



Analisis Pengaruh Kedalaman Terhadap Transformasi Gelombang Di Pantai Likupang

Renaldi H. Umboh^{#a}, Jeffry D. Mamoto^{#b}, Ariestides K. T. Dundu^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ahangleriumboh@gmail.com, ^bjeffrymamoto@unsrat.ac.id, ^ctorry@unsrat.ac.id

Abstrak

Pantai Paal, Likupang Timur, Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia, merupakan kawasan area wisata, namun juga rentan terhadap dampak gelombang laut yang dapat mempengaruhi stabilitas garis pantai dan ekosistem pesisir. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari penelitian terdahulu untuk mengkaji lebih dalam tentang perbandingan transformasi gelombang berdasarkan pengaruh kedalaman laut. Data yang diperoleh dianalisis dan dibuat lima stasiun (STA) untuk memahami bagaimana perubahan kedalaman mempengaruhi proses refraksi, shoaling, dan gelombang pecah. Dari hasil perhitungan gelombang di perairan Paal didominasi oleh gelombang arah Tenggara dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Juli 2006 dengan $H = 1.230$ m dan $T = 4.698$ det. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada proses-proses transformasi gelombang untuk proses refraksi (K_r) berkisar antara 1,0107 m sampai 1,6994 m dan shoaling (K_s) berkisar antara 0,9412 sampai 1,5003 m di lima stasiun memiliki tinggi gelombang yang sama. Namun, untuk gelombang pecah menunjukkan adanya perbedaan antara tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (db) pada semua stasiun (STA). Ini menunjukkan kontur kedalaman perairan memiliki pengaruh signifikan terhadap transformasi gelombang, di mana peningkatan kedalaman cenderung mengurangi tinggi gelombang dan memperpanjang periode gelombang.

Kata kunci: Pantai Paal, Likupang, transformasi gelombang, gelombang pecah

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Gelombang merupakan pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal (*Faiqun, 2008*). Proses ini terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut seperti tekanan atau tekanan dari atmosfer (khusus melalui angin), gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan benda-benda angkasa (bulan dan matahari), gaya coriolis (akibat rotasi bumi), dan tegangan permukaan. Transformasi gelombang adalah perubahan bentuk, tinggi, dan arah gelombang saat gelombang menuju pantai dan dipengaruhi oleh perubahan kedalaman laut, dan kontur dasar laut. Transformasi gelombang dapat berupa refraksi, difraksi, shoaling, dan gelombang pecah. Transformasi gelombang dapat menyebabkan beberapa masalah antara lain perubahan garis pantai, abrasi atau erosi, dan transport sedimen. Pantai Paal, Likupang Timur, Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia, merupakan kawasan area wisata, namun juga rentan terhadap dampak gelombang laut yang dapat mempengaruhi stabilitas garis pantai dan ekosistem pesisir, maka diperlukan analisis mengenai transformasi gelombang. Untuk mengatasi situasi tersebut, diperlukan analisis lebih lanjut mengenai seberapa besar perbedaan transformasi gelombang yang terjadi di Pantai Paal, Likupang. Agar dapat meminimalisir masalah yang terjadi di Pantai Paal, Likupang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pengaruh kedalaman, bagaimana perbandingan transformasi gelombang yang

terjadi di Pantai Paal, Likupang Timur?



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

1.3. Batasan Masalah

Dalam rangka membatasi ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas, digunakanlah batasan masalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini terbatas pada ruang lingkup daerah wisata pantai Likupang khususnya pantai Paal
2. Penelitian ini hanya terbatas pada pengaruh kedalaman terhadap Transformasi gelombang
3. Tidak menganalisa Proses Difraksi
4. Data analisis menggunakan data sekunder

1.4. Tujuan Penelitian

Agar mengetahui perbandingan transformasi gelombang untuk keberlanjutan tempat wisata pantai Likupang khususnya pantai Paal yang tidak memiliki pengaman pantai.

1.5. Manfaat Penelitian

Untuk mendapatkan pemahaman tentang teknik pantai, terutama dalam transformasi gelombang, ini dapat digunakan sebagai sumber referensi untuk pemerintah dan pemangku kepentingan sebagai alternatif dalam mengantisipasi perubahan gelombang.

2. Metode Penelitian

2.1. Survey Lokasi dan Pengumpulan Data

Survey Lokasi dilakukan guna mendapatkan permasalahan apa yang ada di Pantai Paal, Likupang, Minahasa Utara. Survey lokasi ini meliputi inventarisasi dan identifikasi permasalahan pantai.

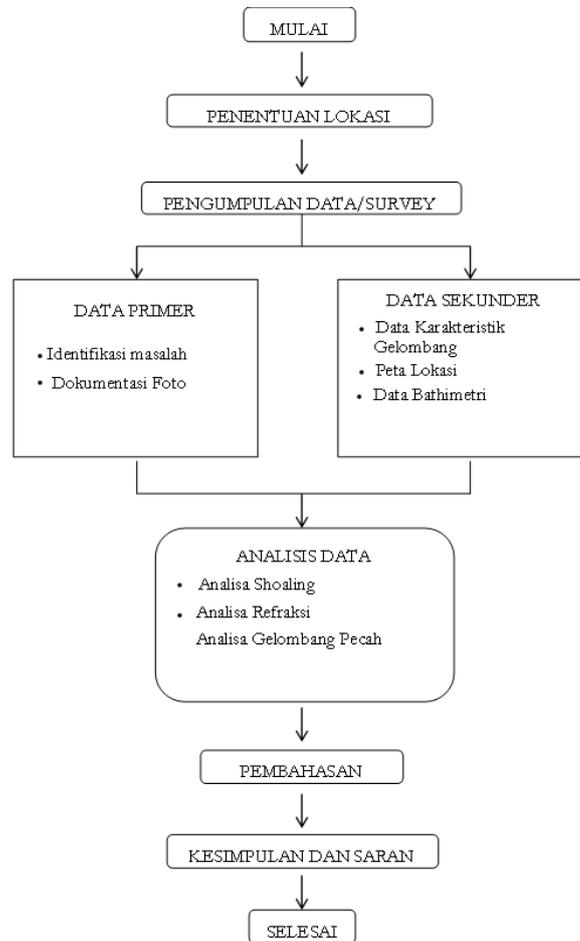
2.2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilaksanakan dengan cara mengunjungi lembaga-lembaga atau instansi-instansi terlibat sebagai sumber data untuk dimintai keterangan dan data-data yang berhubungan dengan studi ini, ataupun dengan menggunakan software-software penunjang. Data yang dimaksud meliputi:

- Data kecepatan angin minimal 10 tahun terakhir dari data sekunder.
- Peta satelit dari software *Google Earth*.
- Foto citra satelit dari software *Google Earth*.
- Data Batimetri dari *Gebco* menggunakan software *Global Mapper*

2.3. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian digunakan untuk menggambarkan Seluruh langkah-langkah yang akan diikuti dalam proses penelitian. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Fetch Efektif

Perhitungan daerah pembentukan gelombang (*fetch*) untuk arah-arah datangnya gelombang yang mungkin terjadi, Berikut adalah hasil perhitungan untuk panjang *fetch* untuk masing-masing arah.

Perhitungan *fetch* :

Arah Tenggara

a) Panjang garis *fetch* untuk sudut -20° adalah 304,877 km (berdasarkan data sekunder yang digunakan), penggambaran *fetch* bisa dilihat pada Gambar 3 untuk sudut -20° sampai 20° Panjang *fetch* dapat dilihat pada Tabel 1.

b) Nilai dari cosinus -20° adalah 0,940, maka :

$$F \cos(\alpha) = 304,877 \times 0,940 \\ = 286,490 \text{ Km}$$

$$c) F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \\ = \frac{286,490 + 306,269 + 17,798 + \dots + 12,513}{0,940 + 0,966 + 0,985 + \dots + 0,940} \\ = 81.4249$$



Gambar 3. Fetch Arah Utara, Timur Laut, Timur, dan Tenggara

(Sumber: Chandrika Mulyabakti, 2016)

Tabel 1. Perhitungan panjang Fetch untuk Delapan Arah Mata Angin
(Sumber: Chandrika Mulyabakti, 2016)

Arah Mata Angin	(a)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(a)	cos(a)	Feff (km)
UTARA (N)	-20	0	0	0	0.940	0.281664
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1	
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	
	15	1243	1.243	1.200646	0.966	
	20	1352	1.352	1.270464	0.940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	1535	1.535	1.442428	0.940	0.595813
	-15	1608	1.608	1.553209	0.966	
	-10	2266	2.266	2.231574	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1	
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	
	15	0	0	0	0.966	
	20	0	0	0	0.940	
TIMUR (E)	-20	0	0	0	0.940	239.865
	-15	420731	420.731	406.3949	0.966	
	-10	292018	292.018	287.5816	0.985	
	-5	275848	275.848	274.7983	0.996	
	0	255878	255.878	255.878	1	
	5	261580	261.58	260.5846	0.996	
	10	251117	251.117	247.302	0.985	
	15	136973	136.973	132.3058	0.966	
	20	254922	254.922	239.5483	0.940	
TENGGARA (SE)	-20	304877	304.877	286.4907	0.940	81.4249
	-15	317073	317.073	306.269	0.966	
	-10	18073	18.073	17.79843	0.985	
	-5	17122	17.122	17.05685	0.996	
	0	19024	19.024	19.024	1	
	5	19975	19.975	19.89899	0.996	
	10	20926	20.926	20.60809	0.985	
	15	15219	15.219	14.70043	0.966	
	20	13317	13.317	12.51389	0.940	
20	0	0	0	0.940		

3.2. Analisa Angin

Data angin yang dianalisa adalah data angin maksimum harian dalam 10 tahun terakhir. Data angin diambil dari data sekunder, yakni data angin pada tahun 2005-2014. Data angin

dinyatakan dalam satuan knot, 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5144 m/d. Perhitungan untuk mendapatkan nilai UA (perhitungan pada data angin tanggal 26 April 2005).

Tabel 2. Perhitungan Faktor Tegangan Angin Pada Bulan April 2005
(Sumber: Chandrika Mulyabakti, 2016)

Tanggal	Arah	Uz	$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z}\right)^{0.7}$	R _t	U _A = R _T · R _L · U ₁₀
1/4/2005	NE	2.83	2.60	1.63	4.66
2/4/2005	NE	3.38	3.11	1.56	5.33
3/4/2005	N	2.94	2.70	1.62	4.81
4/4/2005	NNE	4.29	3.94	1.47	6.38
5/4/2005	NNE	5.54	5.09	1.38	7.73
6/4/2005	NNW	4.87	4.48	1.42	7.00
7/4/2005	NNW	5.88	5.40	1.34	7.96
8/4/2005	NNW	4.30	3.95	1.47	6.39
9/4/2005	NNW	2.78	2.56	1.63	4.58
10/4/2005	N	1.65	1.52	1.83	3.06
11/4/2005	W	2.61	2.40	1.66	4.38
12/4/2005	NW	2.96	2.72	1.61	4.81
04/13/2005	NW	3.55	3.27	1.54	5.53
04/14/2005	NW	2.98	2.74	1.61	4.85
04/15/2005	NNW	3.42	3.15	1.56	5.40
04/16/2005	NNW	1.91	1.75	1.79	3.45
04/17/2005	W	1.85	1.70	1.8	3.37
04/18/2005	WSW	1.26	1.16	1.89	2.40
04/19/2005	WSW	2.63	2.41	1.66	4.41
04/20/2005	SW	1.61	1.48	1.84	2.99
04/21/2005	WSW	1.52	1.40	1.85	2.84
04/22/2005	SSW	1.85	1.70	1.8	3.37
04/23/2005	SSW	2.93	2.69	1.62	4.79
04/24/2005	SSW	2.62	2.41	1.66	4.39
04/25/2005	S	2.64	2.42	1.66	4.43
04/26/2005	SE	2.96	2.72	1.61	4.82
04/27/2005	ENE	2.98	2.74	1.61	4.86
04/28/2005	E	3.46	3.18	1.55	5.42
04/29/2005	ENE	2.75	2.53	1.63	4.53
04/30/2005	SSE	2.39	2.20	1.69	4.08

April

3.3. Hindcasting Gelombang

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 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum berasal dari arah tenggara. Hal ini disebabkan gelombang dari arah tenggara mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar. Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan: $y = -3.742x^2 + 7.688x + 0.346$ (persamaan didapat menggunakan trendline di program MS. Excel).

Untuk arah Tenggara Potongan 1:

Tinggi Gelombang (H) = 1.2303 meter

Periode Gelombang (T) = $-3.742 Ho^2 + 7.688 Ho + 0.346 = 4.1405$ detik

3.4. Analisa Transformasi Gelombang

Dalam analisa transformasi gelombang ini menggunakan data sekunder dimana:

$H_o = 1.2303$

$T = 4.1405$

Data tersebut digunakan sebagai dasar perbandingan Transformasi gelombang dititik yang ada di lokasi Pantai Paal, Likupang Timur, Minahasa Utara.

3.4.1 Analisa Transformasi pada STA 0 + 000

Perhitungan Koefisien Refraksi (Kr)

Langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi :

- Tentukan sudut datang gelombang (α)
 - Sudut datang gelombang (α) = 45°
 - Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan
 - Kedalaman diambil mulai dari -10 m sampai -0.5 m
 - Tentukan tinggi dan periode gelombang rencana (yang paling maksimum dari arah tinjauan)
- Perhitungan panjang gelombang

$$L_0 = 1.56T^2, \text{ dimana : } \begin{matrix} L_0 = \text{panjang gelombang laut dalam} \\ T = \text{periode gelombang laut dalam} \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} L_0 &= 1.56 \times 4,141^2 \\ &= 26,744 \\ d/L_0 &= 10 / 26.744 \\ &= 0,3739 \end{aligned}$$

Cari nilai d/l untuk nilai $d/L_0 = 0,3739$ (dikarenakan dalam tabel tidak ada, maka dilakukan interpolasi),

Tabel 3. Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang dari Masing-masing *Fetch* berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2005 – 2014 (Sumber: Chandrika Mulyabakti, 2016)

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		U	TL	T	TG	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0.108	0.144	0	0.257	TG	0.257
	T (det)	1.184	1.317	0	2.292		2.292
FEBRUARI	H (m)	0.113	0.136	0.281	0.266	T	0.281
	T (det)	1.205	1.297	2.389	2.330		2.389
MARET	H (m)	0.112	0.113	0.389	0.254	T	0.389
	T (det)	1.136	1.235	2.772	2.280		2.772
APRIL	H (m)	0.094	0.111	0.485	0.394	T	0.485
	T (det)	1.139	1.230	3.068	2.787		3.068
MEI	H (m)	0	0	0.404	0.537	TG	0.537
	T (det)	0	0	2.820	3.213		3.213
JUNI	H (m)	0	0	0.359	1.165	TG	1.165
	T (det)	0	0	2.674	4.583		4.583
JULI	H (m)	0	0	0	1.230	TG	1.230
	T (det)	0	0	0	4.698		4.698
AGUSTUS	H (m)	0	0	0	0.733	TG	0.733
	T (det)	0	0	0	3.706		3.706
SEPTEMBER	H (m)	0	0	0	0.853	TG	0.853
	T (det)	0	0	0	3.973		3.973
OKTOBER	H (m)	0	0	0.567	0.571	TG	0.571
	T (det)	0	0	3.294	3.305		3.305
NOVEMBER	H (m)	0.079	0	0.425	0.335	T	0.425
	T (det)	1.015	0	2.888	2.588		2.888
DESEMBER	H (m)	0.095	0.106	0.248	0.297	TG	0.297
	T (det)	1.139	1.214	2.257	2.451		2.451
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.113	0.144	0.567	1.230	TG	1.230
	T (det)	1.205	1.317	3.294	4.698		4.698

Tabel 4. Interpolasi Nilai d/L_0

d	d/L0	d/L	n
1	2	3	4
	0.3730	0.3794	0.54050
	0.3731	0.37949	0.54047
	0.3732	0.37959	0.54044
10	0.3733	0.37968	0.54041
	0.3734	0.37978	0.54038
	0.3735	0.37987	0.54035
	0.3736	0.37996	0.54032
	0.3737	0.38006	0.54029
	0.3738	0.38015	0.54026
	0.3739	0.38025	0.54023
	0.3740	0.38034	0.54020

(Sumber: Hasil Analisis 2024)

didapat nilai:

$$d/L = 0.38025$$

$$n = 0.54023$$

$$L = 26,299$$

Cepat Rembat Gelombang:

$$\begin{aligned} Co &= Lo/T \\ &= 26,744/ 4,141 \\ &= 6,459 \text{ m/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= L/T \\ &= 26,299/ 4,141 \\ &= 6,352 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{Co} \times \sin \alpha$$

$$= \frac{6,352}{6,459} \times \sin \alpha$$

$$= 0,695$$

$$\alpha = 44,053^\circ$$

Tentukan Nilai Koefisien Refraksi (Kr)

$$\begin{aligned} Kr &= \frac{\sqrt{\cos \alpha_0}}{\cos \alpha} \\ &= \frac{\sqrt{\cos 45}}{\cos 44,053} \\ &= 1,011 \end{aligned}$$

Tabel 5. Perhitungan Refraksi Untuk Arah Tenggara

α_0	d	Ho	T	Lo	d/Lo	d/L
45	10	1,230	4,141	26,744	0,3739	0,38025
44,0531	8	1,170	4,218	27,757	0,2882	0,30154
41,6523	5	1,075	4,286	28,661	0,1745	0,20374
34,6868	2	0,984	4,288	28,680	0,0697	0,11359
20,4486	1	1,209	4,172	27,149	0,0368	0,07937
9,3309	0,5	2,082	4,000	24,960	0,0200	0,05763

L	Co	C	sin a	a	cos a0/cos a	Kr
26,299	6,459	6,352	0,695	44,053	1,021	1,011
26,531	6,580	6,290	0,665	41,652	1,058	1,028
24,542	6,687	5,726	0,569	34,687	1,201	1,096
17,607	6,689	4,106	0,349	20,449	1,696	1,302
12,600	6,508	3,020	0,162	9,331	2,192	1,480
8,676	6,240	2,169	0,056	3,231	2,888	1,699

Perhitungan Koefisien Shoaling (Ks)

Koefisien Pendangkalan :

$$Ks = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{nL}}$$

Dimana n_0 = (di laut dalam) 0,5 ; L_0 = 26,744 m

Dari tabel perhitungan shoaling untuk nilai $d/Lo = 0,3739$ diperoleh nilai $n = 0.54023$

$$Ks = \frac{\sqrt{0,5 \times 26,744}}{0,54023 \times 26,299}$$

$$Ks = 0,9412$$

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

$$H = Ho \times Kr \times Ks = 1,2303 \times 1,0107 \times 0,9412 = 1,1704$$

Selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 6.

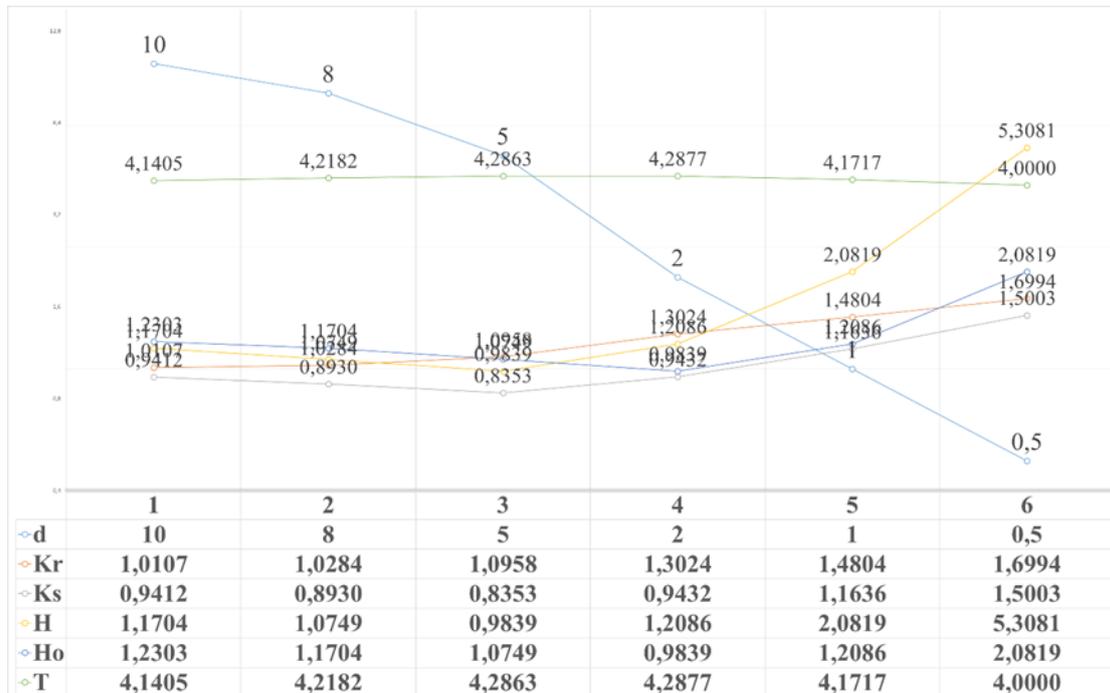
Tabel 6. Perhitungan Shoaling untuk Arah Tenggara

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
26,744	0,374	0,380	26,299	0,500	0,540	1,011	0,941	1,170
27,757	0,288	0,302	26,531	0,500	0,586	1,028	0,893	1,075
28,661	0,174	0,204	24,542	0,500	0,699	1,096	0,835	0,984
28,680	0,070	0,114	17,607	0,500	0,864	1,302	0,943	1,209
27,149	0,037	0,079	12,600	0,500	0,926	1,480	1,164	2,082
24,960	0,020	0,058	8,676	0,500	0,959	1,699	1,500	5,308

Berikut hasil analisa mengenai transformasi gelombang untuk proses refraksi (Kr) dan proses shoaling (Ks) pada STA 0 + 000.

Tabel 7. STA 0 + 000 untuk Arah Tenggara

d	Kr	Ks	H	Ho	T
10	1,0107	0,9412	1,1704	1,2303	4,1405
8	1,0284	0,8930	1,0749	1,1704	4,2182
5	1,0958	0,8353	0,9839	1,0749	4,2863
2	1,3024	0,9432	1,2086	0,9839	4,2877
1	1,4804	1,1636	2,0819	1,2086	4,1717
0,5	1,6994	1,5003	5,3081	2,0819	4,0000



Gambar 4. Grafik Analisis pada STA 0 + 000

Pada grafik diatas menunjukkan bagaimana Transformasi atau perubahan gelombang yang terjadi di lokasi yang ditinjau berdasarkan pada pengaruh kedalaman. Berikut penjelasan tentang grafik di atas:

1. Pada proses Refraksi (Kr) di STA 0 + 000, Gelombang mengalami perubahan arah karena pengaruh kedalaman dasar laut. Nilai Kr yang konstan menunjukkan perubahan arah yang konsisten.
2. Pada proses Shoaling (Ks), pada STA 0 + 000, saat gelombang mendekati pantai atau area yang lebih dangkal, gelombang merambat dan tinggi gelombang meningkat, yang terlihat pada peningkatan nilai Ks dan H pada kedalaman 0,5 m.
3. Pada tinggi gelombang (H, Ho) untuk STA 0 + 000, menunjukkan tinggi gelombang yang sama, peningkatan tinggi gelombang hanya terjadi pada area yang dangkal atau pada kedalaman (d) 2 m dan puncaknya pada kedalaman (d) 0,5 m.
4. Periode gelombang (T) pada STA 0 + 000, menunjukkan kondisi gelombang stabil kecuali pada area yang lebih dangkal yaitu pada kedalaman (d) 0,5 m.

Secara umum, grafik analisa tersebut menunjukkan bahwa pada area yang lebih dangkal mempunyai perubahan yang signifikan karena pengaruh kedalaman.

Perhitungan gelombang pecah pada STA 0 + 000

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

Tentukan nilai H'o dan Hb pada kedalaman 10 m

Diketahui :

Ho = 1,230 m

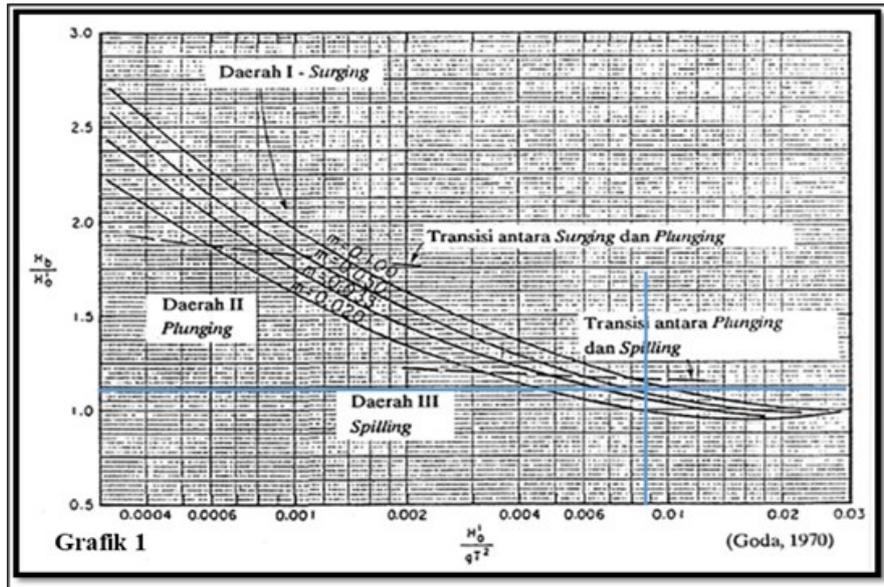
T = 4,141 detik

$H = 1,1704 \text{ m}$
 $K_s = 0,9412$
 $d/L_o = 0,3739$
 maka
 $H'o = H_o/K_s = 1,230 / 0,9412 = 1,3071$
 $H'o/gT^2 = 1,3071 / 9,81 \times 4,141 = 0,0078$

Nilai Hb didapat dari hasil plot antara nilai H'o/gT² dan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah, Bambang Triatmodjo, 'Teknik Pantai'.

Plot pada grafik untuk kedalaman 10 m :

$H'o/gT^2 = 0,0078$ dan $m = 0.0618$



Gambar 5. Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah Pada Kedalaman 10 m
(Sumber : Triatmodjo B, "Pelabuhan")

$H_b/H'o = 1.18$
 $H_b = 1,18 \times H'o$
 $= 1,18 \times 1,3071$
 $= 1,542 \text{ m}$

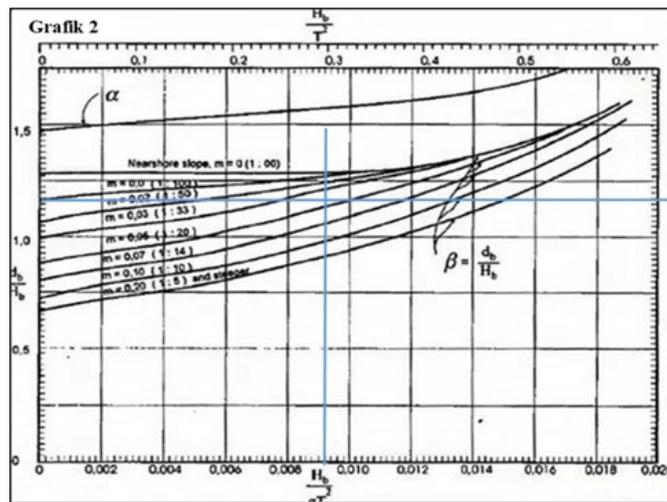
Tabel 8. Perhitungan Gelombang Pecah Untuk Potongan Arah Tenggara

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
1,3071	0,0078	0,0618	1,18	1,542
1,3105	0,0075	0,0613	1,20	1,573
1,2868	0,0071	0,0597	1,22	1,570
1,0432	0,0058	0,0580	1,28	1,335
1,0386	0,0061	0,0575	1,26	1,309
1,3877	0,0088	0,0575	1,18	1,638

Untuk nilai db didapat dari hasil plot Hb/gT² dan kemiringan (m) pada grafik (Gambar 6)

Plot pada grafik : $H_b/gT^2 = 0,0092$ dan $m = 0,0618$

$db/H_b = 1,18$
 $db = 1,18 \times H_b$
 $= 1,18 \times 1,542$
 $= 1,812 \text{ m}$



Gambar 6. Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah Pada kedalaman 10 m (Sumber : Triatmodjo B, “Pelabuhan”)

Tabel 9. Gelombang Pecah Pada Kedalaman (db) untuk arah Tenggara

Hb/gT2	m	db/Hb	db
0.0092	0.0618	1,18	1,812
0.0090	0.0613	1,15	1,809
0.0087	0.0597	1,18	1,845
0.0074	0.0580	1,13	1,502
0.0077	0.0575	1,13	1,472
0.0104	0.0575	1,20	1,965

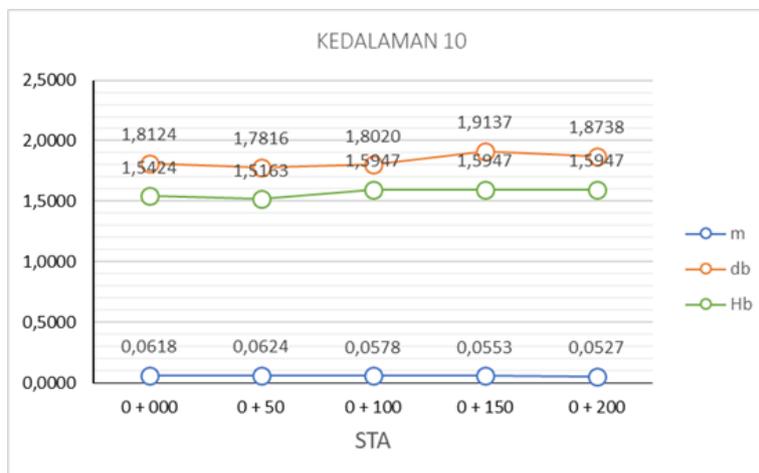
Jadi, Tinggi Gelombang pecah (Hb) pada kedalaman 10 m = 1,542 m
 Gelombang pecah pada kedalaman (db) 10 m = 1,812 m

Analisa gelombang pecah perkedalaman kedalaman (d) 10 m

Berikut adalah hasil analisa gelombang pecah berdasarkan pengaruh kedalaman pada kedalaman 10 m.

Tabel 10. Gelombang Pecah Pada Kedalaman 10 m

STA	m	db	Hb
0 + 000	0,0618	1,8124	1,5424
0 + 50	0,0624	1,7816	1,5163
0 + 100	0,0578	1,8020	1,5947
0 + 150	0,0553	1,9137	1,5947
0 + 200	0,0527	1,8738	1,5947



Gambar 7. Grafik Analisis Gelombang Pecah Pada Kedalaman 10

Dari hasil grafik pada kedalaman 10 m diatas, perbandingan gelombang pecah adalah sebagai berikut.

1. Kedalaman gelombang pecah (db) lebih besar dibanding dengan Tinggi gelombang pecah (Hb).
2. Pada semua stasiun (STA), db selalu lebih besar daripada Hb. Ini adalah karakteristik umum dari gelombang pecah, di mana kedalaman air saat gelombang pecah lebih besar daripada tinggi gelombangnya.
3. STA 0 + 150 memiliki tinggi gelombang pecah pada kedalaman (db) yang paling besar disemua stasiun, yaitu 1,9137 m. Hal ini, dikarenakan pengaruh kedalaman laut. Sedangkan pada tinggi gelombang pecah (Hb) relatif konstan pada STA 0 + 100 hingga STA 0 + 200.
4. pada STA 0 + 000 hingga STA 0 + 100 dimana tinggi gelombang (Hb) meningkat lebih cepat dibandingkan kedalaman gelombang pecah db.
5. Dari stasiun 0 + 150 hingga stasiun 0 + 200, db dan Hb menunjukkan stabilitas. Perbedaan antara db dan Hb menjadi relatif konstan, menunjukkan bahwa gelombang telah mencapai ketinggian maksimum dan stabilitas dalam proses pecah
6. Untuk nilai m, atau kemiringan dasar laut, memiliki pengaruh kecil terhadap transformasi gelombang di kedalaman ini.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis serta berdasarkan data sekunder yang digunakan, perbandingan Transformasi gelombang yang terjadi dipantai Paal, Likupang, Minahasa Utara, Hanya pada Tinggi gelombang pecah (Hb) dan Gelombang Pecah pada kedalaman (db) yang memiliki perbandingan akibat dari pengaruh kemiringan dan kedalaman laut yang ada di Lima titik STA. Kedalaman 0,5 m pada semua stasiun (STA) merupakan puncak dalam gelombang pecah, karena memiliki ketinggian dan kedalaman gelombang pecah yang paling besar dibanding kedalaman 10 m sampai 1 m. Tinggi gelombang pecah (Hb) yaitu 1,6653 m, sedangkan kedalaman gelombang pecah (db) yaitu 2,0399 m pada kedalaman 0,5 m disemua stasiun (STA).

Untuk proses – proses Transformasi Gelombang seperti Refraksi, Shoaling, Tinggi gelombang signifikan (H), dan Periode gelombang signifikan (T), dari hasil analisis berdasarkan data sekunder, tidak memiliki perbandingan yang terjadi di Lima titik stasiun (STA) yang ditinjau. Karena pengaruh kedalaman dan kontur dasar laut yang tidak jauh berbeda. Sehingga, pada semua stasiun (STA) proses-proses Transformasi gelombang relatif sama dan tidak memiliki perbandingan yang signifikan hanya pada proses Gelombang pecah yang memiliki perbedaan Transformasi gelombang.

Referensi

- Moses Liunsanda, J. D. Mamoto, A. K. T. Dundu, Perencanaan bangunan pengaman pantai di Pantai Pal Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.5 No.9 November 2017 (613-623) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Chandrika Mulyabakti M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto, Analisis karakteristik gelombang dan pasang surut pada daerah pantai paal kecamatan likupang timur kabupaten minahasa utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.4 No.9 September 2016 (585-594) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Agitha P. Kurniawan M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto, Analisis Data Pasang Surut Di Pantai Sindulang Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.5 Mei 2019 (567-574) ISSN: 2337-6732. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Chintia J. Wauran , Jeffry D. Mamoto , M. Ihsan Jasin, Analisis Kerusakan Sistem Wilayah Pantai Likupang Di Kabupaten Minahasa Utara. Volume 21, No. 86, Tahun 2023 p-ISSN: 0215-9617. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Ratna Parauba, M. Ihsan Jasin, Jeffrey. D. Mamoto, Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Di Pantai Niampak Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.4 No.10 Oktober 2016 (595-603) ISSN: 2337-6732. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Isdina Fadila Umpel, Jeffry D. Mamoto, M. Ihsan Jasin, Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Matani Satu, *Jurnal Sipil Statik* Vol.3 No.9 September 2015 (651-661) ISSN: 2337-6732. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Cicilia G. Sumaraw , Jeffry D. Mamoto, Ariestides K. T. Dundu, Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Makatana Kecamatan Likupang Timur. Volume 22, No. 87, Tahun 2024 p-ISSN: 0215-9617. Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi, Manado.

Faron V. H. Sumampouw, Arthur H. Thambas, M. Ihsan Jasin, Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat. Volume 21, No. 85, Tahun 2023 p-ISSN: 0215-9617. Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi, Manado.

Injilia Christy Mamanua, Tommy Jansen, A. K. T. Dundu, Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Pada Daerah Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus 2017 (335-344) ISSN: 2337-6732. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.

Triatmodjo, B. 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.