

## Analisis Model dan Pola Pesebaran Makroplastik pada Musim Barat Tahun 2023 di Perairan Semarang

Olivia Rebeka Vera Wati Sinaga<sup>1\*</sup>, Aris Ismanto<sup>2</sup> dan Muslim<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Oseanografi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang. 50275

Email: \*oliviasinaga5@gmail.com

### Abstrak

Sampah laut merupakan salah satu masalah lingkungan di wilayah pesisir dan laut Indonesia, terutama sampah makroplastik. Kota Semarang merupakan kota besar dengan berbagai aktivitas yang menghasilkan banyak sampah setiap harinya. Meningkatnya jumlah penduduk dapat berdampak pada bertambahnya jumlah sampah yang tidak dikelola dengan baik dan berpotensi menjadi sampah laut. Sebagian besar sampah yang dihasilkan adalah sampah plastik. Hal ini menjadikan satu masalah, sampah plastik membutuhkan waktu cukup lama bahkan sampai ratusan tahun untuk dapat terurai. Makroplastik yang terbawa dari badan sungai memiliki pola pergerakan yang menyebabkan sampah tersebut dapat tertransport sampai ke laut dan menyebabkan pencemaran laut. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sebaran makroplastik yang bergerak berdasarkan pola hidrodinamik Pada Musim Barat Tahun 2023 di Perairan Semarang. Penelitian dilaksanakan menggunakan pendekatan kuantitatif pada bulan Desember 2023 di Perairan Semarang. Pengambilan sampel dilakukan dengan bantuan transek kuadran 1x1m, sementara itu pola dan sebaran sampah laut di Perairan Semarang dilakukan dengan menjalankan model hidrodinamika dan *particle tracking module* dari MIKE21. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil simulasi penyebaran sampah laut di Perairan Semarang yang bersumber dari Banjir Kanal Timur dan Banjir Kanal Barat sangat dipengaruhi oleh angin musim. Pada musim barat, saat pasang tinggi tertinggi maupun pasang tinggi terendah pola sebaran makroplastik di kedua sumber bergerak dari barat daya menuju timur perairan dan sebagian kecil ada juga yang bergerak ke arah utara. Kemudian pada saat surut rendah yang sangat rendah maupun surut rendah yang tinggi, pola sebaran makroplastik di kedua sumber bergerak dari timur menuju arah barat daya.

**Kata kunci :** Makroplastik, Pola dan Sebaran, Muara Sungai, Perairan Semarang

### Abstract

Marine waste is one of the environmental problems in Indonesia's coastal and marine areas, especially macroplastic waste. Semarang City is a big city with various activities that produce a lot of waste every day. The increase in population can have an impact on increasing the amount of waste that is not managed properly and has the potential to become marine waste. Most of the waste produced is plastic waste. This creates a problem, plastic waste takes a long time, even hundreds of years, to decompose. Macroplastics carried from river bodies have movement patterns that cause the waste to be transported to the sea and cause marine pollution. The aim of this research is to analyze the distribution of macroplastics that move based on hydrodynamic patterns in the 2023 West Season in Semarang waters. The research was carried out using a quantitative approach in December 2023 in Semarang Waters. Sampling was carried out using a 1x1m quadrant transect, while the pattern and distribution of marine debris in Semarang waters was carried out by running the hydrodynamic model and particle tracking module from MIKE21. The results of the research show that the simulation results of the distribution of marine waste in Semarang waters originating from the East Canal Flood and West Canal Flood are strongly influenced by the monsoon winds. In the west season, during the highest high tide and lowest high tide, the distribution pattern of macroplastics in both sources moves from the southwest towards the east of the waters and a small portion also moves northward. Then, at very low low tides and high low tides, the macroplastic distribution pattern in both sources moves from the east to the southwest.

**Keywords :** Macroplastics, Pattern and Distribution, River Estuary, Semarang Coastal Waters



## PENDAHULUAN

Permasalahan sampah di Indonesia hingga saat ini belum terselesaikan. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, jumlah sampah yang dihasilkan dari kegiatan manusia pun semakin bertambah. Sebagian besar sampah yang dihasilkan dari kegiatan manusia terdiri dari sampah organik, mencapai 60-70% dari total, sedangkan sisanya sekitar 30-40% adalah sampah non-organik. Sampah plastik merupakan jenis sampah non-organik yang paling dominan, dengan proporsi sebesar 14%, dan jenis sampah plastik yang paling umum adalah kantong plastik kresek (Purwaningrum, 2016).

Kota Semarang merupakan kota besar dengan berbagai aktivitas yang menghasilkan banyak sampah setiap harinya. Sampah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas di Semarang mencapai 15.671 ton/hari (Obbard *et al.*, 2014). Namun, dari seluruh sampah yang dihasilkan di Kota Semarang hanya sebanyak 4.006 ton/hari atau sekitar 25,77%, sedangkan selebihnya ada yang diolah menjadi pupuk atau produk kerajinan serta ada yang dibuang ke sembarang tempat termasuk di sungai (Purwaningrum, 2016). Sebagian besar sampah yang dihasilkan adalah sampah plastik. Hal ini menjadikan satu masalah, sampah plastik membutuhkan waktu cukup lama bahkan sampai ratusan tahun untuk dapat terurai. Dalam bentuk makro, sampah plastik juga dapat mengganggu kehidupan ekosistem laut karena dapat membuat hewan-hewan dilaut terjatuh dalam tumpukan plastik. Makroplastik yang terbawa dari badan sungai memiliki pola pergerakan yang menyebabkan sampah tersebut dapat tertransport sampai ke laut dan menyebabkan pencemaran laut (Marganita, 2022). Maka dari itu, perlu adanya informasi sebaran makroplastik di wilayah Perairan Semarang dengan harapan nantinya dapat dilakukan mitigasi penanggulangan dan pencegahan yang lebih bijak dari Pemerintah kota Semarang terkait tindak lanjut pengelolaan makroplastik tersebut.

Pergerakan sampah di atas permukaan laut dapat dipengaruhi oleh arus laut permukaan dan angin, sehingga dapat mengikuti pola gerakan tertentu seperti partikel-partikel lainnya. Penelitian dengan variabel yang bersifat dinamis tersebut dapat dilakukan dengan Pendekatan Pemodelan Hidrodinamika dan Trajektori. Pemodelan Hydrodynamic Module dapat memberikan gambaran mengenai pola arus di perairan lokasi penelitian dan Particle Tracking (PT) Module dapat memberikan gambaran terkait sebaran sampah laut yang mengapung pada permukaan dan bergerak akibat adanya interaksi dengan arus permukaan tersebut (Hugget *et al.*, 2021).

Sampah laut dapat menjadi ancaman yang paling berbahaya di dalam lingkungan laut. Sampah plastik umumnya terkonsentrasi pada daerah bibir pantai, permukaan laut, dan di dasar perairan. Permasalahan sampah laut di Perairan Semarang menjadi masalah yang belum terselesaikan. Hal ini didukung oleh pola hidup dan kesadaran masyarakat yang kurang menjaga kebersihan lingkungan. Hingga saat ini, belum ada penelitian lebih lanjut mengenai model simulasi trayektori sampah laut, pola persebarannya, dan timbulan sampah yang dihasilkan pertahun. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan pola sebaran makroplastik yang bergerak berdasarkan pola hidrodinamik Pada Musim Barat Tahun 2023 di Perairan Semarang. Penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan referensi dan rekomendasi alternatif mitigasi makroplastik di wilayah Perairan Semarang, sehingga arah pengelolaan sampah laut dapat dilakukan dengan optimal.

## MATERI DAN METODE

### Materi Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa jenis kantong plastik dan dilakukan pengukuran berat jenisnya. Sedangkan data sekunder berupa data angin Desember 2023 sampai Februari 2024, data batimetri dan garis pantai wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah dan data debit sungai.

### Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif, yang mana dalam pengolahan datanya menghasilkan angka-angka (Sugiyono, 2009). Dalam penelitian ini untuk mengetahui pola persebarannya dilakukan dengan menjalankan model dengan aplikasi MIKE 21. Pembuatan simulasi model sebaran makroplastik ini dimulai dari pembuatan *mesh* menggunakan data batimetri dari BIG, yang ditunjang data arus, data angin, dan data pasang surut. Kemudian menjalankan modul hidrodinamik dan setelah itu menjalankan modul *particle tracking* (Diasomo *et al.*, 2021).

### Metode Pengambilan Data

Sampel makroplastik dikumpulkan dengan bantuan transek 1x1m dan dimasukkan kedalam botol sampel berukuran 1 liter. Sampel sampah yang terkumpul dipisahkan hanya pada jenis kantong plastik, kemudian diukur berat jenisnya. Kemudian data yang diperoleh dimasukkan sebagai inputan model persebaran.

Data pasang surut di dapatkan dari situs [https://srgi.big.go.id/tides/p\\_gdr](https://srgi.big.go.id/tides/p_gdr). Elevasi pasang surut dari hasil simulasi hidrodinamika diverifikasi dengan data pengamatan pasang surut yang didapatkan dari BIG selama 31 hari pada periode musim barat yaitu bulan Desember. Data batimetri dan garis pantai didapatkan dari website Ina- GeoPortal (Indonesia Geospatial Portal) (<https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>). Data angin yang digunakan adalah data ASCAT (*Advanced Scaterometer*), yang diunduh melalui situs <https://resources.marine.copernicus.eu/>.

### Metode Pengolahan Data

Pengolahan data angin, batimetri, dan pasang surut dilakukan dengan menggunakan MIKE 21. Pada MIKE 21 dibutuhkan data batimetri dan garis pantai untuk membuat *mesh generator*. Lalu setelah *mesh* terbuat, pembuatan *tidal prediction of height* digunakan untuk mendapatkan data pasang surut prediksi. Data pasang surut prediksi digunakan sebagai data di syarat batas terbuka. Setelah semua data seperti angin, debit sungai dan pasut, file dibuat dengan *hydrodynamic module* untuk mendapatkan model, lalu pembuatan *particle tracking* dengan modul PT, setelah jadi hasil *particle tracking* dimasukkan kedalam *flow model*.

Masukan model yang digunakan adalah data angin serta data pasang surut per-jam bulan Desember 2023 dari hasil prediksi model MIKE 21, serta data batimetri dan data garis pantai dari BIG. Hasil pemodelan berupa arah dan kecepatan arus pada bulan Desember. Data arah dan kecepatan arus yang di dapatkan dari pemodelan menggunakan MIKE DHI kemudian dilakukan analisis persebaran partikel makroplastik dengan modul dari MIKE DHI yaitu modul *particle tracking*.

### Metode Validasi Data

Validasi data dilakukan dengan menggunakan metode RMSE (*Root Mean Square Error*) dan Bias. *Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dan Bias dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X_m - X_e)^2}{n}}$$

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^n X_e - X_m}{n}$$

Keterangan:

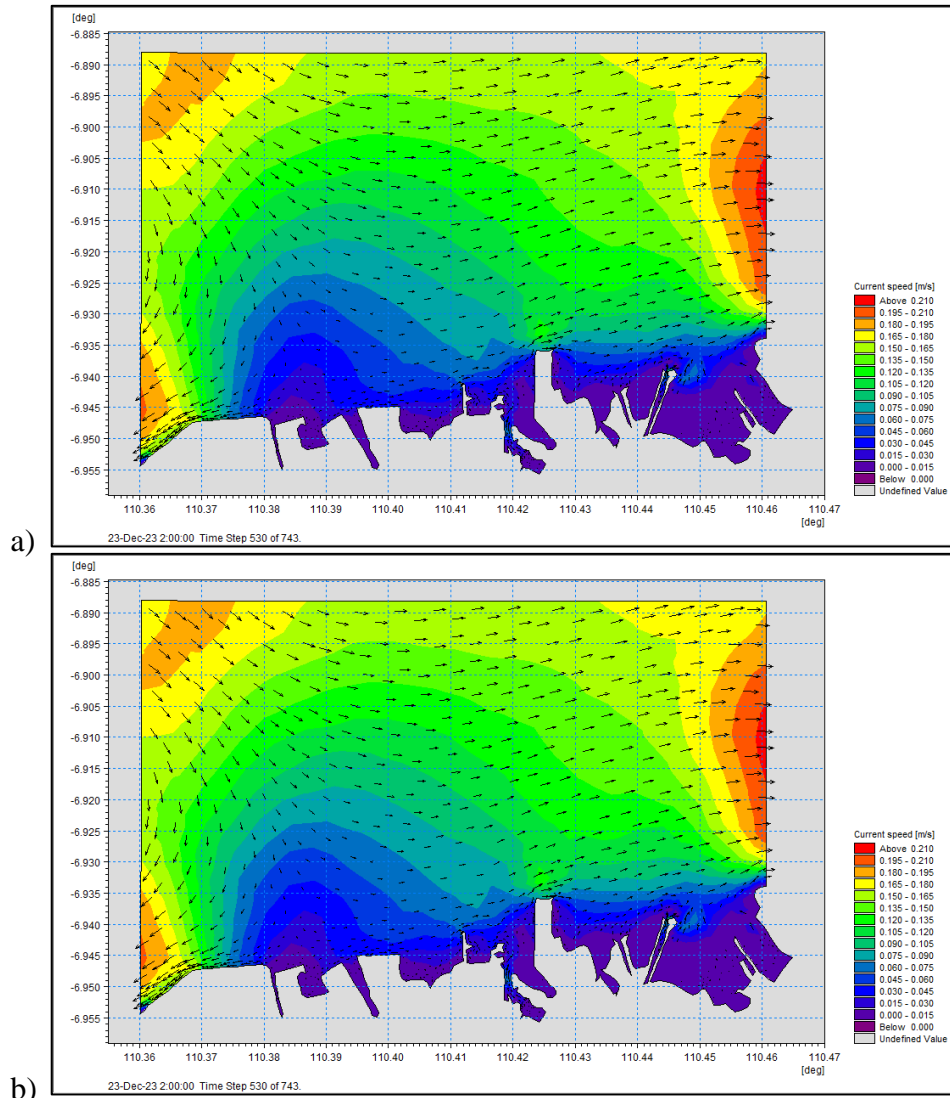
$X_e$  = Nilai hasil pengukuran lapangan yang dianggap benar

$X_m$  = Nilai hasil pengolahan

$n$  = Jumlah data

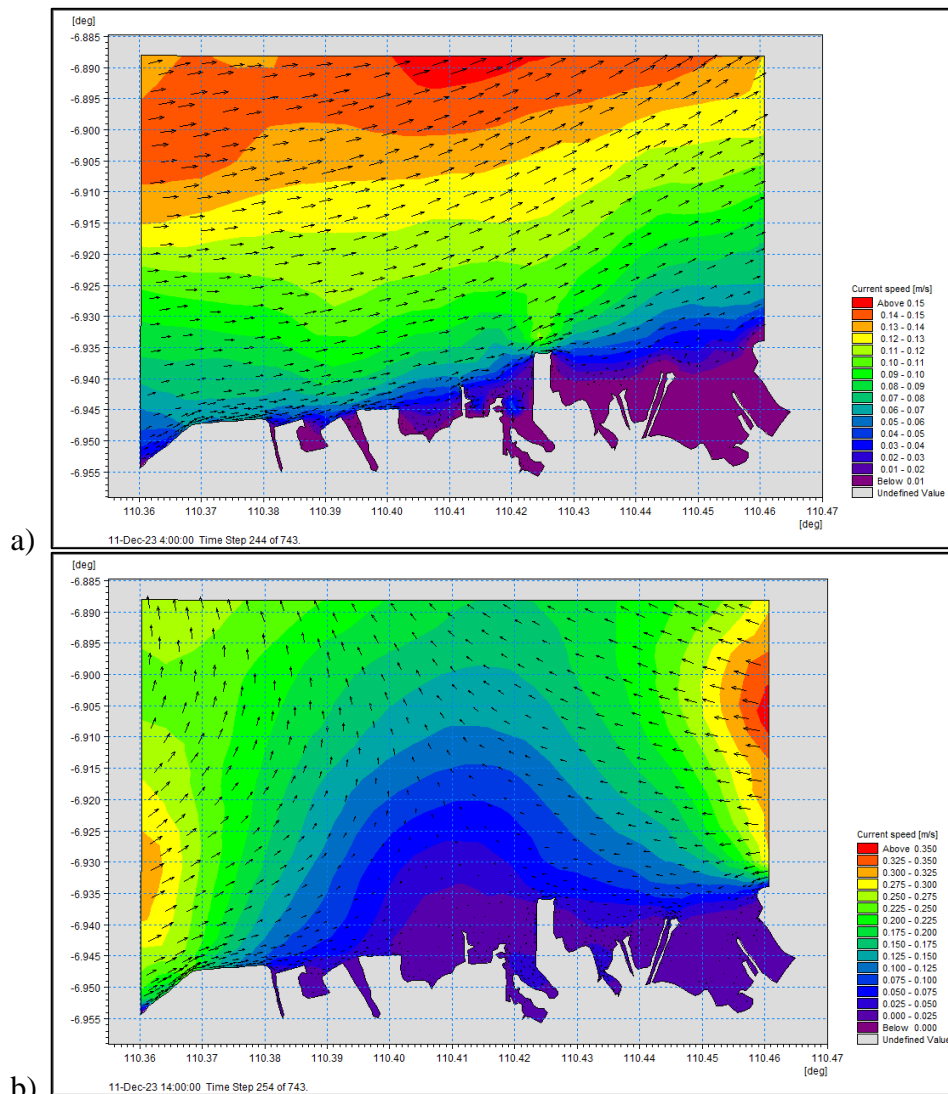
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan hidrodinamika pasang surut yang dihasilkan berupa vektor plot arus yang menunjukkan kecepatan dan juga arah arus. Hasil simulasi hidrodinamika pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** memperlihatkan pola arus pada saat pasang surut *spring tide* dan *neap tide* pada Perairan Semarang. Pengaruh pasang surut dapat menyebabkan kenaikan muka air, baik pada waktu air pasang maupun air surut. Pasang surut purnama (*spring tide*) menunjukkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan surut rendah yang sangat rendah. Pasang surut perbani (*neap tide*) menunjukkan pasang tinggi yang rendah dan surut rendah yang tinggi.



**Gambar 1.** Simulasi Hidrodinamika (a) Pasang, (b) Surut *Spring Tide* Desember 2023 di Perairan Semarang

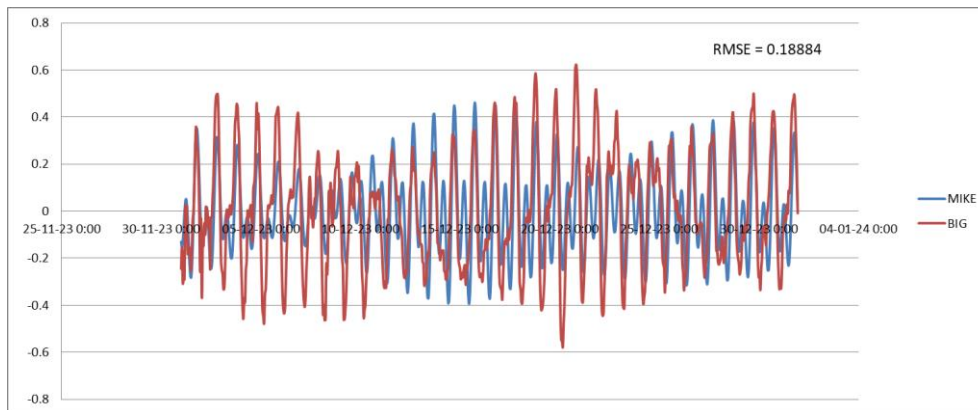
Pada tanggal 23 Desember 2023 pukul 19:00 WIB terjadi *spring tide* yang disajikan pada **Gambar 1** dengan kecepatan arus saat pasang tertinggi berkisar -0.02-0.06 m/s. Arah arus saat pasang pada bulan Desember 2023 di Perairan Semarang bergerak dari barat daya menuju timur perairan. Kecepatan arus di Perairan Semarang saat surut terendah berkisar 0.04-0.08 m/s. Arah arus saat surut pada bulan Desember 2023 di Perairan Semarang bergerak dari arah timur menuju arah barat daya.



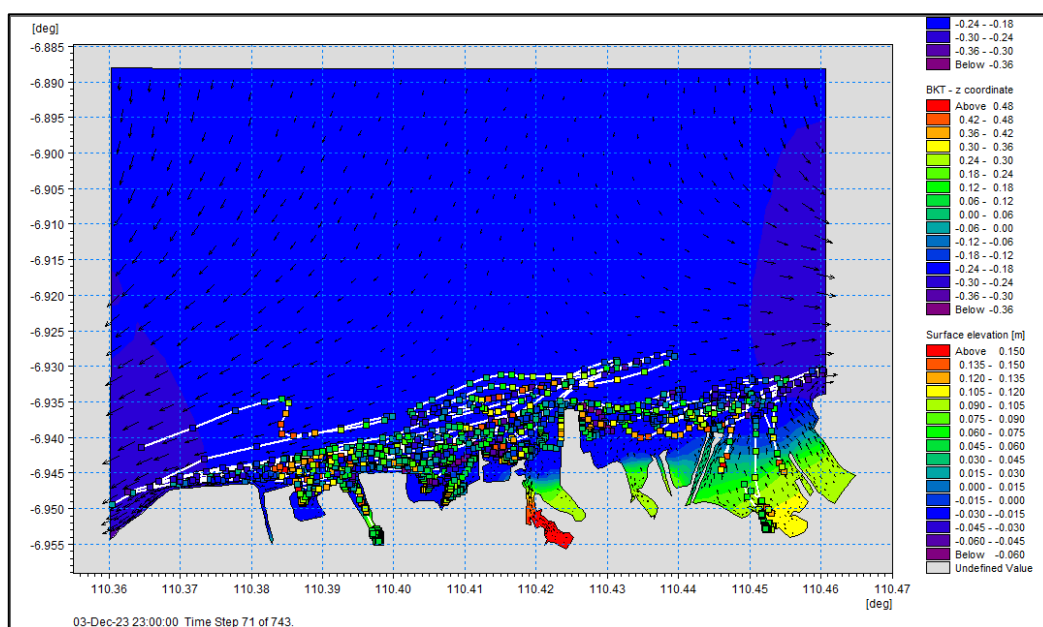
**Gambar 2.** Simulasi Hidrodinamika (a) Pasang, (b) Surut *Neap Tide* Desember 2023 di Perairan Semarang

Pada tanggal 11 Desember 2023 pukul 14:00 WIB terjadi *neap tide* yang disajikan pada **Gambar 2** dengan kecepatan arus pada saat pasang berkisar 0.015 m/s. Arah arus saat pasang pada bulan Desember *neap tide* 2023 di Perairan Semarang bergerak dari barat daya menuju timur perairan. Kecepatan arus di sekitar Perairan Semarang saat surut terendah berkisar 0.08-0.015 m/s. Arah arus *neap tide* saat surut pada bulan Desember 2023 di Perairan Semarang bergerak dari arah timur menuju barat daya.

Pasang surut yang didapat dengan pemodelan hidrodinamika telah dilakukan validasi dengan pasang surut dari BIG. Data elevasi pasang surut hasil pemodelan **Gambar 3** memiliki kemiripan dengan data elevasi pasang surut hasil observasi lapangan. Nilai RMSE dari hasil pemodelan yaitu 0,1888. Hasil nilai RMSE menunjukkan angka yang kecil, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat (Suprayogi *et al.*, 2014). Hal tersebut juga menunjukkan bahwa error dari data juga kecil. Elevasi pasang surut hasil model sudah menggambarkan elevasi pasang surut hasil observasi lapangan sehingga dapat digunakan sebagai nilai simulasi model hidrodinamika untuk sebaran makroplastik.



**Gambar 3.** Grafik RMSE Pasang Surut Desember 2023 di Perairan Semarang



**Gambar 4.** Pemodelan *Particle Tracking* di Perairan Semarang

Berdasarkan hasil model *particle tracking* yang didapatkan **Gambar 4** pergerakan makroplastik di Perairan Semarang dipengaruhi oleh pola sirkulasi arus laut. Pola sirkulasi arus laut ini juga dipengaruhi oleh gaya pembangkit arus, yaitu angin muson (Hapsari *et al.*, 2022). Pada saat pasang tinggi tertinggi maupun pasang tinggi terendah pola sebaran makroplastik yang bersumber dari Banjir Kanal Timur dan Banjir Kanal Barat bergerak dari barat daya menuju timur perairan, Perpindahan tersebut menyebabkan partikel sampah plastik pada periode ini berputar di daerah Utara Semarang ke arah timur. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan arus pada saat pasang yang lebih tinggi dari pada kecepatan arus pada saat surut. Sesuai dengan pernyataan Franchitika (2017), dalam penelitiannya menyatakan bahwa kecepatan arus cenderung naik pada saat laut mengalami transisi surut ke pasang tertinggi, dan bergerak ke arah timur pada musim barat. Pada saat permukaan air laut menuju pasang, air laut semakin tinggi sehingga kecepatan arus semakin cepat, sedangkan pada saat permukaan air laut surut, air laut semakin rendah sehingga kecepatan arus melambat (Zallesa dan Zaelani, 2020).

Berdasarkan hasil model *particle tracking* yang didapatkan **Gambar 4**, pada saat surut rendah yang sangat rendah maupun surut rendah yang tinggi, pola sebaran makroplastik yang bersumber dari Banjir Kanal Timur dan Banjir Kanal Barat bergerak dari timur menuju arah barat daya. Hal tersebut dipengaruhi oleh arus yang cenderung tidak beraturan di permukaan karena adanya gerakan oleh angin, dimana angin

cenderung mendorong lapisan air dipermukaan laut dalam. Namun karena pengaruh gaya coriolis arus tidak dapat bergerak searah dengan arah angin melainkan arah angin yang dibelokkan ke arah kanan di belahan bumi utara dan arah kiri di belahan bumi selatan (Azis, 2006). Persamaan pola persebaran sampah plastik yang bersumber pada daerah Banjir Kanal Timur maupun Barat sudah dipengaruhi oleh arus lokal yang menyebabkan makroplastik yang keluar akan dibelokkan sesuai kondisi arus di Banjir Kanal Timur maupun Barat. Didukung dengan penelitian Rahmadi *et al.* (2021), pola pergerakan arus di Sungai Banjir Kanal Barat mengikuti pola pasang surut arus lokal. Pada saat kondisi pasang dan surut menuju pasang, arus bergerak mendekati daratan. Sebaliknya, saat surut dan pasang menuju surut, arus bergerak menjauhi daratan menuju ke laut lepas. Hal tersebut disebabkan pada saat pasang dan surut menuju pasang, muka air laut mengalami kenaikan dan mendekati wilayah daratan sehingga pola arus ditunjukkan bergerak dari laut menuju darat. Sedangkan pada saat surut dan pasang menuju surut, muka air laut mengalami penurunan sehingga air laut akan bergerak menjauhi daratan sehingga pola arus bergerak dari daratan menuju laut lepas. Pada saat surut terendah dan pasang tertinggi terjadi pasang surut minimum, berbeda dengan kondisi pada saat transisi surut menuju pasang dan pasang menuju surut terjadi pasang maksimum. Hal ini terjadi akibat saat kondisi pasang dan surut, arus cenderung diam dan akan bergerak ketika terdapat perubahan tinggi muka air, sehingga kecepatan arus lebih tinggi saat transisi pasang menuju surut maupun surut menuju pasang.

## KESIMPULAN

Pola sebaran makroplastik di Perairan Semarang dipengaruhi dan didominasi oleh arus dan angin musim. Pada musim barat, saat pasang tinggi tertinggi maupun pasang tinggi terendah pola sebaran makroplastik yang bersumber dari Banjir Kanal Timur dan Banjir Kanal Barat bergerak dari barat daya menuju timur perairan dan sebagian kecil ada juga yang bergerak ke arah utara. Kemudian pada saat surut rendah yang sangat rendah maupun surut rendah yang tinggi, pola sebaran makroplastik yang bersumber dari Banjir Kanal Timur dan Banjir Kanal Barat bergerak dari timur menuju arah barat daya. Pola persebaran sampah plastik dari kedua sumber sungai sama-sama dipengaruhi oleh arus lokal yang menyebabkan makroplastik yang keluar dibelokkan sesuai kondisi arus di Banjir Kanal Timur maupun Barat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azis, M. F. 2006. Gerak Air Laut. *Oseana LIPI*, 31(4): 9-21.
- Diastomo, H., T. Suprijo, dan I. M. Radjawane. 2021. Simulasi Gerak Sampah Laut Terapung Menggunakan Model Numerik di Selat Bali. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(1): 34-41.
- Franchitika, R. 2017. Tutorial Penggunaan Software SMS 11.1 Modul RMA2 untuk Menganalisa Pola Pergerakan Arus di Pelabuhan Belawan. *Jurnal Education Building*, 3(1): 73-83.
- Hapsari, L. P., A. A. Djari dan T. A. Ghifara. 2022. Pemodelan Hidrodinamika Pola Arus dan Pasang Surut di Perairan Pulau Tidung. *MASPARI Journal*, 14(2): 79-89.
- Hugget, R.D., A. P. Duncan, dan D. H. Ivan. 2021. Modelling the Influence of Riverine Inputs on the Circulation and Flushing Times of Small Shallow Estuaries. *Estuaries and Coasts*, 44:54-69.
- Marganita, D., J. Marwoto dan R. Widiaratih. 2022. Kajian Pergerakan Mikroplastik dengan Parcels di Perairan Pulau Sintok, Kepulauan Karimunjawa. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(2): 22-28.
- Obbard, R. W., S. Sadri, Y.Q.Wong, A.A. Khitun, I. Baker, dan R.C. Thompson. 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic. *Earth's Future*, 2, 315-320.
- Purwaningrum, P. 2016. Upaya Mengurangi Timbunan Sampah Plastik di Lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(2): 141-147.
- Rahmadi, N., S. Widada, J. Marwoto, W. Atmodjo dan R. Widiaratih. 2021. Studi Sebaran Sedimen di Perairan Sungai Banjir Kanal Timur Semarang, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(3): 63-71.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. CV. Alfabeta : Manado. pp.7-9.



- Suprayogi, I., Trimaijon, dan Mahyudin. 2014. Model prediksi liku kalibrasi menggunakan pendekatan jaringan saraf tiruan (ZST) (Studi Kasus : Sub DAS Siak Hulu). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1(1): 1–18.
- Zallesa, S. dan Zaelani, A. 2020. Kajian Arus Permukaan dengan Menggunakan Pendekatan Model Hidrodinamika di Perairan Pulau Gili Terawangan Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Akuatek*, 1(2): 113-117.