

## KAJIAN POLA SEBARAN PADATAN TERSUSPENSI DAN UNSUR LOGAM BERAT DI TELUK UJUNG BATU, JEPARA

Rosmeiuli Panjaitan, Muh. Yusuf, Muhammad Zainuri\*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang, 50275 Telp/Fax (024) 7474698  
Email : [muh\\_yusuf\\_undip@yahoo.co.id](mailto:muh_yusuf_undip@yahoo.co.id); [muhhammad.zainuri@yahoo.co.id](mailto:muhhammad.zainuri@yahoo.co.id)

### Abstrak

Teluk Ujung Batu terletak di Kecamatan Jepara, dan lokasinya sangat strategis karena berdekatan dengan Pelabuhan Kartini serta merupakan daerah perkotaan yang padat penduduk. Aktivitas masyarakat di daratan serta lalu lintas kapal di pelabuhan dapat menyebabkan timbulnya pencemaran laut yang berasal dari buangan limbah industri dan limbah kapal berupa pencemaran logam berat, serta dapat meningkatkan konsentrasi sebaran polutan padatan tersuspensi yang dipengaruhi oleh pola arus di perairan setempat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola sebaran padatan tersuspensi dan unsur logam berat di perairan Teluk Ujung Batu, Jepara. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 9–20 Februari 2014.

Materi yang digunakan berupa sampel air laut, serta parameter pendukung berupa arus laut dan kualitas perairan. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif dan penentuan titik sampling menggunakan purposive sampling method. Analisis data untuk sebaran padatan tersuspensi, kekeruhan, dan logam berat Cd, Pb, dan Zn menggunakan ArcGIS 10.1 dan untuk pola arus menggunakan model ADCIRC.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa nilai konsentrasi padatan tersuspensi tertinggi terdapat di muara sungai dengan nilai 21 mg/l dan nilai kekeruhan dengan nilai 51,9 mg/l. Sedangkan hasil tertinggi konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dengan nilai 0,066 mg/l, timbal (Pb) dengan nilai 0,520 mg/l dan seng (Zn) dengan nilai 0,37 mg/l. Berdasarkan hasil yang didapat, bahwa pola sebaran padatan tersuspensi menumpuk di daerah muara sungai karena terbawa arus yang bergerak pada saat surut yaitu dari daratan dan semakin berkurang saat menuju laut karena pergerakan arus yang menyebar. Hal ini sesuai dengan sumber padatan tersuspensi yang berasal dari aliran sungai serta material darat. Sedangkan pola sebaran logam berat cenderung menyebar di perairan lepas namun masih berdekatan dengan daratan. Hal ini didukung dari sumber logam berat yang berasal dari limbah industri di darat yang dibuang ke laut serta dari bahan bakar minyak kapal yang melewati daerah tersebut.

**Kata Kunci :** Padatan Tersuspensi, Logam Berat, Teluk Ujung Batu, Jepara

### Abstract

Ujung Batu Bay is located in Jepara, and the location is very strategic because it is near to Kartini Harbour and crowded by urban people.

People activity in the land and shipping traffic activity in the sea appear marine pollution that comes from industrial waste and ship waste like heavy metal pollution and also increase the concentration of pollution spreading of total suspended solid influenced by current pattern in the surrounding waters.

The aim of this research is to know the concentration and spreading pattern of total suspended solid and heavy metal in Ujung Batu Bay waters, Jepara. The research was done on 9th-20th February, 2014.

*The matters that used in this research were seawater sample, and supporting parameter like sea current and water quality. The research used descriptive method and the positioning of sampling location used purposive sampling method.*

*Based on the research result was obtained that the highest concentrate value of total suspended solid in the mouth of river namely 21 mg/l and the turbidity value is 51,9 mg/l. The highest concentrate value of those following heavy metal are cadmium (Cd) 0,066 mg/l, plumbum (Pb) 0,520 mg/l and zinc (Zn) 0,37 mg/l. Based on the obtained result, the spreading pattern of total suspended solid accumulates in mouth of river area because it involves in currents movement in tide periode and become lesser when it goes to the sea caused by spreading currents movement. It proves that total suspended solid source comes from river currents and land material. While the spreading pattern of heavy metal spread to the offshore but still near to the land. That is caused by industrial waste in the land that throw directly to the sea and ship oil waste as the source of heavy metal.*

**Keywords:** Total Suspended Solid, Heavy Metal, Ujung Batu Bay, Jepara

## 1. Pendahuluan

Permasalahan lingkungan perairan bukanlah hal yang baru, melainkan sudah ada sejak manusia mulai memanfaatkan lingkungan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Salah satu permasalahan yang perlu diwaspadai dan cukup berbahaya bagi lingkungan adalah padatan tersuspensi dan logam berat. Umumnya logam berat yang terdapat dalam padatan tersuspensi yang ada di kolom air laut berasal dari daratan dan bersama aliran sungai akan terbawa ke perairan laut di sekitar muara, selanjutnya terbawa bersama pergerakan arus ke kolom air dan mengendap di dasar laut pada lokasi perairan yang tenang (Helfinalis *et al*, 2011).

Kecamatan Jepara terletak di pesisir Laut Jawa dan secara administratif merupakan bagian dari Kabupaten Jepara. Lokasi Penelitian terletak di Teluk Ujung Batu yang letaknya sangat strategis karena berdekatan dengan Pelabuhan Kartini sebagai pusat aktifitas kelautan Kabupaten Jepara. Sebagai daerah perkotaan yang padat penduduk, wilayah perairan kota Jepara merupakan kawasan lalu lintas perairan dan industri yang cukup penting.

Kapal-kapal wisata yang mengangkut penumpang serta kapal nelayan yang melakukan bongkar muat di sekitar pelabuhan menjadikan perairan sekitar Teluk Ujung Batu mengalami beban dan tekanan ekologi yang cukup besar. Kondisi tersebut secara tidak langsung dapat menyebabkan perairan Teluk Ujung Batu mendapat pengaruh besar dari aktifitas tersebut, selanjutnya akan berdampak terhadap kualitas perairan di sekitarnya.

Salah satu dampak dari aktivitas lalu lintas kapal adalah timbulnya pencemaran laut yang berasal dari buangan limbah kapal, yang ditandai dengan masuknya logam berat timbal (Pb) sehingga menyebabkan turunnya kualitas perairan. Sumber lainnya seperti kadmium (Cd) dan seng (Zn) yang berasal dari alam ataupun dari aktivitas manusia yang dibuang langsung ke perairan melalui aliran sungai juga dapat menjadi dampak timbulnya pencemaran (Mukhtasor, 2007). Dampak lain juga dapat berupa meningkatnya konsentrasi sebaran polutan padatan tersuspensi yang dipengaruhi oleh pola arus di perairan setempat.

Yulianto (2006) menyatakan bahwa logam berat seperti Hg, Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn telah tercemar pada air, sedimen dan kerang. Penelitian ini dilakukan di pesisir utara Pulau Jawa meliputi 13 kabupaten/kota, mulai dari Kabupaten Brebes sampai dengan Kabupaten Pati. Melihat dari data-data tersebut tidak menutup kemungkinan semakin meningkatnya padatan tersuspensi dan pembuangan limbah yang mengandung bahan berbahaya.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pola sebaran padatan tersuspensi dan logam berat dalam kaitannya dengan karakteristik pola arus yang terjadi di Teluk Ujung Batu, Jepara. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi dan pola sebaran padatan tersuspensi, kekeruhan, dan unsur-unsur logam berat (Pb, Cd, dan Zn) di perairan Teluk Ujung Batu, Jepara.

## 2. Materi dan Metode Penelitian

### A. Materi Penelitian

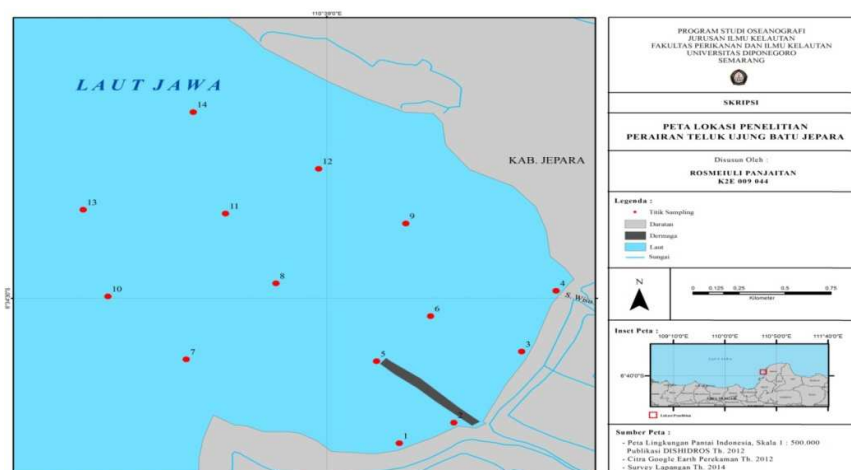
Materi yang digunakan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer meliputi : sampel air laut untuk pengukuran padatan tersuspensi dan logam berat serta data kualitas perairan meliputi pH, suhu, salinitas dan DO di perairan Teluk Ujung Batu. Data sekunder meliputi : data arus laut tim Teluk Ujung Batu, Jepara, sebagai inputan model sebaran penyebaran padatan tersuspensi dan logam berat serta Peta Lingkungan Pantai Indonesia, tahun 2012.

### B. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini di bagi menjadi tiga tahap. Tahap pertama adalah pengambilan data di lapangan pada tanggal 9-20 Februari 2014 di perairan Teluk Ujung Batu, Jepara, Jawa Tengah. Tahap kedua adalah analisa laboratorium padatan tersuspensi dan logam berat (Pb, Cd dan Zn) dalam sampel air laut, serta tahap ketiga adalah pengolahan data dan pembuatan laporan. Penentuan posisi stasiun pengambilan sampel air ditetapkan dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*). Lokasi pengambilan sampel dan koordinat titik *sampling* tersaji dalam **Tabel 1** dan **Gambar 1** di bawah ini.

**Tabel 1.** Lokasi Pengambilan Sampel dan Koordinat Titik di Perairan Teluk Ujung Batu, Jepara

No. Titik Sampling	Longitude	Latitude
Stasiun 1	110,654,206	-6,584,889
Stasiun 2	110,655,633	-6,583,080
Stasiun 3	110,659,916	-6,578,845
Stasiun 4	110,661,582	-6,574,276
Stasiun 5	110,651,683	-6,579,321
Stasiun 6	110,655,015	-6,576,132
Stasiun 7	110,645,973	-6,578,893
Stasiun 8	110,650,398	-6,574,181
Stasiun 9	110,656,775	-6,570,326
Stasiun 10	110,642,213	-6,574,990
Stasiun 11	110,647,924	-6,569,755
Stasiun 12	110,652,492	-6,566,852
Stasiun 13	110,641,023	-6,569,460
Stasiun 14	110,646,306	-6,563,226



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

### C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, menurut Sudjana dan Ibrahim (1989) menjelaskan bahwa metode deskriptif adalah metode yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi pada saat sekarang. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel penelitian ini adalah *purposive sampling method*, yaitu suatu metode pengambilan sampel yang dapat mewakili keadaan keseluruhan di daerah penelitian.

### D. Metode Analisis Data

Pengambilan sampel airdiambil secara langsung sebanyak 14 titik yang meliputi daerah muara sungai menuju ke laut, dengan kedalaman 3 meter menggunakan botol Nansen. Kemudian sampel air dibawa ke laboratorium untuk selanjutnya dilakukan uji mengenai padatan tersuspensi dan logam berat. Pengukuran parameter kualitas perairan menggunakan *water quality checker*. Analisis logam berat menggunakan AAS (*Atomatic Absorption Spectroscopy*) dengan menggunakan *flame* campuran udara-asetilen. Pengolahan data padatan tersuspensi, kekeruhan, dan logam berat diolah dengan menggunakan software *Arc.GIS 10.0*, sedangkan untuk data arus diolah dengan menggunakan software SMS 8.1. Data konsentrasi padatan tersuspensi, kekeruhan dan logam berat dalam air diinterpretasikan dengan menggunakan software Arcgis 10.0, guna mengetahui sebaran secara spasial pada setiap stasiun di perairan Teluk Ujung Batu, Jepara. Selanjutnya dianalisa dan dihubungkan dengan pola arus pada perairan tersebut.

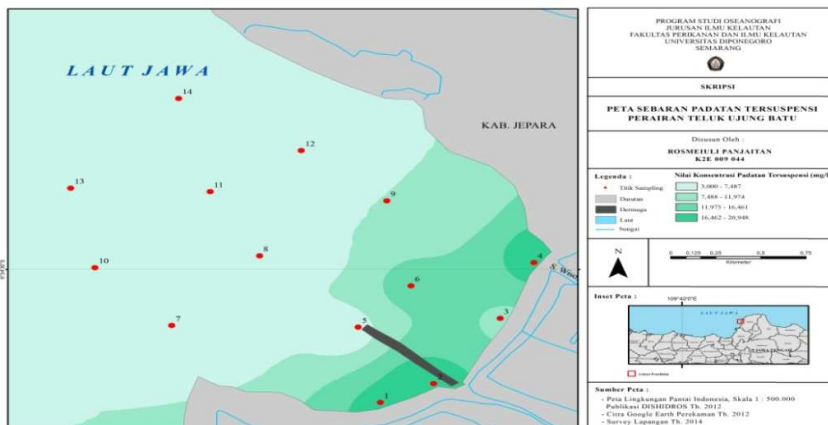
## 3. Hasil dan Pembahasan

### Konsentrasi Padatan Tersuspensi dan Kekeruhan

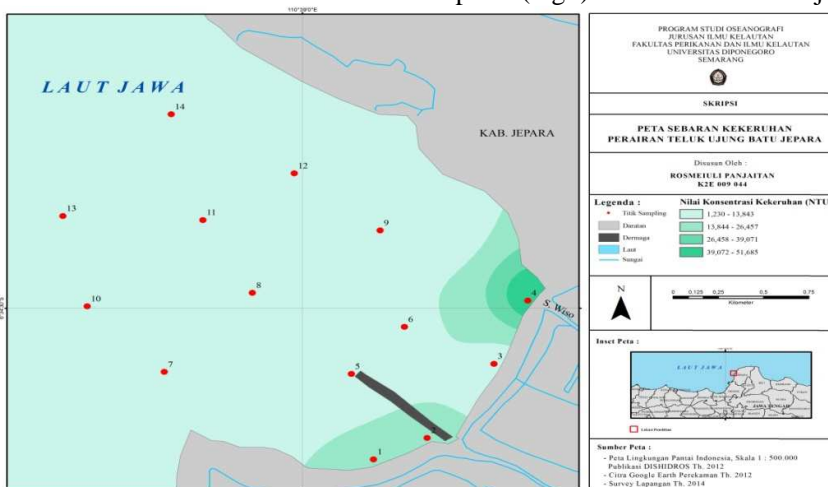
Hasil pengukuran konsentrasi padatan tersuspensi berkisar antara 3-21 mg/l. Konsentrasi padatan tersuspensi terendah terdapat di stasiun 7, 13, dan 14 dan tertinggi di stasiun 2 dan 4. Sedangkan hasil pengukuran terhadap kekeruhan air berkisar antara 1,23–51,9 NTU. Nilai kekeruhan terendah di stasiun 14 dan tertinggi di stasiun 4. Hasil pengukuran konsentrasi padatan tersuspensi dan kekeruhan di masing-masing stasiun penelitian disajikan pada **Tabel 2**, dan pola sebaran disajikan pada **Gambar 2 dan 3**.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Konsentrasi Padatan Tersuspensi dan Kekeruhan Air

No.	Stasiun	Parameter	
		Zat Padatan Tersuspensi (mg/l)	Kekeruhan (NTU)
1	Stasiun 1	20	27,10
2	Stasiun 2	21	15,10
3	Stasiun 3	11	7,10
4	Stasiun 4	21	51,90
5	Stasiun 5	4	2,64
6	Stasiun 6	14	13,00
7	Stasiun 7	3	1,54
8	Stasiun 8	6	4,79
9	Stasiun 9	9	4,82
10	Stasiun 10	5	1,47
11	Stasiun 11	5	3,80
12	Stasiun 12	5	3,47
13	Stasiun 13	3	1,23
14	Stasiun 14	3	1,61



Gambar 2. Sebaran Konsentrasi Padatan Tersuspensi (mg/l) di Perairan Teluk Ujung Batu



Gambar 3. Sebaran Kekeruhan (NTU) di Perairan Teluk Ujung Batu

Berdasarkan hasil analisis, didapatkan nilai padatan tersuspensi tertinggi terdapat di stasiun yang berdekatan dengan daratan dan muara sungai yaitu sebesar 21 mg/l dan semakin berkurang saat menjauhi daratan atau saat menuju laut lepas, yaitu sebesar 3 mg/l. Salah satu hal yang menyebabkan nilai padatan tersuspensi menjadi tinggi karena masih ada pengaruh dari aliran Sungai Wiso yang cukup besar. Arus yang bergerak akan membawa padatan tersuspensi dari sungai berupa hasil pelapukan batuan dan erosi, serta dari daratan berupa material darat dan logam berat. Nilai konsentrasi padatan tersuspensi juga sangat mempengaruhi tingginya kekeruhan di perairan. Semakin meningkatnya nilai konsentrasi padatan tersuspensi di suatu perairan, maka secara otomatis kekeruhan juga akan meningkat. Hal ini biasanya terjadi akibat gelombang laut yang membuat sedimen dan substrat berlumpur akan terangkat dan teraduk, selanjutnya substrat ini didistribusikan oleh arus menuju ke laut lepas. Nilai kekeruhan tertinggi di perairan Teluk Ujung Batu sebesar 51,9 NTU yang berada di muara sungai, dan terendah sebesar 1,23 NTU yaitu di perairan yang menuju laut lepas.

### Konsentrasi Logam Berat

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil konsentrasi logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd), dan zinc (Zn). Logam berat kadmium (Cd) berkisar antara 0,003-0,066 mg/l, konsentrasi Cd terendah terdapat di stasiun 2 dan 4, dan tertinggi di stasiun 6. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat kadmium (Cd) di masing-masing stasiun penelitian disajikan pada **Tabel 3**, sedangkan pola sebaran disajikan pada **Gambar 4**.

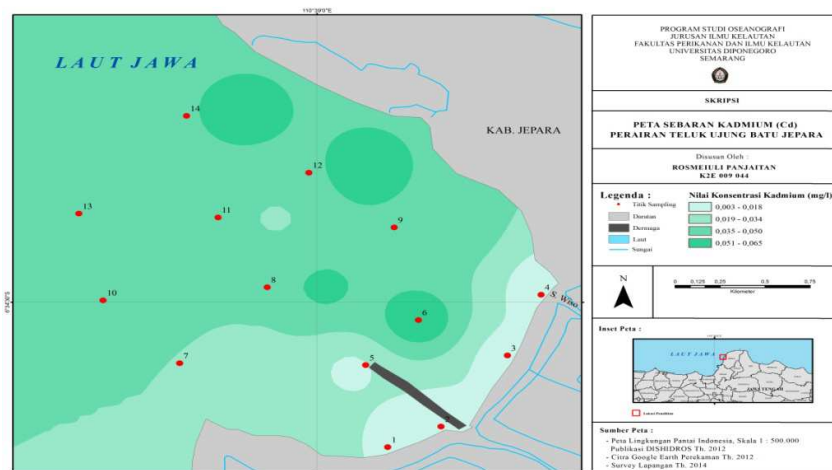
Konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang didapatkan berkisar antara 0,005-0,520 mg/l. Konsentrasi Pb terendah terdapat di stasiun 4 dan tertinggi terdapat di stasiun 6. Hasil

pengukuran konsentrasi Pb di masing-masing stasiun penelitian disajikan pada **Tabel 3**, dan pola sebaran disajikan pada **Gambar 5**.

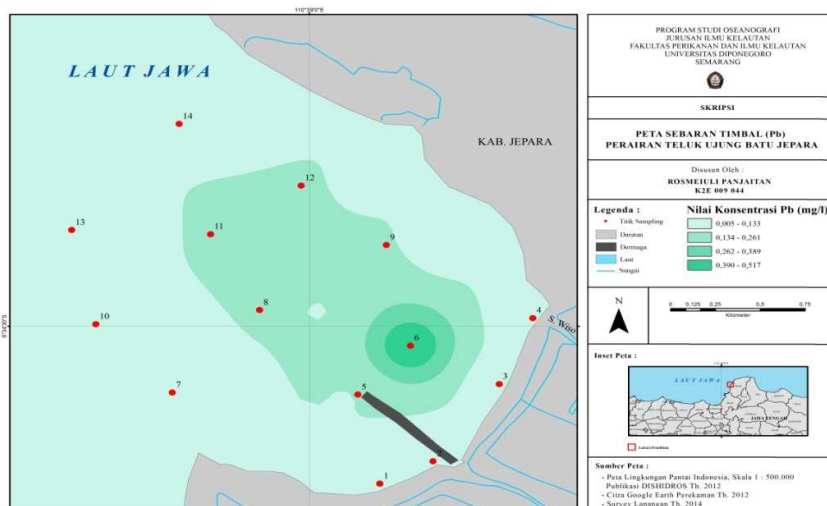
Konsentrasi logam berat seng (Zn) yang didapatkan berkisar antara 0,05-0,37 mg/l. Konsentrasi Zn terendah terdapat di stasiun 5 dan 7, dan tertinggi terdapat di stasiun 1. Hasil pengukuran konsentrasi Zn di masing-masing stasiun penelitian disajikan pada **Tabel 3**, sedangkan pola sebaran disajikan pada **Gambar 6**.

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Berat Cd, Pb, dan Zn

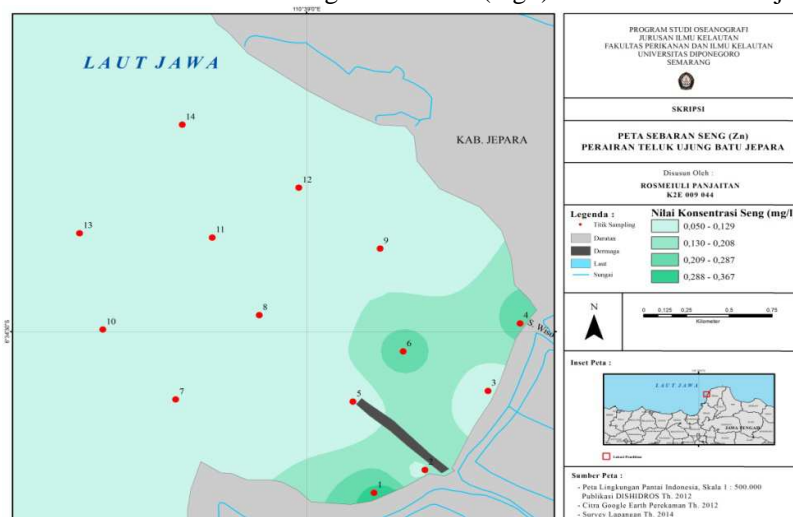
No.	Stasiun	Parameter Logam Berat		
		Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
1	Stasiun 1	0,019	0,010	0,370
2	Stasiun 2	0,003	0,050	0,120
3	Stasiun 3	0,004	0,010	0,070
4	Stasiun 4	0,003	0,005	0,250
5	Stasiun 5	0,015	0,130	0,050
6	Stasiun 6	0,066	0,520	0,250
7	Stasiun 7	0,027	0,090	0,050
8	Stasiun 8	0,054	0,130	0,090
9	Stasiun 9	0,043	0,090	0,060
10	Stasiun 10	0,040	0,080	0,080
11	Stasiun 11	0,033	0,238	0,100
12	Stasiun 12	0,058	0,120	0,070
13	Stasiun 13	0,044	0,110	0,070
14	Stasiun 14	0,054	0,080	0,060



**Gambar 4.** Sebaran Konsentrasi Logam Berat Cd (mg/l) di Perairan Teluk Ujung Batu



Gambar 5. Sebaran Konsentrasi Logam Berat Pb (mg/l) di Perairan Teluk Ujung Batu



Gambar 6. Sebaran Konsentrasi Logam Berat Zn (mg/l) di Perairan Teluk Ujung Batu

Logam berat Cd cenderung tinggi di perairan menuju laut namun masih berdekatan dengan daratan. Hal ini sesuai dari sumber Cd yang sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia. Penggunaan Cd biasanya digunakan oleh industri tekstil, pengolahan ikan, serta penggunaan cat pada industri *furniture*. Namun, logam berat Cd di perairan Teluk Ujung Batu tidak hanya berasal dari daratan, namun juga berasal dari buangan limbah daerah lain yang kemudian terbawa arus, dan mengendap di lokasi pengambilan sampel karena kecepatan arusnya yang kecil. Logam tersebut terbawa arus pada saat pasang dari arah laut menuju ke daratan, kemudian pada saat memasuki daerah teluk kecepatan arus berkurang sehingga mengakibatkan logam Cd terakumulasi lokasi tersebut. Stasiun 1 merupakan stasiun yang paling dekat dengan daratan sehingga kemungkinan besar masih banyak terdapat pengaruh dari sisa bahan bakar kendaraan bermotor, limbah pabrik maupun limbah rumah tangga. Hal ini sesuai dengan pernyataan menurut Clark (1989) yang menyatakan bahwa aktivitas manusia di daratan seperti pembuangan limbah industri besar maupun kecil dan sisa-sisa bahan bakar kendaraan bermotor menjadi salah satu sumber penyumbang terbesar logam berat di suatu perairan.

Sedangkan untuk stasiun 5, 6, dan 8 merupakan jalur pelayaran nelayan yang akan berangkat maupun datang dari laut. Ketiga stasiun ini merupakan lokasi terdekat dari pelabuhan sandar kapal nelayan maupun tempat menurunkan ikan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Hal ini juga yang menyebabkan logam berat di daerah ini relatif besar karena diduga asap dari perahu maupun cat yang digunakan mengandung logam berat.

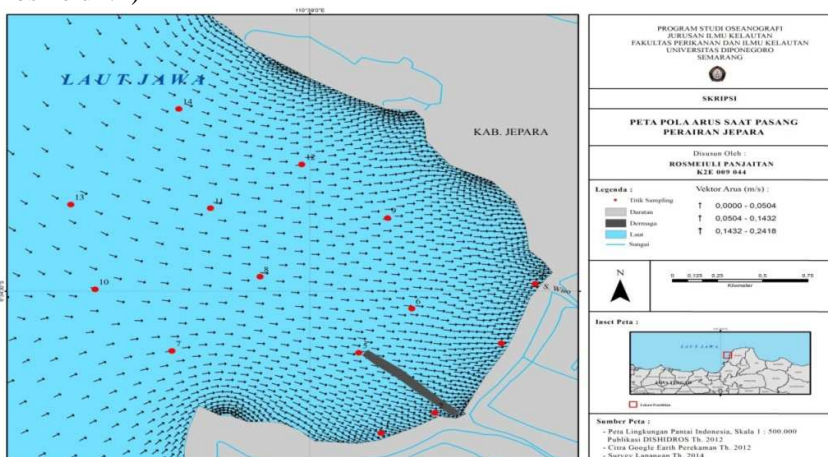
### Data Arus

Berdasarkan pengukuran arus selama 3 hari di lapangan (17–20 Februari 2014) diperoleh kecepatan arus maksimum dan minimum. ADCP dipasang di kedalaman 7 m dengan koordinat 06 34'30.9" Lintang Selatan dan 110 38'34.5" Bujur Timur. Kecepatan arus maksimum dan minimum pada lapisan permukaan yaitu sebesar 0,199 m/dt dan 0,004 m/dt dengan arah maksimum yaitu 90<sup>0</sup> (barat-timur) dan arah minimum 90<sup>0</sup> (barat-timur). Pada lapisan tengah kecepatan arus maksimum yaitu 0,168 m/dt dengan arah sebesar 90<sup>0</sup> (barat–timur) dan kecepatan arus minimum yaitu 0,001 m/dt dengan arah sebesar 90<sup>0</sup> (barat–timur). Pada lapisan dasar kecepatan arus maksimum yaitu 0,123 m/dt dengan arah sebesar 90<sup>0</sup> (barat–timur) dan kecepatan arus minimum sebesar 0,001 m/dt dengan arah sebesar 90<sup>0</sup> (barat–timur) seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

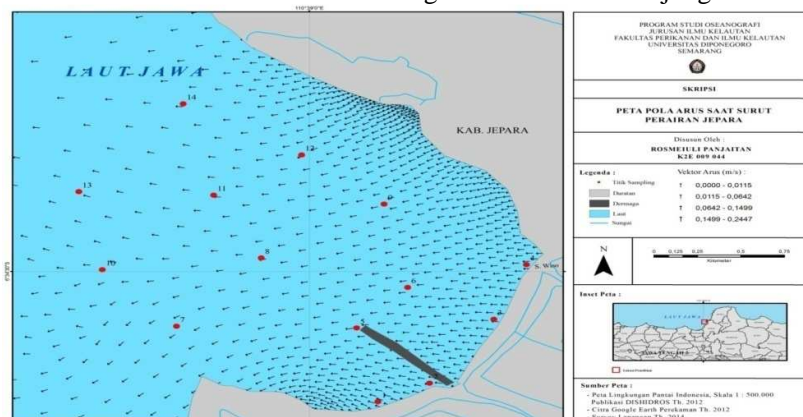
**Tabel 4.** Kecepatan Arus Maksimum dan Minimum Pada Lapisan Permukaan, Tengah dan Dasar

Lapisan	Kecepatan Arus (m/dt)		Arah (°)	
	Maks	Min	Maks	Min
Permukaan	0,199	0,004	90 <sup>0</sup> (B-T)	90 <sup>0</sup> (B-T)
Tengah	0,168	0,001	90 <sup>0</sup> (B-T)	90 <sup>0</sup> (B-T)
Dasar	0,123	0,001	90 <sup>0</sup> (B-T)	90 <sup>0</sup> (B-T)

**Sumber :** Data Lapang Tim Teluk Ujung Batu, Jepara (Okky.M.H, Genda.P, dan Rosmeiuli.P)



**Gambar 7.** Pola Arus Saat Pasang di Perairan Teluk Ujung Batu





**Gambar 8.** Pola Arus Saat Surut di Perairan Teluk Ujung Batu

**Data Pendukung Parameter Kualitas Perairan**

**Tabel 5.** Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Perairan

No.	Stasiun	Parameter			
		Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	DO (mg/l)
1	Stasiun 1	25,50	28	7,12	3,68
2	Stasiun 2	25,80	22	7,14	3,48
3	Stasiun 3	27,50	21	7,20	3,65
4	Stasiun 4	28,40	20	7,16	4,15
5	Stasiun 5	27,00	21	7,25	3,97
6	Stasiun 6	25,50	28	7,21	3,70
7	Stasiun 7	26,90	23	8,02	4,01
8	Stasiun 8	26,40	29	7,24	3,86
9	Stasiun 9	26,50	28	7,23	3,99
10	Stasiun 10	26,50	27	7,20	3,92
11	Stasiun 11	27,00	25	7,64	3,75
12	Stasiun 12	26,17	31	7,56	4,09
13	Stasiun 13	26,50	25	7,43	3,83
14	Stasiun 14	26,60	23	7,33	3,98

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi padatan tersuspensi dan kekeruhan tertinggi di perairan Teluk Ujung Batu berkisar 3-21 mg/l dan 1,23-51,90 NTU, dengan konsentrasi tertinggi terletak pada muara sungai dan semakin berkurang konsentrasinya saat menjauhidarat, dengan arah penyebarannya dominan ke timur. Konsentrasi timbal (Pb) berkisar 0,005-0,520 mg/l, dengan pola sebaran dominan berada di jalur pelayaran kapal. Konsentrasi kadmium (Cd) dan seng (Zn) berkisar 0,003-0,066 mg/l dan 0,05-0,37 mg/l, dengan pola sebaran dominan berada di dekat daratan. Arah arus dominan bergerak dari arah barat ke timur, yaitu dari arah daratan dengan kecepatan yang kecil menuju ke laut lepas dengan kecepatan yang semakin bertambah.

**Daftar Pustaka**

Clark, R. B. 1986. Marine Pollution. Claredon Press. Oxford  
 Helfinalis, Sultan dan Rubiman. 2011. Padatan Tersuspensi Total di Perairan Selat Flores Bolong Alor dan Selatan Pulau Adonara Lembata Pantar. Ilmu Kelautan (Indonesian Journal of Marine Sciences), 17 (3): 148-153 hlm  
 Sudjana, Nana dan Ibrahim. 1989. Penelitian dan Penilaian Pendidikan. Bandung: Sinar Baru  
 Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Cetakan Pertama. PT Pradnya Paramita. Jakarta. 321 hlm  
 Yulianto, B. 2006. Penelitian Tingkat Pencemaran Logam Berat di Pantai Utara Jawa Tengah. Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah, Semarang. 10 hlm