



PEMODELAN PASANG SURUT TERHADAP *SURF ZONE* MENGGUNAKAN *SURFER*, FORTRAN C++ DAN GIS PADA PANTAI KOTA MAKASSAR

Riswal Karamma¹, Ahmad Syarif Sukri^{*2}

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin,

^{*2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari

email : ^{*2}ahmadsyariefsukri@ymail.com

Abstrak

Surf zone merupakan daerah yang paling penting di dalam analisis proses pantai, karena di daerah tersebut tinggi gelombang sudah tidak stabil lagi akibat adanya energi yang hilang setelah terjadi gelombang pecah sehingga terjadi turbulensi tinggi yang menyebabkan terjadinya proses transpor sedimen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebar *surf zone* pada saat pasang dan surut di pesisir pantai Kota Makassar mulai dari muara Sungai Jeneberang sampai ke muara Sungai Tallo. Analisis data yang digunakan adalah analisis arah dan kecepatan angin, analisis *fetch* efektif, peramalan gelombang dan analisis gelombang pecah dengan menggunakan aplikasi *Surfer*, Fortran Compiler C++ dan GIS (*Geographic Information System*). Setelah itu melakukan pengukuran terhadap lebar *surf zone* dengan menggunakan peta Batimetri. Lebar *surf zone* di lokasi penelitian dipengaruhi oleh pasang surut air laut dengan rata-rata lebar *surf zone* terlebar terjadi pada saat surut 618 meter dan rata-rata lebar *surf zone* tersempit terjadi pada saat pasang 35 meter.

Kata Kunci—Pesisir Pantai, Pasang Surut, Lebar *Surf Zone*, Fortran Compiler C++, GIS

Abstract

Surf zone is the most important area in the analysis of the coastal process because in that area three waves are no longer stable due to the energy lost after the wave breaks so that high turbulence occurs which causes the sediment transport process. The purpose of this research was to determine the width of the surf zone during high tide and low tide on the coast of Makassar City starting from the estuary of the Jeneberang River to the estuary of the Tallo River. Data analysis technique used in the form of wind direction and velocity analysis use the application *Surfer*, Fortran Compiler C++ and GIS (*Geographic Information System*), effective *fetch* analysis, wave forecasting, and breaking wave analysis then measured the width of the surf zone using the bathymetry map of the research site. The results of this research are the average width of the surf zone in the research site affected by the tides where the widest average surf zone width occurs at low tide with a width of 618 meters and the narrowest average width of the surf zone occurs when the tide is 35 meters wide.

Keywords—Coastal Area, Tides, Wide Surf Zone, Fortran Compiler C++, GIS

1. PENDAHULUAN

Kota Makassar merupakan salah satu kota di Indonesia yang memiliki pesisir pantai. Panjang pesisir pantai Kota Makassar mencapai $\pm 35,52$ km (Perda RTRW Makassar 2005-2035). Wilayah pesisir kota Makassar menyediakan sumber daya alam yang produktif baik sebagai sumber pangan, tambang mineral dan energi, media rekreasi atau pariwisata [1]. *Surf zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam

dari gelombang pecah dan batas naik turunnya gelombang di pantai. *Surf zone* merupakan daerah yang paling penting di dalam analisis proses pantai, karena di daerah tersebut tinggi gelombang sudah tidak stabil lagi akibat adanya energi yang hilang setelah terjadi gelombang pecah sehingga terjadi turbulensi tinggi yang menyebabkan terjadinya proses transpor sedimen [2]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lebar *surf zone* pada saat pasang dan surut di pesisir pantai Kota

Makassar mulai dari muara Sungai Jeneberang sampai ke muara Sungai Tallo.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif, kemudian melakukan analisis untuk mengambil suatu kesimpulan. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data arah dan kecepatan angin serta data pata batimetri lokasi penelitian yang bersumber dari *ecmwf* dan *navionics*. Teknik analisis data yang digunakan berupa analisis arah dan kecepatan angin, analisis *fetch* efektif, peramalan gelombang dan analisis gelombang pecah.

2.1 Kecepatan Angin

Salah satu pembangkit gelombang laut adalah angin. Oleh karena itu data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan arah gelombang dilokasi penelitian. Berdasarkan *Shore Protection Manual* 1984 (SPM1984), data angin yang diperoleh dari pengukuran harus dikoreksi terlebih dahulu. Setelah dikoreksi kemudian dikonversi menjadi UA yaitu *wind stress factor* (faktor tegangan angin). Koreksi data angin meliputi tahap-tahap berikut :

a. Koreksi Elevasi

Jika posisi stasiun tidak terletak pada elevasi 10 m, maka dilakukan koreksi terhadap data yang akan digunakan, dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$U_{(10)} = U_z \times \left(\frac{10}{z}\right)^{1/7} \quad (1)$$

b. Koreksi Lokasi

Data angin yang diperoleh di stasiun pengamat angin (biasanya di bandara) merupakan data angin yang dicatat di daratan, sedang terbentuknya gelombang adalah akibat dari angin yang terbentuk dan berhembus di laut, sehingga perlu dilakukan koreksi terhadap data hasil pencatatan dengan suatu reduksi yang diberi notasi R_L . Jadi selain diperlukan factor konversi satuan dari knot ke meter/detik, juga diperlukan pemberian factor reduksi R_L untuk mengubah angin darat menjadi angin laut. Rumusan untuk menghitung faktor reduksi R_L diperoleh dari acuan *Shore Protection Manual* (SPM 1984),

yaitu menggunakan Persamaan (2).

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2)$$

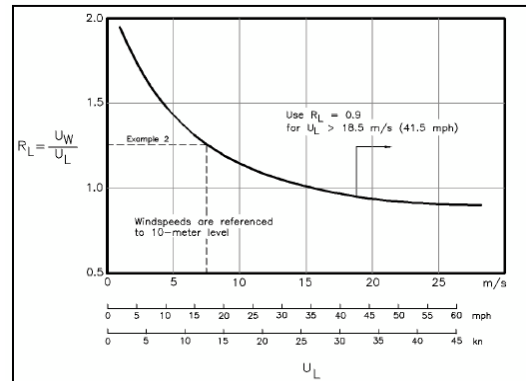
Harga R_L ini di dapat dari grafik hubungan antara R_L vs U_L yang terdapat pada SPM 1984 berdasarkan data kecepatan angin di daratan U_L dalam satuan knot. Dari Persamaan (2), dengan diketahuinya harga R_L dan U_L , maka besar kecepatan angin di laut dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$U_W = R_L U_L \quad (3)$$

Jadi, kecepatan angin lautan setelah dikoreksi dan dikonversikan menjadi Persamaan (4).

$$U_W = 1853,15 R_L \frac{U_L}{3600} \quad (4)$$

Harian dari stasiun pengamat (knot) Harga R_L diperoleh dari Gambar 1.



Gambar 1 Perhitungan Harga Rasio R_L sebagai Fungsi dari U_L

c. Koreksi Durasi

Data angin yang tersedia biasanya tidak disebutkan durasinya atau merupakan data hasil pengamatan sesaat. Kondisi sebenarnya kecepatan angin adalah selalu berubah-ubah meskipun pada arah yang sama. Untuk melakukan *hincasting*, diperlukan juga durasi atau lama angin bertiup, dimana selama dalam durasi tersebut dianggap kecepatan angin adalah konstan. Oleh karena itu, koreksi durasi ini dilakukan untuk mendapatkan kecepatan angin rata-rata selama durasi angin bertiup yang diinginkan.

Berdasarkan data hasil pengamatan angin sesaat, dapat dihitung kecepatan angin rata-rata untuk durasi angin tertentu, dengan

prosedur sebagai berikut:

- 1) Perhitungan u_{3600} (kecepatan rata-rat pada durasi 3600 detik), ditunjukkan oleh Persamaan (5) sampai Persamaan (8).

$$t_f = \frac{1609}{U_f} \quad (5)$$

$$C_f = 1.277 + 0.296 \tanh\left(0.9 \log \frac{45}{t_f}\right); \quad (6)$$

$1 \leq t_f < 3600 \text{ s}$

$$C_f = -0.15 \log t_f + 1.5334; \quad (7)$$

$3600 \leq t_f < 36000 \text{ s}$

$$U_{3600} = \frac{U_f}{C_f} \quad (8)$$

- 2) Perhitungan u_t , menggunakan Persamaan (9) sampai Persamaan (11).

$$C_t = 1.277 + 0.296 \tanh\left(0.9 \log \frac{45}{t}\right); \quad (9)$$

$1 \leq t_f < 3600 \text{ s}$

$$C_t = -0.15 \log t + 1.5334; \quad (10)$$

$3600 \leq t_f < 36000 \text{ s}$

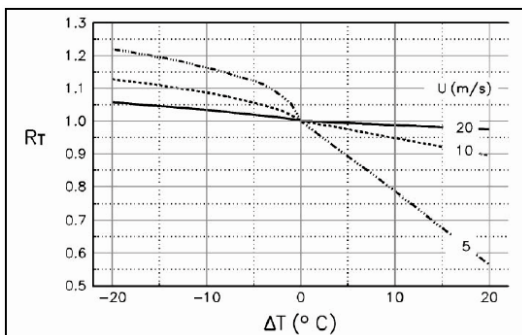
$$U_t = C_t U_{3600} \quad (11)$$

d. Koreksi Stabilitas

Jika udara (tempat angin berhembus) dan laut (tempat pembentukan gelombang) memiliki perbedaan temperatur, maka harus ada koreksi terhadap stabilitas kecepatan angin akibat kondisi ini, yang didefinisikan oleh Persamaan (12).

$$U = R_T \times U_{10} \quad (12)$$

Grafik untuk menentukan nilai R_T dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Nilai R_T vs ΔT (SPM 1984)

e. Koreksi Tegangan Angin

Setelah data kecepatan angin melalui koreksi-koreksi, maka data tersebut dikonversi menjadi *wind stress factor* (U_A) dengan menggunakan Persamaan (13).

$$U_A = 0.71 \times U^{1.23} \quad (13)$$

2.2 Fetch Efektif

Untuk dapat meramalkan gelombang terlebih dahulu harus diketahui *fetch* efektif lokasi. *Fetch* adalah jarak seret gelombang dari daerah pembangkitan sampai ke pantai yang ditinjau, namun dalam aplikasi secara umum diambil *fetch* sama dengan jarak antara suatu daratan ke daratan yang di sebelahnya yang terpisahkan oleh perairan. Di daerah pembentukan, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin. Oleh sebab itu digunakan istilah *fetch* efektif. Dalam memprediksi gelombang, penentuan *fetch* efektif dilakukan dengan cara menghitung *fetch* efektif dari 4 arah angin yaitu Utara, Barat Laut, Barat dan Barat Daya. Hal ini disebabkan oleh karena hanya pada arah ini tegangan gesek angin akan potensial membangkitkan gelombang yang sampai ke lokasi penelitian. Persamaan (14) digunakan untuk mengukur panjang *fetch* efektif.

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^k F_i \cos a_i}{\sum_{i=1}^k \cos a_i} \quad (14)$$

2.3 Peramalan Gelombang Laut Dalam

Setelah dilakukan koreksi data angin dan penghitungan *fetch* efektif, selanjutnya dilakukan peramalan data gelombang. Data angin yang telah dikoreksi (U_A) dan data panjang *fetch* efektif digunakan untuk memperkirakan data tinggi gelombang (H) dan perioda gelombang (T) yang dibangkitkan oleh hembusan angin tersebut.

Dalam melakukan peramalan tinggi dan perioda gelombang, digunakan langkah-langkah perhitungan berdasarkan SPM 1984 dengan menggunakan Persamaan (15).

$$\frac{gt}{U_A} = 68.8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right) \leq 7.15 \times 10^4 \quad (15)$$

Adapun prosedur peramalan gelombang berdasarkan SPM 1984 adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan perhitungan sesuai Persamaan (15). Jika hasil perhitungannya tidak memenuhi Persamaan (15), maka gelombang yang terjadi merupakan hasil pembentukan gelombang sempurna. Oleh karena itu perhitungan tinggi dan periode gelombang menggunakan Persamaan (16) dan Persamaan (17).

$$H_{m=0} = \frac{0.2403 U_A^2}{g} \quad (16)$$

$$T_p = \frac{8.314 U_A^2}{g} \quad (17)$$

Jika hasil perhitungan memenuhi Persamaan (17), maka gelombang yang terjadi merupakan hasil pembentukan gelombang tidak sempurna. Pembentukan gelombang tidak sempurna ini ada dua jenis yaitu pembentukan gelombang terbatas *fetch* (*fetch limited*) dan pembentukan gelombang terbatas durasi (*time limited*). Untuk membedakannya perlu diketahui terlebih dahulu durasi kritis (t_c) yang ditunjukkan oleh Persamaan (18).

$$t_c = \frac{68.8 U_A^2}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (18)$$

- 2) Memeriksa durasi data angin (t), lalu membandingkan terhadap durasi kritis (t_c). Jika $t > t_c$, maka gelombang yang terjadi merupakan gelombang hasil pembentukan terbatas *fetch* (*fetch limited*). Pada pembentukan jenis ini, durasi angin yang bertiup cukup lama. Perhitungan tinggi dan periode gelombangnya dilakukan dengan menggunakan Persamaan (19) dan Persamaan (20).

$$H_{m0} = \frac{0.0016 U_A^2}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^2 \quad (19)$$

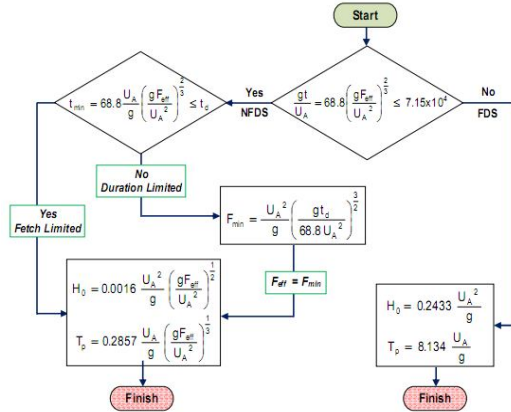
$$T_p = \frac{0.2857 U_A}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^2 \quad (20)$$

Jika $t > t_c$, maka gelombang yang terjadi merupakan gelombang hasil pembentukan terbatas durasi (*time limited*). Pada pembentukan ini, durasi angin yang bertiup tidak cukup lama. Perhitungan tinggi dan periode gelombangnya dilakukan dengan menggunakan Persamaan (19) dan Persamaan (20) namun dengan terlebih dahulu mengganti panjang Feff dengan Fmin, seperti pada Persamaan (21).

$$F_{min} = \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{gt}{68.6 U_A^2} \right)^{3/2} \quad (21)$$

Proses peramalan tinggi dan periode gelombang metode *hindcasting* dapat

dilihat pada *flowchart* ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3 Flowchart Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang

2.4 Kala Ulang Gelombang

Untuk keperluan perencanaan bangunan pantai, maka data gelombang yang diperoleh dari peramalan melalui data angin harus dipilih suatu tinggi yang dapat mewakili dan disebut tinggi gelombang representatif. Tinggi gelombang memiliki kala ulang tertentu. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis kala ulang gelombang. Metode yang digunakan adalah metode Gumbell menggunakan Persamaan (22) sampai Persamaan (24).

$$X_t = \bar{X} + K S_x \quad (22)$$

$$K = (Y_t - Y_n) / S_n \quad (23)$$

$$Y_t = - \left(0.834 + 2.303 \text{Log} \frac{T}{T-1} \right) \quad (24)$$

2.5 Panjang Gelombang

Berdasarkan teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil, panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman air dan periode gelombang ditunjukkan oleh Persamaan (25).

$$L = \frac{g T^2}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \quad (25)$$

Dimana L , g , T , d masing-masing adalah panjang gelombang pada kedalaman d , percepatan gravitasi bumi, periode gelombang, dan kedalaman air. Secara implisit, panjang gelombang akan mengalami perubahan jika kedalaman air berubah dengan asumsi, periode gelombang adalah tetap. Persamaan (25) dapat diselesaikan dengan cara iterasi.

2.6 Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut 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. Pada 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. Pada laut dalam, kemiringan gelombang maksimum dimana gelombang mulai tidak ditunjukkan oleh Persamaan (26).

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} = 0.142 \tag{26}$$

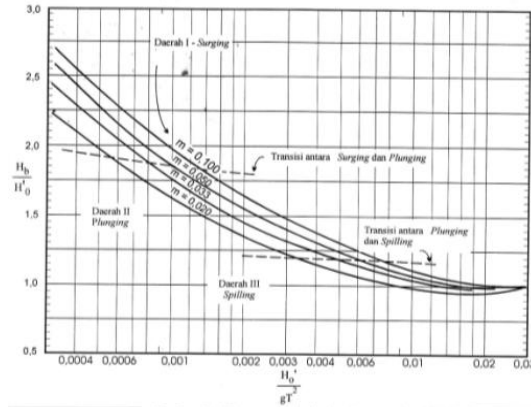
Pada kemiringan tersebut, kecepatan partikel di puncak gelombang sama dengan kecepatan rambat gelombang. Kemiringan yang lebih tajam dari batas maksimum ($H_o/L_o > 0.142$) tersebut menyebabkan kecepatan partikel dipuncak gelombang lebih dari kecepatan rambat gelombang, sehingga terjadi ketidak stabilan dan gelombang pecah.

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relative, d/L dan kemiringan dasar laut m . Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tersebut, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah, d_b . Tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b . Oleh [7] memberikan Persamaan (27) dan Persamaan (28) untuk menentukan tinggi dan kelaman gelombang pecah.

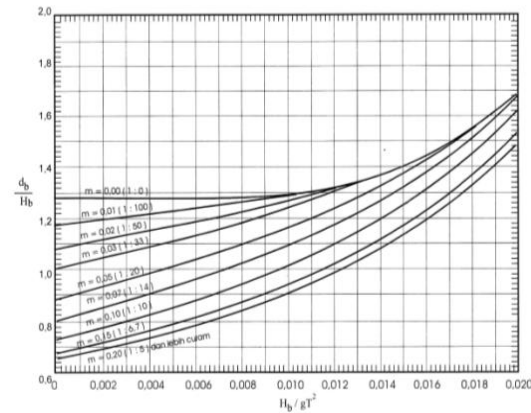
$$\frac{H_b}{H_o} = \frac{1}{3.3(H_o'/L_o)^{1/3}} \tag{27}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.28 \tag{28}$$

H_b/H_o' disebut indeks tinggi gelombang pecah. Nilai dari H_o' diperoleh dari pembagian antara H_b dengan koefisien shoaling pada kedalaman d_b . Persamaan (14) dan Persamaan (15) secara fisik tidak megakomodir adanya pengaruh kemiringan dasar laut terhadap gelombang pecah. Beberapa penelitian lain (Inversen, Galvin, Goda ; dan CERC, 1984) membuktikan bahwa H_b/H_o' dan d_b/H_b tergantung pada kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang. Untuk memperkirakan tinggi dan kedalman gelombang pecah, dapat menggunakan Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 Hubungan antara H_o'/gT^2 dengan H_b/H_o'



Gambar 5 Hubungan antara H_b/gT^2 dengan d_b/H_b

Selain menggunakan grafik pada Gambar 4 dan Gambar 5, penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dapat pulau dilakukan dengan cara membuat grafik superposisi antara tinggi gelombang yang dipengaruhi oleh proses shoaling dan refraksi dengan grafik tinggi gelombang yang

dipengaruhi oleh kedalaman air. Dalam hal ini dianggap tinggi gelombang pecah proposional dengan kedalaman air, yaitu tinggi gelombang pecah adalah 0,78 dari kedalaman air.

2.7 Bahasa Fortran

Bahasa Fortran (singkatan dari FORMula TRANslation) merupakan salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan karena kepopulerannya yang mendunia, juga karena kemudahan dan ketersediaan pustaka (*library*) di berbagai literatur dan lembaga pendidikan terkemuka di dunia.

Sebenarnya bahasa-bahasa pemrograman yang umum seperti Basic, Fortran, Turbo Pascal, dan C telah lama digunakan di dalam analisis dan komputasi numerik, namun tampaknya kesepakatan akan penggunaan bahasa pemrograman yang baku masih belum tercapai. Kemudian, jembatan menuju Bahasa C ini semakin dipermudah dan jelas dengan dibuatnya '*compiler*' Bahasa Fortran yang berbasis Pada Bahasa C.

Beberapa distributor Linux terkemuka, seperti SuSe, RedHat, dan Mandrake, juga selalu menyertakan program Fortran (versi ANSI 77) yang menyatu dengan compiler Bahasa C dan C++ dalam paket-paket mereka. Lebih jauh lagi, pada saat ini sedang dikembangkan Bahasa Fortran 90/95 (versi ANSI 90 dan 95) untuk keperluan pemrograman dan komputasi numerik di dunia pendidikan tinggi.

Setiap *processor* yang berjalan pada sistem operasi Linux dan utilitas *hardware* dengan menjalankan *distributed memory MPI* dengan C, C++, dan Fortran 90 *Compilers*, hal ini bukan tempat yang baik untuk Java. Secara khusus, Fortran and C *Compiler* sangat aman dalam mengakses larik dalam memori [8].

2.8 Sistem Informasi Geografis

Geographic Information System (Sistem Informasi Geografis) secara umum adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumber daya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis [9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam meramalkan gelombang digunakan data angin yang digunakan bersumber dari *ecmwf* dengan rentang waktu sekitar 10 tahun mulai dari awal tahun 2008 sampai dengan akhir tahun 2017. Data diolah menggunakan bahasa pemrograman Fortran dengan *Compiler C++* dan GIS. Adapun lokasi pengambilan data angin serta contoh data kecepatan dan arah angin yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 1.



Gambar 6 Lokasi Pengambilan Data Angin (Sumber: citra google earth)

Tabel 1 Tabel Contoh Data Arah dan Kecepatan Angin di Lokasi Penelitian

Tanggal	Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin
1-5-2017	6:00	3.22	103.92
1-5-2017	12:00	3.18	107.86
1-5-2017	18:00	5.21	129.91

Sumber: *ecmwf*

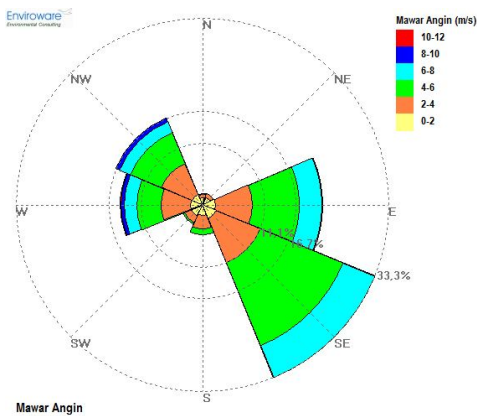
Berdasarkan hasil analisis data angin, diperoleh kejadian angin di lokasi penelitian seperti yang dipelihatkan pada Tabel 2.

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa jumlah data terbanyak kejadian angin di lokasi penelitian berasal dari arah tenggara dengan jumlah data sebanyak 5355 data serta persentasi kejadian angin sekitar 33.31% disusul arah timur, barat, barat laut, selatan, barat daya, timur laut, dan utara. Sementara itu, mawar angin di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 2 Persentasi Kejadian Angin Berdasarkan Arah

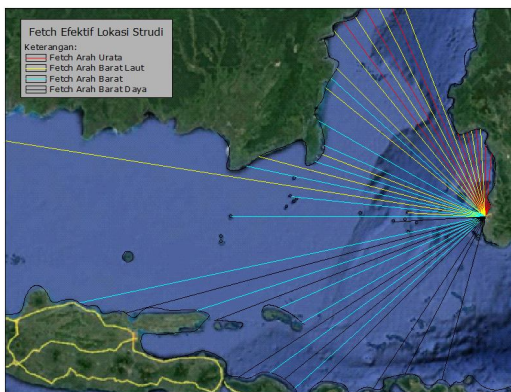
Arah	Data	Persentase (%)
0	329	2.05

Arah	Data	Persentase (%)
45	358	2.23
90	3466	21.56
135	5355	33.31
180	856	5.32
225	612	3.81
270	2381	14.81
315	2719	16.91
Jumlah	16076	100



Gambar 7 Mawar Angin di Lokasi Penelitian

Setelah dilakukan analisis terhadap data angin kemudian dilakukan analisis *fetch* efektif di lokasi penelitian dengan menggunakan Persamaan (14) dan peta lokasi penelitian. Adapun peta hasil pengukuran dan perhitungan *fetch* dapat dilihat pada Gambar 8 dan Tabel 3.



Gambar 8 Peta Hasil Pengukuran *Fetch* Efektif di Lokasi Penelitian

Tabel 3 *Fetch* Efektif di Lokasi Penelitian

No	Arah	<i>Fetch</i> Efektif (km)
1	Utara	179.64
2	Barat Daya	340.36
3	Barat	447.62
4	Barat Laut	419.05

Berdasarkan hasil analisis data dan *fetch* efektif maka dapat dilakukan peramalan gelombang dengan menggunakan Persamaan (15) sampai Persamaan (21) dan Gambar 8. Adapun contoh tinggi dan periode gelombang laut dalam di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Tinggi dan Periode Gelombang Laut Dalam Signifikan di Lokasi Penelitian

Waktu	Arah Gelombang	T(s)	H(m)
2017-06-28 T12:00	270	2.90	5.83
2017-06-28 T18:00	270	2.84	5.79
2017-06-29 T00:00	270	2.77	5.74

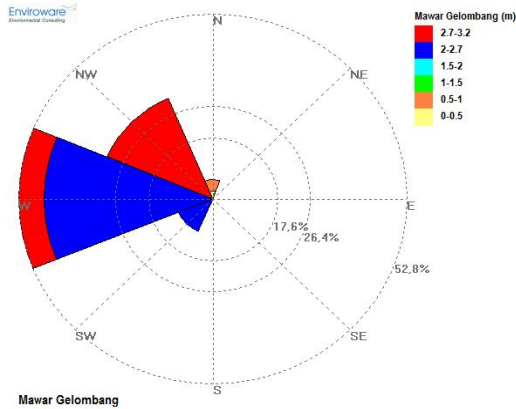
Berdasarkan hasil analisis data gelombang, diperoleh kejadian angin di lokasi penelitian seperti yang dipelihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Persentasi Kejadian Gelombang Berdasarkan Arah

Arah	Data	Persentase (%)
0	329	5.45
45	0	0.00
90	0	0.00
135	0	0.00
180	0	0.00
225	612	10.13
270	2381	39.41
315	2719	45.01
Jumlah	6041	100

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa jumlah data terbanyak kejadian gelombang di lokasi penelitian berasal dari arah barat laut dengan jumlah data sebanyak 2719 data serta persentasi kejadian gelombang sekitar 45.01% disusul Barat, Barat Daya dan Utara. Sementara itu tak ada potensi gelombang dari arat Timur Laut, Timur, Tenggara, dan Selatan

karena terhalang oleh wilayah daratan lokasi penelitian. Adapun mawar gelombang di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Mawar Gelombang di Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil peramalan gelombang laut dalam, maka tinggi dan periode gelombang laut dengan kala ulang tertentu di lokasi penelitian dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (22) sampai dengan Persamaan (24) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Tinggi dan Periode Gelombang Laut dengan Kala Ulang Tertentu

KALA ULANG	Utara		Barat Laut		Barat		Barat Daya	
	H	T	H	T	H	T	H	T
2	0.40	2.01	1.31	4.58	1.38	4.54	0.99	3.74
5	0.58	3.03	1.79	5.83	2.05	6.30	1.53	5.40
10	0.70	3.71	2.11	6.66	2.50	7.46	1.90	6.50
25	0.86	4.57	2.51	7.71	3.07	8.93	2.35	7.90
50	0.97	5.20	2.81	8.48	3.49	10.02	2.69	8.93
100	1.08	5.83	3.11	9.25	3.91	11.11	3.03	9.96

Dengan menggunakan Persamaan (25), data periode gelombang laut dengan kala ulang tertentu dan memvariasikan kedalaman air, maka panjang gelombang setiap kedalaman air dapat dihitung dan hasilnya seperti yang diperlihatkan pada Tabel 7.

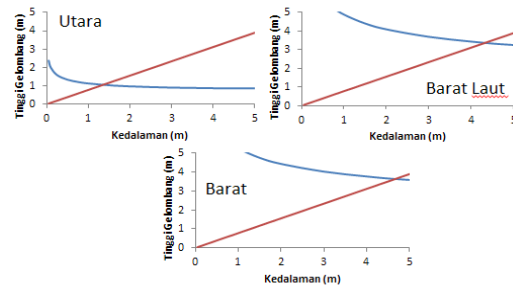
Tabel 7 Panjang Gelombang untuk Setiap Kedalaman dan Arah Datang Gelombang

No	D	Panjang Gelombang			
		Utara	Barat Laut	Barat	Barat Daya
1	0.05	3.2	5.4	6.3	5.5
2	0.1	4.5	7.6	8.8	7.8

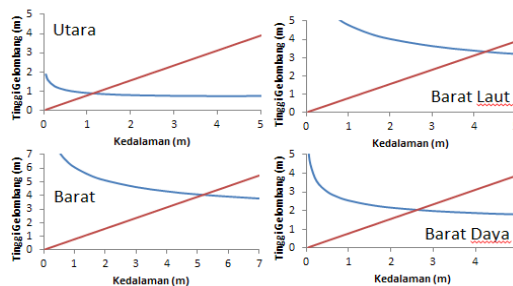
No	D	Panjang Gelombang			
		Utara	Barat Laut	Barat	Barat Daya
3	0.25	7.1	12.0	14.0	12.3
4	0.5	10.0	17.0	19.7	17.4
5	0.75	12.1	20.7	24.1	21.2
6	1	13.8	23.9	27.7	24.5
7	1.5	16.7	29.1	33.8	29.8
8	2	18.9	33.4	38.9	34.2
9	3	22.4	40.4	47.2	41.5
10	4	24.9	46.1	54.1	47.3
11	5	26.9	50.9	59.9	52.3
12	7.5	29.9	60.5	71.8	62.2

Selain menggunakan Gambar 4 dan Gambar 5 penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dapat juga dilakukan dengan cara membuat grafik superposisi antara tinggi gelombang yang dipengaruhi oleh proses shoaling dan refraksi dengan grafik tinggi gelombang yang dipengaruhi oleh kedalaman air. Dalam hal ini dianggap tinggi gelombang pecah proposional dengan kedalaman air, yaitu tinggi gelombang pecah adalah 0,78 dari kedalaman air.

Setelah melakukan analisis gelombang pecah maka gelombang pech dilokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10 Grafik Gelombang Pecah di Muara Sungai Tallo dari Berbagai Arah



Gambar 11 Grafik Gelombang Pecah di Muara Sungai Jeneberang dari Berbagai Arah

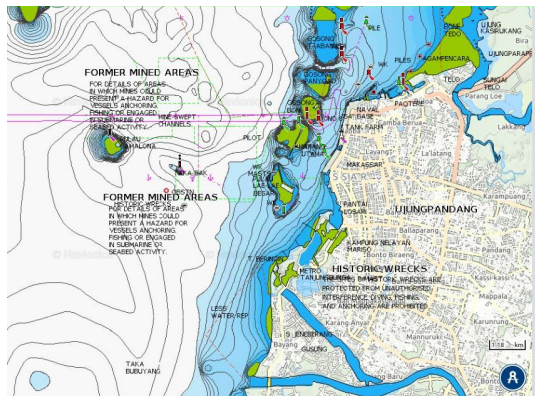
Untuk lebih jelasnya, tinggi dan kedalaman gelombang pecah di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah di Lokasi Penelitian

No	Arah	Muara Tallo		Muara Jeneberang	
		Hb	Db	Hb	Db
1	U	1.05	1.30	0.90	1.20
2	BL	3.30	4.30	3.20	4.30
3	B	3.60	4.60	4.00	5.20
4	BD			2.00	2.65

Berdasarkan hasil penelitian [5] menunjukkan bahwa tipe tunggang pasang surut di lokasi penelitian adalah campuran yang cenderung diurnal dengan amplitudo sebesar 0.88-2.18 meter dari permukaan laut rata-rata (MSL).

Setelah mengetahui kedalaman gelombang pecah dan amplitudo pasang surut maka dilakukan pengukuran lebar lokasi *surf zone* di lokasi penelitian dengan menggunakan peta Batimetri lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 12. Adapun rata-rata lebar *surf zone* di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 9.



Gambar 12 Peta Batimetri Lokasi Penelitian

Tabel 9 Rata-Rata Lebar *Surf Zone* di Lokasi Penelitian

No	Gelombang Pecah		Rata-rata Lebar <i>Surf Zone</i> (m)	
	Arah	Kedalaman	Surut	Pasang
1	U	1.2	178	35
2	BL	4.3	519	376
3	B	5.2	618	475

4	BD	2.65	338	195
---	----	------	-----	-----

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa rata-rata lebar *surf zone* di lokasi penelitian dipengaruhi oleh pasang surut air laut dimana rata-rata lebar *surf zone* terlebar terjadi pada saat surut dengan lebar 618 meter. Rata-rata lebar *surf zone* tersempit terjadi pada saat pasang dengan lebar 35 meter.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini yang berjudul *Pemodelan Pasang Surut terhadap Lebar Surf Zone Menggunakan Surfer, Fortran C++ dan GIS pada Pantai Kota Makassar* adalah:

1. Rata-rata lebar *surf zone* terlebar terjadi pada saat surut dengan lebar 618 meter.
2. Rata-rata lebar *surf zone* tersempit terjadi pada saat pasang dengan lebar 35 meter.

5. SARAN

Apabila ada yang tertarik untuk melanjutkan penelitian ini, kami menyarankan untuk melakukan pemodelan numerik sebagai bahan perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] P. K. Makassar, *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar 2005-2035*. Makassar : BAPEDDA Kota Makassar, 2005.

[2] Alfansuri, S, "Pemodelan Matematis Daerah Surf Zone dekat Pantai," 2010. [Online]. Available : <http://oceanoeing.blogspot.com/2010/02/pemodelan-matematis-daerah-surf-zone.html>. [Accessed: 26-Aug-2018].

[3] B. Triadmodjo, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 1999.

[4] USACE, *Coastal Engineering Manual*. Washington, D.C.: U.S. Army Corps of Engineers , 2002.

[5] T. Arifin, Y. Yulius, and M.F.A. Ismail, "Kondisi Arus Pasang Surut di Perairan Pesisir Kota Makassar, Sulawesi

- Selatan,” *Depik*, Vol. 1, No. 3, pp. 183-188, 2012.
- [6] R. Karamma, “Analisis Angkutan Sedimen Menyusur Pantai di Muara Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo yang Disebabkan oleh Gelombang terhadap Pesisir Pantai Makassar,” in *ICMID*, 2018.
- [7] CERC, *Shore Protection Manual, US Army Coastal Engineering*. Washington: Research Center, 1984.
- [8] R. H. Landau, M. J. Páez, and C. C. Bordeianu, *A Survey of Computational Physics Introductory Computational Science*. New Jersey: Princeton University Press, 2008.
- [9] G. M. E. Hartoyo, Y. Nugroho, A. Bhirowo, and B. Khalil, “Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar,” 2010. [Online]. Available: [http://forestclimatecenter.org/files/2010-12 Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis \(SIG\) Tingkat Dasar.pdf](http://forestclimatecenter.org/files/2010-12%20Modul%20Pelatihan%20Sistem%20Informasi%20Geografis%20(SIG)%20Tingkat%20Dasar.pdf). [Accessed: 09-Aug-2015].
-