



Studi Arus Retas Di Pantai Mahembang, Kecamatan Kakas, Kabupaten Minahasa

Yosua A. Ratu^{#a}, Frederiko M. I. Moningka^{#b}, Arthur H. Thambas^{#c}

[#]Progam Studi Pasca Sarjana Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^ayosua.aditya.ratu@gmail.com, ^bmoningkamarch@gmail.com, ^carthur.thambas@unsrat.ac.id

Abstrak

Pariwisata di Indonesia berkembang sangat pesat. Pesatnya perkembangan wisata pantai diiringi dengan seringnya terjadi beberapa hal bahaya pantai. Diantaranya Arus Retas atau Rip Current. Salah satu wisata alam yang berkembang di Kabupaten Minahasa adalah Pantai Mahembang. Pantai Mahembang terletak di desa Mahembang, Kecamatan Kakas, Kabupaten Minahasa. Sangat penting untuk melakukan penelitian tentang bahaya arus retas di pantai mengingat bahwa itu merupakan bahaya yang signifikan bagi wisatawan dan bahwa keselamatan wisatawan adalah hal yang paling penting dalam pengelolaan kawasan wisata. Pemodelan dimulai dengan perhitungan fetch efektif yang dari hasil penggambaran hanya arah timur laut, timur, tenggara, selatan dan barat daya yang mempunyai panjang fetch. Tahun 2023 didominasi angin arah timur laut dan selatan sehingga dalam pemodelan diambil pada arah timur laut dan selatan. Tinggi gelombang berada di arah timur laut dengan nilai 0.8066 m dan periode gelombang 4.1458 det. Dengan bantuan perangkat lunak MIKE 21, penelitian ini mensimulasikan kondisi hidrodinamika gelombang. Hasil dari validasi perhitungan serta penggambaran batasan daerah penelitian dimasukkan ke dalam MIKE 21 Spectral Wave. Hasil dari pemodelan yang dilakukan oleh MIKE 21 Spectral Wave menunjukkan di Pantai Mahembang tidak terdapat arus retas atau rip current, karena pada pemodelan tidak nampak adanya arah gelombang yang berbalik ke arah laut.

Kata kunci: gelombang, rip current, MIKE 21

1. Pendahuluan

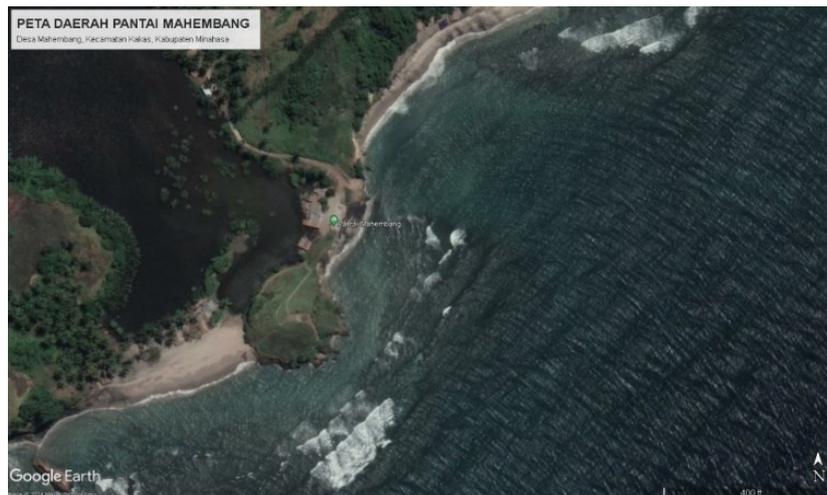
Pariwisata di Indonesia berkembang sangat pesat dan mempunyai masa depan yang cerah. Pariwisata ini dapat dikembangkan menjadi bahan penopang perekonomian negara karena sektor pariwisata di Indonesia merupakan salah satu pendapatan terbesar pendapatannya bagi devisa negara setelah minyak bumi dan gas. Bidang kelautan dijadikan sebagai sektor pariwisata bahari, perikanan, perhubungan laut dan jasa kelautan, menjadi salah satu andalan produk pariwisata Indonesia (Soehardjoepri et al., 2022). Kabupaten Minahasa merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Utara yang mempunyai 72 wisata alam pada tahun 2023 (BPS Kabupaten Minahasa, 2024). Salah satu wisata alam yang berkembang di Kabupaten Minahasa adalah pesisir Pantai Timur Minahasa, salah satunya adalah Pantai Mahembang (Sondakh et al., 2022). Pantai Mahembang terletak di desa Mahembang, Kecamatan Kakas, Kabupaten Minahasa. Objek wisata Pantai Mahembang tercatat sudah dua kali memakan korban, yang pertama tanggal 7 februari 2016 dan yang ke dua pada tanggal 25 Juli 2023.

Pesatnya perkembangan wisata pantai diiringi dengan seringnya terjadi beberapa hal bahaya pantai. Diantaranya Arus Retas atau Rip Current (Zhu et al., 2023). Arus retas atau rip current adalah sesuatu hal yang unik dari sirkulasi pantai yang dihasilkan, itu dihasilkan dari kombinasi faktor hidrodinamika dan morfologi. Karena dimensinya dan kecepatan arusnya, ini dianggap sebagai

peristiwa yang mengancam dalam hal keamanan di lokasi pariwisata pantai, namun juga menarik dari sudut pandang ilmu pengetahuan karena memiliki karakteristik yang unik (Santyabudhi Sutiyoso & Egon, 2019). Arus retas yang juga disebut rip current adalah arus yang sangat berbahaya di dekat pantai karena terkonsentrasi melewati jalur sempit yang mengalir kuat ke arah laut pada zona gelombang pecah (surf zone) dan melintasi gelombang pecah sampai ke lepas pantai. Arus retas bergerak ke arah laut dengan kecepatan mencapai 2 meter/detik (Mutaqin et al., 2021) (Yuan et al., 2023).

Mike 21 adalah salah satu perangkat lunak rekayasa profesional yang memiliki sistem pemodelan yang komprehensif. Program komputer ini berguna untuk penentuan aliran bebas permukaan dua dimensi. Mike 21 dapat digunakan untuk simulasi hidrolika dan fenomena terkait di sungai, danau, estuari, teluk, pantai, dan laut. Perangkat lunak ini dibuat oleh DHI Water and Environment. MIKE 21 SW dapat digunakan untuk prediksi dan analisis gelombang baik dalam skala regional maupun lokal. Selain itu, dapat digunakan untuk perhitungan transportasi sedimen, yang sebagian besar ditentukan oleh kondisi gelombang dan aliran yang disebabkan oleh gelombang. MIKE 21 SW juga dapat digunakan untuk menghitung kondisi gelombang dan tekanan radiasi (Refirson Arivan Silaban, Nadia Zahrina W, Billy Yanfeto, 2023)

Sangat penting untuk melakukan penelitian tentang bahaya arus retas di pantai mengingat bahwa itu merupakan bahaya yang signifikan bagi wisatawan yang melakukan aktivitas rekreasi di pantai dan bahwa keselamatan wisatawan adalah hal yang paling penting dalam pengelolaan kawasan wisata (Rachma et al., 2021)(Yuan et al., 2023). Informasi arus retas ini sangat bermanfaat bagi wisatawan bahkan untuk acuan pengelolaan bagi pihak pengelola dan instansi terkait, agar pemanfaatan Pantai Mahembang sebagai salah satu Kawasan wisatawan unggulan di Kabupaten Minahasa dapat berkelanjutan. Pada penelitian ini akan dimodelkan gelombang yang datang sehingga dapat dilihat apakah di Pantai Mahembang memiliki arus retas atau tidak.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif, yang merupakan metode ilmiah karena memenuhi syarat-syarat ilmiah seperti konkret atau empiris, obyektif, terukur, rasional, dan sistematis. Metode ini disebut kuantitatif karena data penelitian berupa angka dan analisisnya dilakukan dengan menggunakan model atau statistik (Pangururuan, I, P. Rochaddi, B., Ismanto, 2019). Metode ini digunakan untuk menjelaskan secara ilmiah data gelombang, seperti arah dan kecepatan. Kemudian, secara sistematis dan obyektif, metode ini menjelaskan parameter parameter yang mempengaruhi, seperti data morfologi pantai dan data gelombang. Selanjutnya, data diolah dan dianalisis untuk membuat kesimpulan apakah dilokasi penelitian terdapat arus retas atau tidak.

Didalam penelitian ini dilakukan pemodelan menggunakan software pemodelan 2D yaitu Mike 21. MIKE 21 adalah program komputer yang dapat mensimulasikan arus, gelombang, sedimen, dan ekologi sungai, danau, muara, teluk, dan area pantai dalam model dua dimensi. atau tiga dimensi

(Lumbanraja et al., 2023). Proses pemodelan terdiri dari tiga tahap yaitu input, pengolahan model, dan output. Tahap input melibatkan persiapan data input, seperti pengolahan batimetri, pasang surut, dan data angin. Tahap pengolahan model melibatkan memasukkan data input, pembuatan mesh generator dan mempersiapkan untuk menjalankan model (Arthur, H. Thambas, Ohgushi, 2015). Tahap akhir pemodelan adalah interpretasi hasil model.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder diperoleh dari data dan laporan yang bersumber dari instansi terkait, antara lain data angin dari BMKG, data bathimetri dari BATNAS (Batimetri Nasional), data garis Pantai dari google earth dan data pasang surut yang dimodelkan melalui program MIKE 21.

2.1. Gelombang

Gelombang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan gaya pembangkitannya, seperti angin (gelombang angin), gaya tarik menarik bumibulanmatahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), atau gelombang yanug yang disebabkan oleh gerakan kapal (Mokodongan et al., 2021) (Gerrits et al., 2020).

2.2. Teori Gelombang Airy

Anggapan – anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut:

- a) Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massa adalah konstan.
- b) Tegangan permukaan diabaikan.
- c) Gaya Coriolis (akibat perputaran bumi) diabaikan.
- d) Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.
- e) Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak rotasi.
- f) Dasar laut adalah horizontal, tetap dan impermeable sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol.
- g) Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
- h) Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

Tabel 1. Klasifikasi Dan Rangkuman Gelombang Menurut Teori Gelombang Kecil (Airy)

Keterangan	Gelombang Di Laut Dangkal	Gelombang Di Laut Transisi	Gelombang Di Laut Dalam
$\frac{d}{L}$	$\frac{d}{L} \geq \frac{1}{2}$	$\frac{1}{20} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	$\frac{d}{L} \leq \frac{1}{20}$
$\text{Tanh} \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$\approx \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$\text{Tanh} \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	≈ 1
Cepat Rambat Gelombang	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left[\frac{2\pi d}{L} \right]$	$C = C_o = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
Panjang Gelombang	$L = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left[\frac{2\pi d}{L} \right]$	$L = L_o = \frac{gT^2}{2\pi} = 1.56T^2$

2.3. Fetch

Jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitannya disebut "fetch". Bentuk daratan yang mengelilingi laut membatasi fetch ini. Semakin jauh jarak fetch, semakin tinggi gelombangnya. Angin menentukan ketinggian gelombang; angin yang lebih kuat menghasilkan gelombang yang lebih besar.

Arah fetch bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung seperti persamaan (1) berikut :

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

Dimana:

F_{eff} : 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 5° sampai sudut sebesar 40° pada kedua sisi dari arah angin.

Sesuai persyaratan, jika panjang fetch melebihi 200 km, maka dianggap panjang fetch sama dengan 200 km (Arthur H. Thambas, 2022).

2.4. Estimasi Angin Permukaan Untuk Peramalan Gelombang

Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai Wind Stress Factor (UA), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang. Prosedur untuk mendapatkan Wind Stress Factor (UA) adalah dengan melakukan koreksi – koreksi terhadap data angin yang kita miliki sebagai berikut:

2.4.1 Koreksi Elevasi

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

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

Dimana:

$U_{(10)}$: Kecepatan angin pada ketinggian 10 m

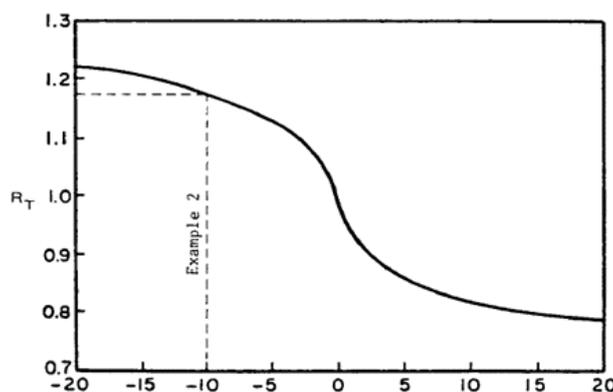
y : Ketinggian pengukuran angin ($y < 20$ m)

2.4.2 Koreksi Stabilitas

Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana :

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

Jika tidak terdapat perbedaan data temperature, maka $R_T = 1.1$ (US. Army Engineering Waterways Experiment Station, 1984)

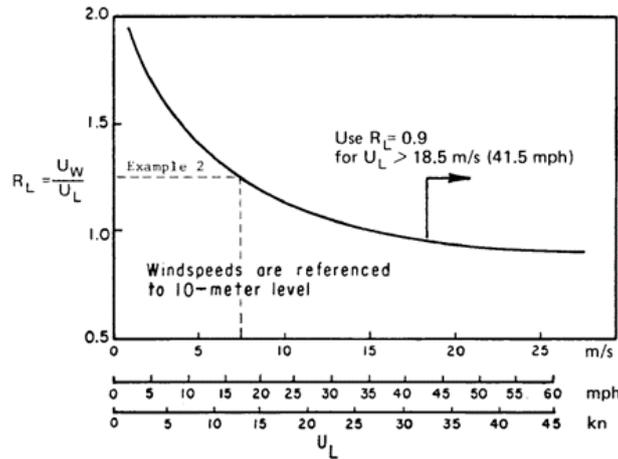


Gambar 2. Faktor Koreksi Beda Suhu Di Laut dan Di Darat
Sumber (US. Army Engineering Waterways Experiment Station, 1984)

2.4.3 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 3. 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 (4):

$$U = R_T \times R_L \times U_{10} \tag{4}$$



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat
 Sumber (US. Army Engineering Waterways Experiment Station, 1984)

2.5. Pembentukan Gelombang di Laut Dalam

Peramalan gelombang di laut dalam dilakukan dengan metode SMB (Sverdrup Munk Bretschneider) (Aditya Ratu, 2015) .

- o Penentuan *fetch limited* dari gelombang bergunan untuk membatasi durasi minimum dari t_{fetch} .
Open Water

$$t_{fetch} = 68.8 \frac{F^{\frac{2}{3}}}{g^{\frac{1}{3}} U_A^{\frac{1}{3}}} \tag{5}$$

Restricted Fetch

$$t_{fetch} = 51.09 \frac{F^{0.72}}{g^{0.28} U_A^{0.44}} \tag{6}$$

Karakter pembentukan gelombang untuk *open water*

Duration Limited

$$H = 0.0000851 \left(\frac{U_A^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{\frac{5}{7}} \tag{7}$$

$$T = 0.072 \left(\frac{U_A}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{0.411} \tag{8}$$

Fetch Limited

$$H = 0.0016 \left(\frac{U_A^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{9}$$

$$T = 0.2857 \left(\frac{U_A}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \tag{10}$$

Karakter pembentukan gelombang untuk *restricted fetch*

Duration Limited

$$H = 0.000103 \left(\frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left(\frac{g_{ti}}{U_A} \right)^{0.69} \quad (11)$$

$$T = 0.082 \left(\frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left(\frac{g_{ti}}{U_A} \right)^{0.39} \quad (12)$$

Fetch Limited

$$H = 0.0015 \left(\frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left(\frac{g^F}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

$$T = 0.3704 \left(\frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left(\frac{g^F}{U_A^2} \right)^{0.28} \quad (14)$$

Setelah mendapatkan nilai H dan T, cek kondisi pembangkitan gelombang.

Kondisi gelombang *fully developed* apabila memenuhi ketentuan – ketentuan berikut ini :

$$\frac{gH}{U_A^2} \geq 2.433 \cdot 10^{-4} \quad (15)$$

$$\frac{gT}{U_A} \geq 8.134 \quad (16)$$

$$\frac{gT}{U_A} \geq 7.15 \cdot 10^4 \quad (17)$$

Apabila kondisi *fully developed*

Open water

$$H_{fd} = 0.2433 \left(\frac{U_{(10)}^2}{g} \right) \quad (18)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left(\frac{U_{(10)}}{g} \right) \quad (19)$$

Restricted fetch

$$H_{fd} = 0.2433 \left(\frac{\hat{U}_{10}^2}{g} \right) \quad (20)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left(\frac{\hat{U}_{(10)}}{g} \right) \quad (21)$$

Sehingga :

$$H_o = H_{fd} \quad (22)$$

$$T_o = T_{fd} \quad (23)$$

Apabila kondisi gelombang *non fully developed* maka :

$$H_o = H \quad (24)$$

$$T_o = T \quad (25)$$

2.6. Flow Model FM

Flow Model FM MIKE 21 adalah perangkat lunak rekayasa profesional yang memiliki sistem pemodelan yang lengkap untuk program komputer 2D free surface flows. Bisa digunakan untuk simulasi hidrolika dan fenomena yang terkait dengan sungai, pantai, dan air laut lainnya. MIKE21 terdiri dari banyak modul, salah satunya Modul Hidrodinamika (HD). Modul ini adalah model matematik yang digunakan untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya (Pratama & Kurniadi, 2023). Persamaan (26), persamaan (27), persamaan (28) berikut menyatakan aliran dan perbedaan muka air:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial t} \quad (26)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \times h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) \right] - \Omega_q - fVV_y +$$

$$\frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (\rho a) = 0 \quad (27)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \times h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) \right] - \Omega_q - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial xy} (\rho a) = 0$$

(28)

Dimana :

- (x, y, t) : Kedalaman air m], d(x², y, t)
: kedalaman air dalam berbagai waktu [m]

- $\zeta(x, y, t)$: Elevasi permukaan [m],
 $p, q(x, y, t)$: Flux density dalam arah x dan y [$m^3/s/m$]
 : (u_h, v_h) ; (u, v) = depth average velocity dalam arah x dan y
 $C(x, y)$: Tahanan Chezy [$m^{1/2}/s$]
 g : Kecepatan gravitasi [m/s^2]
 $f(V)$: Faktor gesekan angin
 $V, V_x, V_y(x, y, t)$: Kecepatan angin dalam arah x dan y [m/s]
 $\Omega(x, y)$: Parameter Coriolis [s^{-1}]
 $p_a(x, y, t)$: Tekanan atmosfer [kg/m^2]
 ρ_w : Berat jenis air [kg/m^3]
 (x, y) : Koordinat ruang [m]
 t : Waktu [s]
 $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$: Komponen effective shear stress.

2.7. Pemodelan Spectral Wave

MIKE 21 Spectral Waves (SW) adalah perangkat lunak canggih untuk mensimulasikan perambatan dan transformasi gelombang. Dirancang untuk penilaian dampak lingkungan dan perencanaan infrastruktur pesisir, program ini memberikan simulasi rumit gelombang dan gelombang besar yang ditimbulkan oleh angin, serta menawarkan prakiraan terperinci mengenai kondisi gelombang di wilayah lepas pantai dan pesisir. Selain itu, MIKE 21 SW digunakan untuk perhitungan transportasi sedimen, yang sebagian besar dipengaruhi oleh kondisi gelombang dan arus yang disebabkan oleh gelombang. Arus yang disebabkan oleh arus yang disebabkan oleh gradient tekanan radiasi yang terjadi di zona surf. MIKE 21 SW modul Spectral Wave dapat digunakan untuk prediksi dan analisis gelombang dalam skala regional dan lokal. Persamaan (29), yang menunjukkan koordinat kartesian, dan Persamaan (30), yang menunjukkan koordinat sudut, adalah persamaan pengatur modul ini (Pratama & Kurniadi, 2023).

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla(\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (29)$$

Dimana:

- $N(x, \sigma, \theta, t)$: Rapat Gaya,
 $t = \text{waktu}, x(x, y)$: Koordinat Kartesian,
 $v(cx, cy, c\sigma, c\theta)$: Kecepatan Propagansi Grup Gelombang Empat Dimensi,
 S : Source. Kordinat Spherical

$$\hat{N} = NR^2 \cos\phi = \frac{ER^2}{\sigma} \quad (30)$$

Dimana:

- $N(x, \sigma, \theta, t)$: Rapat Gaya,
 $x(\phi, \lambda)$: Koordinat Spherical, di mana $\phi = \text{latitude}$ dan $\lambda = \text{longitude}$,
 E : kecepatan propagansi grup gelombang empat dimensi,
 R : source.

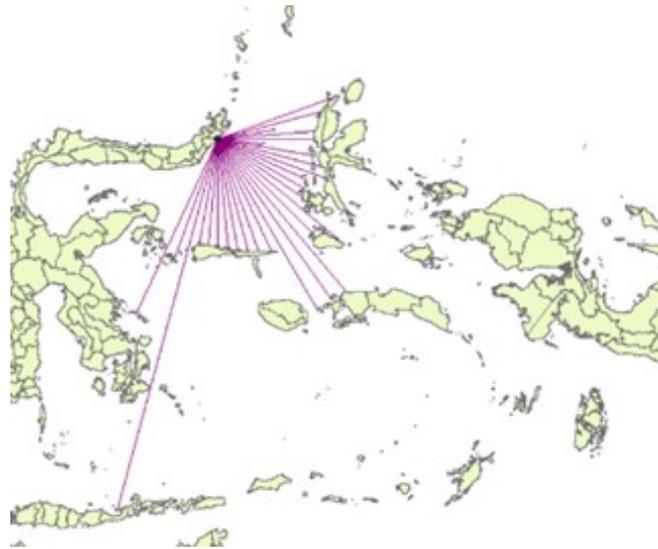
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Fetch Efektif

Langkah – langkah perhitungan fetch dengan cara manual dijelaskan dibawah ini :

- 1) Menggunakan peta daerah perairan pantai Bulu Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa dan ditentukan arah angin sebagai titik pusat tinjauan. Garis arah angin utama ditentukan sebagai central radial.
- 2) Dalam perhitungan ini dibuat sudut dari garis central radial ke araha kiri dan kanan garis fetch dengan interval 5° sampai 20° .
- 3) Pastikan bahwa koordinat lokasi sama dengan koordinat pada peta.
- 4) Ukur fetch sampai menyentuh daratan atau batas akhir peta, dengan menggunakan mistar dan tentukan jarak sebenarnya.

Dari hasil penggambaran menggunakan ArcMap 10.8 hanya arah timur laut, timur, tenggara, selatan dan barat daya yang mempunyai panjang fetch.



Gambar 4. Fetch Arah Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan dan Barat Daya

TABEL 1. Fetch Timur Laut

Fetch Area Timur Laut						
Arah	Sudut	Rad	Cos	Xi	XiCosa (m)	XiCosa (km)
TL	20	0.35	0.94	200000	187938.52	187.94
TL	15	0.26	0.97	200000	193185.17	193.19
TL	10	0.17	0.98	200000	196961.55	196.96
TL	5	0.09	1.00	200000	199238.94	199.24
TL	0	0.00	1.00	200000	200000.00	200.00
TL	5	0.09	1.00	48323.90	48140.01	48.14
TL	10	0.17	0.98		0.00	0.00
TL	15	0.26	0.97		0.00	0.00
TL	20	0.35	0.94		0.00	0.00
Total			8.77	1048323.90	1025464.19	1025.46
					Feff (km)	116.89
					Feff (m)	116885.436

TABEL 2. Fetch Selatan

Fetch Area Selatan						
Arah	Sudut	Rad	Cos	Xi	XiCosa (m)	XiCosa (km)
S	20	0.35	0.94	359305.00	337636.2571	337.64
S	15	0.26	0.97	1090020.00	1052878.469	1052.88
S	10	0.17	0.98	306970.00	302306.4359	302.31
S	5	0.09	1.00	303832.00	302675.8275	302.68
S	0	0.00	1.00	307683.00	307683	307.68
S	5	0.09	1.00	316993.00	315786.7459	315.79
S	10	0.17	0.98	320856.00	315981.4764	315.98
S	15	0.26	0.97	330178.00	318927.4575	318.93
S	20	0.35	0.94	338613.00	318192.1374	318.19
Total			8.77	3674450.00	3572067.81	3572.07
					Feff (km)	200
					Feff (m)	200000

3.2. Tinggi Gelombang

Hindcasting gelombang dilakukan untuk setiap data angin maksimum harian selama 1 tahun. Dari hasil hindcasting ini disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan data maksimum dan dominan dari setiap arah sebagai acuan gelombang rencana.

Tabel 3. Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang dari masing – masing *fetch* berdasarkan *Hindcasting* Gelombang

No.	Bulan	H&T	Arah Datang Gelombang					Max Tiap Bulan	
			T	TL	TG	S	BD	Arah	H-T
								Dominan	
1	Januari	H (m)	0.3968	0.0000	0.2232	0.2232	0.6200	BD	0.6200
		T (det)	3.3166	0.0000	2.4875	2.4875	4.1458		4.1458
2	Februari	H (m)	0.2232	0.6200	0.2232	0.2232	0.0000	TL	0.6200
		T (det)	2.4875	4.1458	2.4875	2.4875	0.0000		4.1458
3	Maret	H (m)	0.3968	0.8066	0.2232	0.2232	0.3968	TL	0.8066
		T (det)	3.3166	3.7875	2.4875	2.4875	3.3166		3.7875
4	April	H (m)	0.2232	0.8066	0.2232	0.2232	0.2232	TL	0.8066
		T (det)	2.4875	3.7875	2.4875	2.4875	2.4875		3.7875
5	Mei	H (m)	0.0992	0.0000	0.3968	0.2232	0.2232	TG	0.3968
		T (det)	1.6583	0.0000	3.3166	2.4875	2.4875		3.3166
6	Juni	H (m)	0.0000	0.0000	0.0992	0.2232	0.0992	S	0.2232
		T (det)	0.0000	0.0000	1.6583	2.4875	1.6583		2.4875
7	Juli	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	0.3968	0.2232	S	0.3968
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	3.3166	2.4875		3.3166
8	Agustus	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	0.6200	0.3968	S	0.6200
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	4.1458	3.3166		4.1458
9	September	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	0.3968	0.2232	S	0.3968
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	3.3166	2.4875		3.3166
10	Oktober	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	0.6200	0.2232	S	0.6200
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	4.1458	2.4875		4.1458
11	November	H (m)	0.2232	0.0000	0.0992	0.2232	0.2232	S	0.2232
		T (det)	2.4875	0.0000	1.6583	2.4875	2.4875		2.4875
12	Desember	H (m)	0.3968	0.0000	0.2232	0.2232	0.0992	T	0.3968
		T (det)	3.3166	0.0000	2.4875	2.4875	1.6583		3.3166
Max Tiap Arah		H (m)	0.3968	0.8066	0.3968	0.6200	0.6200	TL	0.8066
		T (det)	3.3166	4.1458	3.3166	4.1458	4.1458		4.1458

Dari Table 3 dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum yang terjadi berasal dari arah timur laut dengan tinggi gelombang 0.8066 m dan periode gelombang 4.1458 detik. Hal ini disebabkan gelombang dari arah timur laut mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar.

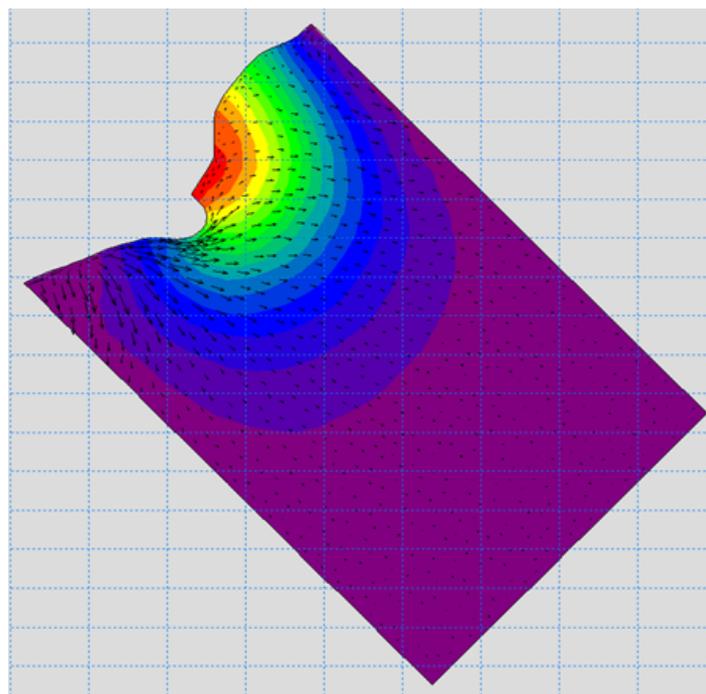
3.3. Parameter Pemodelan

Tabel 4. Parameter Pemodelan Flow Model FM

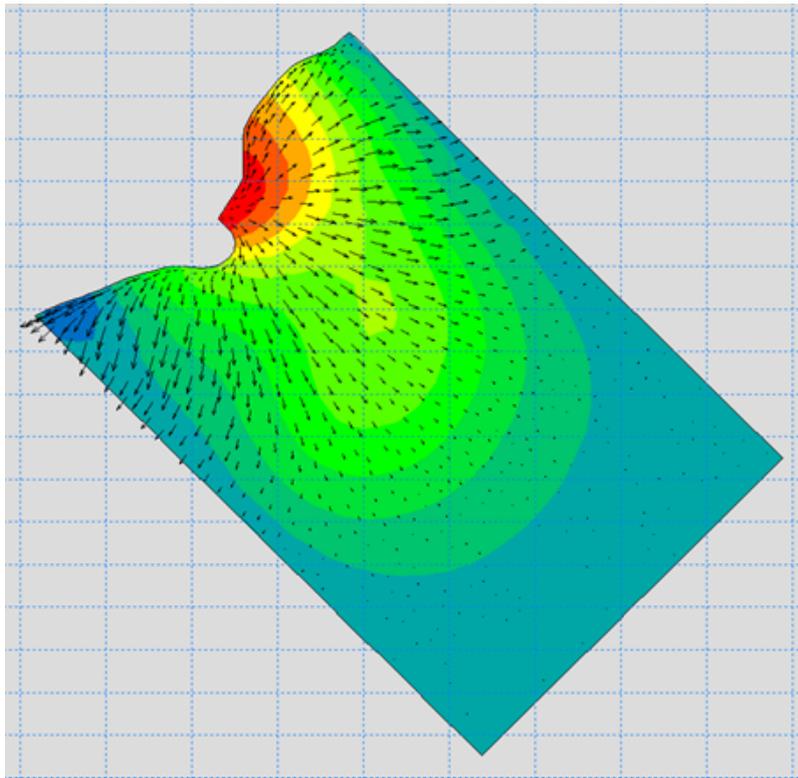
Flow Model FM				
Musim Timur Laut			Musim Selatan	
Mesh Dan Bathymetry	Hasil Interpolasi Model Mesh		Mesh Dan Bathymetry	Hasil Interpolasi Model Mesh
Simulation Period	No Of Time Step = 720		Simulation Period	No Of Time Step = 720
	Time Step = 60			Time Step = 60
	Simulation Start Date = 4/1/2023			Simulation Start Date = 10/1/2023
	Simulation End Date = 30/4/2023			Simulation End Date = 10/4/2023
	Wind Forcing = Data angin April 2023			Wind Forcing = Data angin Oktober 2023

Tabel 5. Parameter Pemodelan Spectral Wave

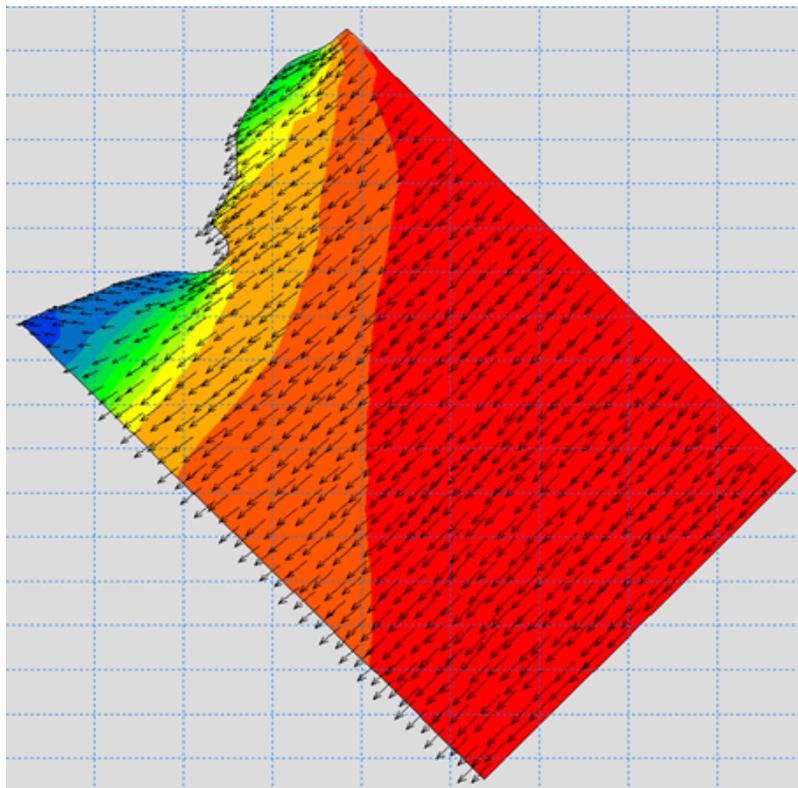
Spectral Wave	
Mesh Dan Bathymetry	Hasil Interpolasi Model Mesh
Water Level Condition	Output Flow Model FM
Boundary Condition	Musim Timur Laut
	Significant Wave height = 0.8066
	Peak Wave Period = 3.7875
	Mean Wave Direction = 45°
	Directional Spreading Index = 5°
Musim Selatan	
Mesh Dan Bathymetry	Hasil Interpolasi Model Mesh
Water Level Condition	Output Flow Model FM
Simulation Period	No Of Time Step = 720
	Time Step = 60
	Simulation Start Date = 10/1/2023
	Simulation End Date = 10/4/2023
	Wind Forcing = Data angin Oktober 2023



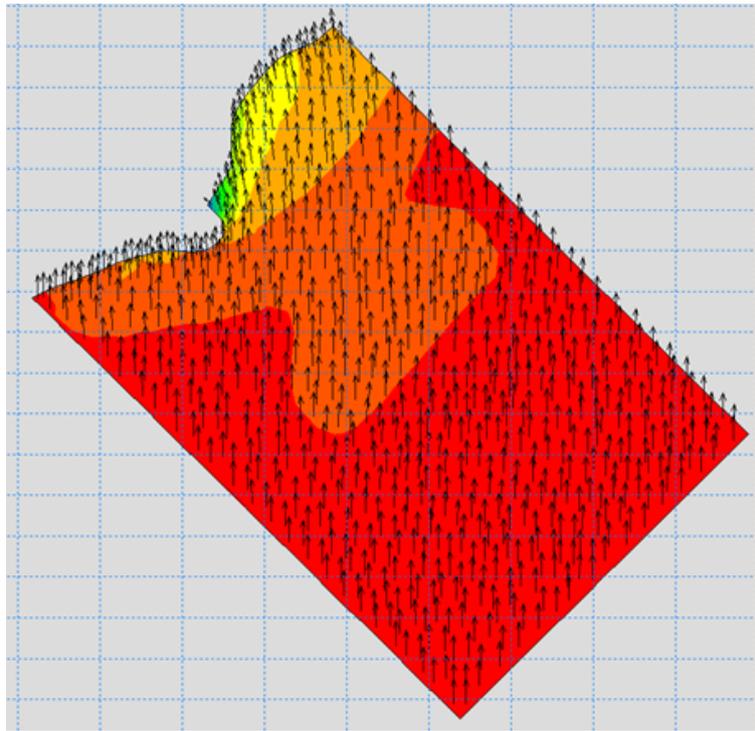
Gambar 5. Hasil Pemodelan Flow Model FM bulan April time Step 11



Gambar 6. Hasil Pemodelan Flow Model FM bulan Oktober time Step 5



Gambar 7. Hasil Pemodelan Spectral Wavetime step 10



Gambar 8. Hasil Pemodelan Spectral Wave time step 10

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi arus retas yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil penggambaran, diperoleh lima arah pembentukan gelombang yaitu, timur laut, timur, Tenggara, selatan dan barat daya.
- 2) Gelombang di perairan Mahembang didominasi oleh gelombang arah Timur Laut dan Selatan.
- 3) Gelombang dominan dan maksimum yang terjadi berasal dari arah timur laut dengan tinggi gelombang 0.8066 m dan periode gelombang 4.1458 detik.
- 4) Arus Retas atau Rip Current Tidak Nampak pada hasil pemodelan, dapat diartikan daerah Pantai Mahembang tidak terdapat Arus Retas.

Referensi

- Aditya Ratu, Y. (2015). Analisa Karakteristik Gelombang Di Pantai Bulu Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 3(1), 38–48.
- Arthur, H. Thambas, Ohgushi, K. (2015). Inundation Risk Analysis of The Storm Surge and Flood in The Coastal Area of The Ariake Sea Using Gis and 2-D Flooding Simulation. *International Journal of Scientific Research*, 4(12), 2277–8179.
- Arthur H. Thambas, J. D. M. (2022). Studi Karakteristik Gelombang Pada Pantai Manembo-Nembo Kecamatan Matuari Kota Bitung Provinsi Sulawesi Utara. *TEKNO*, 20(April), 131–138.
- BPS Kabupaten Minahasa. (2024). Kabupaten Minahasa Dalam Angka. In *BPS Kabupaten Minahasa* (Vol. 38, Issues 0215–7012).
- Gerrits, L., Thambas, A. H., & Jasin, M. I. (2020). ANALISIS KINERJA GELOMBANG DI PANTAI MALALAYANG II. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 39–44.
- Lumbanraja, B. J., Danial, M. M., Lestari, A. D., Meirany, J., & Supriyadi, A. (2023). Pemodelan pola arus akibat pergerakan pasang surut di Muara Sungai Kapuas menggunakan Software Mike 21. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 6(1), 734–749. <https://doi.org/10.33387/jikk.v6i1.6347>
- Mokodongan, M. A., Jasin, M. I., & Thambas, A. H. (2021). Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 699–708.
- Mutaqin, B. W., Alwi, M., & Adalya, N. M. (2021). Analisis Spasial Arus Retas sebagai Upaya Pengurangan Risiko Bencana di Desa Parangtritis Yogyakarta. *Media Komunikasi Geografi*, 22(2), 195.

<https://doi.org/10.23887/mkg.v22i2.40014>

Pangururuan, I, P. Rochaddi, B., Ismanto, A. (2019). Studi Rip Current di Pantai Selatan Yogyakarta. *Jurnal Oseanografi*, 4, 670–679.

Pratama, M. A., & Kurniadi, Y. N. (2023). Simulasi Rip Current Menggunakan Model Spectral Waves Studi Kasus Pantai Timur Pangandaran. *Ftsp*, 35–46.

Rachma, V. A., Taofiqurohman, A., Astuty, S., & Pamungkas, W. (2021). Nilai Bahaya Rip Current untuk Wisata Pantai di Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 213–222. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.32375>

Refirson Arivan Silaban, Nadia Zahrina W, Billy Yanfeto, R. N. A. (2023). VALIDASI GELOMBANG LAUT DI PERAIRAN TELUK TERIMA KABUPATEN BULELENG PROVINSI BALI DENGAN SOFTWARE MIKE 21. *JURNAL HIDROGRAFI INDONESIA*, 05(1), 1–23.

<https://doi.org/https://doi.org/10.62703/jhi.v5i1.19>

Santyabudhi Sutiyoso, H., & Egon, A. (2019). Hydrodynamics and Sediment Characteristics on a Bathymetrically-Controlled Rip Channel in Pangandaran Beach. *Bulletin of Geology*, 3(3), 442–448. <https://doi.org/10.5614/bull.geol.2019.3.3.5>

Soehardjoepri, S., Widyastuti, A., Balafif, M., Karsam, K., & ... (2022). *Manajemen Wisata Indonesia*. [http://eprints.ubhara.ac.id/1508/%0Ahttp://eprints.ubhara.ac.id/1508/2/MANAJEMEN WISATA INDONESIA.pdf](http://eprints.ubhara.ac.id/1508/%0Ahttp://eprints.ubhara.ac.id/1508/2/MANAJEMEN%20WISATA%20INDONESIA.pdf)

Sondakh, J., Warouw, F., & Lintong, S. (2022). Studi Kesesuaian Wisata Pantai Dan Daya Dukung Kawasan Di Pantai Timur Minahasa Kabupaten Minahasa. *Jurnal Spasial*, 9(1), 2022.

US. Army Engineering Waterways Experiment Station. (1984). *Shore Protection Manual*.

Yuan, Y., Yang, H., Yu, F., Gao, Y., Li, B., & Xing, C. (2023). A wave-resolving modeling study of rip current variability, rip hazard, and swimmer escape strategies on an embayed beach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(11), 3487–3507. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-3487-2023>

Zhu, D., Li, Z., Hu, P., Wang, B., Su, Q., & Li, G. (2023). Preliminary Investigation and Analysis of Beachgoers' Awareness of Rip Currents in South China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054471>