

**PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL
LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO,
JAWA TIMUR, INDONESIA**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:

**DHEA AYU BATAMIA
NIM. 125080601111053**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2016

**PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL
LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO,
JAWA TIMUR, INDONESIA**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

**Oleh:
DHEA AYU BATAMIA
NIM. 125080601111053**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL
LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO,
JAWA TIMUR, INDONESIA

Oleh :

DHEAAYU BATAMIA
NIM. 125080601111053

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 21 Juni 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

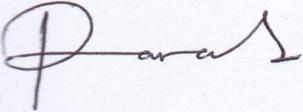
Dosen Penguji I


Dr. H. Rudianto, MA
NIP. 19570715 198603 1 024
Tanggal : 20 JUL 2016

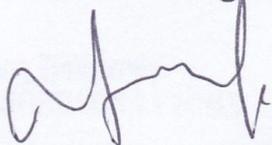
Menyetujui,
Dosen Pembimbing I


Dr. Eng. Abu Bakar S., S.Pi., MT
NIP. 19780717 200501 1 002
Tanggal : 20 JUL 2016

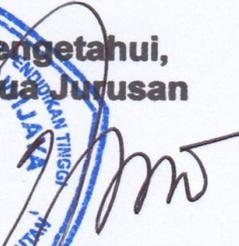
Dosen Penguji II


Rarasrum Dyah K., S.Kel., M.Si, M.Sc
NIK. 2013098810052001
Tanggal : 20 JUL 2016

Dosen Pembimbing II


Syarifah Hikmah J. S., S.Pi., M.Sc
NIP. 19840720 201404 2 001
Tanggal : 20 JUL 2016



Mengetahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP
NIP. 196303608 198703 1 003
Tanggal: 20 JUL 2016

ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dhea Ayu Batamia

NIM : 125080601111053

Judul Skripsi : Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Spasial Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini penulis tulis berdasarkan hasil pemikiran dan pengalaman yang penulis lakukan serta bebas dari peniruan terhadap karya orang lain. Tulisan dan kutipan pendapat dari orang lain penulis tulis berdasarkan pada ketentuan penulisan ilmiah yang berlaku serta telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Apabila di kemudian hari dapat dibuktikan atau terbukti ditemukan adanya plagiasi dalam skripsi ini, penulis bersedia menerima sanksi yang berlaku baik di Universitas Brawijaya ataupun di Indonesia.

Malang, 20 April 2016

Yang membuat pernyataan,

Dhea Ayu Batamia

NIM. 125080601111053



UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan seiring dengan selesainya skripsi yang berjudul “Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Spasial Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia”. Dalam penulisan laporan ini, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, oleh karenanya pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Gusti Allah SWT. dan Baginda Besar Muhammad SAW. atas berkat, rahmat dan karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Suparman, S.H dan Ibu Dra. Atik Trimurtiningsih yang selalu senantiasa memberikan dukungan, doa, sumber keuangan dan motivasi bagi penulis agar selalu bersemangat menjalani setiap hari dalam melaksanakan tugas apapun.
3. Kakak penulis Akbartya Novandani Ananda, Veni Ayu Nur Indah Sari dan keponakan penulis Sekar Ayu Fitri Ananda serta Abhyakta Dhihka Ananda yang telah memberi semangat tersendiri agar terselesainya skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT dan Ibu Syarifah Hikmah Julinda, S.Pi., M.Sc sebagai Dosen Pembimbing Skripsi penulis yang selalu memberikan bimbingan, kritik dan saran dimulai dari pemilihan topik hingga pada proses akhir penulisan laporan skripsi.
5. Seluruh Dosen Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya atas pengalaman dan pelajaran yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Sahabat penulis Rainey Windayati, Ela Mustikawati dan L.N. Didik Tri Utami, yang selalu menjadi penyemangat dan motivator penulis disaat lemah serta bersedia membantu hampir dalam setiap hal baik itu mengenai skripsi maupun hal pribadi.
7. Adik-adik yang setia menemani di saat penulis membutuhkan semangat dalam ketakutan Nur Chumairoh dan Oyi Shinta.
8. Keluarga besar Himpunan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya (HIMALAYA) dan teman – teman Ilmu Kelautan 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 dan 2015 Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak cerita dan pengalaman selama penulis berkuliah.
9. Tim asisten Ekologi Laut Tropis, Oseanografi Kimia, Penerapan Komputer pada Ilmu Kelautan, Perubahan Iklim dan Ekosistem Laut dan AMDAL Pesisir dan Laut yang telah menjadi tim berbagi dengan penulis dalam belajar dan mengajar.

Malang, 20 April 2016

Penulis

RINGKASAN

DHEA AYU BATAMIA. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Spasial Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur (dibawah bimbingan **Dr. Eng. ABU BAKAR SAMBAH, S.Pi., MT** dan **SYARIFAH HIKMAH JULINDA SARI, S.Pi., M.Sc.**)

Pesisir merupakan tempat akhir bermuaranya berbagai macam bahan baik dari darat maupun laut. Hal ini menyebabkan pesisir menjadi tempat berkumpulnya berbagai macam zat pencemar yang dibawa oleh aliran air. Salah satu pencemaran yang berbahaya di pesisir yaitu pencemaran logam berat. Karakteristik lingkungan di setiap lokasi perairan diduga akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap konsentrasi logam berat. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui status dan sebaran spasial status mutu air melalui indeks pencemaran serta mengetahui faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap distribusi spasial logam berat di pesisir Kabupaten Probolinggo, sehingga dapat dilakukan pengelolaan kualitas air bagi keberlangsungan kelestarian lingkungan.

Pengambilan sampel air dilaksanakan pada bulan November 2015 di pesisir Kabupaten Probolinggo khususnya di daerah sungai, muara sungai dan laut. Metode penelitian dilakukan secara deskriptif dengan menggunakan teknik pengambilan sampel air *composite sampling*. Parameter yang diukur meliputi parameter fisika (suhu dan kecerahan), kimia (salinitas, pH dan DO) dan logam berat (Cu, Cd, Pb dan Zn) perairan. Penentuan status dan sebaran spasial mutu air mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 dan baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Sedangkan, analisis pengaruh faktor lingkungan terhadap distribusi spasial logam berat menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa status mutu air tergolong dalam kondisi tercemar sedang dengan rentang 6,2551 – 7,5495 di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo bagi peruntukkan wisata bahari dan biota laut. Hasil sebaran spasial status mutu air menunjukkan bahwa indeks pencemaran tertinggi berada di muara sungai. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan karakteristik lingkungan, peruntukkan, pemanfaatan wilayah, hasil pengukuran parameter lingkungan dan konsentrasi logam berat pada setiap stasiun penelitian. Pada grafik biplot menunjukkan bahwa salinitas mempengaruhi distribusi kadmium (Cd) dan timbal (Pb) di stasiun penelitian 5. DO dan kecerahan mempengaruhi distribusi tembaga (Cu) dan seng (Zn) di stasiun penelitian 1. Stasiun penelitian 3 dipengaruhi oleh pH dan stasiun penelitian 2 serta 4 dipengaruhi oleh suhu.

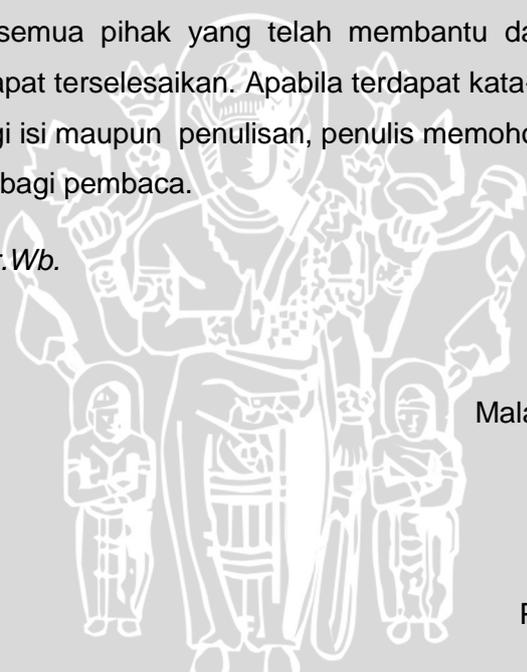
KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas segala limpahan rahmat, inayah, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Skripsi tentang “*Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Spasial Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia*”. Laporan ini disusun secara sistematis untuk mengetahui status dan sebaran spasial mutu air melalui indeks pencemaran serta faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap distribusi logam berat di pesisir Kabupaten Probolinggo.

Semoga laporan yang telah disusun ini dapat dipergunakan sebagai salah satu acuan, petunjuk maupun pedoman bagi pembaca. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini sehingga dapat terselesaikan. Apabila terdapat kata-kata yang kurang berkenan, baik dari segi isi maupun penulisan, penulis memohon maaf. Semoga laporan ini bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.



Malang, 20 April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

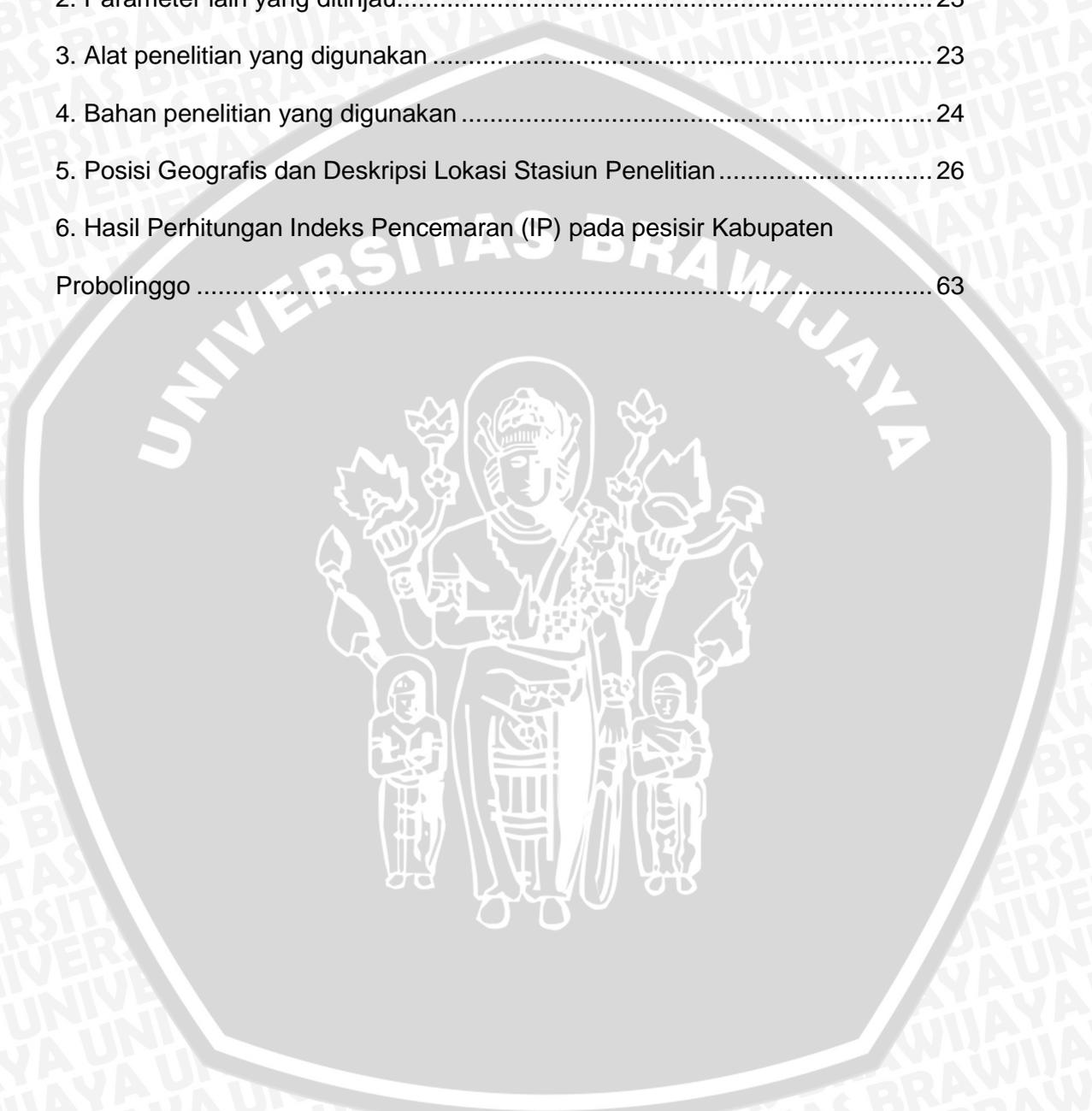
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Kegunaan Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Definisi Pesisir	6
2.2. Kondisi Umum Kabupaten Probolinggo	7
2.3. Pencemaran Air	9
2.4. Logam Berat di Lingkungan Perairan	10
2.4.1. Karakteristik Tembaga (Cu)	11
2.4.2. Karakteristik Kadmium (Cd)	12
2.4.3. Karakteristik Timbal (Pb)	13
2.4.4. Karakteristik Seng (Zn)	14
2.5. Indeks Pencemaran	15
2.6. Analisis Spasial	16
2.7. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Logam Berat	17
2.8. Penelitian Terdahulu	18
3. METODE PENELITIAN	21
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	21
3.2. Teknik Pengambilan Data	22
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	23
3.3.1. Alat	23
3.3.2. Bahan	24
3.4. Prosedur Penelitian	24
3.4.1. Tahapan Penelitian	24
3.4.2. Penentuan Stasiun Penelitian	26
3.4.3. Teknik Pengambilan Sampel Air	30
3.4.4. Analisis Status Mutu Air	32
3.4.5. Analisis Spasial	34
3.4.6. Analisis Statistik	35
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36

4.1. Tata Guna Lahan (<i>Land Use</i>).....	36
4.2. Kualitas Air.....	38
4.2.1. Suhu.....	38
4.2.2. Kecerahan.....	40
4.2.3. Salinitas.....	42
4.2.4. Derajat Keasaman (pH).....	44
4.2.5. Oksigen Terlarut (DO).....	46
4.2. Logam Berat.....	47
4.3.1. Tembaga (Cu).....	47
4.3.2. Kadmium (Cd).....	49
4.3.3. Timbal (Pb).....	51
4.3.4. Seng (Zn).....	54
4.3. Kondisi Hidrooseanografi.....	56
4.3.1. Arus.....	56
4.3.2. Pasang Surut.....	58
4.4. Iklim.....	60
4.4.1. Angin.....	60
4.4.2. Curah Hujan.....	61
4.5. Analisis Status Mutu Air di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	63
4.6. Analisis Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Spasial Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	66
5. PENUTUP.....	70
5.1. Kesimpulan.....	70
5.2. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	72
DAFTAR LAMPIRAN.....	79



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Parameter Fisika, Kimia dan Logam Berat yang diukur.....	22
2. Parameter lain yang ditinjau.....	23
3. Alat penelitian yang digunakan	23
4. Bahan penelitian yang digunakan	24
5. Posisi Geografis dan Deskripsi Lokasi Stasiun Penelitian	26
6. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran (IP) pada pesisir Kabupaten Probolinggo	63

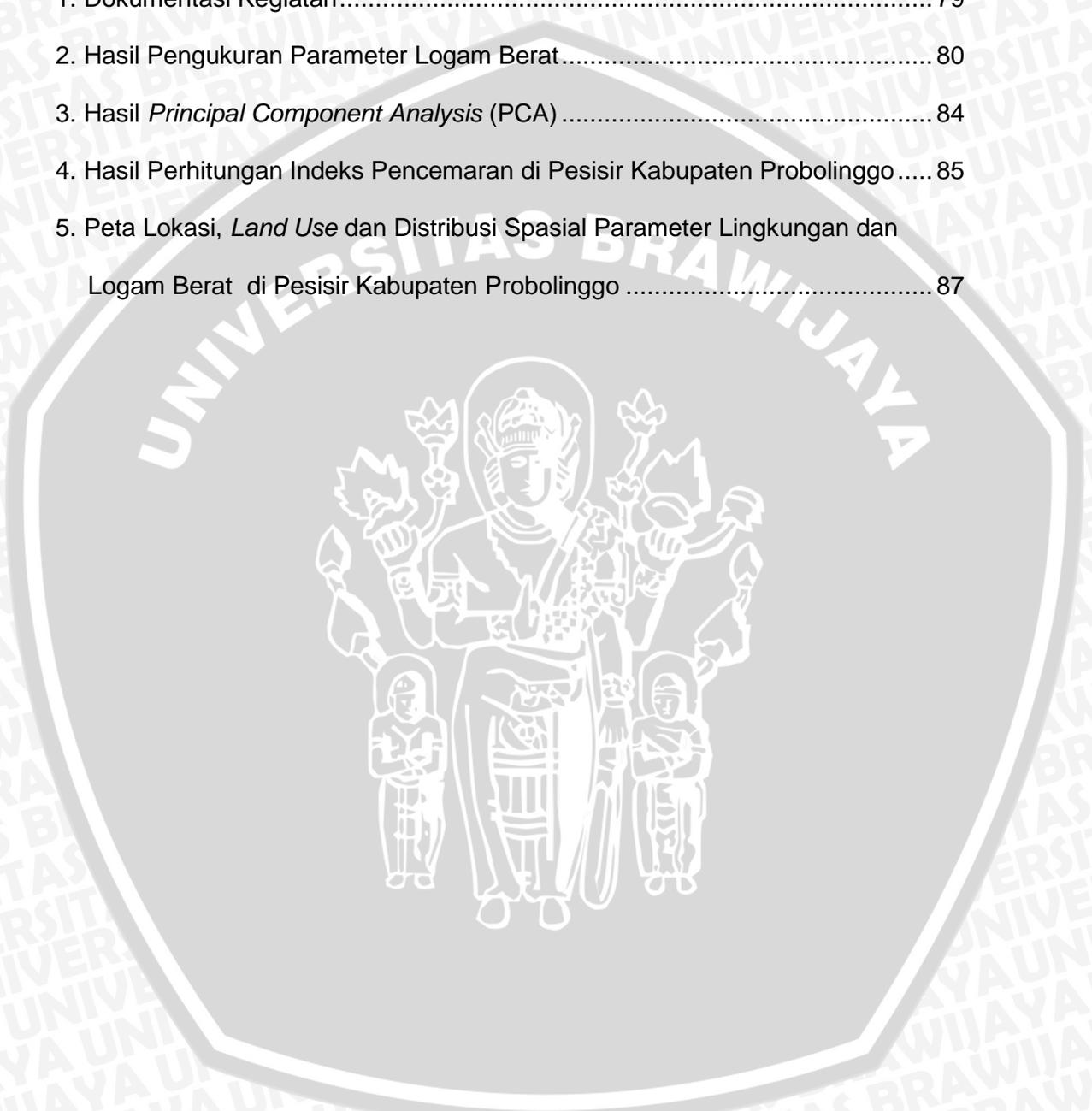


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Administrasi Kabupaten Probolinggo	8
2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel pada Pesisir Kabupaten Probolinggo	21
3. Diagram Alir Penelitian	25
4. Peta Tata Guna Lahan (<i>Land Use</i>) Kecamatan Pajarakan dan Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo.....	36
5. Peta Sebaran Suhu di Pesisir Kabupaten Probolinggo	38
6. Peta Sebaran Kecerahan di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	40
7. Peta Sebaran Salinitas di Pesisir Kabupaten Probolinggo	42
8. Peta Sebaran Derajat Keasaman (pH) di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	44
9. Peta Sebaran Oksigen Terlarut (DO) di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	46
10. Peta Sebaran Tembaga (Cu) di Pesisir Kabupaten Probolinggo	48
11. Peta Sebaran Kadmium (Cd) di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	50
12. Peta Sebaran Timbal (Pb) di Pesisir Kabupaten Probolinggo	52
13. Peta Sebaran Seng (Zn) di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	54
14. Pola Distribusi Arus di Perairan Jawa Timur, Indonesia.....	57
15. Prediksi Pasang Surut di Pesisir Kabupaten Probolinggo Bulan November 2015	59
16. Pola Arah dan Kecepatan Angin di Pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia	60
17. Peta Prakiraan Curah Hujan di Perairan Jawa Timur Bulan November 2015	62
18. Peta Sebaran Spasial Status Mutu Air di Pesisir Kabupaten Probolinggo	64
19. Hasil analisis PCA	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Kegiatan.....	79
2. Hasil Pengukuran Parameter Logam Berat.....	80
3. Hasil <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	84
4. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	85
5. Peta Lokasi, <i>Land Use</i> dan Distribusi Spasial Parameter Lingkungan dan Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo.....	87



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pesisir merupakan tempat akhir bermuaranya berbagai macam bahan baik dari darat maupun laut. Hal ini menyebabkan pesisir menjadi tempat berkumpulnya berbagai macam zat pencemar yang dibawa oleh aliran air. Terdapat kegiatan di darat maupun di perairan seperti transportasi, industri, pelestarian alam, budidaya, pertambakan, pertanian, pariwisata dan pemukiman penduduk yang membuang limbah buangan ke pesisir tanpa adanya penanganan maupun pengolahan limbah terlebih dahulu. Limbah – limbah ini kemudian terbawa oleh aliran sungai hingga menuju ke laut dan selanjutnya mencemari perairan (Yanney, 1990 *dalam* Fitriyah, 2007).

Pencemaran diartikan sebagai suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang buruk ini terjadi sebagai akibat masukan dari berbagai macam polutan. Polutan merupakan setiap benda, zat, ataupun organisme hidup dan umumnya bersifat toksik yang berbahaya bagi organisme. Toksisitas dari polutan selanjutnya menjadi pemicu terjadinya pencemaran. Pencemaran pada tingkat lanjut dapat menghapuskan satu atau lebih dari mata rantai dalam tatanan tersebut. Beberapa contohnya adalah perubahan morfologi, tingkah laku, sistem reproduksi yang terhambat hingga kematian dalam jumlah besar pada organisme dapat mengubah suatu ekosistem (Palar, 1994).

Salah satu pencemaran yang berbahaya di pesisir yaitu pencemaran logam berat. Logam berat dikatakan berbahaya disebabkan karena logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh dengan jangka waktu yang lama, sulit terdegradasi di lingkungan dan menghambat enzim serta merusak dinding sel. Daya larut logam berat dapat menjadi lebih tinggi atau menjadi lebih rendah tergantung pada

kondisi lingkungan perairan. Hal ini disebabkan karena setiap perairan memiliki karakteristik lingkungan yang berbeda-beda. Menurut Sing *et al.* (2005) dan Begum *et al.* (2009) dalam Andarani dan Roosmini (2009), faktor lingkungan yang mempengaruhi distribusi logam berat adalah konsentrasi logam berat dalam air dan derajat keasaman air. Selain itu, Manahan (2002) dalam Sitorus (2004), menambahkan faktor lingkungan lain yang berpengaruh adalah temperatur, konsentrasi oksigen dan kesadahan perairan.

Tarigan *et al.* (2003) menjelaskan bahwa jenis logam berat tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan seng (Zn) merupakan logam berat yang umumnya sering ditemukan dalam kasus pencemaran air dengan bentuk senyawa toksik. Perbedaan lokasi dan waktu penelitian diduga akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik dan perubahan konsentrasi logam berat tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan seng (Zn). Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui status dan sebaran spasial mutu air serta pengaruh faktor – faktor lingkungan terhadap distribusi spasial logam berat khususnya di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia. Berdasarkan penelitian ini diharapkan masyarakat dapat melakukan pelestarian fungsi pesisir dengan melaksanakan pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air sehingga keberlangsungan antara kegiatan dan kelestarian lingkungan dapat berjalan.

1.2. Perumusan Masalah

Logam berat merupakan salah satu limbah yang berbahaya karena sulit didegradasi di lingkungan. Distribusi logam berat di perairan dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan peningkatan berbagai aktivitas seperti aktivitas pertanian, budidaya tambak, pemukiman penduduk, industri dan transportasi yang

menghasilkan beranekaragam buangan limbah yang pada akhirnya masuk ke perairan. Berdasarkan permasalahan di atas, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana status mutu air dengan menggunakan metode indeks pencemaran di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia?
2. Bagaimana sebaran spasial status mutu air dengan menggunakan metode indeks pencemaran di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia?
3. Bagaimana pengaruh faktor lingkungan terhadap sebaran spasial logam berat di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui status mutu air dengan menggunakan metode indeks pencemaran di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia
2. Mengetahui sebaran spasial status mutu air dengan menggunakan metode indeks pencemaran di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia
3. Mengetahui pengaruh faktor lingkungan terhadap sebaran spasial logam berat di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia

1.4. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai berikut.

1. Bagi Pemerintah

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu informasi tentang pengaruh faktor lingkungan terhadap sebaran spasial logam berat tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan seng (Zn) sehingga dapat meningkatkan

pengelolaan, pemanfaatan dan pengembangan kualitas air laut di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia.

2. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu pengetahuan kepada masyarakat mengenai kondisi kualitas air laut dan kandungan logam berat di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia.

3. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan suatu informasi, wawasan dan pengetahuan mengenai pengaruh faktor lingkungan terhadap sebaran spasial logam berat di pesisir Kabupaten Probolinggo serta dapat meningkatkan kemampuan dalam memahami permasalahan dengan mengaplikasikan teori yang diperoleh selama perkuliahan.

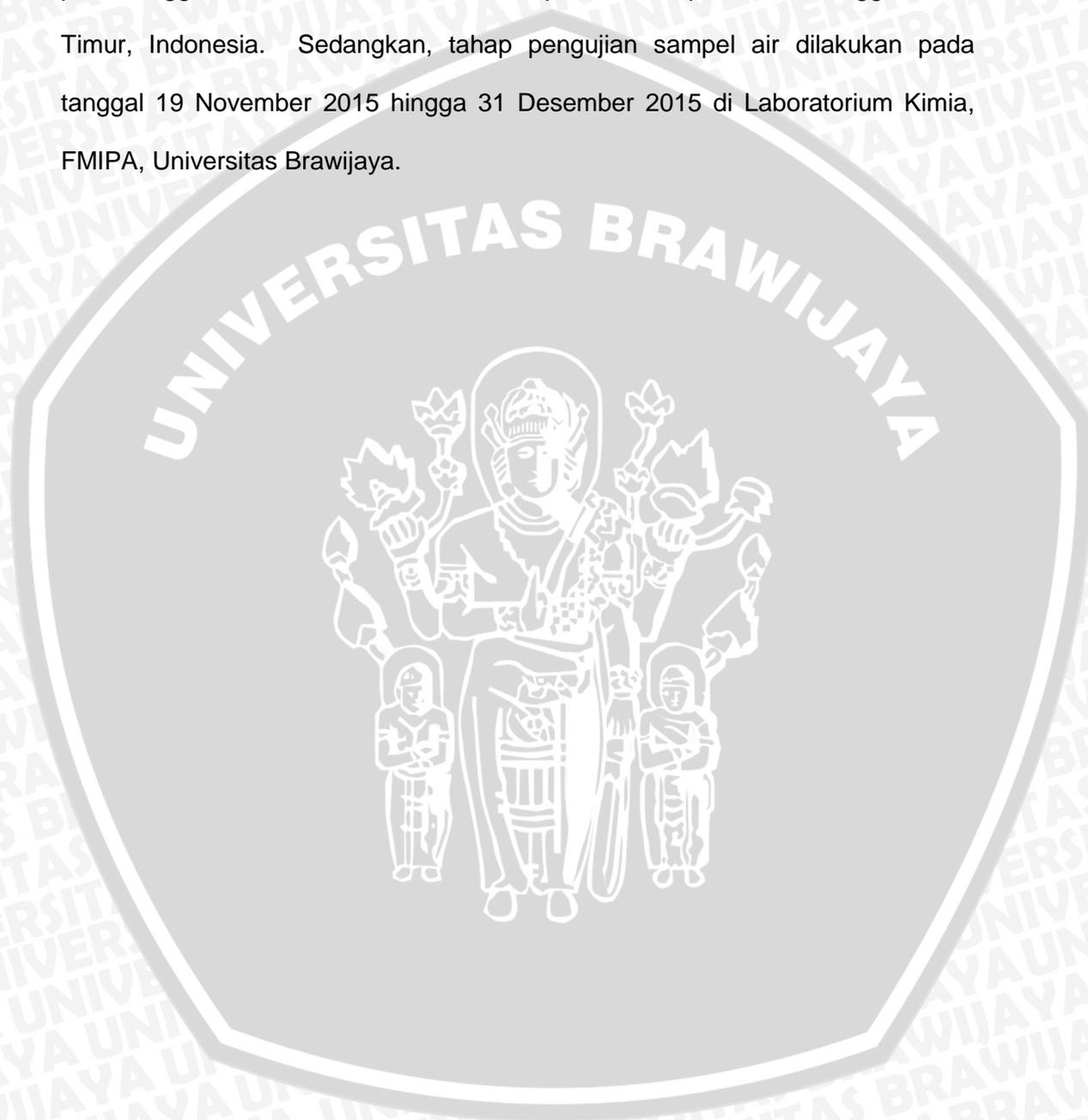
1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan penelitian ini diambil suatu batasan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian di wilayah pesisir Kecamatan Pajajaran dan Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia
2. Sampel yang digunakan adalah sampel air sungai, muara sungai dan laut
3. Masalah yang dikaji adalah status dan distribusi spasial mutu air serta pengaruh faktor lingkungan terhadap distribusi logam berat
4. Faktor lingkungan yang diukur adalah suhu, kecerahan, salinitas, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO) dan logam berat yang dianalisis adalah tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan seng (Zn)
5. Parameter hidrooseanografi dan iklim ditinjau berdasarkan waktu pengambilan sampel

1.6. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap pengambilan sampel air dan tahap pengujian sampel air. Tahap pengambilan sampel air dilaksanakan pada tanggal 14 - 15 November 2015 di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia. Sedangkan, tahap pengujian sampel air dilakukan pada tanggal 19 November 2015 hingga 31 Desember 2015 di Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Brawijaya.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Pesisir

Menurut Undang Undang Nomor 27 Tahun 2007 mengenai Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau Pulau Kecil disebutkan bahwa wilayah pesisir merupakan daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan di laut. Di dalam undang-undang tersebut juga disebutkan bahwa Perairan Pesisir adalah laut yang berbatasan dengan daratan meliputi perairan sejauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai, perairan yang menghubungkan pantai dan pulau-pulau, estuari, teluk, perairan dangkal, rawa payau dan laguna.

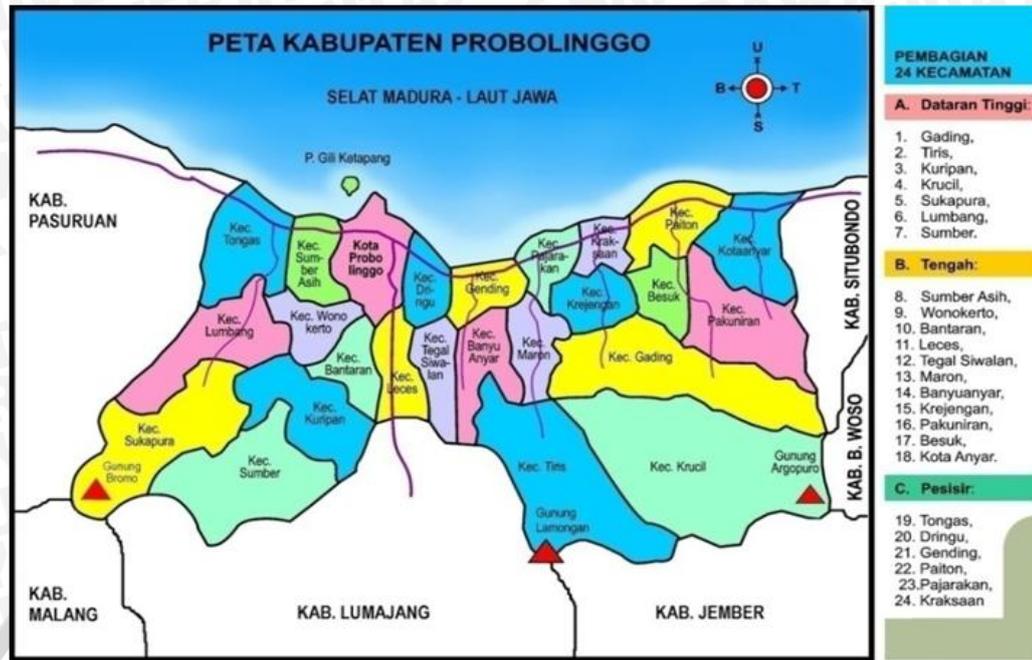
Wilayah pesisir adalah daerah pertemuan antara darat dan laut. Ke arah daratan, baik kering maupun terendam air yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angit laut dan perembesan air asin. Ke arah laut wilayah pesisir meliputi bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti peggundulan hutan dan pencemaran (Bengen, 2002).

Pesisir merupakan wilayah strategis sekaligus paling rentan terhadap perubahan, gangguan dan pencemaran. Daerah pesisir dikatakan strategis disebabkan hampir seluruh kawasan pesisir merupakan pintu utama aktivitas ekonomi kelautan di wilayahnya masing-masing dan dikatakan paling rentan terhadap perubahan yang terjadi secara alami, aktivitas manusia dan keduanya. Kawasan pesisir perlu dilakukan adanya pengelolaan untuk mengetahui batasan ekologiinya dengan melakukan pendekatan komprehensif yang juga melibatkan kawasan DAS yang merupakan kesatuan ekosistem (Arkwright, 2013).

2.2. Kondisi Umum Kabupaten Probolinggo

Propinsi Jawa Timur merupakan salah satu propinsi di Pulau Jawa yang terletak pada koordinat $111,0^{\circ} - 114,4^{\circ}$ BT dan $7,12^{\circ} - 8,48^{\circ}$ LS. Batas – batas wilayah Propinsi Jawa Timur, di sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa (Pulau Kalimantan), sebelah timur berbatasan dengan Selat Bali (Pulau Bali), sebelah selatan berbatasan dengan Samudera Indonesia dan sebelah barat berbatasan dengan Propinsi Jawa Tengah. Luas wilayah Propinsi Jawa Timur mencapai 46.428 km^2 atau $4.642.800 \text{ ha}$ yang terbagi ke dalam 29 kabupaten, 9 kota dan 657 kecamatan dengan 8.497 desa atau kelurahan (785 kelurahan dan 8.484 desa) (Departemen Kehutanan, 2013).

Kabupaten Probolinggo merupakan salah satu kabupaten yang termasuk dalam wilayah Provinsi Jawa Timur. Secara geografis, wilayah Kabupaten Probolinggo terletak pada posisi koordinat $7^{\circ}40' - 8^{\circ}10'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}51' - 113^{\circ}30'$ Bujur Timur dengan luas wilayah $1.696,16 \text{ km}^2$. Secara administratif, batas-batas wilayah Kabupaten Probolinggo dibagian utara berbatasan dengan Selat Madura, bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Malang, bagian barat berbatasan dengan Kabupaten Pasuruan dan bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Jember (Misbakhun, 2014).



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Probolinggo (Sumber: Misbakhun, 2014)

Berdasarkan pada peta Gambar 1 di atas, wilayah pesisir Kabupaten Probolinggo meliputi Kecamatan Tongas, Dringu, Gending, Paiton, Pajajaran dan Kraksaan. Wilayah pesisir Kabupaten Probolinggo tersebut terletak dibagian utara yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa yaitu Selat Madura. Pengembangan wilayah pesisir Kabupaten Probolinggo meliputi pengembangan di bidang (a) pertanian, pengembangannya harus memperhatikan ketersediaan lahan persawahan yang ada pada tiap kecamatan, (b) industri, mendukung kegiatan industri dibidang perikanan seperti industri pergudangan, pengalengan ikan dan pabrik es, (c) perdagangan dan jasa, melingkupi bidang perdagangan dalam skala lokal dan regional, (d) pariwisata, diarahkan pada wisata pantai dengan lokasi yang memiliki keindahan pantai dan ekosistem pesisir dimana memiliki kekhasan ekologi, (e) perikanan, meliputi kegiatan perikanan tangkap (laut) dan kegiatan budidaya perikanan (perikanan darat dan tambak) (Bappeda Propinsi Jawa Timur, 2013).

2.3. Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air disebutkan bahwa air adalah semua air yang terdapat didalam dan atau berasal dari sumber air, dan terdapat di atas permukaan tanah, tidak termasuk dalam pengertian ini adalah air yang terdapat dibawah permukaan tanah dan air laut. Berdasarkan hal tersebut, definisi dari pencemaran air adalah proses masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh aktivitas manusia sehingga kualitas air turun hingga ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran adalah masuknya kontaminan ke dalam sebuah lingkungan yang menyebabkan ketidakstabilan, penyakit, kerusakan, ketidaknyamanan pada ekosistem khususnya pada sistem fisik atau organisme hidup. Pencemaran air merupakan masalah utama dalam konteks global. Sumber pencemaran air dapat berasal dari kegiatan antropogenik dan sumber alami yang berasal dari aktivitas vulkanik, *blooming* alga, badai dan gempa bumi. Jenis kontaminan dapat berupa bahan organik (detergen, insektisida dan herbisida, PAH, buangan sampah dan produk kosmetik) dan bahan anorganik (pengasaman dari limbah industri, ammonia, buangan bahan kimia dari limbah industri, logam berat dari penggunaan motor, plastik) (Sustainable Management for European Local Ports, 2010).

Pencemaran air adalah masuknya suatu zat atau bahan ke dalam lingkungan perairan yang membuatnya tidak bersih dan tidak nyaman. Pencemaran air terjadi ketika suatu zat berlebihan di air dan tidak dapat ditolerir oleh organisme perairan. Hal ini menyebabkan pertumbuhan yang cepat dan kematian pada organisme. Sumber pencemaran air dapat berasal dari pencemaran minyak, pencemaran limbah, pencemaran padatan, pencemaran

radiasi dan pencemaran panas, pencemaran bahan kimia beracun dan pencemaran dari kegiatan domestik (Dozier, 2005).

2.4. Logam Berat di Lingkungan Perairan

Logam berat merupakan benda padat atau cair yang memiliki massa 5 gram atau lebih setiap cm^3 , sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram adalah logam ringan. Logam berat yang termasuk dalam mineral "trace" atau mineral yang jumlahnya sedikit di dalam tubuh makhluk hidup. Beberapa dari mineral *trace* merupakan logam esensial yang digunakan untuk aktivitas kerja enzim misalnya logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) dan beberapa unsur lainnya. Beberapa logam lainnya bersifat non-esensial dan bersifat toksik terhadap makhluk hidup seperti kadmium (Cd) dan timbal (Pb) (Darmono, 2001 dalam Fitriyah, 2007).

Secara alamiah logam berat terdapat di dalam air dengan kadar yang sangat rendah yaitu berkisar $10^{-5} - 10^{-2}$ ppm yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Tingginya kadar logam berat di laut disebabkan oleh masuknya limbah industri, pertambangan, pertanian dan domestik. Berdasarkan sumber limbah tersebut, limbah industri merupakan limbah yang umumnya banyak mengandung logam berat. Hal ini disebabkan senyawa logam berat sering digunakan dalam industri sebagai bahan baku maupun sebagai bahan tambahan dan katalis (Hutagalung, *et al.*, 1997).

Kehadiran logam berat di perairan berbahaya baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Logam berat di perairan akan mengendap di dasar perairan sebagai sedimen. Hal ini menyebabkan organisme yang biasa mencari makan di dasar perairan memiliki peluang terpapar logam berat yang terikat di dasar perairan. Logam berat bersifat sulit

didegradasi sehingga mudah terakumulasi di lingkungan perairan dan pada biota perairan (Payung, *et al.*, 2013). Berikut ini akan dijelaskan mengenai karakteristik logam berat tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan seng (Zn) di perairan.

2.4.1. Karakteristik Tembaga (Cu)

Tembaga atau Cuprum yang disimbolkan dengan Cu merupakan kelompok logam berat non-ferro (logam yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar). Logam tembaga memiliki nomor atom 29 dengan massa atom relatif 63,546 pada Tabel Periodik Unsur Kimia. Tembaga merupakan unsur mineral yang dikelompokkan ke dalam elemen mikro esensial. Tembaga dalam jumlah sedikit dibutuhkan oleh tubuh, namun apabila kelebihan akan menyebabkan toksik sehingga mengakibatkan keracunan. Biasanya tembaga diperoleh dari proses pertambangan, proses pembakaran dan pencairan (Arifin, 2007).

Logam berat tembaga (Cu) dapat masuk ke semua tingkatan pada lingkungan, baik itu pada tingkat perairan, tanah dan udara (lapisan atmosfer). Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya di lingkungan perairan. Tembaga (Cu) yang masuk ke dalam tingkatan lingkungan perairan berasal dari berbagai macam sumber. Sumber yang paling umum dan diduga paling banyak yaitu dari kegiatan industri, kegiatan rumah tangga dan pembakaran serta mobilitas bahan bakar (Palar, 2008 *dalam* Daud, *et al.*, 2013).

Logam berat di lingkungan diketahui berbahaya karena jumlahnya yang berlebih dan dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dengan jangka waktu lama sebagai racun. Pada kondisi normal, jumlah logam berat

tembaga (Cu) di lingkungan yang digunakan untuk proses enzimatik biasanya sangat sedikit, sedangkan dalam keadaan lingkungan yang tercemar dapat menghambat sistem enzim (enzim inhibitor). Tembaga (Cu) ditemukan pada jaringan beberapa biota laut yang memiliki sistem regulasi yang sangat buruk terhadap logam. Pada moluska yang memiliki sel leukositi berguna dalam sistem translokasi dan detoksifikasi logam (Supriyanto, 2007).

2.4.2. Karakteristik Kadmium (Cd)

Kadmium yang disimbolkan dengan Cd, merupakan logam yang termasuk ke dalam kelompok logam golongan transisi. Logam kadmium memiliki nomor atom 48 dengan massa atom relatif 112, 411 pada Tabel Periodik Unsur Kimia. Berdasarkan sifat fisiknya, logam kadmium merupakan logam yang lunak *ductile*, berwarna putih seperti perak. Berdasarkan sifat kimianya, logam kadmium dalam persenyawaan yang dibentuknya memiliki bilangan valensi +2 dan sangat sedikit yang memiliki bilangan valensi 1+ (Palar, 1994 dalam Fitriyah, 2007).

Kadmium atau Cd merupakan salah satu logam yang dikelompokkan dalam jenis logam berat non-esensial. Logam ini memiliki sifat yang sangat toksik dan karsinogenik. Logam kadmium jumlahnya relatif sedikit di lingkungan. Di perairan, jumlah logam kadmium meningkat disebabkan oleh proses pembuangan sampah industri maupun penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Logam kadmium memiliki mobilitas yang tinggi dibanding dengan logam berat lainnya sehingga mudah terakumulasi dalam rantai makanan (Darmokoesoemo, *et al.*, 2014).

Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang paling banyak ditemukan di lingkungan, khususnya lingkungan perairan. Kadmium memiliki efek toksik

yang tinggi bahkan pada konsentrasi yang rendah. Kadmium memiliki waktu paruh yang panjang dalam tubuh makhluk hidup. Salah satu contoh kasus pada tahun 1930-an di Jepang didirikan pabrik Minamata yang memproduksi vinil klorida dan formal dehidat sehingga memicu pencemaran logam berat kadmium. Akibat dari buangan limbah kadmium dari pabrik tersebut menimbulkan suatu penyakit yang dikenal sebagai penyakit *itai-itai* (Nybakken, 2005 dalam Sintya, et al., 2015).

2.4.3. Karakteristik Timbal (Pb)

Timbal atau Plumbum yang disimbolkan dengan Pb merupakan kelompok logam golongan IV-A. Logam timbal atau Pb dalam Tabel Periodik Unsur Kimia, memiliki nomor atom 82 dengan massa atom relatif 207,2. Distribusi logam timbal di seluruh lapisan bumi sangat sedikit yaitu 0,0002% dari seluruh jumlah kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar, 1994 dalam Fitriyah, 2007).

Timbal atau Pb merupakan logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang terdapat dalam kandungan endapan sulfat yang tercampur mineral – mineral lain. Logam berat timbal (Pb) dan persenyawaannya berada di lingkungan perairan secara alamiah maupun sebagai dampak dari adanya aktivitas manusia. Penggunaan logam timbal (Pb) terbesar adalah pada industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponennya. Timbal juga digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida (Sunu, 2001 dalam Panjaitan, 2009).

Konsentrasi logam berat yang rendah atau tidak mematikan, maka organisme akan tetap hidup. Logam berat Timbal (Pb) dapat masuk ke

dalam tubuh manusia melalui konsumsi biota laut seperti ikan yang telah tercemar. Timbal masuk ke sistem peredaran darah menuju jaringan tubuh lain seperti ginjal, hati, otak, syaraf dan tulang. Keracunan timbal (Pb) pada orang dewasa menyebabkan sakit, pucat dan kelumpuhan. Keracunan timbal (Pb) pada makhluk hidup yang terjadi dapat bersifat akut maupun kronis (Riani, 2004 *dalam* Ningrum, 2006).

2.4.4. Karakteristik Seng (Zn)

Seng atau Zink merupakan salah satu unsur kimia dengan lambang kimia Zn. Logam seng (Zn) adalah logam yang berwarna putih kebiruan dan memiliki nomor atom 30 dan massa atom relatif 65,39 pada Tabel Periodik Unsur Kimia. Seng (Zn) merupakan mikromineral yang terdapat dimana-mana dalam jaringan manusia atau hewan dan terlibat dalam fungsi berbagai enzim dalam proses metabolisme. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain adalah kalaminit, franklinit, smithsonit, willenit dan zinkit. Dalam keseharian, seng juga dimaksudkan sebagai plat seng yang digunakan sebagai bahan bangunan (Kacaribu, 2008).

Seng (Zn) merupakan logam berat yang esensial di lingkungan perairan, dalam jumlah rendah dibutuhkan oleh tubuh tetapi dalam jumlah yang tinggi dapat memberi efek racun. Seng (Zn) merupakan komponen dari berbagai enzim, seperti dehydrogenase, proteinase dan peptidase yang terlibat dalam pembentukan ribosom pada tanaman. Logam berat seng (Zn) di perairan berasal dari berbagai macam sumber, salah satunya proses *tailing*. Selain itu, logam seng ini juga berasal dari buangan limbah rumah tangga yang mengandung logam seng (Zn) seperti korosi pipa – pipa air dan produk – produk konsumen (contohnya formula detergen) yang tidak

diperhatikan sarana pembuangannya (Al-Harisi, 2008 dalam Nisa, et al., 2013).

Logam seng (Zn) di dalam air cenderung untuk membentuk ion. Ion seng (Zn) terserap dalam sedimen dan tanah serta kelarutan logam berat seng (Zn) relatif rendah di air. Logam berat seng (Zn) merupakan suatu logam yang dibutuhkan oleh tubuh. Namun, jika kadarnya melampaui batas, dapat menimbulkan gangguan kesehatan terhadap makhluk hidup yang mengkonsumsinya. Salah satu contoh dampak negatif dari akumulasi berlebih dari seng dapat menimbulkan rasa kesat pada air serta menyebabkan gejala muntaber (Effendi, 2003 dalam Sunti, et al., 2013).

2.5. Indeks Pencemaran

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003, indeks pencemaran digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Hasil dari indeks pencemaran ini dapat dijadikan sebagai suatu masukan kepada pengambil keputusan untuk menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukkan. Selain itu, juga digunakan dalam memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat adanya toksikan. Evaluasi terhadap nilai indeks pencemaran dibagi menjadi 4 yaitu memenuhi baku mutu ($0 \leq IP \leq 1,0$), tercemar ringan ($1,0 \leq IP \leq 5,0$), tercemar sedang ($5,0 \leq IP \leq 10$) dan tercemar berat ($IP > 10$) (Damaianto dan Masduqi, 2014).

Suatu indeks yang berhubungan dengan senyawa pencemar yang berguna untuk suatu peruntukkan disebut dengan Indeks Pencemaran (*Pollution Index*). Indeks Pencemaran ini digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Indeks Pencemaran ini memiliki konsep yang berbeda dengan Indeks Kualitas Air (*Water Quality Index*). Indeks

Pencemaran (IP) digunakan untuk suatu peruntukkan yang kemudian dikembangkan untuk beberapa peruntukkan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai (Sumitomo dan Nemerow, 1970 dalam Suryana, 2013).

Indeks pencemaran merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan status mutu air suatu sumber air di perairan. Status mutu air menunjukkan tingkat kondisi mutu air sumber air dalam kondisi tercemar atau kondisi yang baik. Hasil indeks pencemaran yang telah diperoleh, kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Penentuan status mutu air menggunakan metode indeks pencemaran berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 (Agustiningsih, 2012).

2.6. Analisis Spasial

Sudarwin (2008) menjelaskan bahwa spasial berasal dari kata *space* yang berarti ruang, dimana memiliki pengertian yaitu sesuatu yang dibatasi oleh ruang, komunikasi dan transportasi. Data spasial menunjukkan suatu posisi, ukuran dan pendugaan hubungan topologis (bentuk dan tata letak dari objek di muka bumi). Terdapat empat tingkatan dalam penginterpretasian data spasial yaitu:

1. Kenyataan (*reality*) adalah kondisi sebagaimana yang terlihat
2. Model data adalah bentuk penggambaran kejadian sehari-hari yang dialami oleh manusia
3. Struktur data (*logical mode*) menunjukkan model data penginterpretasian suatu kejadian
4. File struktur (*physical model*) adalah bentuk data dalam penyimpanan *hardware*

Analisa dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi disebut juga dengan istilah analisa spasial. Karakteristik utamanya yaitu pada kemampuan menganalisis sistem seperti analisa statistik dan *overlay*. Sistem informasi ini tidak seperti yang lain karena menambahkan dimensi 'ruang (*space*)' atau geografi. Kombinasi ini menggambarkan atribut pada berbagai fenomena seperti tipe jalan, umur, lokasi suatu jalan dan tempat tinggal seseorang (Keele, 1997 dalam Handayani, *et al.*, 2005).

Analisa spasial merupakan sekumpulan metode untuk menggambarkan suatu tingkatan atau pola dari sebuah fenomena spasial sehingga dapat lebih baik dimengerti. Dalam analisa spasial bertujuan untuk menghasilkan informasi baru yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan di bidang yang dikaji. Berdasarkan tujuannya, metode dalam melakukan analisis spasial dibedakan menjadi dua macam yaitu analisis spasial *exploratory* (digunakan untuk mendeteksi adanya pola khusus pada sebuah fenomena spasial serta untuk menyusun sebuah hipotesa penelitian) dan analisis spasial *confirmator* (digunakan untuk mengonfirmasi hipotesa penelitian) (Mahardy, 2014).

2.7. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Logam Berat

Faktor lingkungan berpengaruh terhadap kelarutan logam berat di suatu perairan. Hal ini disebabkan karena pada setiap perairan memiliki karakteristik maupun kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Faktor lingkungan yang umumnya mempengaruhi kelarutan logam berat di suatu perairan seperti temperatur, derajat keasaman dan oksigen terlarut. Tingginya temperatur, konsentrasi oksigen terlarut, derajat keasaman dan kesadahan dari perairan dapat meningkatkan toksisitas dari logam berat di perairan (Andarani dan Roosmini, 2009).

Pada umumnya, lingkungan perairan cenderung berpengaruh terhadap adanya logam berat. Faktor lingkungan yang biasanya dilihat yaitu 1) curah hujan, tingkat curah hujan yang tinggi menyebabkan konsentrasi logam berat dalam air menurun disebabkan kandungan logam berat cenderung lebih kecil karena pelarutan dan 2) derajat keasaman, kandungan logam berat akan semakin menurun apabila derajat keasaman perairan tinggi (basa) (Sagala, *et al.*, 2014).

Kualitas perairan merupakan salah satu bagian dari faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap adanya logam berat. Kualitas air memiliki peran yang penting bagi kemampuan organisme untuk dapat mempertahankan kehidupannya. Kualitas air yang biasanya diukur untuk mendukung adanya logam berat di perairan yaitu a) kecerahan perairan bergantung pada warna dan kekeruhan, b) temperatur perairan dipengaruhi oleh cuaca dan suhu udara, c) rendahnya derajat keasaman berpengaruh terhadap peningkatan toksisitas logam berat, d) salinitas dipengaruhi oleh masukan air tawar maupun asin dan e) oksigen terlarut perairan (Wahyuni, *et al.*, 2013).

2.8. Penelitian Terdahulu

Sagala *et al.* (2014) melakukan penelitian mengenai distribusi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), Arsen (As), merkuri (Hg) dan besi (Fe) di perairan Pulau Natuna, Kepulauan Riau pada bulan November 2012. Berdasarkan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa hasil pengukuran rerata kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), Arsen (As), merkuri (Hg) dan besi (Fe) di dalam air laut permukaan sangat kecil dan berada dibawah deteksi analisis yaitu secara berturut-turut sebesar $<0,005$ mg/L, $<0,001$ mg/L, $<0,005$ mg/L, $<0,0002$ g/L dan $<0,0002$ mg/L. Pola sebaran logam berat

menunjukkan kecenderungan tinggi di Muara Sungai Binjai dan menurun di perairan lebih terbuka dengan pola arus permukaan yang bergerak ke selatan dan barat laut. Hal ini diduga dipengaruhi oleh tingginya curah hujan pada bulan November sehingga mempengaruhi kecilnya konsentrasi logam berat yang diperoleh karena adanya proses pelarutan.

Agustina *et al.* (2012) melakukan penelitian mengenai analisis beban dan indeks pencemar ditinjau dari parameter logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang didukung oleh parameter suhu, kecerahan, kecepatan arus, DO dan pH di perairan Sungai Siak Kota Pekanbaru di 2 stasiun penelitian pada bulan Februari – Mei 2012. Berdasarkan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa indeks pencemaran di stasiun penelitian 1 sebesar 2,98 yang tergolong dalam kondisi tercemar ringan ($1,0 < PIj \leq 5,0$) dan indeks pencemaran di stasiun penelitian 2 sebesar 12,98 yang tergolong dalam kondisi tercemar berat ($PIj > 10$). Kondisi ini diduga disebabkan oleh adanya limbah domestik perkotaan, industri minyak, industri pengolahan, *sawmill/plywood*, bongkar muat industri *pulp* dan *crumb rubber*, kegiatan pelayaran dan pelabuhan, korosi, emisi pabrik dan kendaraan bermotor, alih fungsi lahan, pertanian dan perkebunan, erosi dan budidaya ikan dalam keramba.

Puspita (2012) melakukan penelitian mengenai evaluasi kadar cemaran Pb dan Cd dalam air pada pantai dan daerah perikanan di sekitar kawasan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang di 6 stasiun penelitian dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom pada bulan Maret 2012. Berdasarkan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa air di daerah perikanan dan pantai kawasan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang telah tercemar logam Pb dan Cd. Kadar Pb dan Cd pada daerah perikanan dan pantai kawasan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang melebihi ambang batas yang ditentukan oleh baku mutu air laut yang ditetapkan oleh KMNLH Nomor 51 Tahun 2004 dengan konsentrasi Pb sebesar

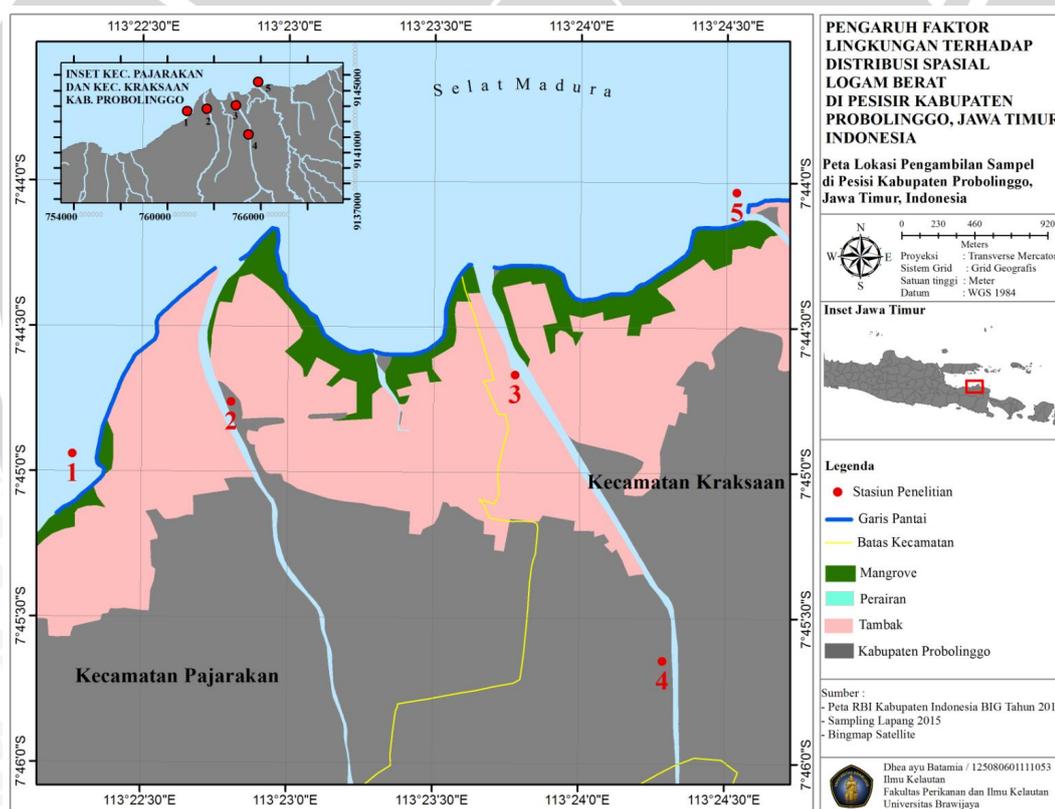
$(7,81 \pm 2,84) \times 10^{-2}$ hingga $(2,88 \pm 0,30) \times 10^{-1}$ ppm > 0,008 ppm dan konsentrasi Cd
bekisar $(1,63 \pm 0,03) \times 10^{-2}$ hingga $(2,96 \pm 0,03) \times 10^{-2}$ ppm > 0,001 ppm.



3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel air dilaksanakan pada tanggal 14 dan 15 November 2015 pada wilayah pesisir Kecamatan Pajarakan dan Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia tepatnya berlokasi di daerah sungai, muara sungai dan laut. Pemilihan lokasi pengambilan sampel air ini bertujuan agar karakteristik lingkungan dapat beragam dan melihat berbagai aktivitas baik di darat maupun di perairan yang diduga sebagai sumber pencemaran logam berat di pesisir.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel pada Pesisir Kabupaten Probolinggo

3.2. Teknik Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan dan hasil analisa laboratorium. Data primer ini meliputi 9 parameter utama yang meliputi suhu, kecerahan, salinitas, pH, DO, tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan seng (Zn) serta dokumentasi setiap kegiatan penelitian yang dilakukan (Tabel 1). Data sekunder dalam penelitian ini berupa data kondisi hidrooseanografi dan iklim (Tabel 2). Selain itu, data sekunder lain diperoleh melalui penelitian terdahulu seperti buku, tesis, skripsi, *website*, jurnal sebagai data pendukung dan acuan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Wisata Bahari (Lampiran II) dan Biota Laut (Lampiran III) serta Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

Tabel 1. Parameter Fisika, Kimia dan Logam Berat yang diukur

No.	Parameter	Satuan	Alat	Metode	Keterangan
Parameter Fisika Perairan					
1	Suhu	°C	Termometer Digital	Pemuaian	<i>Insitu</i>
2	Kecerahan	meter	Secchi disk	Daya tembus sinar matahari dan kedalaman	<i>Insitu</i>
Parameter Kimia Perairan					
1	Salinitas	‰	Salinometer	Konduktometri	<i>Insitu</i>
2	pH	unit	pH meter	Potensiometri	<i>Insitu</i>
3	DO	mg/L	DO meter	Elektrometri	<i>Insitu</i>
Parameter Logam Berat Perairan					
1	Tembaga (Cu), Kadmium (Cd), Timbal (Pb) dan Seng (Zn)	mg/L	AAS	AAS	<i>Eksitu</i>

Tabel 2. Parameter Hidrooseanografi dan Iklim

No.	Parameter	Sumber Data
Hidrooseanografi		
1	Arus	<i>Ocean Surface Current Analyses – Real Time (OSCAR)</i>
2	Pasang Surut	TMD (<i>Tidal Model Driver</i>) dan MATLAB
Iklim		
3	Angin	<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)</i>
4	Curah hujan	BMKG Stasiun Klimatologi Kelas II Karangploso Malang

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat

Alat – alat yang digunakan selama penelitian berlangsung dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat penelitian yang digunakan

No.	Nama Alat	Fungsi
1	Termometer Digital (<i>Thermometer Dekko 300 Type K</i>)	Mengukur suhu sampel air
2	Salinometer (<i>ATAGO PAL-06S</i>)	Mengukur salinitas sampel air
3	pH meter (<i>pH Testr 30 Waterproof</i>)	Mengukur pH sampel air
4	DO meter (<i>Thermometer Dekko</i>)	Mengukur kandungan oksigen terlarut sampel air
5	<i>Secchi Disk</i>	Mengukur kecerahan air
6	Ember	Tempat ulangan pengambilan sampel air
7	Botol polietilen (<i>High Density Polyethylene/HDPE</i>)	Tempat meletakkan sampel air
8	Pipet tetes (<i>PYREX IWAKI</i>)	Mengambil sampel air dalam jumlah kecil
9	<i>Cool box</i>	Menyimpan sampel air dengan suhu rendah
10	Kulkas	Mengawetkan sampel air dengan suhu rendah
11	Alat tulis	Mencatat data
12	GPS (<i>Garmin GPSmap 60CSX</i>)	Menentukan koordinat lokasi penelitian
13	Jam	Mengetahui waktu penelitian
14	AAS (<i>Atomic Absorption Spectrofotometer</i>)	Mengukur logam berat perairan
15	<i>Beaker glass (PYREX IWAKI)</i>	Wadah air sementara

Tabel 3. Lanjutan

No.	Nama Alat	Fungsi
16	<i>Washing bottle</i>	Wadah aquades
17	Kamera digital (<i>Canon</i>)	Dokumentasi kegiatan penelitian
18	Laptop	Memproses data hasil lapang

3.3.2. Bahan

Bahan – bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Bahan penelitian yang digunakan

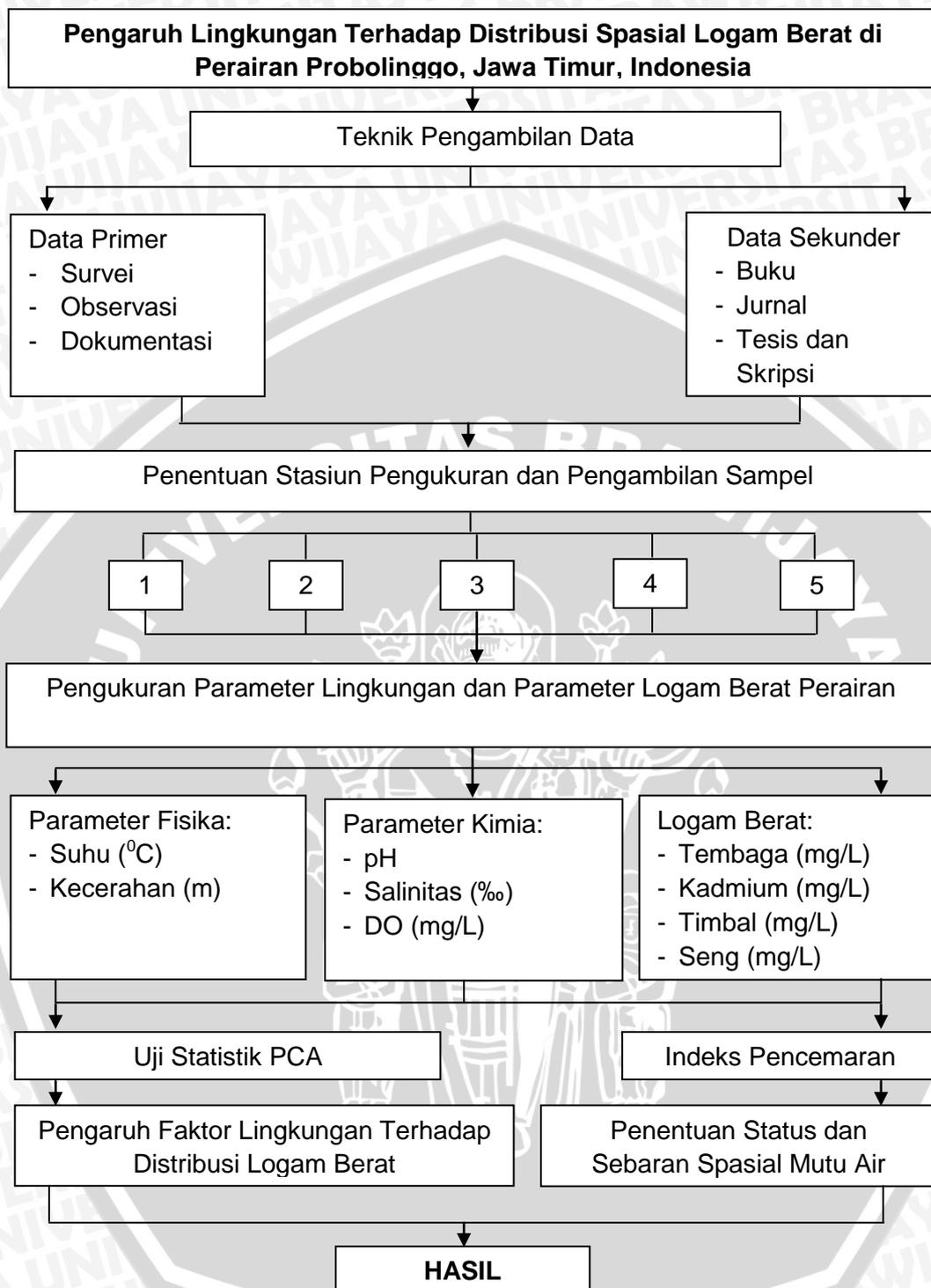
No.	Nama Bahan	Fungsi
1	Sampel air	Bahan yang diukur kualitas airnya
2	Es batu	Mengawetkan sampel air
3	Kertas label	Memberi label
4	Aquades	Kalibrasi alat
5	Plastik hitam	Membungkus sampel air
6	Asam klorida	Membuat larutan standar
7	Tissu	Membersihkan alat
8	Asam nitrat	Pereaksi uji logam berat air
9	ArcMAP 10.1	Mengetahui sebaran spasial parameter penelitian
10	<i>Google Earth</i>	Menentukan stasiun penelitian
11	SURFER 10 (32-bit)	Interpolasi data dan distribusi arus
12	WR PLOT View Freeware 7.0.0	Mengetahui arah dan kecepatan angin
13	MATLAB dan TMD (<i>Tidal Model Driver</i>)	Prediksi pasang surut
14	ODV (<i>Ocean Data View</i>)	<i>Cropping</i> daerah penelitian

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut.

3.4.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang perlu dilakukan untuk dapat menjawab dari tujuan penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



3.4.2. Penentuan Stasiun Penelitian

Penentuan stasiun pengambilan sampel air di pesisir Kabupaten Probolinggo dilakukan secara *purposive sampling* pada bulan November 2015 pada kedalaman perairan ± 30 cm. Teknik penentuan stasiun pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* yang dilakukan secara sengaja dengan menentukan sendiri pengambilan stasiun sehingga diperoleh kriteria sesuai dengan tujuan penelitian. Posisi geografis 5 stasiun penelitian dicatat dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*). Posisi geografis dan deskripsi lokasi di setiap stasiun penelitian dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Posisi Geografis dan Deskripsi Lokasi Stasiun Penelitian

Stasiun	Posisi	Deskripsi	Dokumentasi
1	07°44,9 93' LS dan 113°22, 311' BT	Stasiun penelitian 1 terletak di Pantai Tambak Sari, Desa Sukokerto, Kecamatan Pajarakan, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Pada stasiun penelitian 1 ini terdapat aktivitas antropogenik seperti adanya area tambak ikan, area pemukiman warga, area pertanian, jalan dan area pemancingan ikan. Stasiun penelitian ini digunakan untuk dapat melihat sejauh mana pencemaran	

Tabel 5. Lanjutan

Stasiun	Posisi	Deskripsi	Dokumentasi
		logam berat yang khususnya berasal dari kegiatan antropogenik mengalir menuju Pantai Tambak Sari.	
2	07 ^o 44,8 06' LS dan 113 ^o 22, 801' BT	Stasiun penelitian 2 terletak di daerah Muara Sungai Pekalen yang berhadapan dengan area tambak Kecamatan Pajarakan, Kabupaten Probolinggo. Kondisi air pada saat pengambilan sampel dengan keadaan sedimen lumpur yang sangat tinggi dan banyaknya sampah domestik di sekitar tepi muara. Stasiun penelitian ini digunakan untuk dapat melihat sejauh mana pencemaran logam berat yang khususnya berasal dari kegiatan antropogenik mengalir menuju muara sungai.	
3	07 ^o 44,6 66' LS dan 113 ^o 23, 774' BT	Stasiun penelitian 3 terletak di Muara Sungai Rondoningo tepatnya berhadapan dengan area tambak, Desa Semampir,	

Tabel 5. Lanjutan

Stasiun	Posisi	Deskripsi	Dokumentasi
		<p>Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Kondisi perairan pada saat pengambilan sampel dengan sedimentasi lumpur yang tinggi. Stasiun penelitian ini digunakan untuk dapat melihat sejauh mana pencemaran logam berat yang khususnya berasal dari kegiatan antropogenik mengalir menuju muara sungai.</p>	
4	<p>07^o45,6 84' LS dan 113^o24, 319' BT</p>	<p>Stasiun penelitian 4 terletak di aliran Sungai Rondongo tepatnya berada dibawah jembatan yang menghubungkan Kecamatan Kraksaan dengan Kecamatan Pajarakan, Desa Semampir, Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Kondisi perairan pada saat pengambilan sampel banyak ditemukan sampah. Stasiun penelitian ini digunakan untuk</p>	

Tabel 5. Lanjutan

Stasiun	Posisi	Deskripsi	Dokumentasi
		<p>dapat melihat sejauh mana pencemaran logam berat yang khususnya berasal dari limbah domestik dan limbah dari emisi kendaraan bermotor yang melewati jembatan tersebut.</p>	
5	<p>07°44,0 75' LS dan 113°24, 590' BT</p>	<p>Stasiun penelitian 5 terletak di Pantai Krajan, Desa Kalibuntu, Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Di lokasi ini terdapat aktivitas antropogenik seperti adanya area tambak yang cukup luas dekat dengan pemukiman warga, banyaknya kapal – kapal di area muara sungainya dan adanya kegiatan pertanian. Kondisi perairan pada saat pengambilan sampel air dengan keadaan gelombang sangat kecil. Stasiun penelitian ini digunakan untuk dapat melihat sejauh mana pencemaran logam berat yang</p>	

Tabel 5. Lanjutan

Stasiun	Posisi	Deskripsi	Dokumentasi
		khususnya berasal dari aktivitas antropogenik mengalir menuju laut.	

3.4.3. Teknik Pengambilan Sampel Air

Data parameter diambil melalui pengukuran langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung meliputi parameter fisika dan kimia air berupa suhu, kecerahan, salinitas, pH dan DO. Pengukuran tidak langsung dengan mengambil sampel air menggunakan *High Density Polyethylen* (HDPE). Pengambilan sampel air ini digunakan dalam analisis logam berat tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan seng (Zn). Teknik pengambilan sampel air dilakukan secara *composite sampling*. *Composite sampling* merupakan teknik pengambilan sampel air dengan menggabungkan sampel dari titik sama dengan selang waktu yang berbeda. Metode analisis kandungan logam berat menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*) di laboratorium. Pengambilan sampel air di lapang dilakukan dengan menggunakan prosedur yang sama pada tiap lokasi penelitian.

Pengambilan sampel air dilakukan dengan mengambil sampel air tiga kali pengulangan untuk mendapatkan data kualitas air rata – rata dengan selang waktu yang berbeda. Pengambilan sampel air dengan menggunakan 1 botol polietilen 500 ml dan tiga botol polietilen 1.000 ml. Botol polietilen 500 ml digunakan mengkomposit sampel air dalam ember yang kemudian sampel air dimasukkan ke botol polietilen 1000 ml untuk selanjutnya dianalisis. Sebelum digunakan, botol polietilen dicuci dan dibersihkan dengan menggunakan aquades lalu direndam dengan HCl 2 N selama 24 jam.

Pengambilan sampel air dilakukan di kedalaman perairan ± 30 cm agar dapat menghindari efek permukaan. Botol polietilen dalam keadaan tertutup dimasukkan ke dalam perairan, lalu dibuka pada saat di dalam perairan. Apabila telah terisi penuh dengan sampel air, botol polietilen ditutup di dalam perairan. Ditunggu hingga 5 menit untuk melakukan pengambilan sampel air kedua dan ketiga agar mengetahui data rata-rata kualitas air yang berubah terhadap waktu. Ketiga sampel air yang telah didapatkan dicampur ke dalam ember dan dimasukkan ke dalam botol polietilen 1.000 ml. Sampel air dalam botol polietilen, dibungkus dengan menggunakan plastik berwarna hitam untuk mencegah terjadinya perubahan kadar karena proses penguraian, cahaya matahari dan penguapan lalu kemudian dimasukkan ke dalam *cool box* yang berisi es batu untuk menyimpan sampel air serta menstabilkan kandungan organik dalam sampel air tersebut.

Sampel air yang telah diperoleh untuk analisa logam berat kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml sebanyak 50 ml dengan menggunakan pipet. Tambahkan 5 mL HNO_3 pekat dan tutup dengan menggunakan corong. Panaskan perlahan sampai sisa volumenya 15 mL – 20 mL. Apabila destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL HNO_3 pekat dan tutup erlenmeyer dengan corong lalu panaskan kembali (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang hingga semua logam larut dimana ketika divisualisasi warna endapan dalam sampel air menjadi agak putih atau jernih. Pindahkan sampel air ke dalam labu ukur 50 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan. Sampel air siap diukur serapannya.

Teknik pengambilan sampel air ini sesuai yang dinyatakan oleh Amin (2011) dalam Damaianto dan Masduqi (2014), bahwa pengambilan sampel air dengan menggunakan botol polietilen volume 500 ml dengan kedalaman 30 – 50

cm, dimana pada kedalaman ini dianggap cukup mewakili homogenitas vertikal dispersi polutan dan menghindari efek permukaan. Maslukah (2006) menambahkan bahwa sebelum digunakan, botol polietilen telah dibersihkan dengan cara direndam dengan HCl 2 N selama 24 jam untuk mencegah logam teroksidasi, mengendap atau menempel di dinding atau dasar wadah. Sampel air yang telah diperoleh pada botol polietilen disimpan dalam *ice box* untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium.

3.4.4. Analisis Status Mutu Air

Analisis status mutu air melalui indeks pencemaran bertujuan untuk mengetahui tingkat dan sebaran pencemaran yang terjadi pada setiap stasiun penelitian. Perhitungan indeks pencemaran berdasarkan pada hasil pengukuran parameter lingkungan (fisika dan kimia) dan logam berat perairan. Acuan yang dijadikan dasar dalam perhitungan indeks pencemaran yaitu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Penentuan Status Mutu Air. Harga indeks pencemaran (PI_j) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

1. Pilih parameter yang terdapat di dalam baku mutu air.
2. Hitung harga C_i/L_{ij} untuk tiap parameter di setiap lokasi pengambilan sampel. C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, L_{ij} menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu suatu Peruntukan Air (j) dan PI_j menyatakan Indeks Pencemaran bagi peruntukkan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij} .
3. Menentukan nilai teoritik atau nilai maksimum C_{im} bagi nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat. Dalam

hal ini, nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran digantikan oleh nilai C_i/L_{ij} hasil perhitungan, dengan:

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{C_{im} - C_i \text{ (hasil pengukuran)}}{C_{im} - L_{ij}}$$

4. Apabila nilai baku mutu L_{ij} memiliki rentang, maka:

- Untuk $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{\{(L_{ij})_{minimum} - (L_{ij})_{rata-rata}\}}$$

- Untuk $C_i > L_{ij}$ rata-rata

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{\{(L_{ij})_{maksimum} - (L_{ij})_{rata-rata}\}}$$

5. Apabila C_i/L_{ij} berdekatan dengan nilai acuan 1,0 atau perbedaannya sangat besar, dapat diatasi sebagai berikut.

a. Penggunaan nilai $(C_i/L_{ij})_{hasil\ pengukuran}$ kalau nilai ini lebih kecil atau sama dengan 1,0.

b. Penggunaan nilai $(C_i/L_{ij})_{baru}$ jika nilai $(C_i/L_{ij})_{hasil\ pengukuran}$ lebih besar dari 1,0.

$$\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{baru} = 1,0 + P \cdot \log \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_{hasil\ pengukuran}$$

P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukkan (biasanya digunakan nilai 5).

5. Tentukan nilai rata – rata dan nilai maksimum dari keseluruhan C_i/L_{ij} $(C_i/L_{ij})_R$ dan $(C_i/L_{ij})_M$.

6. Tentukan harga PI_j

$$PI_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2_M + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2_R}{2}}$$

Nilai indeks pencemaran yang telah diperoleh selanjutnya dievaluasi dengan kategori sebagai berikut.

$0 \leq PI_j \leq 1,0$: sesuai dengan baku mutu perairan

$1,0 < PI_j \leq 5,0$: tercemar ringan

$5,0 < PI_j \leq 10$: tercemar sedang

$PI_j > 10$: tercemar berat

3.4.5. Analisis Spasial

Analisis spasial dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh status dan sebaran spasial mutu air melalui indeks pencemaran yang disesuaikan dengan faktor lingkungan dan logam berat serta berbagai aktivitas di setiap stasiun penelitian. Analisis spasial dilakukan dengan interpolasi data dari Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode interpolasi yang digunakan adalah *kriging*. Analisis spasial pada penelitian ini menggunakan *software* SURFER 10 (32-bit) dan ArcMAP 10.1.

Analisis spasial merupakan suatu analisis dan uraian mengenai data secara geografi yang berdasar faktor lingkungan dan hubungan antar variabel di lingkungan. Dalam pengolahan dan analisis data secara spasial digunakan metode interpolasi. Salah satunya adalah metode *kriging*. Metode interpolasi *kriging* merupakan interpolasi dengan perhitungan statistik dimana metode ini menunjukkan hasil interpolasi dengan kisaran yang rendah dari data sampel dan prediksinya tergantung pada kedekatannya terhadap lokasi tersampel (Putri, 2012).



3.4.6. Analisis Statistik

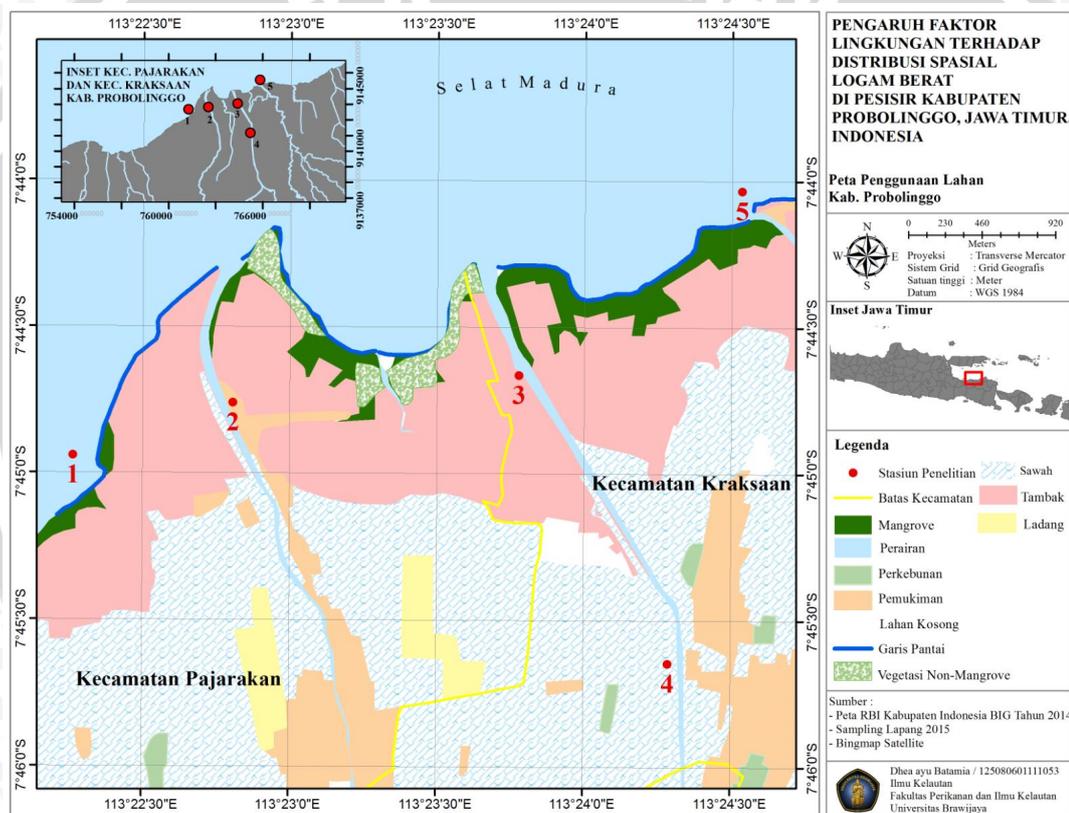
Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCA (*Principal Component Analysis*) atau Analisis Komponen Utama bertujuan untuk melihat pengaruh parameter lingkungan terhadap kandungan logam berat di perairan. Analisis PCA membagi matrik korelasi parameter menjadi beberapa komponen dengan menyusun keragaman komponen yang bersangkutan dari yang terbesar pada sumbu komponen utama sehingga didapatkan distribusi spasial parameter lingkungan dan logam berat pada stasiun penelitian. Analisis PCA dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan *software* XLSTAT 2015.

PCA (*Principal Component Analysis*) merupakan suatu analisis untuk mereduksi dimensi variabel pada data multivariabel, kompresi data, *pattern recognition* dan analisis statistik. PCA digunakan untuk memperkirakan ruang data asli berdimensi tinggi dengan dimensi yang lebih rendah pada sub ruang yang merentang oleh suatu principal vektor *eigen* dari matriks kovarian data. Berdasarkan analisis tersebut, distribusi data dapat direpresentasikan dan direkonstruksi dengan principal vektor *eigen* dan nilai *eigen*. Proyeksi pada PCA adalah representasi himpunan data X ke dalam bentuk vektor *eigen* orthonormal dari matriks kovarian data X (Soesanto, 2012).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tata Guna Lahan (*Land Use*)

Tata guna lahan (*land use*) adalah setiap bentuk campur tangan manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual (Vink, 1975 dalam Widayanti, 2014). Peta tata guna lahan di Kecamatan Pajarakan dan Kecamatan Kraksaan Kabupaten Probolinggo dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Peta Tata Guna Lahan (*Land Use*) Kecamatan Pajarakan dan Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo

Berdasarkan Gambar 4 di atas, tata guna lahan di Kecamatan Pajarakan dan Kecamatan Kraksaan Kabupaten Probolinggo dibagi menjadi beberapa wilayah seperti mangrove, perkebunan, pemukiman, lahan kosong, vegetasi non-mangrove, tambak, ladang dan sawah. Pemanfaatan lahan di Kabupaten Probolinggo memiliki luas yang berbeda-beda tergantung dari pemanfaatannya.

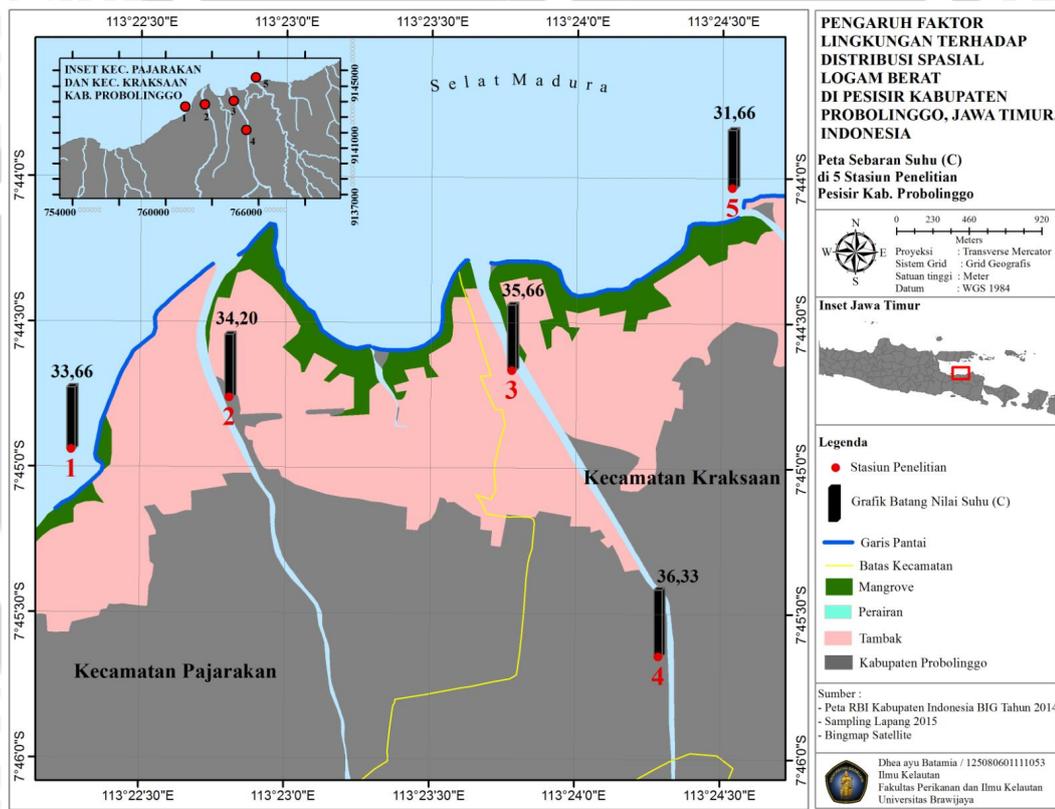
Dilihat dari peta di atas, luas ladang yang diperoleh sebesar 176,48 ha, luas area non-vegetasi mangrove sebesar 121,64 ha, luas perkebunan sebesar 4.929,31 ha, luas pemukiman sebesar 14.070,41 ha, luas area sawah sebesar 2.158,28 ha, luas area mangrove sebesar 337,58 ha, dan luas area tambak sebesar 2.165,03 ha. Berdasarkan hal tersebut, pemanfaatan ruang tertinggi digunakan untuk wilayah pemukiman dan pemanfaatan ruang terendah digunakan untuk wilayah non-vegetasi mangrove.

Menurut Dinas Koperasi Usaha Kecil dan Menengah Kabupaten Probolinggo (2016) menjelaskan bahwa pola penggunaan lahan yang terdapat pada wilayah merupakan suatu ruangan sebagian hasil gabungan dari aktivitas manusia, kondisi fisik dan jumlah penduduk yang ada pada suatu wilayah. Penggunaan lahan terbesar di Kabupaten Probolinggo yaitu hutan 33,07%, tegalan dengan luas 30,70%, pemukiman penduduk dengan luas 36,17% dan lahan kritis dengan luas 0,06%. Sawah umumnya terletak dibagian utara dan tengah dan semakin sulit ditemukan di bagian selatan dikarenakan faktor yang mempengaruhi ketinggiannya. Selain itu, Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Probolinggo (2012) menambahkan bahwa luas wilayah hutan sebesar 426,46 km², tegalan sebesar 513,800 km², sawah 373,13 km² dan pemukiman sebesar 147,74 km². Sungai terpanjang di Kabupaten Probolinggo adalah Sungai Rondoningo dengan panjang 95,2 km dan sungai terpendek adalah Afour Bujel dengan panjang hanya 2 km. Sedangkan, sungai yang memiliki debit air terkecil adalah Sungai Pekalen dengan debit 3.300 (MI/DT).

4.2. Kualitas Air

4.2.1. Suhu

Suhu merupakan derajat panas dinginnya suatu benda dimana distribusinya di perairan dipengaruhi oleh adanya penyerapan panas (*heat flux*), curah hujan (*presipitation*), aliran sungai (*flux*) dan pola sirkulasi arus (Hadikusumah, 2008). Nilai suhu di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Peta Sebaran Suhu di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Gambar 5 menunjukkan bahwa suhu di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $34,30 \pm 3,58^{\circ}\text{C}$ dengan rentang $31,66^{\circ}\text{C} - 36,33^{\circ}\text{C}$. Nilai suhu tertinggi berada di stasiun penelitian 4 dan nilai suhu terendah berada di stasiun penelitian 5. Perbedaan nilai suhu yang diperoleh ini diduga disebabkan tingkat intensitas penyinaran matahari pada tiap stasiun penelitian berbeda. Hal ini didukung oleh pernyataan oleh pernyataan Armita (2011) bahwa

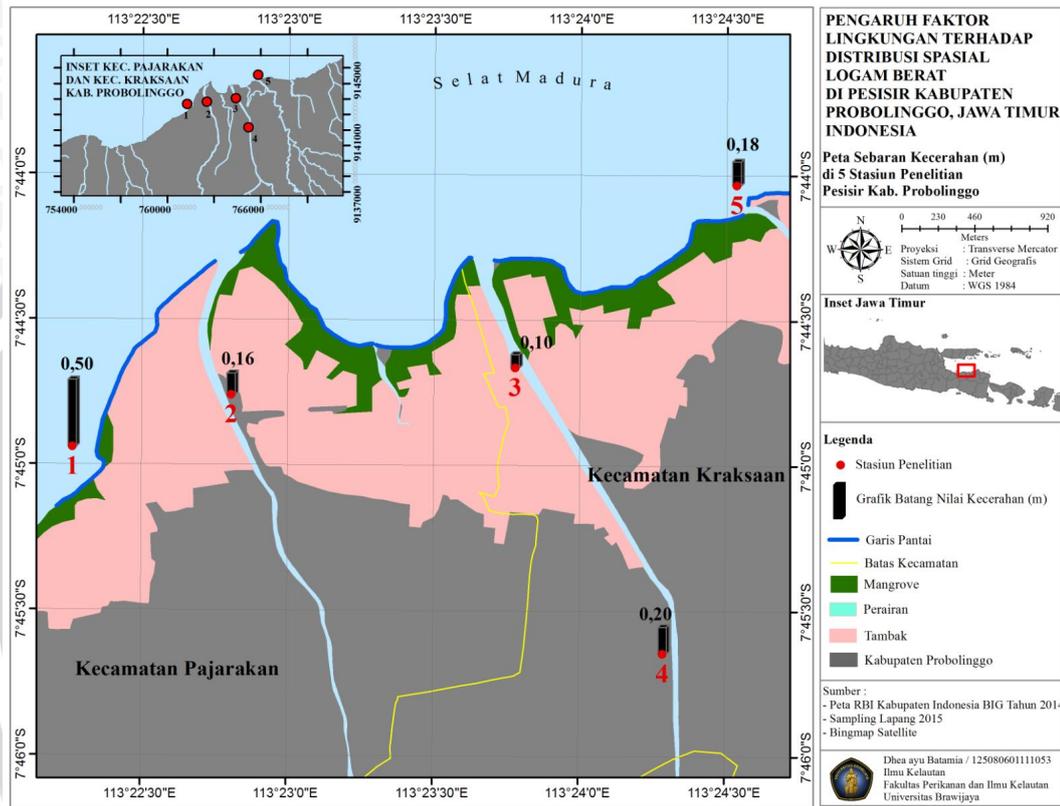
panas yang berasal dari sinar matahari sampai ke perairan dapat menyebabkan suhu di perairan bervariasi berdasarkan waktu baik itu terjadi secara harian, musiman, tahunan atau dalam jangka waktu panjang.

Pada Gambar 5 juga menunjukkan terjadinya tren penurunan suhu di pesisir Kabupaten Probolinggo dari daerah sungai, muara sungai hingga ke laut. Hal ini diduga disebabkan karena pergerakan antara massa air tawar yang berasal dari aliran sungai lebih besar dibanding di laut. Sesuai yang dinyatakan oleh Tarigan dan Edward *dalam* Patty (2013), bahwa umumnya suhu air di perairan dekat pantai lebih hangat dibandingkan dengan suhu air laut. Hal ini disebabkan karena adanya pergerakan massa air tawar dari aliran sungai dan muara sungai yang menimbulkan panas akibat gesekan antara molekul air sehingga suhu yang dihasilkan lebih tinggi dibanding suhu air laut.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Maharani *et al.* (2014) mengenai studi distribusi suhu, salinitas dan densitas secara vertikal dan horizontal di perairan pesisir, Probolinggo, Jawa Timur tepatnya di Kecamatan Dringu, Gending, Pajajaran dan Kraksaan pada bulan Maret 2013. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa pola distribusi horizontal suhu menunjukkan bahwa suhu di perairan dekat pantai lebih tinggi sebesar $31,70^{\circ}\text{C} - 33,8^{\circ}\text{C}$ dibanding dengan perairan yang jauh dari pantai dengan kisaran $30,76^{\circ}\text{C} - 31,70^{\circ}\text{C}$. Tingginya suhu di perairan dekat pantai disebabkan karena perairan dekat pantai memiliki kedalaman perairan yang dangkal sehingga energi matahari lebih efektif dalam meningkatkan suhu air dan juga dipengaruhi oleh proses pemanasan daratan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, suhu di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan rentang nilai sebesar $31,66^{\circ}\text{C} - 36,33^{\circ}\text{C}$ cukup berbeda dan lebih tinggi dibanding dengan rentang nilai suhu di perairan pesisir Kabupaten Probolinggo bulan Maret 2013.

4.2.2. Kecerahan

Kecerahan merupakan suatu ukuran transparansi perairan yang dipengaruhi oleh adanya zat padat tersuspensi, zat terlarut, partikel dan warna air (Pujiastuti, *et al.*, 2013). Nilai kecerahan di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Peta Sebaran Kecerahan di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Gambar 6 menunjukkan bahwa kecerahan di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $0,23 \pm 0,30$ meter dengan rentang 0,10 meter – 0,50 meter. Nilai kecerahan tertinggi berada pada stasiun penelitian 1 dan nilai kecerahan terendah berada pada stasiun penelitian 3. Perbedaan nilai kecerahan ini diduga disebabkan oleh perbedaan sedimen tersuspensi. Stasiun penelitian 1 dicirikan dengan jenis sedimen pasir dan stasiun penelitian 3 dengan jenis sedimen lumpur yang lebih mudah untuk teraduk sehingga menyebabkan perairan semakin keruh. Hal ini didukung oleh pernyataan Jewlaika *et al.* (2014)

bahwa semakin keruh suatu perairan menyebabkan nilai zat tersuspensi semakin tinggi sehingga kecerahan di perairan semakin rendah dimana peningkatan zat tersuspensi berbanding terbalik dengan tingkat kecerahan di perairan. Adanya zat tersuspensi dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari yang masuk ke perairan sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen dalam proses fotosintesis.

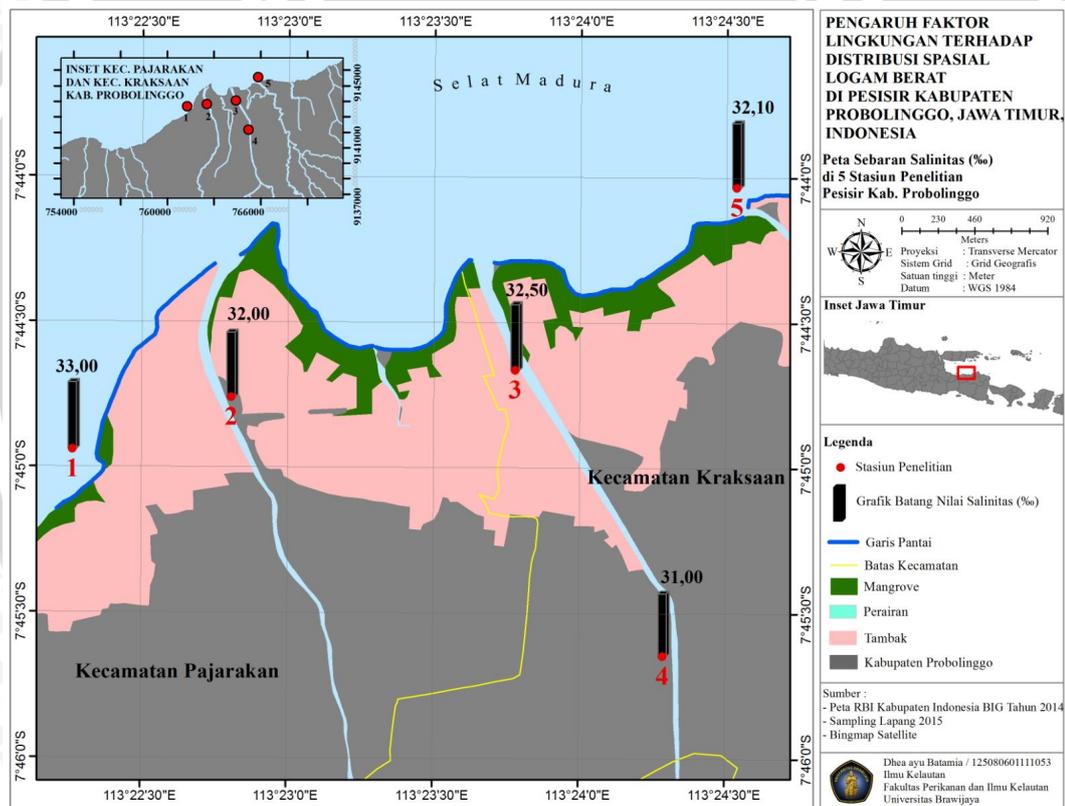
Pada Gambar 6 juga menunjukkan terjadinya tren peningkatan kecerahan di pesisir Kabupaten Probolinggo dari daerah sungai, muara sungai hingga ke laut. Hal ini diduga disebabkan adanya aliran sungai yang pada umumnya banyak membawa sedimen hingga menuju ke muara sungai, sedimen disaring oleh tumbuhan-tumbuhan yang hidup di daerah tersebut seperti mangrove sehingga pada saat sampai di laut, sedimen yang dihasilkan tidak terlalu banyak dan mempengaruhi tingginya kecerahan di laut. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Riyadi *et al.* (2005) bahwa tingkat kecerahan tergantung pada sedimentasi yang dibawa oleh aliran sungai masuk ke perairan laut. Di dalam penelitiannya diperoleh bahwa tingkat kecerahan tertinggi terdapat di daerah laut dimana kawasan tersebut jauh dari sungai yang umumnya banyak membawa sedimen.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Daulat *et al.* (2014) mengenai sebaran kandungan CO₂ terlarut di perairan pesisir selatan Kepulauan Natuna pada bulan November 2012. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa nilai rata-rata kecerahan di Kepulauan Natuna yang meliputi Pulau Sedanau, Pulau Tiga, Pulau Bunguran Besar dan Muara Binjai sebesar 7,2 m. Nilai kecerahan perairan dipengaruhi oleh faktor biologi yang disebabkan kandungan mikroorganisme dan faktor fisik yang disebabkan oleh padatan tersuspensi dan terlarut dalam air tersebut, kondisi cuaca, waktu dan ketelitian pengukuran. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, kecerahan di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan nilai rata-rata sebesar 0,23 cm sangat jauh berbeda

dibanding dengan nilai kecerahan di pesisir selatan Kepulauan Natuna bulan November 2012.

4.2.3. Salinitas

Salinitas merupakan jumlah kadar garam per gram dalam 1 kilogram air laut dan di perairan dipengaruhi oleh pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Patty, 2013). Nilai salinitas di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Peta Sebaran Salinitas di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Gambar 7 menunjukkan bahwa salinitas di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $32,12 \pm 1,44\%$ dengan rentang 31% – 33% . Nilai salinitas tertinggi berada di stasiun penelitian 1 dan nilai salinitas terendah berada di stasiun penelitian 4. Tingkat evaporasi pada saat pengukuran salinitas diduga menjadi penyebab perbedaan nilai salinitas pada tiap stasiun penelitian.

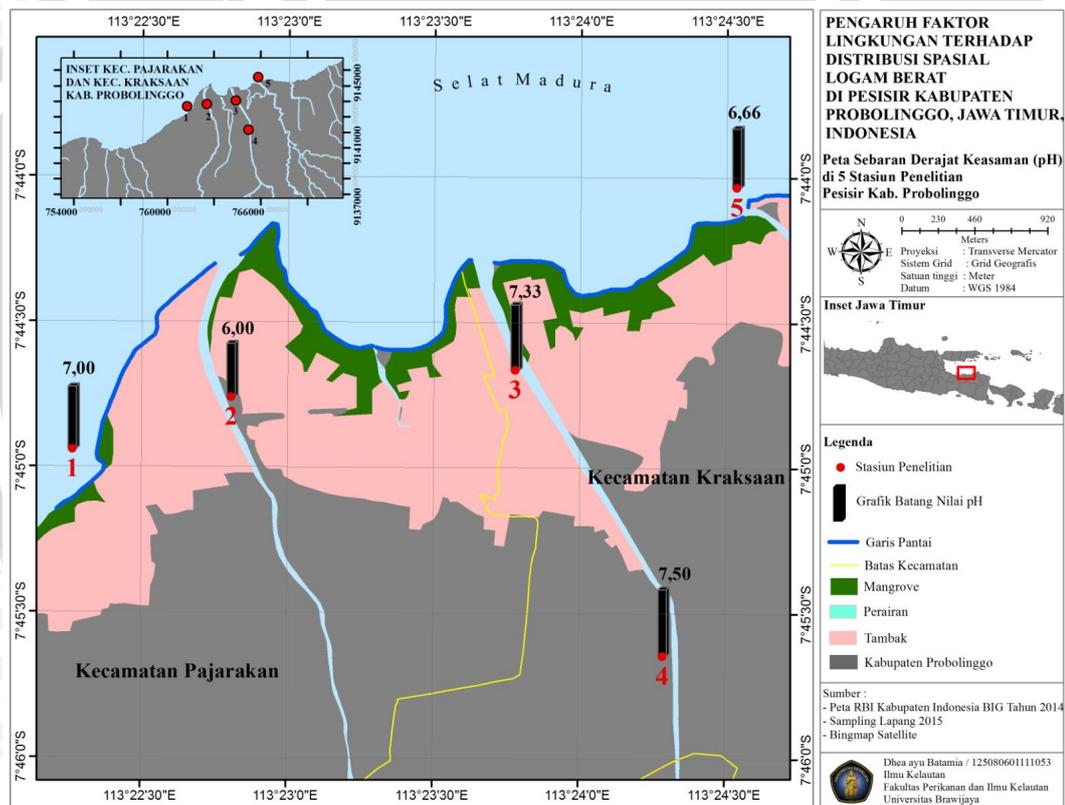
Disamping itu, stasiun penelitian 1 merupakan daerah laut yang diketahui memiliki salinitas yang lebih tinggi dibandingkan stasiun penelitian 4 yang merupakan daerah sungai. Hal ini didukung oleh pernyataan Dharmawan (2014), bahwa salinitas air tawar yaitu 0 – 0,5‰, air payau 0,5 – 17‰ dan air laut lebih dari 17‰. Nilai salinitas di setiap perairan tidak selalu sama, disebabkan karena adanya hubungan antara kadar salinitas dan kadar klorin yang berbeda di setiap perairan yang dipengaruhi oleh lokasi, evaporasi, iklim, komposisi garam, temperatur dan daya hantar listrik. Selain itu, Arief (1984) menambahkan bahwa air tawar memiliki nilai salinitas yang lebih rendah dibanding dengan air laut. Aliran air sungai ke laut akan menimbulkan proses pencampuran antara air sungai dan air laut pada muara sungai dimana pencampuran tersebut menghasilkan nilai salinitas yang berkisar antara nilai salinitas air tawar dan salinitas air laut.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Maharani *et al.* (2014) mengenai studi distribusi suhu, salinitas dan densitas secara vertikal dan horiuzontal di perairan pesisir, Probolinggo, Jawa Timur tepatnya di Kecamatan Dringu, Gending, Pajajaran dan Kraksaan pada bulan Maret 2013. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa pola distribusi horizontal salinitas menunjukkan bahwa adanya salinitas yang lebih rendah sebesar 28,9% – 31,16% yang berasal dari masukan massa air oleh daratan Pulau Jawa yang terdorong hingga ke dekat pantai atau laut dan massa air yang lebih tinggi berasal dari Selat Madura sebesar 31,161% – 32,96%. Selain itu, terdapat massa air dengan salinitas yang rendah pada lokasi yang jauh dari pantai dibagian timur, diduga berasal dari air tawar yang masuk dari sungai dengan lokasi muara sungai berada di luar lokasi penelitian. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, nilai salinitas di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan

rentang nilai sebesar 31‰ - 33‰ tidak jauh berbeda dibanding dengan nilai salinitas di perairan pesisir Kabupaten Probolinggo bulan Maret 2013.

4.2.4. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan besarnya konsentrasi ion hidrogen yang dinyatakan dengan minus harga logaritma dari konsentrasi ion hidrogennya dalam mol/liter ion hidrogen (Sudadi, 2013). Nilai derajat keasaman di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Peta Sebaran Derajat Keasaman (pH) di Pesisir Kabupaten Probolinggo

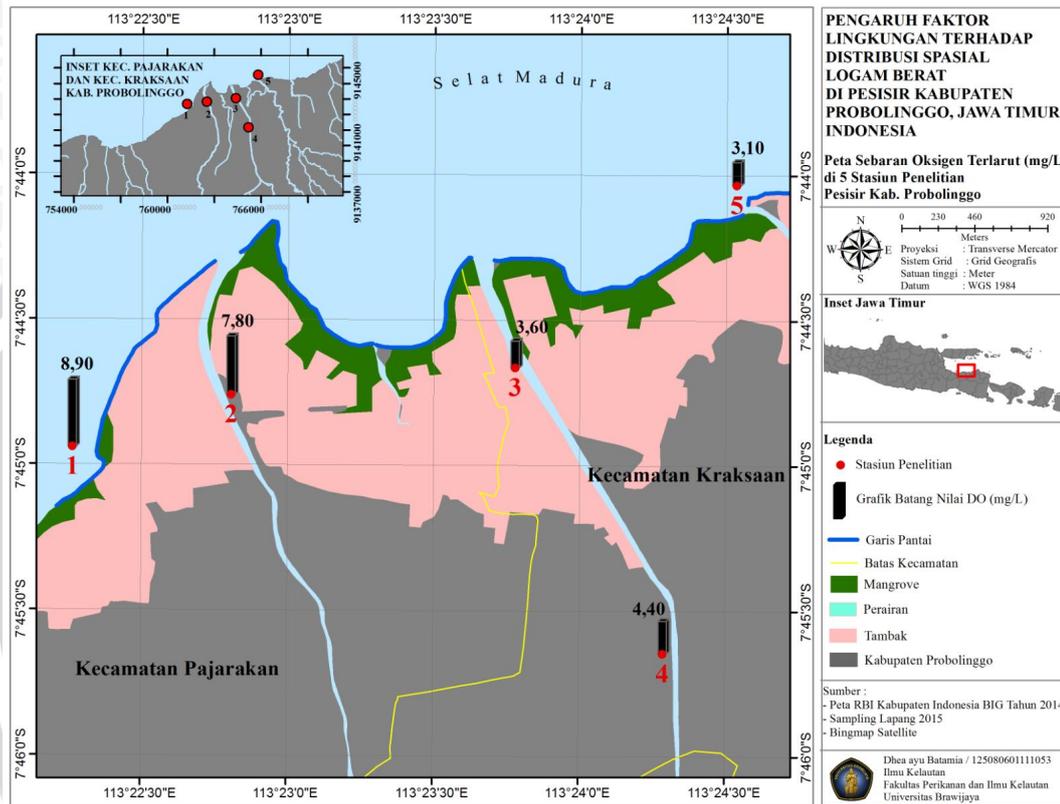
Gambar 8 menunjukkan bahwa derajat keasaman (pH) di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $6,90 \pm 1,16$ dengan rentang 6,00 – 7,50. Nilai derajat keasaman (pH) tertinggi berada di stasiun penelitian 4 dan nilai derajat keasaman (pH) terendah berada di stasiun penelitian 2.

Perbedaan nilai derajat keasaman (pH) ini diduga disebabkan karena adanya berbagai kegiatan yang mempengaruhi tingkat keasaman di perairan. Di stasiun penelitian 4 merupakan daerah aliran sungai ditemukan berbagai kegiatan domestik warga seperti mencuci baju, perabotan dan mandi dengan menggunakan sabun dan detergen yang diketahui bersifat basa sehingga menghasilkan derajat keasaman (pH) yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun penelitian lainnya. Hal ini didukung oleh pernyataan Fardiaz *dalam* Cordova (2008) bahwa tingginya penggunaan sabun dan deterjen mengakibatkan suasana di perairan menjadi basa. Deterjen dan sabun memiliki unsur utama dengan sifat basa yaitu ion Natrium (Na^+) pada bahan surfaktan dan bahan pembentuk (*builder*) yang memiliki fungsi mengikat ion Magnesium (Mg^+) dalam jumlah besar sehingga sifat air menjadi alkali (basa). Rendahnya derajat keasaman (pH) diduga disebabkan karena adanya penguraian bahan organik menghasilkan karbon dioksida yang bereaksi dengan air dan menyebabkan kondisi menjadi asam. Simanjuntak (2009), menambahkan bahwa nilai derajat keasaman (pH) di perairan dapat menjadi lebih rendah disebabkan kandungan bahan organik yang tinggi seperti adanya pengaruh dari tumbuhan mangrove dan lain-lain. Selain itu, umumnya juga disebabkan oleh adanya limbah yang mengandung asam-asam mineral bebas dan asam karbonat.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Fajriani *et al.* (2014) mengenai indeks kualitas perairan pesisir Kecamatan Bintan Utara Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau pada bulan Mei – Agustus 2013. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa nilai rata – rata derajat keasaman (pH) pada 4 stasiun penelitian pesisir Bintan sebesar 8,69. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, derajat keasaman (pH) di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan nilai rata – rata sebesar 6,90 cukup berbeda dibanding dengan nilai derajat keasaman (pH) di pesisir Kabupaten Bintan bulan Mei – Agustus 2013.

4.2.5. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan jumlah oksigen yang terlarut di dalam perairan dan dipengaruhi oleh adanya suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer (Pujiastuti, *et al.*, 2013). Nilai oksigen terlarut di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Peta Sebaran Oksigen Terlarut (DO) di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Gambar 9 menunjukkan bahwa oksigen terlarut di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $5,56 \pm 5,13$ mg/L dengan rentang 3,10 mg/L – 8,90 mg/L. Nilai oksigen terlarut tertinggi berada di stasiun penelitian 1 dan nilai oksigen terlarut terendah berada di stasiun penelitian 5. Perbedaan nilai oksigen terlarut ini diduga disebabkan karena adanya berbagai aktivitas organisme yang menggunakan oksigen terlarut dan banyaknya limbah maupun sampah di perairan yang mempersulit oksigen untuk masuk ke perairan melalui proses fotosintesis. Hal ini didukung oleh pernyataan Simanjuntak (2007) bahwa

kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan meningkatnya limbah organik di perairan. Menurunnya oksigen terlarut di perairan ini disebabkan karena oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri dalam menguraikan zat organik menjadi zat anorganik semakin banyak. Selain itu, Patty (2013) menambahkan bahwa kadar oksigen terlarut lebih rendah pada daerah sungai dan muara sungai serta semakin tinggi pada daerah laut. Rendahnya kadar oksigen di sungai dan muara sungai berhubungan dengan kekeruhan air akibat aktivitas mikroorganisme dalam penguraian zat organik menjadi zat anorganik menggunakan oksigen terlarut (bioproses) di perairan, sedangkan tingginya kadar oksigen terlarut di laut disebabkan karena airnya yang semakin jernih sehingga oksigen dengan lancar masuk ke perairan melalui proses difusi dan fotosintesis.

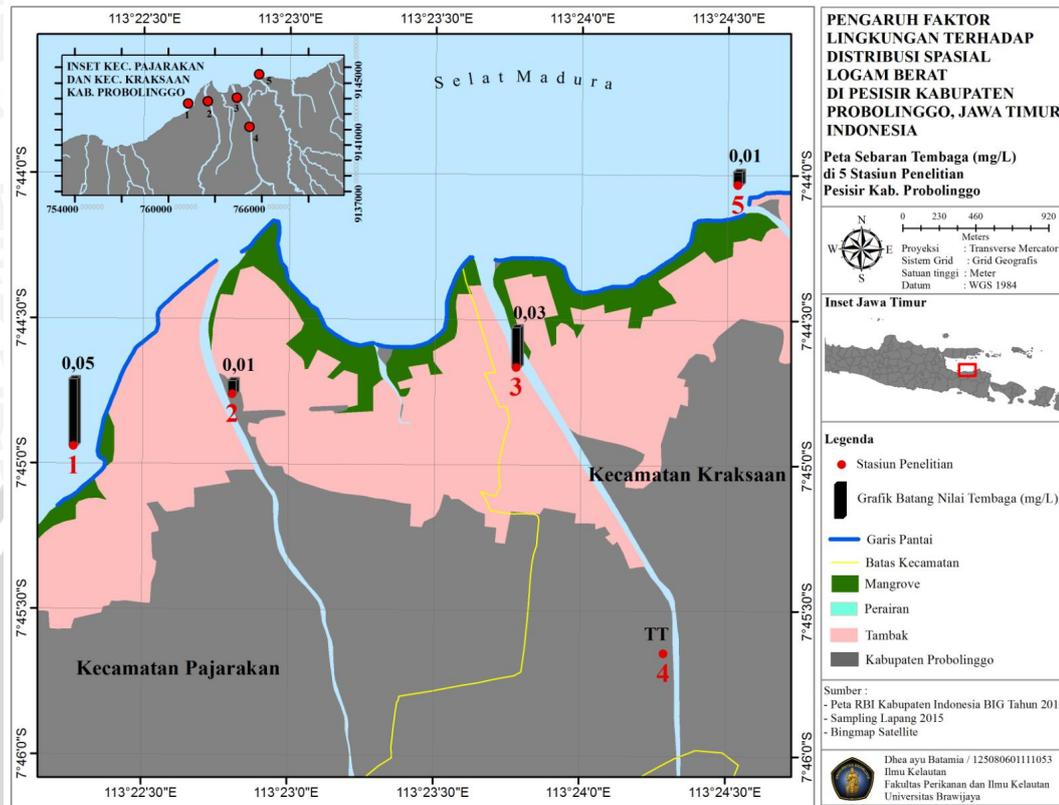
Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Fajriani *et al.* (2014) mengenai indeks kualitas perairan pesisir Kecamatan Bintan Utara Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau pada bulan Mei – Agustus 2013. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa nilai rata – rata oksigen terlarut (DO) pada 4 stasiun penelitian pesisir Bintan sebesar 7,94 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, oksigen terlarut (DO) di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan nilai rata – rata sebesar 5,56 mg/L cukup berbeda dibanding dengan nilai oksigen terlarut (DO) di pesisir Kabupaten Bintan bulan Mei – Agustus 2013.

4.2. Logam Berat

4.3.1. Tembaga (Cu)

Tembaga atau Cuprum dilambangkan dengan Cu merupakan suatu unsur logam berbentuk kistal dengan warna kemerahan dan pada Tabel Periodik Unsur Kimia memiliki nomor atom 29 dan berat atom 63,546 (Palar, 1994 *dalam*

Ariansyah, 2012). Konsentrasi tembaga (Cu) di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Peta Sebaran Tembaga (Cu) di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Gambar 10 menunjukkan bahwa tembaga (Cu) di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $0,02 \pm 0,04$ mg/L dengan rentang tidak terdeteksi – 0,05 mg/L. Konsentrasi tembaga (Cu) tertinggi berada di stasiun penelitian 1 dan konsentrasi tembaga (Cu) tidak terdeteksi berada di stasiun penelitian 4. Tingginya konsentrasi tembaga (Cu) di stasiun penelitian 1 diduga disebabkan oleh adanya aktivitas kapal yang diduga merupakan sumber tembaga (Cu) di perairan. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Palar (1994) dalam Musriadi (2014) bahwa logam tembaga (Cu) masuk ke dalam lingkungan perairan berasal dari kegiatan industri dan bahan campuran pengawet cat kapal. Disamping itu, Palar (2008) dalam Daud *et al.* (2013) menambahkan bahwa sumber masukan tembaga di perairan yang paling umum diduga berasal dari kegiatan industri, kegiatan rumah tangga dan mobilitas bahan

bakar. Konsentrasi tembaga (Cu) di stasiun penelitian 4 yang tidak terdeteksi sebesar $<0,01$ mg/L. Tidak terdeteksinya konsentrasi tembaga (Cu) diduga disebabkan pembacaan nilai minimal (*Limit of Detection/LOD*) yang dapat dibaca alat AAS adalah 0,01 mg/L serta adanya pengaruh *human error*. Hutagalung *et al.* (1997) dalam bukunya menjelaskan bahwa perhatian khusus ditujukan pada media atau kegiatan yang berpotensi sebagai sumber kontaminasi seperti jenis dan kebersihan tempat sampel, cara pengambilan dan pengemasan sampel, jenis kertas saring dan cara menyaring serta kebersihan ruangan laboratorium.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Fitriyah *et al.* (2013) mengenai analisis kandungan tembaga (Cu) dalam air dan sedimen di Sungai Surabaya pada bulan Maret – April 2013. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa konsentrasi tembaga (Cu) di air berada pada rentang 0,37 mg/L – 0,81 mg/L. Tingginya konsentrasi tembaga (Cu) disebabkan di sekitar Sungai Surabaya banyak terdapat industri yang menggunakan logam berat tembaga (Cu) sebagai bahan baku untuk keperluan produksi seperti industri pelapisan logam, kawat baja, sepeda dan mur baut. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, konsentrasi tembaga (Cu) di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan rentang nilai sebesar tidak terdeteksi - 0,05 mg/L sangat jauh berbeda dan lebih rendah dibanding dengan konsentrasi tembaga (Cu) di Sungai Surabaya bulan Maret – April 2013.

4.3.2. Kadmium (Cd)

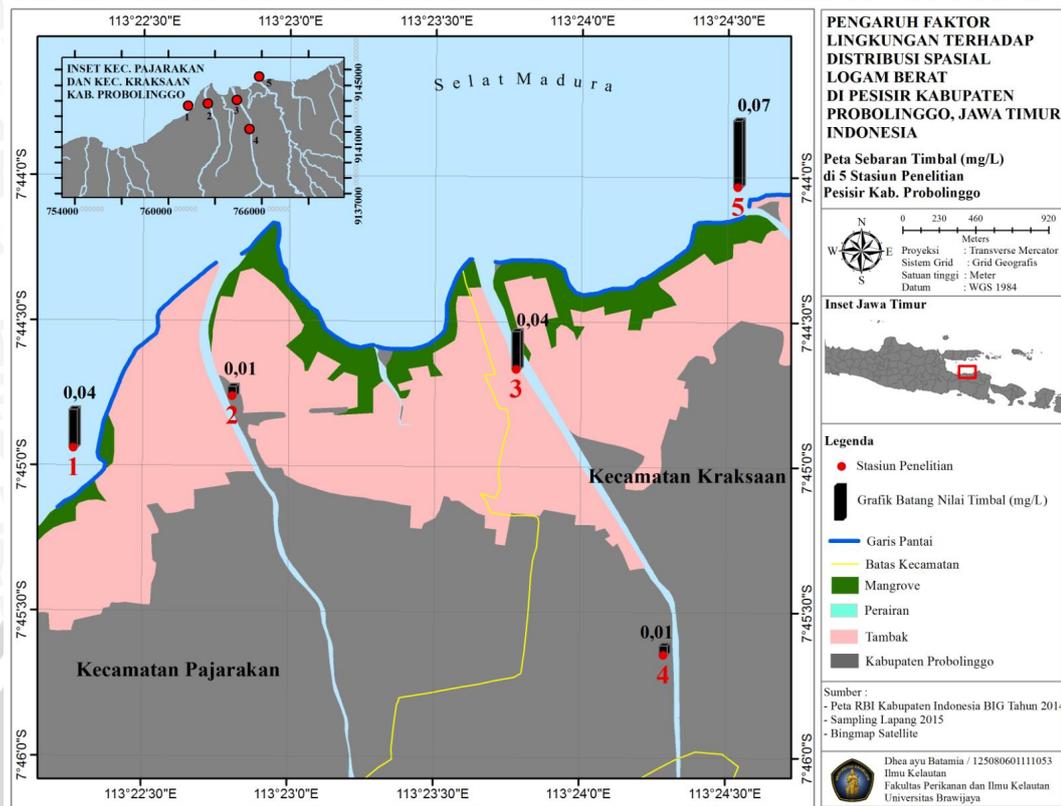
Kadmium (Cd) merupakan jenis logam berat yang banyak digunakan dalam kegiatan industri seperti industri pelapisan logam, baterai, fotografi, porselen dan keramik serta pipa plastik PVC (Fitriyah, 2007). Konsentrasi

menuju ke laut. Hal ini diduga disebabkan tingginya aktivitas lalu lintas, pertanian dan buangan limbah yang ada di daerah laut. Sesuai dengan yang dinyatakan oleh Clark (1986) dalam Erlangga (2012) bahwa sumber kadmium berasal dari pupuk fosfat, endapan sampah, uap, debu dan limbah dari pertambangan timah dan seng.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Sembel (2011) mengenai analisis logam berat Pb, Cd dan Cr berdasarkan tingkat salinitas di Estuari Sungai Belau Teluk Lampung pada bulan April – Juni 2010. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa konsentrasi kadmium (Cd) di 5 stasiun penelitian memiliki rentang konsentrasi sebesar 0,013 mg/L – 0,018 mg/L. Konsentrasi kadmium (Cd) yang diperoleh tersebut dipengaruhi oleh aktivitas manusia melalui limbah kota dan *docking* kapal yang berada di sungai. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, konsentrasi kadmium (Cd) di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan rentang nilai sebesar 0,04 mg/L – 0,07 mg/L cukup berbeda dan lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi kadmium (Cd) di Estuari Sungai Belau Teluk Lampung pada bulan April – Juni 2010.

4.3.3. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan toksikan yang mudah terakumulasi dalam tubuh manusia dan umumnya dihasilkan dari limbah domestik dan berbagai aktivitas di sekitar perairan seperti kegiatan industri, perikanan, pelabuhan, perhotelan, transportasi, pertambakan, wisata bahari dan buangan rumah tangga yang akan menuju ke laut (Payung, *et al.*, 2013). Konsentrasi Timbal (Pb) di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 12.



Gambar 12. Peta Sebaran Timbal (Pb) di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Gambar 12 menunjukkan bahwa timbal (Pb) di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $0,03 \pm 0,05$ mg/L dengan rentang 0,01 mg/L – 0,07 mg/L. Konsentrasi timbal (Pb) tertinggi berada di stasiun penelitian 5 dan konsentrasi timbal (Pb) terendah berada di stasiun penelitian 2 dan 4. Tingginya konsentrasi timbal (Pb) di stasiun penelitian 5 diduga disebabkan karena adanya aktivitas kapal yang diduga menggunakan bahan bakar dan cat bertimbal sehingga mendukung tingginya konsentrasi timbal (Pb). Seperti yang dijelaskan oleh Ariansyah (2012) bahwa sumber timbal (Pb) di lingkungan berasal dari cat, debu, udara, tanah yang terkontaminasi dan bahan bakar bertimbal. Partikel timbal (Pb) yang berasal dari asap kendaraan bermotor antara 0,08 – 1,00 μm dengan masa tinggal di udara selama 4 – 40 hari dengan persentase sebesar 62% tetraetil Pb, 18% etilen khlorida, 18% etilen bromida dan sekitar 2% campuran tambahan dari bahan lain. Disamping itu, derajat keasaman juga diduga mempengaruhi kelarutan logam berat di perairan. Pada

stasiun penelitian 5 dengan nilai derajat keasaman yang rendah sebesar 6,66 menyebabkan tingginya kelarutan timbal (Pb). Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Palar (1994) dalam Musriadi (2014), bahwa derajat keasaman (pH) mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan. Kenaikan pH di perairan diikuti dengan semakin rendahnya kelarutan dari senyawa – senyawa logam. Penurunan pH di perairan menyebabkan toksisitas dari logam berat semakin besar.

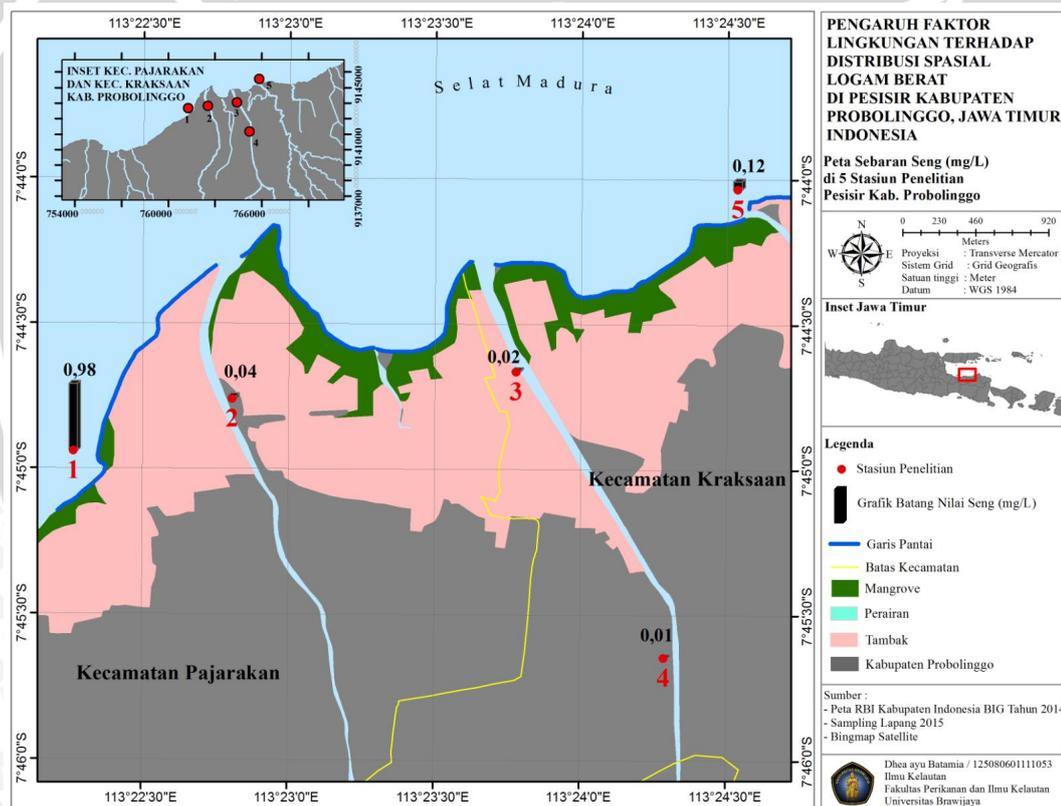
Pada Gambar 12 juga menunjukkan terjadinya tren peningkatan timbal (Pb) di pesisir Kabupaten Probolinggo dari daerah sungai, muara sungai hingga menuju ke laut. Peningkatan timbal (Pb) di laut diduga disebabkan karena adanya tingginya aktivitas kapal menggunakan bahan bakar yang diduga mengandung timbal (Pb). Sesuai dengan yang dinyatakan oleh Darmono (1995) dalam Erlangga (2012) bahwa kapal-kapal yang biasanya menggunakan timbal (Pb) sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat kapal merupakan penyebab utama peningkatan kadar timbal (Pb) di lingkungan.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Sembel (2011) mengenai analisis logam berat Pb, Cd dan Cr berdasarkan tingkat salinitas di Estuari Sungai Belau Teluk Lampung pada bulan April – Juni 2010. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa konsentrasi timbal (Pb) di 5 stasiun penelitian memiliki rentang konsentrasi sebesar 0,005 mg/L – 0,019 mg/L. Konsentrasi timbal (Pb) yang diperoleh tersebut dipengaruhi oleh aktivitas transportasi, penggunaan motor pada alat transportasi laut yang menggunakan bahan bakar dan menghasilkan limbah buangan timbal (Pb) yang akhirnya mempengaruhi kualitas perairan. Umumnya bahan bakar minyak mendapat zat tambahan *tetraetyl* yang mengandung timbal (Pb) untuk meningkatkan mutu. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, konsentrasi timbal (Pb) di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan rentang nilai sebesar 0,01 mg/L – 0,07 mg/L sangat jauh berbeda dan

lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi timbal (Pb) di Estuari Sungai Belau Teluk Lampung pada bulan April – Juni 2010.

4.3.4. Seng (Zn)

Seng (Zn) merupakan salah satu logam yang pada umumnya bersumber dari industri keramik, kosmetik, pigmen, produksi elektroda, baterai kimia, penambangan logam berat, industri baja besi dan karet (Amien, 2007). Konsentrasi seng (Zn) di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Peta Sebaran Seng (Zn) di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Gambar 13 menunjukkan bahwa seng (Zn) di pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rata-rata sebesar $0,23 \pm 0,82$ mg/L dengan rentang 0,01 mg/L – 0,98 mg/L. Konsentrasi seng (Zn) tertinggi berada di stasiun penelitian 1 dan konsentrasi seng (Zn) terendah berada di stasiun penelitian 4. Suriah (2009)

menjelaskan bahwa sumber seng di lingkungan berasal dari industri kosmetik, plastik, karet, sabun, pigmen dalam cat dan tinta, industri lampu, industri pengawetan kayu dan plat seng untuk bahan bangunan. Hal ini sesuai dengan adanya penggunaan cat pada kapal yang diduga mengandung seng (Zn) dan dekatnya dengan area pertambakan serta pertanian di stasiun penelitian 1. Disamping itu, tingginya konsentrasi seng (Zn) didukung dengan tingginya nilai kecerahan sebesar 0,5 meter. Rachmawatie (2009) dalam Rachmaningrum *et al.* (2015) menjelaskan bahwa kecerahan yang tinggi dapat menyebabkan nilai konsentrasi logam berat meningkat. Hal tersebut disebabkan oleh rendahnya TSS (*Total Suspended Solid*) yang mempengaruhi proses adsorpsi logam berat terlarut di perairan. Logam berat yang diadsorpsi oleh partikel tersuspensi akan menuju dasar perairan, sehingga menyebabkan kandungan logam berat di perairan menjadi lebih tinggi.

Pada Gambar 13 juga menunjukkan terjadinya tren peningkatan seng (Zn) di pesisir Kabupaten Probolinggo dari daerah sungai, muara sungai hingga menuju ke laut. Tingginya konsentrasi seng (Zn) di daerah laut berhubungan dengan rendahnya pH di laut. Sesuai dengan yang dinyatakan oleh Saefudin *et al.* (2000) bahwa semakin rendah pH maka semakin banyak gugus basa lemah akibatnya terjadi penurunan jumlah serapan ion logam Zn sehingga konsentrasi seng (Zn) di perairan meningkat. Selain itu, tingginya konsentrasi seng (Zn) di laut didukung dengan adanya aktivitas perkapalan, banyaknya sampah di daerah pantai dan bahan masukan dari sungai. Seperti yang dijelaskan oleh Andarani dan Roosmini (2009) bahwa sumber logam seng (Zn) di perairan berasal dari material geokimia yang terbawa dari sungai, bahan baku minyak, besi, cat dan sisa – sisa kaleng bekas.

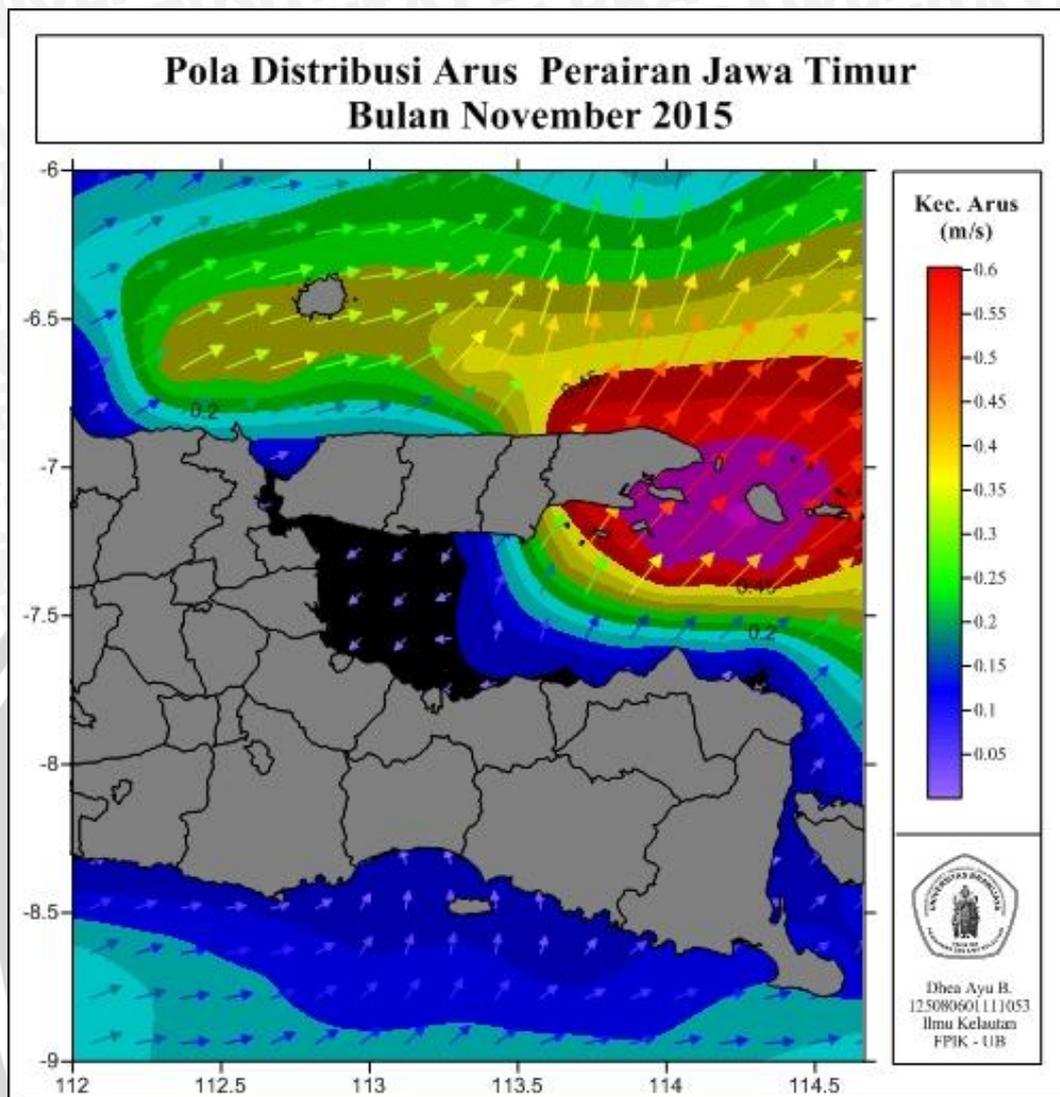
Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Damaianto dan Masduqi (2014) mengenai indeks pencemaran air laut Pantai Utara Kabupaten Tuban

dengan parameter logam pada 14 titik penelitian. Hasil penelitiannya menerangkan bahwa konsentrasi seng (Zn) memiliki rentang konsentrasi sebesar 0 mg/L – 0,056 mg/L. Konsentrasi seng (Zn) yang diperoleh tersebut dipengaruhi oleh aktivitas transportasi laut, pelestarian alam, budidaya laut, pariwisata dan pemukiman nelayan. Selain itu, juga didukung oleh adanya perkembangan industri yang pesat dan kegiatan pertambangan ekstraktif tanpa menggunakan fasilitas penanganan limbah yang baik. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, konsentrasi seng (Zn) di pesisir Probolinggo bulan November 2015 dengan rentang nilai sebesar 0,01 mg/L – 0,98 mg/L cukup berbeda dan lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi seng (Zn) di Pantai Utara Kabupaten Tuban.

4.3. Kondisi Hidrooseanografi

4.3.1. Arus

Arus merupakan pergerakan air yang sangat luas dan terjadi di seluruh lautan di dunia, dibangkitkan oleh angin yang berhembus di permukaan laut dan topografi muka air laut (Widyastuti, *et al.*, 2010). Pola distribusi arus perairan Jawa Timur bulan November 2015 dapat dilihat pada Gambar 14 dibawah ini.



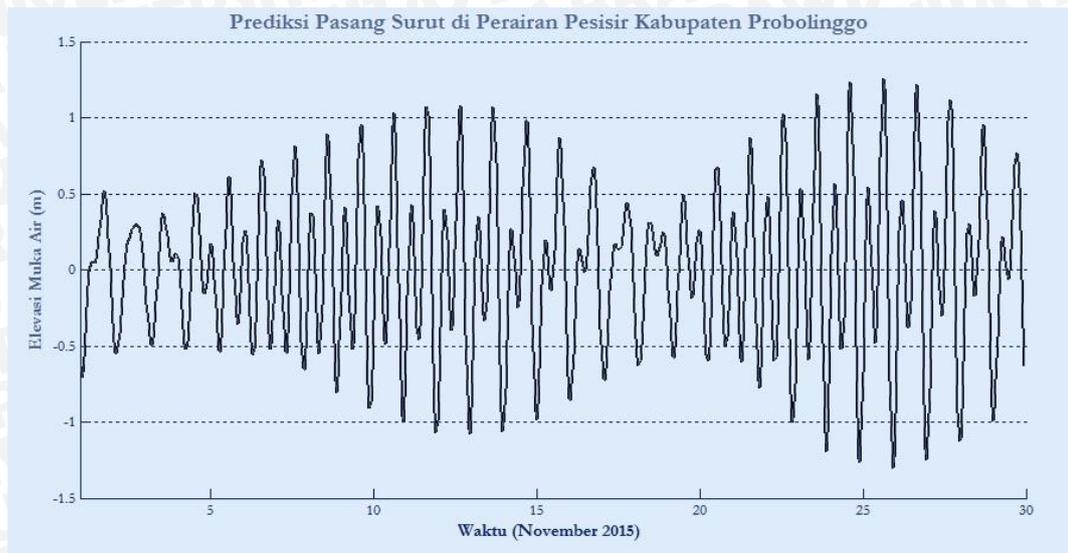
Gambar 14. Pola Distribusi Arus di Perairan Jawa Timur, Indonesia (Sumber: OSCAR NOAA, 2015)

Berdasarkan Gambar 14 di atas, pola distribusi arus di pesisir Kabupaten Probolinggo pada bulan November 2015 menunjukkan bahwa arus menuju arah timur laut dengan kecepatan 0,05 m/s – 0,3 m/s. Menurut Putri (2012) menjelaskan bahwa arah arus dapat mempengaruhi distribusi logam berat di perairan. Hal ini sesuai dengan massa air yang bergerak dari arah sungai menuju arah timur laut. Arah arus menuju timur laut ini didukung dengan tingginya hasil konsentrasi logam berat kadmium (Cd) dan timbal (Pb) sebesar 0,07 mg/L.

Penelitian ini sebelumnya telah dilakukan oleh Sugianto dan ADS (2007) mengenai studi pola sirkulasi air laut di perairan Pantai Provinsi Sumatera Barat pada bulan November 2004 yang menunjukkan bahwa arah arus menuju barat daya dan arah arus cukup merata antara utara hingga selatan pada musim barat. Pertemuan massa perairan menghasilkan berbagai fenomena oseanografi yang disebabkan oleh banyak faktor alam. Umumnya, arus di perairan Indonesia dibangkitkan oleh angin dan pasang surut. Pada bulan November, arus di perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin muson barat yang bertiup dari arah barat ke timur. Hal ini didukung dengan arah angin yang terjadi pada bulan November 2015 di pesisir Kabupaten Probolinggo yang dominan bertiup ke arah tenggara.

4.3.2. Pasang Surut

Pasang surut merupakan fenomena alam mengenai permukaan perairan seperti lautan yang berubah-ubah tunggang (*range*) dan ketinggian sesuai dengan perubahan posisi bulan dan matahari terhadap bumi menurut fungsi waktu (Lisnawati, *et al.*, 2013). Prediksi pasang surut di perairan pesisir Kabupaten Probolinggo bulan November 2015 dapat dilihat pada Gambar 15 dibawah ini.



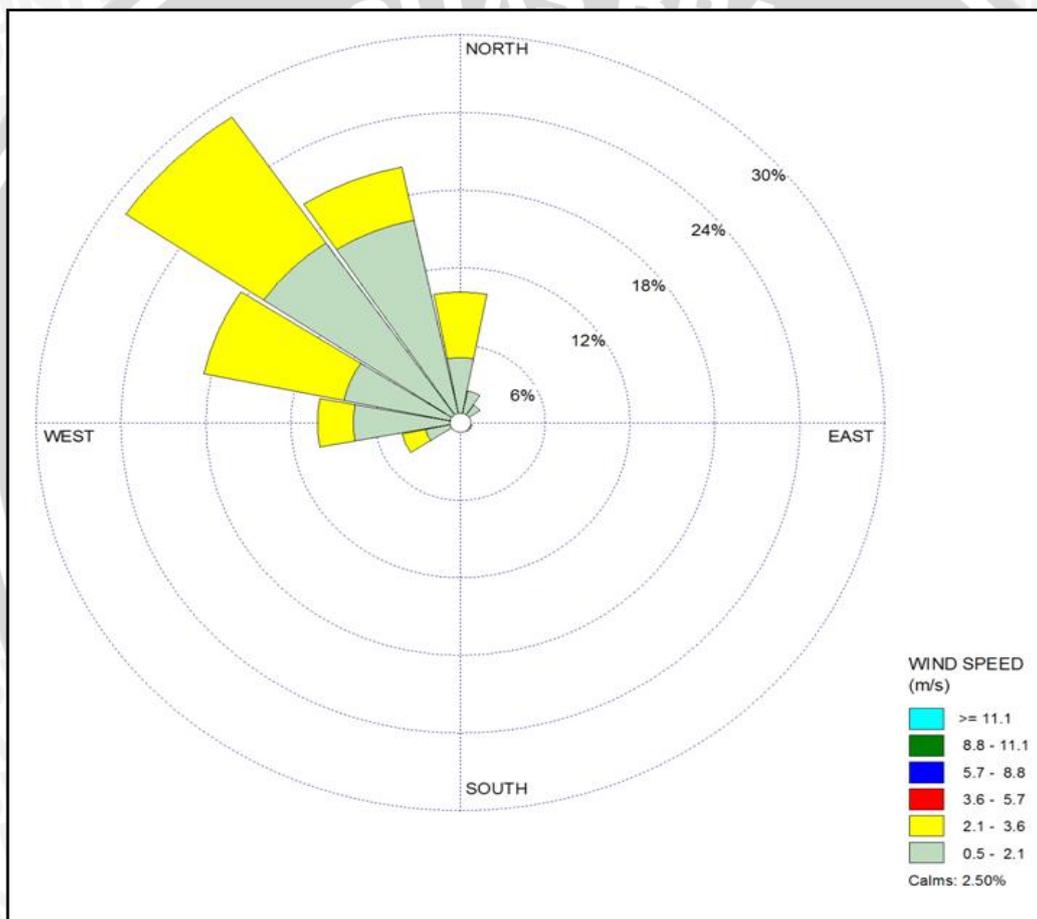
Gambar 15. Prediksi Pasang Surut di Pesisir Kabupaten Probolinggo Bulan November 2015 (Sumber: *Tidal Model Driver*, 2016)

Berdasarkan Gambar 15 di atas, prediksi pasang surut di pesisir Kabupaten Probolinggo bulan November 2015 menunjukkan bahwa tipe pasang surut campuran condong semidiurnal (*mix tide predominantly semidiurnal*). Tipe pasang surut ini terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari dengan bentuk gelombang pasang pertama dan kedua asimetris dan cenderung ke semidiurnal. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hidayah dan Mahatmawati (2010) mengenai perbandingan fluktuasi muka air laut rerata (MLR) di perairan pantai utara Jawa Timur (Perairan Perak Surabaya dan Prigi Trenggalek) dengan perairan pantai selatan Jawa Timur bulan Agustus 2005 yang menunjukkan bahwa pasang surut di perairan utara Jawa Timur bertipe campuran condong ke harian ganda dimana dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tetapi terkadang terjadi satu pasang surut dalam satu hari dengan tinggi dan periode gelombang yang berbeda. Pasang surut juga dapat mempengaruhi distribusi logam berat di perairan. Rochyatun (2006) menjelaskan bahwa keadaan perairan pada saat pasang menyebabkan proses pengenceran sehingga konsentrasi logam berat di perairan semakin rendah, begitupula sebaliknya.

4.4. Iklim

4.4.1. Angin

Angin merupakan salah satu unsur iklim yang memiliki peran penting dalam interaksi antara laut dan atmosfer, adanya transfer energi dari angin permukaan ke laut dapat menyebabkan terjadinya gelombang dan arus permukaan laut (Martono, 2009). Pola distribusi angin di pesisir Kabupaten Probolinggo bulan November 2015 dapat dilihat pada Gambar 16 dibawah ini.



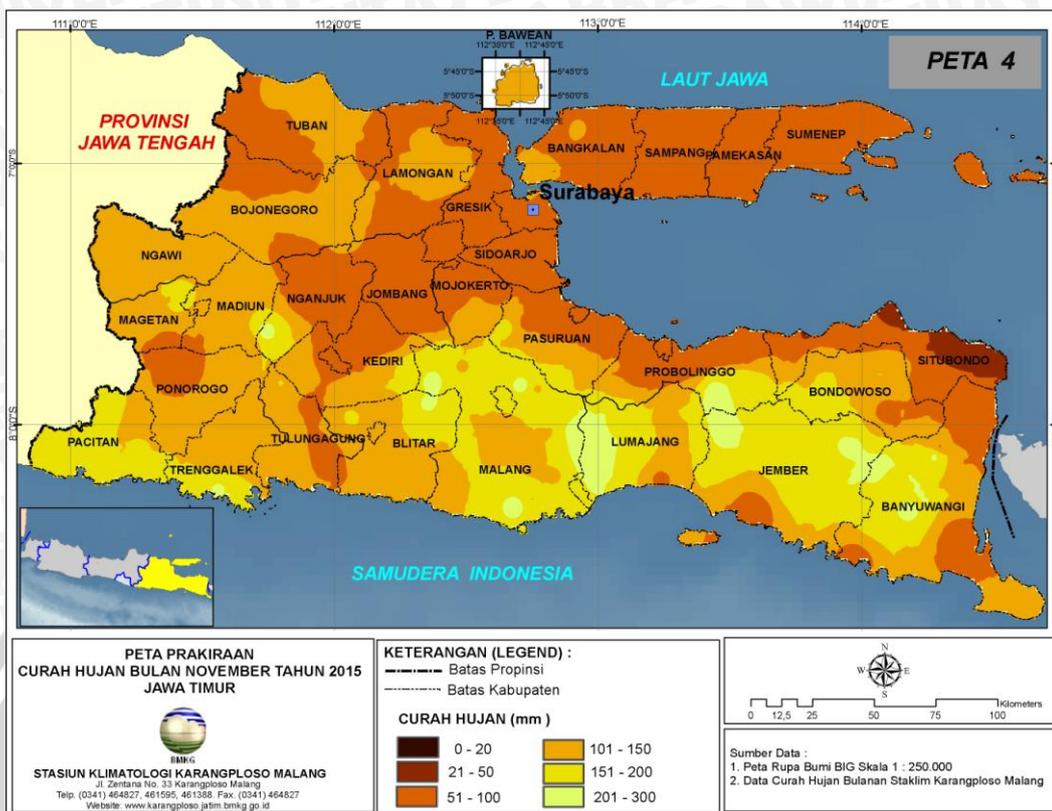
Gambar 16. Pola Arah dan Kecepatan Angin di Pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia (Sumber: ECMWF, 2015)

Berdasarkan Gambar 16 di atas, pola distribusi angin di pesisir Kabupaten Probolinggo pada bulan November 2015 menunjukkan bahwa angin dominan bertiup dari arah barat laut menuju ke arah tenggara. Kecepatan angin tertinggi secara frekuensi berada pada kelas 0,5 – 2,1 m/s sebesar 62,2%, kelas 2,1 – 3,6

m/s sebesar 35,3%, kelas angin tenang sebesar 2,5% dan 0% untuk kelas 3,6 hingga lebih dari 11,1. Hasil pola arah dan kecepatan angin ini sesuai dengan hembusan angin muson barat yang bertiup dari arah barat ke timur dengan periode bulan Oktober – April. Hal ini didukung oleh pernyataan Maulana dan Khomsin (2013) bahwa angin muson merupakan pola angin yang berhembus secara periodik (minimal 3 bulan) dan antara periode satu dengan lain polanya berlawanan yang berganti arah secara berlawanan setiap setengah tahun. Angin muson dibagi menjadi dua yaitu angin muson barat dan angin muson timur. Angin muson barat bertiup pada bulan Oktober – April yang bertiup dari arah barat ke timur, sedangkan angin muson timur bertiup pada bulan April – Oktober yang bertiup dari timur ke barat. Selain itu, angin dapat membangkitkan arus permukaan yang kemudian akan mempengaruhi distribusi dan kelarutan logam berat di perairan. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Rumahlatu (2011) bahwa keberadaan logam berat di perairan berasal dari proses alami dan kegiatan manusia yang kemudian terbawa oleh air dan angin menjadi larut di air dan mengendap di sedimen.

4.4.2. Curah Hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir dalam luasan satu meter persegi (BMKG, 2016). Peta prakiraan curah hujan di perairan Jawa Timur bulan November 2015 dapat dilihat pada Gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17. Peta Prakiraan Curah Hujan di Perairan Jawa Timur Bulan November 2015 (Sumber: BMKG Stasiun Klimatologi Kelas II Karangploso Malang, 2015)

Berdasarkan Gambar 17 di atas, curah hujan di Kabupaten Probolinggo bulan November 2015 berada pada rentang 51 – 300 mm dengan jumlah curah hujan 2.500 mm. Hasil prakiraan jumlah curah hujan tahun 2015 mengalami penurunan dibanding dengan hasil prakiraan jumlah curah hujan tahun 2013. Hal ini dibuktikan dengan jumlah curah hujan tahun 2013 sebesar 11.114 mm (Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo, 2015). Tingginya curah hujan ini perlu diwaspadai timbulnya banjir pada bulan tersebut. Curah hujan yang tinggi dapat mengencerkan logam berat di perairan. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Bugis (2012) bahwa curah hujan yang cukup tinggi sepanjang musim dapat mengencerkan air yang tercemar karena proses pelarutan sehingga konsentrasi logam berat di perairan dapat berkurang.

4.5. Analisis Status Mutu Air di Pesisir Kabupaten Probolinggo

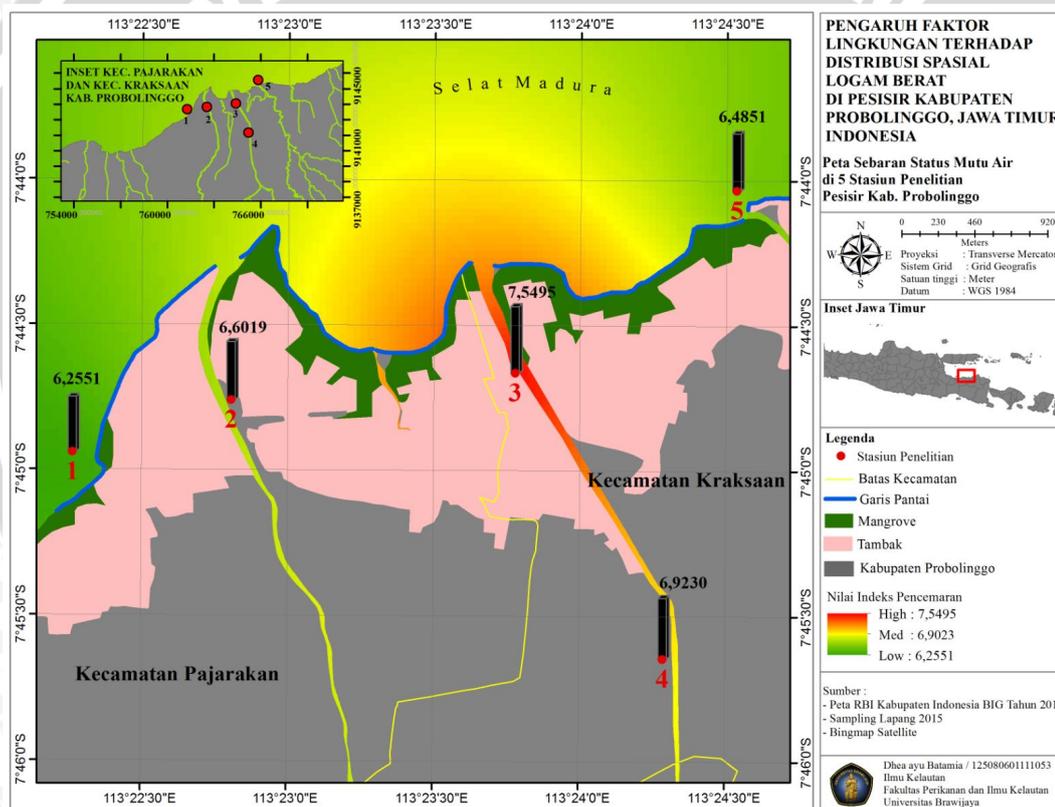
Penentuan status mutu air pada penelitian ini didasarkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 dengan menggunakan metode indeks pencemaran dan baku mutu perairan yang mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Penentuan status mutu air ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran perairan yang ditinjau dari hasil pengukuran parameter lingkungan dan logam berat serta baku mutu perairan di setiap stasiun penelitian. Berdasarkan hasil perhitungan indeks pencemaran, selanjutnya dilakukan analisis sebaran spasial dari indeks pencemaran yang diperoleh. Hasil perhitungan indeks pencemaran dan status mutu air di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran (IP) pada pesisir Kabupaten Probolinggo

Stasiun	Indeks Pencemaran	Peruntukkan	Status Mutu Air
1	6,2551	Wisata Bahari	Tercemar Sedang
2	6,6019	Biota Laut	Tercemar Sedang
3	7,5495	Biota Laut	Tercemar Sedang
4	6,9230	Biota Laut	Tercemar Sedang
5	6,4851	Wisata Bahari	Tercemar Sedang

Berdasarkan Tabel 6 hasil perhitungan indeks pencemaran diperoleh bahwa tingkat pencemaran di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki rentang 6,2551 – 7,5495 dan digolongkan dalam status perairan dengan kondisi tercemar sedang karena masuk dalam rentang $5,0 < PI_j \leq 10$. Nilai indeks pencemaran tertinggi berada pada stasiun penelitian 3 daerah muara sungai dengan peruntukkan biota laut. Tingginya nilai indeks pencemaran di stasiun penelitian 3 dicirikan dengan tingginya konsentrasi kadmium (Cd) sebesar 0,07 mg/L, pH sebesar 7,33 dan suhu sebesar 35,66°C. Apabila dilihat dari karakteristik lingkungannya, di stasiun penelitian 3 dipengaruhi oleh area

pertambakkan, mangrove dan non vegetasi mangrove serta pemukiman yang luas pada area sungainya. Nilai indeks pencemaran terendah berada pada stasiun penelitian 1 dengan peruntukkan wisata bahari yang dicirikan oleh tingginya konsentrasi tembaga (Cu) sebesar 0,06 mg/L, seng (Zn) sebesar 0,98 mg/L, kecerahan sebesar 0,5 meter, salinitas sebesar 33,00‰ dan DO sebesar 8,90 mg/L. Apabila dilihat dari karakteristik lingkungannya, stasiun penelitian 1 dipengaruhi oleh adanya area pertambakkan, area mangrove dan limpasan dari wilayah pertanian di daerah tersebut. Sebaran spasial indeks pencemaran di pesisir Kabupaten Probolinggo disajikan dalam Gambar 18.



Gambar 18. Peta Sebaran Spasial Status Mutu Air di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Sebaran spasial indeks pencemaran ini dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik lingkungan dan aktivitas sumber pencemar yang pada akhirnya berpengaruh terhadap hasil pengukuran setiap parameter lingkungan dan logam berat di setiap stasiun penelitian. Selain itu, perbedaan nilai indeks pencemaran

ini juga didukung oleh perbedaan baku mutu dan peruntukkan lokasi pada setiap stasiun penelitian. Pemanfaatan ruang di wilayah laut sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas pemukiman pesisir, pertambakan dan aktivitas kapal, sedangkan di daerah muara sungai digunakan untuk berbagai aktivitas seperti pertambakan, pemukiman, jalan, sampah, perkebunan, ladang, pertanian dan aktivitas domestik lainnya. Kegiatan – kegiatan tersebut diduga menjadi sumber potensi tingginya tingkat pencemaran di daerah pesisir.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Damaianto dan Masduqi (2014) mengenai indeks pencemaran air laut pantai utara Kabupaten Tuban dengan parameter logam tembaga (Cu), seng (Zn), krom (Cr), kadmium (Cd), merkuri (Hg), timbal (Pb), arsen (As) dan nikel (Ni) menunjukkan bahwa dari 14 titik sampling terdapat 7 titik tercemar sedang dan 7 titik lainnya tercemar ringan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Putri (2012) mengenai sebaran spasial logam berat timbal (Pb) di Perairan Teluk Banten pada bulan Juni – Agustus 2011 menunjukkan bahwa sebaran timbal (Pb) cenderung ke arah barat yang dipengaruhi oleh kondisi hidrodinamika pantai yang bervariasi dengan musim. Hal tersebut juga dicerminkan oleh sebaran parameter pH, TDS (*Total Dissolved Solid*) dan salinitas dimana parameter tersebut merupakan karakter dari air sungai yang bercampur dengan air laut sehingga membentuk gradien konsentrasi yang meningkat ke arah barat.

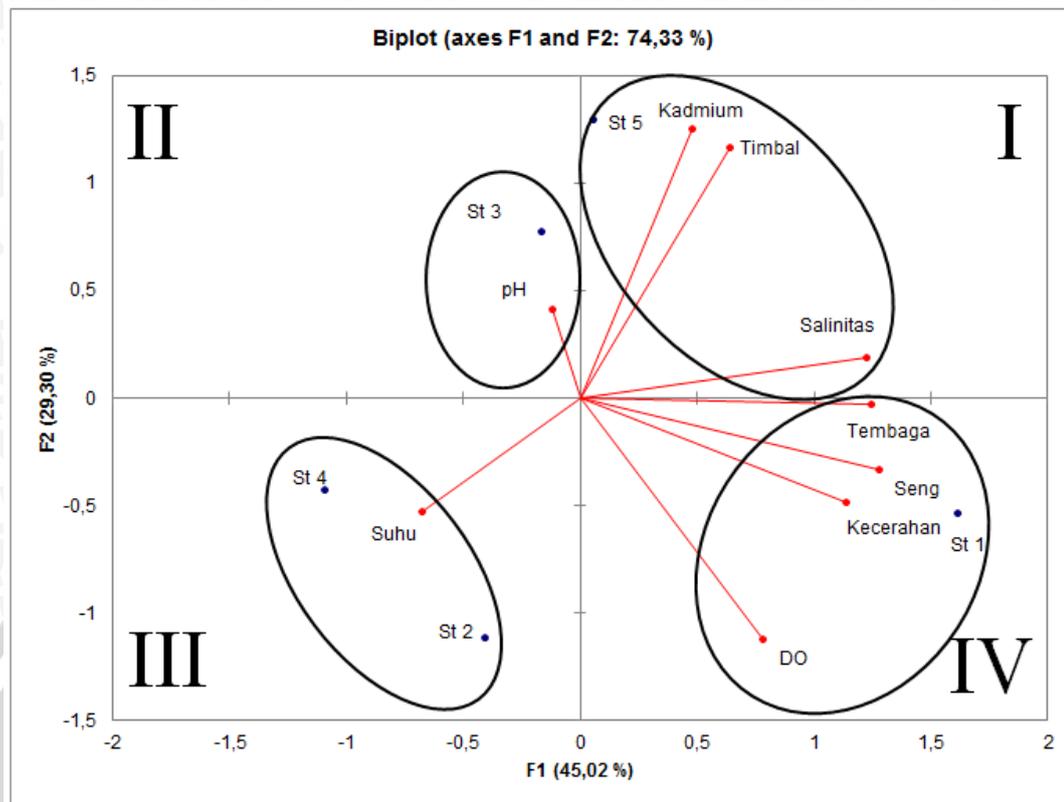
Pada penelitian ini, berdasarkan status Indeks Pencemaran di 5 stasiun penelitian dengan tingkat pencemaran “Tercemar Sedang”, maka perlu dilakukannya pengelolaan maupun pemantauan kualitas lingkungan di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia agar tingkat pencemaran tidak semakin meningkat. Achmad (2011) menambahkan perlu dilakukannya pengendalian pencemaran air yang bersumber dari limbah domestik dan pertanian yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari perairan.

Berdasarkan status tersebut, konsumsi air maupun biota yang hidup di sekitar lokasi tersebut akan sangat berbahaya karena logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh yang dapat memberikan efek negatif berupa keracunan logam berat bagi makhluk hidup.

4.6. Analisis Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Distribusi Spasial Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Analisis mengenai pengaruh faktor lingkungan terhadap distribusi spasial logam berat dilakukan melalui analisis statistik yaitu analisis PCA (*Principal Component Analysis*). Analisis ini digunakan untuk mengetahui parameter lingkungan perairan yang meliputi parameter fisika dan parameter kimia perairan yang mempengaruhi sebaran spasial parameter logam berat di setiap stasiun penelitian. Selain itu, analisis yang dilakukan ini juga untuk mendeterminasi mengenai pengelompokan stasiun penelitian berdasarkan variabel dengan menggunakan *software* XLSTAT 2015 dan *Microsoft Excel*.

Berdasarkan hasil analisis PCA (*Principle Component Analysis*) pada parameter logam berat dan parameter lingkungan di perairan diperoleh 3 faktor utama penyusun yang masing-masing memberikan kontribusi terhadap karakteristik di pesisir Kabupaten Probolinggo. Pada faktor 1 (F1) memiliki kontribusi sebesar 45,021% dari ragam total dengan nilai akar ciri (*eigenvalue*) 4,052, faktor dua (F2) memiliki kontribusi sebesar 29,305% dengan nilai akar ciri (*eigenvalue*) 2,637 dan faktor 3 (F3) memiliki kontribusi sebesar 18,807% dari ragam total dengan nilai akar ciri (*eigenvalue*) 1,693 (Lampiran 3 Tabel *Eigenvalues*). Gambar 19 dibawah ini merupakan hasil grafik biplot analisis PCA.



Gambar 19. Hasil analisis PCA

Keterangan:

Titik biru : Stasiun penelitian

Titik merah : Variabel aktif (parameter penelitian)

I, II, III, IV : Kuadran I, Kuadran II, Kuadran III dan Kuadran IV

Gambar 19 menunjukkan bahwa tiap variabel dan stasiun penelitian dibagi menjadi 4 (empat) kuadran. Kuadran I dicirikan oleh stasiun penelitian 5 dengan parameter salinitas yang mempengaruhi distribusi kadmium (Cd) dan timbal (Pb) di perairan. Yudiati *et al.* (2009) menjelaskan bahwa kation kadmium (Cd) dan timbal (Pb) terlarut di air laut akan berinteraksi dengan anion-anion yang ada (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) membentuk kompleks anorganik ataupun organik sehingga akan mengurangi keberadaan ion kadmium (Cd) dan timbal (Pb) dalam bentuk bebas. Pada salinitas rendah akan terjadi peningkatan konsentrasi kation kadmium (Cd) dan timbal (Pb) bebas, karena yang membentuk molekul/ion kompleks relatif kecil di perairan. Hal ini didukung dengan hasil pengukuran

pada stasiun penelitian 5 dimana nilai salinitas yang diperoleh sebesar 32,10‰ dan konsentrasi kadmium (Cd) dan timbal (Pb) yang tinggi sebesar 0,07 mg/L.

Kuadran II dicirikan oleh stasiun penelitian 3 dengan parameter pH tanpa mempengaruhi distribusi logam berat. Nilai pH di stasiun penelitian 3 cukup tinggi sebesar 7,33. Nilai pH yang cukup tinggi ini diduga disebabkan karena adanya aktivitas domestik warga yang menggunakan detergen dan sabun yang dibawa aliran dari sungai Rondoningo yang diketahui bersifat basa sehingga mempengaruhi nilai pH yang dihasilkan di muara sungai Rondoningo. Kamiswari *et al.* (2013) menjelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi detergen maka semakin besar nilai pH air. Hal ini disebabkan pada rantai karbon surfaktan berupa *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS) pada sisi hidrofobiknya yang mampu mengikat oksigen dari udara dalam air sehingga kandungan oksigen terlarut dalam air juga ikut meningkat.

Kuadran III dicirikan oleh stasiun penelitian 2 dan 4 dengan parameter suhu tanpa mempengaruhi distribusi logam berat. Nilai suhu di stasiun penelitian 2 dan stasiun penelitian 4 cukup tinggi yaitu sebesar 34,20°C dan 36,33°C. Tingginya suhu di kedua stasiun penelitian ini diduga disebabkan karena tingginya tingkat intensitas penyinaran matahari ke perairan sehingga suhu yang diperoleh juga tinggi serta lokasi penelitian yang terletak di muara sungai dan sungai. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Tarigan dan Edward *dalam* Patty (2013) bahwa sebaran suhu perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti radiasi sinar matahari, letak geografis perairan, sirkulasi arus, kedalaman, angin dan musim.

Kuadran IV dicirikan oleh stasiun penelitian 1 dengan parameter DO dan kecerahan yang mempengaruhi distribusi tembaga (Cu) dan seng (Zn) di perairan. Nilai DO dan kecerahan yang tinggi menyebabkan kelarutan logam berat di perairan juga tinggi, ini disebabkan karena aktivitas mikroorganisme

dalam penguraian logam berat di perairan rendah sehingga penggunaan oksigen terlarut dan zat padat tersuspensi juga semakin rendah (Rachmawatie, 2009 dalam Rachmaningrum, *et al.*, 2015 dan Darmono, 1995 dalam Musriadi, 2014). Pernyataan ini didukung dengan hasil pengukuran kecerahan dan DO yang tinggi di stasiun penelitian 1 berturut-turut sebesar 0,50 meter dan 8,90 mg/L serta konsentrasi tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang juga tinggi sebesar 0,05 mg/L dan 0,98 mg/L jika dibandingkan dengan stasiun penelitian lainnya. Selain itu, korelasi antara kecerahan dan seng (Zn) juga mendukung pernyataan ini, dimana terdapat korelasi signifikan sangat kuat dengan nilai korelasi sebesar 0,972 (Lampiran 3 Matriks Korelasi).

Penelitian dengan menggunakan analisis PCA ini telah dilakukan oleh Riena *et al.* (2012) mengenai analisis kualitas perairan muara sungai Way Belau Bandar Lampung pada bulan Juni – Agustus 2010. Parameter yang digunakan adalah suhu, kedalaman, kecerahan, pH, TSS (*Total Suspended Solid*), DO, fosfat, nitrat, kadmium (Cd), timbal (Pb) dan kromium (Cr). Berdasarkan hasil analisis PCA yang digunakan, diperoleh hasil bahwa nilai kecerahan, TSS (*Total Suspended Solid*) dan pH berkorelasi dengan logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr), DO berkorelasi dengan nitrat dan fosfat, suhu berkorelasi dengan timbal (Pb), sedangkan parameter kedalaman tidak terdapat variabel yang berkorelasi.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

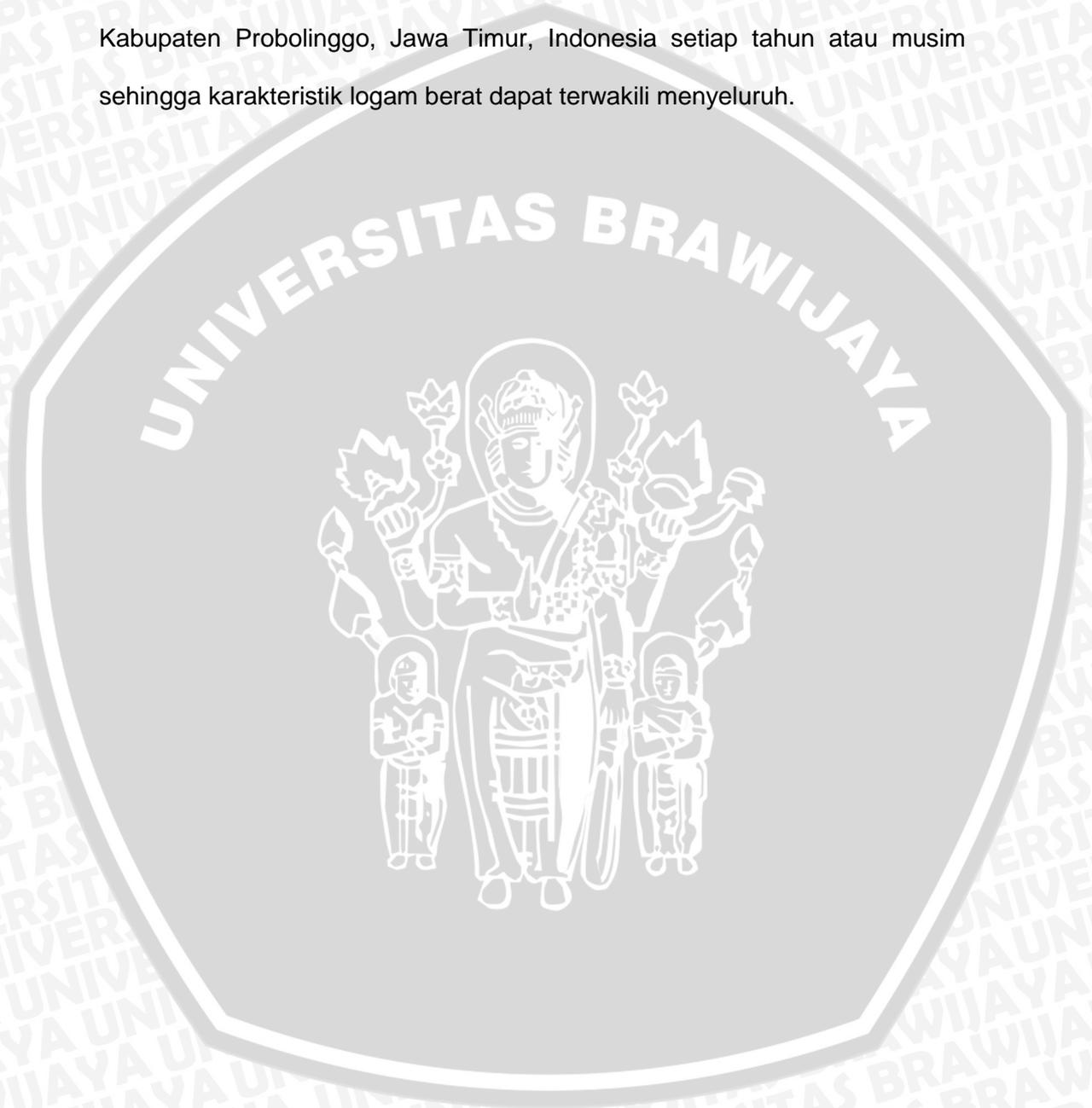
Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian mengenai pengaruh lingkungan terhadap distribusi spasial logam berat di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Penentuan status mutu air dengan menggunakan indeks pencemaran di 5 stasiun penelitian pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia menunjukkan perairan tergolong dalam kondisi Tercemar Sedang dengan rentang indeks pencemaran 6,2551 – 7,5495 bagi peruntukkan wisata bahari dan biota laut.
2. Sebaran spasial status mutu air berdasarkan indeks pencemaran menunjukkan nilai indeks pencemaran tertinggi berada di stasiun penelitian 3 (muara sungai) yang dicirikan dengan tingginya konsentrasi kadmium (Cd) sebesar 0,07 mg/L, pH sebesar 7,33 dan suhu sebesar 35,66°C serta adanya pengaruh dari area pertambakan, mangrove, non vegetasi mangrove dan luasnya pemukiman pada daerah sungainya.
3. Salinitas mempengaruhi distribusi kadmium (Cd) dan timbal (Pb) di stasiun penelitian 5. DO dan kecerahan mempengaruhi distribusi tembaga (Cu) dan seng (Zn) di stasiun penelitian 1. Stasiun penelitian 3 dipengaruhi oleh pH dan stasiun penelitian 2 serta stasiun penelitian 4 dipengaruhi oleh suhu.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan pelaksanaan dan hasil penelitian yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai sebaran spasial logam berat dengan menambahkan parameter yang mendukung lainnya seperti arus, kelimpahan plankton dan TSS.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai monitoring kualitas air di pesisir Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia setiap tahun atau musim sehingga karakteristik logam berat dapat terwakili menyeluruh.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. 2011. Dampak Pencemaran Lingkungan Kota Praya Terhadap Kualitas Air Waduk Batujai. Buletin *Geologi Tata Lingkungan*. **21** (2): 69 – 82.
- Agustina, Y., B. Amin, Thamrin. 2012. Analisis Beban dan Indeks Pencemar di Tinjau Dari Parameter Logam Berat di Sungai Siak Kota Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. ISSN 1978-5283. 162 – 172.
- Agustiningsih, D., S. B. Sasongko, dan Sudarno. 2012. Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Penggunaan Lahan di Sungai Blukar Kabupaten Kendal. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan di Semarang tanggal 11 September 2012. Universitas Diponegoro. Semarang: hlm. 30 – 37.
- Amien, M. 2007. *Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Air, Sedimen, dan Makrozoobentos di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat*. Skripsi. Bogor: IPB.
- Andarani, P. dan D. Roosmini. 2009. *Profil Pencemaran Logam Berat (Cu, Cr, dan Zn) Pada Air Permukaan dan Sedimen di Sekitar Industri Tekstil PT X (Sungai Cikijing)*. Bandung: ITB.
- Ariansyah, A. K., Yuliati, K., R. J. Hanggita, S. 2012. Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Hg, Cu dan As) Pada Kerupuk Kemplang di Desa Tebing Geinting Utara, Kecamatan Indralaya Selatan, Kabupaten Ogan Ilir. *Fishtech*. **1** (01): 69 – 77.
- Arief, D. 1984. Pengukuran Salinitas Air Laut dan Peranannya dalam Ilmu Kelautan. *Oseana*. **IX** (1): 3 – 10.
- Arifin, Z. 2007. Pentingnya Mineral Tembaga (Cu) Dalam Tubuh Hewan Dalam Hubungannya Dengan Penyakit. *Wartazoa*. **17** (2) : 93 – 99.
- Arkwright, D. 2013. *Batasan Ekologis Dalam Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu (Integrated Coastal Zone Governance) dengan Pendekatan Negosiasi*. Tobelo: Universitas Halmahera.
- Armita, D. 2011. *Analisis Perbandingan Kualitas Air di Daerah Budidaya Rumput Laut, di Dusun Malelaya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Probolinggo. 2012. *Tata Guna Lahan*. <http://bappeda.probolinggokab.go.id/> Diakses pada tanggal 30 Juni 2016.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo. 2015. *Kabupaten Probolinggo Dalam Angka 2015*. https://probolinggokab.bps.go.id/website/pdf_publicasi/Kabupaten-Probolinggo-Dalam-Angka-Tahun-2015.pdf/ Diakses pada 26 Juni 2016

- Bappeda Propinsi Jawa Timur. 2013. Kabupaten Probolinggo. <http://bappeda.probolinggo.kab.go.id/upload>. Diakses pada tanggal 1 Maret 2016.
- Bengen, D. G. 2002. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Lautan*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB. Bogor
- BMKG. 2016. Daftar Istilah Klimatologi. <http://www.balai3.denpasar.bmkg.go.id/daftar-istilah-musim/> Diakses pada tanggal 29 Juni 2016.
- BMKG Stasiun Klimatologi Kelas II Karangploso Malang. 2015. karangploso.jatim.bmkg.go.id/ Diakses pada tanggal 26 Juni 2016
- Bugis, H. 2012. *Studi Kandungan Logam Berat Kromium VI (Cr VI) Pada Air dan Sedimen di Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Cordova, M., R. 2008. *Kajian Air Limbah Domestik di Perumnas Bantar Kemang, Kota Bogor dan Pengaruhnya Pada Sungai Ciliwung*. Skripsi. Bogor: IPB.
- Damaianto, B. dan A. Masduqi. 2014. Indeks Pencemaran Air Laut Pantai Utara Kabupaten Tuban Dengan Parameter Logam. *Jurnal Teknik Pomits*. **3** (1): 1 – 4.
- Darmokoesoemo, H., H. Setyawati, dan A. Faisal. 2014. Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Logam Kadmium Oleh Asam Humat. *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. **17** (1): 24 – 28.
- Dani, I. C. 2012. *Studi Pelepasan Kadmium (Cd) dan Nikel (Ni) Pada Sedimen Secara Metode Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) dan Uji Sifat Bioakumulasinya Melalui Simulasi Pada Cyprinus carpio*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Daud, A., D. Sartika dan S. Manyullei. 2013. *Studi Kadar Tembaga (Cu) Pada Air dan Ikan Gabus di Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Daulat, A., M. A. Kusumaningtyas, R. A. Adi, W. S. Pronowo. 2014. Sebaran Kandungan CO₂ Terlarut di Perairan Pesisir Selatan Kepulauan Natuna. *Depik*. **3** (2) : 166 – 177.
- Departemen Kehutanan. 2013. *Profil Kehutanan Provinsi Jawa Timur*. Jawa Timur. 19 hlm.
- Dinas Koperasi Usaha Kecil dan Menengah Kabupaten Probolinggo. 2016. *Tata Guna Lahan*. <http://www.dinkop.com/index.php/administratif/114-tataguna-lahan/> Diakses pada tanggal 29 Juni 2016.
- Dozier, M. C. 2005. *What is Water Pollution?*. Texas Cooperative Extension. The Texas A&M University System. Page 1 – 12.
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). 2015. <http://www.ecmwf.int/> Diakses pada tanggal 26 Juni 2016

- Erlangga. 2012. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus nemurus)*. Tesis. Bogor: IPB.
- Fajriani, R., T. S. Raza'i, A. Zulfikar. 2014. *Indeks Kualitas Perairan Pesisir Kecamatan Bintan Utara Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau*. Artikel. Tanjung Pinang: UMRH.
- Fitriyah, K. R. 2007. *Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) Pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Bulu (Anadara antiquata) di Perairan Pantai Lekok Pasuruan*. Skripsi. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Fitriyah, A. W., Y. Utomo dan I. K. Kusumaningrum. 2013. *Analisis Kandungan Tembaga (Cu) Dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya*. Artikel. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Hadikusumah. 2008. Variabilitas Suhu dan Salinitas di Perairan Cisadane. *Jurnal Makara, Sains*. **12** (2): 82 – 88.
- Handayani, D., Soelistijadi, R., Sunardi. 2005. Pemanfaatan Analisis Spasial untuk Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografi Studi Kasus: Kabupaten Pemalang. *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik*. **X** (2): 108 – 116.
- Hidayah, Z. dan A. D. Mahatmawati. 2010. Perbandingan Fluktuasi Muka Air Laut Rerata (MLR) di Perairan Pantai Utara Jawa Timur Dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur. *Jurnal Kelautan*. **3** (2): 159 – 167.
- Hutagalung, H. P., D. Setiapermana, S. H. Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota Buku 2*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. 182 hlm.
- Kacaribu, K. 2008. *Kandungan Kadar Seng (Zn) dan Besi (Fe) dalam Air Minum Dari Depot Air Minum Isi Ulang Air Pegunungan Sibolangit di Kota Medan*. Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Kamiswari, R., M. T. Hidayat, Y. S. Rahayu. 2013. Pengaruh Pemberian Deterjen terhadap Mortalitas Ikan *Platy sp.* *Lentera Bio*. **2** (1): 139 – 142.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Jakarta. 15 hlm.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air untuk Pelabuhan (Lampiran I), Wisata Bahari (Lampiran II) dan Biota (Lampiran III). Jakarta. 9 hlm.
- Lisnawati, L. A., B. Rochaddi, A. H. Isunarti. 2013. Studi Tipe Pasang Surut di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa Jepara, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*. **2** : 61- 67.
- Jewlaika, L., M., I. Nurrachmi. 2014. Studi Padatan Tersuspensi di Perairan Pulau Topang Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **19** (2): 53-66.

- Maharani, W. R., H. Setiyono, W. B. Setyawan. 2014. Studi Distribusi Suhu, Salinitas dan Densitas Secara Vertikal dan Horizontal di Perairan Pesisir, Probolinggo, Jawa Timur. *Jurnal Oseanografi*. **3** (2): 151 – 160,.
- Mahardy, A. I. 2014. *Analisis dan Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Kota Makassar Berbasis Spatial*. Tugas Akhir. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Martono. 2009. Karakteristik dan Variabilitas Bulanan Angin Permukaan di Perairan Saudera Hindia. *Jurnal Makara, Sains*. **13** (2): 157 – 162.
- Maslukah, L. 2006. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang*. Skripsi. Bogor: IPB.
- Maulana, D. J., Khomsin. 2013. Studi Analisa Pergerakan Arus Laut Permukaan Dengan Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-2 Periode 2009-2012 (Studi Kasus: Perairan Indonesia). *Jurnal Teknik POMITS*. **X** (10): 1 – 6.
- Misbakhun. 2014. *Probolinggo*. <http://www.misbakhun.com/dapil/probolinggo/> Diakses pada tanggal 1 Maret 2016.
- Musriadi. 2014. *Akumulasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Karang Acropora formosa dan Acropora hyacinthus di Pulau Samalona, Barranglombo dan Bonebatang, Kota Makassar*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Ningrum. 2006. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi branchia, hepar, dan mucus Ikan Belanak (Mugil cephalus) di Perairan Cilacap*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nisa, C., U. Irawati, dan Sunardi. 2013. Model Adsorpsi Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Dalam Sistem Air – Sedimen di Waduk Riam Kanan Kalimantan Selatan. *Konversi*. **2**(1): 7 – 13.
- Ocean Surface Current Analyses – Real Time (OSCAR). 2015. <http://www.oscar.noaa.gov/> Diakses pada tanggal 26 Juni 2016
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rieneka Cipta. Jakarta
- Panjaitan, G. Y. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon Avicennia marina di Hutan Mangrove*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Patty, S. I. 2013. Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. **I** (3): 148 – 157.
- _____. 2013. Kadar Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut di Perairan Pulau Talise, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. **I** (4): 167 – 176.
- Payung, F. L., Ruslan, B. A. Biantara. 2013. *Studi Kandungan dan Distribusi Spasial Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Kerang (Anadara*

sp.) di Wilayah Pesisir Kota Makassar. Makassar: Universitas Hasanuddin.

Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta. 30 hlm.

Pujiastuti, P., B. Ismail, dan Pranoto. 2013. Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Ekosains*. **V** (1): 59 – 75.

Puspita, F. 2012. *Evaluasi Kadar Cemaran Pb dan Cd dalam Air Pada Pantai dan Daerah Perikanan di Sekitar Kawasan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Makalah Publikasi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Putri, A. N. 2012. *Sebaran Spasial Logam Berat Pb di Perairan Teluk Banten*. Skripsi. Bogor: IPB.

Rachmaningrum, M., E. Wardhani, K. Pharmawati. 2015. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot – Nanjung. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. **3** (1): 1 – 11.

Riena, N. N., W. A. E. Putri, dan F. Agustriani. 2012. Analisis Kualitas Perairan Muara Sungai Way Belau Bandar Lampung. *Maspuri Journal*. **4** (1): 116 – 121.

Riyadi, A., L. Widodo, dan K. Wibowo. 2005. Kajian Kualitas Perairan Laut Kota Semarang dan Kelayakannya Untuk Budidaya Laut. *J. Tek. Ling.* **6** (3): 497 – 501.

Rochyatun, E., M. T. Kaisupy, dan A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisdane. *Jurnal Makara, Sains*. **10** (1): 35 – 40.

Rumahlatu, D. 2011. Konsentrasi Logam Berat Kadmium Pada Air, Sedimen dan Deadema setosum (Echinodermata, Echinoidea) di Perairan Pulau Ambon. *Jurnal Ilmu Kelautan*. **16** (2) : 78 – 85.

Saefudin, Trisna, dan Kusnadi. 2000. *Pengaruh pH dan Waktu Kontak Terhadap Biosorpsi Logam Zn Oleh Biomassa Aspergillus niger van Tieghem Pada Larutan Limbah Pertambangan Nikel*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

Sagala, S. L., R. Bramawanto, A. R. T. D. Kuswardani, dan W.S. Pranowo. 2014. Distribusi Logam Berat di Perairan Natuna. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. **6** (2): 297 – 310.

Sembel, L. 2011. Analisis Logam Berat Pb, Cd dan Cr Berdasarkan Tingkat Salinitas di Estuari Sungai Belau Teluk Lampung. Prosiding Seminar Nasional: Pengembangan Pulau-Pulau Kecil: hlm. 85 – 92.

Simanjuntak, M. 2007. Oksigen Terlarut dan *Apparent Oxygen Utilization* di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu Kelautan*. **12** (2): 59 – 66.

- _____. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton di Perairan Belitung, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan*. **XI** (1): 31 – 45.
- Sintya, I., M. Litaay, E. W. Ferial, Ambeng. 2015. Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Kerang Darah *Anadara granosa* L. Asal Pasar Kerang Tanjung di Makassar. *Jurnal Sainsmat*. hlm. 1 – 9.
- Sitorus, H. 2004. Analisis Beberapa Karakteristik Lingkungan Perairan yang Mempengaruhi Akumulasi Logam Berat Timbal dalam Tubuh Kerang Darah di Perairan Pesisir Timur Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu – Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. **11** (1): 53 – 60.
- Soesanto, O. 2012. *Principle Component Analysis Untuk Mereduksi Dimensi Input Jaringan Syaraf Radial Basis Probabilistik*. Kalimantan Selatan: Universitas Lambung Mangkurat.
- Sudadi, P. 2003. Penentuan Kualitas Air Tanah Melalui Analisis Unsur Kimia Terpilih. *Jurnal Buletin Geologi Tata Lingkungan*. **13** (2): 81 – 89.
- Sudarwin. 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sugianto, D. N.. dan ADS, A. 2007. Studi Pola Sirkulasi Arus Laut di Perairan Pantai Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Kelautan*. **12** (2): 79 – 92.
- Sunti, I., A. Daud, Manyullei, S. Manyullei. 2013. *Studi Kandungan Logam Berat Seng (Zn) Dalam Air Dan Kerang Baja-Baja (Anodonta woodiana) di Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Supriyanto, Samin, dan Z. Kamal. 2007. Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd Pada Ikan Air Tawar Dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir di Yogyakarta tanggal 21 – 22 November 2007. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN. Yogyakarta: hlm. 147 – 152.
- Suriah. 2009. *Studi Kadar Seng (Zn) dan Timbal (Pb) pada Lindi (Leachate) di Tempat Penampungan Akhir Tamangapa Antang Makassar Tahun 2009*. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Suryana, R. 2013. *Analisis Kualitas Air Sumur Dangkal di Kecamatan Biringkanayya Kota Makassar*. Tugas Akhir. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Sustainable Management for European Local Ports. 2010. *Pollution Part 1 of 2*. Page 1 – 87.
- Tarigan, Z., Edward, A. Rozak. 2003. Kandungan Logam Berat Cu, Cd, Pb, Zn dan Ni Dalam Air Laut dan Sedimen di Muara Sungai Membramo, Papua Dalam Kaitannya Dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. *Jurnal Makara, Sains*. **7** (3): 119 – 127.

Undang Undang Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Jakarta.

Wahyuni, H., S. B. Sasongko, D. P. Sasongko. 2013. Kandungan Logam Berat Pada Air, Sedimen dan Plankton di Daerah Penambangan Masyarakat Desa Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan: hlm. 489 – 494.

Widayanti, R. 2014. Formulasi Model Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Angkutan Kota di Kota Depok. *Jurnal Tata Guna Lahan*. 1-10.

Widyastuti, R., Handoko, E. Y. dan Suntoyo. 2010. *Pemodelan Pola Arus Laut Permukaan Indonesia Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-1*. Surabaya: ITS.

Yudiati, E., S. Sedjati, I. Enggar, I. Hasibuan. 2009. Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium pada Salinitas yang Berbeda terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang *Juvenile* Udang Vaname (*Litopeneus vannamei*). *Jurnal Ilmu Kelautan*. 14 (4): 29 – 35.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan



Bahan pengambilan sampel air



Botol polietilen



Pengukuran salinitas perairan



Pengambilan sampel hari pertama



Pengambilan sampel air hari kedua



Penyimpanan sampel air

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Parameter Logam Berat



 Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia, Telp : 02-341-575636, fax : 02-341-534400

<http://kimia.ub.ac.id>, e-mail:kimia_UB@ub.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.05/RT.5/T.1/R.0/TT. 150803/2015

1. Data konsumen :

Nama konsumen : Dhea Ayu
 Instansi : Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya
 Alamat : Jl. Veteran Malang
 Telepon : 081276354041
 Status : Mahasiswa
 Keperluan analisis : Uji Kualitas

2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen

3. Identifikasi sampel
 Nama sampel : *Air Laut*
 Wujud : Cair
 Warna : Keruh
 Bau : Tidak Berbau

4. Prosedur analisa : Dari UPT. Layanan Analisa & Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.

5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil langsung

6. Tanggal terima sampel : 19 November 2015

7. Data hasil analisa :

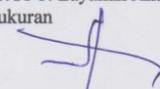
No	Kode	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	1 A	Cu	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
2	2 A	Cu	0,05 ± 0,01	mg/L	HNO ₃	AAS
3	3 A	Cu	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
4	4 A	Cu	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
5	5 A	Cu	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
6	6 A	Cu	0,03 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
7	7 A	Cu	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
8	8 A	Cu	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
9	9 A	Cu	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
10	10 A	Cu	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
11	11 A	Cu	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
12	12 A	Cu	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
13	13 A	Cu	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
14	14 A	Cu	0,05 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
15	15 A	Cu	0,14 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS

Catatan :

- Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Mengetahui :
 Ketua,

 Dr. Edi Priyo Utomo, MS.
 NIP. 19571227 198603 1 003

Malang, 15 Desember 2015
 Kalab.UPT. Layanan Analisa & Pengukuran

 Dra. Sri Wardhani, MSi
 NIP. 19680226 1992032 001

Hasil pengukuran logam berat tembaga (Cu)



LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.06/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2015

1. Data konsumen :
 - Nama konsumen : Dhea Ayu
 - Instansi : Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya
 - Alamat : Jl. Veteran Malang
 - Telepon : 081276354041
 - Status : Mahasiswa
 - Keperluan analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi sampel
 - Nama sampel : **Air Laut**
 - Wujud : Cair
 - Warna : Keruh
 - Bau : Tidak Berbau
4. Prosedur analisa : Dari UPT. Layanan Analisa & Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil langsung
6. Tanggal terima sampel : 19 November 2015
7. Data hasil analisa :

No	Kode	Parameter	Metode Analisis			
			Hasil Analisa	Satuan	Pereaksi	Metode
			Kadar			
1	1 A	Cd	0,05 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
2	2 A	Cd	0,06 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
3	3 A	Cd	0,02 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
4	4 A	Cd	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
5	5 A	Cd	0,07 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
6	6 A	Cd	0,07 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
7	7 A	Cd	0,05 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
8	8 A	Cd	0,06 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
9	9 A	Cd	0,07 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
10	10 A	Cd	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
11	11 A	Cd	0,02 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
12	12 A	Cd	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
13	13 A	Cd	0,08 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
14	14 A	Cd	0,06 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
15	15 A	Cd	0,06 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS

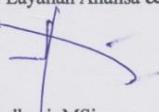
Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Mengetahui :
 Ketua


Dr. Edi Priyo Utomo, MS.
 NIP. 19571227 198603 1 003

Malang, 15 Desember 2015
 Kalab.UPT. Layanan Analisa &
 Pengukuran


 Dra. Sri Wardhani, MSi
 NIP. 19680226 1992032 001

Hasil pengukuran logam berat kadmium (Cd)





LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.03/RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2015

1. Data konsumen :
 - Nama konsumen : Dhea Ayu
 - Instansi : Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya
 - Alamat : Jl. Veteran Malang
 - Telepon : 081276354041
 - Status : Mahasiswa
 - Keperluan analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi sampel
 - Nama sampel : *Air Laut*
 - Wujud : Cair
 - Warna : Keruh
 - Bau : Tidak Berbau
4. Prosedur analisa : Dari UPT. Layanan Analisa & Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil langsung
6. Tanggal terima sampel : 19 November 2015
7. Data hasil analisa :

No	Kode	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	1 A	Pb	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
2	2 A	Pb	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
3	3 A	Pb	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
4	4 A	Pb	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
5	5 A	Pb	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
6	6 A	Pb	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
7	7 A	Pb	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
8	8 A	Pb	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
9	9 A	Pb	0,07 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
10	10 A	Pb	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
11	11 A	Pb	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
12	12 A	Pb	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
13	13 A	Pb	0,08 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
14	14 A	Pb	0,06 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
15	15 A	Pb	0,06 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata - rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Dr. Edi Priyo Utomo, MS.
 NIP. 19571227 198603 1 003

Malang, 15 Desember 2015
 Kalab.UPT. Layanan Analisa & Pengukuran

Dra. Sri Wardhani, MSi
 NIP. 19680226 1992032 001

Hasil pengukuran logam berat timbal (Pb)





LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.04/RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2015

1. Data konsumen :
 - Nama konsumen : Dhea Ayu
 - Instansi : Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya
 - Alamat : Jl. Veteran Malang
 - Telepon : 081276354041
 - Status : Mahasiswa
 - Keperluan analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi sampel :
 - Nama sampel : *Air Laut*
 - Wujud : Cair
 - Warna : Keruh
 - Bau : Tidak Berbau
4. Prosedur analisa : Dari UPT. Layanan Analisa & Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil langsung
6. Tanggal terima sampel : 19 November 2015
7. Data hasil analisa :

No	Kode	Parameter	Metode Analisis			
			Hasil Analisa	Satuan	Pereaksi	Metode
			Kadar			
1	1 A	Zn	0,02 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
2	2 A	Zn	0,98 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
3	3 A	Zn	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
4	4 A	Zn	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
5	5 A	Zn	0,02 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
6	6 A	Zn	0,02 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
7	7 A	Zn	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
8	8 A	Zn	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
9	9 A	Zn	0,12 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
10	10 A	Zn	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
11	11 A	Zn	Tidak Terdeteksi	mg/L	HNO ₃	AAS
12	12 A	Zn	0,01 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
13	13 A	Zn	0,19 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
14	14 A	Zn	0,15 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS
15	15 A	Zn	0,20 ± 0,00	mg/L	HNO ₃	AAS

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Dr. Edi Priyo Utomo, MS.
 NIP. 19571227 198603 1 003

Malang, 15 Desember 2015
 Kalab.UPT. Layanan Analisa & Pengukuran

Dra. Sri Wardhani, MSi
 NIP. 19680226 1992032 001

Hasil pengukuran logam berat seng (Zn)



Lampiran 3. Hasil *Principal Component Analysis* (PCA)

Matriks Korelasi

Variabel	Suhu	Kecerahan	Salinitas	pH	DO	Cu	Cd	Pb	Zn
Suhu	1	-0,237	-0,417	0,565	-0,046	-0,129	-0,326	-0,747	-0,295
Kecerahan	-0,237	1	0,499	0,075	0,706	0,687	-0,015	0,092	0,972
Salinitas	-0,417	0,499	1	-0,174	0,423	0,913	0,446	0,493	0,687
pH	0,565	0,075	-0,174	1	-0,421	0,140	0,446	0,029	0,050
DO	-0,046	0,706	0,423	-0,421	1	0,506	-0,567	-0,404	0,687
Tembaga	-0,129	0,687	0,913	0,140	0,506	1	0,383	0,299	0,829
Kadmium	-0,326	-0,015	0,446	0,446	-0,567	0,383	1	0,871	0,130
Timbal	-0,747	0,092	0,493	0,029	-0,404	0,299	0,871	1	0,217
Seng	-0,295	0,972	0,687	0,050	0,687	0,829	0,130	0,217	1

Eigenvalues

	F1	F2	F3	F4
Eigenvalue	4,052	2,637	1,693	0,618
Variability (%)	45,021	29,305	18,807	6,868
Cumulative %	45,021	74,325	93,132	100,000

Factor Loading

	F1	F2	F3
Suhu	-0,489	-0,380	0,740
Kecerahan	0,824	-0,351	0,187
Salinitas	0,890	0,138	-0,058
pH	-0,087	0,300	0,930
DO	0,566	-0,813	-0,126
Tembaga	0,903	-0,020	0,306
Kadmium	0,346	0,907	0,233
Timbal	0,465	0,848	-0,224
Seng	0,929	-0,240	0,172

Lampiran 4. Hasil Perhitungan Indeks Pencemaran di Pesisir Kabupaten Probolinggo

Stasiun 1

Variabel	Wisata Bahari			
	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
Tembaga (Cu)	0,05	0,05	1	1
Kadmium (Cd)	0,06	0,002	30	8,3856
Timbal (Pb)	0,04	0,005	8	5,5154
Seng (Zn)	0,98	0,095	10,32	6,0675
Suhu	33,66	28-32	1,83	2,3123
Kecerahan	0,5	7	0,071	0,0714
Salinitas	33	33-34	1	1
pH	7	7-8,5	1	1
DO	8,9	6	0	0
(Ci/Lij) ² R			0	7,9350
(Ci/Lij) ² M			0	70,3180
Pij				6,2551
Status	Tercemar Sedang			

Stasiun 2

Variabel	Biota Laut			
	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
Tembaga (Cu)	0,01	0,008	1,25	1,4846
Kadmium (Cd)	0,04	0,001	40	9,0103
Timbal (Pb)	0,01	0,008	1,25	1,4846
Seng (Zn)	0,04	0,05	0,8	0,8
Suhu	34,2	28-32	2,1	2,6111
Kecerahan	0,16	6	0,0267	0,0267
Salinitas	32	33-34	3	3,3856
Ph	6	7-8,5	2,3333	2,8399
DO	7,8	6	0,3793	0,3793
(Ci/Lij) ² R				5,9872
(Ci/Lij) ² M				81,1860
Pij				6,6019
Status	Tercemar Sedang			

Stasiun 3

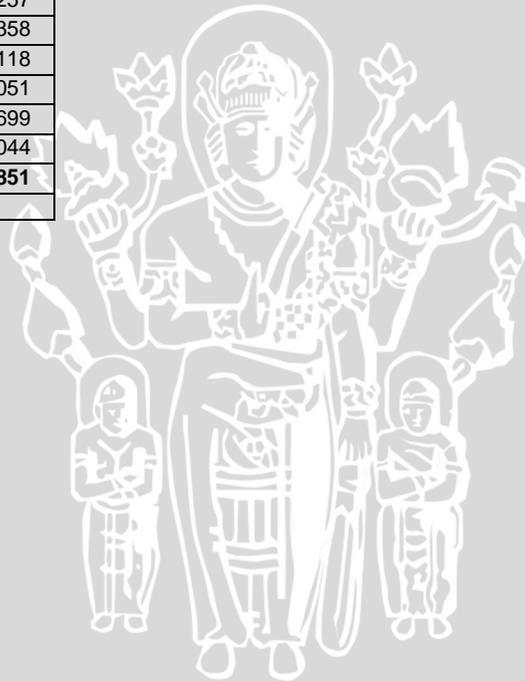
Variabel	Biota Laut			
	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
Tembaga (Cu)	0,03	0,008	3,75	3,8702
Kadmium (Cd)	0,07	0,001	70	10,225
Timbal (Pb)	0,04	0,008	5	4,4949
Seng (Zn)	0,02	0,05	0,4	0,4
Suhu	35,66	28-32	2,83	3,2589
Kecerahan	0,1	6	0,0167	0,0167
Salinitas	32,5	33-34	2	2,5051
pH	7,33	7-8,5	0,56	0,56
DO	3,6	6	1,8276	2,3094
(Ci/Lij) ² R				9,4322
(Ci/Lij) ² M				104,56
Pij				7,5495
Status	Tercemar Sedang			

Stasiun 4

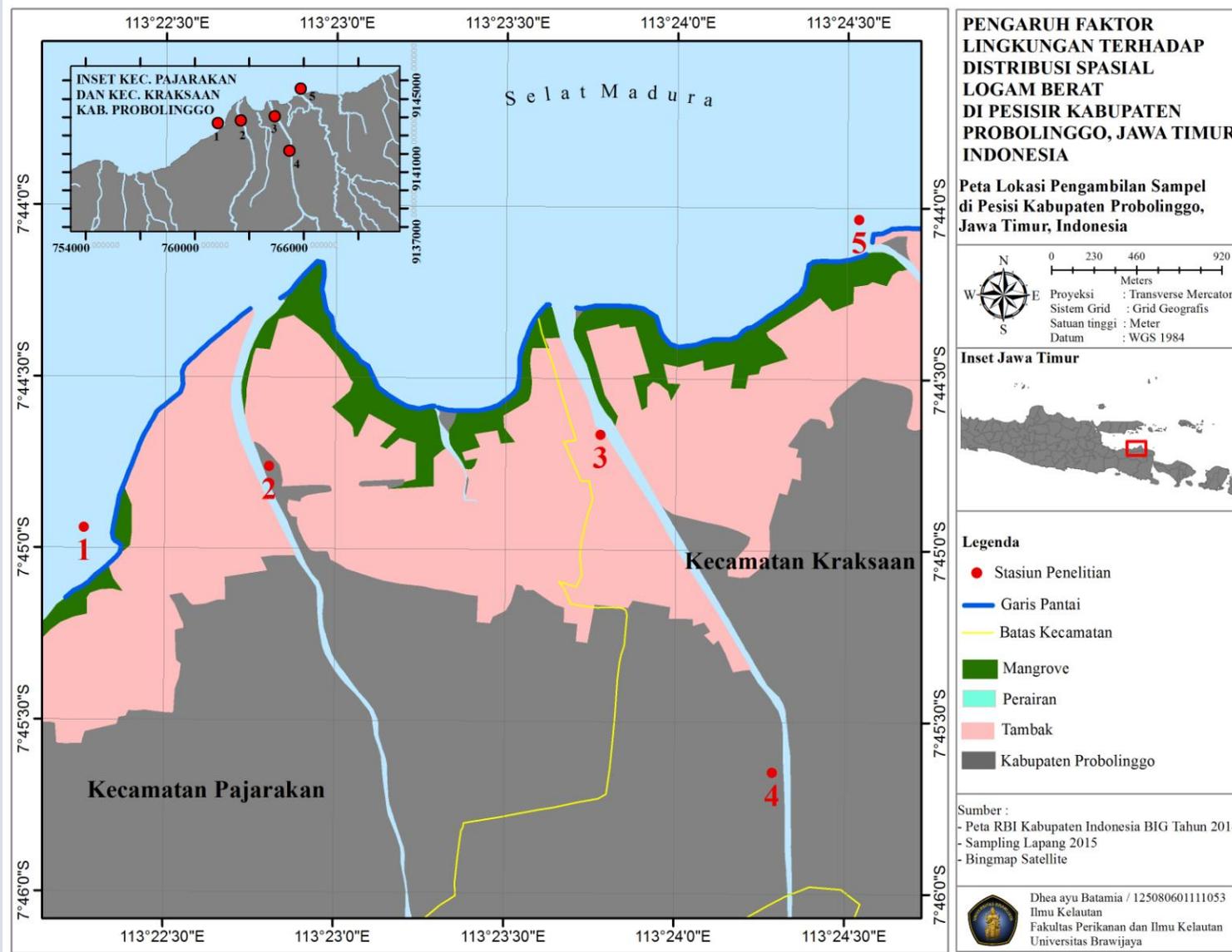
Variabel	Biota Laut			
	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
Tembaga (Cu)	0	0,008	0	0
Kadmium (Cd)	0,05	0,001	50	9,4949
Timbal (Pb)	0,01	0,008	1,25	1,4846
Seng (Zn)	0,01	0,05	0,2	0,2
Suhu	36,33	28-32	3,165	3,5019
Kecerahan	0,2	6	0,0333	0,0333
Salinitas	31	33-34	5	4,4949
pH	7,5	7-8,5	0,3333	0,3333
DO	4,4	6	1,5517	1,9541
(Ci/Lij) ² R				5,7051
(Ci/Lij) ² M				90,152
Pij				6,9230
Status	Tercemar Sedang			

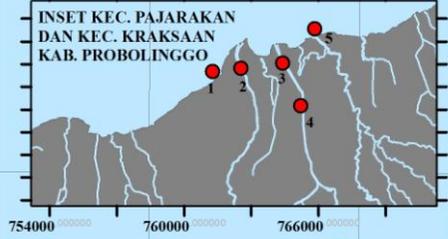
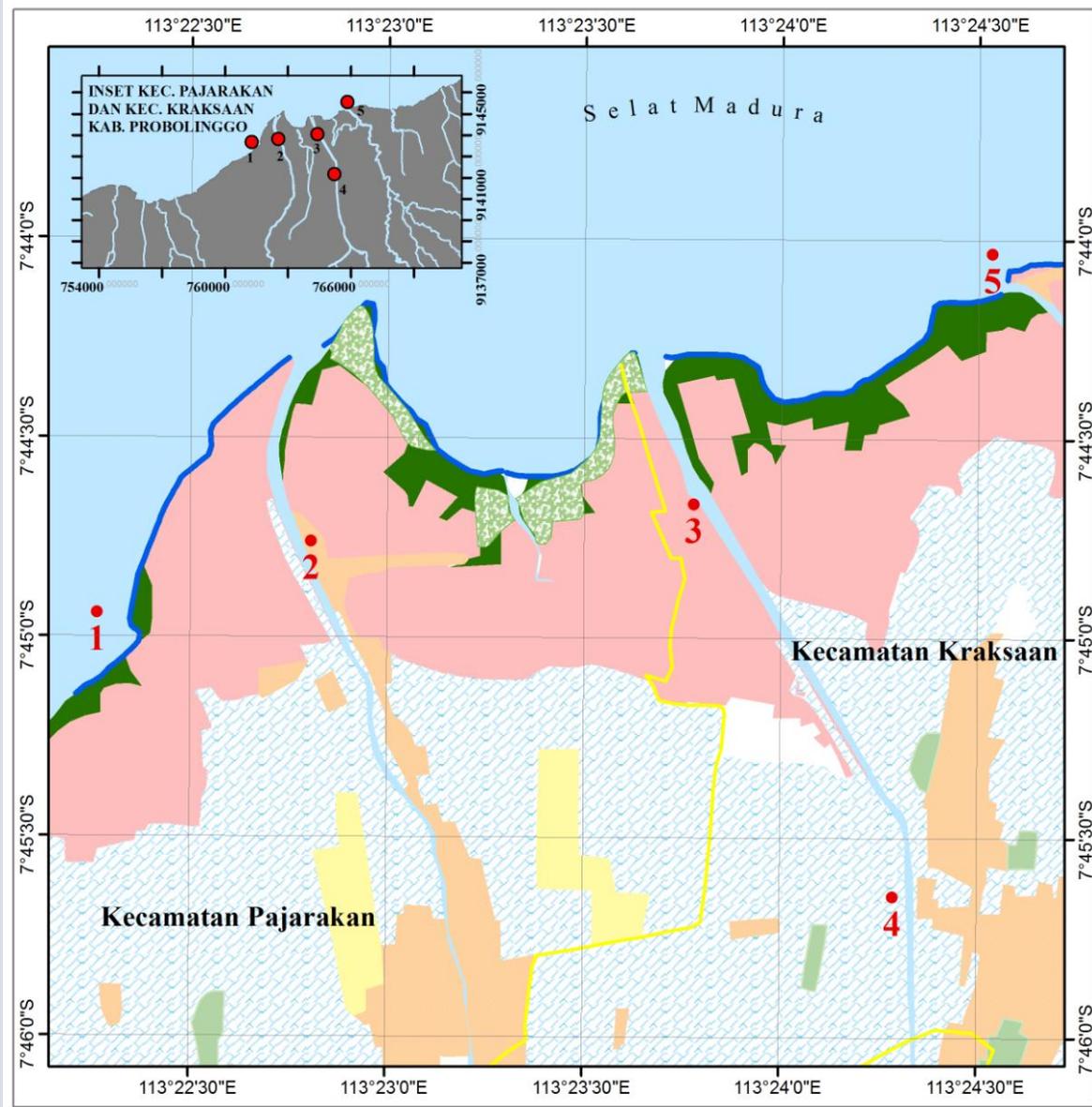
Stasiun 5

Variabel	Wisata Bahari			
	Ci	Lij	Ci/Lij	Ci/Lij baru
Tembaga (Cu)	0,01	0,05	0,2	0,2
Kadmium (Cd)	0,07	0,002	35	8,7203
Timbal (Pb)	0,07	0,005	14	6,7306
Seng (Zn)	0,12	0,095	1,263	1,5073
Suhu	31,66	28-32	0,83	0,83
Kecerahan	0,18	7	0,026	0,0257
Salinitas	32,1	33-34	2,8	3,2358
pH	6,66	7-8.5	1,453	1,8118
DO	3,1	6	2	2,5051
$(Ci/Lij)^2R$				8,0699
$(Ci/Lij)^2M$				76,044
Pij				6,4851
Status	Tercemar Sedang			



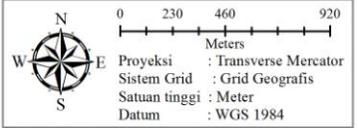
Lampiran 5. Peta Lokasi, *Land Use* dan Distribusi Spasial Parameter Lingkungan dan Logam Berat di Pesisir Kabupaten Probolinggo





PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR, INDONESIA

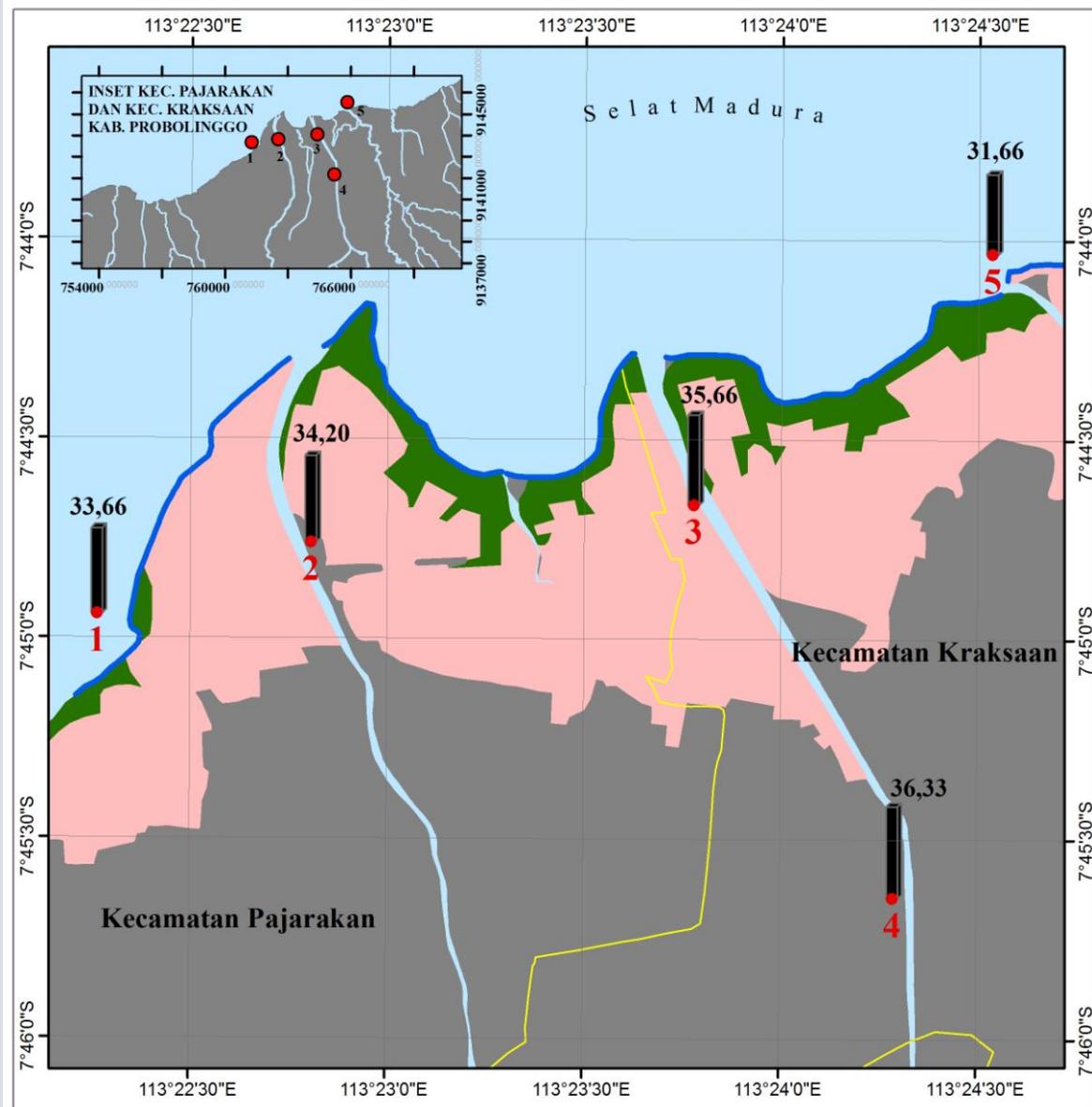
Peta Penggunaan Lahan Kab. Probolinggo



- Legenda**
- Stasiun Penelitian
 - Batas Kecamatan
 - Mangrove
 - Perairan
 - Perkebunan
 - Pemukiman
 - Lahan Kosong
 - Garis Pantai
 - Vegetasi Non-Mangrove
 - Sawah
 - Tambak
 - Ladang

Sumber :
 - Peta RBI Kabupaten Indonesia BIG Tahun 2014
 - Sampling Lapangan 2015
 - Bingmap Satellite

Dhea ayu Batamia / 125080601111053
 Ilmu Kelautan
 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
 Universitas Brawijaya



PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR, INDONESIA

Peta Sebaran Suhu (C) di 5 Stasiun Penelitian Pesisir Kab. Probolinggo

0 230 460 920
Meters

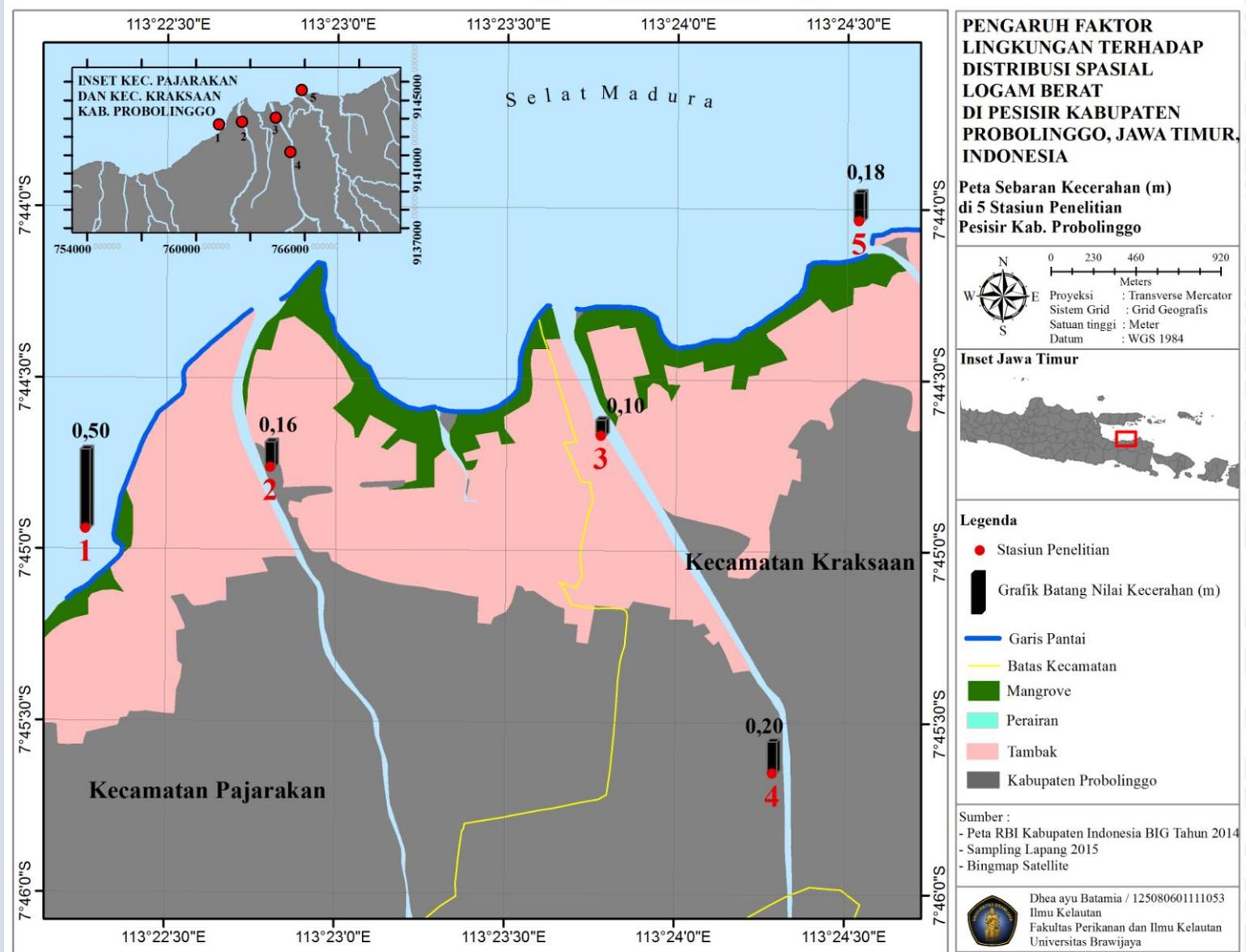
Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Geografis
Satuan tinggi : Meter
Datum : WGS 1984

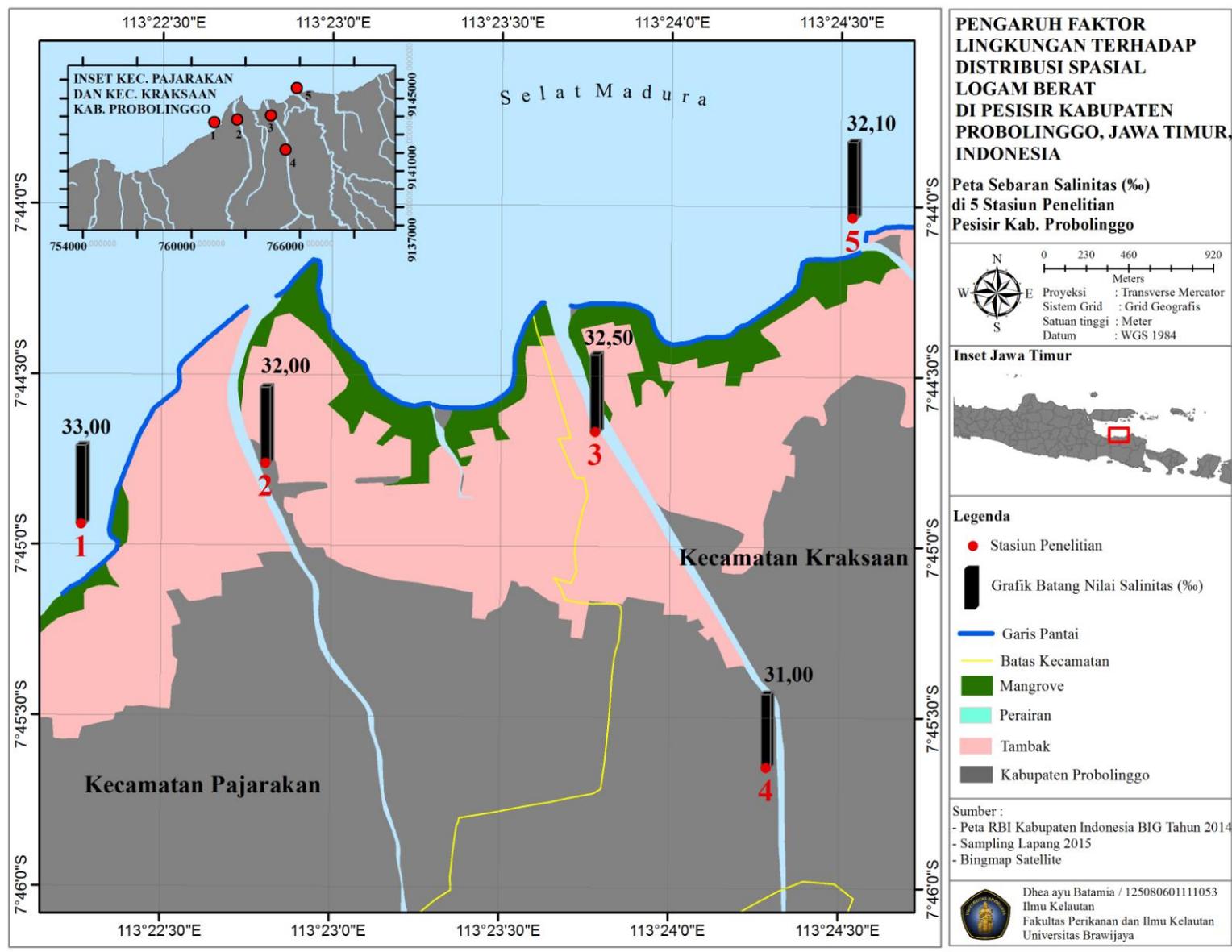


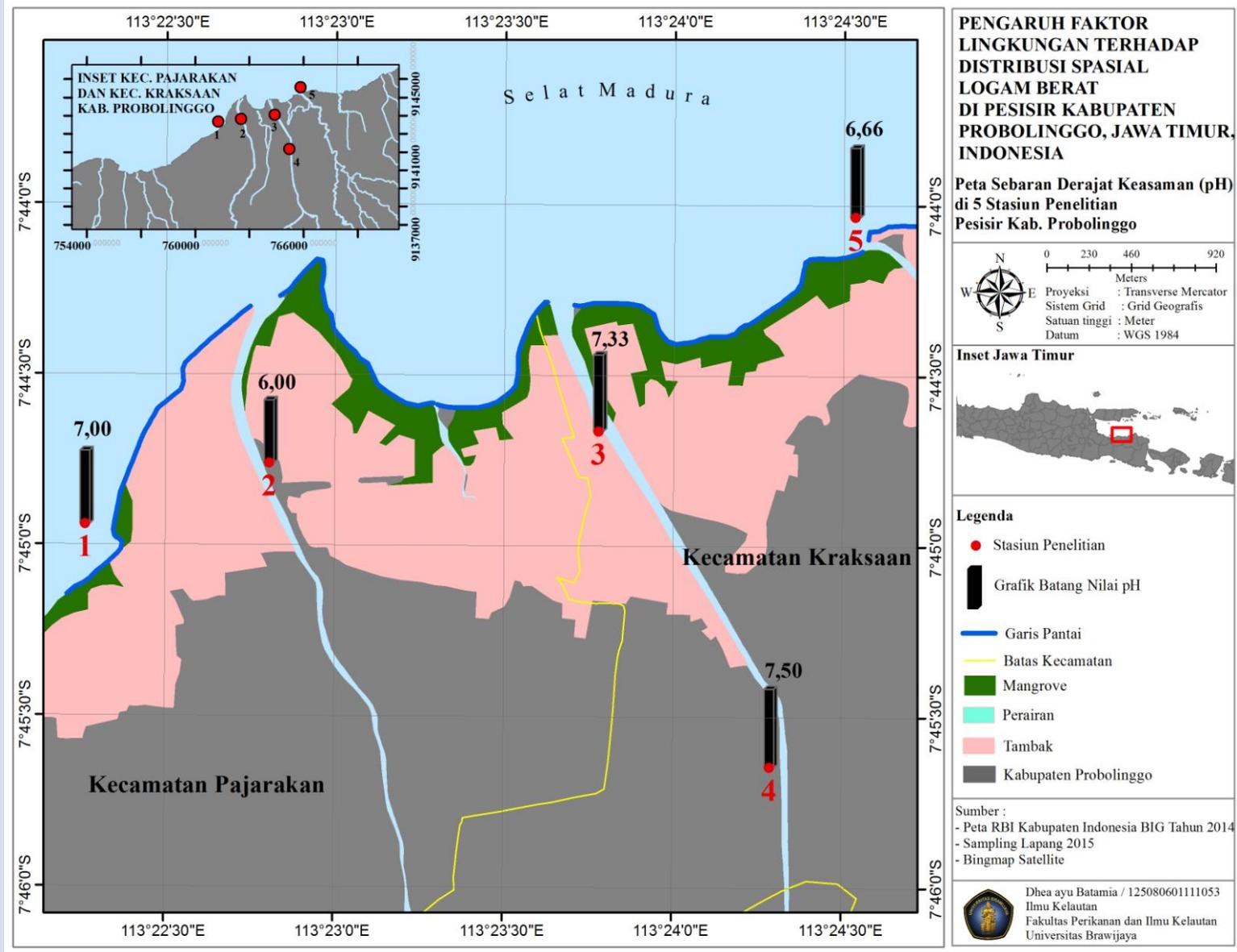
- Legenda**
- Stasiun Penelitian
 - ▬ Grafik Batang Nilai Suhu (C)
 - Garis Pantai
 - Batas Kecamatan
 - Mangrove
 - Perairan
 - Tambak
 - Kabupaten Probolinggo

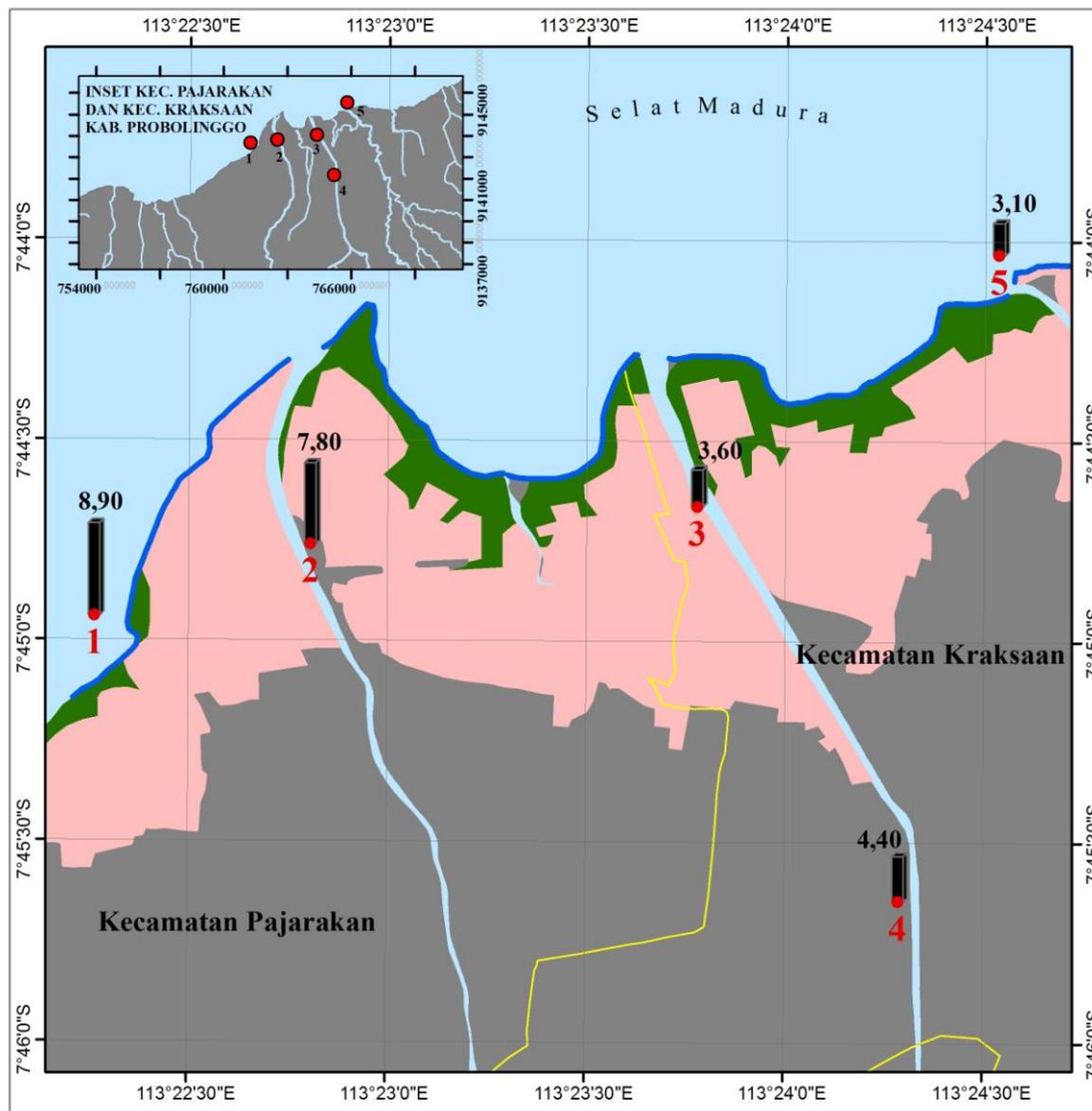
Sumber :
 - Peta RBI Kabupaten Indonesia BIG Tahun 2014
 - Sampling Lapangan 2015
 - Bingmap Satellite

Dhea ayu Batamia / 125080601111053
 Ilmu Kelautan
 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
 Universitas Brawijaya









PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR, INDONESIA

Peta Sebaran Oksigen Terlarut (mg/L) di 5 Stasiun Penelitian Pesisir Kab. Probolinggo

0 230 460 920
Meters

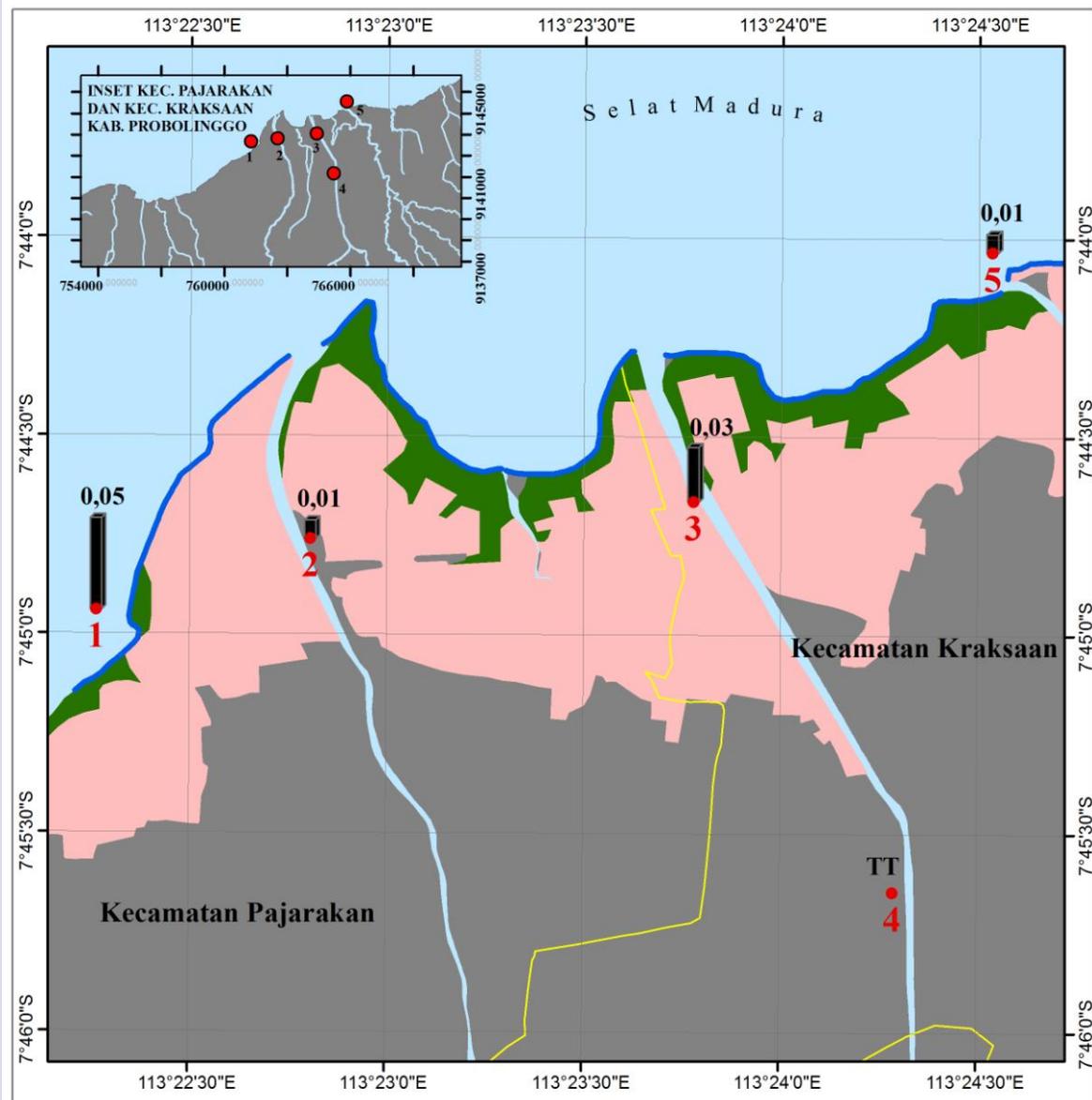
Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Geografis
Satuan tinggi : Meter
Datum : WGS 1984



- Legenda**
- Stasiun Penelitian
 - ▬ Grafik Batang Nilai DO (mg/L)
 - Garis Pantai
 - Batas Kecamatan
 - Mangrove
 - Perairan
 - Tambak
 - Kabupaten Probolinggo

Sumber :
- Peta RBI Kabupaten Indonesia BIG Tahun 2014
- Sampling Lapang 2015
- Bingmap Satellite

Dhea ayu Batamia / 125080601111053
Ilmu Kelautan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya



PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR, INDONESIA

Peta Sebaran Tembaga (mg/L) di 5 Stasiun Penelitian Pesisir Kab. Probolinggo

0 230 460 920
Meters

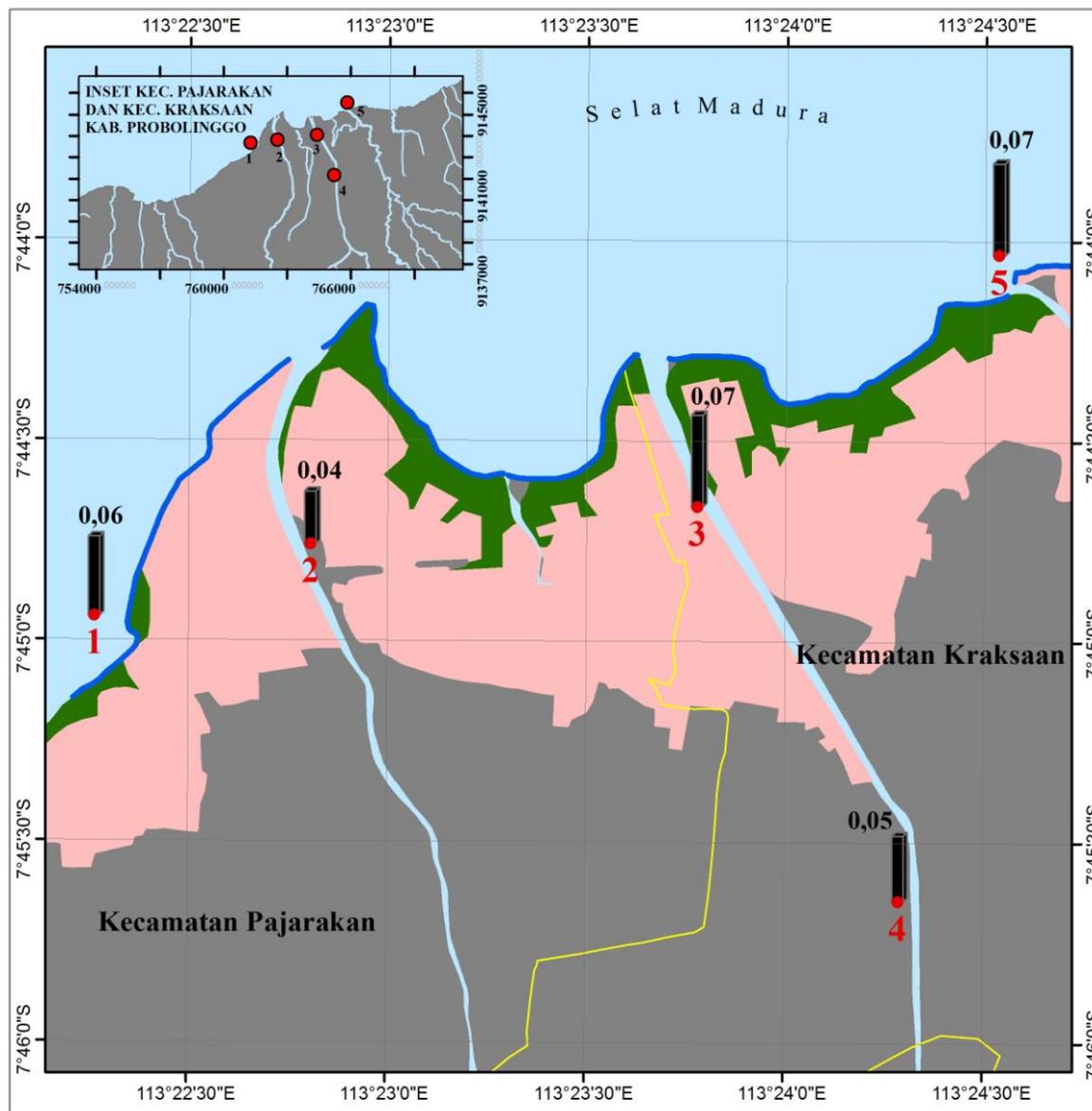
Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Geografis
Satuan tinggi : Meter
Datum : WGS 1984



- Legenda**
- Stasiun Penelitian
 - ▬ Grafik Batang Nilai Tembaga (mg/L)
 - Garis Pantai
 - Batas Kecamatan
 - Mangrove
 - Perairan
 - Tambak
 - Kabupaten Probolinggo

Sumber :
- Peta RBI Kabupaten Indonesia BIG Tahun 2014
- Sampling Lapang 2015
- Bingmap Satellite

Dhea ayu Batamia / 125080601111053
Ilmu Kelautan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya



PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR, INDONESIA

Peta Sebaran Kadmium (mg/L) di 5 Stasiun Penelitian Pesisir Kab. Probolinggo

0 230 460 920
Meters

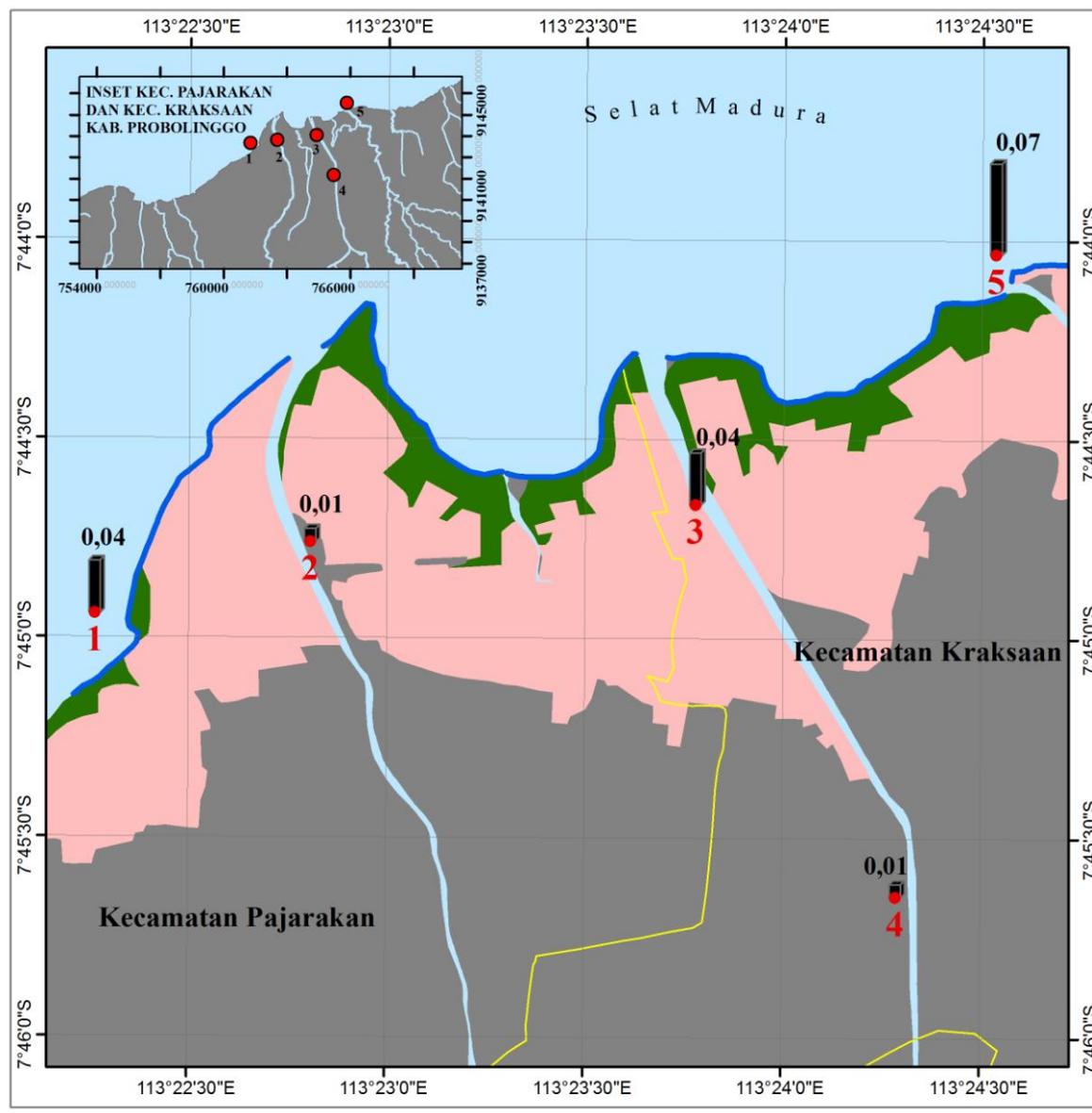
Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Geografis
Satuan tinggi : Meter
Datum : WGS 1984



- Legenda**
- Stasiun Penelitian
 - ▬ Grafik Batang Nilai Kadmium (mg/L)
 - Garis Pantai
 - Batas Kecamatan
 - Mangrove
 - Perairan
 - Tambak
 - Kabupaten Probolinggo

Sumber :
- Peta RBI Kabupaten Indonesia BIG Tahun 2014
- Sampling Lapang 2015
- Bingmap Satellite

Dhea ayu Batamia / 125080601111053
Ilmu Kelautan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya



PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DISTRIBUSI SPASIAL LOGAM BERAT DI PESISIR KABUPATEN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR, INDONESIA

Peta Sebaran Timbal (mg/L) di 5 Stasiun Penelitian Pesisir Kab. Probolinggo

0 230 460 920
Meters

Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Geografis
Satuan tinggi : Meter
Datum : WGS 1984



- Legenda**
- Stasiun Penelitian
 - ▬ Grafik Batang Nilai Timbal (mg/L)
 - Garis Pantai
 - Batas Kecamatan
 - Mangrove
 - Perairan
 - Tambak
 - Kabupaten Probolinggo

Sumber :
- Peta RBI Kabupaten Indonesia BIG Tahun 2014
- Sampling Lapang 2015
- Bingmap Satellite

Dhea ayu Batamia / 125080601111053
Ilmu Kelautan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

