

Simulasi Pola Arus Permukaan 2 Dimensi di Perairan Pulau Nyamuk Taman Nasional Karimunjawa Pada Musim Peralihan II

Mikala Faza Alam*, Elis Indrayanti dan Muh Yusuf

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: *mikalafaza@gmail.com

Abstrak

Pulau Nyamuk adalah salah satu gugusan kepulauan yang berada di Kawasan Taman Nasional Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Pulau Karimunjawa ini memiliki karakteristik yang spesifik baik secara geografis maupun ekologis sebagai kawasan perairan tipe semi tertutup. Pulau ini dikelilingi oleh gugusan pulau-pulau besar dan kecil. Lokasi yang spesifik ini akan mempengaruhi arah, kecepatan dan pola arus serta karakteristik gelombang. Tujuan dari penelitian ini akan mengkaji pola pergerakan arus permukaan melalui pendekatan model dua dimensi di Perairan Karimunjawa, khususnya di perairan Pulau Nyamuk. Pola pergerakan arus diperoleh berdasarkan model pendekatan hidrodinamika 2D. Verifikasi kesesuaian model dilakukan dengan membandingkan terhadap hasil pengukuran lapangan tanggal 23-26 Oktober 2021. Pengukuran arus menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian menunjukkan bahwa kecepatan arus maksimum 0,056 m/s ke arah 66° dan arus minimum 0,001 ke arah 38° dengan karakteristik arus pasut sebesar 51,44%. Pasang surut perairan Nyamuk, Karimunjawa bertipe pasang surut tunggal. Hasil simulasi model menggunakan pendekatan hidrodinamika 2D menggambarkan arah pergerakan arus yang terjadi cenderung bersifat bolak-balik akibat adanya dominasi arus pasut dengan kecepatan rata-rata 0,013 m/s.

Kata kunci: Pola arus, pasang surut, Pulau Nyamuk, hidrodinamika 2D

Abstract

Simulation of 2D Surface Current Patterns in Mosquito Island Waters, Karimunjawa National Park in Transitional Season II

Nyamuk Island is one of the island groups in the Karimunjawa National Park area of Karimunjawa, Jepara Regency, Central Java Province. Karimunjawa has specific characteristics both geographically and ecologically, namely the water area is a semi-closed type, because it is surrounded by a group of islands, both large and small islands. Karimunjawa waters will be greatly influenced by the direction, speed, and pattern of currents and the characteristics of the waves that occur at that time. This study aims to determine the pattern of surface current movement with a two-dimensional model approach in Nyamuk Waters, Karimunjawa. The current movement pattern is obtained based on the 2D hydrodynamic approach model. Verification of the suitability of the model is carried out by comparing the results of field measurements carried out on October 23-26 October 2021. The current is carried out using a quantitative descriptive method. The results showed that the maximum current velocity was 0.056 m/s in the direction of 66° and the minimum current was 0.001 in the direction of 38° with a tidal current characteristic of 51.44%. Tides Nyamuk waters, Karimunjawa single tidal type. The simulation results using a 2D hydrodynamics approach describe the direction of current movement that tends to be alternating due to the dominance of tidal currents with an average speed of 0.013 m/s.

Keywords: Current Pattern, tide, Nyamuk Island, 2D hydrodynamics

PENDAHULUAN

Perairan Kawasan Taman Nasional Karimunjawa memiliki karakteristik yang spesifik baik secara geografis maupun ekologis. Kawasan perairannya termasuk tipe semi tertutup, karena dikelilingi oleh gugusan pulau-pulau besar dan pulau-pulau kecil. Pulau Nyamuk merupakan salah satu gugusan kepulauan yang berada di Taman Nasional Karimunjawa dengan luas wilayah mencapai 139 Ha atau 1.39 Km². Menurut Yusuf (2007), pemanfaatan perairannya Pulau Nyamuk terdapat zona rehabilitasi, zona perlindungan, zona budidaya bahari dan zona perikanan tradisional. Dengan kondisi perairan yang tertutup,

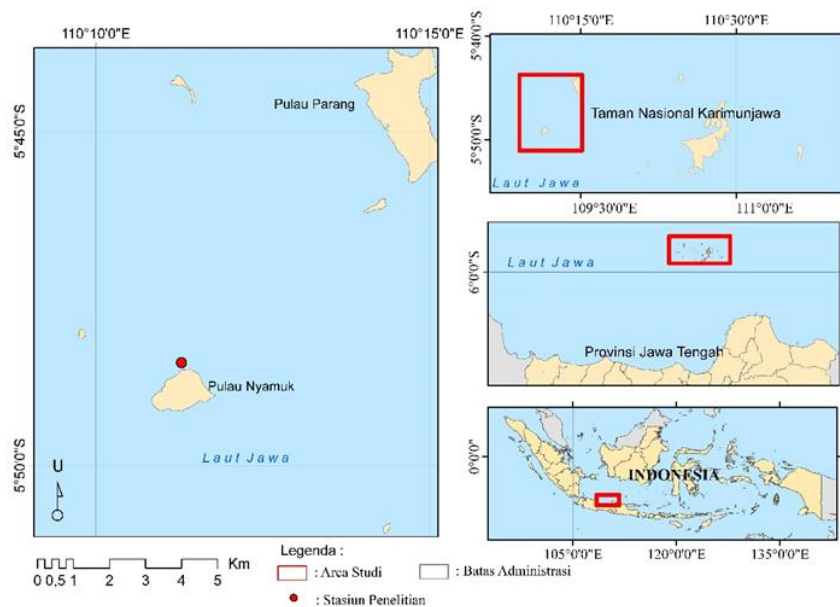
akan mempengaruhi arah, kecepatan dan pola arus serta karakteristik gelombang yang terjadi. Pola angin musiman akan menambah pola variabilitas hidro-oseanografi tersebut. Perairan Nyamuk, Karimunjawa dipengaruhi oleh Monsun Timur dan Barat serta dua musim peralihan yakni musim Peralihan I dan II. Menurut Jufri *et al.* (2020) musim Peralihan I dan II memiliki kecepatan arus relatif lemah dibandingkan dengan musim Barat dan Timur.

Beberapa penelitian tentang pola arus di kepulauan Karimunjawa secara umum telah dilakukan antara lain oleh Dinda *et al.* (2012) dan Indrayanti *et al.* (2020) serta Putra *et al.* (2021) di Pulau Kemujan, Karimunjawa pada musim Peralihan II, Tujuan penelitian ini akan mengkaji arus permukaan di perairan Nyamuk, Karimunjawa dengan pendekatan hidrodinamika. Penelitian pengukuran arah dan kecepatan arus, hanya dilakukan pada musim peralihan II dengan menggunakan *Current Meter Valeport*. Kajian tentang pola arus diperlukan untuk diteliti secara berskala sehingga dapat menunjang tersedianya data untuk menunjang dalam pembangunan dermaga pelabuhan, budidaya perairan dan ekowisata bahari di Perairan Pulau Nyamuk, Karimunjawa.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Data yang digunakan penelitian ini meliputi data primer, yakni data arus yang diperoleh langsung dari lapangan dengan metode *eulerian* menggunakan *Current Meter Valeport 106*. Data sekunder berupa data pasang surut yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2021, data angin bulan September hingga November dari website *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), data Batnas (Bathimetri Nasional) dari Badan Informasi Geospasial tahun 2021 dan Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:50.000 tahun 2017 publikasi BIG. *Current Meter Valeport 106* ditempatkan pada koordinat -5.8075 S dan 110.1880 E (**Gambar 1**) untuk mengukur arah dan kecepatan arus dilakukan selama 3 hari.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Perairan Nyamuk, Karimunjawa

Pengukuran dan Pengolahan Data Arus

Data arus dilakukan pada Oktober 2021 dengan menggunakan akuisisi data dari *Current Meter Valeport 106* di Perairan Nyamuk. Data yang didapat nantinya akan berupa nilai kecepatan arus dan arah gerak arus yang selanjutnya akan dilakukan pengolahan data yang dihasilkan dalam bentuk *current rose*.

Pengukuran dan Pengolahan Pasang Surut

Data Pasang surut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), lokasi stasiun pengambilan pada koordinat -5.7879 S dan 110.447 E. Pasang surut selama 29 hari dengan interval 60 menit pada bulan Oktober 2021. Data pasang surut diolah menggunakan metode *admiralty* yang menghasilkan komponen

harmonik pasang surut yang meliputi amplitudo (A), S₀, M₂, S₂, N₂, K₁, O₁, M₄, MS₄, K₂, P₁. Hasil akhir diperoleh HHWL, LLWL, HWL, LWL, MSL dan *Formzhal* untuk mengetahui tipe pasang surut.

Pengukuran dan Pengolahan Angin

Resolusi spasial menggunakan sistem *grid* berukuran 0,125° x 0,125° yaitu sekitar 13,87 x 13,87 km. Data angin tersebut merupakan data angin pada bulan September hingga November 2021 yang mempunyai interval 3 jam dengan diolah menggunakan *software Microsoft Excel* yang dikelompokkan berdasarkan musim yang diteliti sehingga mendapatkan satu titik koordinat dalam bentuk *Text* (.txt). Kemudian hasil data tersebut diolah menggunakan *WR Plot View* untuk mendapatkan kondisi dominan angin disajikan dalam bentuk *windrose*.

Pengukuran dan Pengolahan Batimetri

Data batimetri didapatkan dari peta batimetri BATNAS, yang diolah dengan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* dan disimpan dalam bentuk ekstensi .xyz dimana berisi data koordinat bujur dan lintang dalam satuan *Decimal Degress*, beserta kedalaman laut dalam satuan meter. Data digunakan sebagai batimetri inputan model.

Pemodelan Hidrodinamika

Analisis data arus yang di dapat menggunakan pemodelan hidrodinamika dan model yang digunakan adalah *Flow Model Flexible Mesh (Unstructured Triangular Mesh)*. Menurut Amrirullah *et al.* (2014), terdapat dua persamaan pembangun model Hidrodinamika 2D ini mengikuti persamaan kontinuitas dan persamaan momentum seperti tertera pada formula 1, 2, dan 3.

1. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

2. Persamaan Momentum

Pada Sumbu X

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial p \sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fV V_x \quad (2)$$

Pada Sumbu Y

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial p \sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fV V_y \quad (3)$$

Pengolahan model numerik memiliki beberapa tahapan:

1. *Pre-Processing Model*, meliputi persiapan data batimetri dan pengolahan *unstructured triangular mesh*.
2. *Processing Model*, *set up* nilai koefisien paramater model pada bagian model *control*.
3. *Post Processing Model*, berupa hasil simulasi numerik untuk dilakukan verifikasi data.

Vefifikasi Model

Perbandingan hasil data model dengan data hasil pengamatan langsung dapat digunakan untuk menghitung tingkat keakuratan model, dimana akan direpresentasikan oleh nilai RMSE (*Root Mean Square Error*). Nilai error yang rendah menunjukkan variasi nilai yang didapat oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya. Nilai RMSE diperoleh dengan menjumlahkan kuadrat selisih antara nilai pengukuran yang dianggap benar dengan hasil simulasi model, selanjutnya jumlah tersebut dibagi dengan jumlah seri data yang ditinjau kemudian hasil pembagian tersebut di akarkan. Persamaan untuk menghitung RMSE mengikuti rumus 4:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (x_{1i} - x_{2i})^2}{n}} \quad (4)$$

Keterangan:

- x_{1i} = Nilai hasil pengukuran lapangan
- x_{2i} = Nilai hasil simulasi model
- n = Jumlah seri data

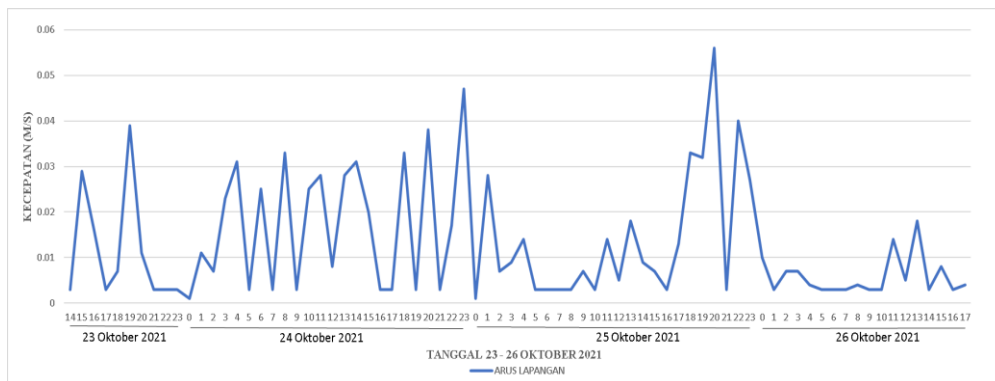
Tabel 1. Klasifikasi nilai RMSE (Moriassi *et al.*, 2007)

Klasifikasi	Nilai
Sangat Baik	0 – 0,5
Baik	0,5 – 0,6
Cukup	0,6 – 0,7
Tidak Baik	> 0,7

HASIL DAN PEMBAHASAN

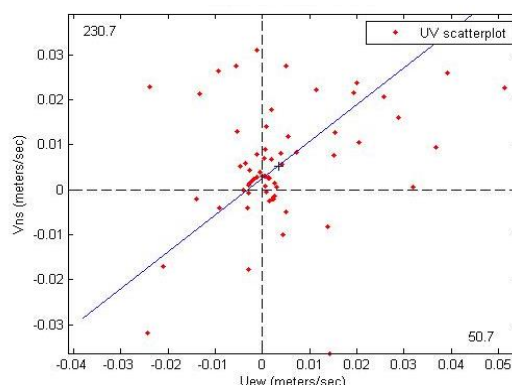
Arus Laut

Kecepatan arus permukaan di Pulau Nyamuk, Karimunjawa berkisar antara 0,001 m/s - 0,056 m/s, dan kecepatan rata – rata sebesar 0,013 m/s. Pola fluktuasi kecepatan arus disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kecepatan Arus Lapangan Pulau Nyamuk Karimunjawa

Arus laut terdiri data besaran kecepatan arus dan arah arus yang disajikan dengan *scatter plot* untuk mempresentasikan sebaran kecepatan dan arah arus laut melalui kecepatan arus pada arah timur – barat (komponen U) dan kecepatan arus pada arah utara – selatan (komponen V). Perairan Nyamuk di Karimunjawa bergerak ke segala arah dengan pergerakan pola arus laut yang bergerak ke arah timur laut. Memplotkan data pada *scatter plot* (Gambar 3) memiliki komponen u dan v menunjukkan bahwa alirannya berbentuk elips, begitu pula perilaku elips dari pola aliran, karakteristik arus pasang surut. Arus di perairan ini didominasi pasang surut karena mengikuti siklus pasang surut. Tergantung pada garis lintang, arus pasang surut cenderung bergerak terus menerus dengan satu arah berubah ke arah yang berlawanan, atau pergerakan arus cenderung berubah pada interval waktu tertentu. Pasang surut tidak hanya terjadi di lapisan atas, tetapi di seluruh air, dan memiliki energi yang sangat besar. Menurut Nuriyati *et al.* (2019), kecepatan arus di lapisan permukaan lebih tinggi dipengaruhi oleh angin dan pasang surut. Arus pasang surut memiliki arah bolak – balik, seperti muka air bergerak naik air mengalir masuk, sedangkan pada saat muka air turun air mengalir keluar.

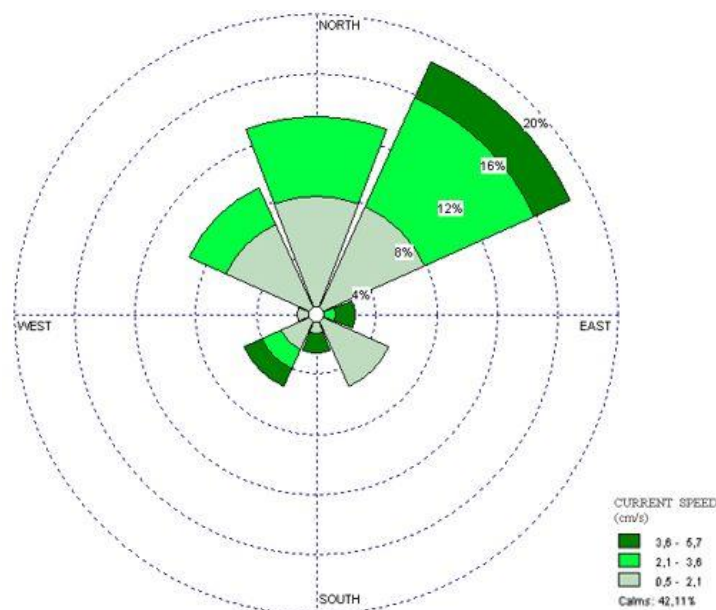


Gambar 3. Scatter Plot

Dominasi arah arus diketahui dengan menggunakan *current rose* pada kedalaman permukaan laut. *Current rose* menunjukkan arus lebih dominan ke arah Timur Laut dan relatif kecil dari arah Utara (Gambar 4). Arus yang bergerak dari arah Timur Laut memiliki kecepatan dengan presentase terbesar 3,6 - 5,7 cm/s sebesar 2,6%.

Tabel 2. Frekuensi Distribusi Arah dan Kecepatan Arus

Arah Arus	Kecepatan Arus (cm/s)			Total (%)
	0.5–2.1	2.1–3.6	3.6-5.7	
U	7.89474	5.26316	0	13.1579
TL	7.89474	7.89474	2.63158	18.4211
T	0	1.31579	1.31579	2.6315
TG	5.26316	0	0	5.2631
S	1.31579	0	1.31579	2.6315
BD	2.63158	1.31579	1.31579	5.2631
B	1.31579	0	0	1.3157
BL	6.57895	2.63158	0	9.21053
SubTotal	32.8947	18.4211	6.57895	57.8947
Calms				42.11
Total				100

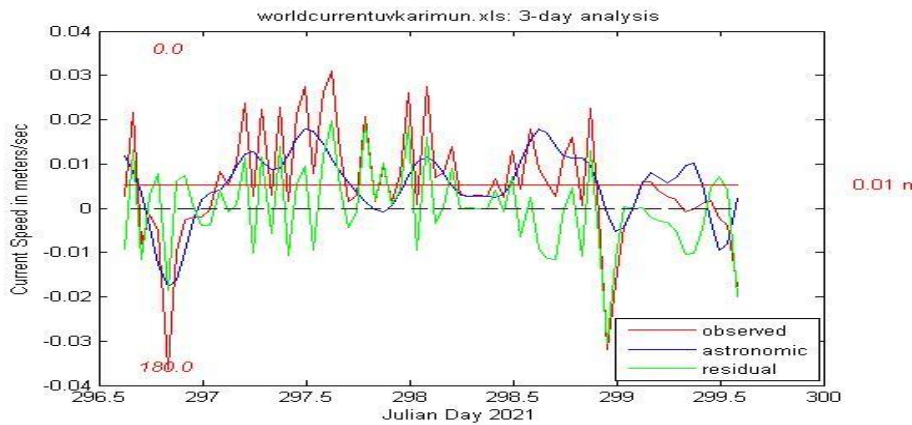


Gambar 4. *Current Rose* Perairan Nyamuk Karimunjawa

Pergerakan Arus yang dominan bergerak ke arah Timur Laut dengan kecepatan arus terbesar 5,6 cm/s dari total frekuensi 18,42% dan variasi arus ke arah Utara presentase frekuensi 13,15%. Arah arus lainnya dengan persentase frekuensi kurang dari 10% yaitu dari arah Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat dan Barat Laut dengan frekuensi 2,6%; 5,2%; 2,6%; 5,2%; 1,3%; dan 9,2% serta arus *Calm* sebesar 42,11%. Menurut Fadika *et al.* (2014), arus yang dipengaruhi kecil oleh angin terjadi karena kecepatan angin yang bertiup di permukaan laut terlalu kecil. Menurut Wisna *et al.* (2019), ketidaksimetrisan antara pola pasang surut dan kecepatan arus diakibatkan oleh faktor fisis lainnya seperti angin permukaan.

Komponen arus terdiri dari arus pasut (*astronomic*) dan non pasut (*residual*), kedua arus ini dapat melalui pemisahan komponen *u* dan *v* untuk mengetahui jenis arus yang mendominasi perairan. Data pemisahan komponen arus menggunakan *World Current Analysis* dalam *Software Matlab*, arus yang mendominasi pada Perairan Pulau Nyamuk, Karimunjawa adalah arus pasang surut. Gambar 5 menyajikan

data arus pengamatan lapangan (merah), prediksi arus pasang (biru), prediksi arus non pasang (hijau). Perubahan kecepatan dan arah data lapangan memiliki pola yang hampir sama dengan data *astronomic* (arus pasang surut) (Gambar 5). Arus yang terdapat di perairan Nyamuk, Karimunjawa di dominasi dengan arus pasang sebesar 51,44%. Hasil tersebut diperkuat oleh penelitian – penelitian sebelumnya bahwa arus yang terdapat pada perairan Karimunjawa lebih dominan dibangkitkan oleh pasang surut (Ismunarti *et al.* 2016; Indrayanti *et al.* 2020; Indrayanti *et al.* 2021).



Gambar 5. Grafik Karakteristik Arus Laut Pulau Nyamuk, Karimunjawa

Pasang Surut

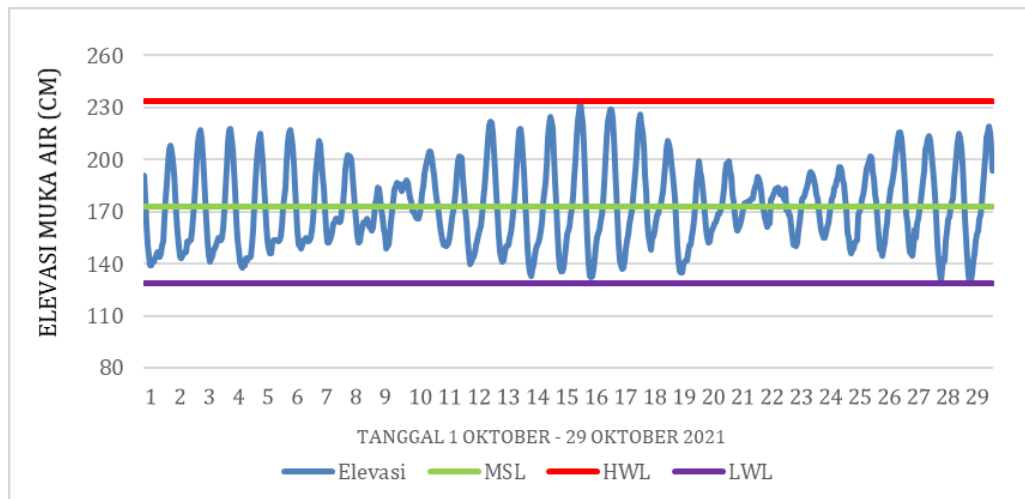
Analisa harmonik komponen pasang surut dilakukan dengan metode admiralty untuk mendapatkan nilai amplitudo dan fase dari komponen pasang surut. Pasang surut di perairan Karimunjawa memiliki HHWL, LLWL, HWL, LWL, dan MSL. Nilai secara lengkap tersaji pada Tabel 3 dan komponen harmonik disajikan pada Tabel 4 Pengolahan data pasang surut menggunakan metode admiralty didapatkan nilai *Formzhal* sebesar 3,621 dari nilai tersebut menunjukkan tipe pasang surut pada perairan Karimunjawa adalah tipe pasang surut tunggal. Pola fluktuasi selama bulan Oktober 2021 ditampilkan pada Gambar 6.

Tabel 3. Data Kedudukan Air Laut

Kedudukan Air Laut	Amplitudo (cm)
MSL	173
HHWL	273
LLWL	103
HWL	234
LWL	129

Tabel 4. Komponen Harmonik Pasang Surut Perairan Karimunjawa

	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
A cm	173	7	5	3	30	13	1	1	1	10
g°		24	310	353	239	140	140	175	310	239



Gambar 6. Grafik Pasang Surut BIG Karimunjawa

Surinati (2007) menjelaskan bahwa pasang surut tipe harian tunggal terjadi bila dalam waktu 24 jam terdapat 1 kali pasang dan 1 kali surut. Tipe pasang surut ini diperkuat dengan hasil Gamellia *et al.* (2019), yang menjelaskan bahwa tipe pasang surut perairan Karimunjawa termasuk jenis pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*). Berdasarkan perhitungan mode admiralty yang dilakukan terhadap kondisi pasang surut yang ada di Perairan Nyamuk, Karimunjawa didapatkan nilai muka laut terendah (LLWL) sebesar 103 cm, nilai muka air laut tertinggi (HHWL) sebesar 273 cm dan nilai muka air laut rerata (MSL) sebesar 173 cm. Kondisi Perairan Nyamuk mendekati dengan penelitian Hidayat *et al.* (2022) dengan nilai laut rerata (MSL) 170,53 cm.

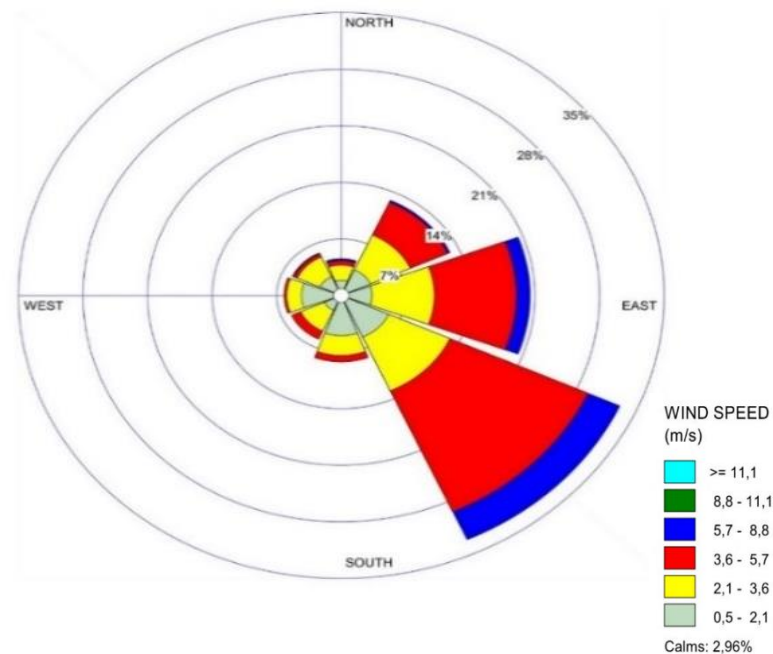
Angin

Kecepatan dan arah angin ditampilkan berupa *windrose* yang merupakan kondisi distribusi arah dan kecepatan angin pada perairan Pulau Nyamuk Karimunjawa pada musim peralihan II (September – Oktober). Ilustrasi distribusi arah dan kecepatan angin satu bulan pada bulan oktober dalam Tabel 4 dan Gambar 10.

Tabel 5. Frekuensi Arah dan Kecepatan Angin

Arah Angin	Kecepatan Angin (m/s)						Total (%)
	0.5–2.1	2.1–3.6	3.6–5.7	5.7–8.8	8.8–11.1	>= 11.1	
U	1.88	1.88	0.54	0.27	0.00000	0.00000	4.57
TL	3.49	4.70	4.44	0.27	0.00000	0.00000	12.90
T	3.36	6.72	8.87	1.48	0.00000	0.00000	20.43
TG	5.65	7.26	16.40	3.76	0.00000	0.00000	33.06
S	4.97	2.42	0.81	0.00000	0.00000	0.00000	8.20
BD	2.02	2.82	1.08	0.00000	0.00000	0.00000	5.91
B	4.30	1.61	0.27	0.00000	0.00000	0.00000	6.18
BL	2.55	2.69	0.40	0.13	0.00000	0.00000	5.78
Sub-Total	28.23	30.11	32.80	5.91	0.00	0.00	97.04
Calms							2.96
Total							100

Angin dominan bertiup dari arah Tenggara dengan total persentase frekuensi 33,06%, variasi angin dari arah Timur persentase frekuensi 20,43% dan variasi angin dari arah Timur Laut persentase 12,90%. Arah angin lainnya dengan persentase kurang dari 10% yaitu dari arah Utara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut dengan frekuensi 4,57%; 8,20%; 5,91%; 6,18% dan 5,78% serta angin *Calm* sebesar 2,96%. Kecepatan angin terbesar selama pengamatan adalah 1,64 knot dari arah Tenggara.



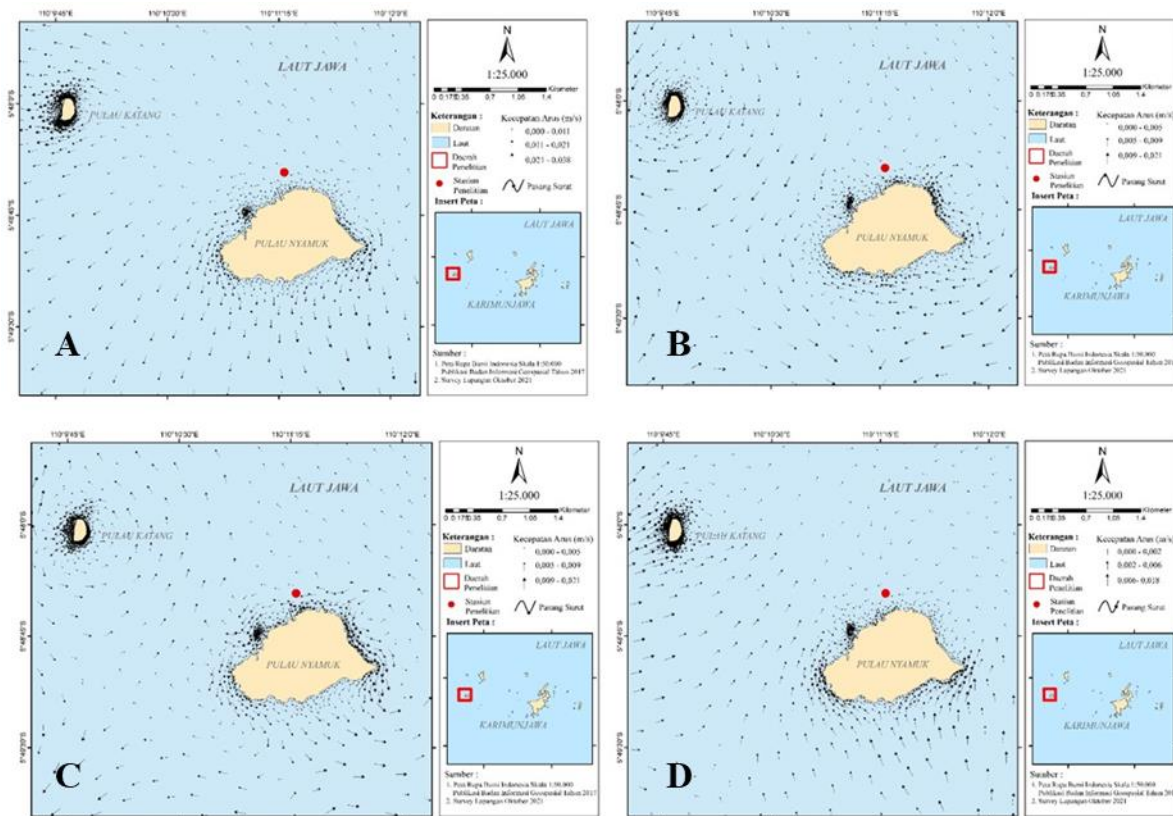
Gambar 7. *Wind Rose* Perairan Nyamuk, Karimunjawa

Verifikasi Model Hidrodinamika

Verifikasi model hidrodinamika dilakukan dengan membandingkan data arus hasil pengukuran di lapangan dan data arus hasil model berdasarkan titik dan waktu yang sama dengan tujuan untuk mengetahui apakah hasil simulasi dan model mendekati keadaan yang terjadi di lapangan. Hasil verifikasi model dengan lapangan menggunakan perhitungan RMSE adalah 0.016. Berdasarkan hasil verifikasi perhitungan RMSE dapat diketahui dari klasifikasi Moriasi *et al* (2007), bahwa tingkat kesalahan kecil dengan klasifikasi Sangat Baik.

Pola Arus Model di Perairan Nyamuk, Karimunjawa

Simulasi model pola arus di bagi menjadi 4 (empat) kondisi, yaitu kondisi saat pasang tertinggi pada tanggal 15 Oktober 2021 jam 21.00 (Gambar 8A), saat pasang menuju surut pada tanggal 16 Oktober 2021 jam 02.00 (Gambar 8B), saat surut terendah pada tanggal 29 Oktober 2021 jam 04.00 (Gambar 8C) dan saat surut menuju pasang pada tanggal 29 Oktober 2021 jam 12.00 (Gambar 8D). Berdasarkan hasil pengolahan model arus di Perairan Nyamuk, Karimunjawa pada 15 Oktober 2021 diperoleh bahwa hasil simulasi model arus pada saat pasang tertinggi, arus dari perairan Selatan menuju Timur Laut bertemu arus dari perairan Utara ke Barat Daya dan di sekitar Pulau Nyamuk mengalami pembelokan ke arah Barat dengan kecepatan berkisar 0,005 – 0,021 m/s. Pada saat pasang menuju surut pada tanggal 16 Oktober 2021 arah arus menuju Selatan kecepatan berkisar 0,011 – 0,038 m/s. Arus dengan kondisi surut terendah ke arah barat daya dan mengalami pembelokan arah ke Timur dengan kecepatan berkisar 0,005 – 0,021 m/s. Arus saat surut menuju pasang pada tanggal 29 Oktober 2021 arah arus ke Utara menuju Pulau Nyamuk kecepatan berkisar 0,002 – 0,018 m/s.



Gambar 8. Pola Arus Permukaan (A) Pasang tertinggi, (B) Pasang menuju Surut, (C) Surut terendah, (D) Surut menuju Pasang

Pola arus yang dihasilkan dari pemodelan tersebut terdapat variasi arah dan juga kecepatan pada setiap kondisi. Hasil simulasi pola arus bahwa kecepatan arus kondisi pada pasang menuju surut lebih besar dari kondisi pasang tertinggi, surut terendah ataupun surut menuju pasang. Menurut Brown *et al.* (1989) bahwa, kecepatan arus pasut minimum akan terjadi saat pasang pasang tertinggi atau surut terendah sehingga menyebabkan perubahan kecepatan dan arah arus pasut hal itu disebut juga dengan fenomena *slack water*. Fenomena *slack water* ini diperkuat oleh penelitian menurut Wisna dan Situmeang (2020), bahwa saat arus menuju pasang atau menuju surut merupakan kondisi memiliki kecepatan arus yang kencang akan tetapi ketika pasang dan surut titik tertinggi atau terendah maka kecepatan akan menjadi 0 m/s kemudian mengalami perubahan arus. Pola arus di perairan Nyamuk, Karimunjawa memiliki gerakan yang berubah arah (bolak – balik). Menurut Brown *et al.* (1989), arah arus pasang cenderung bergerak maju mundur, dengan arah arus pada saat air pasang berlawanan dengan arah arus pada saat surut. Adanya pergerakan ini disebabkan oleh perbedaan muka air laut akibat tarikan gravitasi Bulan dan Matahari, sehingga mengakibatkan perbedaan tekanan hidrostatik dari satu tempat ke tempat lain sehingga menyebabkan lebih banyak air di tempat yang tinggi daripada di tempat yang lebih rendah. Perbedaan tekanan yang bekerja pada bidang horizontal ini menciptakan gaya yang disebut gaya gradien tekanan. Gaya ini menyebabkan massa air mengalami perpindahan. Artinya, ia bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Arus di wilayah permukaan gerakannya dipengaruhi beberapa faktor secara vertikal dipengaruhi oleh angin, pasang surut, densitas dan tahanan dasar (Wisna *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kecepatan arus laut lapangan di Perairan Nyamuk, Karimunjawa memiliki kecepatan rata – rata sebesar 0,013 m/s dan kecepatan arus hasil simulasi model 0,0103 m/s. Arah arus dominan ke Timur Laut sesuai dengan pola pergerakan arus model dengan dominan juga ke arah Timur Laut. Pada musim peralihan II angin menuju arah barat laut tetapi arus menuju kearah timur laut karena arus di dominasi dengan arus pasang surut sebesar 51,44%. Pada kondisi pasang, pola arus bergerak dari arah Utara menuju Barat Daya bertemu Arus dari arah Selatan menuju Timur Laut dan mengalami pembelokan di sekitar Pulau nyamuk ke arah Barat. Pada kondisi surut, pola arus bergerak ke arah Barat Daya. Diharapkan hasil kajian model ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pemodelan ekosistem di kepulauan Nyamuk Karimunjawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah, A. N., Sugianto, D. N., dan Indrayanti, E. 2014. Kajian Pola Arus Laut dengan Pendekatan Model Hidrodinamika Dua Dimensi untuk Pengembangan Pelabuhan Kota Tegal. *Jurnal Oseanografi*, 3(4): 671–682.
- Brown J., Matthews J. P., Simpson J.H. 1989. Remote Sensing of Shelf Sea Currents Using A High-Frequency Ocean Surface Current Radar System. *Journal of Geophysical Research*, 93: 2303 – 2310.
- Dinda, Yusuf, M., Sugianto, D.N. 2012. Karakteristik Arus, Suhu Dan Salinitas Di Kepulauan Karimunjawa. *Journal of Oceanography*, 1(2) :186-196.
- Fadika, U., Rifai, A., Rochaddi, B. 2014. Arah dan Kecepatan Angin Musiman Serta Kaitanya dengan Sebaran Suhu Permukaan Laut di Selatan Pangandaran Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 3(3): 429 – 437.
- Hidayat, A. R., Maslukah, L., dan Zainuri, M. 2022. Sebaran Ukuran Butir di Perairan Kemujan, Karimunjawa. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 4(2):12 – 21.
- Indrayanti, E., Wijayanti, D .P., dan Siagian, H. R. 2020. Pasang Surut, Arus Dan Gelombang Berdasarkan Data Pengukuran Acoustic Doppler Current Profiler Di Perairan Pulau Cilik, Karimunjawa. *Buletin Oseanografi*. 9(1):37-44.
- Indrayanti, E., Sugianto, D. N., Purwanto dan Siagian, H. R. 2021. Identifikasi Arus Pasang Surut di Perairan Kemujan, Karimunjawa Berdasarkan Data Pengukuran *Acoustic Doppler Current Profiler*. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2): 247 – 254.
- Ismanto, A., Ismunarti, D. H., Sugianto, D. N., Maisyarah, S., P.Subardjo, P., Suryoputro, A. A., Siagian, H. 2019. The Potential of Ocean Current as Electrical Power Sources Alternatives in Karimunjawa Islands Indonesia. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 4(6):126-133.
- Ismunarti, D. H., Sugianto, D.N., dan Ismanto, A. 2016. *Kajian Karakteristik Arus Laut di Kepulauan Karimunjawa*, Jepara. Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan ke-VI. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Jufri, A., Ihsan, M. N., dan Sahabuddin. 2020. Distribusi Spasial dan Temporal Arus Permukaan Laut di Selat Makassar. *Siganus: Journal of Fisheries and Marine Sciene*, 1(2):69-73.
- Moriasi, D. N., J. G. Arnold., M. W. Van Liew., R. L. Binger., R. D. Harmel., dan T. L. Veith. 2007. Model Evaluation Guidelines For Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Journal American Society of Argicultural and Biological Enginners*, 50(3): 885–900.
- Nuriyati, N., Purwanto, P., Setiyono, H., Atmodjo, W., Subardjo, P., Ismanto, A., & Muslim, M., 2019. Potensi Energi Arus Laut Di Perairan Selat Sunda. *Indonesian Journal of Oceanography*, 1(1): 45-52.
- Putra, R.Y., Indrayanti, E., Ismunarti, D.H., Handoyo, G, and Ismanto, A. Pola Arus Perairan Kemujan, Karimunjawa Pada Musim Peralihan II Dengan Menggunakan Model Delft3D. 2021. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(3): 306-321.
- Suniarti, D. 2007. Pasang Surut dan Energinya. *Oseana* , 32(1):15 – 22.
- Wisha, U. J., Husrin, S., & Prihantono, J. 2015. Hydrodynamics Banten Bay During Transitional seasons (August-September). *J. Ilmu Kelautan*, 20(2): 101-112.
- Wisha, U.J., Dhiauddin, R., & Gemilang, W.A., 2019. Tidal Ellipses Analysis Based on Flow Model Hydrodynamic Data Acquisition in Mandeh Bay, West Sumatera. *Journal of Geoscience, Engineering,*

Environment, and Technology, 4(2):93-103.

Wisha, U.J. dan Situmeang, E.T. 2020. Karakteristik Arus di Perairan Pulau Weh Pada Musim Peralihan 1 dan Kaitannya dengan Fluktuasi Suhu Permukaan Laut. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(2): 166 – 176.

Yusuf, M. 2007. Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut Kawasan Taman Nasional Karimunjawa Secara Berkelanjutan. *Disertasi*. IPB. Bogor. 263hlm.