

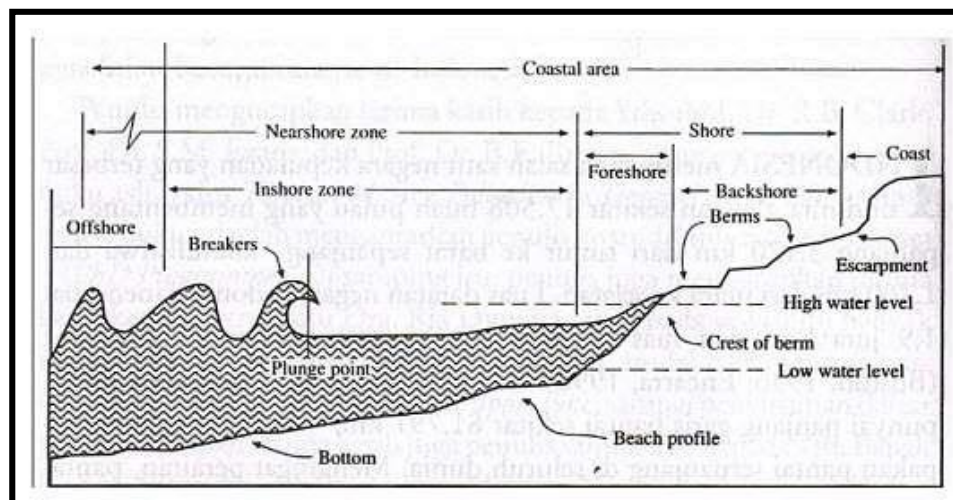
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Wilayah Pesisir

2.1.1. Pemahaman Dasar Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir didefinisikan sebagai wilayah peralihan antara laut dan daratan, ke arah darat mencakup daerah yang masih terkena pengaruh percikan air laut atau pasang surut, dan ke arah laut meliputi daerah paparan benua (continental shelf) (Beatley *et al.*, 1994).

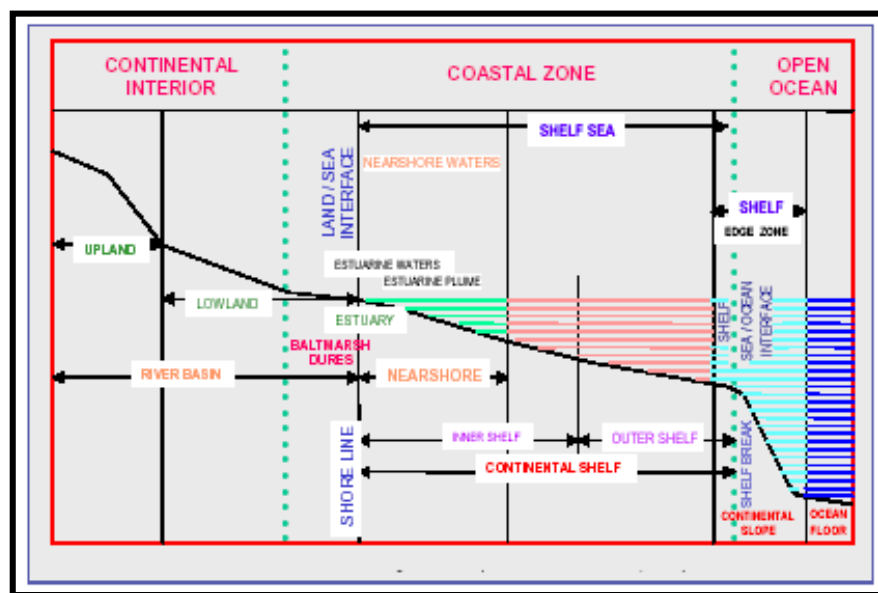


(Sumber : Triatmojo, 1999)

Gambar 2.1. Batas-batas fisik wilayah pesisir (Sumber : Triatmojo, 1999)

Batasan di atas menunjukkan bahwa garis batas wilayah pesisir yang konkrit tidak ada. Batas wilayah pesisir hanyalah garis imajiner yang letaknya ditentukan oleh kondisi dan karakteristik pesisir setempat. Di wilayah pesisir yang

landai dengan sungai besar, garis batas ini dapat berada jauh dari garis pantai. Sebaliknya di tempat yang berpantai curam dan langsung berbatasan dengan laut dalam, wilayah pesisirnya akan relatif sempit. Beberapa pakar, terutama pakar ilmu-ilmu sosial berpendapat bahwa wilayah pesisir juga tidak dapat terlepas dari



permasalahan sosial-ekonomi masyarakat pesisir serta administrasi pemerintahan.

(Sumber : Pernettadan Milliman, 1995).

Gambar 2.2. Batasan Wilayah Pesisir Menurut Kesepakatan Internasional

Dalam satu kesepakatan internasional, wilayah pesisir didefinisikan sebagai wilayah peralihan antara laut dan daratan, yang ke arah darat mencakup daerah yang masih terkena pengaruh percikan air laut atau pasang surut, dan ke arah laut meliputi daerah paparan benua (continental shelf) (Beatley *et. al.*, 1994) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Untuk kepentingan praktis dalam lingkup nasional,

terdapat pula kesepakatan mengenai batasan wilayah pesisir yaitu bahwa batas ke arah laut suatu wilayah adalah sesuai dengan batas laut yang terdapat pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia yang berskala 1:50.000, yang diterbitkan Badan Survei dan Pemetaan Nasional. Demikian telah ditetapkan pula batas ke arah darat yang akan mencakup batas administratif seluruh desa pantai. (Dirhamsyah, 2006).

2.1.2. Pantai

Termasuk wilayah pesisir adalah pantai yang dapat diartikan sebagai suatu mintakat antara daratan dan laut yang dibatasi oleh rata-rata garis surut terendah atau disebut dengan garis pantai (*shoreline*) dengan rata-rata garis pasang tertinggi air laut atau garis pesisir (*coastline*). Manusia memanfaatkan daerah pantai untuk berbagai kegiatan seperti wisata dan pendukung kegiatan penangkapan ikan. Perairan pantai merupakan perairan yang rentan terhadap perubahan secara alami maupun berasal dari aktivitas manusia. Ekosistem pantai letaknya berbatasan dengan ekosistem darat, laut, dan daerah pasang surut. Ekosistem pantai dipengaruhi oleh siklus harian pasang surut laut. Organisme yang hidup di pantai memiliki adaptasi struktural sehingga dapat melekat erat di substrat keras. Daerah paling atas pantai hanya terendam saat pasang naik tinggi. Daerah ini dihuni oleh beberapa jenis ganggang, moluska, dan remis yang menjadi konsumsi bagi kepiting dan burung pantai. Daerah tengah pantai terendam saat pasang tinggi dan pasang rendah. Daerah ini dihuni oleh ganggang, porifera, anemon laut, remis dan kerang, siput herbivora dan karnivora, kepiting, landak laut, bintang laut, dan ikan-ikan kecil. Daerah pantai terdalam

terendam saat air pasang maupun surut. Daerah ini dihuni oleh beragam invertebrata dan ikan serta rumput laut.

Selain gelombang angin juga memberikan distribusi yang besar karena angin merupakan faktor utama dalam pergerakan arus dan gelombang. Perbedaan suhu dan kelembaban udara antara daratan dan lautan menyebabkan adanya angin yang berhembus baik dari darat maupun sebaliknya. Pergerakan angin ini menimbulkan gelombang yang memiliki kekuatan yang berbeda tergantung pada kecepatannya. Dipantai, angin dapat menimbulkan arus sejajar yang arahnya mengikuti arah angin yang berhembus di sekitar pantai.

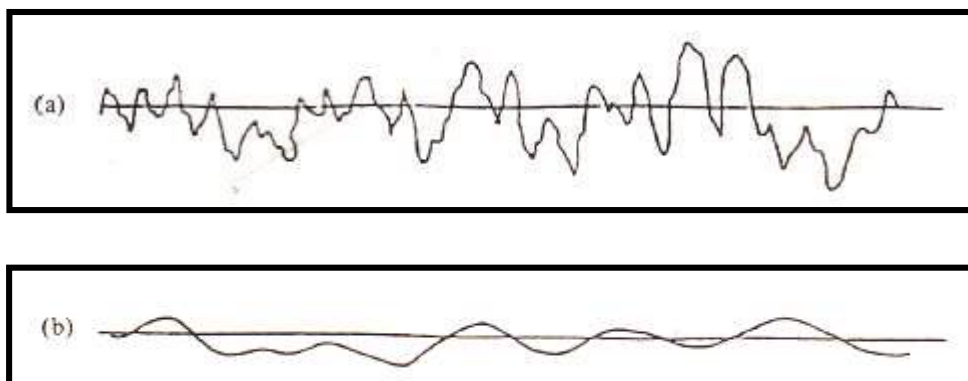
2.2. Sifat Fisik Hidrooseanografi

2.2.1. Gelombang

Gelombang laut merupakan suatu deretan pulsa-pulsa yang berurutan yang terlihat sebagai perubahan tinggi permukaan air laut dari suatu elevasi maksimum ke elevasi minimum. Gelombang laut terjadi akibat adanya gejala alam yang terjadi di laut seperti angin, gempa bumi, gaya gravitasi bumi, gaya coriolis dan tegangan permukaan. Gelombang di laut sangat kompleks, tetapi dalam mempelajarinya gelombang di laut yang mempunyai pola sinusoidal (Triatmodjo, 1999). Gelombang selalu menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa henti-hentinya pada lapisan permukaan laut dan jarang dalam keadaan sama sekali diam. Susunan gelombang di lautan baik bentuk maupun macamnya sangat bervariasi dan kompleks, sehingga mengakibatkan hampir tidak dapat diuraikan. Suatu gelombang

membentuk gerakan maju melintasi permukaan air, tetapi sebenarnya terjadi hanya suatu gerakan kecil ke arah depan dari massa air itu sendiri (Hutabarat dan Evan, 2006).

Menurut CERC (2002), karakteristik dari gelombang laut tergantung pada gaya-gaya yang membangkitkannya. Energi gelombang yang paling besar berasal dari gelombang gravitasi yang ditimbulkan oleh angin. Angin yang berhembus diatas permukaan air (danau atau laut) akan memindahkan energinya ke air tersebut dan menimbulkan gelombang. Tempat terbentuknya gelombang dibentuk disebut daerah pembangkitan atau pembentukan gelombang (*wave generating area*). Gelombang yang terjadi di daerah pembentukan gelombang disebut gelombang angin (*sea/ombak*), sedangkan gelombang yang telah keluar dari daerah pembentukan disebut alun (*swell*). Perbedaan antara *sea* dan *swell* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Hutabarat dan Evan, 2006

Gambar 2.3. (a) Bentuk Gelombang yang Tidak Teratur yang Ditimbulkan oleh adanya Angin disebut *sea*, (b) Bentuk Gelombang yang Teratur yang Menjauhi Tempat Asalnya disebut *swell*

Angin yang bertiup di permukaan laut merupakan pembangkit utama gelombang. Bentuk gelombang yang dihasilkan cenderung tidak tertentu yang tergantung kepada bermacam-macam sifat seperti tinggi, periode di daerah mana mereka dibentuk. Hal ini dikenal dengan sebutan *sea*. Kenyataannya gelombang kebanyakan berjalan pada jarak yang luas, sehingga mereka bergerak makin jauh dari tempat asalnya dan tidak lagi dipengaruhi langsung oleh angin, maka mereka akan berbentuk lebih teratur. Bentuk ini dikenal sebagai *swell* (Hutabarat dan Evan, 2006). Sifat-sifat gelombang paling tidak dipengaruhi oleh tiga bentuk angin (Hutabarat dan Evan, 2006) :

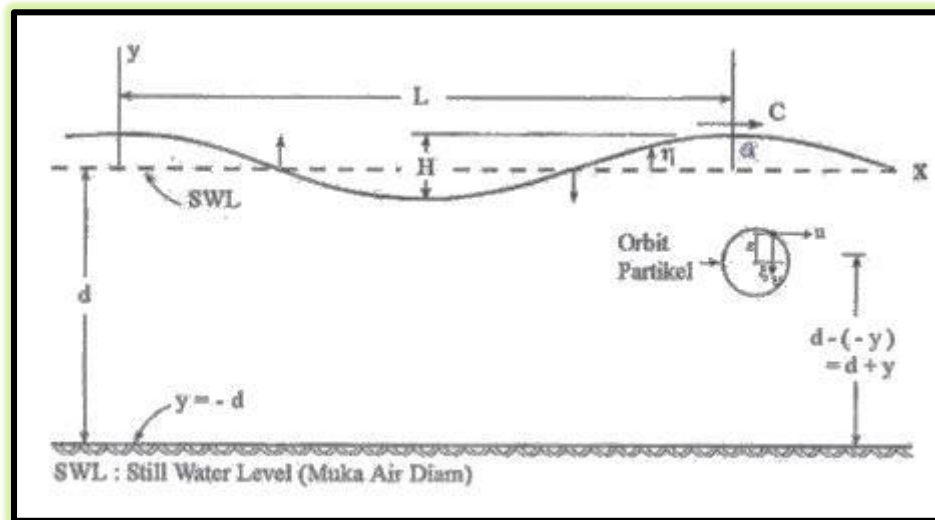
- a. Kecepatan angin;
- b. Waktu di mana angin sedang bertiup (durasi); dan
- c. Jarak tanpa rintangan di mana angin sedang bertiup (fetch).

Bentuk gelombang akan berubah dan akhirnya pecah begitu mereka sampai di pantai. Hal ini disebabkan oleh karena gerakan melingkar dari partikel-partikel yang terletak di bagian paling bawah gelombang dipengaruhi oleh gesekan dari dasar laut di perairan yang dangkal. Gelombang sekarang bergerak ke depan dan tinggi gelombang naik sampai mencapai kira-kira 80% dari kedalaman perairan. Bentuk ini kemudian menjadi tidak stabil dan akhirnya pecah, yang sering disertai dengan gerakan maju ke depan yang berkekuatan sangat besar (Hutabarat dan Evan, 2006). Transpor sedimen yang diakibatkan oleh gelombang dapat terjadi dari

arah tegak lurus atau membentuk sudut terhadap garis pantai. Banyaknya endapan tergantung pada gelombang dan ketersediaan sedimen di pantai.

a. Parameter Gelombang Laut

Menurut Triatmodjo (1999) bentuk gelombang di laut sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis. Untuk mempelajarinya dilakukan pendekatan bahwa gelombang mempunyai pola sinusoidal 2D dalam arah x dan y.



(Triatmodjo, 1999).

Gambar 2.4. Sketsa Definisi Gelombang (Triatmodjo, 1999).

dimana :

d : jarak antara muka air rerata dan dasar laut

a : amplitudo gelombang

$n(x,t)$: fluktuasi muka air terhadap muka air diam

H : tinggi gelombang = $2a$

L : panjang gelombang

T: periode gelombang

C: kecepatan rambat gelombang = L/T

K: angka gelombang $2\pi/L$

τ : frekuensi gelombang $2\pi/T$

Gelombang laut dapat diklasifikasikan dalam beberapa tipe menurut parameter - parameter fisik yang menjadi karakteristik dari gelombang laut. Klasifikasi gelombang laut ini untuk memudahkan mencari solusi dan formulasi matematikanya. Koutitas (1988), mengklasifikasikan gelombang berdasarkan periodanya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Gelombang Berdasarkan Periodenya

No	Periode	Panjang Gelombang	Nama
1	0 – 0,2 detik	Beberapa centimeter	<i>Ripples/Riak</i>
2	0,2 – 9 detik	Sekitar 130 centimeter	Gelombang Angin
3	9 – 12 detik	Ratusan meter	<i>Swell</i>
4	15 – 30 detik	Lebih dari ratusan meter	<i>Long Swell</i>
5	0,5 – 1 jam	Kurang dari seribu meter	Gelombang panjang

(Sumber : Koutitas, 1988)

Klasifikasi berdasarkan tinggi gelombang dibuat karena adanya perbedaan yang jelas diantara gelombang-gelombang yang tinggi gelombangnya sangat kecil dan yang berhingga. Klasifikasi yang pertama biasanya disebut gelombang amplitudo kecil, di

mana diperoleh nilai yang cukup kecil dari $\delta = H/d$ dan H/L . Untuk mempelajarinya dipakai teori gelombang linier Airy atau teori gelombang Stokes orde pertama. Sedangkan klasifikasi yang kedua disebut gelombang amplitudo berhingga dan dipelajari dengan memakai teori Stokes orde kedua (atau yang lebih tinggi), teori gelombang Cnoidal, dan Solitary (CERC, 2002). Menurut Triatmodjo (1999), gelombang di laut dibedakan berdasarkan gaya penggerakannya sebagai berikut:

- a. Gelombang angin yaitu gelombang yang terjadi diakibatkan oleh tiupan angin di permukaan laut.
- b. Gelombang pasang yaitu gelombang yang terjadi sebagai akibat adanya gaya tarik-menarik dari benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi.
- c. Gelombang tsunami yaitu gelombang yang terjadi sebagai akibat adanya letusan gunung api atau gempa di laut.
- d. Gelombang yang ditimbulkan oleh kapal yang bergerak.

b. Gelombang Laut Yang Disebakan Oleh Angin

Menurut Ningsih (2000), mekanisme terbentuknya gelombang laut oleh angin adalah sebagai berikut :

- a. Bila diatas permukaan laut yang tenang terdapat angin yang bertiup, maka mula-mula akan terbentuk gelombang-gelombang kecil yang disebut *ripples* (riak),
- b. *Ripples* akan berperan dalam membentuk kekasaran muka laut yang dapat membentuk transfer energi dari angin,

- c. Bila angin terus berhembus, maka akan terbentuk gelombang yang lebih besar dan memiliki tinggi yang semakin membesar yang disebabkan adanya transfer energi dari angin,
- d. Pada saat tertentu tinggi gelombang tidak dapat terus bertambah walaupun angin tetap berhembus, karena tercapai suatu kondisi di mana tinggi gelombang berhenti untuk bertambah akibat tercapainya keseimbangan antara energi yang ditransferkan dengan energi yang terdissipasi (*fully developed sea*) oleh peristiwa pecahnya gelombang.

Energi gelombang yang paling besar dari gelombang gravitasi yang ditimbulkan oleh angin. Angin yang bertiup di atas permukaan laut akan mentransferkan energi ke permukaan air dan akan menimbulkan gelombang. Daerah terbentuknya gelombang (*wave generating area*) gelombang yang terjadi. Pada daerah pembangkitan gelombang disebut gelombang *sea*, dan gelombang yang terjadi diluar pembangkitan setelah mengalami penjalaran disebut *swell* (CERC, 2002). Menurut Hutabarat *et al.* (2006), faktor-faktor yang mempengaruhi dan menentukan karakteristik gelombang oleh angin yaitu :

1. Durasi angin

Tinggi, kecepatan dan panjang gelombang nilainya bertambah seiring bertambahnya durasi angin berhembus pada saat membangkitkan gelombang.

2. Kecepatan angin

Semakin bertambahnya kecepatan angin maka gelombang yang akan terbentuk semakin besar pula.

3. Jarak tanpa rintangan yang ditempuh oleh angin dari arah

pembangkitan gelombang (*fetch*). Panjang *fetch* akan sangat mempengaruhi panjang gelombang di suatu kawasan perairan. Gelombang yang terbentuk di danau memiliki *fetch* kecil biasanya panjang gelombangnya hanya beberapa centimeter, berbeda halnya dengan yang terjadi di lautan dengan nilai *fetch* yang lebih besar dan mempunyai panjang gelombang sampai beberapa ratus meter.

Angin muson di Indonesia mengalami dua kali pembalikan arah dalam setahun, keadaan tersebut mengakibatkan wilayah Indonesia dibagi berdasarkan arah angin muson yang bertiup, yaitu monsun barat dan monsun timur, meskipun demikian pembagian ini lebih dikenal di Indonesia dengan empat musim yang berbeda yaitu :

1. Musim Barat (Desember-Januari-Februari)

Musim dingin Belahan Bumi Utara (BBU), yang mengakibatkan perbedaan tekanan dikarenakan pada Belahan Bumi Selatan (BBS) mengalami musim panas, sehingga angin dari BBU bergerak melewati samudera Pasifik dan Samudera Indonesia serta Laut Cina Selatan. Karena melewati lautan tentunya membawa uap air dan setelah sampai di Indonesia turunlah hujan pada bulan Desember-Januari-Februari.

2. Musim Timur (Juni-Juli-Agustus)

Benua Australia yang ditinggalkan matahari temperaturnya rendah sehingga tekanan udara tinggi, maka terjadilah pergerakan angin dari Benua Australia ke Benua Asia, angin ini tidak menurunkan hujan karena hanya melewati laut kecil dan jalur yang sempit seperti Laut Timor, Laut Arafuru, bagian selatan Irian Jaya

dan Kepulauan Nusa Tenggara. Oleh karena itu di Indonesia sering menyebutnya sebagai musim kemarau.

3. Musim Peralihan (Maret-April-Mei dan September-Oktober-November)

Periode ini matahari bergerak melintasi khatulistiwa sehingga angin menjadi lemah dan arahnya tidak menentu. Periode bulan Maret-April-Mei dikenal sebagai Musim Peralihan I sedangkan periode bulan September-Oktober-November dikenal sebagai Musim Peralihan II.

2.2.2. Arus

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, perbedaan dalam densitas air laut, maupun oleh gerakan bergelombang panjang, misalnya pasang surut. Di laut terbuka, arah dan kekuatan arus di lapisan permukaan sangat banyak ditentukan oleh angin (Nontji, 1993).

Dikatakan oleh Sudarto (1993), bahwa arus yang umum dikenal adalah arus akibat gelombang (arus sejajar pantai), arus akibat tiupan angin, arus densitas, dan arus pasang surut. Arus yang bergerak di permukaan laut disebut dengan arus atas, sedangkan arus yang bergerak di bawah permukaan laut disebut arus bawah. Faktor pembangkit dari arus atas adalah adanya angin yang bertiup di atasnya (Hutabarat dan Evans, 1986).

Arus air laut adalah pergerakan massa air secara vertikal dan horisontal sehingga menuju keseimbangannya, atau gerakan air yang sangat luas yang terjadi di seluruh lautan dunia (Hutabarat dan Evans, 1986). Arus juga merupakan gerakan

mengalir suatu massa air yang dikarenakan tiupan angin atau perbedaan densitas atau pergerakan gelombang panjang. Semakin besarnya kecepatan arus yang terjadi pada suatu perairan laut akan menyebabkan terjadinya pengadukan sedimen (Nontji, 1987).

2.3. Sedimen

Sedimen dalam pengertiannya menurut setiap sumber atau individu hampir memiliki perbedaan arti namun dalam pemahanan yang telah dibuktikan secara ilmiah pasti akan sama, seperti halnya menurut Poerbandono dan Djunarsjah (2005) mendefinisikan sedimen sebagai suatu material yang berasal dari pemecahan (fragmentasi) batuan. Pemecahan tersebut terjadi karena pelapukan (weathering) yang berlangsung secara fisik, kimiawi dan biologis. Sedimen sebagai bahan pembentuk morfologi pesisir, perubahan morfologi pesisir dapat terjadi akibat perpindahan sedimen yang berlangsung melalui mekanisme erosi, pengangkutan (transport) dan pengendapan (deposition).

Menurut Pipkin (1987) mendefinisikan sedimen yang merupakan batuan, mineral dan muatan organik atau non organik yang ditransportasikan dari berbagai sumber dan jarak tertentu, lalu didepositkan pada lingkungan pengendapan oleh media udara, angin, es, dan air.

Menurut Soemarto (1995) mengatakan bahwa sedimentasi adalah suatu proses pengendapan material yang ditransportkan oleh media air, angin, es atau gletser pada suatu cekungan atau lingkungan pengendapan yang salah satu hasil dari proses sedimentasi yaitu delta pada mulut sungai.

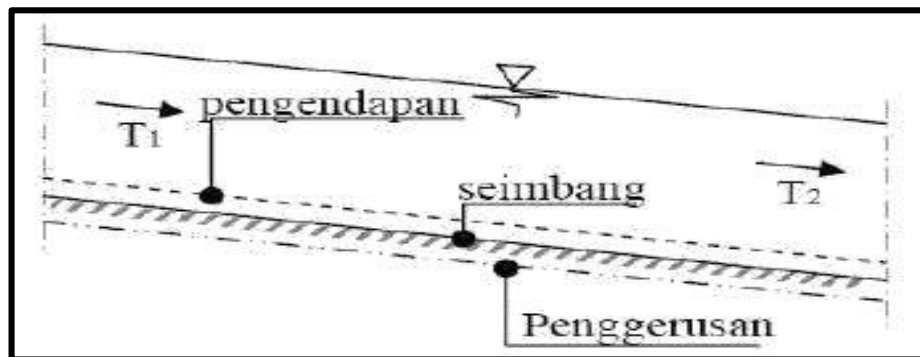
Pettijohn (1975) mendefinisikan sedimentasi yaitu merupakan suatu proses pengendapannya material pembentuk pada suatu lingkungan pengendapan yang diantaranya berupa sungai, muara, danau, delta, estuaria, laut dangkal dan laut dalam yang membentuk lapisan sedimen atau batuan sedimen.

Sedimentasi berkorelasi dengan lingkungan pengendapannya, di suatu bagian dari permukaan bumi berlangsung proses fisik, kimia, dan biologi berbeda dengan proses di daerah yang berbatasan dengan lingkungan pengendapan. Dengan kata lain lingkungan pengendapan adalah suatu lingkungan sebagai tempat terdepositnya material sedimen yang karakteristik hasil pengendapannya dipengaruhi oleh adanya aspek fisik, kimia dan biologi (Selley, 1988).

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, angkutan (transportation), pengendapan (deposition), dan pemadatan (compaction) dari sedimen itu sendiri. Proses ini berjalan sangat kompleks, diawali dengan jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Hasil erosi tanah berupa partikel halus lalu menggelinding bersama aliran, sebagian tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen (Soewarno, 1991).

Suatu pengendapan dapat terjadi apabila kapasitas sedimen yang masuk lebih besar dari kapasitas sedimen seimbang dalam satuan waktu, sedangkan penggerusan merupakan suatu keadaan dimana kapasitas sedimen yang masuk lebih kecil dari kapasitas sedimen seimbang dalam satuan waktu (Saud, 2008). Berdasarkan ketentuan apabila $T_1 < T_2$ maka terjadi penggerusan, $T_1 = T_2$ terjadi pengangkutan

sedimen tetapi kondisi dasar stabil dan $T_1 > T_2$ maka terjadi pengendapan dimana T_1 yang merupakan kapasitas pengangkutan masuk dan T_2 merupakan kapasitas pengangkutan keluar.



Gambar 2.5. Angkutan Sedimen pada Penampang Memanjang (Saud, 2008).

Siebolg dan Berger (1993) menjelaskan bahwa sedimen pantai berasal dari hasil erosi sungai, tebing pantai dan batuan dasar laut. Dominasi suplai sedimen dari sungai yang bermuara di sekitar pantai relatif besar ($\pm 90\%$) terhadap transpor sedimen di pantai, sehingga sebagian besar sedimen laut berasal dari pelapukan batuan di daratan, meskipun sedimen laut juga berasal dari angin dan aktivitas vulkanik.

Ukuran butir sedimen memiliki kisaran yang sangat luas sehingga dibutuhkan klasifikasi untuk memudahkan penamaannya. Pengelompokan tersebut didasarkan pada ukuran butir penyusun fraksi sedimen. Secara garis besar ukuran butir sedimen klastik diklasifikasikan menjadi kelompok krakal (gravel), pasir (sand),

lanau (silt), dan lempung (clay). Pada umumnya sedimen diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir menurut skala Wentworth dalam Tabel 2.2 (Selley, 1988 dalam Fonseca, *et al.*,2016) berikut ini.

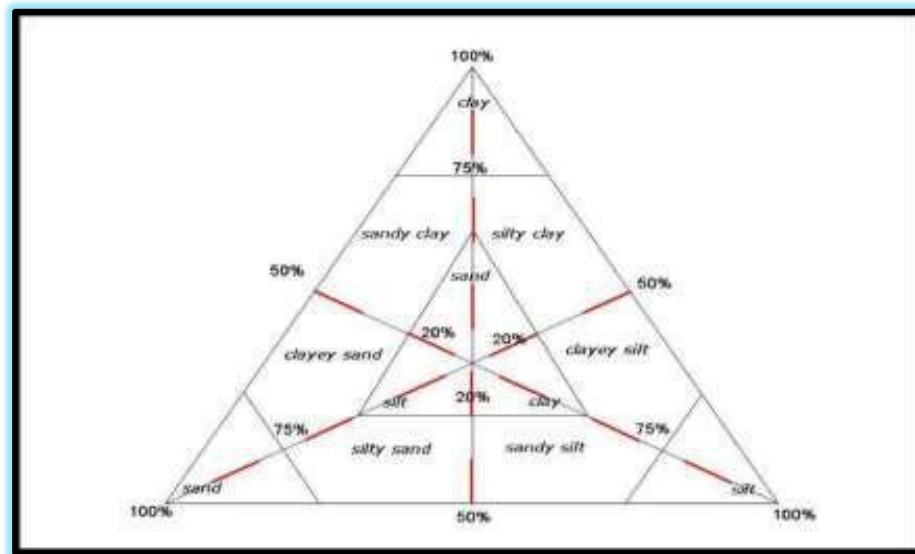
Tabel 2.2. Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Ukuran Butir

No.	Nama	Diameter (mm)
1	Bongkah / <i>Boulder</i>	≥ 256
2	Berangkal / <i>Couple</i>	64 - 256
3	Kerakal / <i>Pebble</i>	4 - 64
4	Kerikil / <i>Granule</i>	2 - 4
5	Pasirsangatkasar / <i>Verycoarse sand</i>	1- 2
6	Pasirkasar / <i>Coarse sand</i>	0.5 - 1
7	Pasirsedang / <i>Medium sand</i>	0.25 - 0.5
8	Pasirhalus / <i>Fine sand</i>	0.125 - 0.25
9	Pasirsangathalus / <i>Very Finesand</i>	0.0625 - 0.125
10	Lanau / <i>Silt</i>	0.0039 - 0.0625
11	Lempung / <i>Clay</i>	< 0.0039

(Sumber :Selley, 1988 dalam Fonseca, *et al.*, 2016)

Dalam skala Wentworth penamaan sedimen dikelompokkan dan didasarkan

pada kisaran ukuran butir dan fraksi sedimen. Sedangkan penamaan sedimen berdasarkan prosentase komponen sedimen pada segitiga trianguler seperti pada Gambar 2.6.



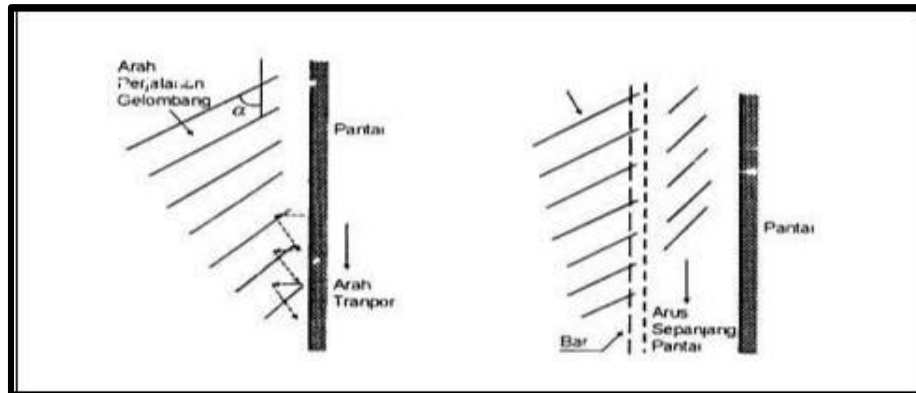
Gambar 2.6. Segitiga Trianguler (Pettijohn, 1974 dalam Fonseca, *et al.*, 2016).

2.4. Transpor Sedimen Sepanjang Pantai

Menurut Pipkin (1977), sedimen merupakan batuan, mineral atau material organik yang ditransportasikan dari berbagai sumber dan jarak, lalu didepositkan oleh udara, angin, es, dan air. Sedimen lain diendapkan dari materi yang melayang dalam air atau dalam bentuk kimia, pada suatu tempat. Pethick (1984) mendefinisikan sedimen secara umum sebagai sekumpulan rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu. Sedimen pantai berasal dari hasil erosi sungai, erosi tebing pantai dan erosi batuan dasar laut

dimana sebagian besar sedimen pantai justru berasal dari sungai yang bermuara disekitar pantai. Menurut Pettijohn (1972), sedimentasi merupakan proses pembentukan sedimen atau endapan atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendapan atau akumulasi dari material pembentuk atau asalnya pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan seperti delta, danau, pantai, estuaria, laut dangkal sampai laut dalam. Lebih lanjut dinyatakan bahwa sedimentasi yang terjadi di estuaria, contohnya di muara sungai terjadi akibat menumpuknya sedimen di muara, baik yang berasal dari sungai maupun dari hasil erosi pantai di sekitarnya.

Proses sedimentasi merupakan usaha alam untuk mencapai keseimbangan, karena perbedaan ketinggian antara daratan dengan dasar laut merupakan sesuatu yang seimbang. Seperti halnya di Indonesia yang merupakan daerah tropis dengan banyak curah hujan umumnya sungai-sungai besar membawa lumpur ke laut (Ongkosongo, 1989). Proses erosi, pengangkutan, dan pengendapan sedimen tergantung pada dua faktor, yaitu sifat fisika-kimia sedimen itu sendiri dan kondisihidrologi di sekitarnya. Pada estuaria yang pengaruhnya kuat, akan banyak ditemui substrat pasir, karena hanya partikel yang berukuran besar saja yang bias mengendap lebih cepat, sedangkan yang berukuran kecil akan terbawa ke tempat yang lebih jauh oleh aktivitas arus dan gelombang. Baik air tawar dan air laut mempunyai tendensi untuk mengendapkan butiran kasar terlebih dahulu (Nybakken, 1998).



Gambar 2.7. Transpor sedimen sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999).

Triatmodjo (1999), menyatakan bahwa gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pantai dapat dibedakan menjadi transport sedimen menuju dan meninggalkan (*onshore-offshore*) dan transport sepanjang pantai (*long shore transport*). Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh *littoral transport*, yang didefinisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*nearshore zone*) oleh gelombang dan arus. *Littoral transport* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu transpor sepanjang pantai (*longshore transport*) dan transpor tegak lurus pantai (*onshore-offshore transport*). Material (pasir) yang ditranspor disebut dengan *littoral drift*. Pada saat gelombang pecah sedimen di dasar pantai terangkat yang selanjutnya terangkut oleh duamacam gaya penggerak, yaitu komponen energi gelombang dalam arah sepanjang pantai dan arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah (Triatmodjo, 1999). Transpor sedimen sepanjang pantai terdiri dari dua komponen utama, yaitu transpor sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan transpor sepanjang pantai di *surf zone*.

Pada waktu gelombang menuju pantai dengan membentuk sudut terhadap garis pantai maka gelombang tersebut akan naik ke pantai (*uprush*) yang juga membentuk sudut. Massa air yang naik tersebut kemudian turun lagi dalam arah tegak lurus pantai. Gerak air tersebut membentuk lintasan seperti mata gergaji, yang disertai dengan terangkutnya sedimen dalam arah sepanjang pantai. Komponen kedua adalah transpor sedimen yang ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Transpor sedimen ini terjadi pada *surf zone* (Triatmodjo, 1999).

2.5. Penyebab Kerusakan Pesisir dan Laut

2.5.1. Erosi pantai

Menurut Triatmodjo (1999) erosi pantai terjadi karena pantai telah mengalami pengurangan/kehilangan sedimen, dimana sedimen yang terangkut lebih besar dari yang diendapkan. Erosi pantai menyebabkan perubahan garis pantai yang dapat merusak pemukiman dan prasarana kota. Menurut Purba dan Jaya (2004) garis pantai akan mengalami erosi pantai yang intensif jika morfologinya berupa tonjolan, lereng dasar perairan relatif curam, keterbukaan yang tinggi oleh hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi. Erosi pantai terjadi secara alami oleh adanya aktifitas gelombang atau karena adanya aktifitas manusia seperti penebangan hutan bakau, pembangunan pelabuhan atau bangunan pantai lainnya, perluasan areal tambak ke arah laut tanpa memperhitungkan wilayah sempadan pantai, pengambilan karang pantai, dan sebagainya (Triatmodjo, 1999).

Menurut Setyandito (2010) terdapat dua pendekatan utama dalam upaya untuk mengatasi erosi pantai, yaitu dengan *hard approach* dan *soft approach*. Penanganan secara *hard approach* yaitu berupa pemecah gelombang, *groin*, dinding pantai, *jetti* dan *revetment*. Sedangkan untuk penanganan erosi secara *soft approach* berupa penanaman tumbuhan pantai, pembangunan terumbu karang buatan dan penambahan pasir pantai (*sand nourishment*).

Erosi pantai sebagian besar terjadi pada pantai yang langsung menghadap ke arah laut lepas. Dibeberapa daerah di sebelah barat, erosi pantai terjadi pada daerah yang berbentuk teluk yaitu pada musim penghujan. (Desember-Maret) yang diakibatkan oleh besarnya pengaruh ombak, angin, dan adanya arus barat. Terdapat 5 macam penyebab terjadinya erosi pantai menurut Diposaptono (2001) :

- a. Erosi pantai yang terjadi karena terperangkapnya angkutan sedimen yang sejajar oleh adanya bangunan tegak lurus pantai, seperti : *groin*, *jetty*, *breakwater* pelabuhan dan lain-lain
- b. Erosi pantai yang terjadi karena adanya arus pusaran sebagai akibat dari adanya bangunan *seawall*
- c. Erosi pantai yang terjadi karena berkurangnya suplai sedimen yang berasal dari sungai akibat dibangunnya dam disebelah hulu sungai atau pemindahan muara sungai
- d. Erosi pantai yang terjadi sebagai akibat dari penambangan karang dan pasir pantai
- e. Erosi pantai karena perusakan hutan mangrove

Besarnya kekuatan dan arah arus yang ditimbulkan berdasar pada tipe perairan (pantai atau lepas pantai) dan keadaan geografisnya. Arus di perairan dipengaruhi oleh pasang surut dan angin. Erosi pantai telah mempengaruhi kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat setempat, yang dapat mengancam warisan budaya dan menghambat pengembangan pariwisata pesisir (Sagoe-Addy dan Appeaning Addo, 2012) .

Menurut Boateng (2012) , sejumlah besar rumah telah hilang karena erosi pantai pesisir di masa lalu dan berlanjut di beberapa daerah di sepanjang pantai. Erosi pantai mengacu pada konsep sel sedimen pesisir, Sel sedimen pantai (juga disebut sel littoral atau sel sedimen) adalah kompartemen pantai yang berisi siklus lengkap sedimentasi termasuk sumber, jalur transportasi, dan pengendapannya. Erosi di satu tempat di sel sedimen pantai menyiratkan penambahan di lokasi lain di dalam sel yang sama; distribusi sedimen di dalam sel berubah tanpa mempengaruhi daerah pesisir lainnya. Sel sedimen pantai berada dalam keseimbangan morfodinamik jika perubahan dalam distribusi sedimen di bawah pengaruh pemaksa yang berfluktuasi (fluktuasi tingkat air, iklim gelombang, termasuk badai) memiliki karakter temporal, *quasi-cyclic*. Tren berkelanjutan dari erosi atau akresi dikesampingkan; erosi atau akresi yang sedang berlangsung akhirnya akan menyebabkan kerusakan atau perubahan mendasar dari sel sedimen pesisir. Dalam prakteknya selalu ada perubahan sedimen dari atau ke daerah pesisir lainnya, tetapi ini bisa menjadi proses yang sangat lambat. Jadi meskipun sel sedimen pesisir adalah konsep teoritis, itu bisa sangat

berguna dalam praktek untuk menganalisis dan mengelola proses erosi pantai (Mangor, *et al.*, 2017).

Salah satu contoh dari sel sedimen pantai adalah pantai yang tertutup antara tanjung, dengan asumsi tidak adanya transportasi laut lepas pantai atau pantai. Orientasi pantai dapat berubah sebagai respons terhadap fluktuasi dalam arah dominan gelombang insiden. Namun, erosi dan akresi yang dihasilkan hanya memiliki karakter temporal (De Vries, *et al.*, 2011).

Contoh lain dari sel sedimen pantai mengacu pada konsep zona pesisir aktif. Zona pesisir aktif (kadang-kadang juga disebut profil pantai aktif) adalah zona pantai di mana pasir ditukar dengan arah lintas-pantai oleh proses alam. Batas seaward sesuai dengan kedalaman penutupan dan batas darat ke batas keras (tembok laut, tebing, dll). Dalam kasus pantai gundukan, zona aktif terdiri dari bagian gundukan depan yang dapat terkikis oleh gelombang badai. Dalam ketiadaan transportasi pasir lepas pantai atau lepas pantai dan tanpa adanya gradien pada arus pantai, zona pesisir aktif adalah sel sedimen satu-dimensi; volume sedimen di zona aktif akan konstan dalam waktu. Erosi dan penambahan garis pantai sebagai respons terhadap fluktuasi ketinggian air dan iklim gelombang (termasuk badai) adalah fenomena *quasi-siklik* temporal dalam kasus ini (De Vries, *et al.*, 2011).

2.6. Struktur Hybrid

Untuk menghentikan proses erosi dan mengembalikan garis pantai yang stabil, langkah pertama yang diperlukan adalah membalikkan proses hilangnya

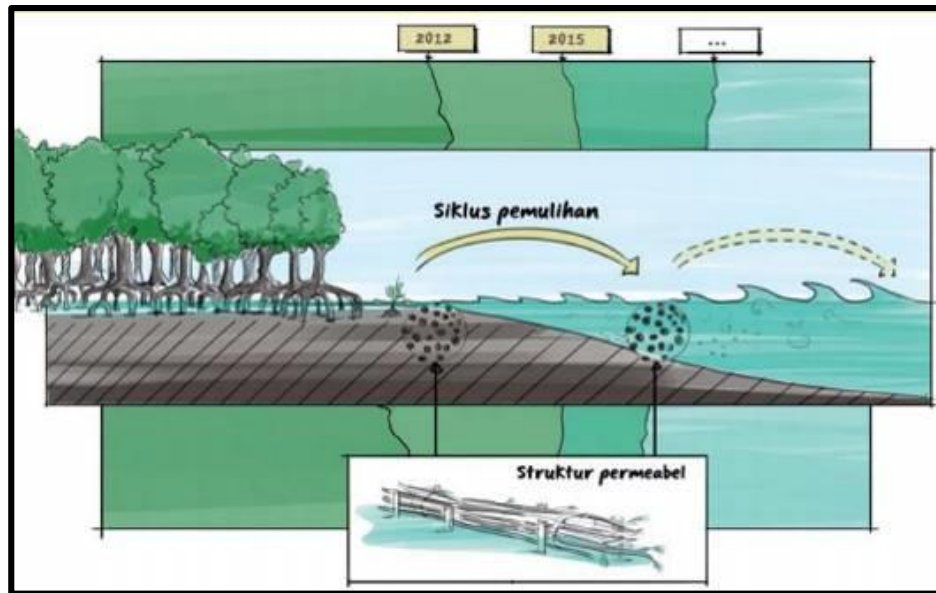
sedimen. Jumlah sedimen yang terdeposit di pantai harus lebih banyak daripada jumlah yang tersapu. Cara terbaik untuk melakukan ini adalah bekerjasama dengan alam, menggunakan ilmu teknik sipil pintar dan memberikan alam sedikit bantuan, tetapi membiarkannya melakukan kerja keras untuk kita. *Hybrid engineering* merupakan sebuah pendekatan dari beberapa tahapan perlindungan pesisir dengan tujuan akhir mengembalikan pertahanan alami pantai (Saengsupavanich, 2013).

Hybrid engineering merupakan *soft structure* dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia secara lokal seperti kayu, bambu dan ranting pohon. Struktur permeabel ini berfungsi untuk mengembalikan kondisi pantai melalui proses alami seperti sedimentasi sehingga kondisi hidrodinamika dan ekologi akan kembali seperti sedia kala dan merangsang pertumbuhan lahan yang sebelumnya sudah terkikis oleh erosi. Struktur permeabel dapat ditempatkan di depan garis pantai, dimana struktur dapat dilalui oleh air laut tetapi tidak memantulkan gelombang melainkan memecahnya. Sehingga, gelombang akan berkurang ketinggian dan energinya sebelum mencapai garis pantai. Struktur permeabel juga dapat memungkinkan lumpur untuk melewatinya, dan meningkatkan jumlah sedimen terperangkap pada atau dekat pantai. Perangkat ini meniru proses alam, yaitu meniru fungsi dari struktur sistem perakaran mangrove alami. Teknik *hybrid engineering* diterapkan dalam bentuk petak-petak, ditujukan secara perlahan tapi pasti untuk mengembalikan tanah yang terabrasi oleh laut. Teknik ini telah berhasil diterapkan di rawa-rawa pantai di Belanda selama berabad-abad. Teknik *hybrid engineering* saat

ini semakin banyak diterapkan di seluruh dunia pada wilayah pesisir yang rentan, untuk menggantikan struktur keras dengan cara dan biaya yang lebih efektif. Namun, teknik ini hanya akan berhasil jika diterapkan dengan benar. Struktur permeabel baru perlu ditempatkan di ujung arah laut setelah sedimen sudah cukup banyak terperangkap di pantai dan sudah memenuhi jumlah lahan yang ter-reklamasi.

Teknik ini telah berhasil diterapkan di rawa-rawa pantai di Belanda selama berabad-abad. Teknik *Struktur Hybrid* saat ini semakin banyak diterapkan di seluruh dunia pada wilayah pesisir yang rentan, untuk menggantikan struktur keras dengan cara dan biaya yang lebih efektif. *Struktur Hybrid* merupakan konsep inovatif yang berusaha untuk bekerja dengan alam, bukan melawannya. Konsep ini berusaha untuk menggabungkan ilmu teknik sipil (*engineering*) dan proses alam serta sumberdaya, menghasilkan solusi dinamis yang lebih mampu beradaptasi dengan perubahan keadaan. Beberapa struktur hibrida dapat secara harfiah tumbuh dengan sendirinya dan/atau tidak membutuhkan perbaikan, sebagai contoh struktur yang memfasilitasi pembentukan tanaman hidup atau bivalvia. Struktur seperti ini bisa bertambah kuat seiring waktu, karena pohon mangrove tumbuh dan memperkokoh satu sama lain. Sebaliknya, struktur buatan manusia umumnya menjadi kurang efektif dari waktu ke waktu dan memiliki umur yang terbatas. Selain itu, struktur hibrida dapat memberikan berbagai jasa lingkungan disamping untuk perlindungan pantai, seperti sumber pangan dan regulasi iklim.

Konsep *struktur hybrid* memberi alternatif untuk beralih dari ketergantungan struktur keras ke arah bekerjasama dengan alam untuk ketahanan pesisir. Pendekatan teknologi ini dapat diterapkan dalam berbagai situasi dan ekosistem. Sejak tahun 2008, program *Building with Nature* telah menerapkan pendekatan *struktur hybrid* dalam beberapa konteks yang berbeda. Rekayasa *hybrid* menggabungkan struktur permeable (untuk memecah gelombang dan menangkap lebih banyak sedimen) dengan teknik rekayasa seperti agitasi pengerukan, yang meningkatkan jumlah sedimen tersuspensi dalam air. Setelah proses erosi berhenti dan garis pantai mulai mengalami akresi, restorasi mangrove dapat berlangsung. Bibit mangrove tidak lagi hanyut oleh arus dan sabuk hijau mangrove dapat berperan meredam gelombang dan menangkap sedimen lebih banyak di jangka panjang. Di Pesisir Kelurahan Trimulyo Kecamatan Genuk sudah dibangun struktur *struktur hybrid* pada tahun 2015. Saat ini sudah banyak sedimen yang “terjebak” dalam struktur tersebut,



(Sumber : KKP, 2015)

Gambar 2.8. Metode Struktur Hybrid



(Sumber : KKP, 2015)

Gambar 2.9. Denah Struktur Hybrid



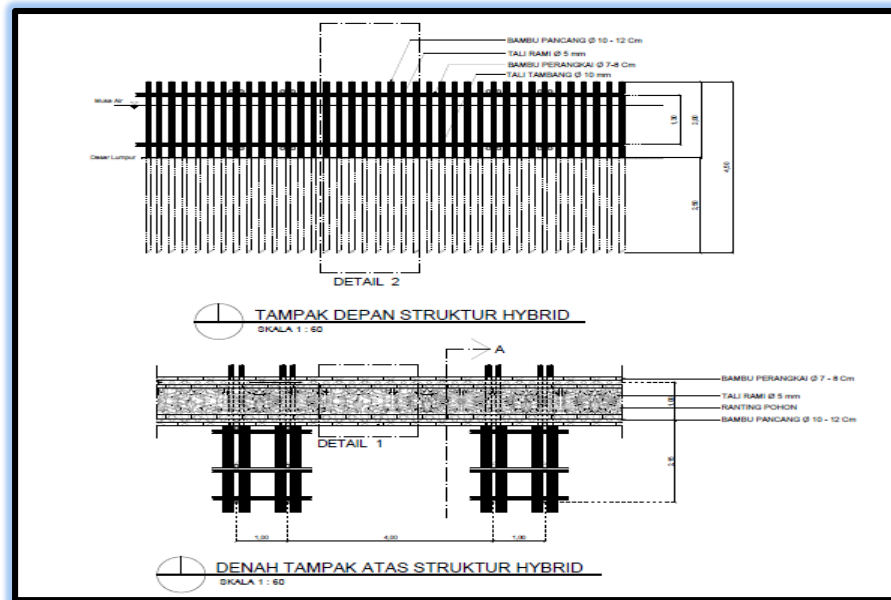
(Sumber : Foto Drone, 2017)

Gambar 2.10. Foto Udara Struktur Hybrid



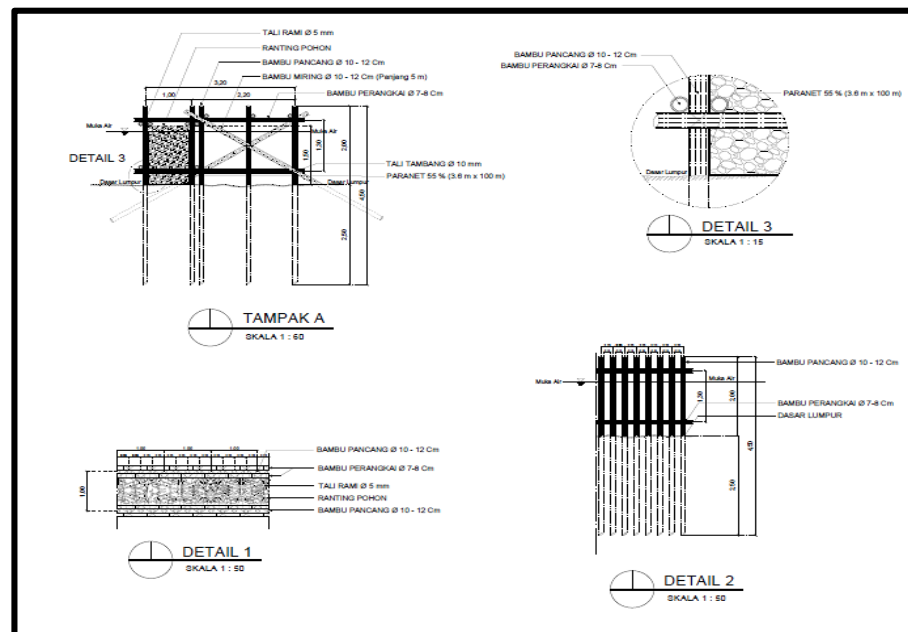
(Sumber :Foto Drone, 2017)

Gambar 2.11. Sedimentasi di Struktur Hybrid



(Sumber : KKP, 2015)

Gambar 2.12. Denah Tampak Atas Struktur Hybrid



(Sumber : KKP, 2015)

Gambar 2.13. Detail Struktur Hybrid

2.7. Perumusan Rencana Strategi

SWOT adalah metode analisis untuk mengidentifikasi berbagai variabel secara sistematis untuk merumuskan strategi, metode analisis ini didasarkan pada logika yang memaksimalkan kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (Rangkuti, 2015).

Tabel 2.3. Konsepsi Metode Analisis SWOT untuk Perumusan Strategi yang Diilustrasikan Dalam Bentuk Matriks

Internal Eksternal	<i>Strengths (S)</i>	<i>Weaknesses (W)</i>
	Tentukan Variabel Kekuatan Internal	Tentukan Variabel Kelemahan Internal
<i>Opportunities (O)</i>	Strategi (SO)	Strategi (WO)
Tentukan Variabel Peluang Eksternal	Gunakan Kekuatan Untuk Memanfaatkan Peluang	Atasi Kelemahan Dengan Memanfaatkan Peluang
<i>Treaths (T)</i>	Strategi (ST)	Strategi (WT)
Tentukan Variabel Ancaman Eksternal	Gunakan Kekuatan Untuk Mengindari Ancaman	Minimalkan Kelemahan dan Hindari Ancaman

Sumber: David (2009).

Lingkungan internal adalah lingkungan yang berada di dalam institusi dan secara normal memiliki implikasi langsung pada institusi tersebut. Tujuan dan strategi ditetapkan dengan maksud untuk memanfaatkan kekuatan internal dan mengatasi kelemahan. Sementara untuk lingkungan eksternal adalah mengidentifikasi peluang dan ancaman yang membawa dampak nyata bagi suatu institusi, lingkungan kerja dan

lingkungan sosial. Peluang adalah kondisi sekarang dan jangka panjang yang terdiri atas perubahan hukum yang mengurangi persaingan atau pengenalan teknologi baru, sehingga memudahkan suatu institusi untuk melakukan eksploitasi dan mengembangkan kerjasama. Sedangkan ancaman adalah kekuatan eksternal negatif yang menghalangi kemampuan institusi untuk mencapai visi, misi, sasaran, dan tujuannya. (Hubeis dan Najib, 2008).

Setelah masing-masing variabel teridentifikasi selanjutnya dilakukan analisa Matriks Evaluasi Faktor Internal (IFE Matrix) dan Matriks Evaluasi Faktor Eksternal (EFE Matrix). Matriks IFE bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan dan kelemahan utama dalam suatu fungsi institusi atau organisasi, sedangkan matriks EFE bertujuan untuk mengevaluasi informasi politik, pemerintah, hukum, ekonomi, sosial, budaya, demografis, lingkungan, teknologi dan tingkat persaingan (Umar, 2003).

Tabel 2.4. Matriks IFE untuk Evaluasi Kekuatan dan Kelemahan dari Variabel Internal Pada Suatu Institusi.

No.	Variabel Internal	Bobot (<i>a</i>)	Rating (<i>b</i>)	Skor (<i>a x b</i>)
1.	Variabel Kekuatan	<i>x_i</i>	<i>y_i</i>	(<i>x_i x y_i</i>)
2.	Variabel Kelemahan	<i>q_i</i>	<i>r_i</i>	(<i>q_i x r_i</i>)
Total		<i>x_i + q_i</i>	<i>y_i + r_i</i>	(<i>x_i x y_i</i>) + (<i>q_i x r_i</i>)

Sumber : David (2009)

Tabel 2.5. Matriks EFE untuk evaluasi peluang dan ancaman dari variabel eksternal pada suatu institusi.

Variabel Eksternal	Bobot (a)	Rating (b)	Skor ($a \times b$)
1. Variabel Peluang	x_i	y_i	$(x_i \times y_i)$
2. Variabel Ancaman	q_i	r_i	$(q_i \times r_i)$
Total	$x_i + q_i$	$y_i + r_i$	$(x_i \times y_i) + (q_i \times r_i)$

Sumber : David (2009)

Gabungan antara matriks IFE dengan matriks EFE menghasilkan matriks IE. Matriks IE digunakan untuk menentukan posisi suatu institusi saat ini yang didasarkan pada analisis total skor variabel internal dan eksternal yang didapat dari Matriks IFE dan EFE.