

Studi Pola Arus Di Kawasan Muara Sungai Banger Kota Pekalongan, Jawa Tengah

Naufal Shidqirrohman*, Gentur Handoyo, dan Aris Ismanto

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

Abstrak

Perairan Pekalongan terletak pada posisi geografis $109^{\circ}37'$ - $109^{\circ}42'$ BT dan $06^{\circ}50'$ - $06^{\circ}55'$ LS dan berlokasi di antara Laut Jawa dan Kota Pekalongan itu sendiri. Sungai Banger di kota Pekalongan merupakan satu dari sekian sungai yang terdapat aktivitas industri yang terdapat di sempadan sungai. Sungai Banger berperan sebagai kanal karena menjadi sudetan dari Sungai Pekalongan yang diharapkan mampu mengatasi banjir yang berlangsung hampir setiap tahun. Maka dari itu realita yang terlihat secara fisik dari Sungai Banger digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kondisi Perairan Pekalongan. Penelitian ini bertujuan guna meninjau pola pergerakan arus permukaan di di Muara Sungai Banger. Metode yang digunakan merupakan pendekatan model hidrodinamika untuk memperoleh hasil pola pergerakan arus dalam visualisasi 2D. Verifikasi kesesuaian model dilakukan melalui perbandingan dengan hasil pengukuran lapangan yang dilakukan 6 April – 9 April 2021. Pengukuran arus dilakukan dengan menerapkan metode *eulerian* menggunakan instrumen ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Hasil simulasi pola arus ini berupa *area series* dan juga *vector* dari hasil arah arus tersebut. Hasil penelitian membuktikan kecepatan arus minimum 0,016 m/s dan arus maksimum 0,281 m/s. Arah arus laut cenderung bergerak ke arah barat dengan kecepatan persentase terbesar pada kecepatan 0,05 – 0,1 m/s dan 0,15 – 0,2 m/s dengan masing-masing persentase 36,36% dan 32,72%.

Kata kunci: Hidrodinamika 2D, Muara Sungai Banger, Pola Arus, Pasang Surut

Abstract

Study of Currents Patterns in the Banger River Estuary Area, Pekalongan City, Central Jawa

Pekalongan waters are located at a geographical position of $109^{\circ}37'$ – $109^{\circ}42'$ E and $06^{\circ}50'$ – $06^{\circ}55'$ S and are located between the Java Sea and Pekalongan City itself. The Banger River in the city of Pekalongan is one of the many rivers where there is industrial activity on the river borders. The Banger River acts as a canal because it is a corner of the Pekalongan River, which is expected to be able to overcome the floods that occur almost every year. Therefore, the physically visible reality of the Banger River is used as a reference to determine the condition of Pekalongan waters. This research aims to review the movement patterns of surface currents at the Banger River Estuary. The study employs a hydrodynamic model approach to visualize current movement patterns in two dimensions. Verification of model suitability was carried out by comparing the results of field measurements carried out from April 6–9, 2021. We applied the Eulerian method to carry out current measurements using the ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) instrument. The simulation results of this current pattern are in the form of an area series and a vector of the results of the current direction. The research results prove that the minimum current speed is 0.016 m/s and the maximum current speed is 0.281 m/s. The direction of ocean currents tends to move westward with the largest percentage speed at speeds of 0.05–0.1 m/s and 0.15–0.2 m/s, with respective percentages of 36.36% and 32.72%.

Keywords: 2D Hydrodynamic, Banger River Estuary, Current Pattern, Tide

PENDAHULUAN

Perairan Pekalongan di lewati oleh beberapa sungai, salah satunya sungai Banger. Sungai menjadi satu dari sekian jenis media sebagai tempat tinggal organisme yang ada di dalamnya, sering ditemukan adanya masalah penurunan kualitas perairan karena dampak dari aktifitas manusia, contohnya yakni perindustrian yang berdiri di sekitar wilayah aliran Sungai. Muara Sungai Banger di kota Pekalongan adalah salah satu sungai yang terdapat aktivitas perindustrian di sempadan sungai (Lazuardi, 2022). Sungai Banger difungsikan sebagai kanal karena menjadi sudetan dari Sungai Pekalongan, upaya tersebut dimaksudkan guna mengatasi

banjir yang berlangsung hampir setiap tahun. Maka dari itu parameter fisik pada Sungai Banger digunakan sebagai landasan dalam meninjau keadaan Muara Sungai Banger tersebut.

Muara Sungai Banger apabila dilihat secara geografis banyak terdapat banyak pemukiman penduduk, pertambangan, pertanian, aktivitas perikanan dan industri rumahan maupun industri skala besar. Hal ini menjadikan daya tarik untuk menganalisis pola hidrodinamika di perairan tersebut. Menurut Wahyudi (2022) daerah muara sungai mempunyai karakteristik hidrodinamika yang kompleks karena pertemuan antara lingkungan laut dan darat. Studi mengenai pola pergerakan arus perlu diketahui sebagai informasi yang membantu terkait navigasi alur pelayaran (Pratomo, 2020). Informasi mengenai pola pergerakan arus juga berguna dalam melaksanakan berbagai pembangunan struktur bangunan laut di wilayah pesisir (Saputra, 2017).

Penelitian ini dilakukan kajian arus di Muara Sungai Banger melalui pendekatan hidrodinamika. Penelitian ini untuk mengukur arah serta kecepatan arus musim peralihan I di perairan Pekalongan dengan menggunakan ADCP. Kajian diperlukan untuk diteliti secara berskala agar penelitian arus ini dapat dijadikan referensi oleh pemerintah setempat untuk melakukan pengembangan pelabuhan di Muara Sungai Banger.

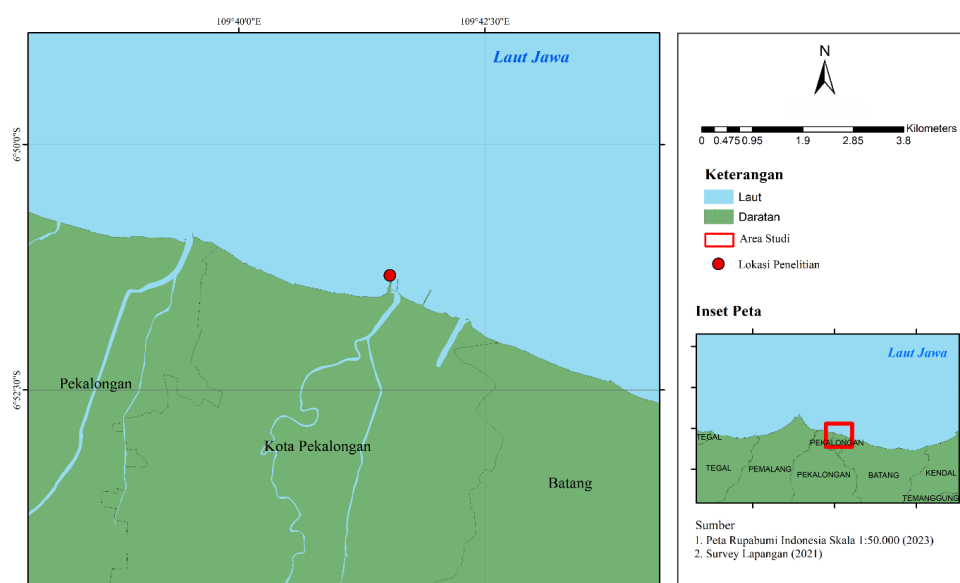
MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Data yang dirujuk dalam analisis ini mencakup data primer, yaitu data arus yang didapatkan langsung pada lokasi penelitian melalui metode *eulerian* dengan *ADCP*, sedangkan data sekunder merupakan data pasang surut yang didapat melalui Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2021, data Batimetri Nasional (BATNAS) dari Badan Informasi Geospasial tahun 2021 dan Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:50.000 tahun 2023 publikasi BIG serta data angin bulan Maret hingga April melalui website *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). *ADCP* diletakkan pada koordinat $6^{\circ}48'20.30''\text{LS}$ dan $109^{\circ}42'58.54''\text{BT}$ (Gambar 1) guna melakukan pengukuran terhadap arah dan kecepatan arus yang diukur dalam kurun waktu 3 hari.

Pengukuran dan Pengolahan Data Arus

Data arus diperoleh pada bulan April 2021 melalui penerapan akuisisi data dari *ADCP* di Muara Sungai Banger. Data yang diperoleh adalah nilai kecepatan arus dan arah pergerakan arus yang kemudian diolah secara lebih lanjut untuk kemudian didapatkan wujud *current rose*.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Muara Sungai Banger

Pengukuran dan Pengolahan Pasang Surut

Badan Informasi Geospasial dirujuk guna mendapatkan data pasang surut, lokasi stasiun pengambilan dalam koordinat 6°48'20.30" LS dan 109°42'58.54" BT. Pasang surut dalam kurun 29 hari pada interval 60 menit di tanggal 8 Maret – 9 April 2021. Metode *admiralty* diterapkan guna mengolah data pasang surut yang menghasilkan komponen harmonik pasang surut, ini meliputi amplitudo (A), S₀, M₂, S₂, N₂, K₁, O₁, M₄, MS₄, K₂, P₁. Hasil akhir didapatkan LLWL, HHWL, LWL, HWL, MSL serta *Formzhal* guna meninjau tipe pasang surut.

Pengukuran dan Pengolahan Angin

Resolusi spasial menerapkan sistem *grid* dengan ukuran 0,125° x 0,125° yakni kurang lebih 13,87 x 13,87 km. Data angin yang dirujuk adalah hasil data di bulan Maret sampai bulan April 2021 dengan interval 1 jam. Adapun aplikasi yang digunakan untuk mengolah data yaitu *software Microsoft Excel* yang dikategorikan menurut musim yang dikaji guna memperoleh sebuah titik koordinat yang berbentuk *Text* (.txt). Hasil yang didapat selanjutnya diolah dengan *WR Plot View* guna memperoleh keadaan dominan angin berbentuk *windrose*.

Pengukuran dan Pengolahan Batimetri

Peta batimetri BATNAS dirujuk guna memperoleh data batimetri. Pengolahan data dijalankan memakai perangkat lunak *ArcGIS* yang disimpan dengan format ekstensi (.xyz). Data yang diperoleh berisikan data kedalaman laut dengan satuan meter dan data koordinat bujur dan lintang pada satuan *Decimal Degree*. Data difungsikan sebagai batimetri untuk menjadi inputan model.

Pemodelan Hidrodinamika

Pemodelan hidrodinamika dengan modul *Flow Model Flexible Mesh* diaplikasikan guna menganalisis data arus. *Unstructured Triangular Mesh* merupakan jenis mesh yang digunakan pada modul ini. Amrillah *et al.* (2014) mengungkapkan bila model Hidrodinamika 2D memuat dua persamaan pembangun yang mengikuti persamaan kontinuitas dan persamaan momentum sebagaimana yang ditampilkan dalam formula 1, 2, serta 3.

1. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

1

2. Persamaan Momentum

Pada Sumbu X

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

2

Pada Sumbu Y

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

Adapun sejumlah tahapan dalam pengolahan model numerik antara lain:

1. *Pre-Processing Model*, mencakup penyiapan data batimetri serta pengolahan *unstructured triangular mesh*.
2. *Processing Model*, *set up* nilai koefisien paramater model di bagian model *control*.
3. *Post Processing Model*, berbentuk hasil simulasi numerik guna memverifikasi data

Verifikasi Model

Hasil data model dibandingkan dengan data hasil pengamatan langsung guna menghitung tingkat keakuratan model yang disajikan dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Nilai error yang rendah mengindikasikan variasi nilai yang diperoleh dari sebuah model prakiraan mendekati variasi nilai observasi yang didapat dan klasifikasi nilai RMSE dapat dilihat pada (Tabel 1). Menurut Gorlov (1998) dalam Ismanto *et al.* (2019) nilai RMSE sendiri didapat melalui penjumlahan kuadrat selisih antara nilai pengukuran yang dinilai benar dengan hasil simulasi model, kemudian hasil yang diperoleh dilakukan pembagian dengan jumlah seri data lalu diakarkan. Berikut rumus perhitungan RMSE:

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

Keterangan :

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

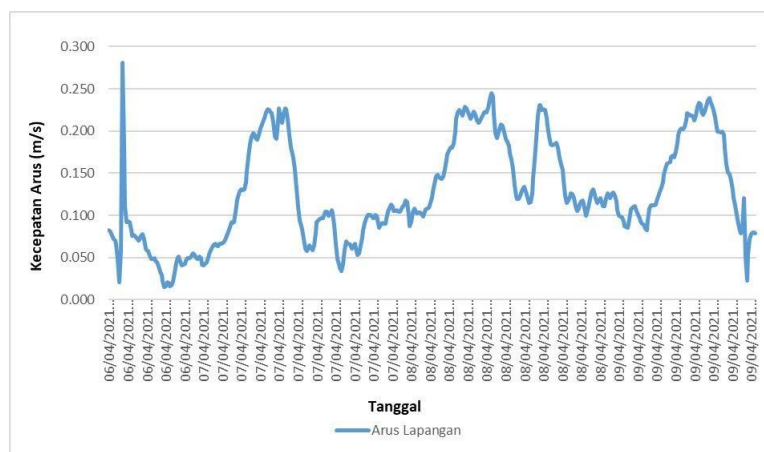
Tabel 1. Klasifikasi nilai RMSE

| RMSE | TINGKAT KESALAHAN |
|---------------|-------------------|
| 0,00 – 0,299 | Kecil |
| 0,299 – 0599 | Sedang |
| 0,599 – 0,899 | Besar |
| >0,899 | Sangat Besar |

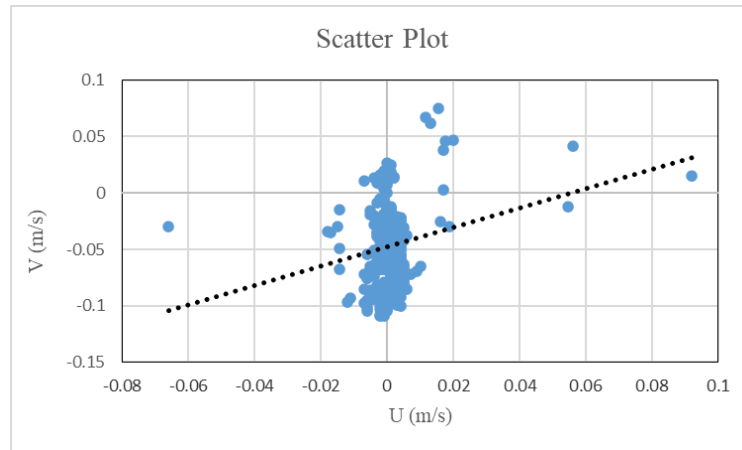
HASIL DAN PEMBAHASAN

Arus Laut

Kecepatan arus permukaan di Muara Sungai Banger pada memiliki rata – rata senilai 0,127 m/s, sedangkan kecepatan maksimumnya senilai 0,281 m/s dan kecepatan minimumnya senilai 0,016 m/s dan fluktuasi kecepatan arus dimuat dalam (Gambar 2). Arus laut memuat data besaran kecepatan serta arah arus yang ditampilkan melalui *scatter plot* guna memproyeksikan komponen V yakni sebaran kecepatan serta arah arus laut dengan kecepatan arus pada arah utara – selatan dan komponen U yakni kecepatan arus pada arah timur – barat (Ismunarti, 2016). Pergerakan arus di Perairan Pekalongan yang mengarah dari berbagai arah dengan pola arus laut yang bergerak mengarah ke timur. Pasang surut mendominasi arus di perairan ini sebab adanya siklus pasang surut. Berdasarkan garis lintangnya, diketahui bila pergerakan arus pasang surut umumnya berlangsung kontinyu dengan satu arah berubah ke arah yang sebaliknya, maupun pergerakan arus umumnya senantiasa mengalami perubahan dalam interval waktu tertentu (Ranadipura, 2019). Pasang surut selain berlangsung pada bagian permukaan namun juga turut mencakup keseluruhan air, serta memuat energi teramat besar. Nuriyati *et al.* (2019) mengungkapkan bila angin dan pasang surut memiliki andil besar dalam mempengaruhi kecepatan arus pada bagian permukaan air. Arus pasang surut mempunyai arah bolak – balik, saat permukaan air bergerak naik maka air akan mengalir masuk menuju Sungai Banger Pekalongan, sementara ketika permukaan air turun air maka air akan mengalir keluar menuju Laut Jawa.



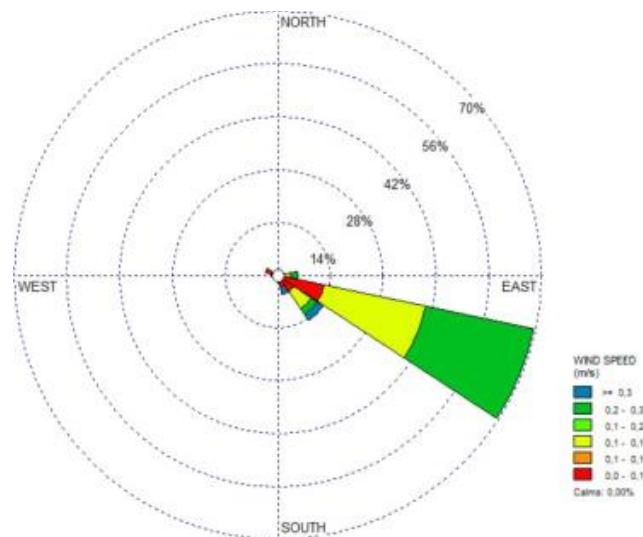
Gambar 2. Kecepatan Arus Lapangan Muara Sungai Banger



Gambar 3. Scatter Plot

Tabel 2. Frekuensi Distribusi Arah dan Kecepatan Arus

| Arah Arus | Kecepatan Arus (m/s) | | | | | | Total (%) |
|-----------|----------------------|------------|------------|------------|------------|---------|-----------|
| | 0,0 - 0,05 | 0,05 - 0,1 | 0,1 - 0,15 | 0,15 - 0,2 | 0,2 - 0,25 | >= 0,25 | |
| U | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TL | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| T | 0,00 | 18,18 | 0,00 | 14,54 | 0,00 | 0,00 | 32,72 |
| TG | 0,00 | 16,36 | 0,00 | 18,18 | 0,00 | 0,00 | 38,18 |
| S | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,63 | 0,00 |
| BD | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| B | 0,00 | 1,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,81 |
| BL | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sub Total | 0,00 | 36,36 | 0,00 | 32,72 | 0,00 | 3,63 | 72,71 |
| Calms | | | | | | | 27,29 |
| Total | | | | | | | 100,00 |



Gambar 4. Current Rose Muara Sungai Banger

Dominasi arah arus ditinjau melalui *current rose* pada kedalaman permukaan laut. *Current rose* menampilkan bila arus cenderung dominan ke arah Tenggara dengan total hingga 38,18% dan pada kecepatan 0,05 – 0,1 m/s.

Pasang Surut

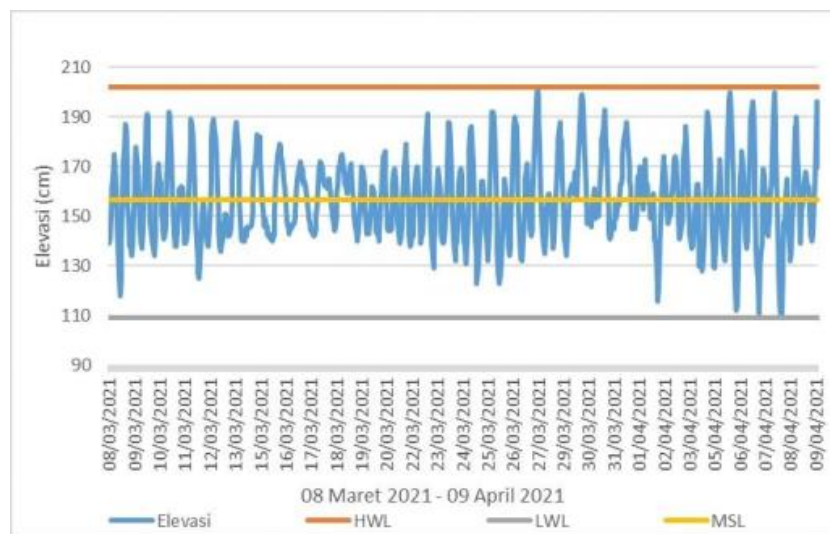
Analisa harmonik komponen pasang surut dijalankan menggunakan *software* ERGTIDE guna memperoleh nilai amplitudo dan fase atas masing-masing komponen pasang surut yang hasilnya bisa dilihat pada (Tabel 3). Pada (Tabel 4) nilai kedudukan pasang surut di Muara Sungai Bangermuat LLWL, HHWL, serta MSL. Metode *Least Square* diaplikasikan guna mengolah data pasang surut, data yang diperoleh yakni nilai *Formzhal* sejumlah 1,095. Hasil ini mengindikasikan tipe pasang surut pada Muara Sungai Banger merupakan tipe pasang surut campuran.

Tabel 3. Komponen Harmonik Pasang Surut Muara Sungai Banger

| | S0 | M2 | S2 | N2 | K1 | O1 | M4 | MS4 | K2 | P1 |
|--------|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| A (cm) | 157 | 13 | 11 | 5 | 19 | 7 | 0,4 | 0,4 | 5 | 9 |
| g° | | -1 | 159 | 34 | 184 | 119 | 19 | 163 | 37 | 257 |

Tabel 4. Data Kedudukan Air Laut

| Kedudukan Air Laut | Amplitudo (cm) |
|--------------------|----------------|
| MSL | 173 |
| HHWL | 273 |
| LLWL | 103 |



Gambar 5. Grafik Pasang Surut BIG Muara Sungai Banger

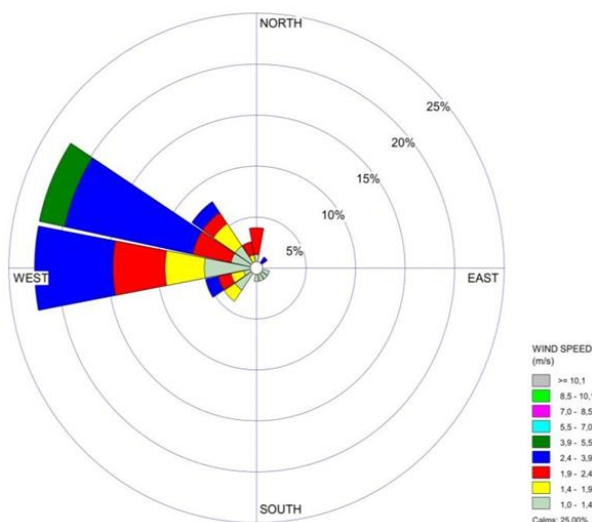
Berdasarkan perhitungan pasang surut dengan metode *Least Square* di Muara Sungai Banger diperoleh HHWL atau nilai muka air laut paling tinggi sejumlah 273 cm, nilai muka laut paling rendah (LLWL) sejumlah 103 cm serta nilai muka air laut rerata (MSL) sejumlah 173 cm. Kondisi Muara Sungai Banger nyaris menyerupai hasil temuan Hidayat *et al.* (2022) yakni nilai laut rerata (MSL) 170,53 cm.

Angin

Kecepatan dan arah angin ditunjukkan melalui *windrose* yakni keadaan distribusi arah dan kecepatan angin di Muara Sungai Banger di musim peralihan I (Maret – April). Adapun (Tabel 5) dan (Gambar 6) menampilkan proyeksi distribusi arah serta kecepatan angin dalam sebulan yakni per bulan April 2021.

Tabel 5. Frekuensi Arah dan Kecepatan Angin

| Arah Angin | Kecepatan Angin (m/s) | | | | | | Total (%) |
|------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------|
| | 0,0 - 1,0 | 1,0-2,0 | 2,0-3,0 | 3,0-4,0 | 4,0-5,0 | >= 5,0 | |
| U | 3,94 | 2,63 | 2,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,21 |
| TL | 3,94 | 0,00 | 1,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,26 |
| T | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TG | 0,00 | 2,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,63 |
| S | 1,31 | 2,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,94 |
| BD | 9,21 | 6,57 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,78 |
| B | 1,31 | 9,21 | 5,26 | 5,26 | 2,63 | 0,00 | 35,52 |
| BL | 5,26 | 10,52 | 6,57 | 6,57 | 0,00 | 0,00 | 27,63 |
| Sub Total | 25,00 | 34,21 | 26,31 | 11,84 | 2,63 | 0,00 | 99,97 |
| Calms | | | | | | | 0,03 |
| Total | | | | | | | 100,00 |



Gambar 6. Wind Rose Muara Sungai Banger

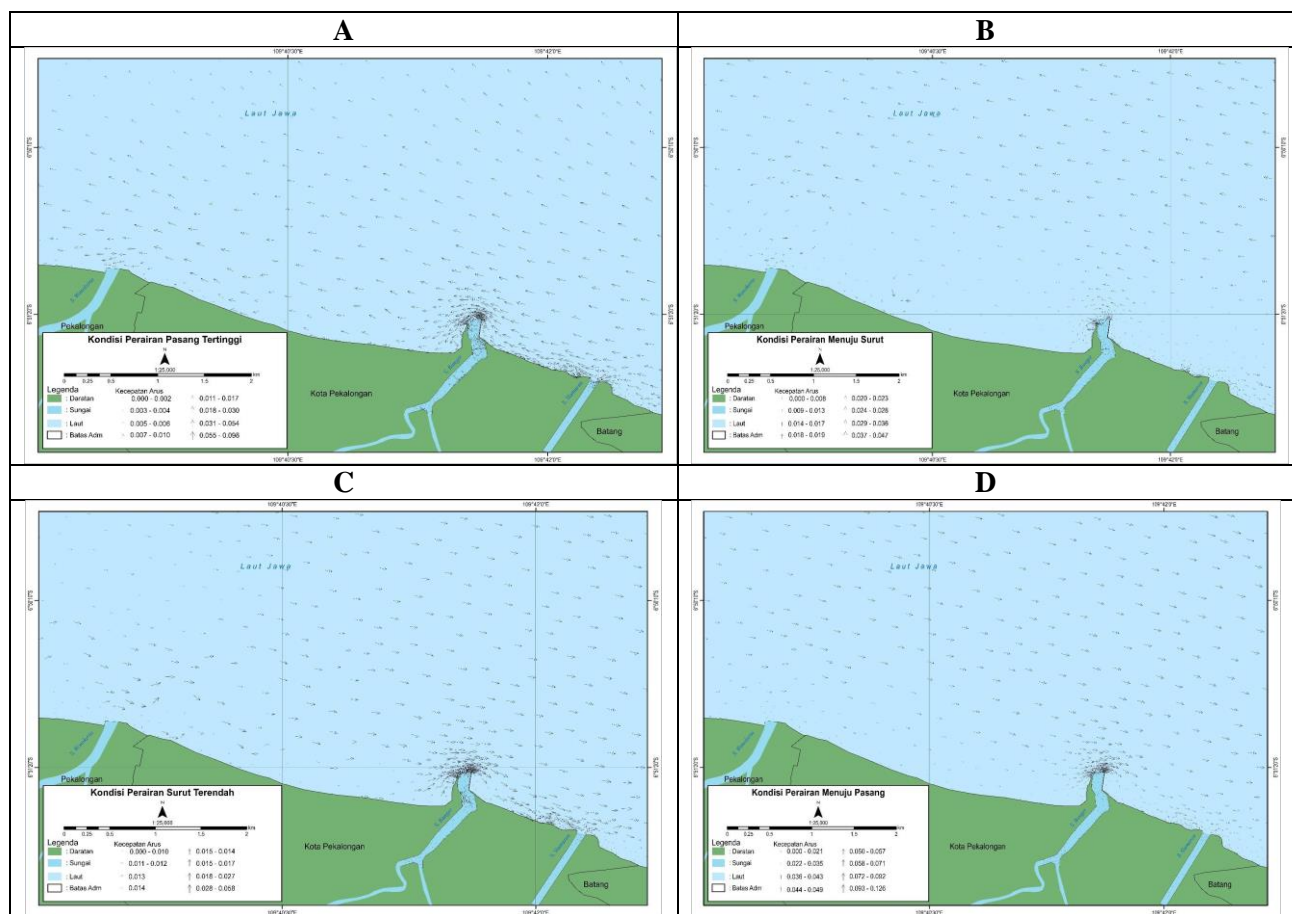
Angin cenderung bertiup dari arah barat dengan total persentase frekuensi 35,52%, variasi angin dari arah barat daya persentase 15,78% dan variasi angin dari arah barat laut persentase frekuensi 27,63%. Arah angin lain yang memiliki persentase di bawah 10% adalah dari arah utara, timur laut, tenggara, selatan dengan frekuensi 9,21%; 5,26%; 2,63%; dan 3,94% serta angin *calm* senilai 0,03%. Kecepatan angin terbesar selama pengamatan yaitu 4,63 m/s dari arah barat.

Verifikasi Model Hidrodinamika

Perbandingan atas data arus hasil pengukuran di lapangan serta data arus hasil model menurut waktu serta titik yang sama dijalankan guna memverifikasi model hidrodinamika. Hal ini bertujuan guna meninjau apakah hasil simulasi dan model mendekati kondisi riil di lapangan. Nilai RMSE yang didapatkan dari komponen U dan V berturut-turut adalah 14% dan 5%. Mengacu pada hasil verifikasi nilai RMSE dengan klasifikasi Moriasi *et al* (2007), dapat diketahui bila tingkat kesalahan adalah kecil dan diklasifikasikan sebagai kondisi sangat baik.

Pola Arus Model di Muara Sungai Banger

Pengolahan data arus di Muara Sungai Banger dilakukan menggunakan simulasi model *MIKE21* dengan menggunakan Modul *Flow Model FM*. Simulasi model arus dilakukan pada tanggal 12 Maret 2021 hingga 19 April 2021 dengan dimajukan selama 7 hari karena pada dasarnya pada model 7 hari pertama hasil model masih fluktuatif atau tidak stabil. Menurut Fadilah (2014) simulasi model pola arus dikategorikan dalam 4 (empat) waktu utama, yakni keadaan pola arus ketika pasang menuju surut, pasang tertinggi, surut terendah serta surut menuju pasang untuk mengetahui fenomena arus yang dibangkitkan oleh pasang surut secara komprehensif. Kecepatan arus maksimum ketika pasang tertinggi sejumlah 0,090 m/s (Gambar 10) serta ketika pasang menuju surut sejumlah 0,056 m/s (Gambar 11), ketika pasang menuju surut dan pasang tertinggi arus dominan mengarah ke barat laut dan utara. Selain itu, kecepatan arus saat surut terendah sejumlah 0,056 m/s (Gambar 12) dan ketika surut menuju pasang sejumlah 0,120 m/s (Gambar 13), saat kondisi surut terendah dan ketika surut menuju pasang dominan mengarah ke arah utara dan tenggara.



Gambar 7. Pola Arus permukaan (A) Pasang tertinggi, (B) Pasang menuju Surut, (C) Surut terendah, (D) Surut menuju Pasang

Pola arus berdasarkan model ini untuk simulasi keadaan arus dilokasi pada waktu tertentu dan dapat dideskripsikan. Berdasarkan hasil didapat pola arus yang diperoleh dalam pemodelan ini memuat variasi arah serta kecepatan dalam masing-masing kondisi. Hasil simulasi pola arus ini berupa *area series* dan juga *vector* dari hasil arah arus tersebut. Brown *et al.* (1989) mengungkapkan bila kecepatan arus pasut minimum berlangsung surut terendah maupun ketika pasang pasang tertinggi. Hal ini berdampak pada perubahan kecepatan dan arah arus pasang surut yang diistilahkan sebagai fenomena *slack water* sebagaimana pengertiannya dalam penelitian Wisna dan Situmeang (2020), yang mengungkapkan bila arus menuju pasang maupun surut adalah keadaan dengan kecepatan arus yang kencang namun kecepatan akan menjadi 0 m/s saat

pasang dan surut titik tertinggi maupun terendah sehingga akan terjadi perubahan arus menjadi arus balik. Berdasarkan hasil pemodelan, arah arus dalam empat kondisi bergerak dominan ke arah barat laut, utara, serta tenggara. Kecepatan arus yang didapatkan ketika kondisi pasang dan surut lebih rendah dibandingkan keadaan surut menuju pasang dan sebaliknya. Menurut Asatidz et al., (2021), hal tersebut dipicu oleh keadaan menuju pasang dan menuju surut akan mengakibatkan terjadinya kecepatan arus yang lebih tinggi, sementara arus umumnya diam dalam keadaan pasang dan surut, dan akan terjadi pergerakan bila elevasi muka air laut mengalami perubahan. Temuan ini turut dikuatkan dengan penelitian Brown et al., (2001), yang mengungkapkan bila kecepatan arus pasang surut minimum akan berlangsung ketika pasang terendah dan surut terendah. Sedangkan kecepatan maksimum akan terjadi ketika keadaan surut menuju pasang maupun pasang menuju surut.

KESIMPULAN

Mengacu pada penelitian yang dilakukan, bisa disimpulkan bila kecepatan arus laut lapangan di Muara Sungai Banger mempunyai kecepatan rata – rata senilai 0,127 m/s dan pada hasil simulasi model menghasilkan kecepatan arus senilai 0,083 m/s. Arah arus laut umumnya cenderung bergerak ke arah barat dengan kecepatan persentase terbesar pada kecepatan 0,05 – 0,1 m/s dan juga 0,15 – 0,2 m/s dengan masing-masing persentase 36,36% dan juga 32,72%. Muara Sungai Banger memiliki pola arus yang bergerak secara berubah arah (bolak – balik). Verifikasi model hidrodinamika perhitungan RMSE ialah 0,014 dan juga 0,005 pada komponen u dan v .

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.
- Asatidz, S., Satriadi, A., Ismanto, A., Setiyono, H., & Purwanto, P. (2021). Pemodelan Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Pelabuhan Branta, Pamekasan. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1), 64–75. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoce/article/view/10184>
- 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.
- Brown, E., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., & Wright, J. (2001). *Ocean Circulation Second Edition*. Butterworth-Heinemann.
- Fadilah, S., dan D. P. Sasongko. 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 6(1): 1–12.
- 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.
- 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*, Vol 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
- Lazuardi, M. F., Maslukah, L., & Widada, S. (2022). Analisis Karbon Organik Total Pada Sedimen Dasar di Muara Sungai Banger Pekalongan Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(3), 86-95.
- 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 Engineers*, 50(3): 885–900.
- Pratomo, D. G., Rinaldi, M., & Aziz, F. 2020. Optimasi Penggunaan Sediment Trap pada Alur Pelayaran Barat

Surabaya Menggunakan Pemodelan Transpor Sedimen. *Geoid*, 15(2), 228–239.

- Saputra, V. H., Rifai, A., & Kunarso. 2017. Variabilitas Musiman Pola Arus di Perairan Surabaya Jawa Timur. *Journal of Oceanography*, 6(1), 439–448. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/joce/article/view/20203>
- Wahyudi, N. R., Wahyudi, S. I., Husni, F., & Subagyo, A. 2022. Wave and sedimentation simulation of jetty construction to protect estuary, case study in Batang, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 955, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- 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.
- Ranadipura, A., Sugianto, D. N., Atmodjo, W., Suryoputro, A. A. D., Subardjo, P., & Widiaratih, R. 2019. Pola Arus Di Perairan Kabupaten Jepara. *Indonesian Journal of Oceanography*, 1(1), 13-25.
- 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.