

Studi Transformasi Gelombang di daerah Pantai Malalayang

Study of Wave Transformation In Malalayang Coast Area

Raymond Jacson Georgen¹, Isria Miharti Maherni Putri², Muhamad Lukman Subangi³

Herol⁴, Retno Fitri Astuti⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

⁵Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹raymondjgubp@pelitabangsa.ac.id*, ²isriamiharti@pelitabangsa.ac.id, ³lukmansubangi@pelitabangsa.ac.id,

⁴herol@pelitabangsa.ac.id, ⁵retnofitri@pelitabangsa.ac.id

Abstract

Malalayang coast has become one of the favorite tourist destinations in the province of north sulawesi. According to the observation, malalayang coast has undergone physical changes (damage) in the coast area. Therefore, it is necessary to study the waves characteristics in malalayang coast by using physical modeling, in order to discover the dynamics process that causes erosion or changes in the coastline. However, physical modeling is very expensive and requires a large area of space. To answer these problems, one method that can be used to calculate and to visualize the wave characteristics close to real conditions is to use SMS software, especially by using the CGWAVE module. This study aimed to attain information about the wave transformation process that occurs in the coast of malalayang, so that the results can be used to develop and to secure the coast area. The research methods used in this study were using the CGWAVE module software and also using the manual method (analytically and graphically) as a validation technique. The results of this research indicates that the simulation wave propagation with north direction as the dominant direction, at a significant wave height $H=0.26m$ and the period $T=3.2s$, produces waves with a height between $0.016m$ to $1.46m$. Afterward, the results of waves direction visualization in all segments has produce the same pattern, that is north direction, especially in the deep sea area. However, the waves direction changed (turns) when the depth changes or passes obstacles, specifically when the waves pass through shallow waters.

Keywords: *Wave, Refraction, Diffraction, CGWAVE, Malalayang Coast*

Abstrak

Pesisir pantai malalayang telah menjadi salah satu destinasi wisata favorit di provinsi sulawesi utara. Menurut pengamatan, pantai malalayang telah mengalami perubahan fisik (kerusakan) pada daerah pesisir pantai. Oleh karena itu, diperlukan suatu studi mengenai karakteristik gelombang di pantai malalayang dengan menggunakan pemodelan fisik, agar dapat diketahui proses dinamika penyebab terjadinya erosi atau perubahan garis pantai tersebut. Akan tetapi, pemodelan secara fisik membutuhkan biaya yang sangat mahal dan membutuhkan tempat yang luas. Untuk menjawab kendala-kendala tersebut, salah satu cara untuk menghitung serta memvisualisasikan karakteristik gelombang mendekati kondisi nyata (*real*) adalah dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) SMS, khususnya dengan menggunakan modul CGWAVE. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai proses transformasi gelombang yang terjadi di pantai malalayang, sehingga hasilnya dapat digunakan untuk pengembangan dan pengamanan daerah pantai tersebut. Metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan perangkat lunak modul CGWAVE dan dengan menggunakan metode manual (secara analitis dan grafis) sebagai metode validasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi perambatan gelombang dengan arah utara sebagai arah gelombang dominan, pada ketinggian gelombang signifikan $H = 0,26$ m dan periode $T=3,2$ detik, menghasilkan tinggi gelombang antara $0,016m - 1,46m$. Kemudian, hasil visualisasi arah vektor gelombang pada semua segmen menghasilkan pola yang sama, yaitu ke arah utara, khususnya saat gelombang di daerah perairan laut dalam. Akan tetapi, arah gelombang menjadi berubah (berbelok) saat kedalaman laut berubah atau saat melewati rintangan, terutama pada saat gelombang melewati perairan laut dangkal.

Kata kunci: Gelombang, Refraksi, Difraksi, CGWAVE, Pantai Malalayang

Pendahuluan

Pesisir pantai malalayang telah menjadi salah satu destinasi wisata favorit di provinsi sulawesi utara. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perekonomian, pantai tersebut telah menjadi suatu kawasan bisnis yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di sekitarnya [1]. Kondisi topografi pesisir pantai malalayang bersisian dengan jalan provinsi yang membuat aktivitas kegiatan di pantai tersebut semakin meningkat [2]. Peningkatan pemanfaatan daerah pantai malalayang diikuti juga dengan meningkatnya masalah terhadap pantai, seperti mundurnya garis pantai akibat erosi yang disebabkan oleh gelombang dan berdampak bagi pemukiman dipesisir pantai tersebut. Menurut pengamatan di lapangan, pantai malalayang telah mengalami perubahan fisik (kerusakan) pada daerah pesisir pantai [3].

Gelombang laut merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi morfologi pantai, sehingga menyebabkan erosi dan maju atau mundurnya garis pantai tersebut [4]. Gelombang yang mengarah ke pantai akan mengalami proses refraksi dan difraksi sehingga dapat menyebabkan perubahan garis pantai [5]. Berdasarkan dari teori tersebut, maka diperlukan suatu studi atau kajian mengenai karakteristik gelombang di pantai malalayang, agar dapat diketahui proses dinamika yang menyebabkan terjadinya erosi atau perubahan garis pantai tersebut, sehingga hasilnya dapat digunakan untuk pengembangan dan pengamanan daerah pantai tersebut [6]. Untuk mengetahui proses transformasi atau deformasi gelombang di pesisir pantai malayang diperlukan pemodelan secara fisik agar dapat diketahui secara akurat proses dinamika gelombang dipantai tersebut. Akan tetapi, pemodelan secara fisik (prototipe pantai) membutuhkan biaya yang sangat mahal karena untuk setiap satu perencanaan pengamanan atau pengembangan pantai membutuhkan model yang berbeda-beda dan membutuhkan tempat atau ruangan yang sangat luas (laboratorium pantai) [7].

Oleh karena itu, diperlukan pemodelan gelombang yang dapat menggambarkan proses perubahan bentuk (transformasi) gelombang laut mendekati kondisi nyata (*real*) atau mendekati kondisi model fisik [8]. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) yang merupakan alat bantu pemodelan secara matematis yang dapat menghitung serta memvisualisasikan karakteristik gelombang mendekati kondisi aslinya atau kondisi nyata (*real*). Salah satu perangkat lunak yang dapat melakukan hal tersebut adalah *software* SMS [9]. Perangkat lunak tersebut mempunyai berbagai macam modul, akan tetapi yang akan digunakan untuk memodelkan proses transformasi gelombang pada penelitian ini yaitu modul CG-WAVE.

Beberapa penelitian sebelumnya di lokasi pantai malalayang, membahas tentang pengembangan wisata maritim [1], morfometri lereng [10], topografi dasar perairan [11] dan pemetaan batimetri pantai malalayang [12]. Akan tetapi, belum pernah dilakukan penelitian mengenai pemodelan proses transformasi atau deformasi gelombang, sehingga diketahui secara lebih akurat proses dinamika pantai yang pada kenyataannya lebih dinamis, berdasarkan waktu dan tidak bersifat statis. Kemudian, penelitian sebelumnya mengenai transformasi gelombang, hanya menggunakan metode perhitungan yang bersifat analitis dan dilakukan pada lokasi yang berbeda dengan lokasi pada penelitian ini [3]. Oleh karena itu, dengan adanya penelitian ini maka dapat diketahui secara lebih akurat dan mendekati nyata (*real*) proses perubahan bentuk gelombang yang dapat menyebabkan terjadinya erosi atau perubahan garis pantai, sehingga kedepannya hasil penelitian ini dapat digunakan untuk perencanaan pengamanan dan pengembangan daerah pantai malalayang.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kasus, di mana merupakan penelitian yang terpusat pada suatu permasalahan secara intensif dan mendetail yang umumnya dapat menghasilkan gambaran yaitu pengumpulan dan analisis data dalam suatu jangka waktu [13]. Analisa data dilakukan dengan pendekatan metode kuantitatif [14], merupakan metode penelitian yang menggunakan data berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik atau model.

Tempat Penelitian

Lokasi penelitian ini mengambil tempat daerah dekat pantai (*nearshore*) malalayang, manado, sulawesi utara, seperti yang ditampilkan pada gambar 1. Garis pantai malalayang bersisian dengan jalan provinsi trans sulawesi yang menghubungkan provinsi sulawesi utara dengan provinsi lainnya. Panjang garis pantai yang ditinjau pada penelitian ini adalah sekitar 1 km yang memanjang dari barat dengan koordinat $124^{\circ}48'3,93''E/1^{\circ}27'36,23''N$, sampai dengan ke arah timur dengan koordinat $124^{\circ}46'36,85E/1^{\circ}27'34,31''N$ [2].



Gambar 1 [15] Pantai Malalayang

Objek Penelitian

Objek Penelitian ini adalah gelombang pada perairan laut dalam, dangkal dan transisi pantai malalayang, Manado.

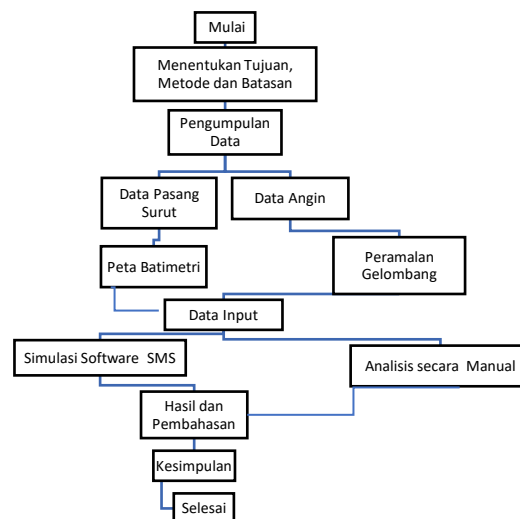
Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Kayuwatu, Manado [16]. Kemudian, untuk data batimetri diperoleh dari pengukuran langsung yang dilakukan oleh P.T Transka Dharma Konsultan. Dan yang terakhir, untuk data pasang surut diambil dari penelitian sebelumnya [11], dengan hasil analisis, yaitu : nilai MSL=1,397m, HHWL=2,65m, LLWL=0,27m dan tunggang pasut=2,38m.

Metode Pemodelan Gelombang

Pemodelan perambatan gelombang pada penelitian ini menggunakan *software Surface water Modelling System (SMS)* versi 10.0, terlebih khusus dengan menggunakan modul *CG-Wave (Coastal surface water Wave)*. Penelitian ini menggunakan modul *GWAVE*, disebabkan karena modul tersebut dapat memprediksi perambatan atau penjalaran gelombang linier melewati daerah dengan kondisi batimetri yang tidak beraturan, yang tentunya sangat sesuai dengan kondisi kontur bawah laut pantai Malalayang.

Bagan Alir Penelitian

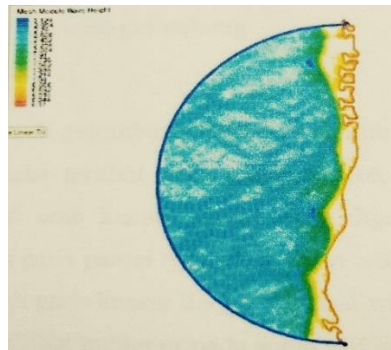


Gambar 2 Diagram Alir Penelitian [2]

Hasil dan Pembahasan

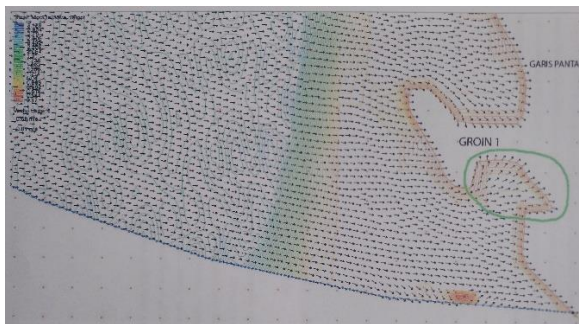
Hasil Simulasi Pemodelan Gelombang

Hasil simulasi pemodelan gelombang menggunakan perangkat lunak Surface-water Modelling System (SMS) 10.0, khususnya dengan menggunakan modul CG-Wave. Daerah domain yang dijadikan objek simulasi pemodelan gelombang dengan luas sekitar 100 ha dan panjang garis pantai sekitar 1 km. Hasil simulasi modul CG-WAVE memvisualisasikan daerah domain pantai malalayang yang ditinjau secara keseluruhan yang berbentuk setengah lingkaran (semi-circular), seperti yang diperlihatkan pada gambar 3 [2].

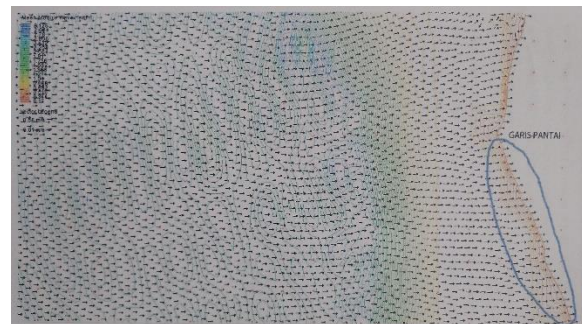


Gambar 3 Daerah domain Pemodelan [2]

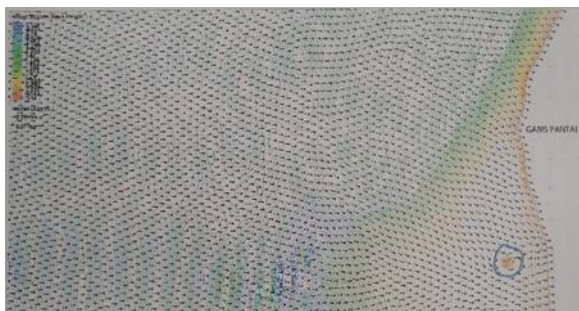
Kemudian, setelah itu dilakukan pembagian segmen atau pembagian area domain yang ditinjau dengan jarak pembagian segmen masing-masing sekitar 100 meter. Pembagian segmen dilakukan agar hasil penggambaran vektor dari pengaruh refraksi dan difraksi semakin terlihat dengan jelas. Hasil pembagian domain area yang ditinjau menghasilkan 10 segmen dan hasil visualisasi pada setiap segmen diperlihatkan pada gambar 4 sampai dengan gambar 13 [2]. Perbedaan warna atau gradasi warna pada gambar-gambar tersebut menunjukkan perbedaan kedalaman laut sebelum simulasi *software* dilakukan, dimulai dari laut dalam (warna biru tua) sampai ke kedalaman laut dangkal (warna oranye). Akan tetapi, setelah simulasi *software* dilakukan maka perbedaan warna atau gradasi warna akan berubah menjadi indikator ketinggian gelombang.



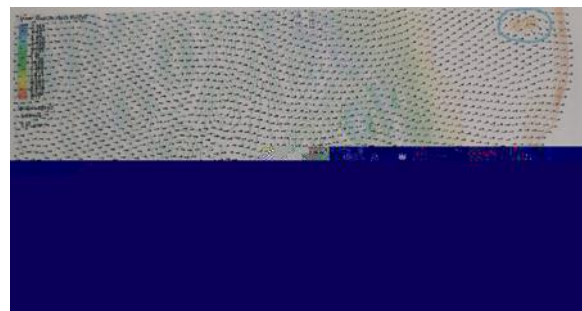
Gambar 4 Segmen 1 [2]



Gambar 5 Segmen 2 [2]



Gambar 6 Segmen 3 [2]



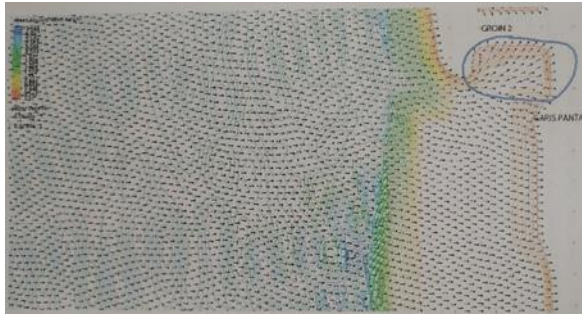
Gambar 7 Segmen 4 [2]



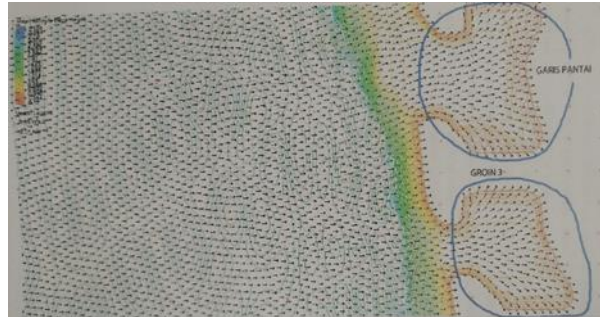
Gambar 8 Segmen 5 [2]



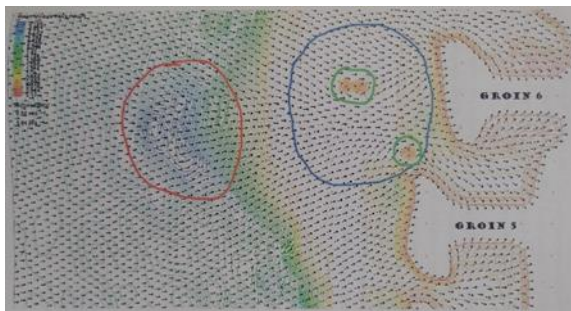
Gambar 9 Segmen 6 [2]



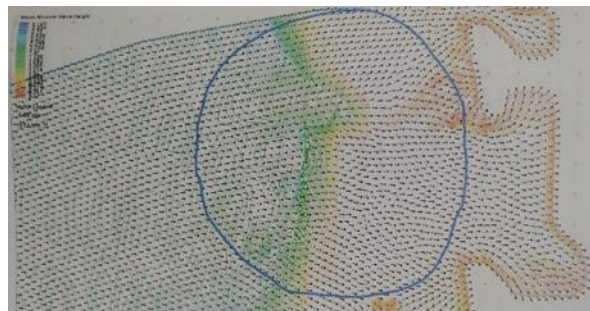
Gambar 10 Segmen 7 [2]



Gambar 11 Segmen 8 [2]

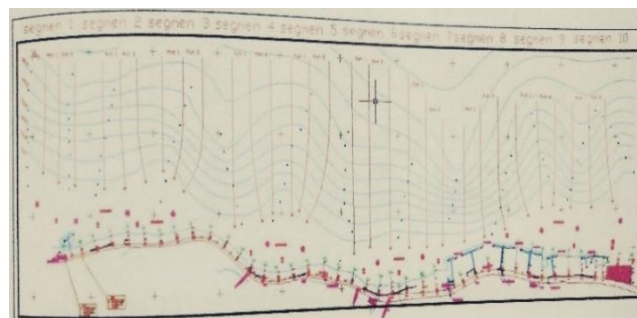


Gambar 12 Segmen 9 [2]



Gambar 13 Segmen 10 [2]

Dari hasil simulasi penjarangan gelombang dengan arah datang gelombang dari arah dominan, yaitu arah utara dengan $H = 0,26$ m dan periode $T=3,2$ detik, maka diperoleh tinggi gelombang $0,016\text{m} - 1,46$ m. Hasil simulasi tersebut telah mempertimbangkan faktor ketinggian gelombang akibat pasang surut. Hasil visualisasi pemodelan tinggi gelombang memperlihatkan tidak ada perubahan tinggi gelombang terutama saat gelombang melewati perairan laut dalam, akan tetapi tinggi gelombang mengalami perubahan saat melewati perairan laut dangkal dan transisi. Perubahan tinggi gelombang di daerah laut dangkal dan transisi disebabkan oleh karena pendangkalan dengan kontur yang tidak beraturan atau karena gelombang melewati rintangan. Demikian pula dengan arah gelombang, hasil visualisasi vektor gelombang menghasilkan pola yang sama, khususnya saat gelombang di daerah perairan laut dalam, yaitu mengikuti arah datang gelombang. Akan tetapi arah gelombang berubah (berbelok) saat melewati rintangan terutama pada saat gelombang melewati perairan laut dangkal [2]. Fenomena perubahan arah gelombang akibat pendangkalan kedalaman atau karena kontur bawah laut (refraksi), terlihat lebih jelas pada gambar 6, 8, 11, 12 dan 13. Sedangkan fenomena perubahan arah gelombang akibat gelombang melewati ujung atau celah bangunan pantai (difraksi), terlihat jelas pada gambar 4, 10, 11, 12 dan 13.



Gambar 14 Pembagian potongan tiap segmen [2]

Hasil Perhitungan Manual Gelombang

Pada penelitian ini menggunakan validasi pemodelan modul CG-WAVE pada software SMS, dengan membandingkan hasil pemodelan modul CG-WAVE dengan hasil perhitungan manual, yang perhitungannya dilakukan baik secara analitis maupun grafis. Validasi pemodelan dimaksudkan untuk

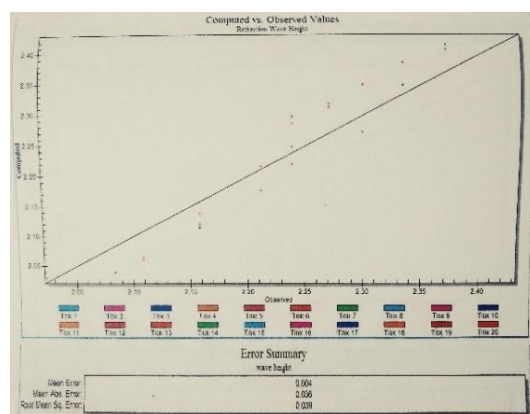
menghindari terjadinya kesalahan atau kekeliruan input data pada modul CG-WAVE. Proses perhitungan secara grafis dilakukan metode orthogonal gelombang, yaitu dengan membagi potongan dua bagian pada setiap segmen, seperti yang diperlihatkan pada gambar 14 [2].

Tabel 1 Tabel Hasil Analisa Metode Pemodelan dan Metode Manual [2]

Segmen/ Bagian	Potongan	Titik Koordinat		Perbandingan Hasil				Tingkat Kesalahan	Perbedaan arah
				Pemodelan		Manual			
		X	Y	Tinggi (m)	Arah (°)	Tinggi (m)	Arah (°)	Error (%)	Derajat (°)
1	1	874,236	186,867	0,236	10,5	0,247	8	4,457	2,5
	2	763,472	237,456	0,218	2,1	0,224	1	2,637	1,1
2	1	770,688	380,710	0,214	5,1	0,221	3	3,272	2,1
	2	753,864	448,552	0,224	-2,4	0,233	-1	3,969	1,4
3	1	758,417	585,666	0,223	17,7	0,233	15	4,398	2,7
	2	835,246	662,083	0,216	19,5	0,224	18	3,530	1,5
4	1	863,151	772,526	0,217	-3,0	0,221	-1	1,916	2,0
	2	838,081	853,033	0,221	-17,2	0,227	-16	2,648	1,2
5	1	848,371	987,950	0,225	-9,7	0,233	-8	3,541	1,7
	2	898,347	1057,002	0,211	-19,2	0,216	-17	2,265	2,2
6	1	935,670	1161,259	0,217	5,6	0,224	3	3,083	2,6
	2	924,909	1232,262	0,225	-5,3	0,230	-3	2,123	2,3
7	1	914,677	1370,683	0,229	2,6	0,233	1	1,826	1,6
	2	921,639	1457,691	0,218	-1,9	0,224	0	2,637	1,9
8	1	917,936	1562,100	0,228	2,3	0,233	1	2,254	1,3
	2	887,615	1668,276	0,211	-13,3	0,221	-11	4,628	2,3
9	1	849,139	1760,506	0,2	-15,5	0,206	-13	3,035	2,5
	2	800,663	1883,515	0,225	16,2	0,230	15	2,123	1,2
10	1	833,517	1947,815	0,211	4,3	0,216	2	2,265	2,3
	2	851,840	2003,839	0,19	-10,4	0,200	-12	4,874	1,6

Kemudian setelah itu, hasil dari perhitungan secara manual dimasukkan ke dalam bentuk tabel bersamaan dengan hasil pemodelan modul CG-WAVE, seperti yang diperlihatkan pada tabel 1. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada tabel tersebut, perbedaan tinggi gelombang antara hasil pemodelan dan hasil perhitungan manual tidak mempunyai selisih yang signifikan, hanya terdapat prosentase kesalahan (error) yang masih dalam taraf normal/wajar yaitu dibawah 5%. Dengan demikian, tingkat keandalan hasil pemodelan tinggi gelombang dengan menggunakan modul CG-WAVE sebesar 95%, yang berarti bahwa tidak terdapat kesalahan proses input parameter dan pengaturan modul CG-WAVE saat sebelum melakukan simulasi. Hal tersebut juga berlaku dengan arah gelombang, yang dimana antaran arah gelombang pemodelan dan arah gelombang metode manual tidak terlalu mengalami selisih arah yang terlalu besar atau signifikan, hanya berbeda 1 sampai dengan 2,5 derajat [2].

Perbedaan hasil tinggi gelombang dan arah gelombang antara hasil simulasi model dan perhitungan manual adalah karena perhitungan dengan menggunakan model SMS (CGWAVE) merupakan kombinasi refraksi-difraksi gelombang, gelombang pecah, penyebaran amplitude gelombang non-linier, alur bangunan pantai, dan melakukan fungsi elevasi permukaan gelombang. Sedangkan dengan metode analisis mengkombinasikan refraksi, difraksi, shoaling, dan gelombang pecah, yang sifatnya gelombang linier.



Gambar 15 Grafik Hubungan Linier Metode Pemodelan dan Metode Manual [2]

Kemudian yang terakhir, hasil perbandingan antara kedua metode yaitu dengan menggunakan metode pemodelan dengan modul CGWAVE (*computed*) dan metode perhitungan secara manual (*observed*) dibandingkan secara grafik atau diagram titik (pencar), dalam bentuk hubungan linier, seperti yang diperlihatkan pada gambar 15 [2]. Keseluruhan titik diagram pencar (20 titik potongan) akan mempunyai deviasi nilai pada setiap titik koordinat terhadap persamaan garis lurus.

Kesimpulan

Dari penelitian ini diketahui bahwa secara umum gelombang di perairan pantai malalayang didominasi oleh gelombang dari arah utara. Hasil simulasi pemodelan *software* SMS menunjukkan bahwa penjalaran gelombang dengan arah datang gelombang dari arah dominan yaitu arah utara, pada ketinggian gelombang signifikan $H = 0,26$ m dan periode $T=3,2$ detik, maka diperoleh tinggi gelombang $0,016\text{m} - 1,46$ m. Sedangkan untuk arah gelombang, hasil visualisasi vektor gelombang menghasilkan pola yang sama khususnya saat gelombang di daerah perairan laut dalam, yaitu mengikuti arah datang gelombang, akan tetapi arah gelombang berubah (berbelok) saat pendangkalan kedalaman akibat kontur bawah laut maupun saat melewati rintangan terutama pada saat gelombang melewati perairan laut dangkal. Berdasarkan hasil yang diperoleh, perbedaan tinggi gelombang antara hasil pemodelan dan hasil perhitungan manual hanya terdapat prosentase kesalahan (*error*) yang masih dalam taraf normal/wajar yaitu dibawah 5%. Tingkat keandalan hasil pemodelan tinggi gelombang dengan menggunakan modul CG-WAVE sebesar 95% dapat dikatakan sangat tinggi dan hasilnya dapat dipercaya (diandalkan). Dengan demikian, penggunaan *software* SMS pada modul CGWAVE, dapat dijadikan salah satu alternatif solusi dalam menggantikan pemodelan secara fisik yang mahal dan membutuhkan ruangan yang besar/luas.

Ucapan Terima Kasih

1. Terima kasih kepada P.T Transka Dharma Konsultan untuk data peta bathimetri.
2. Terima kasih kepada Bapak P.K.B.Assa,ST,M.Sc,Ph.D dan Bapak Ir.N.Tangkudung,DEA untuk bimbingannya selama proses penelitian.
3. Terima kasih kepada universitas pelita bangsa yang telah mengizinkan artikel ini diikutkan dalam seminar fitek nasional.

Daftar Rujukan

- [1] Fitridamayanti, dkk. "Strategi Pengembangan Wisata Bahari Pantai Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara". Available : <https://doi.org/10.35791/agrsosek.13.1A.2017.16180>. 2017
- [2] Raymond J.G. "Tinjauan refraksi dan difraksi gelombang di daerah *nearshore* pantai malalayang". *Skrripsi. Universitas Sam Ratulangi*. 2010.
- [3] Lukas Gerrits, dkk. "Analisis Kinerja Gelombang Di Pantai Malalayang II". *Fakultas teknik sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado*. 2020.
- [4] Triatmodjo, B. "Teknik Pantai". *Penerbit : Beta Offset. Yogyakarta*. 1999.
- [5] Yuwono, Nur. "Teknik Pantai". *Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta*.1982.
- [6] Triatmodjo, B. "Rencana Bangunan Pantai. Buku Perencanaan Bangunan Pantai". *DP2M Kemendikbud Republik Indonesia*. 2011.
- [7] Didik Purwantoro. "Model Matematik Refraksi dan Difraksi Dengan Metode Elemen Hingga". *Universitas Negeri Yogyakarta*. 2008.
- [8] Triatmadja, Radiana. "Model Matematik Teknik Pantai". *Gadjah Mada University*.2009
- [9] Aquaveo. "Surface-water Modeling System (SMS) 10.0". *Tutorial CGWAVE Model*. 2011
- [10] Brama Djabar, dkk."Morfometri Lereng Kawasan Sub-Litoral Pantai Malalayang II Kota Manado". Available : <https://doi.org/10.35800/jplt.5.3.2017.17843>. 2017
- [11] Exer Bambulu, dkk. "Rambatan Gelombang Di Pantai Malalayang II". *Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi Manado*. 2017.
- [12] Abdulrahman Lahay, dkk. "Pemetaan Batimetri Pantai Malalayang Dua, Kota Manado". *Jurnal-Pesisir-Dan-Laut-Tropis-2339-1537*.2020
- [13] Subana, M. "Dasar-dasar Penelitian Ilmiah". *Pustaka Setia, Bandung*, 30 hlm. 2001.
- [14] Sugiyono. "Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D". *CV. Alfabeta, Bandung*, 380 hlm. 2006.
- [15] Google Map. Available at : www.Google Earth.com. 2010.
- [16] *Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kayuwatu*. "Data Angin".Manado.2009