

## STUDI ANGKUTAN SEDIMEN DI PANTAI SINDULANG KOTA MANADO

Anggrili Ch Pesik

Jeffry D. Mamoto, M. Ihsan Jasin

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [anggrili.pesik@yahoo.com](mailto:anggrili.pesik@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Kota Manado merupakan salah satu daerah di Sulawesi Utara yang sedang melakukan percepatan pertumbuhan ekonomi dengan mengembangkan sektor industri. Daerah yang rencananya akan dikembangkan yaitu pada daerah pesisir pantai Sindulang berdasarkan Permen PU No.06/PRT/M/2007 tentang Pedoman Umum RTBL. Pada tanggal 24 Juni 2013 telah diadakan Focus Group Discussion Kesatu Penyusunan Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan (RTBL) Kawasan Boulevard-2, Kota Manado. Adapun beberapa hal yang dihasilkan yaitu daerah perencanaan reklamasi mulai dari sungai tondano sampai area TPI Tumampa, kedalaman perencanaan area reklamasi berupa pedoman/aturan perencanaan dan pembangunan kawasan reklamasi sepanjang Boulevard II dan yang terakhir diperlukan fasilitas tambatan perahu bagi nelayan. Bertita acara tersebut telah ditandatangani oleh Kepala Dinas Tata Kota Kota Manado dan Asisten II Kota Manado. Dalam melakukan pengembangan didaerah pesisir dengan melakukan reklamasi perlu diketahui angkutan sedimen yang terjadi di pantai tersebut.*

*Oleh karena itu, lewat penulisan ini ditemukan suatu alternatif yang dilakukan dengan mengumpulkan dan mengolah data-data seperti peta lokasi dan data kecepatan angin. Selanjutnya bisa dihitung angkutan sedimen tiap tahunnya.*

*Dari hasil perhitungan gelombang di pantai Sindulang kota Manado didominasi oleh gelombang arah Barat dengan gelombang maksimum terjadi bulan Januari 2014 dengan  $H = 1.466$  m dan  $T = 5.091$  det. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 1.002 sampai 1.832 dan koefisien shoaling berkisar antara 0.999 sampai 1.711. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 1.144 m sampai 1.468 m pada kedalaman 1 m sampai 25 m. Besarnya angkutan sedimen sejajar pantai sebesar  $254374$  m<sup>3</sup>/tahun dan laju angkutan sedimen tegak lurus pantai sebesar  $750673.99$  m<sup>3</sup>/tahun.*

**Kata kunci:** *Pantai Sindulang, karakteristik gelombang, refraksi, shoaling, gelombang pecah, Angkutan Sedimen.*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Wilayah pantai merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti untuk pemukiman, pelabuhan, perikanan, pariwisata dan sebagainya. Daerah ini tentunya tidak lepas dari proses-proses alam yang sering terjadi hampir di setiap wilayah pantai yaitu abrasi dan sedimentasi.

Sedimentasi merupakan proses berpindah-nya material dari suatu tempat ke tempat lainnya. Sedimen dapat ditimbulkan oleh karena adanya interaksi gelombang, arus laut, pasang surut dan kontur dasar laut.

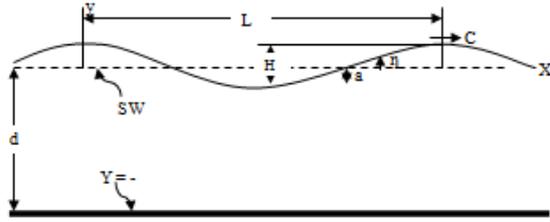
Pemanfaatan wilayah pantai pada daerah pesisir menjadi alternatif dari kurangnya lahan produktif akibat semakin banyak jumlah penduduk dan semakin luasnya daerah

pemukiman sehingga berkurangnya daerah untuk perkembangan perindustrian. Realita tersebut mendorong pemerintah untuk terus mencari alternatif wilayah baru sebagai tempat pemekaran untuk daerah perindustrian. Salah satu pilihan adalah pada daerah pesisir yang dijadikan alternatif untuk dikembangkan, yaitu dengan membuat daratan baru pada daerah pantai atau muara. Kegiatan tersebut lebih dikenal dengan kegiatan reklamasi.

Kota Manado merupakan salah satu daerah di Sulawesi Utara yang sedang melakukan percepatan pertumbuhan ekonomi dengan mengembangkan sektor industri. Daerah yang rencananya akan dikembangkan yaitu pada daerah pesisir pantai Sindulang.

Daerah perencanaan reklamasi mulai dari sungai Tondano sampai area TPI Tumampa, kedalaman perencanaan area reklamasi berupa





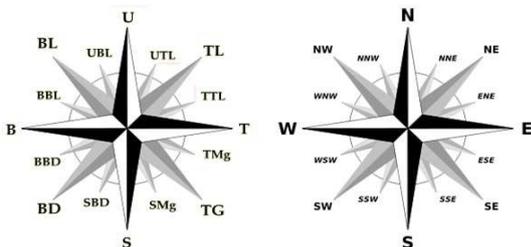
Gambar 2. Sketsa Definisi Gelombang  
Sumber: Triatmodjo, 1999

**Hindcasting Gelombang**

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin dimasa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut. Terjadinya gelombang di laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin.

**Perhitungan Fetch Efektif**

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah fetch adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak fetch merupakan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup.



Gambar 3. Arah angin yang dapat membangkitkan gelombang

Sumber : <http://scoutofserviam.blogspot.com/>

Arah fetch bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut:

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

dimana :

- F<sub>eff</sub> : Panjang Fetch efektif
- F : Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch.
- α : Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

**Estimasi Angin Permukaan Untuk Peramalan Gelombang**

Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, adalah mendapatkan nilai Wind Stress Factor (U<sub>A</sub>), yang akan digunakan untuk peramalan gelombang. Prosedur untuk mendapatkan Wind Stress Factor (U<sub>A</sub>) adalah dengan melakukan koreksi-koreksi terhadap data angin yang kita miliki sebagai berikut :

- Koreksi Elevasi  
Kecepatan angin yang digunakan adalah yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapat dari pengukuran pada elevasi yang lain (misalnya y meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan:

$$U_{(10)} = U(z) \left( \frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (2)$$

dimana : U<sub>(10)</sub> = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m.

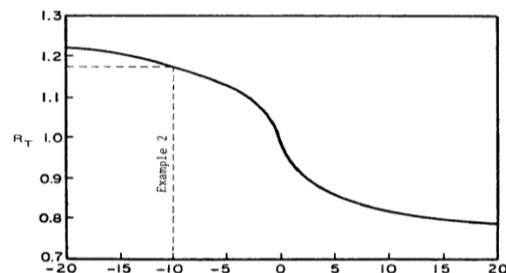
Z = Ketinggian pengukuran angin (Z < 20 m)

- Durasi Rata-rata Kecepatan Angin  
Kecepatan angin bisa diamati dan dilaporkan sebagai mil tercepat atau kecepatan ekstrim. Mungkin saja pada sebagian besar dari kecepatan angin mil tercepat diperoleh dari badai jangka pendek yang bersamaan dengan badai. Oleh karena itu pengukuran mil tercepat dari durasi yang pendek tidak dapat berdiri sendiri untuk menentukan kecepatan angin bagi pembentukan gelombang.

- Koreksi Stabilitas  
Jika perbedaan temperature udara-laut, ΔT<sub>as</sub> = T<sub>a</sub> - T<sub>s</sub> = 0, maka lapisan batas berada dalam keadaan stabilitas dan tidak diperlukan koreksi terhadap kecepatan angin. Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R<sub>T</sub>, dimana :

$$U = R_T \times U_{10} \quad (3)$$

Jika tidak terdapat perbedaan data temperature, maka R<sub>T</sub> = 1.1 (SPM'88, hal 3-30)



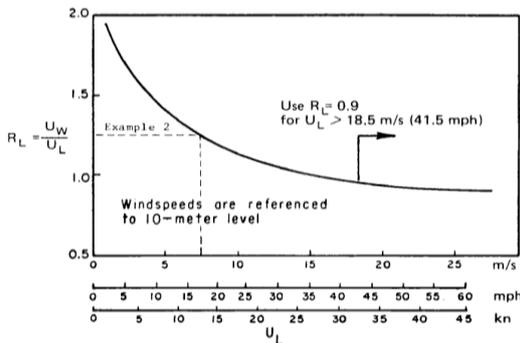
Gambar 4. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat.

Sumber : SPM' 84

**Koreksi Lokasi Pengamatan**

Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran di darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan di laut. Faktor koreksi dilambangkan dengan  $R_L$ , yang nilainya disajikan Gambar 2. Di dalam gambar tersebut,  $U_w$  adalah kecepatan angin di atas laut, sedangkan  $U_L$  adalah kecepatan angin di darat. Apabila data kecepatan angin disuatu perairan memerlukan penyesuaian atau koreksi terhadap elevasi, koreksi stabilitas dan efek lokasi maka dapat digunakan persamaan:

$$U = R_T \times R_L \times U_{10} \quad (4)$$



Gambar 5. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat  
Sumber: SPM'84

**Koreksi Koefisien Seret**

Perumusan terhadap pertumbuhan gelombang dan nomogram menyatakan faktor tegangan angin,  $U_A$ . Setelah dilakukan konversi kecepatan angin, maka kecepatan angin dikonversikan menjadi faktor stress angin (*Wind Stress Factor*) dengan perumusan sebagai berikut :

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23} \left( U \text{ dalam } \frac{m}{det} \right) \quad (5)$$

Faktor stress angin tersebut dihitung untuk mengurangi bias pada data angin dan untuk mendapatkan hasil yang baik dalam penyediaan informasi jika data pengukuran tidak tersedia.

**Refraksi Gelombang**

Pengaruh perubahan kedalaman laut akan menyebabkan refraksi. Di laut dalam, daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut.

**Pendangkalan Gelombang (Wave Shoaling)**

Koefisien pendangkalan  $K_s$  merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air.

**Proses Pecahnya Gelombang**

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini:

1) *Spilling*

Biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil).

2) *Plunging*

Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan pucuk gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan.

3) *Surging*

Terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang.

**Angkutan Sedimen Pantai**

**Angkutan Sedimen Sejajar Pantai (Long Shore Transport)**

*Long shore transport* disebabkan oleh bergolakannya sedimen saat gelombang pecah, lalu bergerak terbawa arus dan komponen gelombang sejajar pantai.

$$S = A \cdot P \quad (6)$$

dimana:

- S = jumlah angkutan sedimen pasir per detik
- A = Koefisien
- P = Energi fluks yang masuk *breaker zone* per satuan panjang

**Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai (Cross Shore Transport)**

Angkutan sedimen yang menuju ke arah laut dalam terjadi dengan cepat dan sedimen yang dibawa akan terbentuk bar yang akan berfungsi untuk meredam gelombang. Sedimen akan hilang bila pantainya curam sehingga tidak mungkin terjadinya bar.

Laju angkutan sedimen tak berdimensi adalah :

$$\phi = \frac{q_s}{w \cdot D} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot k_3 \cdot \left( \frac{c_0}{f_w} \right)^{1/2} \cdot \psi^{3/2} \quad (7)$$

$$\psi = \text{parametershileds} = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)gD} = \frac{U_0^2}{s g D} \quad (8)$$

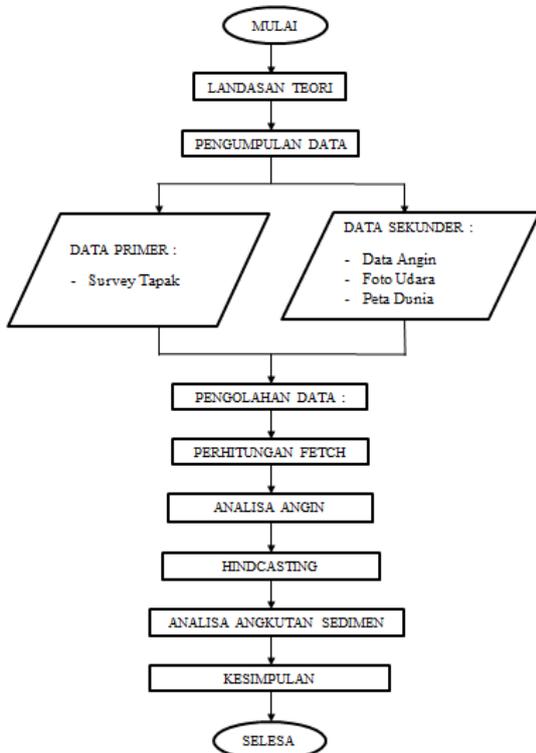
Watanabe dkk merumuskan *Transport Netto* adalah:

$$\phi = 7(\Psi_m - \Psi_{mc})\Psi_2^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Dengan  $\Psi_{mc}$  adalah Parameter Shield kritis gerak aktif sedimen – 0,11.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan pelaksanaan studi :



Gambar 7. Tahapan Pelaksanaan Studi

**ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**Analisa Gelombang**

**Perhitungan Fetch**

Arah Barat :

Panjang garis *fetch* untuk sudut 0° adalah 1.81 cm dengan skala 1 : 40.000.000.

Untuk mendapatkan jarak sebenarnya maka dilakukan perhitungan jarak sebenarnya.

$$\begin{aligned} \text{Jarak sebenarnya} &= \text{Jarak pada peta} \times \text{Skala} \\ &= 1.81 \times 40.000.000 = 72.400.000 \text{ cm} \\ &= 722.28 \text{ km} \end{aligned}$$

Nilai dari cosines 0° adalah 1, maka :

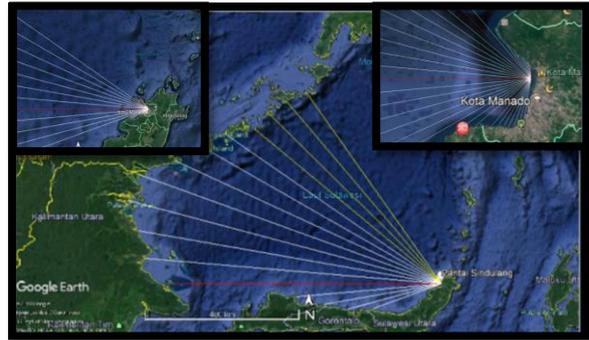
$$\begin{aligned} F \cos(\alpha) &= 722.28 \times 1 \\ &= 722.28 \text{ km} \end{aligned}$$

Resume perhitungan untuk arah-arah lainnya diberikan pada tabel 1.

**Perhitungan Fetch Efektif**

Dengan mengetahui panjang *fetch* didapat  $F_{eff}$

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = 253.051 \text{ km}$$



Gambar 8. Fetch Arah Barat, Barat Laut, Utara, Barat Daya dan Selatan

**Perhitungan Fetch :**

Tabel 1. Perhitungan Panjang *Fetch* untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	F <sub>eff</sub> (km)
BARAT (W)	20	840.00	789.338	0.940	569.200
	15	844.84	816.053	0.966	
	10	801.08	788.910	0.985	
	5	775.04	772.091	0.996	
	0	722.28	722.280	1.000	
	-5	379.68	378.235	0.996	
	-10	309.76	305.054	0.985	
	-15	253.36	244.727	0.966	
BARAT LAUT (NW)	20	3.94	3.702	0.940	253.051
	15	5.55	5.361	0.966	
	10	11.98	11.798	0.985	
	5	15.64	15.580	0.996	
	0	19.16	19.160	1.000	
	-5	18.94	18.868	0.996	
	-10	687.96	677.508	0.985	
	-15	775.04	748.631	0.966	
UTARA (N)	20	2.85	2.678	0.940	1.450
	15	2.85	2.753	0.966	
	10	2.85	2.807	0.985	
	5	2.36	2.351	0.996	
	0	2.13	2.130	1.000	
	-5	0	0	0.996	
	-10	0	0	0.985	
	-15	0	0	0.966	
BARAT DAYA (SW)	20	25.31	23.784	0.940	11.402
	15	23.83	23.018	0.966	
	10	10.42	10.262	0.985	
	5	8.36	8.328	0.996	
	0	7.96	7.960	1.000	
	-5	7.95	7.920	0.996	
	-10	6.83	6.726	0.985	
	-15	6.63	6.404	0.966	
SELATAN (S)	20	5.13	4.821	0.940	12.128
	15	4.64	4.482	0.966	
	10	98.60	97.102	0.985	
	5	0	0	0.996	
	0	0	0	1.000	
	-5	0	0	0.996	
	-10	0	0	0.985	
	-15	0	0	0.966	

Sumber : Hasil Perhitungan

**Analisa Angin**

Data angin yang dianalisa adalah data angin maksimum harian dalam 10 tahun terakhir. Data angin diambil dari BMKG Maritim Bitung, yakni data angin pada tahun 2008-2017.

Data angin dinyatakan dalam satuan knot, 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5144 m/d.

**Perhitungan faktor tegangan angin**

Perhitungan untuk mendapatkan nilai  $U_A$  (perhitungan pada data angin tanggal 1 Januari 2008) diperlihatkan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 2. Perhitungan *Hindcasting* Gelombang Maksimum tanggal 1 Januari 2008

Tanggal	Arah	$U_z$ m/d	$U_{10}$ m/d	$R_L$	$U_A$ m/d	$F_{EFF}$ km	$t_i$ d
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1/1/2008	WNW	3.43	3.43	1.56	5.89	569.20	21600

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2. Lanjutan

Open Water / Restricted Fetch	$t_{FETCH}$ d	Kondisi Gelombang	$H_0(1)$ m	$T_0(1)$ d
[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
Open Water	122257.5	Duration Limited	0.540	3.222

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2. Lanjutan

$\frac{gH}{U^2_A}$	$\frac{gT}{U_A}$	$\frac{gt_i}{U_A}$	Fully / Non Fully Developed	$H_0$ m	$T_0$ d
[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
0.153	5.370	36001.78	Non Fully Developed	0.540	3.222

Sumber : Hasil Perhitungan

*Hindcasting* gelombang dilakukan untuk setiap data angin maksimum harian selama 10 tahun. Dari hasil *hindcasting* ini disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan dari tahun 2005 s/d 2014.

Tabel 3. rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing – masing *fetch* berdasarkan *Hindcasting* Gelombang tahun 2008 – 2017.

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		B	BL	S	BD	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	1.466	0	0	0	B	1.466
	T (det)	5.091	0	0	0		5.091
FEBRUARI	H (m)	1.402	0.930	0	0	B	1.402
	T (det)	4.988	4.132	0	0		4.988
MARET	H (m)	1.180	0.680	0	0	B	1.180
	T (det)	4.608	3.582	0	0		4.608
APRIL	H (m)	1.206	0.730	0	0	B	1.206
	T (det)	4.656	3.700	0	0		4.656
MEI	H (m)	1.165	0.566	0.258	0	B	1.165
	T (det)	4.583	3.293	2.281	0		4.583
JUNI	H (m)	1.444	0.566	0.465	0.397	B	1.444
	T (det)	5.057	3.293	2.668	2.579		5.057
JULI	H (m)	1.291	0.702	0.505	0.499	B	1.291
	T (det)	4.803	3.634	2.728	2.742		4.803
AGUSTUS	H (m)	0.528	0.416	0.481	0.393	B	0.528
	T (det)	3.188	2.859	2.693	2.573		3.188
SEPTEMBER	H (m)	1.283	0.730	0.432	0.366	B	1.283
	T (det)	4.789	3.700	2.617	2.525		4.789
OKTOBER	H (m)	1.119	0.566	0.765	0	B	1.119
	T (det)	4.498	3.293	3.779	0		4.498
NOVEMBER	H (m)	1.092	0.738	0	0	B	1.092
	T (det)	4.449	3.719	0	0		4.449
DESEMBER	H (m)	1.178	1.149	0	0	BL	1.178
	T (det)	4.605	4.553	0	0		4.605
MAX TIAP ARAH	H (m)	1.466	1.149	0.765	0.499	B	1.466
	T (det)	5.091	4.553	3.779	2.742		5.091

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 3 tersebut dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum berasal dari arah barat. Hal ini disebabkan gelombang dari arah barat mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar.

Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan :

$$y = -1.1075x^2 + 4.2454x + 1.1693$$

Untuk arah Barat Potongan 1:

$$H_0 = 1.4662 \text{ m}$$

$$T = -1.1075.H_0^2 + 4.2454.H_0 + 1.1693 = 5.0125$$

Analisis berikutnya dibuat pada tabel 4.

**Perhitungan Koefisien Refraksi**

Tabel 4. Perhitungan Refraksi untuk Potongan 1 Arah Barat

$a_0$	d	$H_0$	T	$L_0$	d/ $L_0$	d/L
20	25	1.466	5.012	39.195	0.64	0.64041
19.916	20	1.468	5.014	39.216	0.51	0.51165
19.849	15	1.445	4.991	38.853	0.39	0.39546
19.359	10	1.402	4.944	38.125	0.26	0.27660
18.321	5	1.250	4.746	35.133	0.14	0.17495
14.816	1	1.144	4.576	32.671	0.03	0.07135
6.298	0.5	2.179	5.161	41.550	0.01	0.04032

Sumber : Hasil Perhitungan

Ket: untuk tabel berwarna merah, nilai tersebut didapat secara manual menggunakan tabel pembacaan d/L dari Triatmodjo (1999)

Tabel 4. Lanjutan

L	$C_0$	C	$\sin a$	a	$\cos a_0/\cos a$	Kr
39.037	7.819	7.788	0.341	19.916	1.004	1.002
39.089	7.822	7.796	0.340	19.849	1.003	1.002
37.931	7.785	7.600	0.331	19.359	1.025	1.013
36.153	7.712	7.313	0.314	18.321	1.057	1.028
28.580	7.403	6.022	0.256	14.816	1.237	1.112
14.015	7.139	3.063	0.110	6.298	2.353	1.534
12.401	8.051	2.403	0.033	1.876	3.357	1.832

Sumber: Hasil Perhitungan

**Perhitungan Koefisien Shoaling**

Tabel 5. Perhitungan *Shoaling* Untuk Potongan 1 Arah Barat

$L_0$	d/ $L_0$	d/L	L	$n_0$	n	Kr	$K_s$	H
39.195	0.638	0.640	39.037	0.500	0.503	1.002	0.999	1.468
39.216	0.510	0.512	39.089	0.500	0.510	1.002	0.983	1.445
38.853	0.386	0.395	37.931	0.500	0.535	1.013	0.958	1.402
38.125	0.262	0.277	36.153	0.500	0.608	1.028	0.868	1.250
35.133	0.142	0.175	28.580	0.500	0.747	1.112	0.823	1.144
32.671	0.031	0.071	14.015	0.500	0.939	1.534	1.242	2.179
41.550	0.012	0.040	12.401	0.500	0.979	1.832	1.711	6.829

Sumber: Hasil Perhitungan

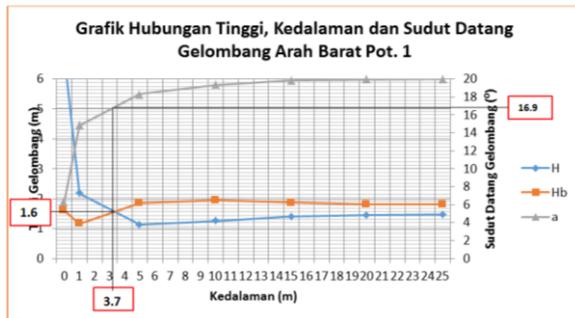
**Perhitungan Gelombang Pecah**

Tabel 6. Perhitungan gelombang pecah untuk Potongan 1 Arah Barat

$H'o$	$H'o/gT^2$	m	$H_b/H'o$	$H_b$
1.4679	0.0060	0.0758	1.23	1.8055
1.4932	0.0061	0.0645	1.22	1.8217
1.5078	0.0062	0.0600	1.24	1.8696
1.6153	0.0067	0.0588	1.20	1.9384
1.5196	0.0069	0.0556	1.23	1.8691
0.9215	0.0045	0.0500	1.27	1.1704
1.2734	0.0049	0.0500	1.26	1.6045

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya dibuat grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang.



Gambar 9. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman & Sudut Datang Gelombang Arah Barat Pot. 1

Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang di potongan 1 maka diperoleh : Gelombang pecah pada kedalaman = 3.7 m.

### Analisa Angkutan sedimen Sejajar Pantai

Perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai dilakukan dengan menggunakan metode CERC. Untuk parameter-parameter yang dipakai adalah parameter-parameter yang diperoleh berdasarkan perhitungan-perhitungan sebelumnya.

Tabel 7. Perhitungan Angkutan Sedimen Sejajar Pantai Pada Bulan Januari

Bulan	Arah	$\alpha^0$	$H_0$ (m)	T (d)	$L_0$ (m)	$C_0$ (m/det)	d (m)	d/ $L_0$
JANUARI	B	20	1.466	5.091	40.440	7.949	1	0.025

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7. Lanjutan

d/L	L (m)	C (m)	A ( $^0$ )	Kr	db (m)	db/ $L_0$	ds/ $L_0$	pers.1	pers.2
0.065	15.437	3.034	7.502	0.974	1.620	0.040	0.025	0.530	0.407

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Lanjutan

$C_b/C_s$	$\alpha_{br}$ ( $^0$ )	$\cos \alpha / \cos \alpha_{br}$	Krbr	$\sin \alpha_{br}$	$\cos \alpha_{br}$	S ( $m^3$ /Tahun)
1.303	26.469	1.050	0.997	0.446	0.895	254,374.99

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Rekapitulasi Angkutan Sedimen Tahunan

Bulan	Arah	Sedimen ( $m^3$ /Tahun)
JANUARI	B	254374.99
FEBRUARI	B	223226.80
MARET	B	137337.84
APRIL	B	144975.08
MEI	B	127530.29
JUNI	B	245235.28
JULI	B	177595.17
AGUSTUS	B	12934.73
SEPTEMBER	B	174972.50
OKTOBER	B	115022.34
NOVEMBER	B	107058.27
DESEMBER	BL	121055.73
<b>S total (<math>m^3</math>/tahun)</b>		<b>1,841,319.01</b>
S max		254374.99
S min		12934.73

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen, dengan mengakumulasi jumlah angkutan sedimen setiap bulan selama satu tahun, maka rekapitulasi total angkutan sedimen adalah sebanyak 1841319.01  $m^3$ /tahun dari arah Barat dan Barat Laut, namun angkutan sedimen yang lebih dominan yaitu dari arah Barat. Untuk arah Barat angkutan sedimen sebesar 1841319.01  $m^3$ /tahun, dengan angkutan sedimen terbesar terjadi bulan Januari yaitu 254374.99  $m^3$ /Tahun, dan terendah pada bulan Agustus yaitu sebesar 12934.73  $m^3$ /Tahun.

### Analisa Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai

Tabel 9. Perhitungan Angkutan sedimen Tegak Lurus Pantai Bulan Januari

Bulan	$H_0$ (m)	T (d)	$L_0$ (m)	d (m)	d/ $L_0$	d/L
JANUARI	1.466	5.091	40.440	1.000	0.025	0.065

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 9. Lanjutan

L (m)	db (m)	Hb	db/HB	H	ab	Fw	Ub	$U^2$
15.437	1.620	1.543	1.05	1.54	1.138	0.048	1.405	0.048

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 9. Lanjutan

s	$\psi$	$\phi$	$q_s$ ( $m^3$ /det)	$q_s$ ( $m^3$ /thn)	$\psi$	UR
1.65	1.935	12.358	0.28027	750673.987	7.088	86.496

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 10. Rekapitulasi Angkutan Sedimen Tahunan

Bulan	Arah	Sedimen ( $m^3$ /Tahun)
JANUARI	B	750673.99
FEBRUARI	B	717765.03
MARET	B	686672.30
APRIL	B	633638.21
MEI	B	676215.11
JUNI	B	742205.54
JULI	B	680405.79
AGUSTUS	B	474262.88
SEPTEMBER	B	688293.30
OKTOBER	B	652019.96
NOVEMBER	B	682177.60
DESEMBER	BL	694904.52
<b>S total (<math>m^3</math>/tahun)</b>		<b>8,079,234.24</b>
S max		750673.99
S min		474262.88

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen tegak lurus pantai, dengan mengakumulasi jumlah angkutan sedimen setiap bulan selama satu tahun, maka rekapitulasi total angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah sebanyak 8079234.24  $m^3$ /tahun dengan angkutan sedimen terbesar pada bulan Januari, yaitu 750673.99  $m^3$ /tahun dan angkutan sedimen terendah pada bulan Agustus sebesar 474262.88  $m^3$ /tahun.

Dengan demikian dapat dilihat bahwa hasil perhitungan angkutan sedimen tegak lurus pantai

ternyata lebih besar dari pada angkutan sedimen sejajar pantai. Angkutan sedimen sepanjang pantai maupun tegak lurus pantai banyak mengakibatkan permasalahan pantai seperti pendangkalan, erosi dan sebagainya. Oleh karena itu perhitungan angkutan sedimen baik angkutan sedimen sepanjang pantai maupun angkutan sedimen tegak lurus pantai sangatlah penting.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dalam penelitian ini penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penggambaran, diperoleh lima arah pembentukan gelombang yaitu, barat, barat laut, utara, barat daya dan selatan. Dimana gelombang di perairan Pantai Sindulang Kota Manado didominasi arah Barat dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Januari 2014 dengan tinggi 1.466 m dan periode 5.091 detik.
2. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode analitis maka diperoleh nilai koefisien refraksi yang berkisar antara 1.002 sampai

1.832 dan koefisien shoaling berkisar antara 0.999 sampai 1.711.

3. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 1.144 m sampai 1.468 m pada kedalaman 1 m sampai 25 m. Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap Pantai Sindulang Kota Manado dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh :  
Tinggi gelombang maksimum ( $H_b$ ) = 1.6 m  
Gelombang pecah pada kedalaman ( $db$ ) = 3.7 m
4. Dengan menggunakan metode CERC (*Coastal Engineering Research Center*) maka diperoleh laju angkutan sedimen sejajar pantai maksimum, yaitu sebesar 254374 m<sup>3</sup>/tahun yang berasal dari arah Barat. Selain itu juga diperoleh laju angkutan sedimen tegak lurus pantai maksimum, yaitu 750673.99 m<sup>3</sup>/tahun dari arah Barat.

### Saran

Untuk penanggulangan sedimen pantai Sindulang Kota Manado dapat dilakukan dengan cara membuat bangunan pengaman pantai berupa Groin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Pokaton, Kern Y., H. J. Tawas, M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto, 2013. *Perencanaan Jetty di Muara Sungai Ranoyapo Amurang*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.6, Mei 2013 (434-443) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Mulyabakti, Chandrika, M. Ihsan, Jasin, Jeffry D. Mamoto, 2016. *Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kec. Likupang Timur*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.9, September 2016 (585-594) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Fahmi, Baharudin, 2015. *Analisa Laju Sedimentasi Akibat Rencana Reklamasi di Teluk Segendis Bontang*. Jurnal Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.
- Triadmojo, B., 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Hidayati, N., 2016. *Dinamika Pantai*. UB Press. Malang.