat rentan terhadap abrasi (Guo dkk., 2025). Pendekatan ini juga dapat dikombinasikan dengan konsep *eco-industrial development*, yang mendorong penerapan teknologi ramah lingkungan dalam pengelolaan kawasan industri untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan pesisir (Ufuoma Ejairu dkk., 2024).