

PENGARUH PASANG SURUT AIR LAUT TERHADAP LEBAR *SURF ZONE* DI PESISIR PANTAI KOTA MAKASSAR

Riswal Karamma¹⁾ dan Ashury²⁾

¹⁾Dosen Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

²⁾Dosen Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

Email: riswalchiwal@gmail.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. Teknik analisis data yang digunakan berupa analisis arah dan kecepatan angin, analisis fetch efektif, peramalan gelombang dan analisis gelombang pecah kemudian dilakukan pengukuran terhadap lebar *surf zone* menggunakan peta batimetri lokasi penelitian. Hasil dari penelitian ini adalah 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 dan rata-rata lebar *surf zone* tersempit terjadi pada saat pasang dengan lebar 35 meter.

Kata Kunci: Kota Makassar, pesisir pantai, pasang surut, lebar *surf zone*

PENDAHULUAN

Kota Makassar adalah 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 parawisata (Bappeda, 2005). *Surf zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik turunya 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 (Triadmodjo, 1999). 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.

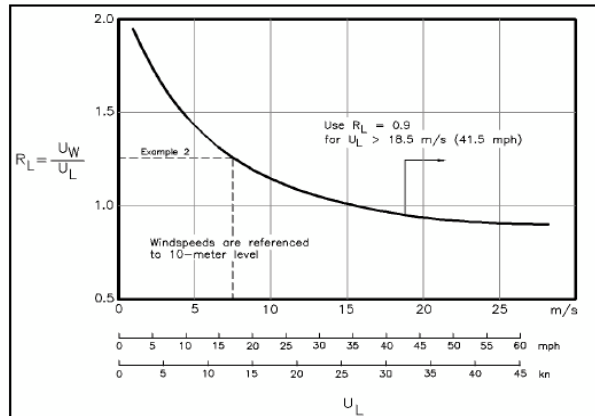
TINJAUAN PUSTAKA

Kecepatan Angin

Salah satu pembangkit gelombang laut adalah angin. Oleh karena itu data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan arah gelombang di lokasi penelitian. Berdasarkan *Shore Protection Manual* 1984 (SPM, 1984), 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: kecepatan angin maksimum harian dari stasiun pengamat (knot). Harga R_L diperoleh dari Gambar 1.

a. 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.



Gambar 1. Perhitungan harga rasio R_L sebagai fungsi dari U_L

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-rata pada durasi 3600 detik)

$$t_f = \frac{1609}{U_f} \quad (1)$$

U_f = kecepatan angin hasil pengukuran

$$C_f = 1.277 + 0.296 \tanh\left(0.9 \log \frac{45}{t_f}\right); 1 \leq t_f < 3600 \text{ s} \quad (2)$$

$$C_f = -0.15 \log t_f + 1.5334; 3600 \leq t_f < 36000 \text{ s} \quad (3)$$

$$U_{3600} = \frac{U_f}{C_f} \quad (4)$$

2). Perhitungan u_t

$$C_t = 1.277 + 0.296 \tanh\left(0.9 \log \frac{45}{t}\right); 1 \leq t_f < 3600 \text{ s} \quad (5)$$

$$C_t = -0.15 \log t + 1.5334; 3600 \leq t_f < 36000 \text{ s} \quad (6)$$

$$U_t = C_t U_{3600} \quad (7)$$

b. 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 sebagai,

$$U = R_T \times U_{10} \quad (8)$$

c. Koreksi Tegangan Angin

Setelah data kecepatan angin melalui koreksi-koreksi di atas, maka data tersebut dikonversi menjadi *wind stress factor* (U_A) dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$U_A = 0.71 \times U^{1.23} \quad (9)$$

d. *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 disebelahnya 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. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengukur panjang *fetch* efektif adalah sebagai berikut,

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^k F_i \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^k \cos \alpha_i} \quad (10)$$

e. 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-persamaan:

$$\frac{gt}{U_A} = 68,8 \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right) \leq 7,15 \times 10^4 \quad (11)$$

Adapun prosedur peramalan gelombang berdasarkan SPM 1984 adalah sebagai berikut:

- 1). Lakukan perhitungan sesuai persamaan diatas. Jika hasil perhitungannya tidak memenuhi persamaan tersebut, maka gelombang yang terjadi merupakan hasil pembentukan gelombang sempurna. Oleh karena itu perhitungan tinggi dan periode gelombangnya menggunakan persamaan berikut:

$$H_{mo} = \frac{0,2403 U_A^2}{g} \quad (12)$$

$$T_p = \frac{8,314 U_A^2}{g} \quad (13)$$

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), yaitu:

$$t_c = \frac{68,8 U_A^2}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (14)$$

- 2). Periksa durasi data angin (t), lalu bandingkan 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 perioda gelombangnya dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H_{mo} = \frac{0,0016 U_A^2}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^2 \quad (15)$$

$$T_p = \frac{0,2857 U_A}{g} \left(\frac{g \cdot F_{eff}}{U_A^2} \right)^2 \quad (16)$$

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 perioda gelombangnya dilakukan dengan menggunakan persamaan di atas namun dengan terlebih dahulu mengganti panjang F_{eff} dengan F_{min} berikut ini:

$$F_{min} = \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{gt}{68,8 U_A^2} \right)^{3/2} \quad (17)$$

f. 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 dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + K S_X \quad (18)$$

$$K = (Y_t - Y_n) / S_n \quad (19)$$

$$Y_t = - \left(0,834 + 2,303 \text{Log} \frac{T}{T-1} \right) \quad (20)$$

g. Panjang Gelombang

Berdasarkan teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil, panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman air dan periode gelombang dirumuskan:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (21)$$

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 di atas dapat diselesaikan dengan cara iterasi.

h. 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 stabil dirumuskan:

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} = 0,142 \quad (22)$$

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 di puncak 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 relatif, 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 . Munk (1949) dalam CERC (1984), memberikan rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah berikut ini.

$$\frac{H_b}{H_o'} = \frac{1}{3.3(H_o'/L_o)^{1/3}} \quad (23)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \quad (24)$$

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 23 dan 24 secara fisik tidak mengakomodir 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. Selain dengan menggunakan grafik di atas penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dapat pula 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.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif yaitu hasil penelitian serta analisisnya diuraikan dalam suatu tulisan ilmiah yang berbentuk narasi, kemudian dari analisis yang telah dilakukan diambil suatu kesimpulan. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data arah dan kecepatan angin mulai dari tahun 2008 sampai dengan 2018 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.

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. Berdasarkan hasil analisis data angin, diperoleh kejadian angin di lokasi penelitian seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 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 3.

Tabel 1. Tabel contoh data arah dan kecepatan angin di lokasi penelitian

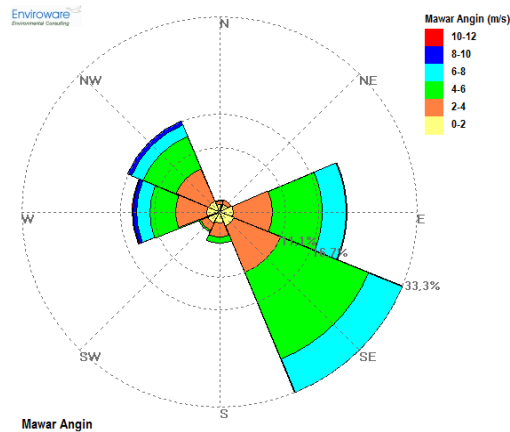
Tanggal	Jam	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin
1-5-2017	6:00	3,22	103,92
1-5-2017	12:00	3,18	107,86
1-5-2017	18:00	5,21	129,91

Sumber: ecmwf

Tabel 2. Persentasi kejadian angin berdasarkan arah

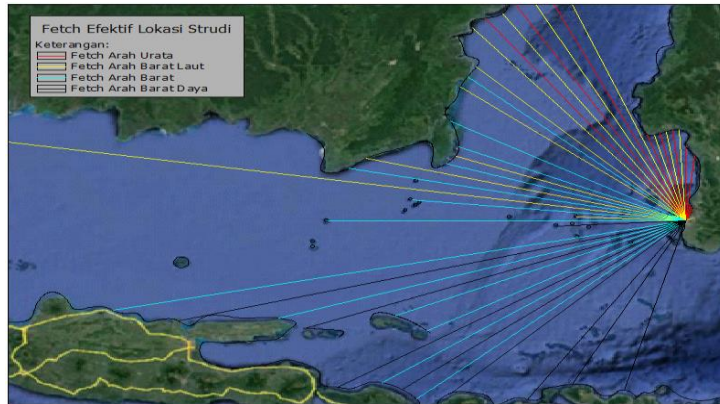
Arah	Data	Persentase (%)
0	329	2,05
45	358	2,23
90	3466	21,56
135	5355	33,31
180	856	5,32
225	612	3,81
270	2381	14,81
315	2719	16,91
Jumlah	16076	100

Sumber: Hasil analisis



Gambar 2. 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 3 dan Tabel 3.



Gambar 3. Peta hasil pengukuran *fetch* efektif di lokasi penelitian

Tabel 3. *Fetch* efektif di lokasi penelitian

No	Arah	Fetch Efektif (km)
1	Utara	179,64
2	Barat Daya	340,36
3	Barat	447,62
4	Barat Laut	419,05

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan hasil analisis data dan *fetch* efektif diatas maka dapat dilakukan peramalan gelombang dengan menggunakan Persamaan 11 sampai persamaan 17.

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

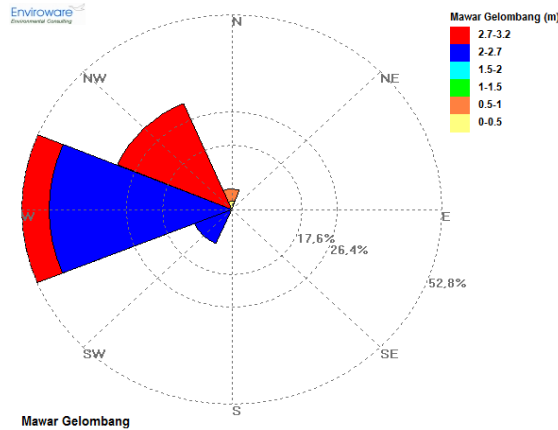
Sumber: Hasil analisis

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

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa jumlah data terbanyak kejadian gelombang di lokasi penelitian berasal dari arah barat laut dengan jumlah data sebanyak 45,01 data serta persentasi kejadian gelombang sekitar 27,19% 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 4.



Gambar 4. 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 18 hingga 20 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

Sumber: Hasil analisis

Dengan menggunakan Persamaan 21, 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.

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 proporsional dengan kedalaman air, yaitu tinggi gelombang pecah adalah 0,78 dari kedalaman air.

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
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

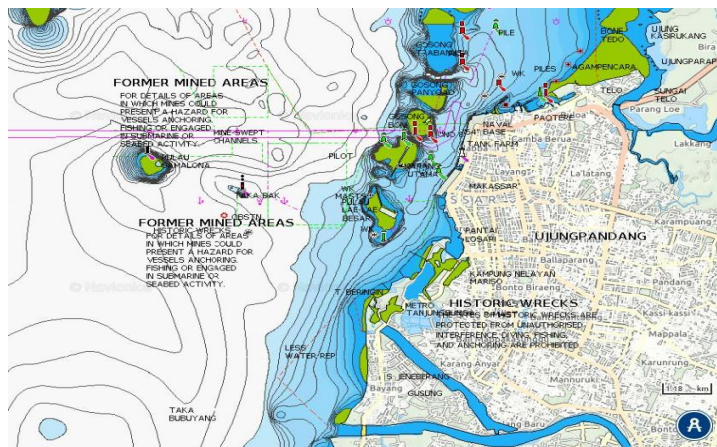
Sumber: Hasil analisis

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

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan hasil penelitian Arifin, T. Dkk, pada tahun 2012, 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 5. adapun rata-rata lebar *surf zone* di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 9.



Gambar 5. 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 n	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

Sumber: Hasil analisis

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.

KESIMPULAN

Hasil analisis Pengaruh Pasang Surut Air Laut Terhadap Lebar *Surf Zone* di Pesisir 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfansuri, S., 2010, Pemodelan matematis daerah surf zone dekat pantai, <http://oceaneng.blogspot.com/2010/02/pemodelan-matematis-daerah-surf-zone.html>, 26 Agustus 2018.
- Arifin, T., dkk., 2012, Kondisi arus pasang surut di perairan pesisir Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Depik, 1(3): 183-188, Makassar.
- Kamma, R., 2018, Analisis angkutan sedimen menyusur pantai di muara Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo yang disebabkan oleh gelombang terhadap pesisir pantai Makassar, ICMID 2018, Kendari.
- Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Makassar 2005-2035, 2005, BAPEDA Kota Makassar, Makassar.
- Triadmodjo, B., 1999, Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- USACE, Coastal Engineering Manual, 2002, Washington, D.C.