

## PENJALARAN PASANG SURUT DAN DIFRAKSI GELOMBANG PADA MUARA SUNGAI JENEBERANG

Riswal Karamma<sup>1\*</sup>, Muhammad.Saleh Pallu<sup>2</sup>, Muhammad Arsyad Thaha<sup>2</sup>, Mukhsan Putra Hatta<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Doktoral, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

<sup>2</sup>Gurubesar, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

<sup>3</sup>Dosen, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

email:riswalchiwal@gmail.com

**Abstrak:** Pola hidrodinamika pantai di sekitar muara bergantung pada gelombang, debit sungai, dan pasang surut. Faktor gelombang, debit sungai, dan pasang surut akan bekerja secara simultan. Faktor gelombang memberikan pengaruh lebih dominan pada muara yang berada di laut terbuka. Gelombang yang datang menuju pantai dapat menimbulkan arus di pantai. Pola arus disekitar muara ditentukan oleh besarnya sudut yang dibentuk antara gelombang datang dengan garis pantai. Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah menganalisis pola difraksi gelombang dan panjang penjalaran pasang surut menuju pantai di muara. Hasil analisis ini bisa digunakan sebagai masukan dalam upaya pengelolaan dan pengembangan daerah pantai di muara Sungai Jeneberang. Panjang penjalaran pasang surut di dari muara Sungai Jeneberang sekitar 1220 meter ke arah hulu. Difraksi gelombang terjadi dari arah utara, arah barat laut dan arah barat. Difraksi gelombang terbesar datang dari arah barat sebesar 0.73 m dan difraksi gelombang terkecil datang dari arah utara sebesar 0.04 m.

Kata kunci Gelombang, Difraksi, Pasang surut, Muara

### I. PENDAHULUAN

Penjalaran gelombang pasang surut dari laut menuju estuari berlawanan arah dengan debit sungai yang mengalir menuju laut. Perbedaan densitas antara air laut dan air tawar menyebabkan terjadi percampuran di antara kedua jenis air. Tingkat percampuran bergantung pada geometri estuari, pasang surut, besarnya debit sungai, dan perbedaan densitas antara air laut dan air tawar, serta arah dan kecepatan angin. Cepat rambat pasang surut ke dalam estuari tergantung pula pada kedalaman perairan. Pasang surut dapat menyebabkan pergerakan horisontal arus, yaitu aliran horisontal periodik air yang berkaitan dengan naik-turunnya pasang surut. Arus bervariasi dari nol saat air berhenti (*slack water*) hingga kondisi maksimum. Pola hidrodinamika pantai di sekitar muara bergantung pada bentuk, karakteristik dan faktor dominan lain yang mempengaruhi morfologi muara itu sendiri. Faktor-faktor tersebut adalah gelombang, debit sungai, dan pasang surut [1]. Ketiga faktor tersebut bekerja secara simultan namun biasanya salah satu dari ketiga faktor mempunyai pengaruh lebih dominan dari faktor lainnya.

Gelombang memberikan pengaruh lebih dominan pada muara kecil yang berada di laut terbuka. Sebaliknya, muara yang besar di laut tenang akan didominasi oleh debit sungai. Gelombang yang datang menuju pantai dapat menimbulkan arus pantai yang berpengaruh terhadap proses dinamika di pantai. Pola arus pantai di sekitar muara ditentukan terutama oleh besarnya sudut yang dibentuk antara gelombang datang dengan garis pantai. Dyer (1986) menyatakan bahwa modifikasi bentuk pantai di sekitar muara merupakan fungsi dari pengaruh arus sepanjang pantai yang ikut mempengaruhi morfologi pantai di depan muara [2]. Arus sepanjang pantai dapat ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai [1]. Gelombang yang merambat dari perairan dalam menuju ke perairan dangkal akan mengalami perubahan sifat dan parameter gelombang seperti proses difraksi, proses refraksi, shoaling, refleksi akibat pengaruh karakteristik dan bentuk pantai. Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian rupa, sehingga mampu mereduksi energi gelombang yang datang. Penelitian ini dilakukan dengan menjadikan Sungai Jeneberang sebagai objek dan lokasi studi. Beberapa penelitian menyangkut sungai Jeneberang baik

distribusi kecepatan, hidrodinamika dan transport sedimen telah dilakukan antara lain oleh Bakri et al., Hatta et al., Karamma et al. dan Arafat et al. [3] [4] [5] [6] [7] [8].

## II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif sebelum dilakukan analisis untuk mengambil suatu kesimpulan. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data arah dan kecepatan angin, pasang surut serta data pata topografi dan batimetri lokasi penelitian yang bersumber dari data *ecmwf*, *wxtide32*, *google earth*, *tcx converter* dan *navionics*. Teknik analisis data yang digunakan berupa analisis arah dan kecepatan angin, analisis fetch efektif, peramalan gelombang, analisis gelombang pecah, analisis difraksi gelombang dan analisis pasang surut.

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 dengan karakteristik 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:

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} = 0.142 \quad (1)$$

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.

Apabilah 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  $H_b$ . Munk sebagaimana dikutip dalam USACE, memberikan rumus untuk menentukan tinggi dan kelaman gelombang pecah berikut ini.

$$\frac{H_b}{H'_o} = \frac{1}{3.3(H'_o / L_o)^{1/3}} \quad (2)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.28 \quad (3)$$

$H_b/H'_o$  disebut indeks tinggi gelombang pecah. Nilai dari  $H'_o$  diperoleh dari pembagian antara  $H_b$  dengan koefisien shoaling pada kedalaman  $d_b$ .  $H_b/H'_o$  dan  $d_b/H_b$  tergantung pada kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang [9].

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 [10]. Dalam hal ini, dianggap tinggi gelombang pecah proposional dengan kedalaman air, yaitu tinggi gelombang pecah adalah 0,78 dari kedalaman air.

Perhitungan pasang surut menggunakan metode admiralty, yang kemudian akan didapat muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), muka air tinggi (*high water level, HWL*), muka air laut rerata (*mean water level, MWL*), muka air rendah (*low water level, LWL*) dan muka air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*) [5].

Difraksi gelombang terjadi bila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik di dekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil [6].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data topografi dan batimetri di lokasi dapat dilihat pada gambar 1



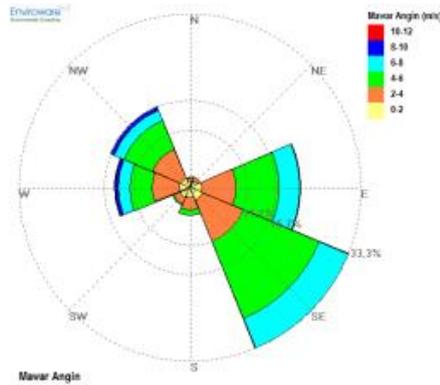
Gambar 1. Peta topografi dan batimetri lokasi penelitian

Berdasarkan hasil analisis data angin, diperoleh kejadian angin di lokasi penelitian seperti yang dipelihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentasi kejadian angin berdasarkan arah

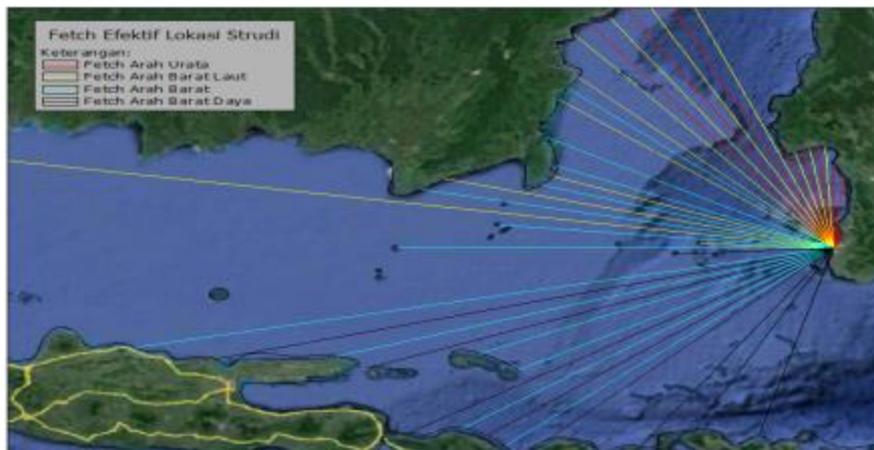
Arah	Data	Persentase (%)
0	329	2.05
45	358	2.23
90	3466	21.56
135	5355	33.31
180	856	5.32
225	612	3.81
270	2381	14.81
315	2719	16.91
Jumlah	16076	100

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 2.



Gambar 2. Mawar angin di lokasi penelitian

Peta hasil pengukuran dan perhitungan fetch dapat dilihat pada Gambar 3 dan 2.



Gambar 3 Peta hasil pengukuran fetch efektif di lokasi penelitian

Tabel 2. 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

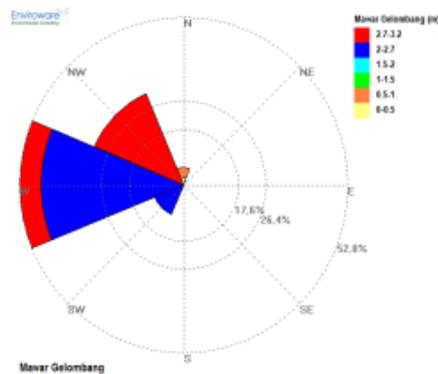
Hasil analisis data angin dan fetch efektif selanjutnya digunakan untuk melakukan peramalan gelombang. Berdasarkan hasil analisis data gelombang, diperoleh kejadian gelombang di lokasi penelitian seperti yang dipelihatkan pada Tabel 3.

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa jumlah data terbanyak untuk kejadian gelombang di lokasi penelitian berasal dari arah barat laut dengan jumlah data sebanyak 45.01 data serta persentasi kejadian gelombang sekitar 2719% 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.

Tabel 3. 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

Adapun mawar gelombang di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



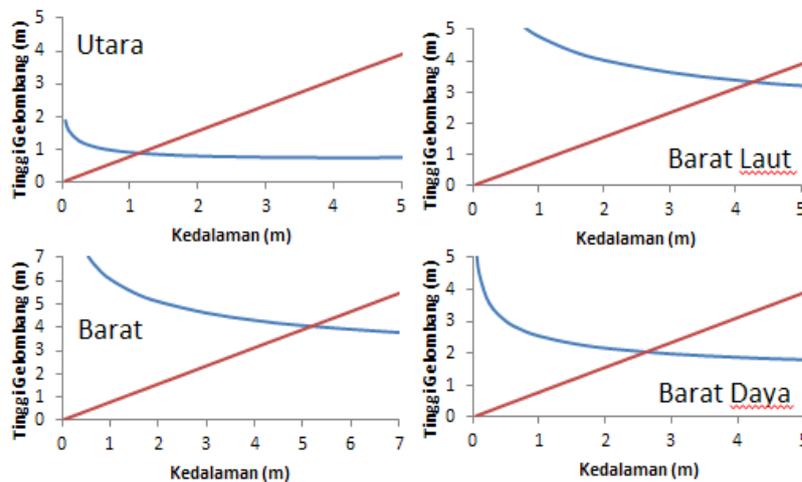
Gambar 4. Mawar gelombang di lokasi penelitian

Dari hasil analisis periode gelombang laut dengan kala ulang tertentu dan variasi kedalaman air, panjang gelombang untuk setiap kedalaman dapat ditentukan dengan hasil sebagaimana yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. 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

Penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah 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. Hasil analisis gelombang pecah dilokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** 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 5.

Tabel 5. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah di lokasi penelitian

No	Arah	Muara Jeneberang	
		Hb	Db
1	U	0.90	1.20
2	BL	3.20	4.30
3	B	4.00	5.20
4	BD	2.00	2.65

Berdasarkan data topografi dan batimetri Berdasarkan data pasang surut yang diperoleh selama 15 hari pengamatan, selanjutnya dilakukan analisis untuk mendapatkan konstanta pasang surut. Dengan metode *Admiralty*. Adapun hasil analisis harmonic konstanta pasang surut dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7

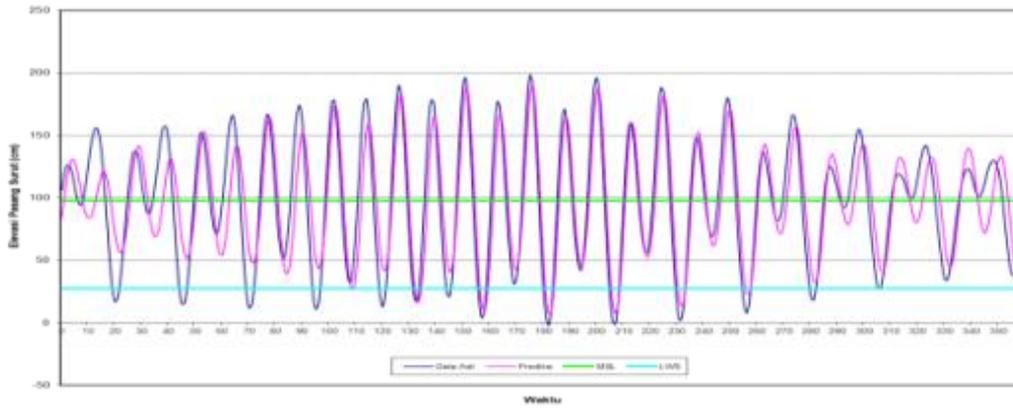
Tabel 6. Hasil analisis konstanta harmonic pasang surut

	S0	M2	S2	N2	K1
A (cm)	97.6	51.2	19.1	8.3	12.6
g <sub>0</sub>	0.0	77.4	230.2	264.3	88.5

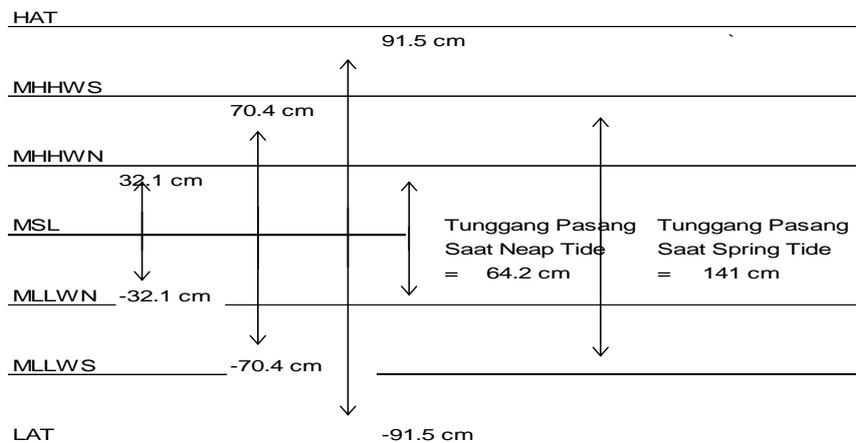
Tabel 7. Hasil analisis konstanta harmonic pasang surut

	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	8.5	1.8	2.2	5.2	4.1
g <sub>0</sub>	195.7	125.6	293.6	230.2	88.5

Grafik perbandingan antara elevasi muka air pencatatan langsung dengan elevasi muka air hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik elevasi muka air di lokasi penelitian

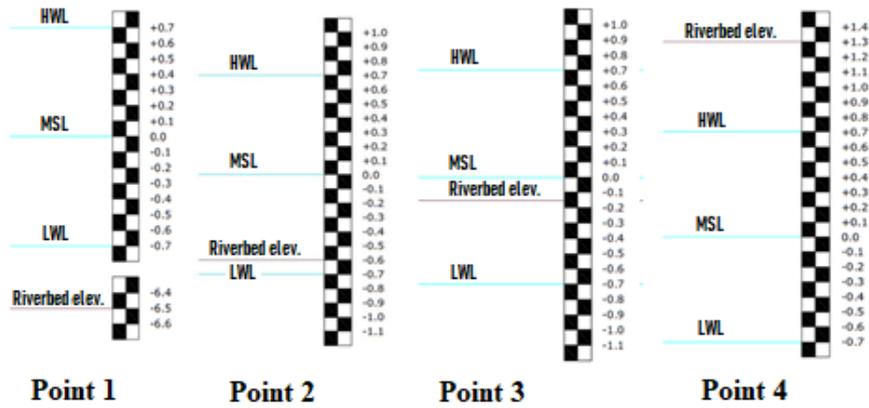


Gambar 7. Tunggang pasang di lokasi penelitian

Dari gambar 7. dapat dilihat bahwa pada saat *spring tide* tunggang pasang mencapai 141 cm. Dengan diketahuinya tunggang pasang surut, maka panjang penjalaran pasang surut air laut di lokasi penelitian dapat diketahui. Berdasarkan hasil analisis, panjang penjalaran pasang surut di lokasi penelitian hanya sampai ke titik tinjauan 3 atau panjang penjalaran dari muara sekitar 1220 meter. Adapun elevasi pasang surut di tiap titik tinjauan yang terkena penjalaran dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Titik tinjauan penjalaran pasang surut



Gambar 9 Elevasi pasang surut di titik tinjauan

Dengan menggunakan hasil analisis di atas, maka difraksi gelombang di lokasi penelitian dapat dihitung dan hasilnya seperti yang diperlihatkan pada Tabel 8 sampai Tabel 11 sesuai dengan lokasi yang ditunjukkan dalam Gambar 10 sampai Gambar 13.



Gambar 10 Titik tinjauan difraksi gelombang dari arah utara



Gambar 11 Titik tinjauan difraksi gelombang dari arah barat laut



Gambar 12 Titik tinjauan difraksi gelombang dari arah barat



Gambar 13 Titik tinjauan difraksi gelombang dari arah barat daya

Tabel 8. Difraksi gelombang yang datang dari arah utara

Titik	d	L	r	r/L	$\theta$	$\beta$	K'	H <sub>P</sub>	H <sub>A</sub>
1	2.7	21	0	0	0	0	0.00	0.55	0.00
2	2.7	21	381	18	78	22	0.13	0.55	0.07
3	2.7	21	947	44	78	0	0.08	0.55	0.04
4	2.7	21	0	0	0	0	0.00	0.55	0.00
5	2.7	21	0	0	0	0	0.00	0.55	0.00
6	2.7	21	0	0	0	0	0.00	0.55	0.00
7	2.7	21	0	0	0	0	0.00	0.55	0.00

Tabel 9. Difraksi gelombang dari gelombang datang arah barat laut

Titik	d	L	r	r/L	$\theta$	$\beta$	K'	H <sub>P</sub>	H <sub>A</sub>
<b>1</b>	2.7	38	0	0	0	0	0	0.55	0.00
<b>2</b>	2.7	38	381	10	33	22	0.54	0.55	0.29
<b>3</b>	2.7	38	947	25	33	0	0.20	0.55	0.11
<b>4</b>	2.7	38	0	0	0	0	0	0.55	0.00
<b>5</b>	2.7	38	0	0	0	0	0	0.55	0.00
<b>6</b>	2.7	38	0	0	0	0	0	0.55	0.00
<b>7</b>	2.7	38	0	0	0	0	0	0.55	0.00

Tabel 10. Difraksi gelombang dari gelombang datang arah barat

Titik	d	L	r	r/L	$\theta$	$\beta$	K'	H <sub>P</sub>	H <sub>A</sub>
1	2.7	45	0	0	0	0	0	0	0.00
2	2.7	45	0	0	0	0	0	0	0.00
3	2.7	45	0	0	0	0	0	0	0.00
4	2.7	45	0	0	0	0	0	0	0.00
5	2.7	45	0	0	0	0	0	0	0.00
6	2.7	45	613	14	13	5	0.35	2.09	0.73
7	2.7	45	1207	27	13	2	0.35	2.09	0.73

Tabel 11. Difraksi gelombang dari gelombang datang arah barat daya

Titik	d	L	r	r/L	$\theta$	$\beta$	K'	H <sub>P</sub>	H <sub>A</sub>
1	2.7	39	0	0	0	0	0	2.26	0.00
2	2.7	39	610	16	44	15	0.15	2.26	0.34
3	2.7	39	1219	31	44	8	0.15	2.26	0.34
4	2.7	39	1829	47	44	6	0.15	2.26	0.34
5	2.7	39	2438	62	44	7	0.15	2.26	0.34
6	2.7	39	610	16	22	6	0.24	0.34	0.08
7	2.7	39	1219	31	22	3	0.24	0.34	0.08

Dari Tabel 8. sampai Tabel 11 dapat dilihat bahwa difraksi gelombang dari arah utara terjadi di titik tinjauan 2 sebesar 0.07 dan titik tinjauan 3 sebesar 0.04, difraksi gelombang dari arah barat laut terjadi di titik tinjauan 2 sebesar 0.29 m dan titik tinjauan 3 sebesar 0.11 m, difraksi gelombang dari arah barat terjadi di titik tinjauan 6 sebesar 0.73 m dan titik tinjauan 7 sebesar 0.73 m serta difraksi gelombang dari arah barat daya terjadi di titik tinjauan 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 dengan difraksi gelombang di titik 2, 3, 4, 5 adalah 0.34 m dan di titik 6,7 adalah 0.08 m.

#### IV. KESIMPULAN

Panjang penjalaran pasang surut di lokasi penelitian hanya sampai ke titik tinjauan 3 atau panjang penjalaran dari muara sekitar 1220 meter. Difraksi gelombang dari arah utara terjadi di titik tinjauan 2 dan titik tinjauan 3, difraksi gelombang dari arah barat laut terjadi di titik tinjauan 2 dan titik tinjauan 3, difraksi gelombang dari arah barat tinjauan 6 dan titik tinjauan 7 serta difraksi gelombang dari arah barat daya terjadi di titik tinjauan 2, 3, 4, 5, 6 dan 7

#### REFERENSI

- [1] B. Triatmodjo, *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta, 1999.
- [2] K. R. Dyer, *Coastal and estuarine sediment dynamics*. Chichester; New York: Wiley, 1986.
- [3] B. Bakri, S. Pallu, R. Lopa, M. Akbar, M. Ihsan, and Y. Arai, "Flow Velocity Distribution Analysis On Free Intake Structure And Its Influence To Intake Capacity," in *International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD)*, 2017.
- [4] Y. Arafat, M. S. Pallu, F. Maricar, and R. T. Lopa, "Hydrodynamics and Morphological Changes Numerical Model of the Jeneberang Estuary," *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)*, vol. 3, no. 8, pp. 21–29, 2016.
- [5] T. Arifin, Y. Yulius, and M. F. A. Ismail, "Kondisi arus pasang surut di perairan pesisir kota Makassar , Sulawesi Selatan [Tidal current conditions in coastal area of Makassar, South Sulawesi ]," *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, vol. 1, no. 3, Dec. 2012, doi: 10.13170/depik.1.3.113.
- [6] R. Kamma, "Analysis of Coastal Sediment Transport in Estuary of Jeneberang and Tallo River Caused by Waves against Coast of Makassar," in *ICMID*, Kendari, 2018.
- [7] M. P. Hatta, V. A. Ilham, and E. Aprianti, "Simulation of the Effect of Flow Velocity on Floating Sediment Concentration at the Jeneberang River Estuary with the Nays2DH Model," *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 9, no. 11, pp. 1–7, 2019.
- [8] R. Kamma and A. S. Sukri, "Pemodelan Pasang Surut terhadap Surf Zone Menggunakan Surfer, Fortran C++ dan GIS pada Pantai Kota Makassar" *semanTIK*, vol. 4, no. 2, pp. 47–56, Dec. 2018.
- [9] United States Army Corps of Engineers, *Shore protection manual*, 4th ed. Vicksburg, Miss, Washington, DC: Dept. of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, 1984.
- [10] United States Army Corps of Engineers, *Coastal engineering manual*. 2002.