

Pola Arus Terhadap Sebaran Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Perairan Pantai Mangunharjo, Semarang

Ika Putri Hindaryani^{1*}, Muhammad Zainuri¹, Baskoro Rochaddi¹, Sri Yulina Wulandari¹, Lilik Maslukah¹, Purwanto¹, Azis Rifai¹

¹Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698
Email: *ikahindaryn@gmail.com

Abstrak

Perairan Pantai Mangunharjo merupakan perairan penangkapan ikan yang di sekitarnya terdapat aktivitas industri dan pemukiman padat penduduk. Limbah industri dan rumah tangga yang terbawa oleh aliran sungai dan bermuara di Perairan Pantai Mangunharjo dapat menyebabkan perubahan kualitas perairan yang dipengaruhi oleh senyawa kimia seperti nitrat dan fosfat. Salah satu yang mempengaruhi pola sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan adalah arus laut. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan: untuk mengetahui konsentrasi nitrat dan fosfat secara horizontal dan pengaruh arus terhadap sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan Pantai Mangunharjo, Semarang. Pengambilan data lapangan dilakukan 12 titik pada tanggal 1 Oktober 2018 serta data arus lapangan diambil hingga tanggal 3 November 2018 di Perairan Pantai Mangunharjo, Semarang. Analisis kandungan nitrat dan fosfat air laut dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Peralatan (BPP) Sronol. Data arus lapangan diverifikasi dengan data model untuk mengetahui kecepatan dan arah arus yang terjadi. Konsentrasi nitrat dan fosfat tertinggi berada di stasiun 3 dengan nilai masing-masing sebesar 0,7835 mg/l dan 1,1759 mg/l. Pola sebaran nitrat dan fosfat lebih dominan dipengaruhi oleh sumber masukan dari aliran sungai dibanding dengan arah arus yang terjadi di Perairan Pantai Mangunharjo Semarang.

Kata kunci : Nitrat, Fosfat, Kecepatan Arus, Pantai Mangunharjo.

Abstract

The coastal waters of Mangunharjo are fishing area. Around that location, there are industrial and populated areas. Industrial waste and households that carried over by the streams and boiled down to Mangunharjo coastal waters caused changes in water quality that influence by chemical elements such as nitrates and phosphate. One that affects the patterns of the nitrates and phosphate distribution is sea currents. This research was conducted with the aim of: to know the concentration of nitrate and phosphate horizontally and the effect of the current to the spread of nitrate and phosphate concentrations in Mangunharjo Beach, Semarang. Sampling for the study of nitrates and phosphate were carried out in 12 points locations on October 31st 2018 and sea currents carried out until November 3rd 2018 at the coastal waters of Mangunharjo, Semarang. Analysis of the content of nitrates and phosphate of seawater is conducted in testing laboratory and equipment. Field current data is verified with data model to figure out the speed and direction of the current. The highest nutrient concentrations of nitrates and phosphate were at the station 3 with a value of 0.7835 mg/l and 1.1759 mg/l respectively. Nitrates and phosphate distribution are more dominant influenced by river stream compared to the current direction in coastal waters of Mangunharjo.

Keywords: Nitrate, Phosphate, Current Velocity, Coastal Waters of Mangunharjo.

PENDAHULUAN

Limbah di perairan berasal dari buangan daratan ke sungai yang kemudian bermuara ke laut. Sumber limbah perairan antara lain bersumber dari limbah rumah tangga dan limbah industri. Keberadaan aliran sungai yang bermuara ke laut sangat mempengaruhi kondisi perairan di wilayah pesisir. Wilayah pesisir merupakan wilayah daratan tepi laut yang masih mendapat pengaruh dari laut. Aktivitas di wilayah pesisir dapat mempengaruhi kondisi kualitas perairan khususnya di muara (Effendi, 2003)

Muara sungai menjadi lokasi terakhir limbah rumah tangga dan limbah industri yang terbawa aliran

sungai. Muara merupakan wilayah pesisir yang berhubungan bebas dengan laut terbuka yang mendapat aliran air tawar dari daratan. Karakteristik daerah muara sangat variatif karena terpengaruh air laut dan air tawar akibat adanya peristiwa pasang surut yang membawa zat hara (Harsono, 2002).

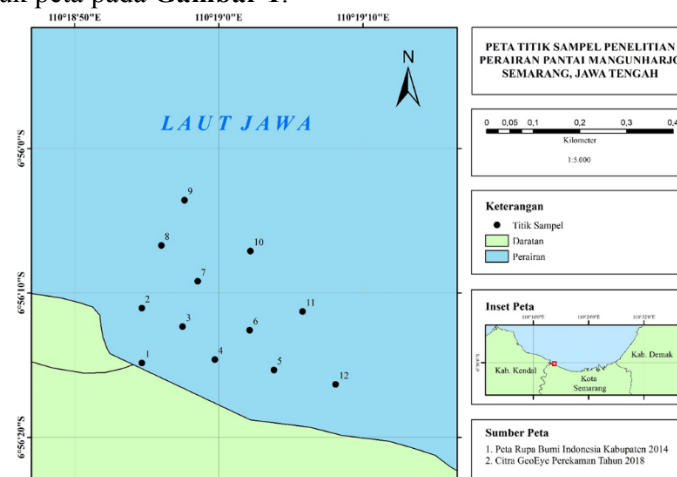
Kualitas perairan dapat berubah oleh adanya masukan senyawa kimia seperti nitrat dan fosfat yang berasal dari limbah rumah tangga (Bowden et al., 2005). Sumber utama nitrat berasal dari buangan rumah tangga dan pertanian termasuk kotoran hewan dan manusia. Adapun nitrat dan fosfat merupakan nutrisi yang esensial bagi pertumbuhan suatu organisme perairan (Nugroho et al., 2012). Senyawa fosfat umumnya berasal dari limbah industri, pupuk, limbah domestik dan penguraian bahan organik lainnya (Makmur et al., 2012). Arah dan pola sebaran nutrisi nitrat dan fosfat tersebut sangat dipengaruhi oleh arah, kecepatan dan pola arus yang terjadi pada saat tersebut (Yusuf et al., 2012)

Secara geologis, Kota Semarang terletak pada $6^{\circ}50'$ - $7^{\circ}10'$ LS dan $109^{\circ}35'$ - $110^{\circ}50'$ BT, dengan batas administrasi dan fisiografi: sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa; Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Semarang; Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Demak; Sebelah Barat dengan Kabupaten Kendal. Secara administratif, Kota Semarang dengan luas 373.70 Km² (37.370 ha) terbagi atas 16 wilayah Kecamatan dan 177 Kelurahan (Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Semarang, 2010). Kota Semarang merupakan salah satu kota di Indonesia yang berada di wilayah pesisir. Wilayah pesisir Kota Semarang terbagi menjadi tiga wilayah kecamatan, salah satunya adalah Kecamatan Tugu. Kecamatan Tugu merupakan kawasan padat penduduk yang berbatasan langsung dengan wilayah industri Kabupaten Kendal. Salah satu kawasan pesisir yang berada di wilayah tersebut adalah Pantai Mangunharjo. Hal tersebut menyebabkan Pantai Mangunharjo memiliki potensi lebih tinggi terjadinya tingkat pencemaran yang berasal tidak hanya dari limbah rumah tangga tetapi juga dari limbah industri.

Konsentrasi nitrat dan fosfat serta pengaruh pola arus laut terhadap sebaran nutrisi tersebut hingga saat ini belum diketahui di Pantai Mangunharjo Semarang. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan pemantauan mengenai pengaruh arus terhadap konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan Pantai Mangunharjo Semarang.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2018 di perairan Pantai Mangunharjo, Semarang. Lokasi penelitian berada pada koordinat $110^{\circ}18'4''$ BT dan $6^{\circ}56'10''$ LS sampai dengan $110^{\circ}19''$ BT dan $6^{\circ}56'20''$ LS. Pengambilan data lapangan dilakukan di 12 titik yang bertujuan untuk membandingkan perolehan nilai konsentrasi nitrat dan fosfat di tiap titik. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 31 Oktober 2018 kemudian selanjutnya sampel air yang diambil akan diolah di laboratorium Badan Pengujian dan Peralatan Semarang. Lokasi daerah kajian dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk peta pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber peta : Peta Rupa Bumi Indonesia, 2018)

A. Materi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder sebagai materi. Data primer yang digunakan adalah data konsentrasi nitrat, fosfat yang diperoleh melalui pengukuran langsung pada saat pengambilan sampel serta data kecepatan dan arah arus yang diukur menggunakan Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Pada saat yang sama diukur pula data kualitas perairan sebagai data sekunder yang meliputi, data suhu, salinitas, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO) dan kecerahan. Selain melalui pengukuran langsung, data sekunder lain yang digunakan adalah: Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 wilayah Semarang Utara publikasi Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Peta Batimetri Perairan Jawa Tengah skala 1:200.000 yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro-Oseanografi tahun 2015.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode yang telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yang konkret, objektif, terukur, dan sistematis serta dapat memberikan penelitian berupa angka-angka dan menganalisisnya menggunakan model. Penentuan lokasi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan purposive sampling, yaitu mengambil sampel dengan tidak berdasarkan random, daerah atau strata, melainkan berdasarkan atas adanya pertimbangan yang berfokus pada tujuan tertentu (Sugiyono, 2011). Titik lokasi penelitian ini ditetapkan dengan menggunakan GPS (Global Positioning System) dengan 12 titik stasiun yang telah ditentukan sebelumnya. Terdapat 2 stasiun yang berada di sekitar muara Sungai Plumbon untuk mengetahui sampel di muara. Sementara 10 stasiun lainnya menyebar mulai dari mulut sungai yang masih dipengaruhi daratan hingga ke lokasi yang sudah dipengaruhi laut lepas.

a) Metode Pengambilan Data

Metode Pengambilan Data Arus

Data arus diambil menggunakan instrument kelautan yaitu *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) yang memonitoring arah dan kecepatan arus yang diletakkan pada lokasi di koordinat pada kedalaman 12 meter sejauh kurang lebih 1 km dari bibir pantai. Pengambilan data arus ini digunakan sebagai parameter fisika penentu sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan Pantai Mangunharjo.

Pengukuran arus dengan ADCP ini menggunakan metode Euler, yaitu pengukuran yang dilakukan pada lokasi yang tetap dengan memanfaatkan efek Doppler untuk mengukur kecepatan arus laut (Emery dan Tompson (1998) dalam Siagian *et al.*, 2013). ADCP dapat memberikan informasi kecepatan arus dalam arah utara, timur dan vertical dengan memancarkan dan menerima gema yang dipantulkan ke transduser oleh partikel sedimen dan plankton.

Metode Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air dilakukan di 12 stasiun menggunakan botol Nansen pada lapisan 0,2d. Sampel di tiap titik kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel 1000 ml dan disimpan ke dalam coolbox. Sementara data arus diukur menggunakan ADCP. Selain itu, pada tiap stasiun juga diukur data sekunder yang meliputi suhu, salinitas dan pH secara in situ menggunakan Water Quality Checker sedangkan kecerahan diukur menggunakan secchi disk dan oksigen terlarut diukur dengan DO Meter.

b) Analisis Konsentrasi Sampel

Analisis Konsentrasi Nitrat

Analisis konsentrasi nitrat dilakukan menggunakan metode reduksi cadmium menggunakan kolom reduksi kemudian sampel dihitung nilai absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis yang didasarkan pada reduksi nitrat menjadi nitrit dengan menggunakan panjang gelombang sebesar 543 nm.

Analisis Konsentrasi Fosfat

Sampel air yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi fosfat menggunakan prinsip dalam suasana asam, ammonium molybdate dan potassium antimonyl tartar bereaksi dengan ortofosfat kemudian direduksi oleh asam askorbid menjadi mix reagen kompleks biru molybdenum dengan

perbandingan mix reagen sebesar 2:5:2:1. Mix reagen yang telah didapat kemudian dimasukkan ke spektrofotometer UV-Vis menggunakan panjang gelombang 885 nm

c) Metode Pengolahan Data

Metode Pengolahan Data Arus

Arus dimodelkan menggunakan perangkat lunak MIKE 21 modul Flow Model FM. Simulasi model arus menggunakan data pasang surut, data angin ECMWF dan data bathimetri sebagai pemasukan model. Permodelan kecepatan arus dibagi menjadi 5 kedalaman. Asumsi yang di gunakan di penelitian adalah arus bersifat barotropik dan batas darat yang digunakan menganut pada Peta RBI Indonesia tahun 2011 dan mengabaikan bangunan pantai. Berikut merupakan tahap – tahap pembuatan model arus:

a. Pre-processing model

Membuat garis batas pantai dan garis batas laut diikuti dengan triangulate mesh dengan memasukkan data bathimetri.

Tabel 1. *Set up Pre-Processing Model*

Parameter	Setting
<i>Mesh Boundary</i>	
a) Bathimetri	<i>Min. Depth : 1, Max Depth : -30</i>
<i>Triangulate Mesh</i>	
b) Jumlah <i>Elements</i>	3484
c) Jumlah <i>Nodes</i>	2118

b. Processing model

Setting dan input parameter, *time interval* simulasi model dan *running* model.

Tabel 2. *Set up Processing Model*

Parameter	Setting
Waktu Simulasi	<i>Number of time step: 50</i> <i>Time step interval: 3600</i> <i>Start time: 30/10/2018 00:00</i> <i>End time: 02/11/2018 02:00</i>
Kondisi Skenario	
<i>Boundary Condition</i>	Peramalan Pasang surut Mike 21 menggunakan <i>Tide Prediction of Height</i>
<i>Output Set up</i>	1. Komponen u 2. Komponen v 3. Kecepatan 4. Arah Arus

c. Post-processing

Setelah running program selesai maka dapat ditampilkan hasil hitungan eksekusi tersebut secara visual di Mike 21 (View Data).

Verifikasi Hasil Pemodelan Arus

Menurut George *et al.*, (2010) menyatakan verifikasi dilakukan hingga hasil simulasi model mendekati kondisi yang sebenarnya di lapangan dengan menghitung besar *error* menggunakan nilai CF (*Cost Function*). Kriteria kelayakan nilai model jika $CF < 1$ adalah sangat baik, 1-2 adalah baik, 2-3 adalah wajar, > 3 adalah buruk.

Perhitungan CF adalah sebagai berikut:

$$CF = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{|Dn - Mn|}{\sigma_D}$$

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{|Dn - Mn|^2}{\sigma_D}}$$

Keterangan :

- N : Jumlah data Pengamatan
- n : nilai ke n, dengan n = 1,2,3...
- D : Nilai Pengamatan
- M : Nilai Model
- σ_D : Standar Deviasi
- D : rata-rata data pengamatan

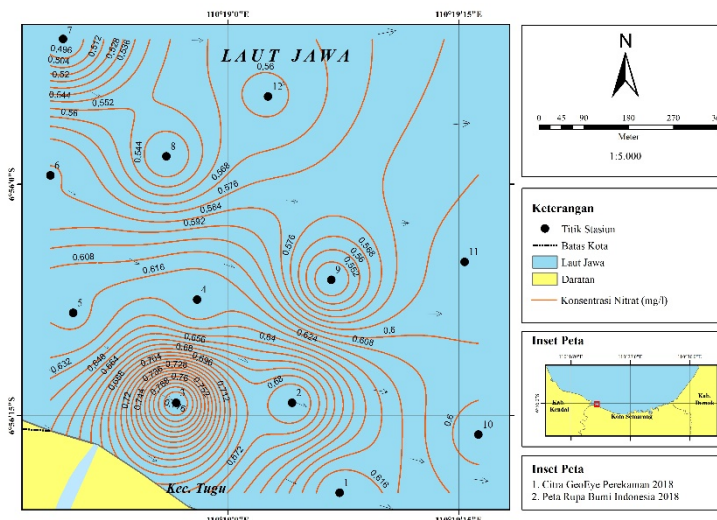
HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Konsentrasi Nitrat

Hasil penelitian konsentrasi nitrat di perairan Pantai Mangunharjo berkisar antara 0,4892 mg/l – 0,7835 mg/l. Nilai tertinggi terdapat di stasiun 3 dan terendah berada pada stasiun 7 dengan rata-rata konsentrasi nitrat di perairan Pantai Mangunharjo sebesar 0,6017 mg/l. Nilai konsentrasi nitrat perairan Pantai Mangunharjo, Semarang dapat dilihat pada tabel 3, serta peta sebarannya disajikan pada **gambar 2**.

Tabel 3. Hasil Analisis Konsentrasi Nitrat

No	Stasiun	Konsentrasi Nitrat (mg/l)	No	Stasiun	Konsentrasi Nitrat (mg/l)
1	1	0,6104	6	6	0,5844
2	2	0,6883	7	7	0,4892
3	3	0,7835	8	8	0,5368
4	4	0,6190	9	9	0,5455
5	5	0,6147	10	10	0,5974
6	6	0,5844	11	11	0,5931
7	7	0,4892	12	12	0,5584



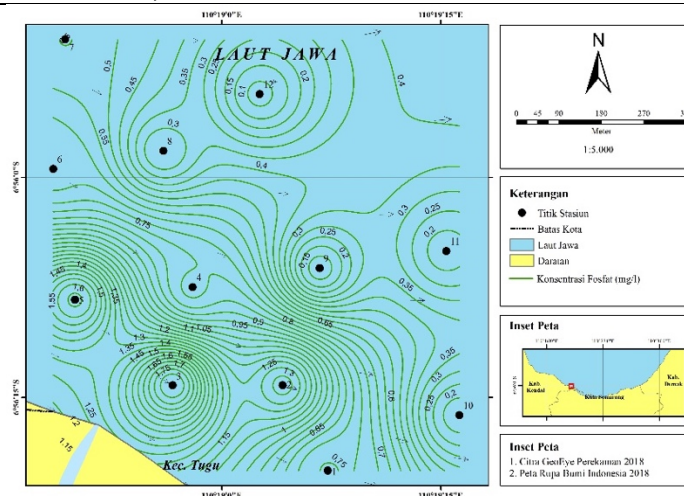
Gambar 2. Peta sebaran Konsentrasi Nitrat (mg/l) di Perairan Pantai Mangunharjo

b) Konsentrasi Fosfat

Hasil penelitian konsentrasi fosfat di perairan Pantai Mangunharjo berkisar antara 0,0837 mg/l – 1,1759 mg/l. Nilai tertinggi terdapat di stasiun 3 dan terendah berada pada stasiun 12 dengan rata-rata konsentrasi fosfat di perairan Pantai Mangunharjo sebesar 0,678 mg/l. Nilai konsentrasi nitrat perairan Pantai Mangunharjo, Semarang dapat dilihat pada tabel 4, serta peta sebarannya disajikan pada gambar 3.

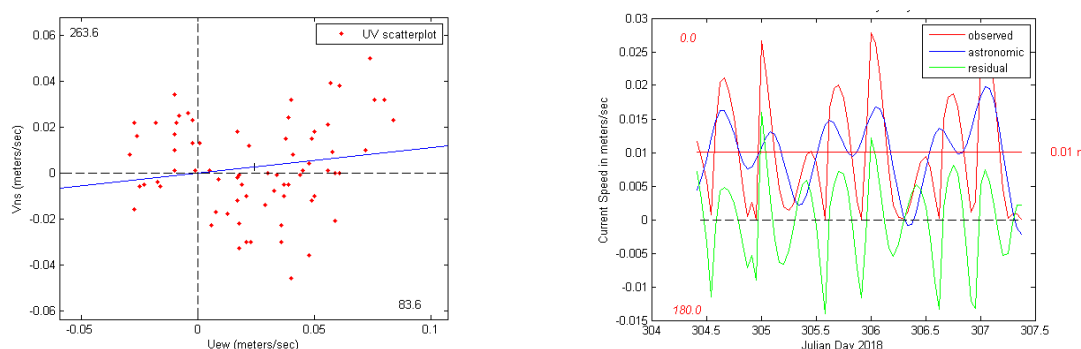
Tabel 4. Hasil Analisis Konsentrasi Fosfat

No	Stasiun	Konsentrasi Fosfat (mg/l)	No	Stasiun	Konsentrasi Fosfat (mg/l)
1	1	0,7471	6	6	0,4994
2	2	1,3198	7	7	0,2497
3	3	1,7954	8	8	0,1221
4	4	0,7352	9	9	0,1716
5	5	1,6114	10	10	0,1737
6	6	0,6264	11	11	0,0837
7	7	0,7471	12	12	0,4994



Gambar 3. Peta sebaran Konsentrasi Fosfat (mg/l) di Perairan Pantai Mangunharjo

c) Pola Arus Permukaan



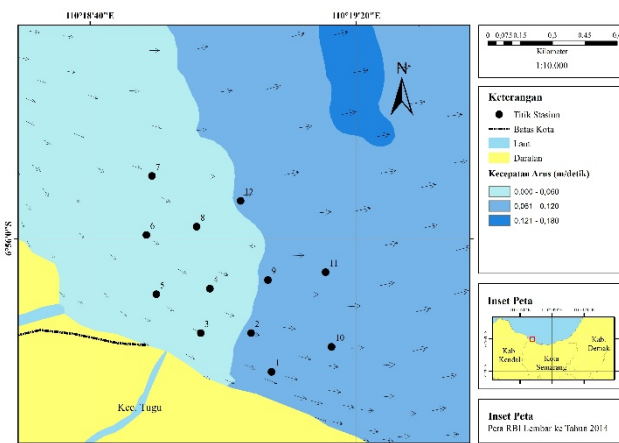
Gambar 4. Scatter Plot dan Grafik arus Time Series Perairan Pantai Mangunharjo

Scatter plot pada gambar 9 menunjukkan data kecepatan arus dalam komponen U dan V. Garis biru dalam plot mewakili arah arus yang terkjadi di lokasi penelitian. merupakan grafik arus yang dilakukan pada tanggal 31 Oktober 2018 – 3 November 2018. Grafik *time series* ini digunakan untuk mengetahui jenis arus dominan di Perairan Pantai Mangunharjo berdasarkan nilai grafik arus lapangan, residu dan *astronomic*.

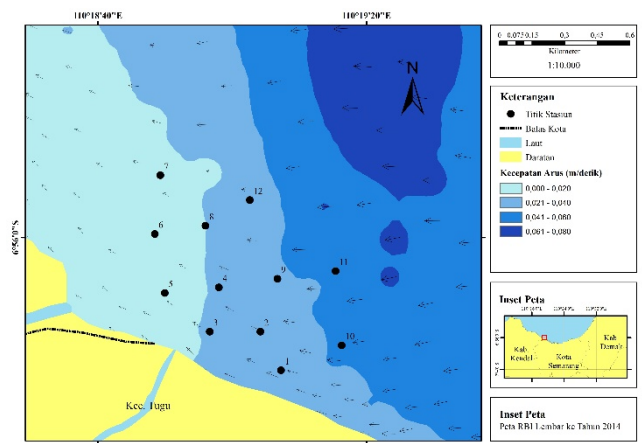
Tabel 5. Perbandingan Arus Pasut dan Arus Residu Perairan Pantai Mangunharjo

Arus Pasut	Arus Residu
58%	42%

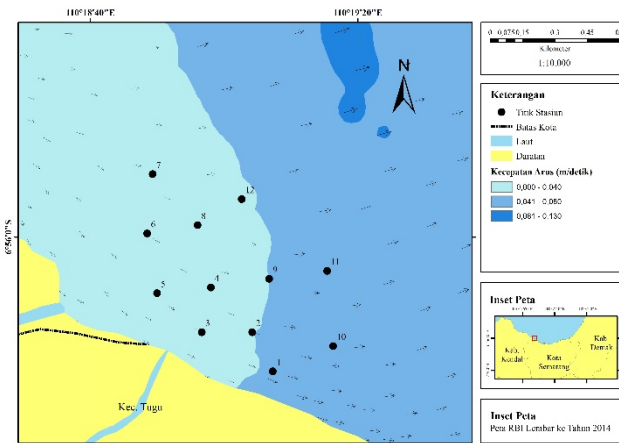
Hasil pengamatan arus lapangan dengan arus model menggunakan *software* MIKE 21 dengan modul *Flow Model FM*. Inputan yang dimasukkan adalah data pasang surut bulan Oktober 2019 dan data kedalaman Perairan Semarang. Hasil pemodelan arus dapat dilihat pada gambar 5 – 8.



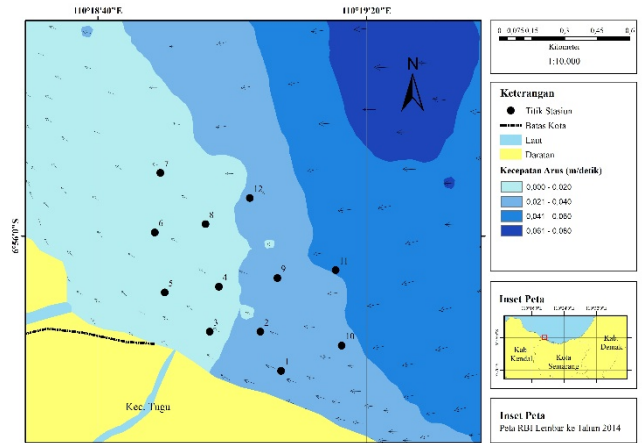
Gambar 5. Arus saat pasang



Gambar 6. Arus saat pasang menuju surut



Gambar 7. Arus saat surut



Gambar 8. Arus saat surut menuju pasang

d) Parameter Oseanografi

Tabel 6. Tabel Nilai Parameter Oseanografi Perairan Pantai Mangunharjo

Titik Stasiun	Suhu	Salinitas	pH	DO	Kecerahan (cm)
1	31,7	33,1	7,4	3,38	40
2	31,6	33	7,39	3,86	40
3	31,8	32,7	7,37	4,03	30
4	31,7	33	7,25	3,7	60
5	31,8	33,7	7,26	3,58	50
6	32,2	33,5	7,32	3,5	90
7	31,7	33,5	7,35	2,91	110
8	31,7	33,8	7,37	3,6	125
9	31,6	33,8	7,37	3,45	120
10	31,4	33,4	7,18	3,2	125
11	31,7	33,3	7,24	3,18	170
12	32	33,3	7,19	3,07	165

Pembahasan

a) Sebaran Nitrat dan Fosfat di Perairan Pantai Mangunharjo

Hasil pengamatan yang telah dilakukan pada 12 titik stasiun, diketahui konsentrasi nitrat berada dalam kisaran 0,4892 - 0,7835 mg/l (tabel 3) dan konsentrasi fosfat di Perairan Pantai Mangunharjo berkisar antara 0,0837 - 1,7954 mg/l (tabel 4).

Sebaran nitrat tertinggi berada pada stasiun 3 dengan konsentrasi sebesar 0,7835 mg/l. Lokasi stasiun 3 yang berada di muara sungai diduga menjadi penyebab tingginya konsentrasi nutrisi yang dihasilkan akibat masukan dari daratan seperti limbah rumah tangga. Millero dan Sohn (1992) memperkuat pendapat tersebut dengan menyatakan bahwa konsentrasi nitrat di pesisir lebih tinggi karena adanya runoff dari sungai. Selain itu, konsentrasi di stasiun 3 juga dipengaruhi oleh proses resuspensi yang diakibatkan oleh gerakan kapal yang melintasi wilayah tersebut sehingga terjadi pengadukan massa air. Hal tersebut didukung oleh Maslukah (2014) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi nutrisi dapat disebabkan oleh adanya aliran air tawar dan proses resuspensi.

Konsentrasi nitrat yang tinggi pada stasiun 3 dibanding stasiun lainnya juga dipengaruhi nilai pH, oksigen terlarut (DO) dan suhu permukaan laut. Menurut Hetty *et al.*, (2005), nilai pH yang mendekati basa akan meningkatkan konsentrasi nitrat. Pendapat tersebut didukung oleh Effendi (2003) yang menyatakan bahwa reaksi dalam proses nitrifikasi akan berhenti pada kondisi pH < 6 dan pada kondisi DO < 2 mg/l menyebabkan proses nitrifikasi bergerak lambat. Pada tabel 10 diketahui bahwa kondisi pH di setiap stasiun berada pada rentang 7,18 – 7,4 dan DO berada di sekitar 2,91 – 4,03 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan bahwa di Perairan Pantai Mangunharjo terjadi proses nitrifikasi yang dapat meningkatkan kadar nitrat di wilayah tersebut.

Selain pH dan DO, kondisi suhu di Perairan Pantai Mangunharjo yang berada di rentang 31,4 – 32,2 oC juga menunjukkan adanya proses nitrifikasi di tiap stasiun. Hal tersebut diperkuat oleh Isnansetyo *et al* (2014) yaitu suhu 20 – 35 °C merupakan kisaran suhu yang baik untuk proses nitrifikasi.

Pada stasiun 1, 2, dan 4 juga memiliki nilai konsentrasi nitrat yang masih tinggi. Stasiun 4 mewakili wilayah yang masih dipengaruhi runoff sungai sehingga banyak terjadi akumulasi material dari daratan dan laut. Stasiun 1 dan 2 yang berada di sebelah kanan muara berhadapan langsung dengan mangrove yang dapat memberi masukan nutrisi. Menurut Saru (2009), bahan organik akan masuk ke dalam sedimen dan terdistribusi sehingga hutan mangrove dapat menjadi penyumbang nutrisi ke ekosistem lain di sekitarnya.

Stasiun 7, 8, dan 12 mewakili lokasi yang memiliki konsentrasi nitrat lebih rendah dibanding stasiun lainnya. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai terendah terdapat di stasiun 7 dengan konsentrasi sebesar 0,4892 mg/l (gambar 2). Hal tersebut diduga karena stasiun 7 menjadi lokasi yang paling jauh

dari daratan. Menurut Ayuningsih *et al.* (2014), kadar nitrat cenderung tinggi di muara dan akan semakin menurun ke arah laut lepas.

Berdasarkan hasil yang diperoleh (tabel 4) konsentrasi fosfat memiliki pola yang hampir sama dengan nitrat dengan tertinggi berada pada stasiun 3 yaitu sebesar 1,7954 mg/l. Stasiun 2 dan 5 mewakili daerah dengan nilai fosfat yang cenderung lebih tinggi dibanding stasiun-stasiun lainnya. Hal tersebut diduga karena stasiun-stasiun tersebut berada di wilayah muara yang masih dipengaruhi oleh aliran sungai. Uluqodry *et al.*, (2010) menyatakan bahwa konsentrasi fosfat di muara cenderung lebih tinggi dibanding di laut lepas karena sungai menjadi salah satu media pembawa hanyutan-hanyutan sampah maupun unsur fosfat dari daratan. Pendapat tersebut diperkuat oleh Radiarta (2013), yang menyatakan bahwa tingginya unsur nutrisi dapat disebabkan oleh masuknya limbah domestik yang terbawa oleh aliran sungai dan berpeluang terhadap ketersediaan unsur nutrisi yang melimpah. Proses pengadukan atau resuspensi juga berperan dalam tingginya konsentrasi fosfat di wilayah muara. Zhang *et al.*, (2014) menyatakan bahwa sedimen menjadi tempat penyimpanan dan pelepas material ke kolom air di perairan muara dan pantai. Bakteri melalui proses abiotik membantu proses dekomposisi senyawa fosfor yang terikat di sedimen dan menghasilkan senyawa fosfat terlarut yang dapat mengalami difusi kembali ke dalam kolom air. Proses resuspensi juga dapat dilihat dari kecerahan pada stasiun 3, 2 dan 5 (tabel 6) yang memiliki tingkat kecerahan lebih rendah dari stasiun lainnya.

Konsentrasi fosfat terendah terdapat pada stasiun 12 dengan nilai 0,0837 mg/l. Rendahnya konsentrasi fosfat tersebut disebabkan karena lokasi stasiun 12 berada jauh dari muara (gambar 3). Rahmawati *et al.* (2014) menyatakan bahwa kandungan fosfat menurun pada lokasi yang semakin menuju laut. Selain itu, pada lokasi tersebut proses pengadukan yang terjadi akibat kapal nelayan yang melintasi Perairan Mangunharjo sudah lebih minim dibanding yang terjadi di daerah muara. Hal tersebut diperkuat oleh Reichelt dan Jones (1994) yang menyatakan bahwa proses pengadukan menyebabkan nutrisi terlepas dari sedimen ke kolom perairan.

Stasiun 1, 4 dan 6 menjadi wilayah yang dengan nilai konsentrasi fosfat lebih tinggi dibanding pada stasiun 7, 8, 9, 10, 11 dan 12 (gambar 3) dengan masing-masing bernilai 0,7471 mg/l, 0,7352 mg/l, dan 0,6264 mg/l. Nilai yang didapat pada stasiun 1, 4 dan 6 diduga karena pada lokasi tersebut masih sedikit dipengaruhi run off sungai yang membawa masukan nutrisi dari sungai.

b) Pengaruh Arus Permukaan

Pada penelitian ini pengukuran arus dilakukan menggunakan ADCP, selanjutnya pola arus ditampilkan menggunakan MIKE 21. Pengolahan data arus untuk menentukan jenis pola arus di Perairan Pantai Mangunharjo menggunakan software World Current 10.3. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui Perairan Pantai Mangunharjo memiliki tipe pola arus pasang surut. Hal tersebut diketahui dari pola scatter plot (gambar 4) yang terbentuk masih cenderung elips. Menurut Supangat (2001), arus yang cenderung mengikuti pola elips merupakan arus pasang surut. Polanya yang cenderung menyebar diduga disebabkan oleh adanya pengaruh angin sebagai gaya pembangkit utama arus permukaan di Perairan Pantai Mangunharjo.

Pada grafik time series menunjukkan bahwa nilai astronomis cenderung mengikuti nilai pengukuran lapangan dengan perbandingan nilai arus pasang surut dan arus residu masing-masing sebesar 58% dan 42% (tabel 5). Pada pukul 2.00 WIB terjadi surut terendah dan pukul 19.00 WIB terjadi pasang tertinggi (gambar 5).

Pada saat pasang (gambar 5), arus bergerak dari arah barat menuju timur laut. Sementara saat surut, arus bergerak dari arah timur menuju ke barat. Lokasi penelitian yang berada di daerah sekitar muara dan pantai menyebabkan pergerakan arus cenderung variatif. Rampengan (2019) menyatakan bahwa arus di daerah pantai akan menyebar secara tidak merata karena adanya gaya gesek pada dasar laut yang cenderung dangkal di daerah yang lebih dekat dari daratan.

Pola arus pada kondisi pasang menuju surut maupun sebaliknya menunjukkan adanya sedikit perubahan arah (gambar 7 dan gambar 8). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Aziz (2006) bahwa arus bergerak secara dinamis, sehingga perubahan gaya astronomis dapat menyebabkan perubahan pada pola arus khususnya di daerah pantai.

Verifikasi model arus menggunakan rumus CF (Cost Function) untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya. Komponen U dan V digunakan untuk mengetahui perbedaan antara data lapangan dan

mosel. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai CF pada komponen U sebesar 0,042 dan V sebesar 0,030. George (2012) menyatakan kriteria hasil model untuk rumus CF adalah $CF < 1$ sangat baik, 1-2 baik, 2-3 masuk akal dan > 3 buruk.

Pengambilan sampel nutrisi dilakukan pukul 10.30 WIB – 12.00 WIB dimana pada waktu tersebut Perairan Pantai Mangunharjo masih mengalami fase surut. Pada saat surut, diketahui arus bergerak dari arah timur ke arah barat laut. Pergerakan arus tersebut sedikit berbeda dengan sebaran nitrat dan fosfat (gambar 2 dan gambar 3), dimana pada pola sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat pola kontur menyebar dominan ke arah timur dari stasiun 3 yang merupakan sumber masukan terbesar nitrat dan fosfat dari limbah yang terbawa aliran sungai.

Sirkulasi arus laut terbagi atas dua kategori yaitu sirkulasi di permukaan laut (*surface circulation*) dan sirkulasi di dalam laut (*intermediate or deep circulation*) (Nining, 2002). Arus pada sirkulasi di permukaan laut didominasi oleh arus yang ditimbulkan oleh angin sedangkan sirkulasi di dalam laut didominasi oleh arus termohalin. Pola kecepatan arus pada gambar 5-8 dapat dibedakan menurut keterangan warna yang tertera. Pola arus yang diukur merupakan pola arus permukaan secara horizontal. Berdasarkan hasil yang diperoleh, keterangan warna tersebut menunjukkan bahwa kecepatan arus lebih lemah di daerah dekat pantai dibanding di daerah lepas pantai. Hal tersebut terjadi karena kecepatan arus dominan dipengaruhi oleh angin yang membangkitkan arus permukaan. Hasil model menunjukkan bahwa arus pada saat pasang bergerak lebih cepat dibanding pada saat surut yaitu bergerak pada kecepatan 0,04 m/s. Hal tersebut mirip dengan hasil pengukuran lapangan dimana pada kecepatan di atas 0,02 m/s arus bergerak dari arah barat.

Pengambilan data arus dilakukan pada bulan Oktober 2018 dimana pada saat itu sedang terjadi musim peralihan II. Hal tersebut menyebabkan angin dominan bergerak dari arah timur sehingga arus permukaan bergerak menuju arah barat (gambar 8) (Balitbang, 2003). Berdasarkan gambar 5 hingga 8, pola arus yang terjadi cenderung tersebar menyusur pantai. Hal tersebut diduga karena adanya arus yang bergerak sepanjang pantai yang terbentuk karena gelombang pecah yang membuat sudut dengan garis pantai (Triatmodjo, 1999).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diberikankan adalah sumber nitrat dan fosfat terbesar berasal dari masukan aliran sungai yang terbawa ke laut. Sebaran konsentrasi nitrat berkisar antara 0,4892 mg/l – 0,7835 mg/l dan sebaran konsentrasi fosfat berkisar 0,0837 mg/l – 1,1759 mg/l. Nilai konsentrasi nitrat dan fosfat tertinggi berada pada stasiun 3 yang berada di muara sungai dan paling rendah masing-masing berada pada stasiun 1 dan 12 yang berada jauh dari muara.

Pola sebaran nitrat dan fosfat dipengaruhi oleh sumber masukan dari aliran sungai. Kecepatan arus di daerah pantai yang relatif lebih kecil dibanding di laut lepas menyebabkan pola sebaran konsentrasi nitrat dan fosfat dominan dipengaruhi oleh aliran sungai Plumbon yang menuju ke timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuningsih, M. S., I. B. Hendarto dan P. W. Purnomo. 2014. Distribusi Kelimpahan Fitoplankton dan Klorofila di Teluk Sekumbu Kabupaten Jepara : Hubungannya Dengan Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan. *Journal Of Maquares*, 3(2): 138-147.
- Azis, M. F. 2006. Gerak Air di Laut. *Oseana*. LIPI. Jakarta.
- Balitbang, 2003. Penelitian Identifikasi dan Penyelamatan Ekosistem terumbu Karang Bagi Nelayan Kecil Di Karimunjawa. Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Jawa Tengah.
- Bowden, C., M. Konovalsk., J. Allen, K. Curran., S. Touslee. 2015. Water Quality Assessment: The Effects of Land Use and Land Cover in Urban and Agricultural Land, Kansas State University, Manhattan
- Effendi H. 2003. Telaah kualitas air. Bagi Pengelolaan dan sumberdaya lingkungan
- George, M. S. 2010. Validation of A Hybrid Coordinate Ocean Model For The Indian Ocean. *Journal of Operational Oceanography*. Mohn-Sverdrup Center for Global Ocean Studies and Operational Oceanography/Nansen Environmental and Remote Sensing Center, Bergen, Norway.

- Harsono. 2002. Analisis Tingkat Pencemaran Air Sungai di Daerah Estuari Jawa Tengah. Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Jawa Tengah.
- Hetty, J. P, H. Deny, P. Raimond, S. Tjandra. 2005. Biodegradasi Urea dalam Reaktor Sharon: Pengaruh Waktu Tinggal Cairan dan pH In Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses. *Departemen Teknik Kimia*, Institut Teknologi Bandung. E-5-5.
- Makmur, M., H. Kusnopranto., S.S. Moersidik, D. Wisnubroto.2012. Pengaruh Limbah Organik dan Rasio N/P terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Kawasan Budidaya Kerang Hijau Cilincing. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, 15 (2) : 6-7
- Maslukah, L, E. Indrayanti, A. Rifai. 2014. Sebaran Material Organik dan Zat Hara Oleh Arus Pasang Surut di Muara Sungai Demaan. Jepara. *Ilmu Kelautan* . 19(4):189-194
- Millero, F.S dan M. L. Shon. 1992. Chemical Oceanography. CRC. Press, London.
- Radiarta, I. N. 2013. Hubungan Antara Distribusi Fitoplankton dengan Kualitas Perairan di Selat Alas, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Bumi Lestari*. 13 (2): 234-243.
- Rampengan, R. M. 2009. Pengaruh Pasang Surut pada pergerakan arus permukaan di Teluk Manado. *Journal Perikanan dan Ilmu Kelautan Tropis*, V(3), 15 – 19.
- Siagian B.T, M. Helmi, D. N. Sugianto. 2013. Kajian Pola Arus Akibat Perencanaan Reklamasi Pantai di Perairan Makassar. *Jurnal Oseanografi*, 2(1): 98-110.
- Sugiyono. 2011. Metode Kuantitatif, Kualitatif dan R & D. Ed. 8. Alfabeta, Bandung.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta. 397 hlm
- Uluqodry, T.Z., Yulisman, M. Syahdan, Santoso. 2010. Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sains*. 13(1): 35-41.
- Yusuf, M., G. Handoyo, Muslim, S. Y. Wulandari, H. Setiyono. 2012. Karakteristik Pola Arus dalam Kaitannya dengan Kondisi Kualitas Perairan dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Kawasan Taman Nasional Laut Karimun Jawa. *Jurnal Buletin Oseanografi Marina*. Vol. 1: 63 – 74.
- Zhang, L., L Wang, K. Yin, Y Lu, Y. Yang, X. Huang. 2014. Spatial and Seasonal Variations of Nutrients in Sediment Profiles and Their Sediment-Water Fluxes in the Pearl River Estuary, Southern China. *Journal of Earth Science*. 25(1) : 197–206. DOI: 10.1007/s12583-014-0413-y.