

## Studi Sebaran Sedimen Feromagnetik Di Perairan Muara Sungai Sambong, Batang

Richardus Ade Satria Aliandu\*, Sri Yulina Wulandari dan Baskoro Rochaddi

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

### Abstrak

Sungai Sambong berada di wilayah Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah, dan muaranya dijadikan sebagai pelabuhan Kota Batang. Sungai Sambong memiliki hulu yang terletak di kawasan pegunungan Dieng yang memiliki kawah aktif dan umumnya mengandung mineral feromagnetik. Penelitian ini bertujuan menentukan kandungan mineral feromagnetik pada sedimen di kawasan muara Sungai Sambong. Sedimen diambil di sekitar wilayah perairan muara sungai Sambong dan dilanjutkan penentuan kandungan feromagnetiknya serta ditentukan hubungannya dengan ukuran butir sedimen. Nilai mineral sedimen yang diperoleh selanjutnya digambarkan dalam peta pola sebaran menggunakan ArcGIS. Hasil analisa menunjukkan bahwa kandungan sedimen feromagnetik ditemukan tinggi pada daerah muara sungai dengan kadar 12,528% dan kandungan terkecil pada perairan di sebelah Utara muara dengan kadar 1,023%. Kandungan butir sedimen yaitu pasir, lanau dan lanau pasiran. Kecepatan arus pada bulan April 2022 berkisar antara 0,065581 m/s sampai 0,215389 m/s dengan arah dominan yaitu Selatan dan Tenggara. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai data dasar terkait konsentrasi mineral magnetic sehingga potensi pemanfaatan feromagnetik di perairan Muara Sungai Sambong, Batang dapat dikembangkan.

**Kata kunci:** Feromagnetik, Butir Sedimen, Arus, Sungai Sambong, Batang

### Abstract

#### *Study of Ferromagnetic Sediment Distribution in the Estuary of the Sambong River, Batang*

*The estuary of Sambong is in the Batang Regency, Central Java. The estuary is used as the port of Batang City. The Sambong River has its headwaters located in the Dieng mountain area, which has an active crater and generally contains ferromagnetic minerals. This study aims to determine the content of ferromagnetic minerals in sediments. Sediments are taken around the estuary of the Sambong River and recycled for their ferromagnetic content and reversed with the size of the sediment grains. The obtained mineral sediment values are then described in the distribution pattern map using ArGis. The results of the analysis show that the ferromagnetic sediment content is found to be high in the estuary area with a content of 12.528%, and the smallest content is in the waters to the north of the estuary with a content of 1.023%. The content of sediment grains is sand, silt, and sandy silt. The current velocity in April 2022 ranges from 0.065581 m/s to 0.215389 m/s with the dominant direction namely south and southeast. This research can be used as basic data related to the concentration of magnetic minerals so that the development of ferromagnetic utilization in the waters of the Sambong Estuary, Batang can be developed.*

**Keywords:** Ferromagnetic, grain size, current, Sambong River, Batang

### PENDAHULUAN

Sungai Sambong berada di wilayah Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah, tepatnya di desa Karangasem Utara. Sungai Sambong sendiri memiliki muara yang dijadikan sebagai wilayah Pelabuhan Kota Batang. Sungai Sambong sendiri memiliki Panjang sungai dari wilayah hulu sampai ke hilir sekitar 456 km (BLH kab. Batang, 2009). Sungai Sambong memiliki hulu yang terletak di kawasan pegunungan Dieng yang memiliki kawah aktif. Pada umumnya sedimen yang dihasilkan dari pegunungan mengandung mineral magnetic yang mengandung pasir besi.

Indonesia memiliki sumber daya mineral magnetik tinggi yang mengandung bijih besi primer (17%), pasir besi (8%) dan bijih besi laterit (75%) (Sukirman *et al.*, 2018). Besi (Fe/ferro) adalah logam paling berlimpah dalam tanah dan sedimen. Keberadaan endapan mineral magnetik di Indonesia ditemukan di sepanjang pantai Sumatra, Jawa, Sunda Kecil, Sulawesi dan Nusa Tenggara Barat (Nugraha *et al.*, 2016)

dan kepulauan Maluku (Fakhrurrozi, 2015). Pasir besi yang ditemukan di pantai memiliki kandungan besi seperti besi oksida hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) serta senyawa yang lain seperti Zn dan Ni.

Sebaran mineral ferromagnetic di Indonesia sering berkaitan dengan keberadaan pegunungan vulkanik (Setiady, 2010). Banyak manfaat terkait keberadaan mineral besi, antara lain di bidang perindustrian dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk membuat semen, sehingga kualitasnya menjadi lebih baik, Manfaat yang lain yaitu sebagai bahan tambahan dalam pembuatan tinta dan sebagai bahan magnet dalam pembuatan keramik (Togibasa, 2019). Dalam bentuk besi oksida dapat dikembangkan sebagai bahan pengompleks karena kemampuannya membentuk senyawa kompleks melalui mekanisme terbentuknya ikatan kovalen koordinasi. Senyawa oksida besi ini juga merupakan salah satu jenis senyawa oksida yang sering digunakan dalam proses remediasi (Alpius, 2017) serta untuk adsorben ion logam berat (Setiadi *et al.*, 2016). Penelitian tentang mineral ferromagnetik sebelumnya telah dilakukan di Perairan Delta Sungai Bodri, Kendal oleh Subardjo *et al.* (2020) dengan kandungan ditemukan tinggi pada sungai Bodri dan tidak dapat terdeteksi pada muara sungai. Penelitian mineral besi belum pernah dilakukan di Muara Sambong, dimana lokasinya bersebelahan (relative dekat) dengan Muara Bodri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar prosentase kandungan mineral ferromagnetik pada sedimen yang terdapat di kawasan Muara Sungai Sambong tersebut. Diharapkan penelitian ini sebagai informasi awal berkaitan dengan sumberdaya mineral di Kabupaten Batang khususnya dan di Indonesia pada umumnya.

## MATERI DAN METODE

### Materi Penelitian

Materi pada penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung yang meliputi sedimen dasar dan juga data arus permukaan. Sedangkan data sekunder digunakan sebagai data penunjang untuk mengolah data. Data sekunder yang digunakan meliputi data Batas Administrasi Desa 2020, data batimetri dari Peta Batnas, data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial tahun 2022, data debit sungai dari PUSDATARU Jawa Tengah tahun 2021, data angin Wilayah Perairan Batang dari ERA5 *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) tahun 2022.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif. Menurut Suryabrata, (1998), metode deskriptif merupakan metode penelitian dengan intepetasi secara sistematis, faktual dan akurat. Metode ini dipilih karena ada beberapa faktor pembatas dalam penelitian ini yaitu waktu yang relatif singkat dan hanya jangka waktu tertentu. Metode Pengambilan Sampel Sedimen.

#### 1. Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen menggunakan alat Sedimen Grab. Sampel sedimen dibawa ke Laboratorium Geologi Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan untuk dianalisa lebih lanjut mengenai kandungan ferromagnetik yang terkandung dan ukuran butir sedimennya. Pengolahan data laju sedimentasi dengan menghitung volume kering, pengolahan data sedimen permukaan dengan analisa granulometri untuk mengetahui jenis sedimen (Naufalina *et al.*, 2022).

#### 2. Analisa Ukuran Butir Sedimen Sampel Sedimen

Metode yang digunakan dalam analisa ukuran butir sedimen adalah dengan metode *Dry Shieving* (Pengayakan) dan *Wet Shieving* (Pemipetan). Menurut Holme & N.D. McIntyre (1984), analisis pengayakan dilakukan untuk mengetahui ukuran butir sedimen. Untuk melakukan metode *dry shieving*, sebelumnya jenis sedimen yang akan dianalisis dengan metode tersebut harus dipastikan berupa pasir dan dapat dipastikan dengan cara memegang sedimen tersebut. Untuk metode *wet shieving* dapat dilakukan pada jenis sedimen yang berupa lanau atau lempung. Untuk mendapatkan grafik hubungan antara ukuran saringan dan kumulatif persentase dengan menggunakan software *sieve graph*. Data yang dimasukkan pada software tersebut merupakan hasil analisa ukuran butir sedimen dengan menggunakan metode *dry shieving* dan *wet shieving* yang dilakukan pada proses sebelumnya. Setelah proses analisa pada software telah selesai, maka hal yang dilakukan selanjutnya dilakukan penamaan sedimen dasar menggunakan gambar segitiga *Sheppard*.

#### 3. Analisa Sedimen Feromagnetik

Tiap sampel sedimen yang sudah diambil, nantinya dikeringkan sampai didapat sampel sedimen yang benar benar kering. Magnet yang sebelumnya telah dibungkus dengan plastik diedarkan sekitar 1-2 cm diatas

permukaan sampel untuk menarik mineral feromagnetik pada sampel. Selanjutnya, mineral feromagnetik yang menempel dimasukkan ke dalam plastik sampel yang beratnya telah ditimbang sebelumnya (Subardjo et al, 2020). Lalu sampel sedimen tersebut ditimbang Kembali berat akhirnya. Setelah diketahui berat akhirnya dihitung dengan menggunakan rumus yaitu massa akhir sedimen dibagi dengan massa awal sedimen lalu dikalikan dengan 100%.

#### 4. Korelasi Pearson dengan Software SPSS

Variabel yang digunakan untuk mencari nilai korelasi yaitu persentase kandungan feromagnetik pada sedimen di tiap stasiun dan kadar persentase ukuran butir pasir, lanau, dan lempung pada sedimen di tiap stasiun. Untuk mencari nilai korelasinya menggunakan metode korelasi Pearson Product Moment. Menurut Sugiyono (2002), uji korelasi Pearson memiliki pedoman derajat hubungan sebagai berikut:

Nilai Korelasi Pearson 0,00 s/d 0,20 = Korelasi sangat lemah

Nilai Korelasi Pearson 0,21 s/d 0,40 = Korelasi lemah

Nilai Korelasi Pearson 0,41 s/d 0,60 = Korelasi sedang

Nilai Korelasi Pearson 0,61 s/d 0,80 = Korelasi kuat

Nilai Korelasi Pearson 0,81 s/d 1,00 = Korelasi sempurna

#### 5. Pengukuran Arus Laut

Metode pengukuran arah dan kecepatan arus laut menggunakan pendekatan metode Lagrange. Metode Lagrange dilakukan dengan pengamatan Gerakan massa air permukaan dalam rentang waktu tertentu dengan menggunakan pelampung. Perhitungan kecepatan arus menurut Sudarto *et al*, (2013) adalah :

$$v = s/t$$

Dimana:

v = kecepatan arus (m/s)

s = jarak atau Panjang tali (meter)

t = waktu tempuh (sekon)

Hasil akhir dari pengukuran arus laut secara insitu digunakan untuk verifikasi hasil pemodelan.

#### 6. Pemodelan Arus Laut

Untuk Mengetahui pola pergerakan dan kecepatan arus saat kondisi surut, pembuatan model arus menggunakan software Mike 21. Untuk menyajikan model kedalam bentuk peta pola persebaran arus menggunakan software ArcGIS dan data yang dihasilkan dari software Mike 21 sebagai inputnya. Processing model memasukkan time interval simulasi model dan running model. Post-processing model data diekstrak dalam format angka dan selanjutnya diproses dengan software ArcGIS untuk membuat layout (Dewanti *et al.*, 2016). Data ini berupa kecepatan arah arus. Data arah dan kecepatan arus dari model kemudian diverifikasi dengan data lapangan untuk diketahui besar kesalahan yang terjadi dengan mencari nilai Mean Realtive Error (MRE). Rumus perhitungan dari MRE adalah :

$$RE = \frac{|x - c|}{x} \times 100\%$$

$$MRE = \sum_1^n \frac{RE}{n}$$

Keterangan :

RE = Relative Error (kesalahan relative)

MRE = Mean Relative Error (rata-rata kesalahan relative)

C = Data hasil simulasi

X = Data lapangan

n = Jumlah data

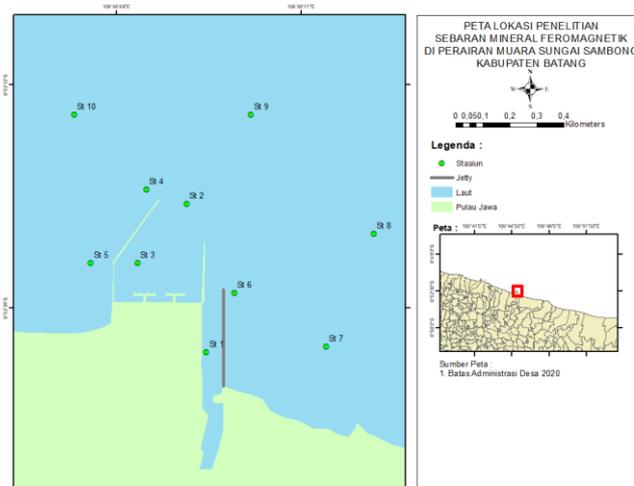
#### 7. Pola Sebaran Sedimen

Untuk membuat pola sebaran sedimen dengan menggunakan software ArcGIS dengan inputan nilai kadar mineral feromagnetik dan juga ukuran butir sedimen dari hasil analisis sebelumnya. Metode pengolahan data dengan ArcGIS dengan menghubungkan titik-titik pada tiap stasiun kemudian divisualisasikan dengan perubahan tingkat warna (interpolasi). Kemudian sebaran sedimen tersebut dianalisis terhadap pola pergerakan

arus apakah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pola sebaran kadar mineral feromagnetik di daerah muara sungai Sambong, Batang.

**Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Muara Sungai Sambong, Kabupaten Batang pada koordinat 6°52'14.760"LS - 6°52'44.730"LS dan 109°45'20.130"BT - 109°45'44.090"BT (Gambar 1). Waktu penelitian terbagi dalam dua tahap, yaitu tahap pengambilan data sedimen dan arus pada tanggal 26-27 April 2022 dan tahap pengolahan data. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Geologi Laut FPIK, Universitas Diponegoro.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

Titik koordinat dari kesepuluh stasiun yang diambil dari penelitian pada perairan muara Sambong ini, dapat dilihat dari Tabel 1.

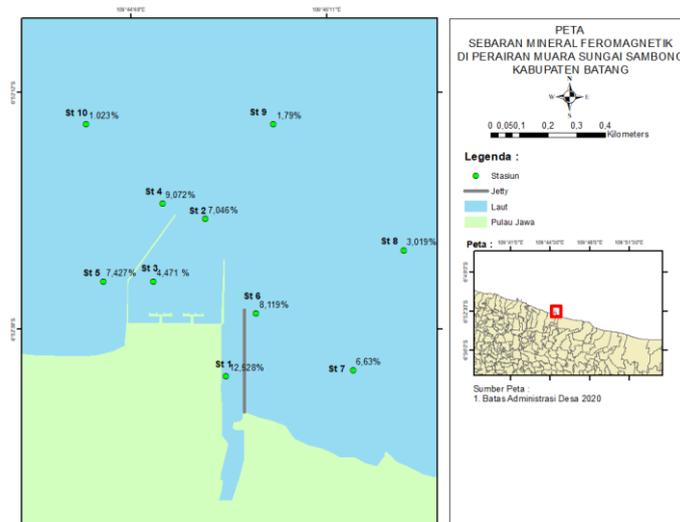
**Tabel 1.** Titik Koordinat Lokasi Penelitian.

Stasiun	Latitude	Longitude
1	6°52'44.73"LS	109°45'00.49"BT
2	6°52'27.11"LS	109°44'57.62"BT
3	6°52'35.18"LS	109°44'51.73"BT
4	6°52'24.65"LS	109°44'51.05"BT
5	6°52'33.69"LS	109°44'46.09"BT
6	6°52'38.04"LS	109°45'03.39"BT
7	6°52'43.71"LS	109°45'15.08"BT
8	6°52'29.49"LS	109°45'20.13"BT
9	6°52'14.76"LS	109°45'05.39"BT
10	6°52'17.29"LS	109°44'44.09"BT

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Sebaran Sedimen Feromagnetik**

Analisa sedimen feromagnetik dilakukan pada 10 stasiun di perairan Muara Sungai Sambong, Batang. Dari hasil penelitian menunjukkan, kandungan feromagnetik terbesar yang didapat berada pada daerah stasiun 1 (muara) dengan kandungan sebesar 12,528%. Kandungan feromagnetik yang berada pada stasiun 6 (dekat jetty) yaitu sebesar 8,119%. Terdapat 3 stasiun yang berada di sekitar luaran dermaga Pelabuhan Batang yaitu pada stasiun 2 yang memiliki kandungan feromagnetik sebesar 7,046%, stasiun 4 yang berada di sebelah Utara dermaga yang memiliki kandungan feromagnetik sebesar 9,072% dan stasiun 5 yang berada di sebelah Barat dermaga yang memiliki kandungan sebesar 7,427%. Stasiun 3 yang berada di dalam dermaga Pelabuhan Batang hanya memiliki kandungan feromagnetik sebesar 4,471%. Pada sisi Timur dari perairan muara sungai terdapat 2 stasiun yang diambil yaitu pada stasiun 7 yang lebih mengarah ke wilayah pesisir memiliki kandungan feromagnetik sebesar 6,63%, dan pada stasiun 8 yang wilayah perairannya menuju laut lepas

memiliki kandungan feromagnetik yang kecil yaitu 3,019%. Pada stasiun 9 yang terletak di perairan Utara dari muara sungai memiliki kandungan yang sangat kecil yaitu 1,79%. Stasiun 10 yang terletak di Barat Laut muara memiliki prosentase kandungan feromagnetik yang sangat kecil yaitu 1,023%. Hasil lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Peta Sebaran Mineral Feromagnetik

**Ukuran Butir Sedimen**

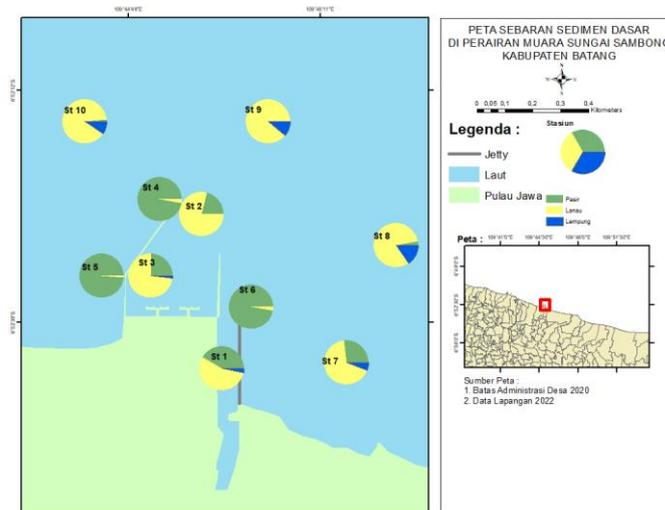
Hasil analisa butir sedimen yang didapat dari analisa laboratorium dan melalui metode Shepard didapatkan jenis ukuran butir sedimennya dari kesepuluh stasiun dan disajikan pada tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Tabel Ukuran Butir Sedimen

Stasiun	Kandungan (%)			Jenis Sedimen
	Pasir	Lanau	Lempung	
1	41,49	55,36	3,16	Lanau Pasiran
2	20,84	78,61	0,55	Lanau
3	24,61	73,66	1,74	Lanau Pasiran
4	97,32	2,68	0	Pasir
5	98,59	1,41	0	Pasir
6	97,33	2,67	0	Pasir
7	26,77	67,44	5,79	Lanau Pasiran
8	2,65	82,79	15,56	Lanau
9	0,73	88,15	11,12	Lanau
10	1,43	89	9,57	Lanau

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 2, jenis sedimen yang terkandung pada perairan muara sungai Sambong terdapat 3 jenis yaitu pasir, lanau pasiran dan lanau. Pada stasiun 4,5, dan 6 memiliki jenis sedimen berupa pasir dengan nilai kandungan pasirnya secara berturut yaitu 97,32%, 98,59%, dan 97,33%. Dari ketiga stasiun tersebut hanya memiliki kandungan lanau dibawah 3%, dan tidak memiliki kadar lempungnya. Pada stasiun 5 yang berada di sisi luar dermaga yang lebih mengarah ke kawasan pantai memiliki kandungan pasir yang paling tinggi diantara seluruh stasiun yang ada dengan nilai kandungan pasirnya sebesar 98,59%. Pada stasiun 1,3, dan 7 memiliki jenis sedimen berupa lanau pasiran yang kandungannya didominasi oleh kadar lanau secara berturut sebesar 55,36%, 73,66%, dan 67,44%. Pada jenis sedimen lanau pasiran masih terdapat kandungan pasirnya yg jumlahnya lumayan banyak tetapi untuk kandungan lempungnya sangat minim. Pada stasiun 2 memiliki jenis sedimen berupa lanau dengan kadar lanaunya sebesar 78,61%, lalu untuk kandungan pasir sebesar 20,84%, dan sedangkan untuk kandungan lempung sebesar 0,55%. Pada stasiun 8,9, dan 10 memiliki jenis sedimen berupa lanau dengan kadar lanau sebesar 82,79%, 88,15%, dan 89% secara berturut. Sampel sedimen pada stasiun 8 berada di sebelah Timur Laut dari wilayah muara sungai. Stasiun 9 dan 10

berada di sebelah Utara dari perairan muara sungai dan kandungan lanaunya merupakan yang terbesar dari seluruh stasiun. Untuk kandungan lempungnya memiliki kadar sebesar 15,56%, 11,12%, dan 9,57% secara berturut dan dengan kandungan pasir yang sangat sedikit. Berdasarkan hasil analisa jenis ukuran butir dari kesepuluh sedimen tersebut, selanjutnya diolah dengan menggunakan software ArcGIS 10.6 untuk membuat peta persebaran jenis sedimennya. Gambar 3 menunjukkan persebar jenis sedimen yang terdapat di muara sungai Sambong, Batang.



Gambar 3. Peta Sebaran Sedimen Dasar

**Korelasi Kandungan Sedimen Feromagnetik Dengan Ukuran Butir Sedimen**

Tabel 3. Korelasi Pearson antara Kandungan Feromagnetik terhadap Ukuran Butir Sedimen

		Kandungan Feromagnetik	pasir
Kandungan Feromagnetik	Pearson Correlation	1	.649*
	Sig. (2-tailed)		.042
	N	10	10
pasir	Pearson Correlation	.649*	1
	Sig. (2-tailed)	.042	
	N	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabel 4. Korelasi Pearson Antara Kandungan Feromagnetik Pada Sedimen Dengan Ukuran Butir Sedimen Lanau

		Kandungan Feromagnetik	Lanau
Kandungan Feromagnetik	Pearson Correlation	1	-.616
	Sig. (2-tailed)		.058
	N	10	10
Lanau	Pearson Correlation	-.616	1
	Sig. (2-tailed)	.058	
	N	10	10

**Tabel 5.** Korelasi Pearson Antara Kandungan Feromagnetik Pada Sedimen Dengan Ukuran Butir Sedimen Lempung

		Kandungan Feromagnetik	Lempung
Kandungan Feromagnetik	Pearson Correlation	1	-.697*
	Sig. (2-tailed)		.025
	N	10	10
Lempung	Pearson Correlation	-.697*	1
	Sig. (2-tailed)	.025	
	N	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Hasil analisis korelasi Pearson yang dilakukan pada sedimen feromagnetik dengan ukuran butir pasir menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,649. Hasil korelasi pada ukuran butir pasir menunjukkan nilai yang kuat. Hasil korelasi pada sedimen feromagnetik dengan ukuran butir lanau menghasilkan nilai sebesar -0,616 dan hasil tersebut juga menunjukkan bahwa nilai korelasi yang terdapat pada sedimen feromagnetik dengan ukuran butir lanau merupakan korelasi yang kuat. Hasil korelasi yang terakhir yaitu antara sedimen feromagnetik dengan ukuran butir lempung menunjukkan nilai sebesar -0,697. Hasil tersebut menunjukkan korelasi yang terjadi antara kandungan feromagnetik dengan ukuran butir lempung juga merupakan korelasi yang kuat.

Nilai signifikansi yang terdapat pada sedimen feromagnetik dengan ukuran butir pasir sebesar 0,042. Nilai signifikansi yang terdapat pada kandungan sedimen feromagnetik dengan ukuran butir lanau sebesar 0,058. Nilai signifikansi yang terdapat pada kandungan sedimen feromagnetik dengan ukuran butir lempung sebesar 0,025. Ketetapan korelasi signifikan yang digunakan yaitu sebesar 0,05.

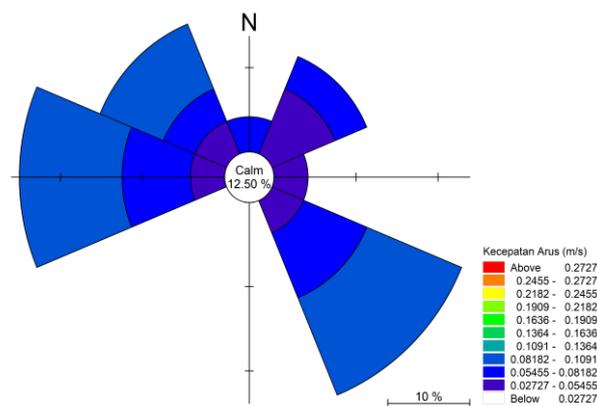
#### Arus Permukaan

Hasil pengukuran data arus permukaan yang didapat, menunjukkan arah arus dominan menuju ke arah Tenggara dengan kecepatan arus maksimal yang didapat yaitu 0,06297 m/s dan kecepatan minimal yang didapat yaitu sebesar 0,004436 m/s. Hasil lebih jelasnya ditunjukkan pada tabel 6 yang berisi tentang data kecepatan dan arah arus yang diambil pada setiap stasiunnya.

**Tabel 6.** Data Kecepatan dan Arah Arus

Stasiun	Kecepatan Arus (m/s)	Arah Arus
1	0.008472	Barat
2	0.057448	Tenggara
3	0.004436	Barat
4	0.031004	Tenggara
5	0.062789	Tenggara
6	0.060179	Tenggara
7	0.058440	Tenggara
8	0.055816	Tenggara
9	0.057997	Timur
10	0.062927	Tenggara

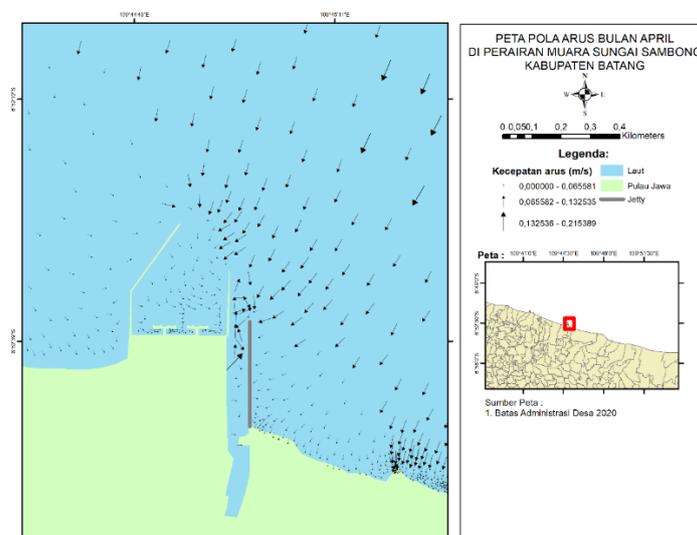
Hasil pengukuran data arus ini kemudian ditampilkan dalam bentuk pola persebaran arah arus yang digambarkan dengan bentuk *current rose*. Pola persebaran arah dan kecepatan arus tersebut menunjukkan dominasi arah arus menuju ke arah Selatan yang ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Current Rose Kecepatan dan Arah Arus

### Pemodelan Arus

Simulasi Model Arus menggunakan software *Mike 21 Modul Flow Model* yang menghasilkan pola arus di perairan muara sungai Sambong, Batang. Simulasi model arus dilakukan selama 30 hari dimulai pada tanggal 1 April sampai 30 April 2022. Nantinya setelah didapat hasil dari pemodelan tersebut kemudian diolah Kembali untuk dijadikan peta pola arus dengan menggunakan software *ArcGIS 10.6*. Peta pola arus tersebut menghasilkan suatu vektor arus yang terdiri dari kecepatan dan juga arah arusnya. Peta pola arus tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

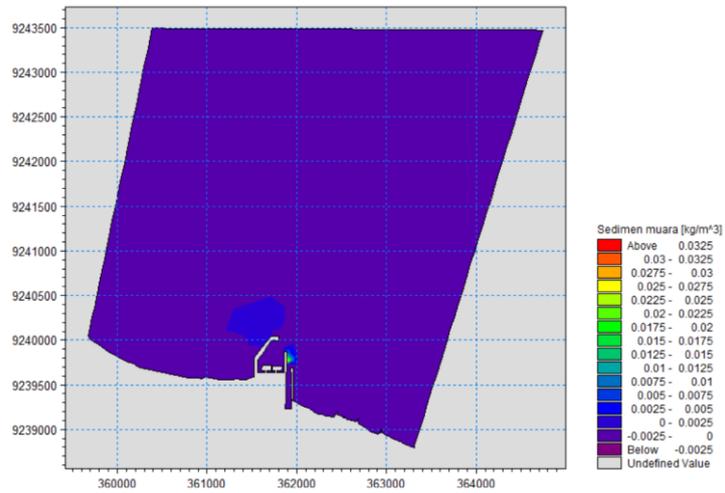


**Gambar 5.** Peta Pola Arus Bulan April 2022

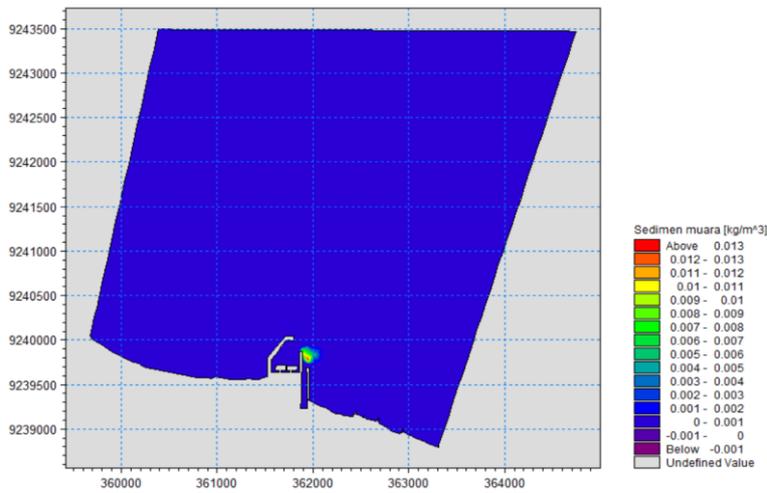
Data yang terdapat pada pemodelan arus di bulan April tahun 2022 memiliki kecepatan yang berkisar antara 0.065581 m/s sampai 0.215389 m/s dengan arah dominan yaitu Selatan di daerah perairan lepas dan Tenggara di daerah menuju muara dan pesisir.

### Pemodelan Tracking Sedimen

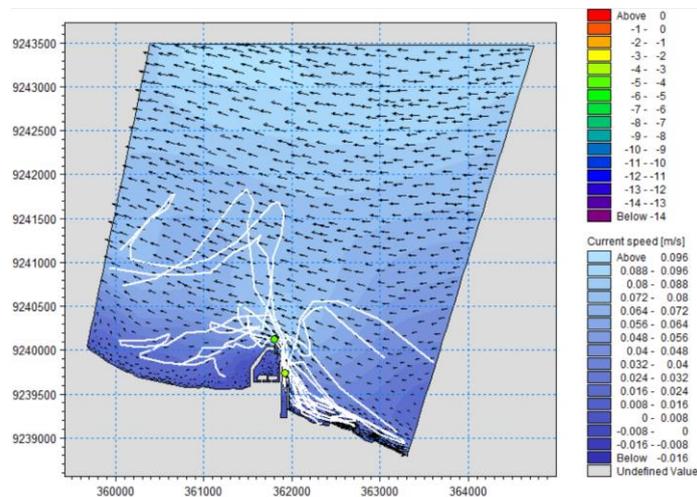
Simulasi pemodelan tracking sedimen dengan menggunakan software *Mike 21 Modul Flow Model* yang menghasilkan sebaran sedimen dari muara sungai Sambong menuju lautan. Simulasi model dilakukan selama 30 hari dimulai tanggal 1 April sampai 30 April 2022. Pemodelan tracking sedimen berdasarkan pola arus saat pasang tertinggi dan juga pada saat surut terendah. Kecepatan arus pada saat pasang tertinggi yaitu 0,048606 m/s dan kecepatan arus saat surut terendah yaitu kecepatannya sebesar 0,085983 m/s. Sedangkan nilai angkutan sedimen dari muara pada saat pasang tertinggi yaitu sebesar 0,0554 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan pada kondisi surut terendah tidak terdapat angkutan sedimen dari muara. Pemodelan tracking sedimen pada saat kondisi pasang tertinggi dan surut terendah dapat dilihat pada Gambar 6,7,8, dan 9.



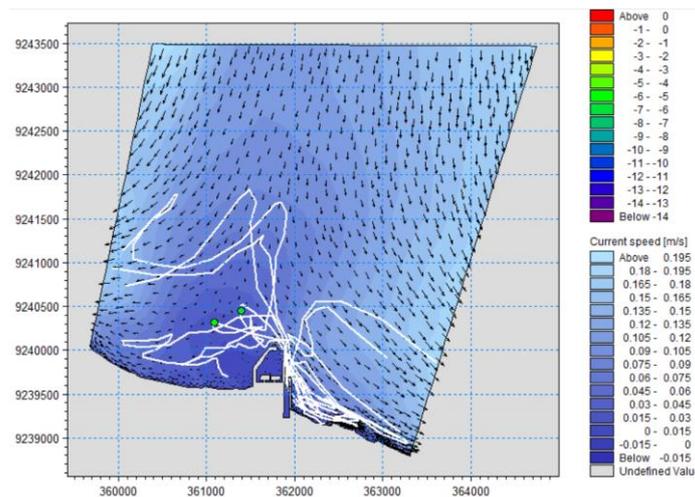
**Gambar 6.** Pemodelan Sedimen Muara Saat Pasang Tertinggi



**Gambar 7.** Pemodelan Sedimen Muara Saat Surut Terendah



**Gambar 8.** Pemodelan Tracking Sedimen Saat Pasang Tertinggi



**Gambar 9.** Pemodelan *Tracking* Sedimen Saat Surut Terendah

**Verifikasi Arus**

Verifikasi data arus dilakukan dengan membandingkan data arus terukur di lapangan dengan data arus model. Data yang diperoleh tersebut nantinya dicari dengan persentase MRE (*Mean Relative Error*) dengan nilai yang tertera di tabel 7.

**Tabel 7.** Data Validasi Arus

Stasiun	Data Arus Lapangan	Data Model	Nilai RE
1	0,008472	0.0056353	33%
2	0,057448	0.0293588	49%
3	0,004436	0.0026322	41%
4	0,031004	0.0383924	24%
5	0.062789	0.0339975	46%
6	0.060179	0.0453487	25%
7	0.058440	0.0523071	10%
8	0.055816	0.0638126	14%
9	0.057997	0.0540602	7%
10	0.062927	0.0628123	0%
MRE			25%

Berdasarkan nilai yang didapatkan dengan metode *Mean Relative Error* (MRE) pada komponen kecepatan arus yang diambil dari data lapangan dan juga dari pemodelan arus yaitu sebesar 25%. Berdasarkan nilai tersebut dapat dinyatakan bahwa tingkat kesalahan yang terdapat antara data lapangan dan juga dari data pemodelan termasuk dalam tingkat kesalahan yang layak.

Berdasarkan analisa kandungan feromagnetik yang terdapat di perairan muara sungai Sambong, kabupaten Batang, kandungan persentase mineral feromagnetik yang terbesar terdapat pada daerah muara yaitu pada pengambilan sampel di stasiun 1 sebesar 12,528%. Kandungan mineral feromagnetik yang terkecil berada di stasiun 10 yang terletak di sebelah Utara dari muara sungai dengan kadar 1,023%. Berdasarkan hasil analisa kandungan sedimen feromagnetik yang terdapat di perairan muara sungai Sambong, kadar feromagnetik terbesar berada di daerah muara sungai dan semakin menuju ke daerah laut lepas maka kandungan feromagnetiknya akan semakin kecil. Sesuai dengan pernyataan dari Subardjo *et al.*, (2020) yaitu pola sebaran dari mineral feromagnetik bersumber dari influk sedimen dari sungai, dan faktor oseanografi yang berpengaruh paling dominan terhadap persebaran sedimen feromagnetik merupakan arus. Selain itu hulu dari sungai Sambong terletak di daerah pegunungan Dieng yang memiliki kawah yang aktif, (BLH Kab. Batang, 2009). Diduga mineral feromagnetik yang terdapat di wilayah perairan muara sungai Sambong berasal dari proses vulkanik yang dibawa dari hulu sungai menuju ke hilir.

Hasil analisa butiran sedimen yang dilakukan di muara sungai Sambong, kabupaten Batang dengan menggunakan metode Shepard, ditemukan bahwa jenis butiran sedimennya yaitu jenis pasir, lanau pasiran dan juga lanau. Jenis sedimen dasar yang terkandung pada daerah muara sungai didominasi oleh kandungan lanau pasiran. Jenis lanau pasiran juga dapat ditemukan pada daerah yang terdapat di dalam dermaga pelabuhan Batang dan juga di sebelah Timur dari muara sungai Sambong. Jenis sedimen dasar yang berupa kandungan pasir dapat ditemukan di sisi luar dari bangunan pantai yaitu di sisi luar jetty dan juga di sisi luar dermaga Pelabuhan. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Ikhwan *et al.*, (2015), bahwa sedimen dengan ukuran yang lebih kasar (pasir) tersebar disekitar pesisir pantai, dan semakin menjauh dari pesisir pantai maka sedimennya akan berukuran lebih halus (lanau). Pada hasil analisa butir sedimen ditemukan juga bahwa pada muara sungai sedimen yang ada berupa jenis lanau pasiran, sementara sedimen laut memiliki ukuran yang lebih halus berupa lanau. Menurut Asatidz *et al.*, (2021), dengan ukuran butir yang kecil mudah untuk terbawa oleh arus ke arah laut, sehingga terendapkan pada perairan yang dalam.

Hubungan antara korelasi yang terjadi pada sedimen feromagnetik dengan ukuran butir sedimen di perairan muara sungai Sambong, kabupaten Batang menunjukkan hasil dikisaran 0,6 yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara kandungan sedimen feromagnetik dengan ukuran butir pasir.  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki susunan rhombohedral, corundum ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan merupakan bentuk yang sangat umum ditemukan. Senyawa dalam bentuk ini terbentuk secara alamiah kepada mineral bijih besi yang ditambang kepada bijih besi utama. Besi (III) oksida gampang disiapkan menggunakan dekomposisi termal dan pengendapan dalam suatu cairan. Sifat magnetiknya dipengaruhi oleh jumlah faktor, seperti tekanan, ukuran partikel, dan intensitas medan magnet (Greedon, 1994). Menurut Maslukah (2013), umumnya sedimen yang mempunyai ukuran sedimen yang lebih halus dan mempunyai banyak kandungan organik mengandung konsentrasi logam berat yang lebih besar daripada sedimen yang mempunyai tipe ukuran butiran sedimen berukuran besar. Selain itu kandungan feromagnetik pada sedimen juga dipengaruhi oleh faktor kimia dan juga fisika pada perairan di muara sungai Sambong. Sifat fisik dan kimia material padatan tersuspensi yang memiliki kemampuan mengadsorpsi logam berat terlarut dalam kolom air, maka deposisi padatan tersuspensi dalam suatu perairan akan menyebabkan akumulasi logam berat tersebut selain material organik dalam sedimen (Sanusi, 2006).

Arus merupakan salah satu faktor oseanografi yang dapat memengaruhi sebaran sedimen yang terdapat di laut. Berdasarkan analisa pola arus yang dilakukan, arus yang terdapat di laut memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan dengan arus yang terdapat di wilayah pantai. Jika kecepatan arus di daerah laut semakin membesar maka akan menyebabkan terjadinya erosi di daerah laut yang dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi ke arah daerah pantai. Menurut Triatmodjo (1999), proses terjadinya erosi dan sedimentasi tergantung dari proses hidrodinamika, arus dan dasar laut. Kecepatan arus yang besar dapat menggerakkan partikel sedimen yang besar, sedangkan kecepatan arus yang kecil sulit untuk menggerakkan partikel sedimen halus. Berdasarkan hasil analisa pemodelan arus dibulan April 2022, arah arus di sekitar wilayah pantai dominan menuju ke Tenggara dengan kecepatan arus yang relatif kecil. Sedangkan arah arus yang berada di laut dominan menuju Selatan dengan kecepatan yang lebih besar. Persebaran sedimen feromagnetik yang terdapat pada perairan muara sungai Sambong memiliki kadar feromagnetik terbesar di daerah muara sungainya. Hal itu disebabkan karena debit sungai yang menyebabkan sedimen dari sungai bergerak menuju arah laut. Pola arus yang berada di sebelah Utara dan Timur Laut dari muara sungai bergerak menuju arah Selatan sehingga sedimen yang bergerak dari sungai tertahan di daerah muara sungainya, sehingga kandungan feromagnetik pada sedimen juga banyak yang ikut tertahan di daerah muara sungai. Sedimen feromagnetik yang ikut keluar dari muara sungai tersebar menuju laut lepas. Sedimen feromagnetik yang menuju ke sebelah Barat dari muara sungai akhirnya tertahan pada sisi luar dermaga pelabuhan karena pola arus yang berada pada sebelah Barat dari perairan muara sungai bergerak menuju arah Timur ke sisi luar dermaga, sehingga kadar sedimen feromagnetik yang berada pada sisi luar dermaga memiliki kadar yang cukup tinggi. Kadar feromagnetik pada sedimen yang terkecil berada pada perairan di arah Utara dari muara sungai karena sedimen feromagnetik yang keluar dari muara sungai sudah tersebar menuju sebelah Barat dan Timur dari daerah muara, sehingga kandungan feromagnetik yang bergerak menuju Utara dari muara sungai sudah tersisa sedikit.

Pemodelan arus juga dilakukan dalam 2 kondisi yaitu pola arus saat pasang tertinggi dan pola arus saat surut terendah. Dapat diketahui dari analisa tersebut bahwa kecepatan arus saat surut terendah memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan saat kondisi arus pada saat pasang tertinggi.

## KESIMPULAN

Prosentase feromagnetik di perairan muara sungai Sambong berkisar antara 1,023% -12,528%. Nilai terbesar ditemukan di daerah muara sungai dan terendah di sebelah Utara dari muara sungai. Jenis sedimen di perairan muara sungai Sambong adalah pasir, lanau pasiran dan lanau. Jenis pasir banyak ditemukan di sekitar sisi bangunan pantai (dermaga pelabuhan dan jetty 0 dan disepanjang pantai. Jenis sedimen lanau pasiran ditemukan pada muara sungai, di dalam area dermaga pelabuhan sebelah Timur muara sungai serta jenis lanau ditemukan pada wilayah laut yang jauh dari pantai (sebelah Utara dan Timur Laut dari muara sungai). Persebaran sedimen feromagnetik di perairan muara Sambong dipengaruhi oleh pola arus, yang cenderung mengarah ke Tenggara pada bagian sisi Barat muara sungai. Kandungan tertinggi yang ditemukan di sekitar muara sungai berkaitan dengan sumber sedimen feromagnetik yang berasal dari daerah sungai dan pola sebarannya dipengaruhi oleh pola arus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alpius, S. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Pasir Besi Terlapis Mangan Dioksida serta Aplikasinya untuk Penurunan Kadar Ion Fosfat dalam Air. *Pillar of Physics*, 6(1): 31–38
- Asatidz, S., Alfi, S., Ismanto, A., Setiyono, H., dan Purwanto, P., 2021. Pemodelan Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Pelabuhan Branta, Pamekasan. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1): 64–75.
- BLH Kabupaten Batang, 2009. *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Batang 2009*. Pemerintah Kabupaten Batang.
- Dewanti, N. P., Muslim dan Wahyu R. P., 2016. Analisis Kandungan Karbon Organik Total (KOT) dalam Sedimen di Perairan Sluke Kabupaten Rembang. *Jurnal Oseanografi*, 5(2):202-210.
- Fakhrurrozi, A. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Bentuk Bulir Mineral Magnetik Pasir Besi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2), 123–128.
- Greedon, J. E. 1994. *Magnetic Oxides in Encyclopedia of Inorganic Chemistry* Ed. R. Bruce King. John Wiley & Sons.
- Holme, M. G., & N.D. McIntyre, 1984. *Methods for Study of Marine Benthos, second edition*. Blackwell Scientific Publication.
- Ikhwan, R., Saputro S., dan Hariadi H., 2015. Studi Sebaran Sedimen Dasar Di Sekitar Muara Sungai Pekalongan, Kota Pekalongan. *Journal of Oceanography*, 4(3):617–624.
- Maslukah, L., 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 2:55-62.
- Naufalina, N. E., Marwoto, J., dan Rochaddi, B., 2022. Analisis Sebaran Sedimen Berdasarkan Ukuran Butir di Perairan Pantai Baron, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(2):61-67.
- Nugraha, P. A., Sari, S. P., Hidayati, W. N., Dewi, C. R., & Kusuma, D. Y. 2016. The Origin and Composition of Iron Sand Deposit in The Southern Coast of Yogyakarta. *AIP Conference Proceedings*, 1746. <https://doi.org/10.1063/1.4953953>
- Sanusi, H.S., 2006. Kimia Laut. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, IPB.
- Setiady, D., 2010. Hubungan Kumpulan Mineral Berat pada Sedimen Pantai dan Lepas Pantai dengan Batuan Asal Darat di Perairan Teluk Pelabuhan Ratu, Jawa Barat. *Jurnal Geologi Indonesia*, 5(1):57-74.
- Setiadi, E. A., Sebayang, P., Ginting, M., Sari, A. Y., Kurniawan, C., Saragih, C. S., & Simamora, P. 2016. The Synthesization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Magnetic Nanoparticles Based on Natural Iron Sand by Co-Precipitation Method for The Used of The Adsorption Of Cu And Pb Ions. *Journal of Physics: Conference Series*, 776 (1).
- Sukirman, E., Sarwanto, Y., Insani, A., Th Rina, M., and Purwanto, A. 2018. Magnetic Structure of Magnetite Phase of Iron Sand Retrieved from Banten, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1091 (1).

- Subardjo, P., Wulandari S. Y., M. Kurnianto M. A., Widada S., dan Widiaratih R., 2020. Sebaran Mineral Feromagnetik Di Perairan Delta Sungai Bodri, Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(1):1-9
- Sudarto, Patty W., dan Tarumningkeng A.A., 2013. Kondisi Arus Permukaan di Perairan Pantai: Pengamatan dengan Metode Lagrangian. *Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap 1*.
- Sugiyono, 2002. *Metode Penelitian Bisnis*. Alfabeta.
- Suryabrata, S, 1998. *Metodologi Penelitian*. Raja Grafindo Perkasa.
- Togibasa, O. 2019. Distribution of Magnetic Susceptibility of Natural Iron Sand in the Sarmi Coast Area  
Distribution of Magnetic Susceptibility of Natural Iron Sand in the Sarmi Coast Area. *Journal of Physics: Conf. Series* 1204. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012074>
- Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.