

ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG PECAH TERHADAP PERUBAHAN GARIS PANTAI DI ATEP OKI

Stefani Kristie Dauhan

H. Tawas, H. Tangkudung, J. D. Mamoto

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: dauhanstefani@yahoo.com

ABSTRAK

Pantai Atep Oki diduga mengalami proses dinamika akibat berubahnya karakteristik bentuk gelombang atau mengalami transformasi sehingga mengakibatkan terjadinya pembangkitan arus, abrasi atau erosi. Sehubungan dengan masalah di atas maka perlu dilakukan studi untuk mengidentifikasi karakteristik gelombang yang terjadi di perairan tersebut.

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pendekatan teori dan analisis transformasi gelombang yang terjadi di kawasan pantai Atep Oki. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 11 tahun dari stasiun BMKG Winangun untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan.

Dari hasil perhitungan diperoleh $H = 1,4721$ m dan $T = 4,4513$ det, $H'o = 1,472$ m. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0,9260 sampai 1,0017. Sedangkan koefisien shoaling berkisar pada 0,931 sampai 3.374. Tinggi gelombang setelah mengalami transformasi yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 0,7 m sampai 1,723 m pada kedalaman 0,1 m sampai 25 m.

Kata kunci: *Pantai Atep Oki, karakteristik, gelombang pecah, refraksi*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pantai adalah daerah pertemuan antara darat, laut dan udara dimana terjadi interaksi dinamis antara air, angin, dan material penyusun didalamnya. Hal ini menyebabkan pantai rentan terhadap perubahan, dimana perubahan tersebut dapat menjadi penyebab kerusakan pada daerah pesisir pantai.

Kerusakan pantai dapat diakibatkan oleh gerakan angin, arus sehingga terjadi bangkitan gelombang dan dapat menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai umumnya disebabkan tidak saja oleh faktor alam tetapi juga akibat kegiatan manusia antara lain adalah kegiatan pembangunan pelabuhan, pertambangan, pengerukan, perusakan vegetasi pantai, pertambakan, perlindungan pantai, reklamasi pantai, dan kegiatan wisata pantai. (Azhar, 2012).

Indonesia adalah Negara dengan jumlah penduduk keempat terbesar di dunia dan juga Negara kepulauan terbesar di dunia, dengan kurang lebih 60% dari sekitar 222 juta penduduknya (dalam pendataan tahun 2006) tinggal didalam radius 50 km di

daerah pesisir pantai, memiliki garis pantai ± 81 ribu kilometer panjangnya. Daerah pesisir Pantai banyak dijadikan sebagai tempat pengembangan usaha seperti kawasan pusat perbelanjaan, perkantoran, pemukiman, tempat wisata dan lain-lain. Seiring dengan berkembangnya aktifitas penduduk disekitar pantai, akan menimbulkan permasalahan yaitu kerusakan terhadap pantai itu sendiri.

Menurut Bambang Triatmodjo, 1999, Kerusakan yang terjadi pada daerah pantai sering dipengaruhi oleh faktor-faktor alamiah seperti arus pantai, angkutan sedimen pantai, perubahan kenaikan muka air laut dan gelombang Laut. Gelombang laut biasanya dibangkitkan oleh banyak hal, misalnya oleh angin, pasang surut, arus dan lain-lain. Gelombang laut yang menghantam pantai terdiri dari suatu rentetan gelombang.

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh transformasi gelombang. Terjadinya erosi atau abrasi pun sebagai akibat dari perubahan bentuk gelombang laut. Fenomena tersebut dapat merusak garis pantai dan mengancam infrastruktur wilayah pesisir pantai.

Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pantai Atep Oki, maka pergeseran garis pantai akibat gelombang dapat mengancam daerah pesisir pantai terutama bagi penduduk yang tinggal di pesisir pantai tersebut.

Batasan Masalah

1. Analisis hanya dilakukan di Pantai Atep Oki Kecamatan Lembean Timur Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara.
2. Tinjauan hanya akibat gelombang.
3. Teori gelombang yang digunakan adalah teori gelombang linier (teori gelombang amplitudo kecil).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui serta mendapatkan nilai karakteristik gelombang pecah yang menyebabkan perubahan terhadap garis pantai berdasarkan data yang diperoleh di lokasi penelitian secara analitis.

Manfaat Penelitian

Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah untuk :

1. Memperoleh pengetahuan mengenai teknik pantai khususnya dalam mempelajari karakteristik gelombang pecah dilaut dangkal dan transisi.
2. Memberikan informasi mengenai sifat-sifat gelombang pecah yang terjadi di lokasi penelitian.
3. Memberikan informasi kepada warga yang tinggal di Pesisir Pantai Atep Oki tentang gelombang yang terjadi di Pantai Atep Oki.
4. Sebagai bahan referensi dibidang rekayasa pantai khususnya dalam mempelajari gelombang pecah.

LANDASAN TEORI

Pantai

Pantai adalah daerah pertemuan antara darat, laut dan udara dimana terjadi interaksi dinamis antara air, angin, dan material penyusun didalamnya. Hal ini menyebabkan pantai rentan terhadap perubahan, dimana perubahan tersebut dapat menjadi penyebab kerusakan pada daerah pesisir pantai.

Kerusakan pantai dapat diakibatkan oleh gerakan angin, arus sehingga terjadi bangkitan gelombang. Terjadinya bangkitan gelombang menyebabkan berpindahnya material dari suatu tempat ke tempat lain, dan hal ini berlangsung secara terus menerus (pergerakan sedimen) sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai.

Dalam bidang teknik pantai, ada dua istilah yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Sedang pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut.

Beberapa definisi pantai untuk keperluan rekayasa/teknik pantai (*Triatmodjo, 1999*) yang perlu diketahui dan dipahami diantaranya :

- *Surf zone*
Adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah sampai batas naik-turunnya gelombang di pantai.
- *Breaker zone*
Adalah daerah dimana terjadi gelombang pecah.
- *Swash zone*
Adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.
- *Offshore*
Adalah daerah dari gelombang (mulai) pecah sampai ke laut lepas.
- *Foreshore*
Adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat surut terendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tertinggi.
- *Inshore*
Adalah daerah antara *offshore* dan *foreshore*.
- *Backshore*
Adalah daerah yang dibatasi oleh foreshore dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tertinggi.
- *Coast*
Adalah daratan pantai yang masih terpengaruh laut secara langsung,

misalnya pengaruh pasang surut, angin laut, dan ekosistem pantai (hutan bakau).

- *Coastal area*

Adalah daratan pantai dan perairan pantai sampai kedalaman 100 atau 150m.

Gelombang

Menurut Bambang Triatmodjo, 1999, Gelombang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitan seperti angin (**gelombang angin**), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (**gelombang pasang-surut**), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (**gelombang tsunami**), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

Gelombang yang sehari-hari terjadi dan diperhitungkan dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang-surut (pasut). Hal ini karena gelombang tersebut dapat membentuk dan merusak pantai serta berpengaruh pada bangunan-bangunan pantai.

Teori Gelombang Airy

Anggapan-anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut :

1. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massa ρ adalah konstan.
2. Tegangan permukaan diabaikan.
3. Gaya *Coriolis* diabaikan.
4. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.
5. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran *irrotational*.
6. Dasar laut adalah horizontal, tetap dan impermeabel sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol.
7. Amplitude gelombang kecil.
8. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga adalah dua dimensi.

Hindcasting Gelombang

Angin dapat menyebabkan terjadinya gelombang laut, oleh karena itu data angin bisa digunakan untuk memperkirakan tinggi dan arah gelombang di lokasi penelitian. Data angin diperlukan sebagai data masukan dalam peramalan gelombang sehingga diperoleh tinggi gelombang rencana. Data angin yang diperlukan adalah data angin setiap jam berikut informasi mengenai arahnya.

Peramalan gelombang didasarkan pada peramalan gelombang pada kondisi masa lalu yang disebut *hindcasting* dan peramalan pada kondisi perkiraan yang disebut *forecasting*. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut karena terjadinya gelombang laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin. *Hindcasting* gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi (H) dan perioda (T) gelombang akibat adanya angin dengan besar, arah, dan durasi tertentu. Jadi, *hindcasting* gelombang dimaksudkan untuk mengalih-ragamkan (transformasi) data angin menjadi data gelombang.

Metode peramalan gelombang dapat dibedakan atas peramalan gelombang laut dalam dan peramalan gelombang laut dangkal. Metode peramalan laut dangkal memperhitungkan faktor gesekan antara gerak air dan dasar laut sehingga mengurangi tinggi gelombang yang terbentuk, sedangkan metode peramalan laut dalam tanpa dipengaruhi dasar laut jadi gelombang yang terbentuk tidak dipengaruhi oleh keadaan dasar laut.

Penentuan Fetch

Dalam menentukan *fetch* diperlukan peta perairan lokasi penelitian dan sekitarnya. *Fetch* adalah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Pada kenyataan, angin bertiup bervariasi atau sembarang sehingga panjang *fetch* diukur dari titik pengamatan dengan interval 5° .

Penghitungan panjang *fetch* efektif ini dilakukan dengan menggunakan bantuan peta lokasi studi dengan skala yang cukup besar, sehingga dapat terlihat pulau-pulau/daratan yang mempengaruhi pembentukan gelombang di suatu lokasi. Panjang *fetch* dihitung untuk 8 arah mata angin dan ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (1)$$

dimana:

F_{eff} = *Fetch* rerata efektif

X_i = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α = Sudut deviasi pada kedua sisi dari arah angin

Arah Angin

Arah angin didapatkan dari data yang diperoleh dan perlu disesuaikan dengan wilayah penentuan *fetch* untuk tiap mata angin. Jika arah angin yang diperoleh dalam derajat maka perlu dilakukan pembatasan wilayah dalam derajat sebagai acuan untuk menentukan arah angin.

Arah angin yang diambil sebagai acuan adalah sebagai berikut:

- Arah Utara ($337,5^\circ < U < 22,5^\circ$)
- Arah Timur Laut ($22,5^\circ < TL < 67,5^\circ$)
- Arah Timur ($67,5^\circ < T < 112,5^\circ$)
- Arah Tenggara ($112,5^\circ < TG < 157,5^\circ$)
- Arah Selatan ($157,5^\circ < S < 202,5^\circ$)
- Arah Barat Daya ($202,5^\circ < BD < 247,5^\circ$)
- Arah Barat ($247,5^\circ < B < 292,5^\circ$)
- Arah Barat Laut ($292,5^\circ < BL < 337,5^\circ$)

Rumus perkembangan gelombang dipisahkan berdasarkan ciri atau kondisi kedalaman (Danial, 2008; Triatmodjo, 1999; SPM, 1984) yaitu laut dalam *open water* dan laut dangkal *restricted fetch*.

Menentukan durasi minimum *fetch*, yang dibutuhkan untuk daerah gelombang menjadi *fetch limited*:

1. *Open Water*

$$t_{fetch} = 68,8 \frac{F^{2/3}}{g^{1/3} U_a^{1/3}} \quad (2)$$

2. *Restricted Fetch*

$$t_{fetch} = 51,9 \frac{F^{0,72}}{g^{0,28} U_a^{0,44}} \quad (3)$$

Menentukan karakter dari perkembangan gelombang apakah *duration limited* atau *fetch limited*. Syarat, *Duration Limited* $t_i < t_{fetch}$

1. *Open Water*

Duration Limited

$$H = 0,0000851 \left(\frac{U_a^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_a} \right)^{5/7} \quad (4)$$

$$T = 0,0702 \left(\frac{U_a}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_a} \right)^{0,411} \quad (5)$$

Fetch Limited

$$H = 0,0016 \left(\frac{U_a^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_a^2} \right)^{1/2} \quad (6)$$

$$T = 0,2857 \left(\frac{U_a}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_a^2} \right)^{1/3} \quad (7)$$

2. *Restricred Fetch*

Duration Limited

$$H = 0,000103 \left(\frac{\hat{U}_a}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{\hat{U}_a} \right)^{0,69} \quad (8)$$

$$T = 0,82 \left(\frac{\hat{U}_a}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{\hat{U}_a} \right)^{0,39} \quad (9)$$

Fetch Limited

$$H = 0,0015 \left(\frac{\hat{U}_a^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{\hat{U}_a^2} \right)^{1/2} \quad (10)$$

$$T = 0,3704 \left(\frac{\hat{U}_a}{g} \right) \left(\frac{gF}{\hat{U}_a} \right)^{0,28} \quad (11)$$

Menentukan kondisi gelombang penuh (*fully developed*). Syarat *fully developed*,

$$\frac{gH}{U^2} \geq 2,433 \times 10^{-1} \quad (12)$$

$$\frac{gT}{U_a} \geq 8,134 \quad (13)$$

$$\frac{gt}{U_a} \geq 7,15 \times 10^4 \quad (14)$$

1. *Open Water*

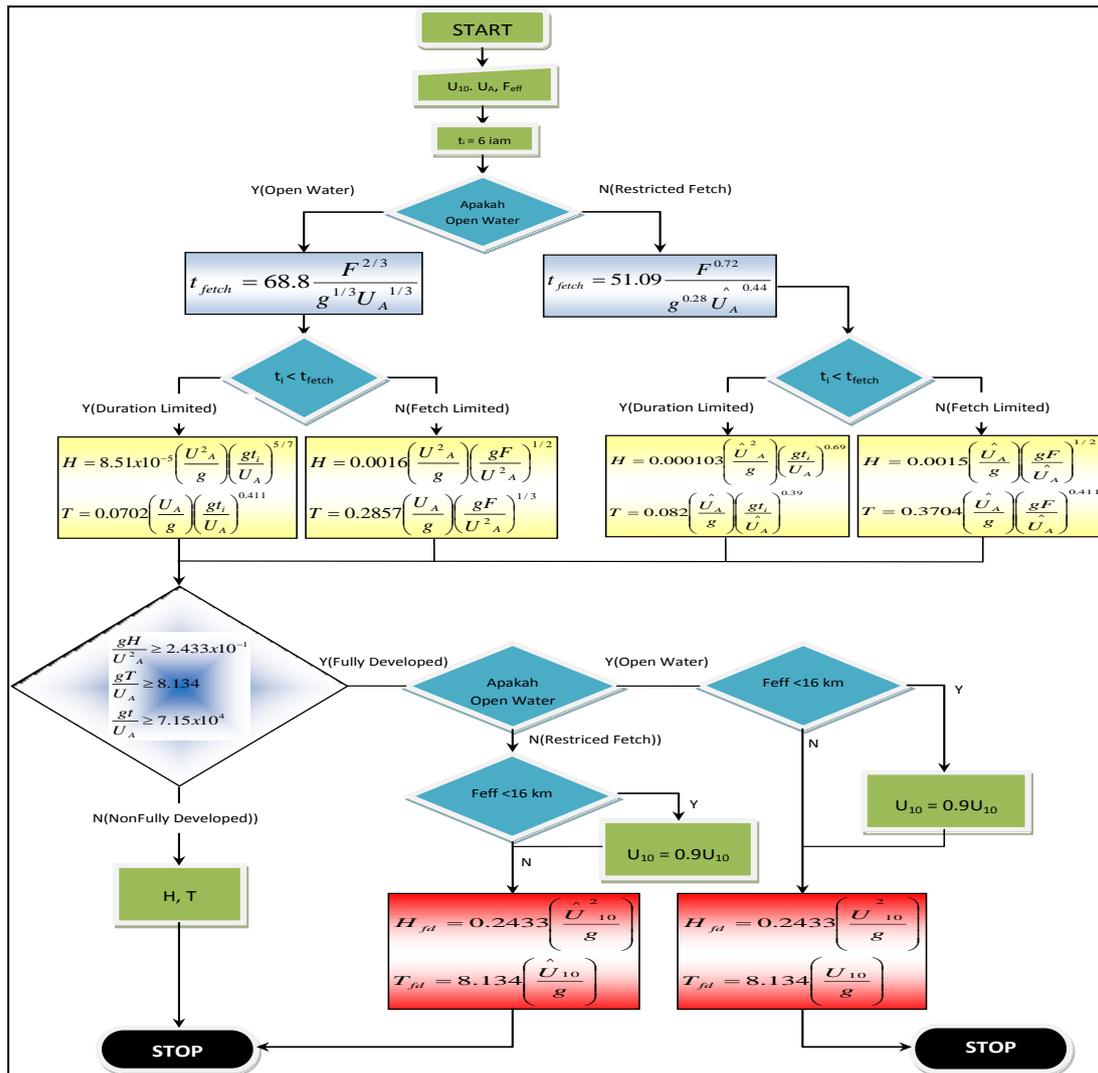
$$H_{fd} = 0,2433 \left(\frac{U_c^2}{g} \right) \quad (15)$$

$$T_{fd} = 8,134 \left(\frac{U_c}{g} \right) \quad (16)$$

2. *Restricted Fetch*

$$H_{fd} = 0,2433 \left(\frac{\hat{U}_c^2}{g} \right) \quad (17)$$

$$T_f = 8,134 \left(\frac{\hat{U}_c}{g} \right) \quad (18)$$



Gambar 1 Diagram Alir Hindcasting Gelombang
 Sumber: SPM, 1984 dan Handbook of Coastal Engineering

Transformasi Gelombang

Menurut Danial (2008), Sejak keluar dari daerah pembentukannya, gelombang yang masih berada di laut dalam menjalani transformasi lebih teratur dibanding pada saat pembentukannya. Tetapi selama penjalarnya, angin dan durasi serta arah hembusannya masih tetap memberikan pengaruh sehingga menyebabkan terjadi perubahan baik tinggi, periode dan arah.

Setelah memasuki suatu kawasan transisi, gelombang akan dipengaruhi oleh kedalaman kontur yang menyebabkan terjadinya proses deformasi gelombang baik dalam tinggi, periode dan kecepatannya.

Refraksi

Refraksi gelombang adalah perubahan bentuk gelombang yang diakibatkan oleh berubahnya kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air lebih besar dari

setengah panjang gelombang yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut.

Di daerah ini apabila ditinjau suatu garis puncak gelombang bergerak menuju pantai, maka bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada di bagian air yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut. Begitu pula garis ortogonal gelombang, garis ini akan membelok dan berusaha untuk tegak lurus dengan garis kontur dasar laut.

Garis ortogonal gelombang adalah garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang.

Difraksi

Difraksi terjadi apabila suatu deretan gelombang terhalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau suatu pulau yaitu apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik didekatnya maka menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil.

Difraksi secara sederhana adalah peristiwa pembelokan gelombang akibat adanya bangunan penghalang yang disebabkan oleh transfer energi gelombang. Gelombang yang tertahan suatu penghalang akan berhenti, sedangkan gelombang yang tidak tertahan akan terus merambat dan mengalami transformasi bentuk gelombang seperti penyebaran, pembelokan, dan perubahan tinggi gelombang.

Refleksi

Gelombang yang membentur suatu pulau atau struktur bangunan seperti pemecah ombak akan mengalami refleksi gelombang dan dipantulkan kembali sehingga menimbulkan interferansi antara gelombang yang datang dengan gelombang yang memantul (Danial, 2008). Tinjauan refleksi gelombang penting di dalam perencanaan bangunan pantai, terutama pada bangunan pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan pelabuhan.

Shoaling (Pendangkalan)

Shoaling adalah proses dimana terjadinya kenaikan tinggi suatu gelombang, dimana gelombang tersebut memasuki kawasan perairan yang lebih dangkal. Tinggi gelombang bisa meningkat lebih dari dua kali amplitude awal. Karena adanya perubahan kedalaman tersebut, maka terjadi perubahan kecepatan gelombang. Kecepatan gelombang tersebut menurun, sehingga berada pada posisi stasioner. Keadaan ini harus diimbangi oleh kepadatan energi yang meningkat. Meningkatnya kepadatan energi inilah yang menyebabkan meningkatnya ketinggian gelombang.

Gelombang Pecah

Gelombang pecah adalah suatu sistem yang sangat kompleks. Bahkan dalam beberapa jarak sebelum gelombang pecah, bentuknya tidak sinusoidal lagi. Jika terjadi

gelombang pecah, energi yang diterima dari angin, berkurang. Beberapa energi dibalikkan kembali ke laut, jumlahnya bergantung kepada kemiringan pantai, semakin kecil sudut kemiringan pantai, semakin kecil energi yang dibalikkan. Kebanyakan energi berkurang sebagai panas dalam percampuran skala kecil dari buih air dan pasir.

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang.

Pecahnya gelombang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati pantai, dimana puncak gelombang menjadi tajam dan kedalamannya mencapai seperempat dari tinggi gelombang dan akhirnya terjadi gelombang pecah. Efek perubahan kedalaman laut akan mengakibatkan tinggi gelombang bertambah besar ketika gelombang tersebut memasuki perairan dangkal. Tinggi gelombang akan mencapai suatu ketinggian tertentu dan ia akan menjadi tidak stabil dan kemudian pecah dan mengakibatkan timbulnya energi.

Perambatan gelombang menuju perairan dangkal semakin mengurangi kecepatan tapi energinya justru bertambah besar sehingga tinggi gelombang juga menjadi semakin bertambah besar. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang.

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini :

1. Spilling

Spilling biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil). Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur-angsur. Buih terjadi pada puncak gelombang selama

mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup panjang.

2. *Plunging*

Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan. Energi gelombang pecah dihancurkan dalam turbulensi, sebagian kecil di pantulkan pantai ke laut, dan tidak banyak gelombang baru terjadi pada air yang lebih dangkal.

3. *Surging*

Surging terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe surging ini mirip dengan plunging, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

Lokasi Penelitian

Letak Geografis dan Administrasi

Pantai Atep Oki terletak di kecamatan Lembean Timur Kabupaten Minahasa. Kabupaten Minahasa dengan luas wilayah adalah 4.626 km², secara geografis berada pada posisi koordinat 124°34'00"-125°05'00" BT dan antara 01°01'00"-01°29'00" LU.

Pantai Atep Oki berada dalam wilayah administrasi Kecamatan Lembean Timur dengan batas-batas wilayah sebagai berikut :

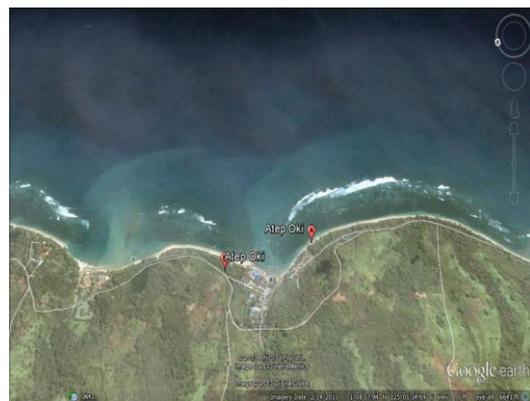
- Sebelah Utara, Kecamatan Kombi
- Sebelah Barat, Kecamatan Eris
- Sebelah Selatan, Kecamatan Kakas
- Sebeah Timur, Laut Maluku

Letak geografis desa Atep Oki :

Titik A = 1°8'53.72"U dan 125°1'26.62"T

Titik B = 1°9'8,37"U dan 125°1'26,77"T

seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desa Atep (Google)

Daerah penelitian di pantai ini dibatasi pada posisi koordinat antara :

Titik A = 1°8'58.78"U dan 125°1'34,12"T

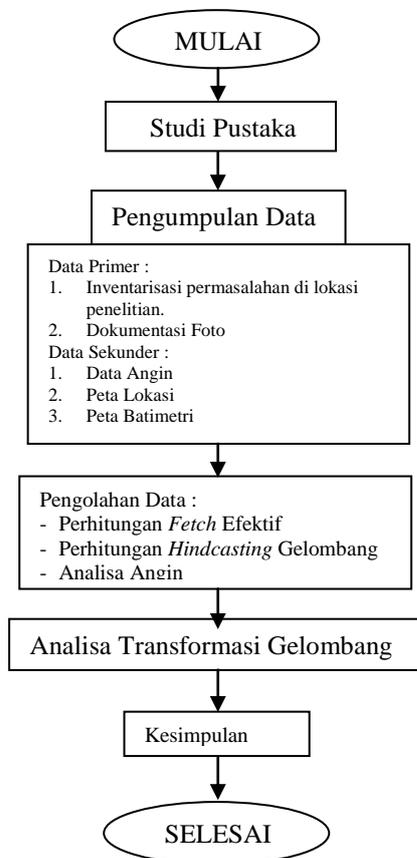
Titik B = 1°8'57,30"U dan 125°1'25,01"T



Gambar 2. Daerah Penelitian (Google)

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Perhitungan *Fetch* Efektif

Hasil perhitungan untuk panjang *fetch* untuk masing-masing arah.



Gambar 3. *Fetch* Arah Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan & Barat Daya

Dari hasil penggambaran hanya arah timur laut, timur, tenggara, selatan dan barat daya yang mempunyai panjang *fetch*. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa *fetch* Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan dan Barat Daya tidak dibatasi oleh pulau-pulau yang berdekatan sehingga termasuk dalam “*open water*” ($F_{eff} > 100$ km).

Gelombang yang akan terbentuk cenderung besar karena daerah pembentukan gelombang yang besar.

Langkah-langkah perhitungan *fetch* dijelaskan dibawah ini :

1. Menggunakan peta daerah perairan pantai Atep Oki Kecamatan Lembean Timur dan ditentukan arah angin sebagai titik pusat tinjauan. Garis arah angin utama ditentukan sebagai *central radial*.
2. Dalam perhitungan ini dibuat sudut dari garis *central radial* ke arah kiri dan kanan garis *fetch* dengan interval 5° sampai 20°. Ukur *fetch* sampai menyentuh daratan atau batas akhir peta, kemudian kalikan dengan skala. Hasilnya dapat dibaca pada Tabel 1. hasil perhitungan *Fetch* untuk delapan arah mata angin.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Fetch* Untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah	Sudut (α)	F(mil)	F(km)	Cos(α)	Fcos(α)	F _{eff} (km)
	(°)					
Utara	-20.0	0.0	0	0.940	0.000	0.000
	-15.0	0.0	0	0.966	0.000	
	-10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	-5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	0.0	0.0	0	1.000	0.000	
	5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	15.0	0.0	0	0.966	0.000	
Timur Laut	-20.0	0.0	0	0.940	0.000	785.680
	-15.0	20.9	33.6352896	0.966	32.489	
	-10.0	22.8	36.6930432	0.985	36.136	
	-5.0	25.0	40.2336	0.996	40.080	
	0.0	1755.0	2824.39872	1.000	2824.399	
	5.0	794.0	1277.81914	0.996	1272.957	
	10.0	770.0	1239.19488	0.985	1220.369	
	15.0	743.0	1195.74259	0.966	1154.999	
Timur	-20.0	202.0	325.087488	0.940	305.482	285.861
	-15.0	188.0	302.556672	0.966	292.247	
	-10.0	178.0	286.463232	0.985	282.111	
	-5.0	172.0	276.807168	0.996	275.754	
	0.0	167.0	268.760448	1.000	268.760	
	5.0	174.0	280.025856	0.996	278.960	
	10.0	166.0	267.151104	0.985	263.092	
	15.0	182.0	292.900608	0.966	282.920	
Tenggara	-20.0	185.0	297.72864	0.940	279.773	385.353
	-15.0	176.0	283.244544	0.966	273.593	
	-10.0	170.0	273.58848	0.985	269.432	
	-5.0	200.0	321.8688	0.996	320.644	
	0.0	246.0	395.898624	1.000	395.899	
	5.0	254.0	408.773376	0.996	407.218	
	10.0	345.0	555.22368	0.985	546.789	
	15.0	352.0	566.489088	0.966	547.186	
Selatan	-20.0	214.0	344.399616	0.940	323.630	330.278
	-15.0	210.0	337.96224	0.966	326.446	
	-10.0	202.0	325.087488	0.985	320.149	
	-5.0	197.0	317.040768	0.996	315.834	
	0.0	198.0	318.650112	1.000	318.650	
	5.0	194.0	312.212736	0.996	311.025	
	10.0	197.0	317.040768	0.985	312.224	
	15.0	208.0	334.743552	0.966	323.337	
Barat Daya	-20.0	217.0	349.227648	0.940	328.167	37.405
	-15.0	0.0	0	0.966	0.000	
	-10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	-5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	0.0	0.0	0	1.000	0.000	
	5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	15.0	0.0	0	0.966	0.000	
Barat	-20.0	0.0	0	0.940	0.000	0.000
	-15.0	0.0	0	0.966	0.000	
	-10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	-5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	0.0	0.0	0	1.000	0.000	
	5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	15.0	0.0	0	0.966	0.000	
Barat Laut	-20.0	0.0	0	0.940	0.000	0.000
	-15.0	0.0	0	0.966	0.000	
	-10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	-5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	0.0	0.0	0	1.000	0.000	
	5.0	0.0	0	0.996	0.000	
	10.0	0.0	0	0.985	0.000	
	15.0	0.0	0	0.966	0.000	

Analisa Angin

Data angin yang dipergunakan dalam pekerjaan ini yaitu data angin dari BMKG Winangun. Data angin yang dianalisis adalah data magnitude kecepatan dan arah angin maksimum harian dengan selang waktu data 11 tahun. Arah angin untuk setiap bulan selama 11 tahun diklasifikasikan dalam delapan penjuror mata angin.

Dalam perhitungan ini digunakan kecepatan angin maksimum. Hal ini dimaksudkan agar dapat diperoleh kondisi-kondisi gelombang yang ekstrim. Angin maksimum yang akan digunakan dalam perhitungan tinggi gelombang signifikan terlebih dahulu dikoreksi untuk mendapatkan nilai faktor stress-angin (*wind-stress factor*). Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5 m/d.

Tabel 2. Data Kecepatan dan Arah Angin pada Tahun 2011

Tanggal	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)
1	S	3.50	B	4.45	S	1.25	B	7.20	U	0.70	S	1.00
2	S	3.60	B	4.50	U	1.63	B	10.60	B	1.00	U	5.00
3	U	1.00	S	1.17	B	1.83	B	9.00	B	3.00	S	2.00
4	U	1.67	TL	0.50	U	1.79	B	5.80	B	1.50	S	4.00
5	B	1.92	U	0.29	U	1.16	B	2.60	U	0.80	S	5.00
6	U	1.29	U	1.58	U	1.88	U	4.40	U	1.00	S	3.00
7	U	1.63	TG	1.46	U	2.38	U	1.80	S	2.00	S	4.00
8	U	2.83	U	1.33	U	1.75	U	3.00	S	4.00	S	5.00
9	U	2.00	S	0.50	U	0.29	B	0.40	S	1.50	S	2.00
10	U	2.40	S	1.54	U	2.33	B	4.40	S	1.20	S	1.00
11	TL	1.13	U	1.04	U	2.17	B	4.00	U	1.80	S	1.00
12	U	1.92	U	2.08	U	1.29	B	3.30	BD	0.70	S	2.00
13	B	0.88	B	2.08	U	2.25	B	6.00	S	0.40	S	2.00
14	T	0.29	U	2.13	U	1.25	B	2.40	U	0.30	S	1.00
15	B	2.63	U	1.83	B	1.17	U	0.90	T	0.30	S	1.00
16	B	4.50	U	1.21	U	1.13	T	0.30	B	0.30	S	3.00
17	B	3.33	B	1.33	U	0.83	U	1.80	U	1.10	S	3.00
18	S	0.71	U	1.13	U	1.08	U	1.80	S	1.40	S	3.00
19	S	0.79	U	0.63	S	0.08	B	2.70	S	1.40	S	4.00
20	U	2.08	U	0.46	B	1.88	S	0.50	S	2.00	S	2.00
21	TL	2.21	B	0.88	U	1.58	U	1.00	T	1.60	S	7.00
22	U	1.29	B	4.20	U	0.13	S	0.60	S	0.50	S	4.00
23	BD	0.29	B	2.80	U	1.16	B	0.90	S	2.00	S	4.00
24	U	0.83	B	2.04	B	3.08	S	1.00	S	2.10	S	4.00
25	U	2.96	B	4.71	B	6.13	U	1.20	S	4.50	S	2.00
26	T	1.25	B	2.13	B	4.46	U	1.20	S	2.20	BD	3.00
27	S	0.17	B	6.54	B	2.88	S	0.50	S	4.00	S	4.00
28	U	1.29	B	2.71	B	1.46	U	1.50	S	2.30	S	4.00
29	U	2.00			B	2.33	TG	1.50	S	0.20	S	4.00
30	U	3.50			B	5.13	TG	0.90	U	0.50	S	3.00
31	BL	6.79			B	5.54			U	0.10		

Tabel 3. Data Kecepatan dan Arah Angin pada tahun 2011 (lanjutan)

Tanggal	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)	Arah	kec (knots)
1	S	1.00	S	8.00	S	1.00	S	1.6	S	1.30	S	0.79
2	U	5.00	S	6.00	S	3.00	BD	0.3	S	1.2	U	0.1
3	S	2.00	S	4.00	S	3.00	BD	0.5	S	0.10	U	0.79
4	S	4.00	S	5.00	S	2.00	BD	0.6	U	0.20	U	2.33
5	S	5.00	S	7.00	S	2.00	S	0.2	U	0.60	B	4.08
6	S	3.00	S	3.00	S	2.00	S	0.1	U	0.8	B	7.5
7	S	4.00	S	2.00	S	1.00	B	1.7	B	1.90	B	3.83
8	S	5.00	S	3.00	S	3.00	B	2.5	U	0.40	B	1.83
9	S	2.00	S	3.00	S	2.00	BD	1.2	U	2.00	B	4.21
10	S	1.00	S	2.00	S	2.00	B	0.5	U	0.10	B	2.13
11	S	1.00	S	1.00	S	2.00	B	1.1	TG	0.90	U	1.83
12	S	2.00	S	2.00	S	1.00	BD	1.0	U	1.50	U	2.08
13	S	2.00	S	3.00	S	2.00	S	1.1	U	1.30	B	2.29
14	S	1.00	S	4.00	S	2.00	U	1.1	U	0.80	U	2.17
15	S	1.00	S	3.00	S	3.00	S	1.2	S	0.40	B	3.00
16	S	3.00	S	3.00	S	1.00	TG	1.9	U	0.80	B	2.66
17	S	3.00	S	3.00	S	2.00	TG	1.0	U	1.80	U	0.58
18	S	3.00	S	5.00	S	1.00	TG	2.0	B	2.70	U	0.71
19	S	4.00	S	7.00	S	2.00	TG	2.3	B	0.75	U	2.42
20	S	2.00	S	6.00	S	1.00	TG	2.5	U	0.46	U	4.39
21	S	7.00	S	7.00	S	1.00	TG	1.5	U	0.54	U	2.92
22	S	4.00	S	11.00	BD	1.00	TG	1.0	S	0.33	U	4.38
23	S	4.00	S	6.00	S	2.00	TG	1.5	U	0.50	B	5.83
24	S	4.00	S	5.00	S	2.00	TG	1.0	U	0.21	B	0.92
25	S	2.00	S	5.00	U	3.00	T	1.4	B	0.71	U	2.58
26	BD	3.00	S	6.00	S	5.00	T	0.5	S	0.67	B	2.79
27	S	4.00	S	4.00	S	2.00	T	0.5	U	0.88	U	7.33
28	S	4.00	S	2.00	S	1.00	TG	1.2	T	1.00	U	5.50
29	S	4.00	S	5.00	S	1.00	TG	0.5	U	0.63	U	8.13
30	S	3.00	S	4.00	S	1.00	B	0.1	S	0.50	B	5.08
31	S	4.00	S	3.00			U	1.0			U	3.8

Perhitungan faktor tegangan angin :

Data angin yang akan digunakan untuk peramalan tinggi dan periode gelombang harus dikoreksi terhadap elevasi, stabilitas, efek lokasi, dan koefisien seret untuk mendapatkan *wind stress factor* atau faktor tegangan angin (U_A). Data angin yang digunakan untuk perencanaan bangunan pantai adalah data angin maksimum harian yang akan menyebabkan tinggi gelombang maksimum.

Hasil perhitungan angin dan gelombang bulan Januari untuk tahun 2011 dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perhitungan *Hindcasting* Gelombang Maksimum Bulan Januari Tahun 2011

Tangga 1	Arah	U _i Max Knot	U ₁₀ Knot	R _c	U _a knot	F _{zrr} m/dt	t _i Km	Open Water atau Restricted Fetch	t _{rrcc} detik	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(10)	(11)	
1	S	3.5	3.22	1.76	6.40	3.296	330.278	21600	Open Water	103216614
2	S	3.6	3.31	1.75	6.55	3.374	330.278	21600	Open Water	102415290
3	U	1.0	0.92	2.01	2.09	1.076	0.000	21600	-	-
4	U	1.7	1.54	1.94	3.36	1.729	0.000	21600	-	-
5	B	1.9	1.77	1.91	3.81	1.961	0.000	21600	-	-
6	U	1.3	1.19	1.98	2.65	1.365	0.000	21600	-	-
7	U	1.6	1.50	1.94	3.29	1.692	0.000	21600	-	-
8	U	2.8	2.60	1.82	5.35	2.755	0.000	21600	-	-
9	U	2.0	1.84	1.90	3.95	2.034	0.000	21600	-	-
10	U	2.4	2.21	1.86	4.64	2.389	0.000	21600	-	-
11	TL	1.1	1.04	2.00	2.34	1.207	785.680	21600	Open Water	257120569
12	U	1.9	1.77	1.91	3.81	1.961	0.000	21600	-	-
13	B	0.9	0.81	2.03	1.85	0.954	0.000	21600	-	-
14	T	0.3	0.27	2.10	0.63	0.326	285.861	21600	Open Water	202777201
15	B	2.6	2.42	1.84	5.02	2.587	0.000	21600	-	-
16	B	4.5	4.14	1.68	7.86	4.047	0.000	21600	-	-
17	B	3.3	3.06	1.77	6.14	3.162	0.000	21600	-	-
18	S	0.7	0.65	2.05	1.51	0.777	330.278	21600	Open Water	167075784
19	S	0.8	0.73	2.04	1.67	0.861	330.278	21600	Open Water	161491232
20	U	2.1	1.91	1.89	4.09	2.106	0.000	21600	-	-
21	TL	2.2	2.03	1.88	4.32	2.222	785.680	21600	Open Water	209770861
22	U	1.3	1.19	1.98	2.65	1.365	0.000	21600	-	-
23	BD	0.3	0.27	2.10	0.63	0.326	37.405	21600	Open Water	52264.307
24	U	0.8	0.76	2.03	1.75	0.902	0.000	21600	-	-
25	U	3.0	2.72	1.81	5.56	2.863	0.000	21600	-	-
26	T	1.3	1.15	1.98	2.57	1.326	285.861	21600	Open Water	126999932
27	S	0.2	0.16	2.11	0.37	0.192	330.278	21600	Open Water	266118233
28	U	1.3	1.19	1.98	2.65	1.365	0.000	21600	-	-
29	U	2.0	1.84	1.90	3.95	2.034	0.000	21600	-	-
30	U	3.5	3.22	1.76	6.40	3.296	0.000	21600	-	-
31	BL	6.8	6.24	1.53	10.82	5.571	0.000	21600	-	-

Tabel 5. Perhitungan *Hindcasting* Gelombang Maksimum Bulan Januari Tahun 2011 (lanjutan)

Kondisi Gelombang	H ₄₀₀ m	T ₄₀₀ detik	gH/U _a ²	gT/U _a	gt/U _a	Kondisi "Fully or Non Fully Developed"	H _a m	T _a detik
(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(16)	(17)	(18)	(19)
Duration Limited	0.256	2.234	0.231	6.642	64214.013	Non Fully Developed Sea	0.256	2.234
Duration Limited	0.264	2.265	0.227	6.578	62730.014	Non Fully Developed Sea	0.264	2.265
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Duration Limited	0.070	1.236	0.474	10.038	175412.199	Fully Developed Sea	0.030	1.002
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Duration Limited	0.013	0.571	1.208	17.196	649961.321	Fully Developed Sea	0.008	0.270
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Duration Limited	0.040	0.954	0.649	12.027	272346.318	Fully Developed Sea	0.019	0.645
Duration Limited	0.046	1.013	0.603	11.534	245939.243	Fully Developed Sea	0.021	0.714
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Duration Limited	0.154	1.771	0.306	7.810	95254.350	Fully Developed Sea	0.055	1.844
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Duration Limited	0.013	0.571	1.208	17.196	649961.321	Fully Developed Sea	0.008	0.270
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Duration Limited	0.079	1.306	0.443	9.658	159676.355	Fully Developed Sea	0.033	1.100
Duration Limited	0.007	0.419	1.759	21.352	1100537.584	Fully Developed Sea	0.005	0.160
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hindcasting gelombang dilakukan untuk setiap data angin maksimum harian selama 11 tahun. Dari hasil hindcasting ini disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan dari tahun 2001 s/d 2011. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan data maksimum dan dominan dari setiap arah sebagai acuan gelombang rencana.

Tabel 6. Tinggi, Periode dan Arah Gelombang Terbesar dan Dominan Bulanan Berdasarkan *Wave Hindcasting* untuk Tahun 2001 s/d 2011

No	Bulan	H & T	Arah Datang Gelombang					Max tiap bulan	
			TL	T	TG	S	BD	Arah Dominan	H - T
1	Januari	H(m)	0.0552	0.5183	0.0000	0.2642	0.0081	T	0.5183
		T(dt)	1.8445	3.0843	0.0000	2.2651	0.2703		3.0843
2	Februari	H(m)	0.0138	0.5889	0.0380	0.5889	0.0000	S	0.5889
		T(dt)	0.4601	3.2701	1.2699	3.2701	0.0000		3.2701
3	Maret	H(m)	0.0267	0.5889	0.0000	0.0267	1.2297	T	0.5889
		T(dt)	0.8931	3.2701	0.0000	0.8931	4.8344		3.2701
4	April	H(m)	0.0000	0.2563	0.0389	0.0719	0.0000	T	0.2563
		T(dt)	0.0000	2.2341	1.3017	2.4035	0.0000		2.2341
5	Mei	H(m)	0.0267	0.0719	0.0905	1.0506	0.0267	S	1.0506
		T(dt)	0.8931	2.4035	1.6882	4.2632	0.8931		4.2632
6	Juni	H(m)	0.0000	0.0505	0.0550	1.1746	0.0719	S	1.1746
		T(dt)	0.0000	1.6882	1.8371	4.4868	2.4035		4.4868
7	Juli	H(m)	0.0000	0.0550	1.2354	1.4020	0.0719	S	1.4020
		T(dt)	0.0000	1.8371	4.5918	4.8658	2.4035		4.8658
8	Agustus	H(m)	1.3550	1.4138	0.0000	1.4721	0.0000	S	1.4721
		T(dt)	4.7902	4.8844	0.0000	4.9756	0.0000		4.9756
9	September	H(m)	0.0000	0.0560	0.0552	0.9233	0.0267	S	0.9233
		T(dt)	0.0000	1.8739	1.8445	4.0183	0.8931		4.0183
10	Oktober	H(m)	0.0505	0.0560	0.0615	0.7259	0.0317	S	0.7259
		T(dt)	1.6882	1.8739	2.0548	3.5989	1.0594		3.5989
11	November	H(m)	0.0000	0.0448	0.0399	0.4459	0.0267	S	0.4459
		T(dt)	0.0000	1.4976	1.3334	2.8791	0.8931		2.8791
12	Desember	H(m)	0.0000	0.0719	0.0000	0.4459	0.0000	S	0.4459
		T(dt)	0.0000	2.4035	0.0000	2.8791	0.0000		2.8791
Max tiap Arah		H(m)	1.3550	1.4138	1.2354	1.4721	1.2297		
		T(dt)	4.7902	4.8844	4.5918	4.9756	4.8344		

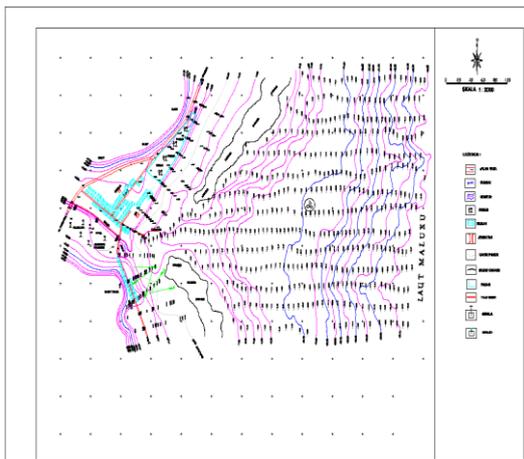
Dari tabel rekapitulasi di atas dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum terjadi berasal dari arah Selatan. Hal ini disebabkan gelombang dari arah Selatan mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar.

Peramalan gelombang dari data angin maksimum harian akan menghasilkan tinggi dan periode gelombang ekstrim yang maksimum pula. Gelombang maksimum ini akan digunakan dalam perencanaan bangunan pantai, baik untuk menentukan gelombang dengan periode ulang maupun dalam desain dimensi bangunan pengaman pantai yang akan direncanakan. Hal ini dimaksudkan agar bangunan pengaman pantai yang direncanakan tetap aman pada saat gelombang besar datang. Akan tetapi gelombang-gelombang ekstrim ini tidak

terjadi setiap hari sehingga tidak dapat dianggap sebagai pola yang mewakili gelombang pantai.



Gambar 4. Daerah Tinjauan Penelitian (Google earth)



Gambar 5. Peta Potongan Ortogonal Daerah Tinjauan Penelitian Pantai Atepi Oki
Sumber : Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara

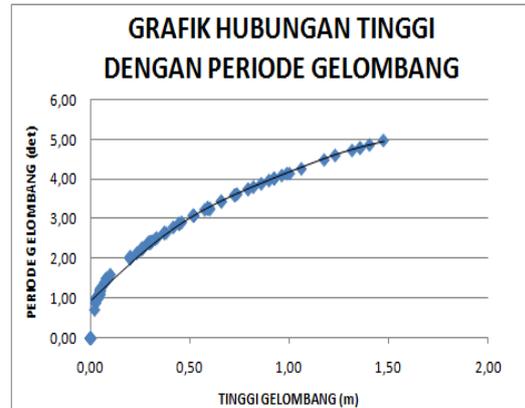
Analisa Transformasi Gelombang

Perhitungan Koefisien Refraksi

- a) Tentukan sudut datang gelombang (α)
Sudut datang gelombang (α) = 45°
- b) Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.
Kedalaman diambil mulai dari -25 m sampai -0.1 m
- c) Tentukan tinggi dan periode gelombang rencana (yang paling maksimum dari arah tinjauan).

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara

tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (11 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



Gambar 6. Grafik Hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang

Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan :

$$y = -2.470x^2 + 6,310x + 0,515$$

Untuk arah Selatan :

$$H_o = 1,4721m$$

$$T_o = -2,470.H_o^2 + 6,310.H_o + 0,515 = 4,4513 \text{ det}$$

- d) Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus:

$$L_o = 1,56 T^2$$

dimana:

L_o = Panjang gelombang laut dalam

T = Periode gelombang laut dalam

$$L_o = 1,56 * (4,4513)^2 = 30,909 \text{ m}$$

- e) Hitung nilai α

$$d/L_o = 25/30,909 = 0,81$$

Tabel 7. Pembacaan nilai d/L dan n

$\frac{d}{L_o}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.8000	0.80006	5.0270	0.9999	76.231	76.237	1.000	0.0131	10.054	11623.	11623.	0.5004
0.8100	0.81006	5.0897	0.9999	81.171	81.177	1.000	0.0123	10.180	13178.	13178.	0.5004
0.8200	0.82005	5.1525	0.9999	86.431	86.437	1.000	0.0116	10.305	14942.	14942.	0.5003
0.8300	0.83004	5.2153	0.9999	92.033	92.038	1.000	0.0109	10.431	16941.	16941.	0.5003
0.8400	0.84004	5.2781	0.9999	97.998	98.003	1.000	0.0102	10.556	19208.	19208.	0.5003

Untuk $d/L_o = 0,8100$ didapat nilai: $d/L = 0,81006$ maka $L = 30,862 \text{ m}$.

Cepat rambat gelombang:
 $C_o = L_o / T = 6,944 \text{ m/det}$
 $C = L / T = 6,933 \text{ m/dt}$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \sin \alpha_o$$

$$= \frac{6.933}{6,944} \sin 45^\circ = 0,706$$

$$\alpha = 44,912^\circ$$

Tentukan nilai Koefisien Refraksi (Kr)
 Koefisien refraksi:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}}$$

$$Kr = 0,9992$$

Tabel 8. Perhitungan Refraksi untuk Potongan 1 Arah Selatan

α_o	d	Ho	T	Lo	d/Lo	d/L	L
45.0	25	1.4721	4.4513	30.909	0.81	0.81006	30.862
44.912	20	1.4706	4.4527	30.929	0.65	0.65036	30.752
44.586	15	1.4654	4.4576	30.997	0.48	0.48224	31.105
44.783	10	1.4414	4.4785	31.289	0.32	0.33025	30.280
42.978	5	1.3528	4.5309	32.025	0.16	0.19164	26.091
33.737	1	1.1817	4.5224	31.905	0.03	0.07135	14.015
14.121	0.5	1.2165	4.5358	32.095	0.02	0.05763	8.676
3.781	0.1	1.6657	4.1725	27.159	0.004	0.08329	1.201

Tabel 9. Perhitungan Refraksi Untuk Potongan 1 Arah Selatan (lanjutan)

C	Co	sin a	A	cos a0 / cosa	Kr
6.933	6.944	0.706	44.912	0.9985	0.9992
6.906	6.946	0.702	44.586	0.9944	0.9972
6.978	6.954	0.704	44.783	1.0034	1.0017
6.761	6.986	0.682	42.978	0.9701	0.9850
6.788	7.068	0.555	33.737	0.8798	0.9380
3.099	7.055	0.244	14.121	0.8575	0.9260
1.913	7.076	0.066	3.781	0.9719	0.9858
0.288	6.509	0.003	0.167	0.9978	0.9989

Perhitungan Koefisien Shoaling

Koefisien pendangkalan:

$$Ks = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}}$$

dimana:

n_o = (dilaut dalam) 0,5 ; $L_o = 30,909 \text{ m}$

Dari Tabel 10 perhitungan *shoaling* untuk nilai $d/L_o = 0,8100$ diperoleh nilai n dengan melakukan pembacaan pada tabel pembacaan nilai d/L dan n .

Untuk nilai $d/L_o = 0,8100$ maka didapat nilai $n = 0,5004$

$$Ks = \sqrt{\frac{0,5 \cdot 30.909}{0,5004 \cdot 30,862}}$$

$$Ks = 1,000$$

Setelah perhitungan koefisien refraksi dan shoaling, akan didapat nilai tinggi gelombang yang baru :

$$H = H_o \cdot K_r \cdot K_s = 1,471 \text{ m}$$

Tabel 10. Perhitungan Koefisien Shoaling

Lo	L	Ks	Kr	H
30.909	30.862	1.000	0.9992	1.471
30.929	30.752	0.999	0.9972	1.465
30.997	31.105	0.982	1.0017	1.441
31.289	30.280	0.953	0.9850	1.353
32.025	26.091	0.931	0.9380	1.182
31.905	14.015	1.112	0.9260	1.216
32.095	8.676	1.389	0.9858	1.666
27.159	1.201	3.374	0.9989	5.613

Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara $H'o/gT^2$ dan $H_b/H'o$.

1. Tentukan nilai $H'o$ dan H_b

$$H'o = H_o / (K_s)$$

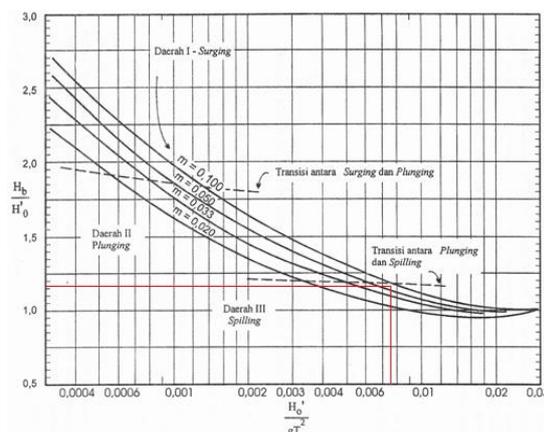
$$= 1,4721 / 1,000$$

$$= 1,4721 \text{ m}$$

$$H'o/gT^2 = 1,4721 / (9,81 \times 4,4513^2)$$

$$= 0,0076$$

Nilai H_b didapatkan dari hasil plot antara nilai $H'o/gT^2$ dan kemiringan pantai (m) pada Gambar 7. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.



Gambar 7. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

Sumber: Triatmodjo, 1999

Plot pada grafik untuk :

$$H'o/gT^2 = 0,0076 \text{ dan } m = 0,020$$

Didapat:

$$H_b/H'o = 1,17$$

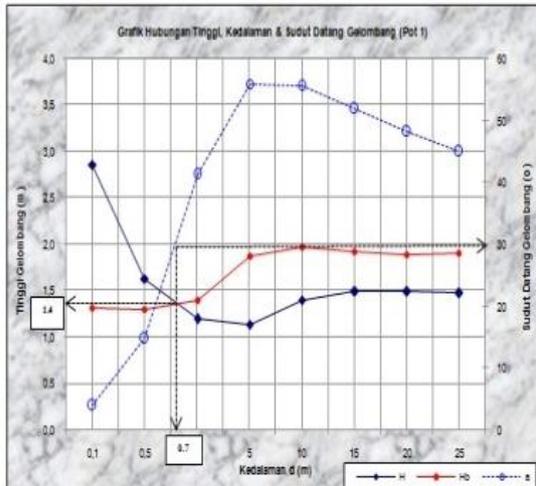
$$H_b = (H_b/H_o) \times H'o$$

$$= 1.723 \text{ m}$$

Tabel 11. Perhitungan Gelombang Pecah

H _o	H _o /gT ²	M	H _b /H _o	H _b
1.472	0.0076	0.0806	1.17	1.723
1.472	0.0076	0.0662	1.15	1.692
1.492	0.0077	0.0551	1.14	1.701
1.513	0.0077	0.0413	1.12	1.694
1.453	0.0072	0.0312	1.10	1.598
1.063	0.0053	0.0102	1.04	1.106
0.876	0.0043	0.1250	1.37	1.200
0.494	0.0029	0.0500	1.42	0.701

Gambar 8. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman dan Sudut Datang Gelombang di Potongan 1



Jadi berdasarkan Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman, dan Sudut datang Gelombang di Potongan 1 maka diperoleh:
 Tinggi Gelombang Pecah = 1,4 m
 pada kedalaman = 0,7 m

PENUTUP

Dari kajian yang dilakukan terhadap transformasi gelombang di perairan Atep Oki dengan menggunakan data angin (masa lalu) 11 tahun dan peta lokasi perairan tersebut maka didapat karakteristik gelombang pecah dengan:

1. Tinggi Gelombang Pecah maksimum
H_b = 1,723 m
2. Gelombang Pecah pada Kedalaman D_b = 25 m
3. Pada jarak 310 m kearah garis pantai (daerah pesisir).

Karakteristik gelombang pecah pada saat menyentuh bibir pantai, dengan:

- (kedalaman (d) + amplitude (a)) gelombang pecah maksimum = 1,5 m
- kedalaman didaerah downrush = 1,0 m
- kedalaman didaerah uprush = 0,09 m
- jarak downrush ke uprush = 5,50 m
- jarak downrush ke Berms (daerah pesisir) = 13,40 m
- jarak downrush sampai rumah warga = 14,40 m.

Berdasarkan hasil analisa di atas, gelombang yang terjadi di pantai Atep Oki dapat merusak pantai tersebut dan dapat mengakibatkan erosi atau abrasi yang disebabkan oleh pelepasan energi dari gelombang pecah dan bangkitan arus.

DAFTAR PUSTAKA

CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.

Danial, M. M., 2008. *Rekayasa Pantai*, Alfabeta. Bandung.

Triatmodjo, Bambang., 1999. *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.

<http://www.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2012/07/95010007-Rian-M.-Azhar.pdf>

www.indonesia/portal/nasionalRI.go.id,2011

http://id.wikipedia.org/wiki/Lembean_Timur_Minahasa