

Skripsi Geofisika

**PERUBAHAN GARIS PANTAI SALIENT GALESONG
PERIODE TAHUN 1985 SAMPAI 2015**



Oleh:

BESSE TENRI PADA

H221 15 019

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



PERUBAHAN GARIS PANTAI SALIENT GALESONG

PERIODE TAHUN 1985 SAMPAI 2015

Skripsi untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan
Memenuhi Syarat untuk Mencapai Gelar Sarjana



BESSE TENRI PADA

H221 15 019

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
PERUBAHAN GARIS PANTAI *SALIENT* GALESONG
PERIODE TAHUN 1985 SAMPAI 2015

Oleh:

BESSE TENRI PADA

H22115019

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Ujian Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains

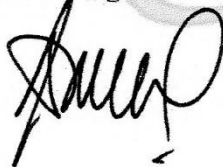
Program Pendidikan Sarjana, Departemen Geofisika Ini

Telah Disetujui Oleh Tim Pembimbing Pada Tanggal

Seperti Tertera di Bawah Ini

Makassar, 27 Desember 2019

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Dadang Ahmad S, M.Eng

NIP. 195609301980031004

Pembimbing Pertama



Dr. Sakka, M.Si

NIP. 196410251991031002



PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya orisinil saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk memperoleh gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya, dimanapun, kecuali yang telah dikutip sesuai kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan dibantu oleh pihak pembimbing.

Makassar, 27 Desember 2019

Penulis

Besse Tenri Pada



ABSTRAK

Perubahan garis pantai *Salient* Galesong diteliti berdasarkan data angin selama 31 tahun, dengan Pulau Sanrobengi sebagai pemecah gelombang menuju Pantai Galesong. Penelitian ini bertujuan untuk: (i) memetakan pola refraksi dan difraksi ortogonal gelombang datang di sekitar Pulau Sanrobengi; (ii) menghitung geometri *salient* (δ), (η), dan (ϵ) setiap periode 5 (lima) tahunan dari tahun 1985 hingga 2015; (iii) mengevaluasi perubahan posisi garis pantai dan perubahan luasan wilayah pantai setiap periode 5 (lima) tahunan dari tahun 1985 hingga 2015. Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan observasi mendalam dengan menggunakan garis pantai awal pada tahun 1985 sampai 2015. Panjang garis pantai dibagi menjadi enam segmen. Data angin diolah menjadi data tinggi dan perioda gelombang kemudian dihitung transformasi gelombang. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa: (1) Pola refraksi dan difraksi orthogonal gelombang datang di sekitar Pulau Sanrobengi dipengaruhi oleh arah datang datang gelombang yang dibangkitkan oleh angin yang dominan dari arah barat; (2) Panjang δ dari tahun 1985 hingga 2005 terlihat mengalami peningkatan, namun menurun hingga tahun 2015. Sementara itu, panjang η dari menurun pada tahun 2000. Ukuran kelancipan ϵ atau kelancipan dari tanjung pantai Galesong meningkat dari tahun 1985 hingga tahun 1995. Namun menurun hingga tahun 2015; (3) Perubahan garis pantai dipengaruhi oleh gelombang datang yang dibangkitkan oleh angin. Selain itu, dipengaruhi oleh berkurangnya sumber sedimen dari sungai Jeneberang, dan sungai pasang surut lainnya di pantai daratan Kabupaten Takalar.

Kata kunci: *salient*, Pulau Sanrobengi, Pantai Galesong.



ABSTRACT

Changes the Salient Galesong coastline were examined based on wind data for 31 years, with Sanrobengi Island as a breakwater towards Galesong Beach. This study aims to: (i) map the orthogonal refraction and diffraction patterns of incoming waves around Sanrobengi Island; (ii) calculating salient geometry (δ), (η), and (ε) for each 5 (five) yearly period from 1985 to 2015; (iii) evaluating changes coastline position and changes in coastal area for each 5 (five) yearly period from 1985 to 2015. The research method was carried out using in-depth observations using the initial coastline from 1985 to 2015. The length of the coastline was divided into six segments. Wind data is processed into high wave and period data, then calculated wave transformation. The results of the study concluded that: (1) The pattern of refraction and orthogonal diffraction of incoming waves around Sanrobengi Island is influenced by the direction of incoming waves which are generated by dominant winds from the west; (2) Length δ from 1985 to 2005 has increased, but decreased until 2015. Meanwhile, η length from decreasing in 2000. The size of the ε -tilt or tilt of the Galesong coastline increased from 1985 to 1995. But it decreased until 2015; (3) Changes in the coastline are influenced by incoming waves generated by the wind. Also, it is affected by the decrease in sediment sources from the Jeneberang river, and other tidal rivers on the mainland coast of Takalar Regency.

Keywords: salient, Sanrobengi Island, Galesong Beach.



KATA PENGANTAR



Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah limpahan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul “**Perubahan Garis Pantai Salient Galesong Periode Tahun 1985 sampai 2015**”. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, para sahabat beliau dan pengikutnya yang senantiasa mengikuti sunnah beliau hingga akhir zaman.

Terima kasih penulis ucapkan kepada kedua orang tua penulis, Ibunda tercinta **A. Anita Sukriana**, Nenek tersayang **Mama'aji Hj. P. Moni** dan Bapak **Risalman Budi** yang senantiasa mendoakan, mendukung dan memberikan dorongan, semangat, cinta dan kasih sayang kepada penulis hingga menjadi seperti sekarang ini. Adik-adik penulis **Belinda Dwi Utami** dan **Muh. Gading Budisal** serta sanak **keluarga** yang senantiasa mendukung, mendoakan, dan mendorong penulis untuk tidak lengah menyelesaikan perjalanan ini.

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan motivasi dalam menyelesaikan studi. Rampungnya skripsi ini adalah sumbangsih dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Dadang Ahmad S, M.Eng.**, selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Sakka, M.Si.**, selaku pembimbing pertama di kampus yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan masukan-masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi tugas akhir.
2. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng.**, dan Bapak **Dr. Paharuddin**, selaku penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.



3. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Geofisika FMIPA UNHAS, sekaligus dosen penasehat akademik penulis.
4. Seluruh **Dosen Departemen Geofisika, Staf Fakultas dan Jurusan, Laboratorium dan Perpustakaan FMIPA UNHAS**, terima kasih atas ilmu pengetahuan yang telah diajarkan dan pelayanan yang telah diberikan.
5. Saudara tak sedaraku **F15IKA**, yang telah memberikan banyak pengalaman baru kepada penulis. Terima kasih untuk setiap kisah suka dan duka yang tak terlupakan selama bersama. Tetap **SATU DALAM DEKAPAN** sampai ajal memisahkan.
6. Sahabat dari maba hingga ajal menjemput, **Sufridah Hardianti, Ainul Mardiah, Rahayu Nindah, Yulmiati, S.Si., Dewi Fadillah, S.Si., dan Sakinah, S.Si.**, terima kasih telah menemani dan memberi motivasi untuk penulis dalam pengerjaan skripsi.
7. Sahabat seperjuangan skripsi **Lab. Dinamika Pantai, Fatma Jamil, Faridha Hidayati**, dan **Muslima**, yang telah menemani dan melewati suka duka bersama selama kurang lebih 1 tahun pengerjaan skripsi penulis.
8. Sahabat **Geofisika 2015** dan **Alumni, Muhammad Nasri, Ika Irwana, S.Si., Ade Soraya Puteri, Reski Kurniati, Dewi Ayu Swastika, Sri Wahyuni, Riatna**, dan semua teman angkatan yang tidak bisa disebut satu persatu, terima kasih karena telah menemani selama 4 tahun, memberikan masukan dan berbagi pendapat selama pengerjaan skripsi penulis.
9. Corps **Asisten Laboratorium Fisika Dasar**, terima kasih telah memberi semangat dan berbagi pengalaman selama pengerjaan skripsi penulis.
10. Adik-adik **Pengurus HMGF FMIPA UNHAS**, terima kasih atas motivasi dan semangat yang telah diberikan kepada penulis.
11. Sahabat sejati “**MIPA 2015**” terima kasih atas kebersamaannya **2015 UNTUK MIPA**.
12. Seluruh keluarga **HIMAFI FMIPA UNHAS** terima kasih atas kebersamaan rahannya. **JAYALAH HIMAFI FISIKA NAN JAYA**.

uh Warga **KM FMIPA UNHAS**, terima kasih atas pengalaman dan samaannya. Salam **USE YOUR MIND BE THE BEST**.



14. Teman-teman **KKN Tematik Pulau Sebatik Gel.99 Kec. Sebatik Tengah**, terkhusus **Nurasidah S.Pi dan Andi Ade Astrid K, S.H**, terima kasih atas kerjasama dan pengalaman baru selama KKN. Salam **Dedikasi Tanpa Batas**.
15. Sahabat penulis dari SMA, **Irzam Sarif, KMC Alif, dan Ole Langsang**, yang selalu sedia mendengarkan keluh kesah dan menyemangati penulis menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih dukungan dan motivasi karena ditinggal sarjana.

Semua pihak yang membantu penulis selama menempuh studi, yang tidak sempat disebutkan satu persatu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini, namun sebagai manusia yang memiliki kekurangan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari Anda sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 27 Desember 2019

Penulis



DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN PENUNJUK SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Ruang Lingkup Penelitian	4
I.4 Tujuan Penelitian	4
I.5 Kerangka Pikir	5
I.6 Hipotesis	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Gelombang	7
II.1.1 Refraksi Gelombang	7
II.1.2 Difraksi Gelombang	12
II.2 Transpor Sedimen Sejajar Pantai	13
II.3 Geometri Salient	15
Perubahan Garis Pantai	16
METODE PENELITIAN	
Lokasi Penelitian	21



III.2 Alat dan Bahan	22
III.3 Tahapan Penelitian	22
III.3.1 Persiapan	22
III.3.2 Pengambilan Data	23
III.3.3 Pengolahan Data	23
III.3.4 Menghitung Geometri Salient	26
III.3.5 Menganalisis Perubahan Posisi Garis Pantai	26
III.4 Bagan Alir	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Arah dan Kecepatan Angin	28
IV.2 Batimetri Perairan Pantai	30
IV.3 Karakteristik dan Transformasi Gelombang	31
IV.3.1 Karakteristik Gelombang	31
IV.3.2 Transformasi Gelombang	33
IV.4 Geometri Salient	34
IV.5 Perubahan Garis Pantai	36
BAB V PENUTUP	
V.1 Kesimpulan	46
V.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Definisi Refraksi	8
Gambar 2.2 Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar	9
Gambar 2.3 Sketsa refraksi berdasarkan Hukum Snellius	11
Gambar 2.4 Difraksi gelombang di belakang struktur	13
Gambar 2.5 Transpor sedimen sepanjang pantai	14
Gambar 2.6 Geometri salient	16
Gambar 2.7 Definisi dan batasan pantai	17
Gambar 2.8 Sketsa hipotesis keseimbangan profil pantai	18
Gambar 2.9 Sketsa muka gelombang datang	19
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	21
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	27
Gambar 4.1 Mawar Angin tahun 1985-2015	29
Gambar 4.2 Distribusi kecepatan angin tahun 1985-2015	29
Gambar 4.3 Batimetri Perairan Pantai Galesong	30
Gambar 4.4 Tinggi gelombang harian selama tahun 1985-2015	32
Gambar 4.5 Perioda gelombang harian selama tahun 1985-2015	32
Gambar 4.6 Proses refraksi gelombang menuju pantai	33
Gambar 4.7 Geometri salient setiap lima tahun	35
Gambar 4.8 Perbandingan ξ dan η tahun 1985 dengan 2015	36
Gambar 4.9 Perbandingan ξ dan $\eta_{akhir} - \eta_{awal}$	36
Gambar 4.10 Pembagian luas daerah salient menjadi enam segmen	37
Gambar 4.11 Perubahan garis pantai tahun 1985-1990	39
Gambar 4.12 Perubahan garis pantai tahun 1990-1995	40
Gambar 4.13 Perubahan garis pantai tahun 1995-2000	41
4.14 Perubahan garis pantai tahun 2000-2005	42
4.15 Perubahan garis pantai tahun 2005-2010	43
4.16 Perubahan garis pantai tahun 2010-2015	44



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Presentase Arah dan Kecepatan Angin harian tahun 1985-201528

Tabel 4.2 Perubahan luas wilayah setiap periode lima tahunan 37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kecepatan angin dari tahun 1985-2015	1
Lampiran 2. Data Kedalaman Laut	5
Lampiran 3. Tinggi dan Perioda gelombang laut lepas	9
Lampiran 4. Program Transformasi Gelombang	14
Lampiran 6. Mawar Angin dengan Perubahan Luas Area 1985-2015	17
Lampiran 7. Geometri <i>salient</i>	19



(QS. Al-Baqarah 1:11)

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ

Wa izā qīla lahum lā tufsidu fil arḍi qālū innamā nahnu muṣliḥun

Dan bila dikatakan kepada mereka: "Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi". Mereka menjawab: "Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan".

Resopa Temmangingngi Malomo Naletei Pammase Dewata

“Hanya dengan sebuah kerja keras dan kesungguhan maka
dimudahkan dengan izin yang Maha Kuasa”

-Motto Sidenreng Rappang-



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Secara geografis, Kecamatan Galesong berada pada bagian barat Kabupaten Takalar yang merupakan kawasan pesisir dengan ciri morfologi dataran pantai. Menurut Massinai (2015), kawasan pesisir itu merupakan ekosistem yang unik, karena pada wilayah tersebut terjadi interaksi dinamik antara matra laut, matra darat, dan matra udara. Ketiga interaksi ini berada pada suatu batas yang disebut garis tepian, bentuk dan posisinya selalu berubah dan berpindah sesuai dengan resultante gaya-gaya yang bekerja seperti pasang surut, gelombang, dan arus-arus dekat pantai, disertai proses sedimentasi dan erosi pantai.

Penelitian tentang perubahan garis pantai diperlukan untuk keperluan perencanaan pengelolaan kawasan pesisir, sehingga pengelolaannya kelak dapat berlangsung sesuai dengan rencana. Untuk memenuhi keperluan perencanaan diperlukan suatu kemampuan untuk mengantisipasi perubahan garis pantai. Beberapa metode antisipasi perubahan garis pantai yang diperikan oleh persamaan diferensial parsial diselesaikan dengan solusi analitik dan/atau numerik berbasis pada model EOF (*Empirical Orthogonal Function*) dan model *One-line theory*. Komparasi dan validasi antara solusi persamaan diferensial parsial dengan kenyataan di lapangan dapat menggunakan metode SIG (Sistem Informasi Geografis) dan penginderaan



Sanderson dan Eliot (1995) telah mengidentifikasi garis pantai *salient*¹, tanjung curam, dan tombolo di Pantai Selatan dan Barat Australia Barat. Penelitian tersebut bertujuan untuk menentukan rangkaian bentang alam dan geometri di setiap daerah. Akumulasi bentuk Pantai Selatan terbentuk di belakang singkapan Granit yang disebabkan difraksi di sekitar pulau dan endapan sedimen. Hasil yang didapatkan yaitu rantai terumbu yang mengapit Central West Coast dan Ningaloo Coast Australia Barat memberikan perlindungan ke garis pantai terhadap difraksi dan refraksi gelombang.

Sakka *et al.* (2012) melakukan penelitian perubahan garis pantai sepanjang Delta Sungai Jeneberang, Makassar. Penelitian ini memperhitungkan angkutan sedimen yang masuk ke dalam dan keluar dari sel kendali dengan mempertimbangkan pengaruh tinggi dan arah ortogonal gelombang pada posisi kerusakan gelombang. Angkutan sedimen pada penelitian tersebut, didominasi oleh arah angkutan ke utara dibandingkan angkutan ke arah selatan, karena pada umumnya arah gelombang datang berasal dari arah barat dan barat daya yang mengangkut sedimen menuju ke arah utara. Setelah itu, profil garis pantai hasil pemodelan dibandingkan dengan citra satelit.

Dewi (2011) melakukan penelitian perubahan garis pantai dari Pantai Teritip Balikpapan sampai Pantai Ambarawang Kutai Kertanegara dengan membuat model numerik transformasi gelombang selama delapan tahun. Transformasi gelombang

angkutan oleh angin dari laut lepas menuju pantai hingga gelombang



adalah istilah area deposit pasir yang masih belum diklasifikasi sebagai tombolo (Sanderson dan Eliot, 1995)

tersebut mengalami kerusakan menyebabkan terjadinya angkutan sedimen. Hasil penelitian Dewi (2011) menemukan bahwa pantai yang berbentuk tanjung mengalami abrasi, sedangkan pantai yang berbentuk teluk mengalami sedimentasi. Namun pada penelitian ini, perhitungan transformasi gelombang dari laut lepas menuju ke pantai hanya memperhitungkan pengaruh *shoaling* dan refraksi.

Luhwahyuddin *et al.* (2012) melakukan analisa perubahan garis pantai Kabupaten Tegal menggunakan model EOF. Sepanjang pantai Tegal yang terletak di pesisir utara Pulau Jawa merupakan daerah pantai yang didominasi oleh pantai berpasir. Dengan menggunakan persamaan RMSE (*Root Mean Square Error*), diperoleh nilai RMSE untuk model *One-line* sebesar 0,05. Nilai ini lebih besar dari nilai RMSE untuk model EOF sebesar 0,0001. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa model EOF memberikan kinerja yang lebih baik dari pada model *oneline* dalam analisa perubahan.

Paharuddin *et al.* (2017) telah meneliti perubahan morfologi tiga Pulau, yaitu: Samalona, Barrang Caddi, dan Bonetambung di perairan Makassar dikaitkan dengan variasi arah angin. Penelitian ini menggunakan data Landsat Image ETM8+ dan data angin dari ECMWF. Kesimpulan dari penelitian ini adalah proses peningkatan dan penurunan luas masing-masing pulau diduga berkaitan dengan arah hembusan angin dan sangat tergantung pada ketersediaan bahan pembentuk pantai yang terkait dengan platform pulau-pulau di tepi karang.

et al. (2013) telah meneliti perubahan garis Pantai Mangarabombang, dan Galesong Selatan, Kabupaten Takalar. Hasil pemodelan secara



keseluruhan bersesuaian dengan hasil citra *Landsat*. Diinspirasi oleh hasil Awaliah (2013), penelitian ini juga akan mengambil objek kajian di sepanjang *salient* Pantai Galesong, dengan posisi Pulau Sanrobengi sebagai pemecah gelombang laut alami dan pelindung Pantai Galesong yang berperan mempengaruhi perubahan garis pantai. Metode yang digunakan adalah model observasi mendalam dengan menggunakan garis pantai awal pada tahun 1985 sampai 2015.

I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini akan memperhitungkan pengaruh gelombang datang dari barat laut, barat, dan barat daya menuju pantai Galesong melewati Pulau Sanrobengi. Adapun pokok permasalahannya dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana pola refraksi dan difraksi ortogonal gelombang datang di sekitar Pulau Sanrobengi?
2. Bagaimana perubahan geometri *salient* setiap periode 5 (lima) tahunan dari tahun 1985 hingga 2015?
3. Bagaimana perubahan garis pantai beserta perubahan luasan wilayah pantai selama tiga dekade, dari tahun 1985 sampai 2015?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati perubahan garis pantai Desa Boddia, Kecamatan Galesong dengan menggunakan data garis pantai yang diperoleh dari *Google Earth Pro* dari tahun 1985 sampai tahun 2015. Untuk validasi data model selanjutnya menggunakan *Arcgis 10.3* dan *ODV (Ocean Data View)* untuk

data angin. Macros Excel dan Surfer untuk analisis transformasi
ng.



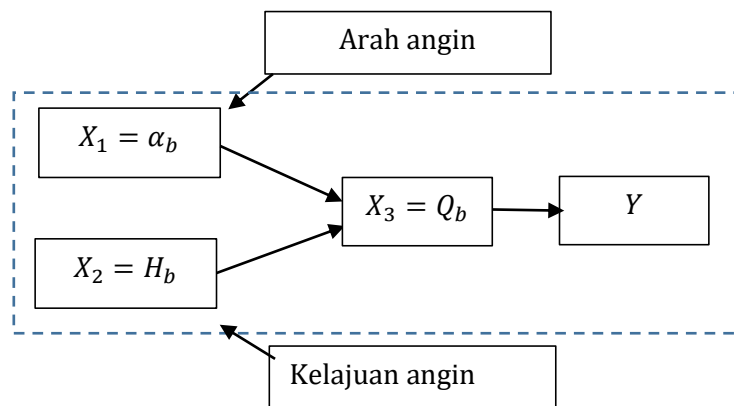
I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memetakan pola refraksi dan difraksi ortogonal gelombang datang di sekitar Pulau Sanrobengi.
2. Menghitung geometri *salient* (δ), (η), dan (ϵ) setiap periode 5 (lima) tahunan dari tahun 1985 hingga 2015.
3. Mengevaluasi perubahan posisi garis pantai dan perubahan luasan wilayah pantai setiap periode 5 (lima) tahunan dari tahun 1985 hingga 2015.

I.5 Kerangka Pikir

Dalam penelitian ini, yang menjadi peubah bergantung adalah perubahan luasan wilayah pantai Galesong (Y) untuk setiap lima tahunan selama tiga dekade, dari tahun 1985 sampai tahun 2015. Sedangkan peubah bebasnya adalah:



- ✓ X_1 adalah sudut orthogonal gelombang (α_b) ketika menepi ke garis pantai pada posisi kerusakan gelombang (*breaker line*);

X_2 adalah tinggi gelombang (H_b) ketika terjadi kerusakan;

X_3 adalah arah angkutan sedimen sepanjang pantai (*longshore transport*) (Q_b).



I.6 Hipotesis

Ketika arah angin selalu berasal dari barat diikuti dari barat laut dan barat daya, terdapat dua proposisi yang diformulasikan sebagai berikut:

1. Apabila sumber sedimen masih tersedia, dan angkutan sedimen dari utara $X_3^U > 0$; dan angkutan sedimen dari selatan $X_3^S > 0$; maka luasan wilayah *salient* (area deposit pasir) bertambah $Y > 0$.
2. Apabila sumber sedimen masih berkurang, dan angkutan sedimen dari utara $X_3^U > 0$; dan angkutan sedimen dari selatan $X_3^S > 0$; maka luasan wilayah *salient* berkurang $Y < 0$.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Gelombang

Berdasarkan gaya pembangkitnya, gelombang di laut dibedakan menjadi gelombang angin, gelombang pasang surut, dan gelombang *tsunami*. Gelombang yang sangat berpengaruh dalam pembentukan garis pantai adalah gelombang angin dan pasang surut. Gelombang menimbulkan energi yang dibangkitkan oleh angin, menimbulkan arus dalam arah tegak lurus pantai (*rip current*) dan arus yang menyusuri pantai (*longshore current*), yang kemudian mempengaruhi angkutan sedimen (Triatmodjo, 1999).

Deformasi gelombang merupakan perubahan bentuk gelombang yang bergerak menuju garis pantai. Deformasi gelombang terdiri dari refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah. Adapun deformasi gelombang yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah refraksi dan difraksi gelombang.

II.1.1 Refraksi Gelombang

Apabila muka gelombang datang secara miring terhadap normal garis pantai dengan dasar pantai yang landai, maka gelombang tersebut akan mengalami refraksi. Refraksi gelombang terjadi pada kedalaman laut dangkal dan transisional karena kecepatan gelombang berkurang, sejalan dengan menurunnya kedalaman air. Hal tersebut menyebabkan puncak gelombang yang berada di air yang lebih

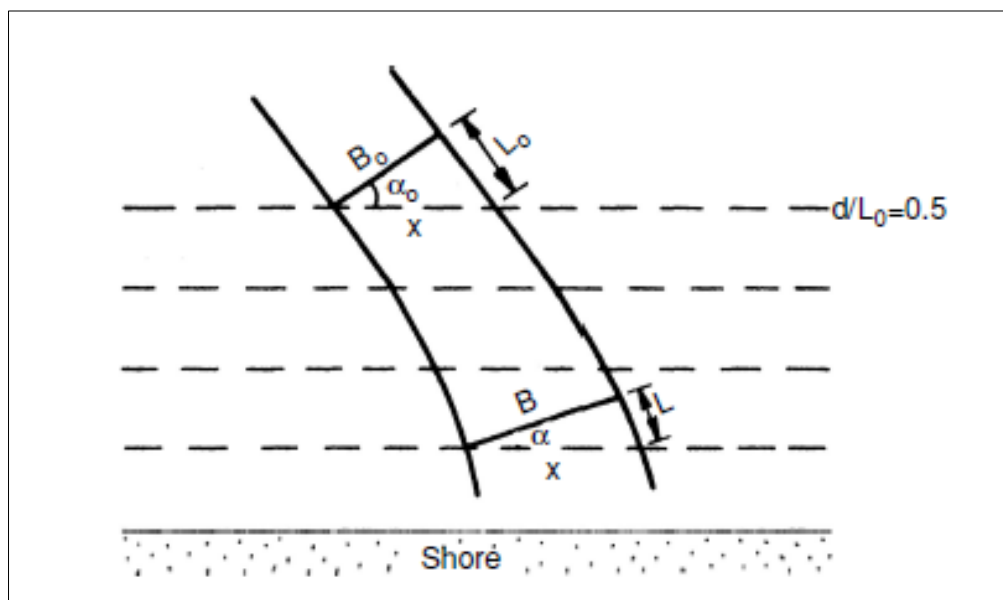
merambat ke depan dengan kecepatan yang lebih lambat daripada yang



Gambar 2.2 memperlihatkan dua garis orthogonal yang melintas dari laut dalam menuju pantai dan energi gelombang dianggap tidak keluar dari lintasan tersebut. Apabila jarak antara garis orthogonal adalah B , maka tenaga gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang jauh lebih dangkal adalah (Triatmodjo, 1999):

$$P_0 = \frac{n_0 E_0 B_0}{T_0}, \quad P = \frac{n E B}{T} \quad (2.1)$$

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar (Sorensen, 2005)

Persamaan cepat rambat gelombang di laut dangkal adalah:

$$C = \sqrt{gh} \quad (2.3)$$

dan energi total gelombang tiap satu satuan lebar gelombang adalah:

$$\rho g H^2 \quad (2.4)$$




Apabila energi gelombang disubstitusikan ke dalam persamaan tenaga gelombang yang tersimpan di antara dua garis orthogonal gelombang sepanjang lintasannya, maka (Triatmodjo, 1999):

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \sqrt{\frac{B_0}{B}} \quad (2.5)$$

Suku pertama ruas kanan dari persamaan (2.4) merupakan pengaruh pendangkalan (*shoaling*), sedangkan suku kedua adalah pengaruh garis orthogonal yang disebabkan oleh refraksi gelombang. Oleh sebab itu, koefisien refraksi dituliskan sebagai berikut:

$$K_r = \frac{H}{K_s H_0} \text{ atau } H = K_r K_s H_0 \quad (2.6)$$

Metode untuk membangun diagram refraksi, yang dikenal sebagai metode ortogonal, didasarkan pada Hukum Snell yang dapat diturunkan berdasarkan **Gambar 2.3**. Hal tersebut ditinjau dari rangkaian gelombang yang merambat pada saat kedalaman air menurun secara instan dari d_1 ke d_2 (dengan mengabaikan refleksi gelombang). Hal ini menyebabkan cepat rambat dan panjang gelombang masing-masing menurun dari C_1 dan L_1 ke C_2 dan L_2 . Untuk jarak ortogonal x dan interval waktu T , $\sin \alpha_1 = C_1(T/x)$ dan $\sin \alpha_2 = C_2(T/x)$, maka (Sorensen, 2005):



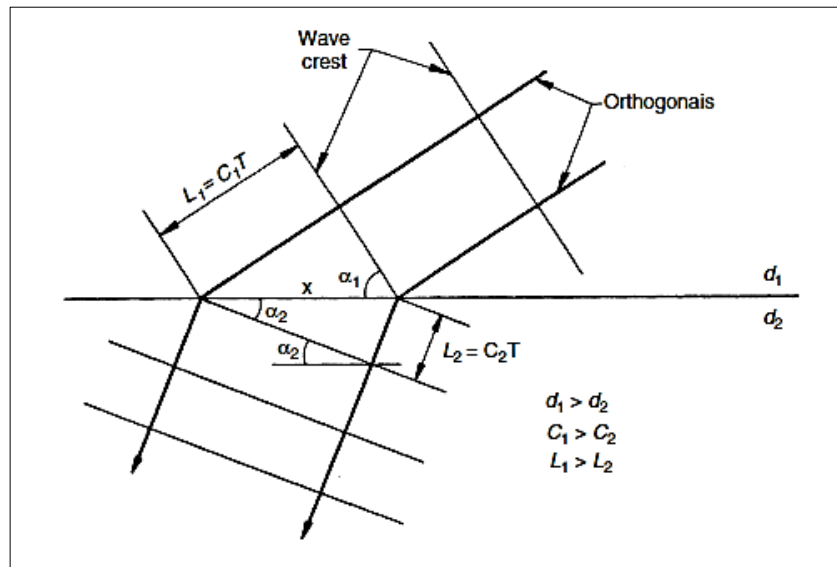
Optimization Software:
www.balesio.com

=

$\frac{C_1}{C_2} = \frac{L_1}{L_2}$

(2.7)

Dengan menerapkan persamaan (2.7) untuk refraksi gelombang pada kemiringan dasar yang bervariasi secara bertahap, α_1 dan α_2 menjadi sudut antara puncak gelombang dan garis kontur dasar pada titik-titik berturut-turut sepanjang ortogonal ketika gelombang merambat ke depan, dan L_1 dan L_2 menjadi panjang gelombang pada titik-titik di mana α_1 dan α_2 diukur.



Gambar 2.3 Sketsa refraksi berdasarkan Hukum Snellius (Sorensen, 2005)

Ketika gelombang merambat ke garis pantai di atas kontur dasar yang pada dasarnya lurus dan paralel seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2**, maka (Sorensen, 2005):

$$\frac{\sin \alpha_0}{L_0} = \frac{\sin \alpha}{L} = \frac{1}{x} \quad (2.8)$$

Apabila digunakan B dan B_0 , maka sama dengan L dan L_0 , sehingga:



$$= x = \frac{B}{\cos \alpha} \quad (2.9)$$

Kembali ke persamaan (2.5) yang menyatakan $\sqrt{B_0/B} = K_r$, maka:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.10)$$

Besaran fisis α pada persamaan (2.10) berbentuk:

$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 \right) \quad (2.11)$$

II.1.2 Difraksi Gelombang

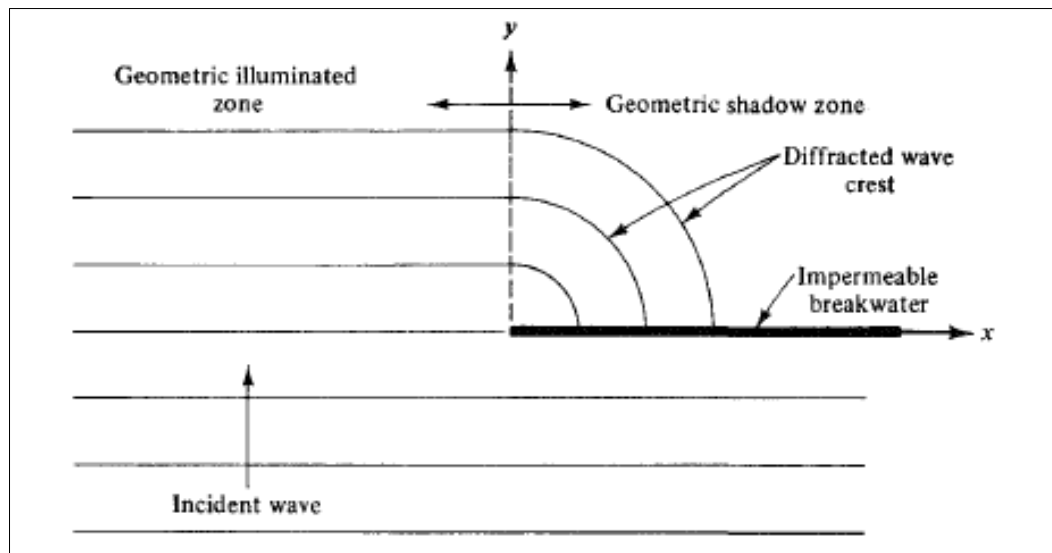
Apabila suatu muka gelombang datang terhalang oleh rintangan seperti sebuah pulau atau pemecah gelombang, maka gelombang akan mengalami difraksi. Difraksi gelombang terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik didekatnya. Hal tersebut menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil (Dauhan, Tawas, Tangkudung, & Mamoto, 2013).

Difraksi gelombang adalah proses penyebaran energi secara lateral tegak lurus terhadap arah rambat gelombang yang dominan. Pada **Gambar 2.4**, gelombang merambat normal ke *breakwater* dengan panjang terbatas dan difraksi terjadi pada sisi terlindung dari *breakwater* sehingga gangguan gelombang ditransmisikan ke dalam "zona bayangan geometris". Jelas bahwa pemahaman kuantitatif tentang efek difraksi gelombang relevan dengan perencanaan dan evaluasi berbagai tata letak

n, termasuk luas dan lokasi berbagai fitur penyerap gelombang pada
: Difraksi juga penting dalam kasus perambatan gelombang melintasi
ng jauh, yakni ditinjau dari efek pembiasan gelombang klasik, akan



menunjukkan zona konvergensi gelombang dan konsentrasi energi gelombang yang sangat tinggi (Dean & Dalrymple, 1991).



Gambar 2.4 Difraksi gelombang di belakang struktur (Dean & Dalrymple, 1991)

II.2 Transpor Sedimen Sejajar Pantai

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum. Arah penjalaran gelombang menyebar di daerah teluk dan menguncup ke area tanjung. Pecahnya ombak di pantai mengakibatkan transfer energi dari ombak ke pembangkitan arus-arus pantai dan mengangkat sedimen dari dasar pantai. Selanjutnya, arus yang terbangkit akan menyapu sedimen menjadi angkutan sedimen suspensi (Fatimah, Suriamihardja, & Sakka, 2015).

Profil pantai pada umumnya hampir dalam keadaan seimbang setelah serangan terus menerus oleh gelombang yang hampir konstan pada periode tertentu dan

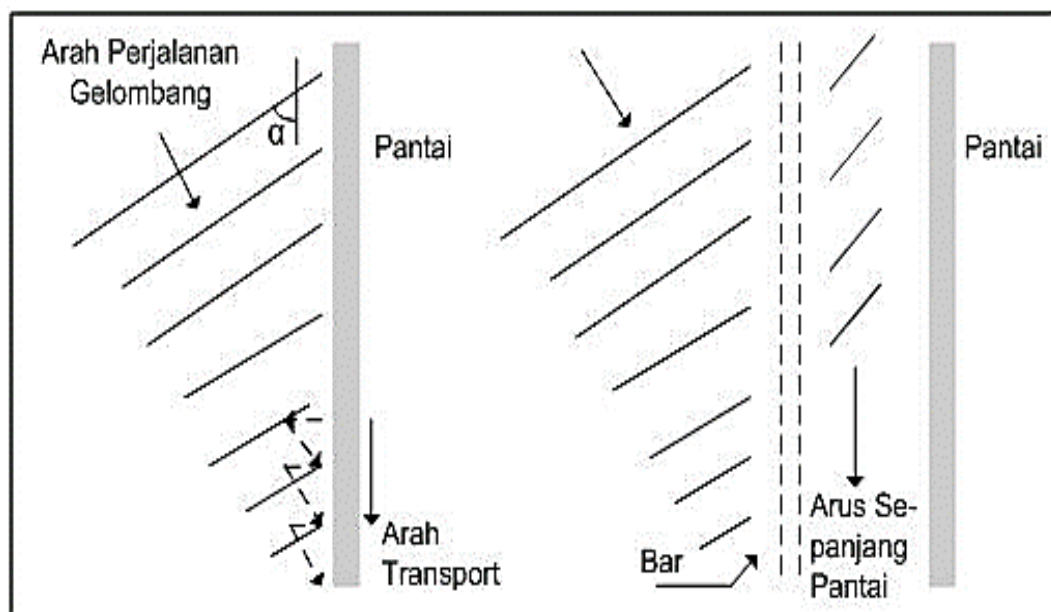
ada sedikit transpor sedimen lintas pantai (*cross-shore sediment transport*).

Transpor sedimen lintas pantai yang signifikan hanya terjadi ketika karakteristik



gelombang datang membesar dan profil pantai mendekati kondisi kesetimbangan baru yang sesuai dengan karakteristik gelombang baru.

Di sisi lain, deformasi pantai yang disebabkan oleh transpor sedimen sejajar pantai yang faktor pengangkutannya adalah arus sejajar pantai terus berlanjut walaupun karakteristik gelombang datang tidak berubah. Akibatnya, erosi dan peningkatan garis pantai terjadi dalam rentang yang luas untuk jangka waktu yang lama. Oleh karena itu, skala waktu prediksi deformasi pantai akibat transpor sedimen sejajar pantai menjadi bervariasi dari beberapa hari hingga beberapa tahun (Sawaragi, 1995).



Gambar 2.5 Transpor sedimen sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999)

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen sejajar pantai terdiri dari dua bentuk, yaitu transpor sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan



transpor sedimen sepanjang pantai di *surf zone*, seperti yang terlihat pada **Gambar 2.5** (Triatmodjo, 1999).

Pada waktu gelombang menuju pantai yang dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, maka gelombang tersebut akan naik ke pantai yang juga membentuk sudut. Massa airnya kemudian turun lagi dalam arah tegak lurus pantai. Gerakan air inilah yang membentuk seperti mata gergaji, disertai dengan terangkutnya sedimen dalam arah sepanjang pantai. Sedangkan transpor sedimen sepanjang pantai di *surf zone* ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah.

II.3 Geometri *Salient*

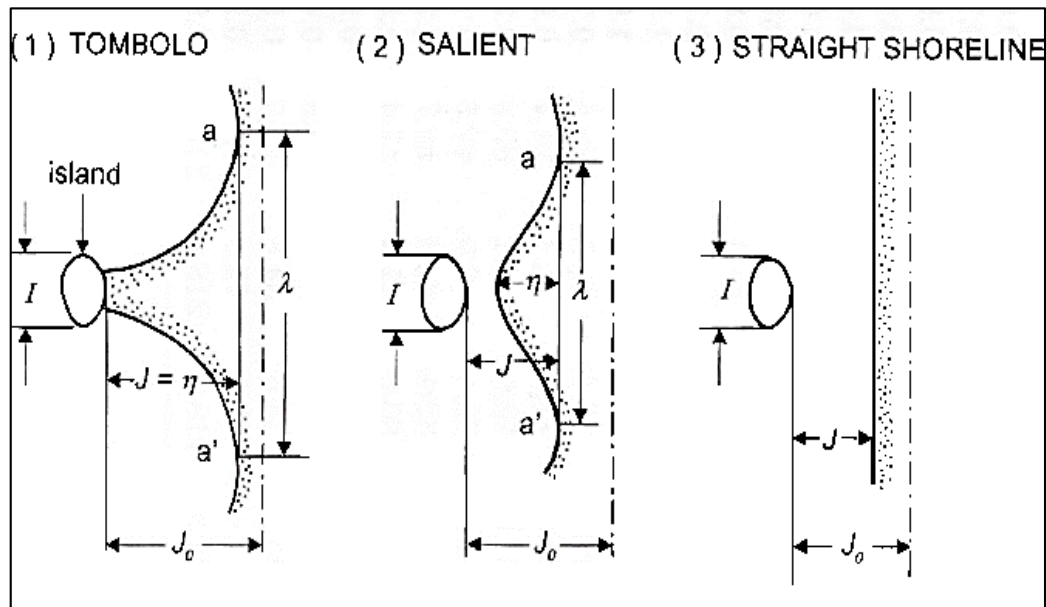
Respon garis pantai terhadap *breakwater* (dalam hal ini pulau) dipengaruhi oleh transpor material sedimen sekitarnya. Akibat posisi pulau tersebut mengakibatkan terbentuknya garis pantai baru untuk mencapai posisi seimbang. Jika puncak gelombang pecah adalah sejajar dengan garis pantai awal, gelombang mengalami difraksi di belakang pulau dan di transpor dari daerah sekitar dan diendapkan pada daerah *shadow zone*. Proses ini terus berlanjut hingga konfigurasi garis pantai stabil dan transport sedimen mencapai nol (Suhaemi & Riandini, 2013). Dalam selang waktu tertentu terbentuk *salient* atau tombolo, seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.6**.

Perubahan spasial arah dan ketinggian gelombang di belakang *breakwater*

yang transportasi *longshore* dari setiap ujung ke zona bayangan di mana pasir terakumulasi dalam bentuk *salient*. Posisi seimbang terjadi ketika kontur pantai sejajar dengan puncak gelombang. Ukuran *salient* bervariasi, tergantung pada



geometri struktur, iklim gelombang, dan besarnya pergeseran littoral (Dabees, 2000).



Gambar 2.6 Geometri *salient* (Sanderson & Eliot, 1995)

II.4 Perubahan Garis Pantai

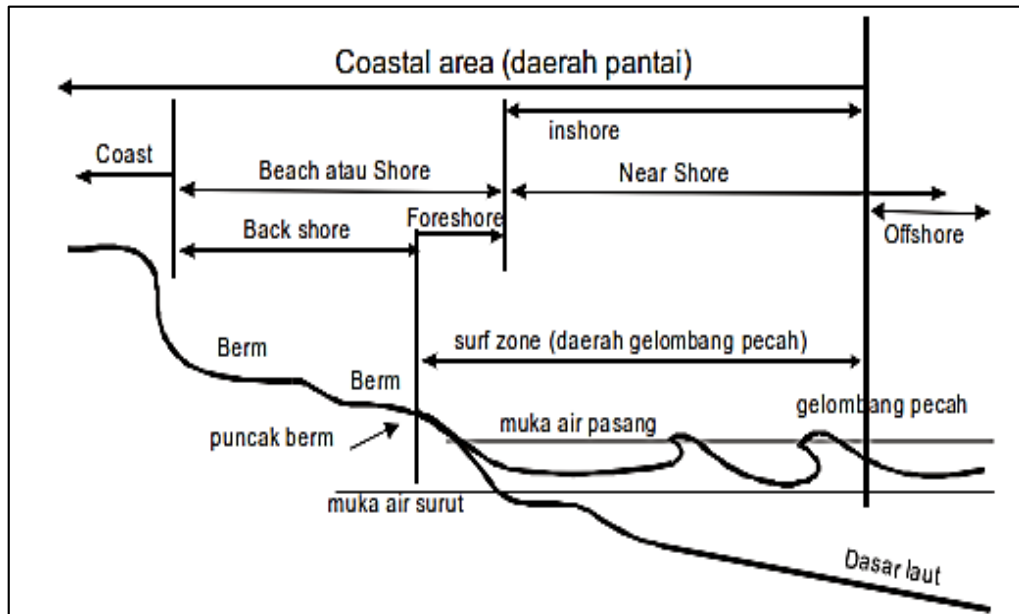
Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah. Sedangkan garis pantai adalah garis batas pertemuan antara air laut dan daratan, posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Triatmodjo, 1999).

Angkutan sedimen sepanjang pantai dianggap terjadi merata di atas profil pantai hingga turun ke titik kedalaman kritis "D" yang disebut kedalaman penutupan. Sedimen dianggap bergerak tidak sejajar di wilayah kedalaman ini. Jika perubahan profil pantai hanya sejajar dengan dirinya sendiri (mempertahankan bentuknya),

posisi garis pantai Δy pada titik tertentu terkait dengan perubahan dalam
 sempang ΔA pada titik yang sama sesuai dengan persamaan 2.12:



$$\Delta A = \Delta y D \quad (2.12)$$



Gambar 2.7 Definisi dan batasan pantai (USACE, 1984)

Perubahan luas ΔA adalah perubahan luas penampang pantai (m^2), Δy perubahan posisi garis pantai (m), dan D adalah kedalaman maksimum untuk gerakan sedimen (m) (Larson, Hanson, & Kraus, 1987).

Adapun perubahan laju angkutan sedimen Q merupakan perubahan luas penampang pantai terhadap waktu yang dituliskan sebagai:

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \Delta Q \quad (2.13)$$

Apabila persamaan 2.12 disubstitusikan ke persamaan 2.13, maka persamaan menjadi:

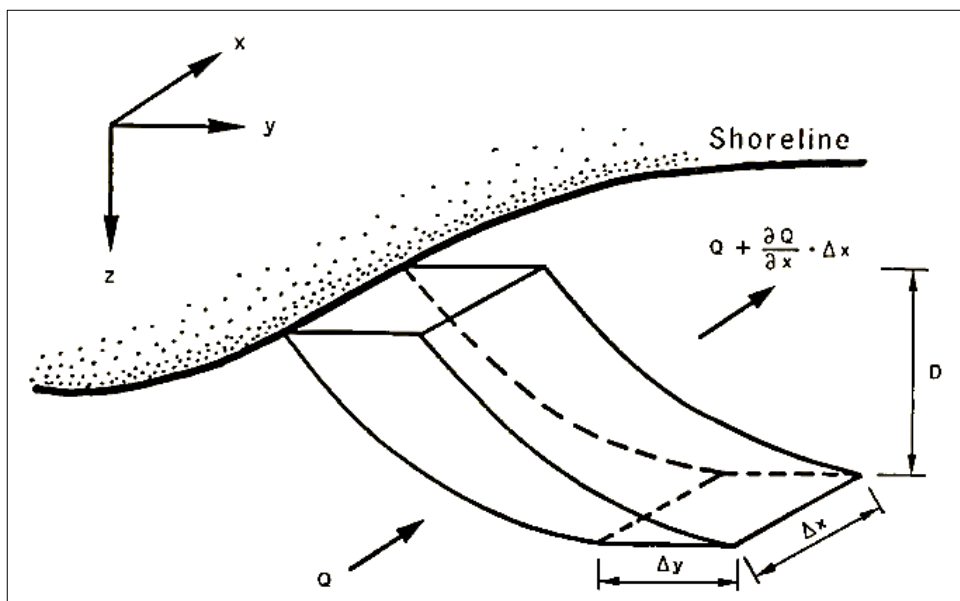


$$\frac{1}{D} \Delta Q \quad (2.14)$$

Upaya perlindungan sedimen dalam arah sejajar pantai dengan mengabaikan angkutan lintas pantai merupakan dasar untuk model garis pantai *One-line*.

Persamaan model *One-line* dinyatakan dengan (Vitoustek & Barnard, 2015):

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{D} \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (2.15)$$



Gambar 2.8 Sketsa hipotesis keseimbangan profil pantai (Larson, Hanson, & Kraus, 1987)

Posisi garis tepi pantai y adalah koordinat lintas-pantai dari posisi garis pantai, x adalah koordinat sepanjang pantai, D adalah kedalaman penutupan, Q adalah laju angkutan sedimen sejajar pantai, dan t adalah waktu.

Untuk menyelesaikan persamaan 2.15, perlu untuk menentukan ekspresi untuk laju

sedimen sejajar pantai. Angkutan sedimen pantai di pantai terbuka hubungan yang erat dengan arus sejajar pantai yang dihasilkan oleh



gelombang yang secara tidak sengaja terjadi pada garis pantai. Ekspresi umum untuk laju transpor sedimen pantai adalah:

$$Q = Q_0 \sin 2\alpha_b \quad (2.16)$$

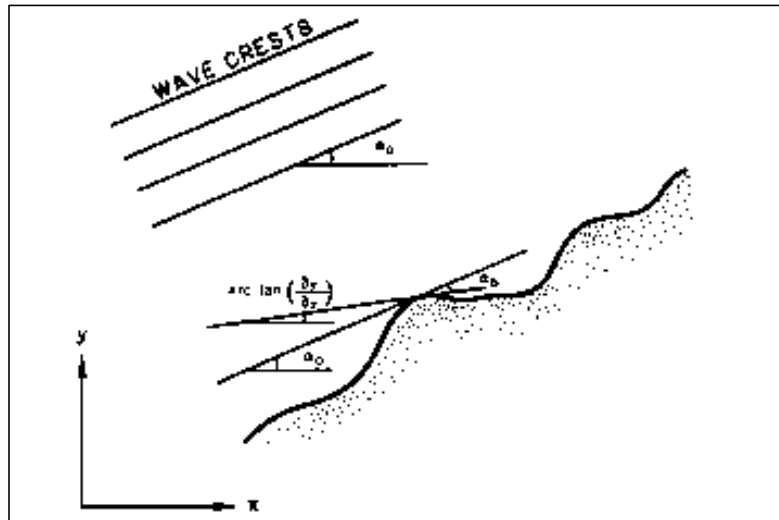
Q_0 adalah amplitudo dari laju transport sedimen pantai dan α_b sudut antara muka gelombang pecah dan garis pantai (Larson, Hanson, & Kraus, 1987).

Sebagai contoh, USACE (1984) memberikan persamaan berikut sebagai ekspresi untuk amplitudo laju transportasi pasir pantai berdasarkan hasil empiris (Larson, Hanson, & Kraus, 1987):

$$Q_0 = \frac{\rho g}{16} H_{sb}^2 c_{gb} \frac{k}{(\rho_s - \rho)\lambda} \quad (2.17)$$

ρ adalah densitas air (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), H_{sb} adalah tinggi signifikan gelombang pecah (m), C_{gb} adalah kecepatan grup gelombang pada titik pecah (m/s), K adalah konstanta empiris nondimensional, ρ_s adalah densitas pasir (kg/m^3), dan λ adalah porositas pasir (Larson, Hanson, & Kraus, 1987).





Gambar 2.9 Sketsa muka gelombang datang (Larson, Hanson, & Kraus, 1987)

Sudut antara puncak gelombang yang pecah dan garis pantai pada **Gambar 2.8** dapat dinyatakan sebagai:

$$\alpha_b = \alpha_0 - \tan^{-1} \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) \quad (2.17)$$

Sudut α_0 adalah sudut puncak gelombang relatif terhadap suatu sumbu yang sejajar dengan tren garis pantai dan $\frac{\partial y}{\partial x}$ adalah orientasi garis pantai lokal.

