

**KARAKTERISTIK DAN KELAINAN HEMOSIT PADA RAJUNGAN
(*Portunus pelagicus*) YANG TERCEMAR LOGAM BERAT (Pb) DI PANTAI**

UTARA KABUPATEN PASURUAN, JAWA TIMUR

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

DESINTYA ANDWI PARAMITHA

NIM. 115080101111062

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

**KARAKTERISTIK DAN KELAINAN HEMOSIT PADA RAJUNGAN
(*Portunus pelagicus*) YANG TERCEMAR LOGAM BERAT (Pb) DI PANTAI**

UTARA KABUPATEN PASURUAN, JAWA TIMUR

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan**

Universitas Brawijaya

Malang

Oleh :

DESINTYA ANDWI PARAMITHA

NIM. 115080101111062



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

SKRIPSI

KARAKTERISTIK DAN KELAINAN HEMOSIT PADA RAJUNGAN
(*Portunus pelagicus*) YANG TERCEMAR LOGAM BERAT (Pb) DI PANTAI
UTARA KABUPATEN PASURUAN, JAWA TIMUR

Oleh:

DESINTYA ANDWI PARAMITHA
115080101111062

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 3 Agustus 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

SK Dekan No:

Tanggal:

Dosen Penguji I

Ir. Kusriani, MP
NIP. 19560417 198403 2 001
Tanggal :

Dosen Penguji Ii

Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si
NIP. 19730404 200212 2 001
Tanggal :

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA, PhD
NIP. 19610523 198703 2 003
Tanggal :

Dosen Pembimbing Ii

Dr. Yuni Kilawati, S.Pi, M.Si
NIP. 19730702 200501 2 001
Tanggal :

Mengetahui

Ketua Jurusan MSP

Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS
NIP.19620805 198603 2 001
Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

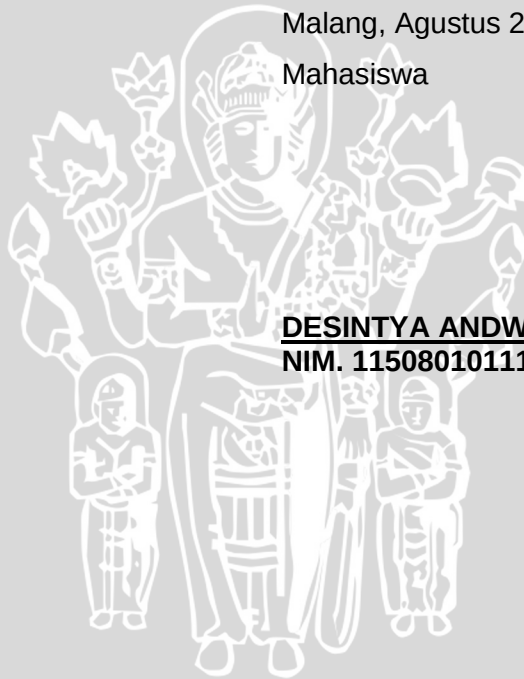
Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Agustus 2015

Mahasiswa

DESINTYA ANDWI PARAMITHA
NIM. 115080101111062



RINGKASAN

DESINTYA ANDWI PARAMITHA. Skripsi tentang Karakteristik dan Kelainan Hemosit Pada Rajungan (*Portunus pelagicus*) Yang Tercemar Logam Berat (Pb) di Pantai Utara Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur (dibawah bimbingan Prof.Ir.Yenny Risjani,DEA,PhD dan Dr.Yuni Kilawati,S.Pi,M.Si)

Pantai Utara Nguling, Pasuruan merupakan salah satu kawasan yang berdekatan dengan pusat kegiatan masyarakat yang banyak menghasilkan limbah dan menyebabkan terjadinya ancaman disekitar pantai. Salah satunya sumber pencemaran yang berasal dari aktivitas penduduk yakni dihasilkannya limbah logam berat seperti Pb yang sangat berbahaya. Salah satu biota perairan yang mendapat dampak dari pencemaran ini yaitu krustase seperti rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai salah satu komoditi perikanan yang sangat penting. Untuk itu dibutuhkan suatu sistem kekebalan tubuh untuk mempertahankan kekebalan tubuh mereka. Pada krustase yang berperan sebagai pertahanan tubuh internal yaitu hemosit. Dengan mengetahui gambaran hemosit pada biota kita dapat menganalisa status atau kesehatan dari biota tersebut melalui jumlah total hemosit (THC) dan jumlah diferensial hemosit (DHC). Selain itu uji mikronuklei juga dapat digunakan untuk mengetahui kesehatan dari krustase.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi kesehatan rajungan melalui karakteristik hemosit dan mikronuklei. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Mei 2015 di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kab.Pasuruan sebagai tempat pengambilan sampel, Laboratorium Penyakit dan Kesehatan Ikan, serta Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yaitu menggambarkan keadaan mengenai suatu gejala yang ada di alam berdasarkan apa adanya dengan cara melakukan analisa di laboratorium pada saat penelitian dilaksanakan. Pengambilan sampel rajungan dilakukan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul. Perhitungan *Total Haemocyte Count* (THC) dan *Differential Haemocyte Count* (DHC) menggunakan haemocytometer diamati dibawah mikroskop binokuler. Total mikronuklei diamati menggunakan mikroskop Olympus BX53. Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, salinitas, Ph, oksigen terlarut (DO), *Total Suspended Solid* (TSS), dan analisa kandungan logam berat Pb dalam air, sedimen, dan daging.

Dari hasil pengamatan *Total Haemocyte Count* (THC) diperoleh rata-rata untuk Pantai Kedawang=750000 sel/ml, Pantai Mlaten=805000 sel/ml, Pantai Penunggul=430000 sel/ml. Rata-rata jumlah sel granular Pantai Kedawang=46,6%, Pantai Mlaten 48,6%, Pantai Penunggul 35,6%. Rata-rata jumlah sel hialin Pantai Kedawang=30%, Pantai Mlaten 47,6%, Pantai Penunggul 21%. Rata-rata jumlah sel semigranular Pantai Kedawang=23,3%, Pantai Mlaten 21%, Pantai Penunggul 30,5%. Sedangkan hasil pengamatan total mikronuklei di Pantai Kedawang=0,016 Mn, Pantai Mlaten=0,025 Mn, dan Pantai Penunggul=0,012 Mn. Hasil analisa Pb dalam air di Pantai Kedawang=0,11 ppm, Pantai Mlaten=0,12 ppm, dan Pantai Penunggul=0,10 ppm. Pb dalam sedimen di

Pantai Kedawang=2,91 ppm, Pantai Mlaten=3,21ppm, dan Pantai Penunggul=2,78 ppm. Pb dalam daging di Pantai Kedawang=0,06 ppm, Pantai Mlaten=0,09 ppm, dan Pantai Penunggul=0,05 ppm. Hasil analisa kualitas air untuk suhu berkisar 29,7°C-31,7°C, pH berkisar 8-8,33, salinitas berkisar 11,7 ppt – 25,3 ppt, oksigen terlarut (DO) berkisar 4,2 mg/L – 5,2 mg/L, TSS berkisar 41,37 mg/L – 57,1 mg/L.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu pengamatan total hemosit (THC), diferensial hemosit (DHC) dan Mikronuklei rajungan (*Portunus pelagicus*) yang diambil dari Pantai Kedawang dan Pantai Penunggul kondisi kesehatannya masih dapat dikatakan baik dan sehat sedangkan rajungan yang diambil di Pantai Mlaten kondisi kesehatannya sudah tidak baik atau dapat dikatakan buruk/sakit. Saran yang dapat disampaikan yakni diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai aktivitas fagositosis dan respiratory burst pada hemosit rajungan. Bagi pemerintah diharapkan bisa segera memberikan kebijakan dalam menangani pembuangan serta pengelolaan limbah ke perairan terutama di Pantai Mlaten agar sumberdaya perairan yang ada tetap terjaga dan tidak mengalami penurunan yang nantinya dapat merugikan masyarakat sendiri.



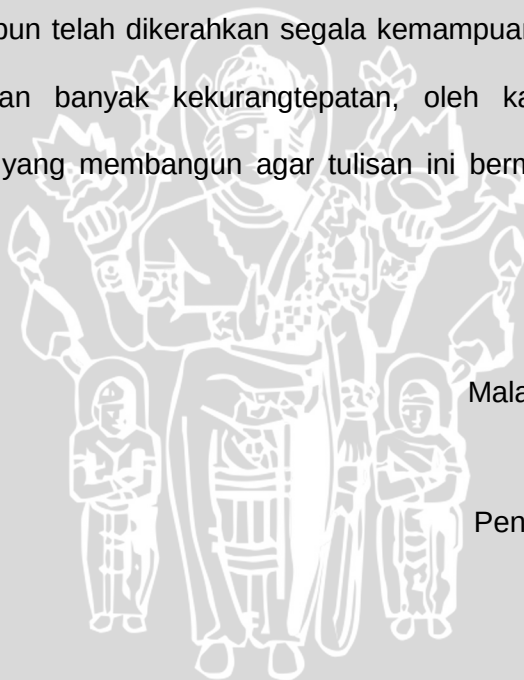
KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu penulis dapat menyajikan laporan skripsi yang berjudul **Karakteristik Dan Kelainan Hemosit Pada Rajungan (*Portunus pelagicus*) yang Tercemar Logam Berat (Pb) di Pantai Utara Kabupaten Pasuruan**. Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, Agustus 2015

Penulis



UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puji dan syukur milik Allah Subhanahu Wata'ala, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan dari berbagai pihak yang sangat berperan dalam proses penyusunan skripsi. Dengan rasa penuh hormat, tulus dan ikhlas penulis haturkan terima kasih kepada :

1. **Allah SWT dan Nabi Besar Muhammad SAW** atas segala rahmat dan karuniaNya
2. **Mama, Papa dan Mas (Aditya)** yang telah memberikan banyak doa dan dorongan dalam penyelesaian penulisan skripsi maupun selama proses perkuliahan and always be my financial support.
3. **Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA, PhD dan Dr. Yuni Kilawati, S.Pi, M.Si** selaku dosen pembimbing telah banyak memberikan masukan dan bimbingan dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.
4. **Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si dan Ir. Kusriani, MP** selaku dosen penguji atas kritik serta saran dalam penyempurnaan skripsi.
5. **M. Fachmi Arifullah** selaku dosen pembimbing ketiga yang selalu sabar dan setia mendengar keluh kesah dan tangis penulis dalam dunia fana skripsi.
6. Kesayangan **Intan, Ayu, Lutfi, Nia, Elva, Naya, Ima, Fina** my second family, semoga kita bertemu lagi dalam kesuksesan.
7. Tim histolovers **Babil, Umi, Bitu, Dian, Debora** thanksfull team. **Bapak Sodik**, keluarga dan tetangga-tetangganya terimakasih banyak atas bantuan selama penulis sampling
8. Teman-teman **(KURLABADA)** yang selalu setia menanti pulang dan menjadi pelarianku setiap kali jenuh dengan skripsi.
9. Teman-teman pengurus Himpunan **(HUMANERA)** periode 2013/2014 terimakasih untuk ilmu, pengalaman, dan kerjasama yang telah diberikan.
10. Keluarga besar **Aquatic Resources Management 2011** terimakasih yang sangat berarti untuk 4 tahun ini, serta semua pihak yang turut berperan penting dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang lebih atas jasa dan kebaikan untuk mereka.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biologi Rajungan	6
2.1.1 Kondisi dan Morfologi Rajungan	6
2.1.2 Sistem Peredaran Darah Kepiting	8
2.1.3 Potensi Rajungan	9
2.2 Pencemaran Logam Berat	9
2.2.1 Logam Berat	11
2.2.2 Timbal (Pb)	13
2.3 Mekanisme Penyerapan Logam	15
2.4 Hemosit	16
2.5 Mikronuklei	18
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	22
3.1 Materi Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Metode Penelitian	22
3.3.1 Teknik Pengumpulan Data	22
3.4 Teknik Pengambilan Sampel Rajungan	23
3.5 Pengukuran dan Analisa Parameter	24
3.5.1 Metode Pengambilan Darah (Haemolymph) Rajungan	24
3.5.2 Metode Pengamatan dan Perhitungan Haemosit Rajungan	25
3.5.2.1 Total Haemocyte Count (THC)	25
3.5.2.2 Differential Haemocyte Count (DHC)	26
3.5.3 Pengamatan Mikronuklei Pada Sel Darah Rajungan	26

3.6 Metode Pengukuran Kualitas Air	28
3.6.1 Parameter Fisika	28
3.6.2 Parameter Kimia	28
3.6.3 Analisa Kadar Pb (Timbal)	31
3.6.3.1 Preparasi Sampel Air	31
3.6.3.2 Preparasi Sampel Sedimen	31
3.6.3.3 Preparasi Sampel Daging	32
3.6.3.4 Pembuatan Larutan Standar Logam Timbal (Pb)	32
3.7 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)	33
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian	34
4.1.1 Keadaan Umum Pantai Kedawang	34
4.1.2 Keadaan Umum Pantai Mlaten	35
4.1.3 Keadaan Umum Pantai Penunggul	36
4.2 Profil Hemosit Rajungan	37
4.2.1 Perhitungan <i>Total Haemocyte Count</i> (THC)	37
4.2.2 Perhitungan <i>Differential Haemocyte Count</i> (DHC)	41
4.3 Total Mikronuklei	50
4.4 Parameter Kualitas Air	54
4.4.1 Parameter Fisika	55
4.4.2 Parameter Kimia	56
4.4.3 Kadar Logam Berat Pb Perairan dan Sedimen	59
4.4.4 Kadar Logam Berat Pb pada Daging	62
5. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

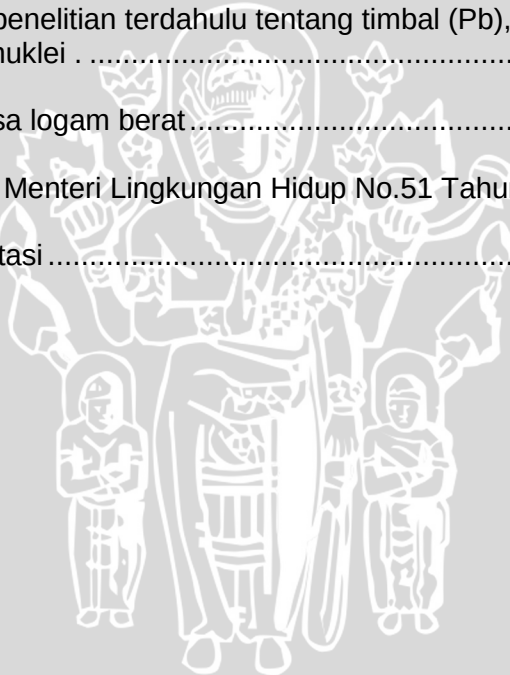
Tabel	Halaman
1. Rata-rata jumlah total hemosit rajungan di tiga lokasi penelitian	38
2. Persentase jumlah sel granul rajungan di tiga lokasi penelitian.....	44
3. Persentase jumlah sel hialin rajungan di tiga lokasi penelitian	47
4. Persentase jumlah sel semigranul rajungan di tiga lokasi penelitian	49
5. Jumlah mikronuklei rajungan yang diambil dari tiga lokasi penelitian	53
6. Parameter kualitas air di tiga lokasi penelitian.....	56
7. Alat dan bahan.....	77
8. Data panjang, lebar dan berat rajungan.....	78
9. Hasil analisa kualitas air dan pengukuran logam berat Pb	79
10. Data perhitungan THC rajungan secara keseluruhan.....	81
11. Data perhitungan DHC sel granul rajungan secara keseluruhan.....	81
12. Data perhitungan THC sel hialin rajungan secara keseluruhan.....	81
13. Data perhitungan THC sel semigranul rajungan secara keseluruhan.....	82
14. Data perhitungan total mikronuklei rajungan secara keseluruhan	82
15. Roadmap penelitian terdahulu tentang timbal (Pb)	87
16. Roadmap penelitian terdahulu tentang hemosit dan mikronuklei	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan alir perumusan masalah	4
2. Rajungan	6
3. Morfologi rajungan	7
4. Proses masuknya logam berat ke lingkungan laut	13
5. Jenis-jenis tipe hemosit.....	16
6. Proses pembentukan mikronukleus	20
7. Gambaran mikronuklei dalam <i>Mytilus edulis</i>	21
8. Pengamatan mikronuklei oleh Galloway	21
9. Kawasan mangrove Pantai Kedawang	35
10. Kawasan mangrove Pantai Mlaten.....	36
11. Kawasan mangrove Pantai Penunggul	37
12. Pengamatan hemosit rajungan dalam kamar hitung haemocytometer.....	38
13. Grafik rata-rata <i>Total Haemocyte Count</i> (THC)	40
14. Morfologi sel hemosit	42
15. Grafik persentase rata-rata sel granular.....	45
16. Grafik persentase rata-rata sel hialin	48
17. Grafik persentase rata-rata semigranular.....	50
18. Hasil pengamatan mikronuklei rajungan	52
19. Grafik rata-rata total mikronuklei rajungan	54
20. Grafik rata-rata kadar logam berat Pb dalam perairan	60
21. Grafik rata-rata kadar logam berat Pb dalam sedimen	62
22. Grafik rata-rata kadar logam berat Pb dalam daging.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Peta lokasi penelitian.	74
Lampiran 2. Alat dan bahan.	77
Lampiran 3. Data morfologi rajungan.	78
Lampiran 4. Data kualitas air	79
Lampiran 5. Data perhitungan THC, DHC, dan mikronuklei	81
Lampiran 6. Hasil uji tukey	83
Lampiran 7. Roadmap penelitian terdahulu tentang timbal (Pb), hemosit, dan mikronuklei	87
Lampiran 8. Hasil analisa logam berat	95
Lampiran 9. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004	99
Lampiran 10. Dokumentasi	101



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan pesisir merupakan salah satu dari lingkungan yang banyak mendapat pengaruh dari buangan limbah, baik yang berasal dari daratan maupun dilaut lepas. Kenyataannya perairan pesisir dalam menampung dan menguraikan limbah yang terbatas menimbulkan penumpukan limbah yang lambat laun dapat menimbulkan pencemaran. Pada awalnya limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia yang dibuang ke perairan, belum menjadi suatu permasalahan karena perairan memiliki kapasitas asimilasi untuk menampung jumlah limbah tertentu. Namun, dengan adanya pertambahan penduduk dan peningkatan pembangunan maka akan menjadi suatu permasalahan yang perlu dipecahkan.

Pantai Utara Nguling, Pasuruan merupakan salah satu kawasan yang berdekatan dengan pusat kegiatan masyarakat yang dapat menyebabkan terjadinya ancaman disekitar pantai. Salah satu sumber pencemaran yang berasal dari aktivitas penduduk adalah dihasilkannya limbah logam berat seperti Pb, Cu, Hg, Fe, Mn, Zn, Cr, dan Ni. Keberadaan logam berat yang terlarut baik pada air laut, maupun sedimen sangat tergantung pada baik buruknya kondisi perairan tersebut. Semakin tinggi aktivitas yang terjadi disekitar perairan baik di darat maupun areal pantainya maka kadar logam berat dapat meningkat pula.

Pb atau timbal merupakan salah satu logam berat atau unsur yang potensial menyebabkan pencemaran lingkungan. Selain itu juga sangat berbahaya bagi kesehatan manusia serta merupakan unsur logam yang tidak dapat terurai oleh proses alam (Zhang *et al.*, 2007). Putra (2002) menambahkan, secara alamiah Pb dapat masuk ke dalam badan perairan melalui pengkristalan diudara dengan bantuan air hujan, melalui proses modifikasi dari bantuan mineral

akibat hempasan dan angin. Pb yang masuk ke dalam badan perairan merupakan dampak dari aktivitas kehidupan manusia. Diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb.

Krustase air tawar seperti organisme lainnya terus terkena beberapa jenis polutan serta organisme patogen yang mendiami badan air dan karenanya dibutuhkan sistem kekebalan tubuh yang efektif. Imunitas pada krustase disediakan oleh hemosit yang beredar bebas dalam tubuh karena mereka memiliki sistem vaskuler terbuka. Selain itu, dibandingkan dengan vertebrata, avertebrata hanya memiliki sel-sel yang bertugas sebagai imunitas karena mereka tidak memiliki antibody dan karena itu sistem kekebalan tubuh mereka tidak spesifik (adaptif) melainkan merupakan bawaan dari jenisnya (Galloway dan Depledge, 2001 *dalam* Gupta *et al.*, 2013).

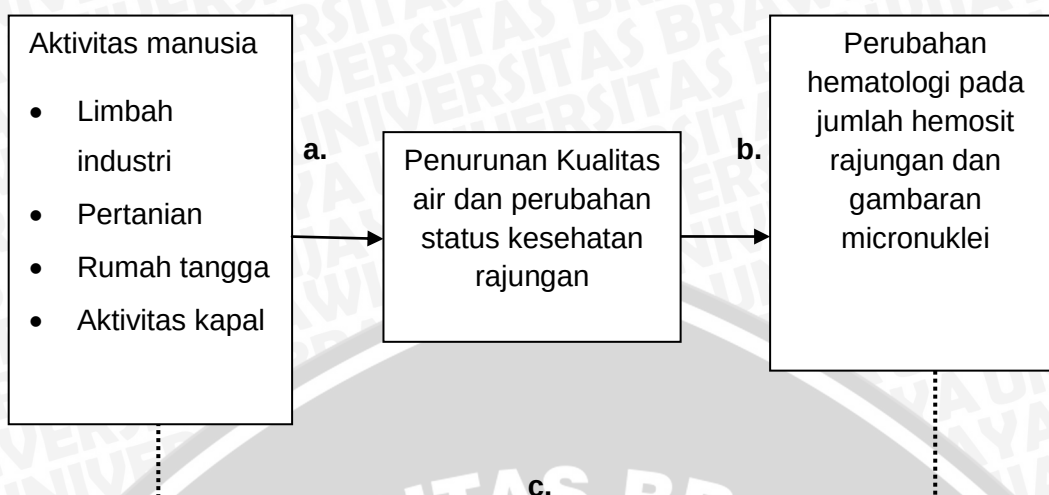
Mekanisme pertahanan internal pada avertebrata terhadap penyakit, parasit, dan tekanan lingkungan disebabkan sebagian untuk beredarnya sel-sel yang disebut sebagai hemosit. Hemosit bertanggung jawab atas pengangkutan, fagositosis dan penghapusan dengan oksidasi dari partikelnya. Proses ini dilakukan hemosit fagositik dalam darah dan hemolimp dari hewan vertebrata dan avertebrata (Hegaret *et al.*, 2003). Sedangkan menurut Effendy *et al.*, (2004). Hemosit merupakan sel darah pada krustase yang memiliki fungsi sama seperti sel darah putih (leukosit) pada hewan vertebrata. Hemosit pada krustase memiliki fungsi tersendiri. Sel hialin berperan dalam proses fagositosis dan aktifitas seperti halnya makrofage pada ikan dan binatang berdarah panas lainnya. Sel ini memiliki sedikit sekali granula pada sitoplasmanya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendeteksi kelainan atau penyakit yaitu dengan melalui gambaran darah atau hematologi. Teknik hematologi merupakan metode umum yang dapat digunakan untuk mengetahui efek sublethal polutan yang dapat diintegrasikan sebagai salah satu sistem peringatan dini (*early warning*) untuk

memantau sejauh mana pencemaran dalam perairan sebagai upaya untuk menghindari dampak yang lebih jauh pada ekosistem perairan terutama estuaria dan terlebih lagi terhadap populasi manusia (Sari *et al.*, 2014).

Uji mikronuklei merupakan salah satu biomarker yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi gangguan genetik. Mikronuklei (MN) terbentuk selama pembelahan sel, utamanya secara anaphase, saat fragment kromosom atau seluruh kromosom tidak termasuk dalam inti sel yang utama. MN merupakan hasil kromosom yang rusak atau berubahnya fungsi dari benang spindle, yang menghasilkan satu atau lebih MN per sel. Uji mikronuklei yang diaplikasikan ke ikan dapat mendeteksi klastogenik dan aneugenik efek dari bahan genotoksik dalam media air (Gutierrez *et al.*, 2014). Mikronuklei juga dapat digunakan untuk mengetahui status kesehatan ikan. Mikronuklei merupakan kromatin sitoplasmik yang berukuran kecil yang berasal dari pecahan kromosom yang tertinggal pada saat proses pembelahan sel (anaphase) membentuk struktur menyerupai intisel dengan diameter $\frac{1}{3}$ dari nucleus inti (Ali *et al.*, 2008). Dari identifikasi mikronuklei dapat diketahui kerusakan kromosom yang disebabkan oleh patogen atau bahan pencemar yang ada dalam perairan, karena tingkat pencemaran pada setiap perairan berbeda-beda.

1.2 Perumusan Masalah

- Bagaimana kondisi kesehatan rajungan yang tertangkap di Pantai Kedawang, Mlaten serta Penunggul, Kab. Pasuruan dilihat dari karakteristik hemosit serta mikronukleinya ?



Gambar 1. Bagan Alir Perumusan Masalah

Keterangan :

- a. Aktivitas manusia yang menghasilkan pembuangan limbah seperti limbah rumah tangga, limbah pertanian maupun limbah industri, serta aktivitas kapal yang dibuang langsung ke bibir pantai maupun laut mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan.
- b. Pencemaran mengakibatkan penurunan kualitas air karena terakumulasinya logam berat terutama Pb kedalam tubuh biota yang masuk melalui saluran pernapasan, pencernaan serta melalui penetrasi kulit sehingga mengakibatkan mortalitas yang cukup tinggi.
- c. Perubahan kualitas air mempengaruhi kesehatan biota seperti ikan, kepiting dan rajungan. Untuk itu perlu dilakukan pengamatan adanya perubahan hematologi pada jumlah hemosit dan mikronuklei untuk mengetahui karakteristik hemosit serta mikronuklei dari rajungan yang tertangkap di ketiga lokasi pengambilan sampel.

1.3 Tujuan Penelitian

- Mengetahui kondisi kesehatan rajungan melalui karakteristik hemosit dan mikronuklei dari masing-masing sampel Rajungan (*Portunus pelagicus*) yang diperoleh dari ketiga lokasi.

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi mengenai karakteristik hemosit pada rajungan. Adapun manfaat secara khusus yaitu sebagai berikut :

a. Mahasiswa

Memberi informasi, menambah pengetahuan ataupun wawasan yang lebih tentang pengaruh pencemaran terhadap kondisi dari insang rajungan pada kawasan mangrove yang ada di pantai utara kabupaten Pasuruan

b. Lembaga ilmiah atau peneliti

Memberi bahan informasi untuk melakukan penelitian dalam mengembangkan keilmuan, serta untuk mendukung kesempurnaan ilmu pengetahuan yang sedang berkembang saat ini.

c. Pemerintah

Menjadi sumber informasi dan rujukan dalam menentukan kebijakan guna pengelolaan sumberdaya perairan yang berkelanjutan serta peningkatan dan kelestarian ekosistem mangrove.

1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di 3 tempat yakni Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Perhitungan *Total Haemocyte Count* (THC), *Differential Haemocyte Count* (DHC) dilakukan di Laboratorium Penyakit dan Kesehatan Ikan. Sedangkan analisis mikronuklei dilakukan di Laboratorium Biosains, Universitas Brawijaya. Pelaksanaan kegiatan ini dimulai bulan Maret 2015–Mei 2015.

2. TINJAUAN PUSTAKA

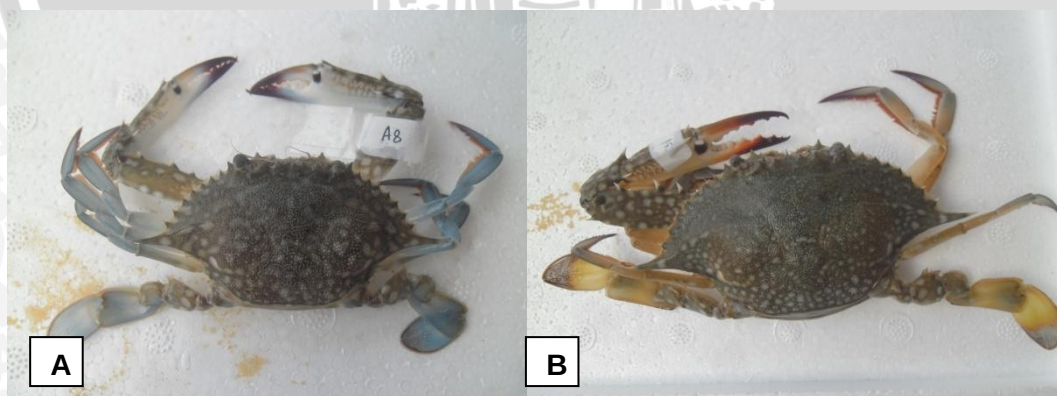
2.1 Biologi Rajungan (*Portunus pelagicus*)

Secara umum morfologi rajungan (*Portunus pelagicus*) berbeda dengan kepiting bakau, dimana rajungan memiliki bentuk yang lebih ramping dengan capit yang lebih panjang dan memiliki warna yang lebih menarik pada karapaksnya.

2.1.1 Kondisi dan morfologi rajungan (*Portunus pelagicus*)

Rajungan adalah salah satu anggota filum krustase yang memiliki tubuh beruas-ruas. Klasifikasi rajungan (*Portunus pelagicus*) menurut Saanin (1984), adalah sebagai berikut :

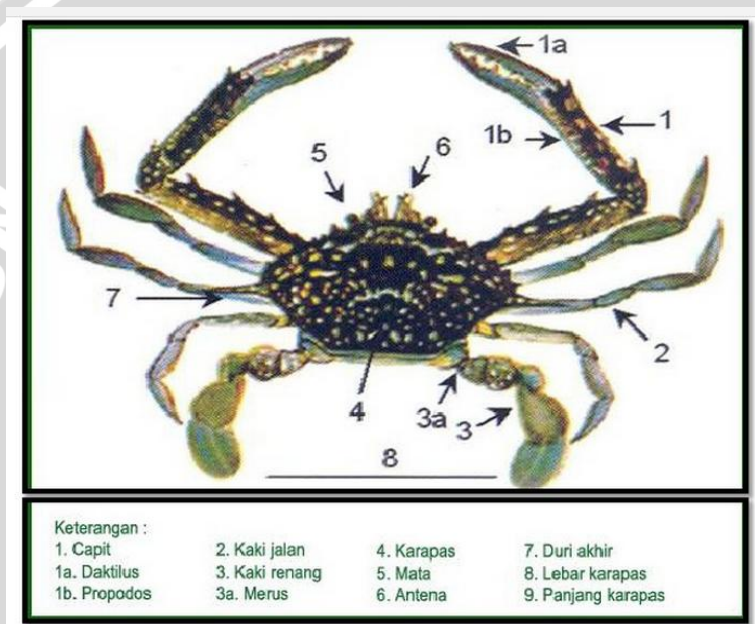
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Sub kelas	: Malacostraca
Ordo	: Eucaridae
Sub ordo	: Decapoda
Famili	: Portunidae
Genus	: Portunus
Spesies	: <i>Portunus pelagicus</i>



Gambar 2. Rajungan (*Portunus pelagicus*) yang tertangkap di Pantai Kedawang, Kabupaten Pasuruan. (A).Jantan (B) Betina

Menurut Nontji (1986), ciri morfologi rajungan mempunyai karapaks berbentuk bulat pipih dengan warna yang sangat menarik kiri kanan dari karapas terdiri atas duri besar, jumlah duri-duri sisi belakang matanya 9 buah. Rajungan

dapat dibedakan dengan adanya beberapa tanda-tanda khusus, diantaranya adalah pinggiran depan di belakang mata, rajungan mempunyai 5 pasang kaki, yang terdiri atas 1 pasang kaki (capit) berfungsi sebagai pemegang dan memasukkan makanan kedalam mulutnya, 3 pasang kaki sebagai kaki jalan dan sepasang kaki terakhir mengalami modifikasi menjadi alat renang yang ujungnya menjadi pipih dan membundar seperti dayung. Oleh sebab itu rajungan dimasukan kedalam golongan kepiting berenang (swimming crab).



Gambar 3. Morfologi Rajungan (*Portunus pelagicus*) Sumber: Juwana, 1997

Menurut Moosa (1980), habitat rajungan adalah pada pantai bersubstrat pasir, pasir berlumpur dan di pulau berkarang, juga berenang dari dekat permukaan laut (sekitar 1 m) sampai kedalam 65 meter. Siklus hidup rajungan bermula dari fase larva yang masih bersifat planktonik yang melayang-layang dilepas pantai dan kembali ke daerah estuaria setelah mencapai rajungan muda. Saat masih larva, rajungan cenderung sebagai pemakan plankton. Semakin besar ukuran tubuh, rajungan akan menjadi omnivora atau pemakan segala. Jenis pakan yang disukai saat masih larva antara lain udang-udangan seperti rotifera sedangkan saat dewasa, rajungan lebih menyukai ikan rucah, bangkai

binatang, siput, kerang-kerangan, tiram, mollusca dan jenis krustacea lainnya terutama udang-udang kecil, pemakan bahan tersuspensi di daratan lumpur (Effendy *et al.*, 2006).

2.1.2 Sistem peredaran darah kepiting

Sistem peredaran darah pada kepiting disebut peredaran darah terbuka karena beredar tanpa melalui pembuluh darah. Darah tidak mengandung hemoglobin (Hb) melainkan hemosianin yang daya ikatnya terhadap oksigen rendah. Pada sistem peredaran darah terbuka, cairan darah dipompa dari jantung langsung menuju seluruh tubuh, lalu keluar dari pembuluh. Selanjutnya, darah mengisi ruangan di dalam jaringan tubuh. Kemudian, cairan darah kembali masuk ke jantung. Jantung akan memompa kembali cairan darah tersebut, demikian seterusnya. Alat transportasinya berupa pembuluh yang dapat berdenyut sehingga menyerupai jantung. Oleh karena itu, pembuluh tersebut dinamakan pembuluh jantung. Satu-satunya pembuluh darah yang ada berupa saluran lurus terletak di atas saluran pencernaan, yang di daerah abdomen mempunyai lubang-lubang di sebelah lateral (Tansya, 2011).

Sistem peredaran darah terbuka adalah sistem dimana cairan (disebut hemolymph) dalam rongga yang disebut hemocoel yang menggenangi organ langsung dengan oksigen dan nutrisi dan tidak ada perbedaan antara darah dan cairan interstisial, cairan ini dikombinasikan disebut hemolymph atau haemolymph. Gerakan otot oleh hewan selama gerak dapat memfasilitasi gerakan hemolymph, tetapi mengalir dari satu daerah ke daerah lain yang terbatas. Saat jantung rileks, darah ditarik kembali ke jantung melalui pori-pori terbuka (ostium). Hemolymph mengisi semua hemocoel interior tubuh dan mengelilingi semua sel. Hemolymph terdiri dari air, garam-garam anorganik (terutama Na^+ , Cl^- , K^+ , Mg^{2+} , dan Ca^{2+}), dan senyawa organik (terutama

karbohidrat, protein, dan lipid). Molekul oksigen transporter utama adalah hemocyanin. Terdapat sel yang bebas mengambang dalam hemolymph yang disebut hemosit. (Tansya, 2011).

2.1.3 Potensi rajungan (*Portunus Pelagicus*)

Rajungan (*Portunus pelagicus*) merupakan salah satu jenis komoditas perikanan yang mempunyai nilai ekonomis penting di Indonesia. Beberapa species rajungan yang memiliki nilai ekonomis adalah *Portunus trituberculatus*, *P.gladiator*, *P.sanguinus*, *P.astatoides*, dan *P.pelagicus*. Sebagian besar rajungan diekspor dalam bentuk rajungan beku tanpa kepala dan kulit serta dalam bentuk olahan (kemasan dalam kaleng). Produksi rajungan di Indonesia 60% di ekspor ke Amerika, sedangkan sisanya diekspor ke beberapa negara tujuan ekspor lainnya seperti Singapura, Jepang, Belanda, dan Eropa (Susanto,2007).

Jenis kepiting yang populer sebagai bahan makanan dan mempunyai harga yang cukup mahal adalah *Scylla serrata* dan jenis lain yang tidak kalah penting di pasaran adalah *Portunus pelagicus* yang biasa disebut rajungan. Sumberdaya rajungan merupakan salah satu sumberdaya kelautan yang memiliki potensi dalam industry perikanan Indonesia. Rajungan merupakan salah satu komoditas sumberdaya perikanan yang prospekif untuk diekspor. Rajungan di Indonesia sampai sekarang masih merupakan komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomis tinggi untuk diekspor (Nugraha, 2011).

2.2 Pencemaran Logam Berat

Dampak buruk dari kemajuan ekonomi dan teknologi adalah terjadinya pencemaran atau polusi air. Pencemaran atau polusi air merupakan peristiwa masuknya zat, energi, unsur atau komponen lainnya ke dalam air, sehingga kualitas air terganggu yang ditandai dengan perubahan warna, bau dan rasa

pencemaran (Rozikin, 2013). Perkembangan dan kemajuan di bidang industri tersebut akan mempengaruhi limbah yang dihasilkan oleh industri, baik dari segi kuantitas maupun kualitas limbah. Limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut akan mempunyai risiko sebagai penyebab pencemaran lingkungan, dan saat ini pencemaran lingkungan yang berakhir dengan kerusakan lingkungan menjadi suatu masalah utama dalam pembangunan, terutama bagi manusia. Limbah industri, khususnya limbah cair memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap pencemaran air. Hal ini merupakan suatu kondisi yang memiliki risiko tinggi, karena pencemaran pada air dapat menjadi sumber utama terjadinya kontak manusia dengan senyawa kimia beracun (Mangunjaya, 2008 dalam Rozikin, 2013).

Secara garis besar sumber pencemaran perairan pesisir dan lautan dapat dikelompokkan menjadi tujuh kelas yaitu limbah industri, limbah cair pemukiman (*sewage*), limbah cair perkotaan (*urban storm water*), pertambangan, pelayaran (*shipping*) pertanian dan perikanan budidaya. Sedangkan bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah dari ketujuh sumber tersebut berupa sedimen, unsur hara (*nutrient*), logam beracun (*toxic metal*), pestisida, organisme eksotik, organism pathogen, sampah dan *oxygen substance* (bahan yang menyebabkan oksigen terlarut dalam air berkurang) (Dahuri, 1998).

Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan harus terus diwaspadai keberadaannya. Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Djuangsih *et al.*, 1982 dalam Pagoray, 2001).

Menurut Connel dan Miller (1995), kegiatan manusia merupakan suatu sumber utama pemasukan logam berat ke dalam lingkungan perairan. Masuknya logam berat berasal dari buangan langsung berbagai jenis limbah yang beracun. Masuknya logam ke lingkungan perairan adalah sebagai berikut: kegiatan pertambangan (peleburan dan penyulingan minyak yang dapat menyebabkan hamburan dan penimbunan sejumlah logam berat seperti Pb), limbah rumah tangga (sampah-sampah metabolik, korosi pipa-pipa air, deterjen), limbah buangan industri dan aliran pertanian (zat kimia, mikrobiologi berasal dari kotoran ternak).

Keberadaan logam di badan perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan di antaranya adalah suhu, pH, dan salinitas. Temperatur berpengaruh terhadap kelarutan logam merkuri di perairan. Naiknya suhu di suatu perairan akan menyebabkan penurunan konsentrasi Hg, karena senyawa Dimetil-Hg sangat mudah menguap ke udara dengan adanya proses fisika di udara seperti cahaya (pada reaksi fotolisa) sehingga akan terurai menjadi senyawa-senyawa metana, etana dan logam HgO. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan logam dalam air, karena pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 2004).

2.2.1 Logam berat

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Unsur logam dalam kondisi suhu kamar, tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair (Palar, 2004). Logam adalah unsur-unsur kimia yang memiliki kemampuan sebagai penghantar listrik (konduktor) dan penghantar panas, memiliki rapatan tinggi, dapat membentuk alloy dengan logam lain dan untuk logam berbentuk padat

dapat ditempa dan dibentuk. Di samping itu, semua unsur logam baik logam padat maupun cair akan memberikan ion positif (+) apabila senyawanya dilarutkan dalam air (Palar, 2004).

Logam berat merupakan senyawa kimia yang sangat berpotensi menimbulkan masalah pencemaran lingkungan terutama yang berkaitan erat terhadap dampak kesehatan manusia. Menurut Palar (2004), logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan masuknya ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat biasanya menimbun efek-efek khusus pada makhluk hidup, bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh--pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

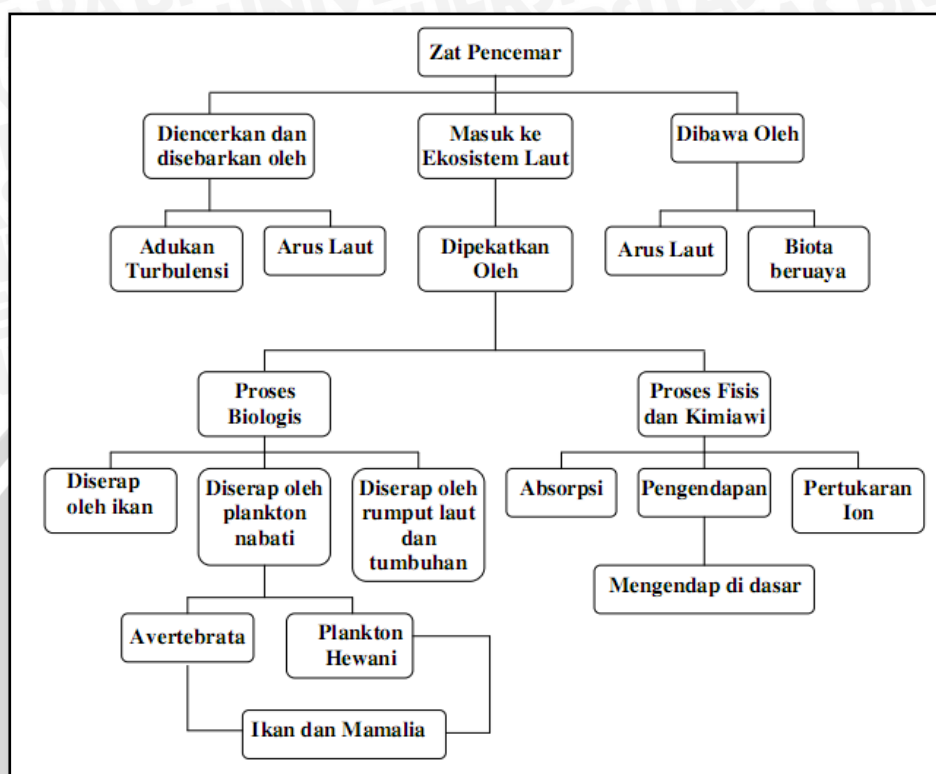
- a. Memiliki spesifikasi gravity yang sangat besar (lebih dari 4).
- b. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
- c. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam dalam jaringan akuatik menurut Simkiss *dalam* Darmono (2001), dibagi menjadi 2 tipe utama, yaitu:

- a. Logam kelas A seperti Na, K, Ca, dan Mg, yang pada dasarnya bersifat elektostatik dan pada larutan garam berbentuk ion hidrifikasi.
- b. Logam tipe kelas B seperti Cu, Zn, dan Ni. Juga logam yang bersifat toksik seperti Cd, Pb dan Hg yang merupakan komponen kovalen dan jarang berbentuk ion bebas.

Logam berat seperti Pb (timbal) dan Zn (seng) merupakan zat kimia berbahaya jika masuk ke dalam air. Karena dengan konsentrasi rendahpun bisa

mengakibatkan keracunan terutama pada hewan air seperti ikan, kerang, rajungan dan hewan air lainnya (Suriawiria 1996 dalam Suprijono 2004).



Gambar 4. Proses masuknya logam berat ke lingkungan laut. Sumber: EPA, 1973 dalam Hutagalung, 1991.

2.2.2 Timbal (Pb)

Industrialisasi menimbulkan efek negatif berupa limbah industri baik yang terbentuk padat maupun cair berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Bilamana limbah tersebut dilepaskan ke perairan bebas, akan terjadi perubahan nilai dari perairan itu baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar. Salah satu bahan pencemar pada perairan adalah logam berat Timbal (Pb). Timbal dan persenyawaannya digunakan dalam industri baterai sebagai bahan yang aktif dalam pengaliran arus elektron. Pb dapat digunakan sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan (Darmono, 1995 dalam Arisandy et al., 2012).

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia serta merupakan unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh proses alam (Zhang *et al.*, 2007). Putra (2002) menambahkan, secara alamiah, Pb dapat masuk ke dalam badan perairan melalui pengkristalan diudara dengan bantuan air hujan, melalui proses modifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Pb yang masuk ke dalam badan perairan merupakan dampak dari aktivitas kehidupan manusia. Diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb.

Timbal atau timah hitam yang dalam bahasa ilmiah dikenal dengan kata plumbum dan disimbol dengan Pb, merupakan logam lunak dengan titik leleh $327,502^{\circ}\text{C}$ dan titik didih 1620°C . logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Walaupun bersifat lunak dan lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Sebagai salah satu logam berat, ternyata timbal merupakan unsure yang potensial menyebabkan pencemaran lingkungan (Fernanda, 2012). Timbal (Pb) termasuk mineral mikroelemen, salah satu jenis logam berat dan berpotensi menjadi bahan toksik jika terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup. Masuknya unsur timbal (Pb) ke dalam tubuh makhluk hidup dapat melalui saluran pencernaan, saluran pernafasan, dan penetrasi melalui kulit (Palar, 2004 dalam Sandro *et al.*, 2013). Menurut Hamzah dan Agus (2010), daya kelarutan Pb sangat rendah dan bersifat pasif, selain itu Pb memiliki daya translokasi yang rendah mulai dari akar sampai organ tumbuhan lainnya. Pb juga memiliki toksisitas yang tertinggi dan menyebabkan racun bagi beberapa spesies.

2.3 Mekanisme Penyerapan Logam

Menurut Hariono (2005), proses masuknya senyawa timbal ke dalam tubuh dapat melalui beberapa cara antara lain :

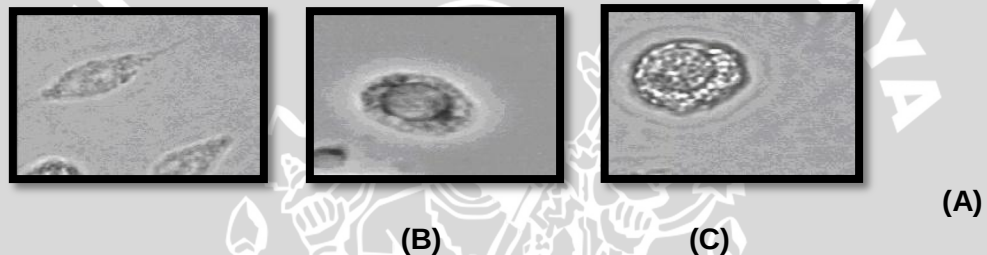
1. Sekitar 80% timbal masuk kedalam tubuh melalui saluran pernapasan, kemudian masuk ke pembuluh darah paru. Timbal yang terhirup akan berikatan dengan darah dan diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Plasma darah berfungsi dalam mendistribusikan timbale dalam darah ke bagian syaraf, ginjal, hati, kulit dan otot skeletal atau rangka. Lebih dari 90% timbal yang terserap oleh darah berikatan dengan sel-sel darah merah (Palar, 2004).
2. Melalui makanan dan minuman (14%) yang akan ikut dimetabolisme oleh tubuh.
3. Penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (1%), hal ini disebabkan senyawa timbal dapat larut dalam lemak. Senyawa timbal tersebut dapat melakukan penetrasi apabila partikel timbal menempel pada permukaan kulit.

Menurut Darmono (2001), menyatakan logam masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernapasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Adsorbsi logam melalui saluran pernapasan biasanya cukup besar, baik pada hewan air yang masuk melalui insang maupun hewan darat yang masuk melaului debu di udara ke saluran pernapasan. Adsorbsi melalui saluran pencernaan hanya beberapa persen saja tetapi jumlah logam yang masuk melalui saluran pencernaan biasanya cukup besar walaupun persentase absorbsinya relatif kecil. Dalam tubuh hewan logam diabsorbsi oleh darah, berkaitan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tertinggi biasanya dalam organ detoksikasi (hati) dan ekskresi (ginjal). Di dalam kedua

jaringan tersebut biasanya logam juga berkaitan dengan berbagai jenis protein baik enzim maupun protein lain yang disebut metalotionein.

2.4 Hemosit

Hemosit merupakan sel yang berperan dalam sistem kekebalan dari invertebrata yang ditemukan dalam *hemolymph*. Pada Decapoda (Crustacea), secara morfologi, Saha dan Ray (2006) mengidentifikasi hemosit *Scylla serrata* terdiri dari 3 tipe sel, antara lainnya adalah *hyalinocyte*, *semigranulocyte*, dan *granulocyte*. Ketiga tipe sel tersebut dibedakan berdasarkan granulasi sitoplasma yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Jenis-jenis tipe hemosit pada *hemolymph* kepiting: (A) hyalinocytes, (B) semigranulocytes, (C) granulocytes. Sumber: Saha *et al.*, 2010).

Hyalinocytes merupakan sel-sel berbentuk gelendong yang ditandai dengan ekstensi ekor dibawah pengamatan dengan mikroskop cahaya dan optik dimana fase inti dalam bentuk bundar atau bulat telur dan sitoplasma dapat dibedakan dalam kondisi bernoda (Gambar 5A). Penampilan semigranulocytes berbentuk bulat besar di tengah inti dengan pinggiran tipis sitoplasma yang mengelilingi inti (Gambar 5B). Sedangkan granulocytes berbentuk bulat dengan inti besar dan sitoplasma yang beruang dengan butiran-butiran bulat (Saha *et al.*, 2010). Hemosit memegang peranan penting dalam respon seluler pertahanan tubuh udang yang meliputi fagositosis, enkapsulasi, melanisasi, cytotoksitas dan komunikasi antar sel. Berdasarkan ada tidaknya granula sitoplasma, hemosit dibagi menjadi 3 jenis yaitu sel hyaline, sel semi granular dan sel granular.

Jumlah dan tipe hemosit serta aktivitas mikrobial kemungkinan dapat digunakan untuk memantau kesehatan udang. Komposisi darah udang windu dapat diukur dan digunakan sebagai penilaian kesehatan udang melalui karakteristik dan aktivitas system pertahanan udang terhadap agen infeksius yang diperankan oleh hemosit (Van de Braak *et al.*, 1996 dalam Maharani *et al.*, 2009). Selain itu, jumlah hemosit beredar merupakan indikator stres dan jumlah hemosit dapat menjadi alat yang berharga di pemantauan status kesehatan spesies *crustacea*, serta dapat memberikan informasi indikasi efek fisiologis tingkat subakut (Taylor dan Landmad, 2009). Sejumlah peneliti telah menyarankan metode yang berbeda untuk mengukur respon stres dalam *crustacea*, diantaranya meliputi pengukuran hemosit berbeda jenis di *hemolymph* (Lorenzon *et al.*, 2001) dikarenakan respon stres hemosit dari berbagai *stressor* mempengaruhi *Total Haemocyte Count* (THC) dan *Diferensial Haemocyte Count* (DHC). Sehingga dapat dikatakan bahwa indikator respon stres tersebut sangat berguna dalam menilai status kesehatan jangka pendek maupun jangka panjang dari organisme tersebut serta telah cukup mendapat perhatian terutama pada dekapoda *crustacea* (Fossi *et al.*, 1997).

Mekanisme pertahanan tubuh krustasea sebagian besar bergantung pada sel-sel darah dan proses hemolimph (Maynard, 1960 dalam Syahailatua, 2009). Hemosit merupakan faktor yang sangat penting dalam sistem pertahanan seluler yang bersifat non spesifik. Smith *et al.*, (2003), menyebutkan bahwa hemosit menyimpan immune reactive (seperti peroxinectin, antibacterial peptide, dan clotting components) dalam tubuh udang, sehingga kenaikan jumlah total hemosit (THC) merupakan salah satu indikator peningkatan daya tahan tubuh udang. Kemampuan hemosit dalam aktivitas fagositosis yang dapat meningkat pada kejadian infeksi, sehingga menunjukkan pertahanan tubuh yang bersifat seluler. Adanya infeksi tersebut akan merangsang sistem pertahanan non spesifik seluler

untuk menangkal serangan penyakit. Meningkatnya ketahanan tubuh udang juga dapat diketahui dari meningkatnya aktivitas fagositosis (AF) sel-sel hemosit. Fagositosis merupakan mekanisme pertahanan non spesifik yang secara umum dapat melindungi adanya serangan patogen (Fontaine dan Lightner, 1974 dalam Syahailatua, 2009). Karakteristik yang digunakan untuk mengetahui pengaruh penambahan immunostimulan pada udang adalah jumlah total hemosit, differensial hemosit, dan aktifitas fagositosis (Kajita *et al.*, 1990).

2.5 Mikronuklei

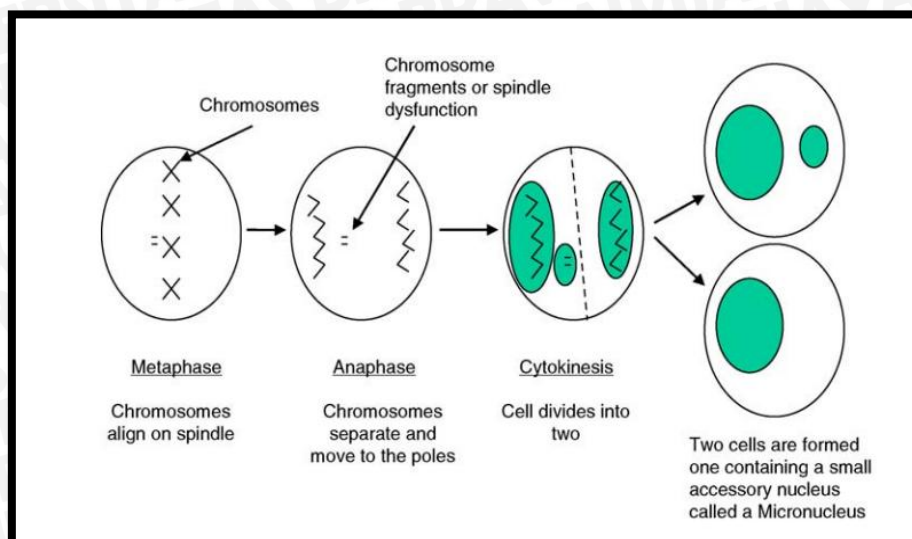
Salah satu biomarker yang paling berguna untuk mengevaluasi kerusakan genetik adalah dengan uji mikronucleus. Menurut Lusiyanti dan Abdul (1999), sel terdiri dari dua komponen utama yaitu sitoplasma yang berisi berbagai organel sel untuk menjalankan aktivitas sel dan inti sel (nukleus) yang mengandung kromosom. Mikronukleus atau mikronuklei adalah anak inti sel berbentuk bulat kecil yang berada di sekitar sitoplasma sel limfosit dan mempunyai ukuran kurang lebih $\frac{1}{5}$ bagian dari inti sel induknya (limfosit). Bahwa terbentuknya mikronuklei ini berasal dari fragmen asentrik atau kromosom yang tertinggal pada waktu sel melakukan mitosis sebagai hasil kerusakan atau cacat pada perlengkapan benang kromosom, sehingga mikronuklei ini mulai terbentuk pada stadium telofase. Bila dilihat dari kontribusinya, frekuensi mikronuklei yang berasal dari asentrik fragmen berkisar antara 80-90% dari total mikronuklei, sedangkan mikronuklei yang berasal dari kromosom akibat kelainan fungsi sentromer adalah sekitar 5%, dan mikronuklei dari disentrik yang merupakan mikronuklei besar (*large micronuclei*) juga sekitar 5%.

Sedangkan menurut Ali *et al.*, (2008), mikronukleus (MN) terbentuk selama pembelahan sel, secara spesifik selama anafase, ketika fragmen kromosom atau seluruh kromosom tidak masuk dalam inti utama. Mikronuklei

merupakan sitoplasma badan kromatin yang mengandung fragmen kromosom asentrik atau kromosom tertinggal selama anaphase dan gagal untuk menjadi inti sel selama pembelahan sel. Karena kerusakan genetik yang menghasilkan kromosom atau kelainan sehingga menyebabkan pembentukan mikronukleus, Mikronuklei berfungsi sebagai indeks dari jenis kerusakan. Melalui penyimpangan kromosom, uji mikronukleus telah banyak digunakan untuk menguji bahan kimia yang menyebabkan jenis kerusakan.

Salah satu cara untuk mengetahui status kesehatan ikan dengan mengamati mikronukleinya. Mikronuklei terdapat dalam darah ikan, telah sering dijadikan sebagai biomonitoring suatu lingkungan yaitu dengan menggunakan uji mikronuklei. Menurut Ozkan *et al.*, (2011), bahwa uji mikronuklei merupakan salah satu dari banyak uji yang paling populer untuk lingkungan yang beracun atau tercemar. Uji mikronuklei dalam sel darah merah (eritrosit) ikan merupakan alternatif untuk mendeteksi gonotoksik didalam perairan. Semakin tinggi jumlah mikronuklei maka semakin tinggi pencemaran yang ada diperairan tersebut begitu pula sebaliknya semakin rendah jumlah mikronuklei pada ikan maka tingkat pencemaran pada perairan tersebut juga rendah.

Uji mikronuklei memiliki beberapa keunggulan dibandingkan uji sitogenetik lainnya. Menurut Heddle (1973), menyatakan bahwa pengujian dengan mikronuklei 10 kali lebih cepat daripada pengujian aberasi kromosom pada metaphase. Keuntungan lainnya dari uji mikronuklei jumlah sel yang ditampilkan hampir tidak terbatas, dibutuhkan sedikit latihan khusus, sebagai titik akhir mudah dikenali dan tidak memerlukan kariotipe yang cocok. Salah satu keterbatasan dari uji mikronuklei adalah ketika agen menyebabkan kromosom tidak pecah atau kromosom tidak tertinggal, misalnya aberasi kromosom yang memerlukan penataan ulang tanpa terjadinya suatu translokasi fragmen asentrik atau sebaliknya, ini tidak akan terdeteksi.

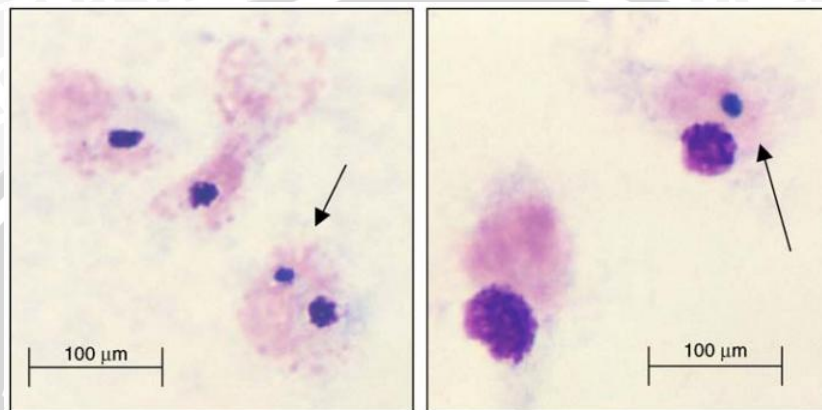


Gambar 6. Pembentukan mikronukleus selama pembelahan sel. Sumber: Galloway *et al.*, (2010).

Mikronukleus terbentuk karena adanya kerusakan kromosom atau kesalahan fungsi suatu benang spindel akibat proses genotoksisitas. Mikronukleus terbentuk pada mitosis antara metafase dan anafase. Pada saat metafase semua kromosom akan berjejer di ekuator kemudian masing-masing akan diikat sentromernya oleh benang spindel lalu akan ditarik ke kedua kutub pada saat anafase. Apabila dalam proses antara metafase dan anafase terdapat kerusakan nukleus, dimana akan menghasilkan fragmentasi kromosom yang tidak mengandung sentromer (asentrik), maka fragmen tersebut tidak dapat ditarik ke kutub sehingga akan tertinggal di salah satu sel baru yang terbentuk dari proses mitosis tersebut. Pada fase telofase, mikronukleus yang terbentuk ini akan mendapatkan perlakuan sama halnya dengan nukleus yang sejati yaitu akan mengalami proses pembentukan membran inti. Oleh karena proses tersebut, mikronukleus terbentuk terpisah sempurna dari inti sel yang sesungguhnya (John, 1990).

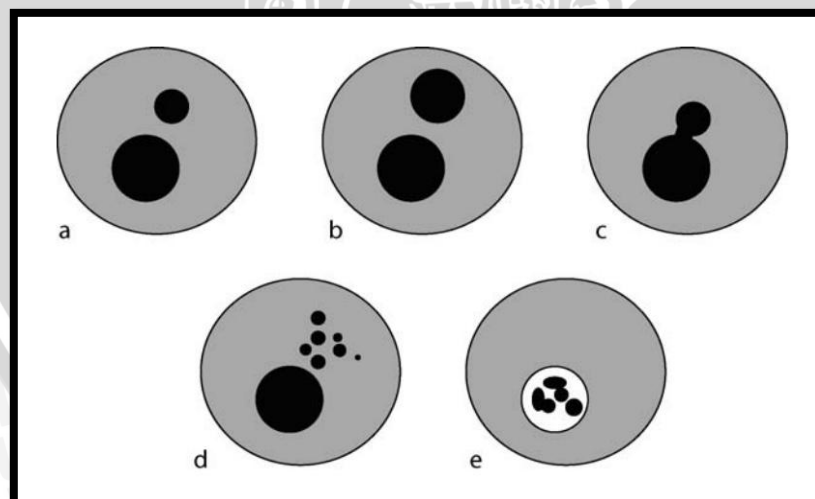
Menurut Fenech (2000), bahwa mikronuklei adalah pembelahan sel yang berupa pecahan sentromer/kromosom atau seluruh kromosom sehingga tidak dapat melakukan perjalanan ke kutub selama pembelahan mitosis. Mikronuklei

yang diamati memiliki kriteria sebagai berikut: (1) diameter $\frac{1}{3}$ lebih kecil dan $\frac{1}{10}$ lebih besar dari inti utama, (2) tidak ada kontak dengan inti (tidak adanya jembatan kromatid), (3) warna dan tekstur menyerupai inti, dan (4) bulatan sitoplasma memenuhi hamper ke garis batas (Countryman dan Heddle, 1976 dalam Galloway *et al.*, 2010).



Gambar 7. Mikronuklei dalam hemosit (tanda panah) kerang *Mytilus edulis* dengan pewarnaan giemsa. Sumber : Galloway *et al.*, (2010).

Galloway *et al.*, (2010), dalam pengamatannya menunjukkan mikronuklei dalam hemosit kerang *Mytilus edulis* menggunakan pewarnaan giemsa yang tidak termasuk dalam perhitungan yakni seperti pada gambar 8.



Gambar 8. (a) Sel normal yang memenuhi nukleus dan mikronuklei, (b) sel binukleat pada salah satu inti yang relatif kecil tetapi berdiameter $\frac{1}{3}$ lebih besar dari inti yang lain, (c) nuclear blebs yang masih bergabung dengan inti utama (jembatan nukleus), (d) dense stippling didalam daerah tertentu pada sitoplasma, (e) sel apoptotic dimana nukleus telah dihancurkan. Sumber : Fenech (1996) dalam Galloway, *et al.*, (2010).

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah darah (hemolimph) dari rajungan (*Portunus pelagicus*) yang diambil dari kawasan ekosistem mangrove yakni Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan serta sampel air yang diambil dari ketiga lokasi penelitian sebagai parameter kualitas air pendukung meliputi suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), total padatan tersuspensi (TSS), analisis logam berat pada air, sedimen dan daging. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada *Lampiran 1*.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada *Lampiran 2*.

3.3 Metode Penelitian

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif observasional dengan pengambilan sampel secara acak atau random. Menurut Nasution (1998) dalam Sugiyono (2005), dengan observasi, peneliti dapat melihat hal-hal yang kurang atau tidak diamati orang lain, khususnya orang yang berada dalam lingkungan itu, karena telah dianggap biasa dan karena itu tidak akan terungkap dalam wawancara.

3.3.1 Teknik pengumpulan data

a. Data Primer

Menurut Marzuki (1983), observasi berarti melakukan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki, tanpa mengajukan pertanyaan-pertanyaan. Observasi yang dilakukan meliputi

pengamatan hemosit dan mikronuklei yang dilakukan sebanyak 1 kali dengan pengulangan sebanyak 3 kali dan pengukuran kualitas air.

- **Wawancara**

Wawancara adalah metode untuk mendapatkan informasi dengan cara bertanya langsung kepada responden dan merupakan cara pengumpulan data dengan tanya jawab langsung yang dikerjakan secara sistematis dan berlandaskan pada tujuan (Marzuki, 1983). Wawancara dalam penelitian ini bertujuan mencari informasi secara lisan dengan menggunakan narasumber (penduduk sekitar dan instansi setempat).

- b. Data Sekunder**

Data Sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung, yaitu data dari lembaga pemerintah, lembaga swasta, pustaka dan laporan lainnya. Data sekunder meliputi keadaan umum lokasi. Baik diperoleh langsung dari lapangan, jurnal, keterangan-keterangan, wawancara, publikasi serta kepustakaan lain (Nazir, 1988). Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari laporan, jurnal, majalah, Laporan PKL/Skripsi, situs internet serta kepustakaan yang menunjang dari penelitian ini.

3.4 Teknik Pengambilan Sampel Rajungan (*Portunus pelagicus*)

Sampel rajungan (*Portunus pelagicus*) pada penelitian ini diambil langsung menggunakan tangan tanpa menggunakan alat pancing maupun perangkap. Pengambilan sampel dilakukan secara acak pada masing-masing lokasi. Setelah didapatkan sampel rajungan pada tiap lokasi, diambil sampel dari masing-masing lokasi sebanyak tiga yang memiliki rata-rata ukuran yang sama.

Sampel air sebagai parameter pendukung diambil pada 3 lokasi pengambilan sampel. Parameter kualitas air yang diuji meliputi suhu, pH,

salinitas, oksigen terlarut (DO), total padatan tersuspensi (TSS) dan analisis logam berat.

3.5 Pengukuran dan Analisa Parameter

Parameter utama yang diamati dalam penelitian ini adalah perubahan karakteristik hemosit serta mikronuklei dari rajungan (*Portunus pelagicus*) yang tercemar logam berat Pb. Sedangkan parameter penunjang yang diamati adalah kualitas air yang meliputi parameter fisika (suhu, salinitas) serta parameter kimia (pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Total Suspended Solid* (TSS) serta analisa kadar Pb dalam perairan, sedimen dan daging rajungan.

3.5.1 Metode pengambilan darah (hemolymph) rajungan (*Portunus pelagicus*)

Menurut Sari *et al.*, (2014), hemolymph kepiting bakau yang dikumpulkan secara aseptik dari membran arthrodial proksimal pada dasar kaki jalan kedua kanan dari kepiting menggunakan jarum suntik 26 gauge ukuran 1 ml dengan menggunakan sodium sitrat 10% sebagai antikoagulan dengan perbandingan 1:1 (100 μ l hemosit : 100 μ l anti koagulan). *Hemolymph* dikumpulkan dan disimpan dalam tabung *eppendorph* yang telah berisi *Tripan Blue stain Solution*.

Prosedur pengambilan sampel darah rajungan (*Portunus pelagicus*) adalah sebagai berikut :

- Disiapkan rajungan yang akan diambil sampel hemolymphnya
- Disiapkan jarum suntik 26 gauge berukuran 1 ml, lalu disterilisasi dengan larutan Ethanol.
- Diukur panjang rajungan yang akan digunakan sebagai sampel.
- Jarum suntik diisi dengan larutan Na sitrat 10% sebagai antikoagulan dengan perbandingan 1:1 (100 μ l hemosit : 100 μ l anti koagulan).

- Hemolymph rajungan dikumpulkan dengan menyuntikkan spuit yang telah berisi anti koagulan pada ruas antara kaki jalan kedua dan ketiga.
- Hemolymph diambil sebanyak 100 µl per individual lalu dipindahkan kedalam tabung *eppendorf*.

3.5.2 Metode pengamatan dan perhitungan hemosit rajungan (*Portunus pelagicus*)

3.5.2.1 Total Haemocyte Count (THC)

Hemolymph diambil sebanyak 100 µl per individu rajungan (*Portunus pelagicus*) dan dipindahkan ke dalam tabung *eppendorf* yang berisi 900 µl *Tripan Blue Stain Solution*. Tetesan pertama *hemolymph* pada suntikan dibuang, selanjutnya *hemolymph* ditetaskan pada *haemocytometer* dan dihitung jumlah selnya per ml dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x. Total hemosit dihitung dengan menggunakan formulasi Wootton *et al.*, (2003) :

$$THC = \frac{\text{Total hemolymph yang dihitung} \times \text{Faktor Pengenceran} \times 2 \times 10^4}{\text{Jumlah kotak yang dihitung}}$$

Prosedur pengamatan hemosit rajungan (*Portunus pelagicus*) adalah sebagai berikut :

- Disiapkan hemolymph rajungan yang telah disimpan ke dalam *eppendorf* lalu dipindahkan kedalam tabung *eppendorf* yang berisi 900 µl *Tripan blue stain solution* menggunakan spuit.
- Dikocok secara perlahan *eppendorf* yang telah berisi hemolymph dan campuran *tripan blue stain solution*.
- Diambil hemolymph menggunakan spuit yang akan ditetaskan pada *haemocytometer*.
- Tetesan pertama *hemolymph* pada suntikan dibuang, selanjutnya *hemolymph* ditetaskan pada *haemocytometer*.

- Dihitung jumlah selnya per ml dibawah mikroskop dengan perbesaran 1000x.
- Total hemosit dihitung dengan menggunakan formulasi

$$THC = \frac{\text{Total hemolymph yang dihitung} \times \text{Faktor Pengenceran} \times 10^4}{\text{Jumlah kotak yang dihitung}}$$

3.5.2.2 Differential Haemocyte Count (DHC)

Hemolymph yang telah diambil dicampur dengan antikoagulan dengan perbandingan 1 : 1 sesuai prosedur sebelumnya kemudian ditetaskan pada *glass slide*, didiamkan selama 30 menit lalu diusap dengan tissue, tutup dengan baker's formol kemudian dikeringkan di udara selama 30 menit dan difiksasi dengan methanol 100% selama 5 menit. Setelah itu dikeringkan udara kembali dan diwarnai dengan larutan giemsa 10% selama 10 menit, dicuci dalam air mengalir selama 30 detik dan dibiarkan kering. Preparat diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 100 kali dan dibedakan menurut jenisnya yaitu sel hyalin, semi granular dan granular. Persentase jenis hemosit dihitung dengan menggunakan rumus Martin dan Graves (1995) :

$$\text{Jenis sel hemosit (\%)} = \frac{\text{jumlah tiap jenis sel}}{\text{total sel hemosit}} \times 100$$

3.5.3 Pengamatan mikronuklei pada sel darah rajungan (*Portunus pelagicus*)

Uji mikronuklei (MN assay) ditujukan untuk menilai sel yang mengandung satu atau lebih mikronuklei yang ada dalam sitoplasma (Schmid, 1975). Prosedur pengamatan mikronuklei pada hemolymph kepiting adalah sebagai berikut :

- Contoh darah diambil satu tetes dan diletakkan diatas obyek glass dan dibuat hapusan darah ditunggu hingga kering kemudian diberi methanol.

- Hapusan darah yang telah kering kemudian diberi pewarna yaitu giemsa 10% kemudian dibuat hapusan dan dibiarkan selama ± 20 menit agar warna terserap.
- Setelah 20 menit, kemudian dicuci dengan menggunakan air mengalir dan kemudian dikeringkan.
- Preparat diamati di bawah mikroskop Olympus BH2.
- Sel hemosit yang akan diamati mikronukleusnya adalah sebanyak 1000 sel.
- Pada sel hemosit diamati nukleusnya (inti), perhatikan ada inti sel yang terpisah ukurannya lebih kecil $1/3$ dari inti normal.
- Diamati tiap sel dan dihitung frekuensi mikronuklei dengan menggunakan rumus (Palacio *et al.*, 2009) :

$$\text{MN Frequency} = \frac{(\text{No. cell containing MN}) \times (1000)}{\text{Total No cells counted}}$$

Prosedur pengamatan mikronuklei rajungan (*Portunus pelagicus*) adalah sebagai berikut :

- Diambil 1 ml hemolimph dari Rajungan lalu dicampur dengan larutan fiksasi (10% asam asetat dan methanol murni)
- Disentrifuse ± 5 menit dengan 1000 rpm
- Dibuang supernatant hingga tersisa pellet atau padatan
- Dibuat hapusan dengan metode smear diatas objek glass
- Dikeringkan di udara
- Diwarnai dengan giemsa 5%
- Diamati pada mikroskop BX 53 dengan perbesaran 400x
- Dihitung total mikronuklei

3.6 Metode Pengukuran Kualitas Air

Metode pengambilan dan penanganan contoh air serta metode kualitas air menggunakan parameter fisika dan kimia, adapun uraiannya sebagai berikut:

3.6.1 Parameter fisika

a. Suhu (thermometer Hg)

Pengukuran suhu dilakukan secara insitu menggunakan thermometer Hg dengan cara :

- Dimasukkan thermometer Hg ke dalam perairan dengan posisi membelakangi matahari
- Ditunggu hingga 2-3 menit
- Dibaca skala air raksa yang tertera pada thermometer pada saat di dalam perairan

b. Salinitas

Pengukuran salinitas dengan menggunakan alat salinometer dan dilakukan dengan cara :

- Dikalibrasi sensor salinometer dengan menggunakan aquadest dan dikeringkan dengan tisu
- Kemudian ditetaskan 3-4 tetes air sampel di sensor salinometer.
- Ditekan tombol START, pada layar akan tertera AAA kemudian LLL lalu ditekan tombol ZERO.
- Dilihat dan dicatat angka yang tertera di layar.

3.6.2 Parameter kimia

a. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) perairan diukur dengan menggunakan pH meter dan dilakukan dengan cara :

- pH meter dikalibrasi dengan aquadest kemudian dimasukkan ke dalam air sampel dan di tekan tombol ON
- Ditunggu angka yang tertera pada layar sampai stabil kemudian ditekan tombol HOLD
- Dilihat dan dicatat angka yang tertera pada layar pH meter.

b. Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran oksigen terlarut menggunakan metode Winkler. Adapun cara kerjanya yaitu :

- Botol DO yang akan digunakan dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan aquades
- Dimasukkan botol DO ke dalam perairan dengan cara dimiringkan 45° perlahan-lahan
- Ditutup botol DO dalam perairan supaya tidak ada gelembung
- Ditambahkan 2 ml larutan MnSO_4 untuk membentuk endapan cokelat lalu dihomogenkan
- Ditambahkan 2 ml larutan $\text{NaOH}+\text{KI}$ untuk mengikat oksigen dalam perairan lalu dihomogenkan
- Setelah membentuk endapan cokelat lalu dibuang cairan yang berwarna bening
- Ditambahkan H_2SO_4 1 ml dan amylum 3-4 tetes lalu dihomogenkan
- Dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hingga bening pertama kali
- Dicatat volume titrasi sebelum dan setelah titrasi
- Dihitung kandungan O_2 dengan rumus :

$$\text{DO (mg/l)} = \frac{V \text{ titran} \times N \text{ titran} \times 8 \times 1000}{V \text{ botol DO} - 4}$$

c. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS merupakan besarnya padatan tersuspensi didalam air atau limbah. Metode yang digunakan adalah metode Gravimetri. Adapun prosedur pengukuran TSS mengacu pada instruksi kerja Pengukuran Kualitas Air di Laboratorium Kualitas Air Jasa Tirta 1 :

- Disiapkan alat dan sampel uji air
- Dicuci kertas saring dan cawan
- Dimasukkan kertas saring dan cawan untuk TSS dalam oven dengan suhu 103-105°C selama ± 1 jam, kemudian dipindahkan dalam muffle dengan suhu 550-552°C selama ± 15 menit.
- Didinginkan dan disimpan dalam desikator selama belum digunakan
- Ditimbang dengan neraca analitik sesegera mungkin sebelum digunakan
- Dikocok contoh uji air dan saring 100 ml contoh uji air dengan kertas saring yang telah diketahuin berat tetapnya.
- Dimasukkan cawan kedalam oven 103-105°C minimal 1 jam
- Didinginkan cawan dalam desikator hingga suhu ruang
- Ditimbang menggunakan timbangan analitik dan ulangi hingga diperoleh berat tetap
- Dihitung konsentrasi TSS dengan rumus :

$$\text{TSS (mg/l)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{vol. air sampel (ml)}}$$

Keterangan :

- A : berat kertas saring berisi residu tersuspensi (mg)
- B : berat kertas saring kosong (mg)

3.6.3 Analisis kadar Pb (timbal)

Adapun prosedur dalam analisa kadar Pb yang pertama yaitu dilakukan preparasi pada sampel air, sedimen, dan daging rajungan.

3.6.3.1 Preparasi sampel air

Menurut Sembel (2011), dalam menganalisa logam berat, contoh air disaring dengan menggunakan kertas saring nucleopore, dengan ukuran pori 0.45 μm , yang telah direndam dalam HCl 6N selama seminggu dan dibilas dengan aquadest. Setelah disaring contoh air diawetkan dengan menambahkan HNO_3 . Pengukuran logam berat menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrofotometry) yang mempunyai ketelitian 0.001 dan batas deteksi minimal 0.005 mg/l untuk Pb. Dalam pengukuran dengan AAS ini, masing-masing dilakukan ulangan sebanyak 3 kali.

3.6.3.2 Preparasi sampel sedimen

Menurut Makmur *et al.*, (2013), prosedur preparasi sampel sedimen yang akan dianalisis kadar logam berat Pb (timbal) adalah :

- Ditimbang masing-masing sampel sedimen sebanyak 5 gram
- Dimasukkan dalam tanur pada suhu 450-500 $^{\circ}\text{C}$ (pengabuan selama ± 1 jam)
- Dilarutkan dengan menambahkan 10 ml HNO_3
- Ditambahkan aquades sampai volume menjadi 50 ml
- Dipanaskan diatas hot plate hingga mendidih dan volume berkurang 40 ml
- Bila belum terjadi kabut, ulangi penambahan HNO_3 sebanyak 10 ml pada larutan tersebut.
- Dipanaskan kembali hingga terjadi kabut
- Setelah terjadi kabut ditambahkan kembali larutan dengan aquades sehingga volume sample menjadi 50 ml

- Diendapkan larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring
- Dianalisis larutan yang diperoleh

3.6.3.3 Preparasi sampel daging

Prosedur analisis logam berat Pb dapat ditentukan sesuai dengan (AOAC 1980 dalam Sandro *et al.*, 2013) adalah sebagai berikut:

- Sampel kepiting diambil bagian dagingnya.
- Sampel ditimbang sebanyak 2,5 gr dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer.
- Tambahkan 25 ml HNO_3 pekat ke dalam Erlenmeyer dengan menggunakan ball pipet.
- Panaskan sampel yang telah ditambahkan HNO_3 pekat dengan hot plate dengan suhu 100°C selama 30 menit hingga mendidih sampai daging larut dalam bentuk cair, setelah itu dinginkan pada lemari asam.
- Sampel cair yang telah dingin kemudian ditambahkan 10 ml HClO_4 70% dan panaskan dengan hot plate dengan suhu 100°C hingga sampel tidak berwarna atau bening, setelah itu angkat dan dinginkan.
- Sampel disaring menggunakan kertas saring dan corong kedalam labu ukur.
- Tambahkan aquadest kedalam labu ukur 100 ml dengan menggunakan ball pipet hingga tanda garis merah.
- Sampel diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

3.6.3.4 Pembuatan larutan standar logam timbal (Pb)

Menurut Makmur *et al.*, (2013), prosedur pembuatan larutan standart logam berat Pb (timbal) adalah pertama logam Pb ditimbang sebanyak 1 gr. kemudian dilarutkan dengan aquades dalam labu takar 1000 ml. Larutan tersebut mengandung 1000 mg/L yang dinamakan larutan induk. Sebanyak 10 ml dari

larutan induk dipipet lalu dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml kemudian ditambahkan aquades sampai garis tanda akhir. Larutan yang diperoleh mengandung konsentrasi 100 mg/L. dari larutan 100 mg/L dipipet sebanyak 10 ml lalu dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml kemudian ditambahkan aquades sampai garis tanda akhir untuk mendapatkan larutan dengan konsentrasi 10 mg/L. Dibuat larutan dengan konsentrasi 10 mg/L sebanyak 5 ulangan untuk mempermudah larutan standar berikutnya. Untuk mendapatkan larutan standart dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 mg/L berturut-turut di pipet sebanyak 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml dan 10 ml dari larutan 10 mg/L lalu masing-masing dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml kemudian ditambahkan aquades sampai garis tanda akhir.

Adapun prosedur pembuatan larutan baku logam timbal :

- Dimasukkan logam Pb yang telah ditimbang sebanyak 1 gr ke dalam labu ukur berukuran 100 mL lalu dilarutkan dengan aquades.
- Diambil 10 mL dari larutan induk menggunakan pipet lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai garis tanda akhir untuk mendapatkan larutan dengan konsentrasi 10mg/L.

3.7 Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb)

Rumus yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang sebenarnya menurut Hutagalung dan Permana (1994) dalam Deri *et al.*, (2013), yaitu pada persamaan (1) berikut, Data hasil perhitungan selanjutnya di analisis dengan menggunakan analisis deskriptif.

$$K. \text{ sebenarnya} = \frac{K \text{ AAS} \times V.p}{W.s}$$

Dimana :

K sebenarnya	= konsentrasi sebenarnya (mg/L)	V.p	= volume pelarut (L)
K AAS	= konsentrasi atomic absorption spektrofometer (mg/l)	W.s	= berat sampel (mg).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Sampel rajungan (*Portunus pelagicus*) yang digunakan dalam penelitian diambil dari 3 pantai yakni Pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul yang memiliki karakterisasi yang berbeda-beda. Berikut akan dijelaskan masing-masing pantai.

4.1.1 Keadaan umum Pantai Kedawang

Pantai Kedawang terletak di Desa Kedawang, Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan dengan batas-batas wilayah sebelah utara berbatasan dengan Selat Madura, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Nguling, sebelah barat berbatasan dengan Desa Lekok, dan sebelah timur berbatasan dengan Desa Mlaten. Desa Kedawang memiliki luas wilayah ± 358 Ha dengan kepadatan jumlah penduduk pada tahun 2015 sekitar 7494 jiwa. Desa Kedawang merupakan desa pesisir dengan luasan mangrove $\pm 5,407$ Ha dan memiliki panjang pantai sejajar dengan pertumbuhan mangrove 0,54 km. Kawasan mangrove disini merupakan kawasan yang baru-baru ini mulai diperhatikan dan akan dijadikan kawasan konservasi. Saat ini sedang dilakukan reboisasi hutan mangrove untuk menanggulangi adanya abrasi pantai yang telah terjadi dan meningkatkan ketahanan ekonomi masyarakat sekitar. Area bekas tambak di dekat pantai juga di alih fungsikan untuk menanam bibit mangrove. Kondisi mangrove yang di dekat pemukiman sedikit mengalami kerusakan dikarenakan banyak terjadi aktivitas manusia seperti pembuangan sampah dan tempat bersandar kapal (Efendi, 2008). Kondisi mangrove pada pantai ini dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Kawasan mangrove di Pantai Kedawang Kecamatan Nguling. Dokumentasi tanggal 2 Maret 2015.

4.1.2 Keadaan umum Pantai Mlaten

Pantai Mlaten terletak di Desa Mlaten, Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan dengan batas-batas wilayah yakni sebelah utara berbatasan langsung dengan Selat Madura, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Nguling, sebelah Barat berbatasan dengan Desa Kedawang, dan sebelah timur berbatasan dengan Sungai Lawean. Desa Mlaten memiliki luas wilayah ± 64 ha dengan jumlah penduduk pada tahun 2015 adalah 1846 jiwa. Kawasan mangrove di Pantai Mlaten mengalami kerusakan yang lebih memprihatinkan dibanding ketiga lokasi pantai yang diteliti, dikarenakan lokasi ini merupakan tempat pembuangan sampah oleh masyarakat sekitar dan dekat dengan tempat pengasapan ikan sehingga limbah pengasapan ikan selalu dibuang didekat ekosistem mangrove ini. Biota yang hidup di kawasan mangrove ini sedikit ditemui dikarenakan populasinya yang semakin menurun, sehubungan dengan kondisi ekosistem mangrove yang juga semakin buruk dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Salah satu populasi biota yang menurun yaitu rajungan (*Portunus pelagicus*). Kondisi rajungan di daerah ini mengalami beberapa gangguan diakibatkan oleh adanya limbah yang semakin bertambah banyak (Megawati, 2014). Kondisi mangrove pada pantai ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kondisi vegetasi mangrove di Pantai Mlaten Kecamatan Nguling.
Dokumentasi tanggal 2 Maret 2015

4.1.3 Keadaan umum Pantai Penunggul

Pantai Penunggul masuk dalam wilayah Desa Penunggul yang terletak di Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan yang memiliki batas-batas wilayah sebelah utara berbatasan dengan Selat Madura, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Nguling, sebelah barat berbatasan dengan Desa Mlaten, dan sebelah timur berbatasan dengan Desa Tambak Rejo. Desa ini memiliki luas wilayah desa ± 57 ha, yang terdiri dari wilayah pemukiman (15 ha), persawahan (17 ha), tegal (16 ha) dan pekarangan (9 ha). Sebagian besar hutan mangrove berada di Desa Penunggul. Wilayah pesisir Desa Penunggul sebelumnya merupakan areal pertambakan hasil konversi kawasan mangrove dan jarang sekali ditumbuhi tanaman, bahkan terjadi abrasi yang tiap tahun semakin mendekati pemukiman. Namun, pesisir Kecamatan Nguling sekarang dipenuhi rimbunnya hutan mangrove terutama di Desa Penunggul. Beberapa jenis pohon-pohon yang khas atau semak-semak yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dalam perairan asin diantaranya adalah *Avicenia alba*, *Avicenia marina*, dan *Rhizophora mucronata* (Sofian *et al.*, 2012). Kondisi mangrove pada pantai ini dapat dilihat pada Gambar 11.



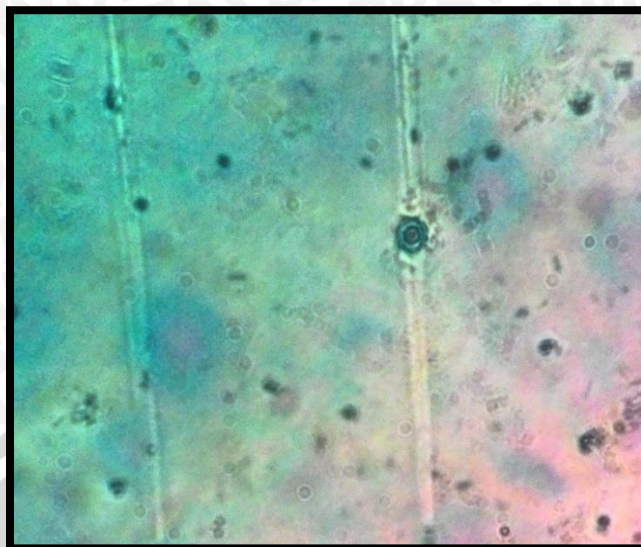
Gambar 11. Kawasan mangrove di Pantai Penunggul Kecamatan Nguling. Dokumentasi tanggal 15 Juni 2014.

4.2 Profil Hemosit Rajungan

Pada sel invertebrate yang berperan dalam sistem kekebalan yakni hemosit yang dapat ditemukan dalam hemolim. Melalui perhitungan hemosit dapat diketahui karakteristik dari biota uji untuk menentukan status kesehatannya.

4.2.1 Perhitungan *Total Haemocyte Count* (THC) rajungan (*Portunus pelagicus*)

Total Haemocyte Count (THC) merupakan salah satu parameter yang berkaitan dengan sistem imun krustase, karena krustase tidak memiliki aktivitas pembentukan antibodi untuk mempertahankan kekebalan tubuh sehingga peran sistem imun alami sangat vital untuk kehidupan krustase. Jumlah hemosit yang beredar merupakan indikator stres dan perhitungan hemosit merupakan alat penting dalam memonitoring status kesehatan dari krustase (Yildiz, 2002). Gambar 12 merupakan perhitungan jumlah hemosit pada rajungan yang dilakukan dalam kamar hitung haemocytometer.



Gambar 12. Pengamatan hemosit rajungan yang tertangkap di Pantai Mlaten dalam kamar hitung haemocytometer menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 1000x.

Berdasarkan pengamatan jumlah *Total Haemocyte Count* (THC) diperoleh hasil rata-rata jumlah total hemosit dari rajungan pada masing-masing lokasi penelitian yang disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Rata-rata jumlah total hemosit rajungan di tiga lokasi penelitian.

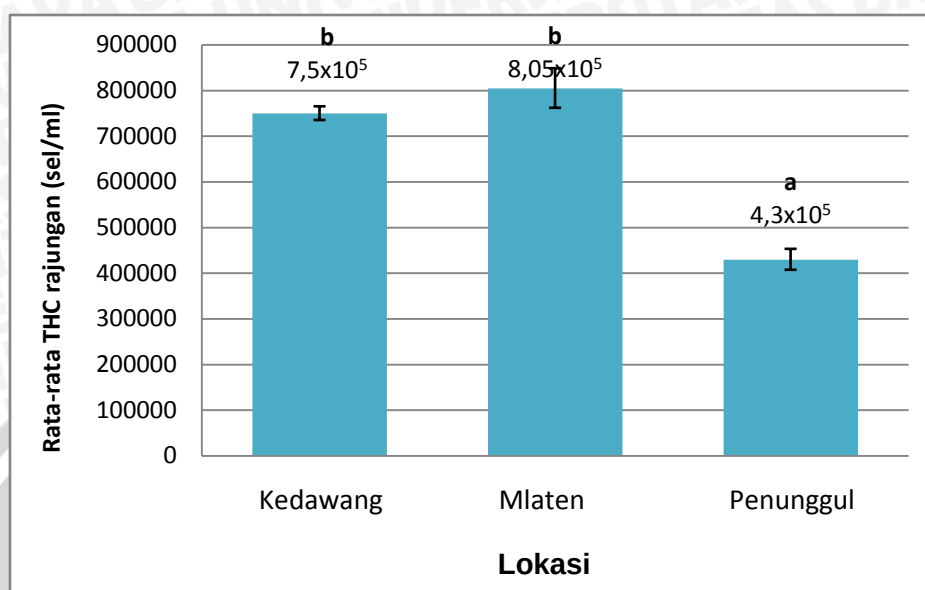
No.	Kode	Lokasi	Jumlah THC (sel/ml)	Rata-rata THC (sel/ml)	SD
1	KDW ₁	Kedawang	$7,35 \times 10^5$	$7,5 \times 10^5$	15000
2	KDW ₂		$7,5 \times 10^5$		
3	KDW ₃		$7,65 \times 10^5$		
4	MLT ₁	Mlaten	$7,8 \times 10^5$	$8,05 \times 10^5$	43301
5	MLT ₂		$8,55 \times 10^5$		
6	MLT ₃		$8,05 \times 10^5$		
7	PNG ₁	Penunggul	$4,05 \times 10^5$	$4,3 \times 10^5$	22913
8	PNG ₂		$4,5 \times 10^5$		
9	PNG ₃		$4,35 \times 10^5$		

Ket. Lokasi: **KDW** = Kedawang
MLT = Mlaten
PNG = Penunggul

Berdasarkan data tabel diatas, diperoleh rata-rata total jumlah hemosit rajungan pada tiap lokasi, yaitu Kedawang = $7,5 \times 10^5$ sel/ml, Mlaten = $8,05 \times 10^5$ sel/ml, dan Penunggul = $4,3 \times 10^5$ sel/ml. Total hemosit tertinggi yakni pada Pantai Mlaten sedangkan yang terendah yakni pada Pantai Penunggul.

Kelimpahan hemosit yang beredar pada dasarnya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah jenis kelamin, molting, status reproduksi dan nutrisi, ukuran, seks, dan berat badan. Selain itu pula karena faktor musim (Cheng dan Chen, 2001 dalam Sari et al.,2014). Sedangkan faktor-faktor ekstrinsik seperti suhu, salinitas, dan oksigen terlarut juga dilaporkan dapat mempengaruhi jumlah *Total Hamocyte Count* (THC) beberapa spesies dekapoda krustase (Moullac et al.,1998 dalam Sari et al.,2014). Seperti pada hasil studi udang *Penaeus stylirostris* yang dipelihara pada suhu rendah sebesar 18°C terjadi penurunan yang signifikan terhadap jumlah THC sebesar 40% dibandingkan dengan udang yang dipelihara pada suhu 27°C (Moullac dan Haffner, 2000 dalam Sari et al.,2014). Menurut Johansson et al.,(2000), jumlah hemosit dapat sangat bervariasi berdasarkan spesies, respon terhadap infeksi, stres, lingkungan, aktivitas endokrin selama siklus molting, seks, fase perkembangan, status reproduksi, dan nutrisi. Meningkatnya sistem imun alami crustase dan moluska dapat dilihat dari peningkatan jumlah hemosit. Hemosit berperan dalam proses fagositosis, enkapsulasi, degranulasi, dan agregasi nodular terhadap antigen serta produksi dan pelepasan proPO (*prophenoloxydase*). Apabila jumlah hematosit meningkat, maka kemampuan dalam fagositosis dan segala tahapan pertahanan tubuh dari antigen akan bertambah (Febriani, et al. 2013). Peningkatan nilai hematosit juga membuat jumlah granular meningkat sehingga merangsang aktivasi pelepasan aktivitas proPO sehingga crustase dan moluska dapat bertahan dari serangan patogen.

Grafik rata-rata jumlah total hemosit dari rajungan yang diambil dari Pantai Kedawang, Pantai Mlaten, dan Pantai Penunggul ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Rata-rata *Total Haemocyte Count* (THC) rajungan (*Portunus pelagicus*) pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul.

Berdasarkan hasil uji tukey dengan selang kepercayaan 95% THC pada Pantai Penunggul berbeda nyata dengan Pantai Kedawang dan Pantai Mlaten dengan signifikansi 0,00 ($P < 0,05$). Sedangkan pada Pantai Kedawang tidak berbeda nyata dengan Pantai Mlaten dengan signifikansi 0,136 ($P > 0,05$). Pada grafik hasil perhitungan *Total Haemocyte Count* (THC) terlihat Pantai Mlaten memiliki nilai THC tertinggi dibandingkan pada Pantai Kedawang maupun Pantai Penunggul.

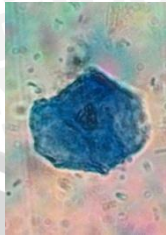
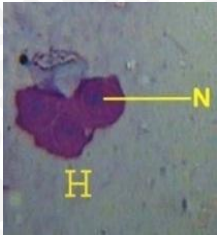
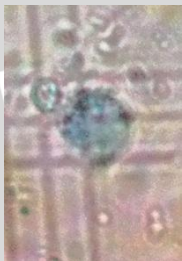
Jumlah total hemosit merupakan indikator pertahanan dari tubuh rajungan, terjadinya peningkatan jumlah hemosit di Pantai Mlaten menandakan tubuh tengah melakukan pertahanan terhadap serangan pathogen atau benda asing sehingga sistem imun atau sistem kekebalan tubuh meningkat. Senada dengan pendapat yang dikemukakan oleh Febriani *et al.*, (2013), meningkatnya sistem imun alami pada krustase dan moluska dapat dilihat dari peningkatan

jumlah hemosit. Hemosit sendiri berperan dalam proses fagositosis, enkapsulasi, degranulasi, dan agregasi nodular terhadap antigen serta produksi dan pelepasan proPO. Apabila jumlah hematosit meningkat, maka kemampuan dalam fagositosis dan segala tahapan pertahanan tubuh dari antigen akan bertambah. Sedangkan menurut Sari *et al.*,(2014), jumlah THC diyakini mempengaruhi kemampuan organisme untuk bereaksi melawan bahan asing dan berbagai respon terhadap infeksi, perubahan lingkungan pada sebagian besar krustase. Namun pada spesies dekapoda krustasea, jumlah hemosit yang berkaitan dengan pertahanan seluler bervariasi diantara spesies satu dengan yang lainnya.

4.2.2 Perhitungan *Differential Haemocyte Count* (DHC)

Hemosit adalah sel darah udang yang memiliki fungsi sama seperti sel darah putih pada hewan vertebrata. Hemosit pada udang dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu sel hialin, semigranular, dan granular (Effendy *et al.*,2004). Sel-sel hemosit yang terdapat pada krustase memiliki fungsi tersendiri. Sel hialin berperan dalam proses fagositosis dan aktivitas seperti halnya makrofage pada ikan dan binatang berdarah panas lainnya. Sel ini memiliki sedikit sekali granula pada sitoplasmanya (Lio-Po *et al.*, 2001 dalam Fariedah, 2010).

Menurut Bauchau (1980) dalam Johansson *et al.*,(2000), krustase memiliki tiga morfologis jenis hemosit yang berbeda yakni sel hialin, semi granular dan sel granular. Sel hialin berperan dalam proses fagositosis antigen yang masuk ke dalam tubuh krustase saat terjadinya infeksi penyakit. Semi granular berfungsi untuk mengenali dan merespon partikel unsur atau molekul asing atau yang biasa dikenal sebagai sel aktif dalam proses enkapsulasi dan melakukan mekanisme proPO, granular berfungsi mengaktifkan proses proPO. Berikut ini merupakan bentuk morfologi dari ketiga jenis sel hemosit dari sampel rajungan yang telah diambil ditunjukkan pada Gambar 14.

Hemosit	Penunggul	Mlaten	Kedawang	Gupta, 2013
Hialin				
Semi granular				
Granular				

Gambar 14. Bentuk morfologi ketiga jenis sel hemosit pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul dengan pewarnaan *tripan blue* menggunakan mikroskop Olympus BX 21 dengan perbesaran 1000x.

Menurut hasil pengamatan, diidentifikasi ada tiga jenis hemosit dari rajungan (*Portunus pelagicus*) yakni sel hialin, semigranular, dan sel granular yang diklasifikasikan berdasarkan sitoplasmanya. Sel hialin berbentuk agak pipih dan elips, ukurannya lebih kecil dan berekor, sitoplasma pada sel ini ditunjukkan dengan warna biru agak keunguan. Sel semigranular yang diamati berbentuk melingkar atau bulat, inti selnya berada ditepi sel tidak seperti pada sel granular dan sitoplasma ditunjukkan dengan warna biru keunguan. Sedangkan pada sel granular memiliki ukuran relatif besar dan berbentuk bulat, inti pada sel memiliki tempat yang eksentris dan sitoplasma ditunjukkan dengan warna keunguan seperti noda. Saha *et al.*, (2010), menyatakan bahwa granulocytes berbentuk

bulat dengan inti besar dan sitoplasma yang beruang dengan butiran-butiran bulat. Penampilan semigranulocytes berbentuk bulat besar di tengah inti dengan pinggiran tipis sitoplasma yang mengelilingi inti. Sedangkan hyalinocytes merupakan sel-sel berbentuk gelendong yang ditandai dengan ekstensi ekor dibawah pengamatan dengan mikroskop cahaya dan optik dimana fase inti dalam bentuk bundar atau bulat telur dan sitoplasma dapat dibedakan dalam kondisi bernoda. Menurut Gelibolu *et al.*, (2009), perubahan jumlah dan differential hemosit pada krustase jenis kepiting tergantung dari banyak faktor seperti jenis, jenis kelamin, keadaan daerah tempat tertangkapnya, musim, kondisi laboratorium, metode yang digunakan dalam perhitungan, dan ciri-ciri fisik dari air.

Hasil pengamatan differential hemosit rajungan di ketiga tempat, terjadi peningkatan sel granular dan sel hialin terutama pada hemosit di Pantai Mlaten yang diduga paling tercemar, sedangkan sel semigranular mengalami mengalami penurunan. Menurut pendapat Soderhall dan Cerenius (1992) dalam Arifuddin. *et al.*, (2004), kerjasama dan komunikasi sel dibutuhkan paling tidak pada beberapa reaksi pertahanan dan terjadi ketika mikroorganisme atau parasit dikenali dan respon imun dibentuk. Peningkatan sel-sel granular yang signifikan diikuti dengan penurunan sel-sel hialin dan semi granulosit. Penurunan persentase sel-sel hialin dan semigranular merupakan pengaruh implikasi dari peningkatan sel-sel granular yang terbentuk dari sel-sel matang dari kedua sel lainnya. Peningkatan sel-sel granular dalam hemosit merupakan salah satu parameter peningkatan status kesehatan atau ketahanan tubuh krustase, dalam kasus ini tubuh krustase jenis rajungan melakukan pertahanan dalam melawan benda asing seperti logam berat yang terkandung. Hal ini tentunya tidak lepas dari peran dan fungsi jenis sel lain dalam hemosit. Sehingga perubahan jumlah sel hialin, semi granular, dan granular dalam hemosit merupakan salah satu parameter peningkatan status

kesehatan atau ketahanan tubuh krustase dan dapat menjadi acuan untuk menentukan kesehatan krustase atau moluska.

4.2.2.1 Perhitungan sel granular

Nilai DHC ditentukan oleh dua jenis sel hemosit yaitu sel hialin dan sel granular. Hasil perhitungan persentase jumlah tiap jenis sel hemosit atau *Differential Haemocyte Count* (DHC) secara keseluruhan menunjukkan bahwa sel granular pada Pantai Kedawang, Mlaten maupun Penunggul memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan kedua jenis sel hemosit.

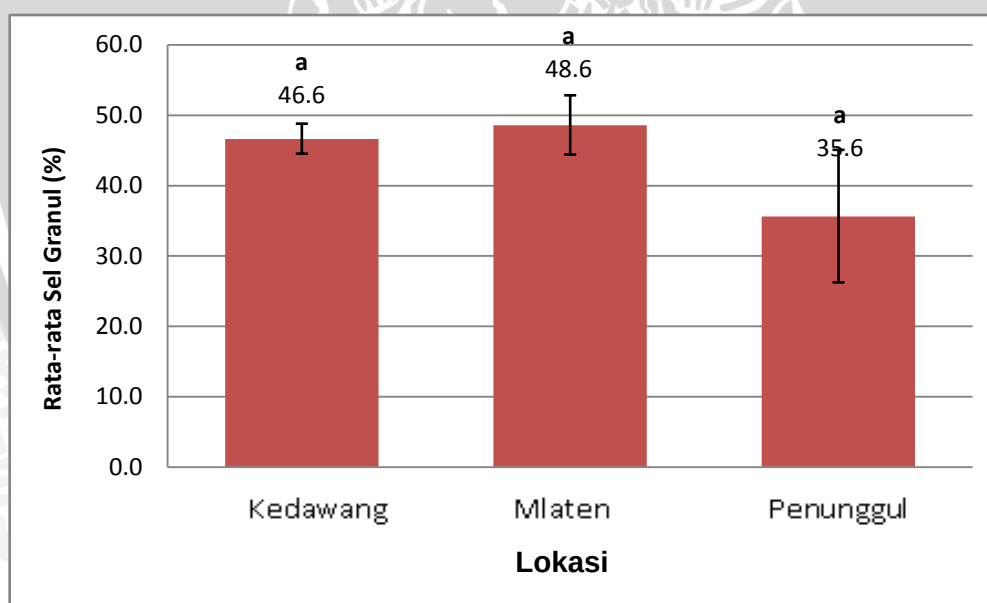
Hasil perhitungan persentase tiap jenis sel hemosit atau *Differential Haemocyte Count* (DHC) secara keseluruhan yang ditunjukkan pada Lampiran 6 menunjukkan bahwa sel granular memiliki persentase jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan sel hialin maupun sel semigranular. Jumlah sel granular rajungan pada masing-masing lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Persentase jumlah sel granular rajungan di tiga lokasi penelitian.

Kode	Lokasi	Jumlah Sel Granular (%)	Rata-rata Sel Granular (%)	SD
KDW ₁	Kedawang	45	47	2,1
KDW ₂		46		
KDW ₃		49		
MLT ₁	Mlaten	52	48,6	4,2
MLT ₂		44		
MLT ₃		50		
PNG ₁	Penunggul	46	35,6	9,4
PNG ₂		33,3		
PNG ₂		27,6		

Ket. Lokasi : **KDW** = Kedawang
MLT = Mlaten
PNG = Penunggul

Persentase sel granular rajungan dari Pantai Kedawang pada ulangan 1 tidak jauh berbeda dengan ulangan 2 yakni masing-masing 45% dan 46%, lalu pada ulangan 3 meningkat sebesar 3% dengan rata-rata sebesar 47%. Persentase sel granular rajungan di Pantai Mlaten memiliki rata-rata jumlah yang paling besar bila dibandingkan persentase sel granular di Pantai Kedawang dan Pantai Penunggul. Pada ulangan pertama persentase sel granular sebesar 52% lalu menurun menjadi 44% pada ulangan kedua dan pada ulangan ketiga naik menjadi 50%. Sedangkan persentase sel granular rajungan di Pantai Penunggul memiliki persentase yang rendah dibandingkan persentase sel granular di Pantai Kedawang maupun Mlaten yakni pada ulangan pertama rata-ratanya sebesar 46%, pada ulangan kedua sebesar 33,3% dan ulangan ketiga sebesar 27,6%.. Grafik persentase jumlah sel granular dari rajungan (*Portunus pelagicus*) dari Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Persentase rata-rata sel granular rajungan (*Portunus pelagicus*) pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul, Kab. Pasuruan.

Berdasarkan hasil uji tukey dengan selang kepercayaan 95% DHC sel granular pada ketiga pantai tidak berbeda nyata. Pantai Kedawang tidak berbeda nyata dengan pantai Mlaten dengan signifikansi 0,089 ($P > 0,05$). Pantai

Kedawang tidak berbeda nyata dengan Pantai Penunggul dengan signifikansi 0,919 ($P > 0,05$). Pantai Mlaten tidak berbeda nyata dengan Pantai Penunggul dengan signifikansi 0,147 ($P > 0,05$).

Berdasarkan perhitungan sel granular rajungan di ketiga lokasi penelitian diketahui bahwa jumlah sel granular rajungan pada Pantai Mlaten memiliki nilai tertinggi. Dalam hal ini sel granular merupakan sel-sel matang dari kedua sel lainnya. Menurut Arifuddin *et al.*, (2004), peningkatan sel-sel granular dalam hemosit merupakan salah satu parameter peningkatan status kesehatan atau ketahanan tubuh udang yang tentunya tidak lepas dari peran dan fungsi dari jenis sel lain dalam hemosit. Kemampuan sel granular untuk melakukan aktifitas fagositosis dan terlibat dalam sistem proPO akan memberikan proteksi ganda terhadap patogen yang tentunya akan lebih meningkatkan status kesehatan dari rajungan.

4.2.2.2 Perhitungan sel hialin

Sel hialin merupakan perbandingan inti sel lebih tinggi dari sitoplasma dan memiliki sedikit granula. Sel hialin berfungsi untuk melakukan aktivitas fagositik atau sebagai makrofag yang akan menelan pathogen (Johansson *et al.*, 2000 dalam Syahailatua 2009).

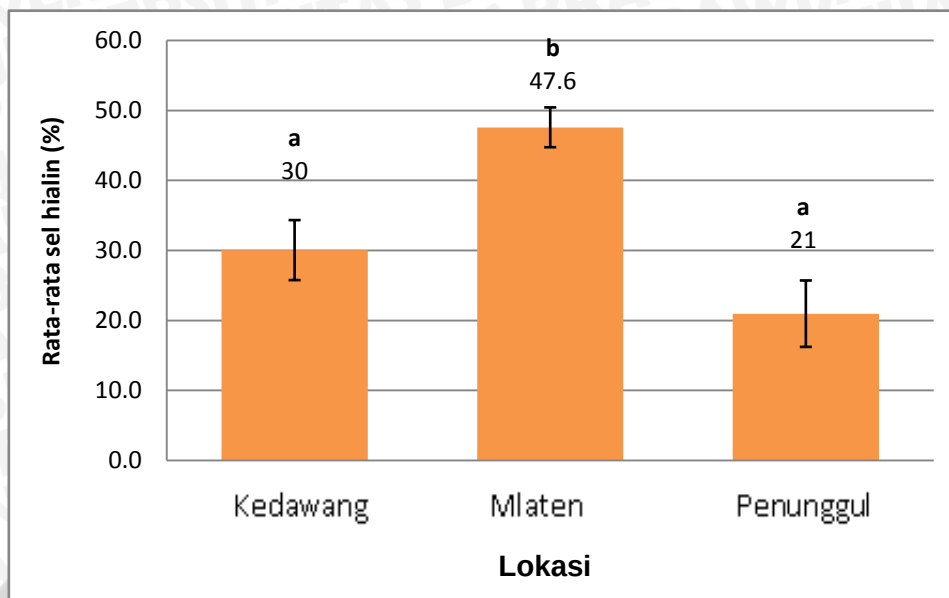
Hasil perhitungan persentase jumlah tiap jenis sel hemosit atau *Diferential Haemocyte Count* (DHC) secara keseluruhan menunjukkan bahwa sel hialin pada Pantai Mlaten memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan Pantai Kedawang maupun Penunggul. Jumlah sel hialin dari rajungan pada masing-masing lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Persentase jumlah sel hialin rajungan di tiga lokasi penelitian.

Kode	Lokasi	Jumlah Sel Hialin (%)	Rata-rata Sel Hialin (%)	SD
KDW ₁	Kedawang	31	30	4,3
KDW ₂		34		
KDW ₃		25,5		
MLT ₁	Mlaten	44,4	47,6	21
MLT ₂		50		
MLT ₃		48,2		
PNG ₁	Penunggul	19,2	21	5
PNG ₂		26,3		
PNG ₂		17,3		

Ket. Lokasi : **KDW** = Kedawang
MLT = Mlaten
PNG = Penunggul

Persentase sel hialin rajungan pada Pantai Kedawang menunjukkan adanya penurunan. Hal ini dilihat dari nilai persentase yang ditunjukkan pada ulangan pertama sebesar 31% lalu pada ulangan kedua sebesar 34% kemudian pada ulangan ketiga menurun menjadi sebesar 25,5%. Persentase sel hialin pada Pantai Mlaten memiliki persentase yang paling besar diantara kedua Pantai yang lain, yakni pada pengulangan pertama sebesar 44,4% kemudian pada ulangan kedua sebesar 50% dan pada ulangan yang ketiga sebesar 51,8%. Pada Pantai Penunggul persentase sel hialin memiliki nilai paling rendah diantara persentase sel hialin pada Pantai Kedawang maupun Pantai Penunggul, yakni pada ulangan pertama diketahui persentase sel hialinnya sebesar 19,2% kemudian pada ulangan kedua sebesar 26,3% dan ulangan ketiga sebesar 17,3%. Grafik persentase jumlah sel hialin dari Rajungan (*Portunus pelagicus*) dari Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul disajikan pada Gambar 16.



Gambar 16. Persentase rata-rata sel hialin rajungan (*Portunus pelagicus*) pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul, Kab. Pasuruan.

Berdasarkan uji tukey dengan selang kepercayaan 95% DHC sel hialin pada Pantai Kedawang tidak berbeda nyata dengan Pantai Penunggul dengan signifikansi 0,074 ($P > 0,05$). Sedangkan Pantai Mlaten berbeda nyata dengan Pantai Penunggul dengan signifikansi 0,000 ($P < 0,05$) dan Pantai Mlaten juga berbeda nyata dengan Pantai Kedawang dengan signifikansi 0,004 ($P < 0,05$). Menurut (Johansson *et al.*, 2000), nilai DHC ditentukan oleh dua jenis sel hemosit yaitu sel hialin dan sel granular. Sel hialin merupakan sel dengan perbandingan inti sel lebih tinggi dari sitoplasma dan memiliki sedikit granula. Sel hialin berfungsi untuk melakukan aktivitas fagositik atau sebagai makrofag yang akan menelan patogen.

Kadar DHC sel hialin yang tinggi dapat dikatakan bahwa tubuh rajungan sedang memproduksi sel hialin dalam jumlah besar untuk melawan benda asing atau toksin yang masuk kedalam tubuh.

4.2.2.3 Perhitungan sel semigranular

Berdasarkan persentase jumlah hemosit rajungan dari ketiga lokasi penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 6. Diketahui bahwa sel semigranular merupakan sel dengan persentase yang paling rendah, jumlah persentase sel semigranular pada Pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul disajikan pada Tabel 4.

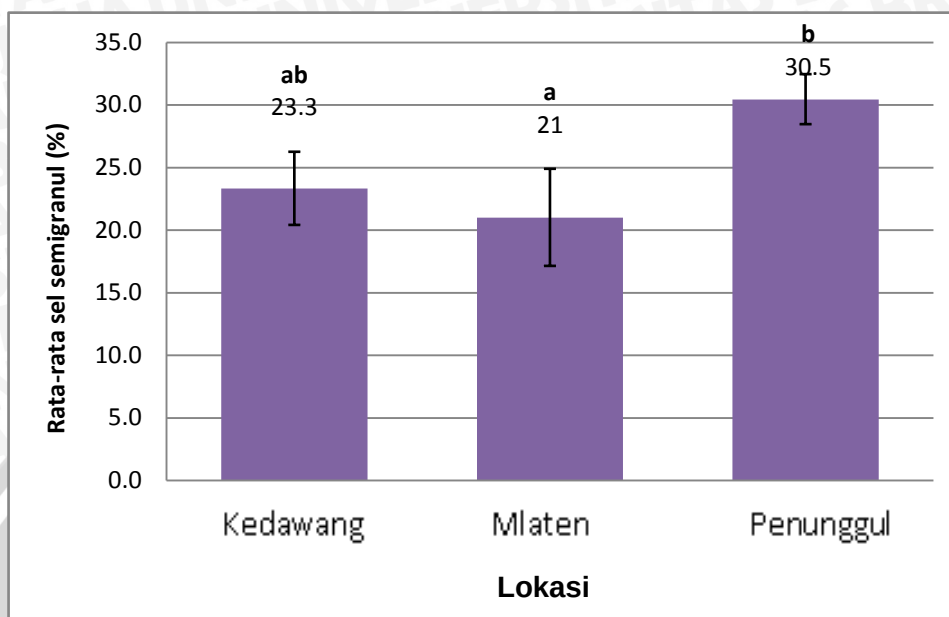
Tabel 4. Persentase jumlah sel semigranular rajungan di tiga lokasi penelitian.

Kode	Lokasi	Jumlah Sel Semigranulosit (%)	Rata-rata Sel Semigranulosit (%)	SD
KDW ₁	Kedawang	24,5	23,3	3
KDW ₂		20		
KDW ₃		25,4		
MLT ₁	Mlaten	22,2	21	4
MLT ₂		16,7		
MLT ₃		24,1		
PNG ₁	Penunggul	29	30	2
PNG ₂		30		
PNG ₂		33		

Ket. Lokasi : **KDW** = Kedawang
MLT = Mlaten
PNG = Penunggul

Persentase sel semigranular rajungan di Pantai Kedawang menunjukkan kenaikan pada ulangan ketiga. Ini dibuktikan dengan nilai persentase pada ulangan pertama 24,5% lalu pada ulangan kedua 20%, dan naik pada ulangan ketiga yaitu 25,4%. Persentase sel semigranular pada rajungan di Pantai Mlaten memiliki rata-rata yang paling rendah daripada Pantai Kedawang maupun Pantai Penunggul. Pada Pantai Penunggul nilai persentase sel semigranular menunjukkan angka yang relatif yakni pada ulangan ulangan 1, ulangan 2, ulangan 3 secara berturut-turut 29%, 30%, lalu 33%. Grafik persentase jumlah sel

semigranular dari rajungan pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul ditunjukkan pada Gambar 17 berikut.



Gambar 17. Persentase rata-rata sel semigranular rajungan (*Portunus pelagicus*) pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul, Kab. Pasuruan.

Berdasarkan hasil uji tukey dengan selang kepercayaan 95% DHC sel semigranular Pantai Mlaten tidak berbeda nyata dengan Pantai Kedawang dengan signifikansi 0,640 ($P > 0,05$) dan berbeda nyata dengan Pantai Penunggul dengan signifikansi 0,021 ($P > 0,05$). Sedangkan pada Pantai Kedawang tidak berbeda nyata dengan Pantai Penunggul dengan signifikansi 0,063 ($P > 0,05$).

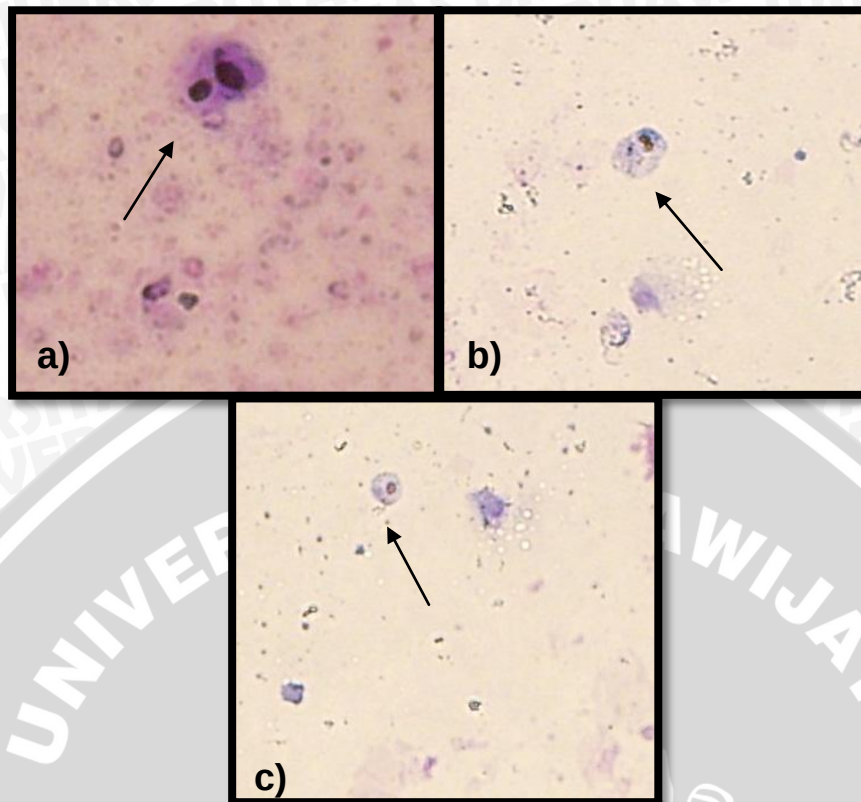
Sel semigranular merupakan pematangan dari sel hialin yang ketika terjadi serangan patogen maka yang berperan pertama adalah sel hialin, sehingga sel ini tidak berkembang menjadi sel semigranular dan terlihat penurunan jumlah sel semigranular yang terdapat dalam hemosit (Van de Braak, 2002). Sel semigranular dikarakteristikan dengan terdapatnya granula pada sitoplasma. Sel ini mampu merespon polikasarida dari dinding sel bakteri atau β -glucan yang berasal dari jamur (Johansson *et al.*, 2000).

Berdasarkan grafik persentase sel semigranular, baik rajungan dari Pantai Kedawang, Mlaten, serta Penunggul memiliki rata-rata persentase yang hampir

sama atau mendekati. Penurunan sel-sel hialin dan sel semigranular ini bisa disebabkan karena pengaruh dari toksin seperti logam berat timbal yang masuk kedalam perairan. Pada hal ini sel semigranular merupakan pematangan dari sel hialin yang ketika terjadi serangan patogen maka yang berperan pertama adalah sel hialin, sehingga sel ini tidak berkembang menjadi sel semigranular dan terlihat penurunan jumlah sel semigranular yang terdapat dalam hemosit (Braak, 2001). Peningkatan sel hialin, semigranular dan granular dalam hemosit merupakan salah satu parameter peningkatan status kesehatan atau ketahanan tubuh kepiting. Sel-sel tersebut memiliki fungsi masing-masing. Sel semi granular berperan dalam aktifitas fagositosis, enkapsulasi, proPO, dan sitoksis (Johansson *et al.*, 2000 dalam Smith *et al.*, 2003).

4.3 Total Mikronuklei

Uji mikronuklei merupakan salah satu biomarker yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi gangguan genetik. Uji mikronuklei yang diaplikasikan ke ikan dapat mendeteksi klastogen dan aneugenik efek dari genotoksik dalam media air (Gutierrez *et al.*, 2014). Uji mikronuklei dalam sel darah merah (eritrosit) ikan merupakan alternatif untuk mendeteksi genotoksik didalam perairan. Semakin tinggi jumlah mikronuklei maka semakin tinggi pencemaran yang ada diperairan tersebut begitu pula sebaliknya semakin rendah jumlah mikronuklei pada ikan maka tingkat pencemaran pada perairan tersebut juga rendah. Berdasarkan hasil penelitian mengenai mikronuklei dari rajungan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul diperoleh hasil gambaran mikronuklei pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil pengamatan mikronuklei rajungan (*Portunus pelagicus*) dengan menggunakan larutan giemsa (tanda panah) dibawah Mikroskop Olympus BX 53 dengan perbesaran 400x : a) Mikronuklei dari Pantai Kedawang, b) Mikronuklei dari Pantai Mlaten, c) Mikronuklei dari Pantai Penunggul.

Mikronuklei adalah sitoplasma badan kromatin yang mengandung fragmen kromosom acentrik atau kromosom tertinggal selama anafase dan gagal untuk menjadi inti sel selama pembelahan sel. Karena kerusakan genetik yang menghasilkan istirahat kromosom atau kelainan sehingga menyebabkan pembentukan mikronukleus, terbentuknya mikronuklei berfungsi sebagai indeks dari jenis kerusakan. Akibat penyimpangan kromosom, uji mikronukleus telah banyak digunakan untuk menguji bahan kimia yang menyebabkan jenis kerusakan (Ali *et al.*, 2008). Mikronuklei terbentuk dari fragmen asentrik yang gagal bergabung dengan sel anak selama proses pembelahan sel. Dapat juga terbentuk dari sebuah kromosom yang tertinggal, atau tidak terbawa dalam proses mitosis, atau terjadi akibat konfigurasi kromosom yang kompleks,

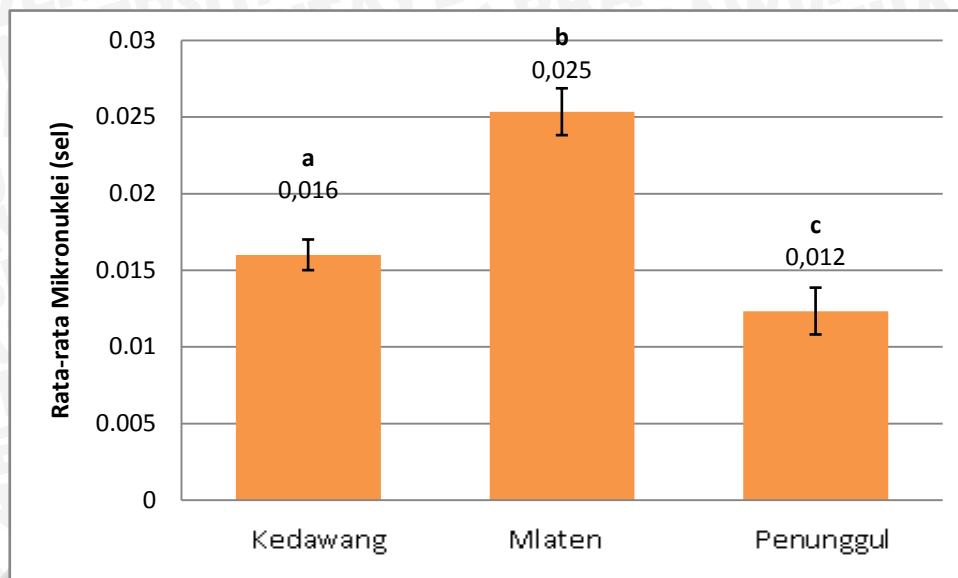
pada waktu proses anafase. Namun demikian terdapat bukti kuat yang menunjukkan bahwa radiasi dapat menginduksi pembentukan mikronukleus adalah terutama berasal dari fragmen asentrik (Yanti dan Zubaidah, 2011). Hasil pengamatan mikronuklei pada rajungan yang diambil dari Pantai Kedawang, Mlaten, serta Penunggul dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Jumlah Mikronuklei Rajungan yang diambil dari Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul, Pasuruan.

Kode	Total Mikronuklei		
	Kedawang	Mlaten	Penunggul
MN₁	$1,6 \times 10^{-2}$ Mn	$2,5 \times 10^{-2}$ Mn	$1,4 \times 10^{-2}$ Mn
MN₂	$1,7 \times 10^{-2}$ Mn	$2,7 \times 10^{-2}$ Mn	$1,2 \times 10^{-2}$ Mn
MN₃	$1,5 \times 10^{-2}$ Mn	$2,4 \times 10^{-2}$ Mn	$1,1 \times 10^{-2}$ Mn
Rata-Rata	$1,6 \times 10^{-2}$ Mn	$2,5 \times 10^{-2}$ Mn	$1,2 \times 10^{-2}$ Mn
SD	10^{-3}	0	0

Keterangan : **Mn** = Mikronuklei

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah total mikronuklei dari rajungan yang diambil dari Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul diperoleh hasil total mikronuklei yang berbeda. Nilai total mikronuklei tertinggi terdapat pada rajungan yang diambil dari Pantai Mlaten yakni rata-ratanya sebanyak $2,5 \times 10^{-2}$ Mn, kemudian jumlah total mikronuklei rajungan dari Pantai Kedawang sebesar $1,6 \times 10^{-2}$ Mn dan nilai total Mikronuklei terendah yakni rajungan dari Pantai Penunggul sebesar $1,2 \times 10^{-2}$ Mn. Berikut ini adalah grafik total jumlah mikronuklei dari rajungan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Persentase rata-rata total mikronuklei (Mn) rajungan (*Portunus pelagicus*) pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul, Kab. Pasuruan.

Hasil dari uji tukey dengan selang kepercayaan 95%, total mikronuklei di Pantai Penunggul berbeda nyata dengan Pantai Kedawang dengan signifikansi 0,039 ($P < 0,05$). Pantai Penunggul juga berbeda nyata dengan Pantai Mlaten dengan signifikansi 0,000 ($P < 0,05$). Sedangkan Pantai Kedawang berbeda nyata dengan Pantai Mlaten dengan signifikansi 0,000 ($P < 0,05$).

Hasil analisa mikronuklei rajungan di ketiga tempat pengambilan sampel, diketahui bahwa sampel rajungan Pantai Mlaten memiliki nilai total mikronuklei yang tertinggi bila dibandingkan dengan Pantai Kedawang dan Pantai Penunggul. Tingginya mikronuklei ini menandakan kandungan polutan di Pantai Mlaten ini juga tinggi. Diduga rajungan serta biota-biota yang hidup di perairan Mlaten terkontaminasi dengan tingginya kandungan logam berat Pb yang terkandung akibat kualitas air yang buruk serta masuknya polutan dari limbah sekitar. Pinheiro *et al.*, (2012), mengemukakan dalam penelitiannya pada area mangrove di Cubato, kontaminasi logam berat yang terkandung berada dibawah ambang ketentuan TEL dan PEL. Namun, penelitian dari sebagian besar spesies akan dibutuhkan untuk menyamakan hubungan antara hasil konsentrasi Pb dan

Mn%. Menurut Nepomuceno *et al.*, (1997) telah menyebutkan bahwa konsentrasi polutan yang lebih tinggi dapat menghambat pembelahan sel normal, kromosom rusak eritrosit, dan duplikasi DNA mengganggu, menyebabkan frekuensi mikronuklei menurun lebih atau kurang. Kemudian frekuensi mikronuklei cenderung keluar dan ikan mungkin mempromosikan beberapa mekanisme pertahanan untuk mengurangi beberapa residu logam dalam tubuh untuk menstabilkan frekuensi mikronuklei tersebut.

4.4 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air memiliki peran yang sangat penting dalam lingkungan perairan, selain sebagai media hidup pertumbuhan, juga berperan sebagai media pemijahan dan perkembangbiakan bagi organisme yang hidup di air maupun yang hidup disekitar lingkungan perairan. Kualitas air sangat menentukan kondisi kesehatan biota-biota dalam perairan serta kemampuannya untuk beradaptasi. Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kondisi air tetap dalam kondisi alamiahnya. Pada penelitian ini parameter kualitas air yang diuji yaitu parameter fisika yang meliputi pengukuran suhu dan salinitas, sedangkan parameter kimia meliputi pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Total Suspended Solid* (TSS). Data hasil pengukuran kualitas air di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Parameter kualitas air di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kab.Pasuruan

No	Parameter	KDW	MLT	PNG	Baku Mutu (Sumber)	Nilai
1	Suhu (°C)	32	31	30	Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004	28°-32°C
2	Salinitas (‰)	26	11	25		≤ 34 ‰
3	pH	8	8	8		7 - 8,5
4	DO (mg/L)	3	4,2	8		>5 (mg/L)
5	TSS (mg/L)	57,1	44,27	41,37		80
6	Pb (Air)	0,114	0,121	0,099		0,008 (mg/L)
7	Pb (Sedimen)	2,91	3,20	2,8		0,8 ppm
8	Pb (Daging)	0,062	0,4	0,053	Dutch Quality standards for Metal in sedimen (IADC/CEDA, 1997)	0,5 mg/kg

Ket. Lokasi: **KDW** = Kedawang
MLT = Mlaten
PNG = Penunggul

4.4.1 Parameter fisika

a. Suhu

Suhu merupakan faktor penting bagi kehidupan organisme perairan, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas maupun perkembangbiakan dari organisme tersebut. Dari pengukuran suhu di 3 lokasi pengambilan sampel diperoleh suhu rata-rata yang hampir sama yakni sekitar 30° - 32°C. Kisaran suhu pada ketiga Pantai ini masih dalam kategori normal menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 kisaran suhu untuk biota laut yakni berkisar 28° - 32°C.

Suhu merupakan salah satu faktor abiotik yang sangat menentukan kelangsungan hidup organisme perairan. Suhu perairan juga mempengaruhi

proses kelarutan akan logam-logam berat yang masuk ke perairan, dalam hal ini semakin tinggi suatu suhu perairan kelarutan logam berat akan semakin tinggi. Menurut Santoso *et al.*, (2013), kisaran temperatur yang dibutuhkan rajungan (*Portunus pelagicus*) yaitu 29°C hingga 30°C.

b. Salinitas

Salinitas berperan sangat penting dalam pemeliharaan larva krustasea seperti zoea rajungan. Perubahan salinitas akan mempengaruhi sifat fungsional dan struktur tubuh organisme. Hal yang sama juga akan mengubah konsentrasi cairan tubuhnya sesuai dengan lingkungannya dengan kombinasi proses osmosis dan difusi, sehingga akan mempengaruhi proses molting. Nilai salinitas yang diperoleh dari hasil pengukuran di ketiga lokasi berkisar dari 11-26 ‰. Kisaran nilai salinitas ini masih terbilang layak menurut Kepmen LH No.51 Tahun 2004 yakni berkisar $\leq 34\text{‰}$. Sedangkan menurut Susanto (2007), rajungan umumnya hanya hidup di laut dengan salinitas sekitar 32-34 ppt. Rendahnya nilai salinitas di Pantai Mlaten yakni 11‰ dikarenakan Pantai Mlaten berada dekat muara sungai atau daerah estuary sehingga banyak mendapat pengaruh dari masukan air tawar.

Selain karena pengukuran yang dilakukan di dekat muara sungai, penurunan salinitas ini diduga dikarenakan kandungan logam berat yang tinggi akibat kebiasaan masyarakat sekitar Pantai Mlaten yang membuang limbah rumah tangga langsung ke laut. Hal ini diperkuat oleh Yulinda (2011), yang mengatakan salinitas dapat mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan, bila terjadi penurunan salinitas maka akan menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar. Sedangkan menurut Bangun (2005), peningkatan nilai salinitas mempunyai pengaruh negatif terhadap konsentrasi logam berat, semakin tinggi salinitas maka konsentrasi logam berat akan semakin rendah.

4.4.2 Parameter kimia

a. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) sangat penting sebagai parameter kualitas air karena ia mengontrol tipe dan laju reaksi beberapa bahan dalam air, tidak semua makhluk hidup bisa bertahan dengan perubahan nilai pH. Menurut KepMen LH No.51 Tahun 2004 kisaran pH untuk biota perairan yaitu 7-8,5. Sedangkan menurut Zaidin *et al.*,(2013), kisaran pH untuk pertumbuhan rajungan yang baik yaitu mendekati pH netral yaitu 7- 8. Berdasarkan hal tersebut, maka kisaran pH di ketiga lokasi penelitian digolongkan masih baik serta dapat mendukung kehidupan organisme yang hidup didalamnya.

Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang besar terhadap tumbuhan dan hewan air. pH merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan ambang batas berbagai racun dan kisaran pH tergantung dari berbagai faktor antara lain suhu, konsentrasi dari oksigen terlarut. Menurut Yulinda (2011), pH akan mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan, dalam hal ini kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada pH rendah, sehingga menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar. Sedangkan menurut pendapat dari Darmono (2001), pH, suhu, dan salinitas menyebabkan ukuran fisik dari tubuh kepiting di tiap lokasi berbeda-beda, selain itu kemungkinan besar juga disebabkan oleh pencemaran lingkungan.

b. Oksigen terlarut (DO)

Menurut Barus (2001), *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan banyaknya oksigen terlarut ke dalam suatu perairan. Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali dibutuhkan untuk respirasi bagi sebagian besar organisme. Oleh karena itu kelarutan oksigen dalam air sangat dipengaruhi oleh suhu air 0°C, yaitu sebesar 14,6 mg/l. Nilai DO di Pantai Kedawang, Mlaten, serta Penunggul memiliki

kisaran nilai DO sebesar 3-8 mg/L. Menurut pendapat Adi (2011), oksigen terlarut didalam air antara 4-6 ppm dianggap paling ideal untuk tumbuh dan berkembang larva rajungan.

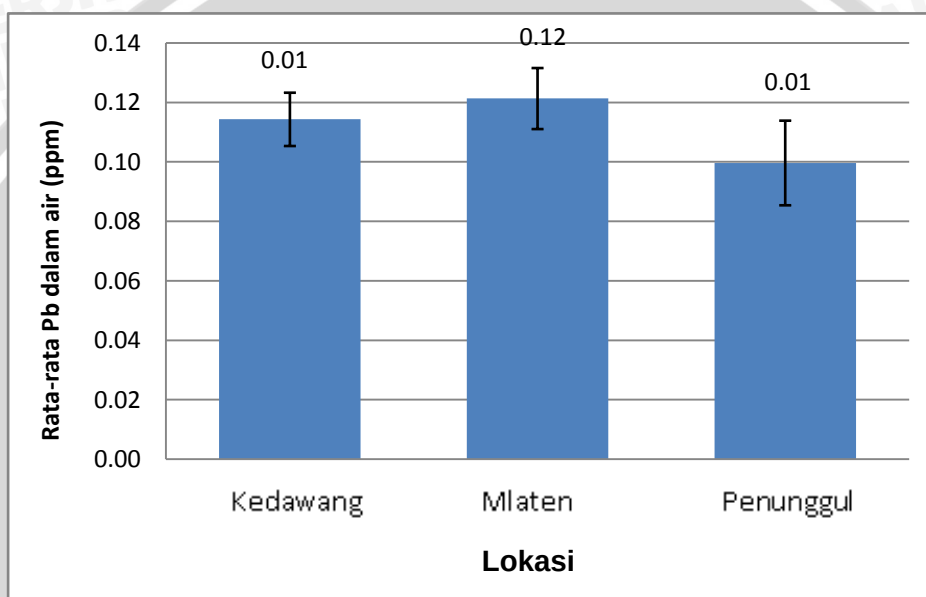
c. Total Suspended Solid (TSS)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen (Kristanto, 2002). Nilai padatan terlarut total mencerminkan banyaknya zat-zat padat yang terlarut dalam suatu contoh air, semakin tinggi jumlah zat padat yang terlarut dalam air maka sifat transparansi air akan berkurang sehingga menurunkan produktivitas air. Berdasarkan hasil pengukuran TSS di 3 lokasi pengambilan sampel, diperoleh untuk Pantai Kedawang nilai TSS sebesar 57,1 mg/L, Pantai Mlaten sebesar 44,3 mg/L dan Pantai Penunggul sebesar 41,37 mg/L. Sementara kandungan padatan tersuspensi total yang diperuntukkan biota laut menurut KepMen LH No.51 Tahun 2004 yakni sebesar 80 mg/L.

Rata-rata nilai TSS pada ketiga pantai dibawah nilai yang diperuntukkan menurut Kepmen LH No.51 Tahun 2004. Menurut Tarigan dan Edward (2003), pengaruh padatan tersuspensi sangat beragam, tergantung pada sifat kimia alamiah bahan tersuspensi tersebut, khususnya bahan toksik. Untuk zat padat tanpa bagian toksik yang nyata seperti tanah liat, pemisahan bahan tersuspensi serta penutupan oleh tanaman benthik dan hewan tidak bertulang belakang dapat menyebabkan angka kematian yang tinggi. Tanaman menderita abrasi dan kerusakan mekanik, hewan yang tidak bertulang belakang yang lebih kecil mati tercekik, dan hewan tidak bertulang belakang besar yang mempunyai insang akan mengalami penyumbatan pada alat penglihatan dan permukaan tubuh lainnya. Pengaruh yang berbahaya pada ikan, zooplankton, dan makhluk hidup lainnya pada prinsipnya adalah penyumbatan insang oleh partikel.

4.4.3 Kadar logam berat Pb pada perairan dan sedimen di kawasan mangrove Pantai Utara Kab. Pasuruan

Pada Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul kadar logam berat Pb pada perairan dan sedimen menunjukkan hasil yang berbeda, hal ini dikarenakan adanya perbedaan karakteristik maupun sumber bahan pencemar dari tiap lokasi pengamatan. Grafik hasil analisa kandungan logam berat Pb pada perairan dapat dilihat pada Gambar 20 dan Lampiran 4.



Gambar 20. Rata-rata kadar logam berat Pb dalam perairan di Pantai Utara Kabupaten Pasuruan.

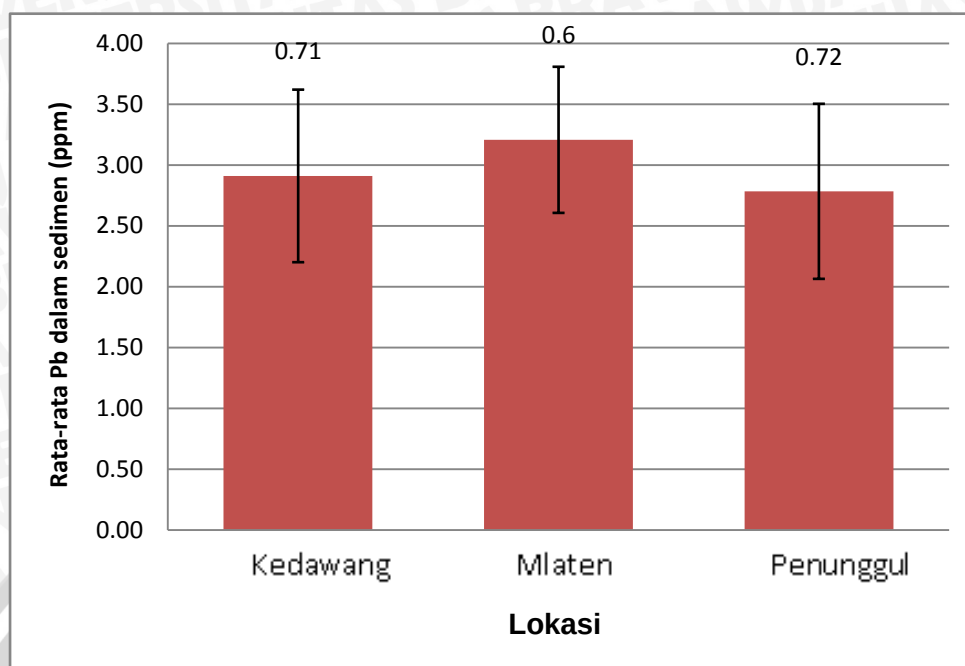
Berdasarkan grafik serta tabel hasil kualitas air pada Lampiran 4, hasil rata-rata logam berat Pb dalam perairan di Pantai Kedawang sebesar 0,144 ppm, Pantai Mlaten 0,121 ppm, dan Pantai Penunggul 0,099 ppm. Menurut hasil tersebut dapat terlihat bahwa kadar logam berat Pb yang tertinggi yakni pada Pantai Mlaten serta yang terendah yakni pada Pantai Penunggul.

Tingginya kadar logam Pb di Pantai Mlaten dipengaruhi oleh aktivitas kapal-kapal nelayan yang masuk keluar di daerah tersebut, selain itu banyaknya aktivitas manusia seperti tempat pembuangan limbah pengasapan ikan, pembuangan sampah, dan aktivitas kapal motor nelayan yang melintas maupun

bersandar untuk pengisian bahan bakar, pergantian oli, pengecatan kapal, sehingga banyak menghasilkan limbah logam berat Pb yang berbahaya bagi biota perairan. Kondisi ini dapat mengakibatkan adanya ceceran atau tumpahan bahan bakar yang masuk ke perairan sehingga konsentrasi logam Pb terlarut meningkat.

Menurut Siaka (2008), umumnya cat anti korosi pada kapal motor mengandung timbal (Pb). Sedangkan menurut Darmono (1995), mengatakan kandungan logam dalam air dapat berubah bergantung pada lingkungan dan iklim. Pada musim hujan, kandungan logam akan lebih kecil karena proses pelarutan sedangkan pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Selain itu, Pb dapat digunakan sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan. Secara keseluruhan, kadar logam berat Pb pada perairan pantai Utara Pasuruan di tiga lokasi berkisar antara 0,099–0,121 ppm, hal ini menandakan kadar logam berat Pb di ketiga lokasi pengambilan sampel sudah melebihi ambang batas yang diperuntukkan untuk kehidupan biota laut menurut KepMen LH No.51 Tahun 2004 yakni 0,008 mg/L. Sedangkan kadar Pb tertinggi yakni di Pantai Mlaten. Kandungan Pb banyak bersumber dari sampah-sampah domestik seperti sampah plastik berwarna, kertas berwarna yang banyak mengandung Pb.

Sedangkan hasil analisa kandungan Pb pada sediman di ketiga lokasi meunjukkan hasil rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan kandungan logam berat Pb pada perairan. Grafik kandungan Pb pada sedimen dapat dilihat pada Gambar 21 dan Lampiran 4.



Gambar 21. Rata-rata kadar logam berat Pb dalam sedimen di Pantai Utara Pasuruan.

Hasil rata-rata logam berat Pb pada sedimen diperoleh kandungan logam berat tertinggi yaitu pada Pantai Mlaten sebesar 3,20 ppm. Kemudian untuk Pantai Kedawang rata-rata sebesar 2,91 ppm dan hasil terendah pada Pantai Penunggul yakni sebesar 2,8 ppm. Tidak berbeda jauh dengan hasil grafik analisa logam berat Pb di perairan, hasil rata-rata logam berat Pb pada sedimen terlihat bahwa kandungan logam berat sedimen di Pantai Mlaten juga tertinggi bila dibandingkan dua pantai lainnya. Daerah muara dan sepanjang pantai di Mlaten kerap dijadikan transportasi dan tempat berlabuhnya kapal-kapal nelayan, penggunaan motor pada alat transportasi laut membutuhkan bahan bakar dan menghasilkan buangan limbah Pb yang akhirnya mempengaruhi kualitas air laut di daerah tersebut. Tingginya kadar logam Pb Pantai Mlaten diduga karena dilokasi tersebut merupakan tempat berlabuhnya kapal-kapal yang limbahnya dibuang ke laut. Umumnya bahan bakar minyak mendapat zat tambahan tetraethyl yang mengandung Pb untuk meningkatkan mutu, sehingga limbah dari

kapal-kapal tersebut dapat menyebabkan kadar Pb di perairan tersebut menjadi tinggi.

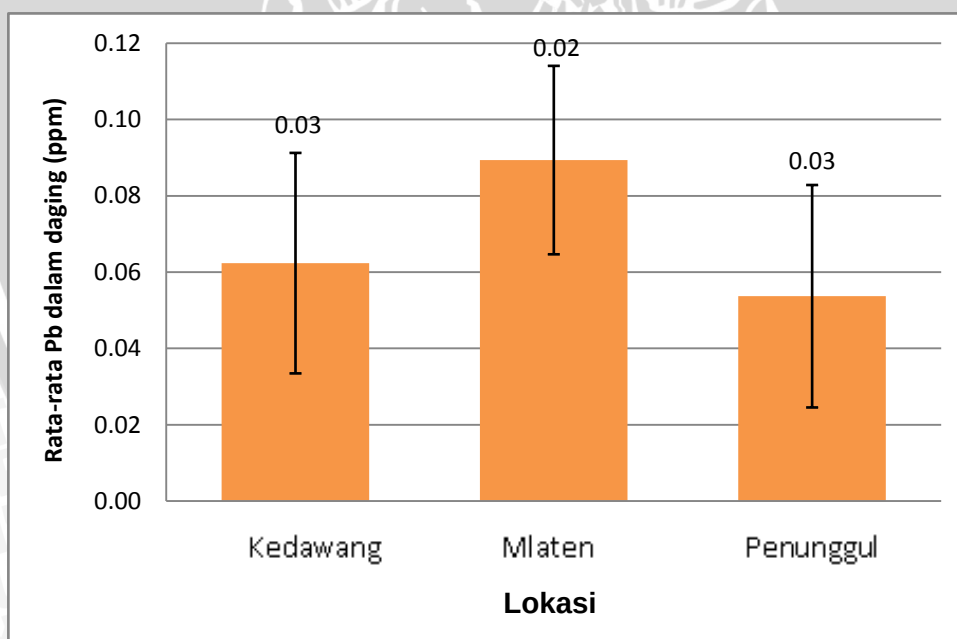
Menurut pendapat dari Harahap (1991), logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air. Hal senada juga dikemukakan oleh Rochyatun *et al.*, (2006) yang mengatakan bahwa logam berat yang semula terlarut didalam air sungai diadsorpsi oleh partikel halus (*suspended solid*) dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara. Air sungai bertemu dengan arus pasang di muara sungai, sehingga partikel halus tersebut mengendap di muara sungai. Mengacu pada *Dutch Quality Standards For Metal In Sediment* (IADC/CEDA, 1997) batas toleransi logam berat yang diperuntukkan untuk sedimen yakni sebesar 0,8 ppm.

Kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan kadar dalam perairan. Hal ini dimungkinkan karena logam berat didalam air mengalami proses pengenceran dengan adanya pengaruh pola arus pasang surut. Rendahnya kadar logam berat dalam air, bukan berarti bahan cemaran yang mengandung logam berat tersebut tidak berdampak negative terhadap perairan, tetapi lebih disebabkan oleh kemampuan perairan tersebut untuk mengencerkan bahan cemaran yang cukup tinggi.

4.4.4 Kadar logam berat Pb pada daging rajungan (*Portunus Pelagicus*)

Secara biologis logam berat yang terkumpul dalam tubuh organisme, menetap untuk jangka waktu lama dan bersifat toksis kumulatif (Darmono, 1995). Keberadaan logam berat yang terikat dalam tubuh organisme seperti pada ikan, krustase dan biota laut lainnya akan mempengaruhi aktivitas organisme tersebut. Fajri (2001) mengatakan terdapat beberapa pengaruh toksisitas logam pada ikan. Pertama, pengaruh toksisitas logam pada insang. Insang selain sebagai alat pernapasan, juga digunakan sebagai alat pengatur tekanan antara air dan tubuh

ikan (osmoregulasi). Kedua, pengaruh toksisitas logam dalam saluran pencernaan terjadi melalui pakan yang terkontaminasi logam, dapat terjadi pula melalui air yang mengandung dosis toksik logam. Ketiga pengaruh logam pada ginjal ikan yang berfungsi sebagai filtrasi dan mengekskresikan bahan yang biasanya tidak dibutuhkan tubuh, termasuk bahan racun seperti logam berat yang menyebabkan ginjal sering mengalami kerusakan akibat daya toksik logam. Keempat, pengaruh akumulasi logam dalam jaringan (bioakumulasi). Proses akumulasi ini terjadi setelah absorpsi logam dalam air atau melalui pakan yang terkontaminasi. Kondisi ini berpengaruh terhadap nilai ekonomi, terutama dalam system perikanan komersial, mengingat rajungan merupakan komoditi perikanan yang penting. Untuk mengetahui kadar logam berat yang terkandung pada rajungan hasil tangkapan di Pantai Kedawang, Mlaten serta Penunggul dapat dilihat pada Grafik 22 dan Lampiran 4 berikut.



Gambar 22. Rata-rata kadar logam berat Pb dalam daging rajungan di Pantai Utara Kabupaten Pasuruan.

Berdasarkan grafik tersebut serta hasil kandungan logam berat dalam Lampiran 3 dijelaskan bahwa pada Pantai Kedawang rata-rata untuk kadar logam berat Pb dalam biota atau daging sebesar 0,062 ppm, Pantai Mlaten kandungan logam berat Pb sebesar 0,089 ppm dan Pantai Penunggul memperoleh hasil yang terendah yakni sebesar 0,053 ppm. Menurut Dirjen POM (Pengawasan Obat dan Makanan) tahun (1989) dalam SNI BSN (2011), batas maksimum cemaran logam berat Pb dalam pangan untuk udang dan krustase lainnya yakni 0,5 mg/kg. Jadi, jika kandungan Pb dalam kepiting 1 ppm artinya dalam 1 kg kepiting terdapat 1 mg Pb Sandro *et al.*,(2013). Hal ini menunjukkan bahwa daging rajungan yang terdapat pada ketiga lokasi pengambilan masih aman untuk dikonsumsi.

Menurut Connel dan Miller (1995), kepiting merupakan salah satu jenis krustase yang mampu mengakumulasi logam dalam tubuhnya. Kandungan logam berat yang terkandung dalam krustasea juga disebabkan cara makan yang detritivorus. Rendahnya kandungan Pb dalam daging juga disebabkan karena kerang-kerangan sebagai makanan dari rajungan memiliki sifar filter feeder yaitu memakan dengan menyaring plankton dan butiran-butiran bahan organik, sehingga memungkinkan logam berat yang terlarut di perairan ikut masuk dan terakumulasi di dalam tubuh kerang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh karakteristik hemosit dan mikronuklei dari rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai berikut:

Hasil jumlah hemosit (THC), diferensial hemosit (DHC) serta total kerusakan mikronuklei yang tinggi pada rajungan di Pantai Mlaten menandakan kondisi kesehatannya sudah tidak baik atau dapat dikatakan buruk/sakit. Sedangkan rajungan di Pantai Kedawang dilihat dari hasil jumlah hemosit (THC), deferensial hemosit (DHC) serta total mikronuklei masih sedang atau masih dalam keadaan baik. Sedangkan hasil jumlah hemosit (THC), diferensial hemosit (DHC) serta total kerusakan mikronuklei rajungan di Pantai Penunggul tergolong rendah menandakan kondisi kesehatannya masih baik atau sehat.

5.2 Saran

Dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai aktivitas fagositosis dan respiratory burst pada hemosit rajungan. Bagi pemerintah diharapkan bisa segera memberikan kebijakan dalam menangani pembuangan serta pengelolaan limbah ke perairan terutama di Pantai Mlaten agar sumberdaya perairan yang ada tetap terjaga dan tidak mengalami penurunan yang nantinya dapat merugikan masyarakat sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhityo, Argo. 2013. Kandungan Logam Berat Pb Pada Akar Dan Batang Mangrove (*Sonneratia caseolaris*) di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya dan di Desa Kedawang, Pasuruan Jawa Timur. Skripsi. FPIK Universitas Brawijaya Malang.
- Ali. F. K, Shehawi. A. M., Sheehy. 2008. Micronucleus Test In Fish Genome: A Sensitive Monitor for Aquatic Pollution. African journal of biotechnology. 7(5):606-612.
- Arifuddin., Sukenda., dan D.Dana. 2004. Pengaruh Bahan Aktif Hidrokuinon Dari Buah *Sonneratia caseolaris* Terhadap Parameter Hemolimph Udang Windu, *Penaeus monodon* FAB, Yang Diinfeksi Secara Buatan Dengan *Vibrio harveyi*. Jurnal Akuakultur Indonesia. 3(1):23-28.
- Arisandy, K. R., E. Y. Herawati., dan E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat (Pb) dan Gambaran Histologi Pada Jaringan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh Di Perairan Pantai Jawa Timur. Jurnal Penelitian Perikanan. 1(1):15-25.
- Baedowi, Mahluqi. 2013. Kandungan Logam Berat Pb Pada Akar dan Batang Pada Tanaman Mangrove *Avicennia alba* di Kawasan Mangrove Desa Gunung Anyar Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan. Skripsi. FPIK Universitas Brawijaya Malang.
- Bangun, Julius Marinus. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen dan Organ Tubuh Ikan Sokang (*Tricanthus nieuhofi*) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. Skripsi. IPB: Bogor
- Connel. D. W. and Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Universitas Indonesia : Jakarta.
- Dahuri, R dan Arumsyah, S. 1998. Ekosistem Pesisir. Makalah Pada Marine And Management Training. PSL UNDANA Kupang. NTT.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI-Press. Jakarta
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup Dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press : Jakarta.
- Deri., Emiyarti., dan La Ode Alirman Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. Jurnal Mina Laut Indonesia. 1(1):38-48.
- Badan Standarisasi Nasional Batas. 2001. Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan.
- Efendi, Deni M.S. 2008. Pemetaan Sebaran Mangrove Pada Tiga Kecamatan Di Pesisir Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya : Malang.

- Effendy, S., R. Alexander and T. Akbar, 2004. Improvement of Haemocyte black tiger shrimp (*Penaeus monodon Fabricius*) juvenile after dipping in several concentration of *Saccharomyces cerevisiae*. National Journal Sains and Teknologi, 2: 46-53.
- Effendy, S., Sudirman, S. Bahri, E. Nurcahyono, H. Batubara, dan M. Syaichudin. 2006. Petunjuk Teknis Pembenihan Rajungan (*Portunus pelagicus Linnaenus*). Diterbitkan Atas Kerjasama Departemen Kealutan dan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan dengan Balai Budidaya Air Payau, Takalar.
- Ekawati, Arning Wilujeng., Happy Nursyam., Edi Widjayanto., dan Marsoedi. 2012. Diatomae *Chaetoceros ceratosporum* dalam Formula Pakan Meningkatkan Respon Imun Seluler Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.). Jurnal Experience Life Science. 2(1): 20-28.
- Fajri NE. 2001. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air Laut, Sedimen dan Tiram (*Carassostrea cucullata*) di Perairan Pesisir Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Fariedah F. 2010. Pengaruh Immunostimulan Outer Membran Protein (OMP) *Vibrio alginolyticus* dan infeksi *Vibrio harveyi* terhadap DNA Mitokondria Udang Windu *Penaeus monodon* Fab. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya.
- Febriani D, Sukenda, dan Nuryati S. 2013. Kappa-Karragenan sebagai Immunostimulan untuk Pengendalian Penyakit *infectious myonecrosis* (IMN) pada Udang Vanamei (*Litopenaeus vannamei*). Jurnal Akuakultur Indonesia. 12 (1).
- Fenech, M. 2000. *The in Vitro Micronucleus Techhniqye*. CSIRO Health Sciences and Nutrition, Po Box 10041, Adelaide BC 5000, South Australia, Australia.
- Fernanda, Lidya. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr), Dan Cadmium (Cd) Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Dan Sifat Fraksionasinya Pada Sedimen Laut. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UI Depok.
- Fossi, M. C., C. Savelli., C. Casini., E. Franchi, N. Mattei, I. Corsi. 1997. Multi-response Biomarker Approach in the Crab *Carcinus aestuarii* Experimentally Exposed to Benzo(a)pyrene. Polychlorobiphenyls and Methyl-mercury. Biomarkers 2: 311-319.
- Galloway, T., G.Lewis., dan J.Hagger. 2010. Assessment of Genotoxicity Following Exposure to Hydrocarbons: The Micronucleus Assay. Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology. 4474-4479.
- Gelibolu, Serap., Canan Tureli., dan Aysel Sahan. 2009. Determination of Haemocytes Amount and Haemocytes Type In Mature Blue Crab (*Callinectes Sapidus*, Rathbun, 1896) Captured In Akyatan Lagoon (Karataş/Adana-Turkey). Journal of Fisheries Sciences. 3(3): 181-186

- Guner U., D. G. M. Fulya. 2011. Micronucleus Test, Nuclear Abnormal and Accumulation Of Cu and Cd on *Gambusia Affinis* (Baird and Girard, 1853). Turkish Joural Of Fisheries And Aquatic Sciences 11:615-622
- Gupta, Rakesh Kumar., Jyoti Sharma dan Alpana Vohra. 2013. Identification of Different Types of Haemocytes in Freshwater Crab *Paratelphusa masoniana* (Henderson). International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences. 3(1):7-12.
- Gutierrez, Juan Manuel., Silvia Villar., dan Allicia Acuna Plavan. 2014. Micronucleus Test In Fishes As Indicators of Environmental Quality In Subestuaries of The Ro de la Plata (Uruguay). Marine Pollutan Bulletin. 1-6.
- Hamzah, Faisal dan Agus Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis. 2(2):41-52.
- Harahap S. 1991. Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung ditinjau dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hariono, B. 2005. Efek Pemberian Plumbum (Timah Hitam) Anorganik pada Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). Jurnal Sain Vet. 23(2) Bagian Patologi Klinik FKH UGM, Yogyakarta, 107-108.
- Heddle JA, Hite M, Kirkhart B, Mavournin K, MacGregor JT, Newell GW, Salamone MF. 1983. The induction of micronuclei as a measure of genotoxicity. Mutat Res 123: 61-118.
- Hegaret, Helena., Gary H. Wikfors., dan Philippe Soudant. 2003. Flow cytometric analysis of haemocytes from eastern oysters, *Crassostrea virginica*, subjected to a sudden temperature elevation II. Haemocyte functions: aggregation, viability, phagocytosis, and respiratory burst. Journal of Eksperimental Marine Biology and Ecology. 293 : 249-265
- Hutagalung, HP.1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P30-LIPI. Jakarta.
- IADC/CEDA. 1997.environmental aspects of dredging-conventions, codes and conditions: marine disposal. International Association of Dredging Companies (IADC) and Central Dredging Association (CEDA). Netherlands. 1-71.
- Johansson MW., Keyser P, Sritunyalucksana K., Soderhall K. 2000. Crustacean hemocytes and haemotopoiesis. Aquaculture 191: 45-52.
- John V. 1990. Genetic Stability And Instability In Tumours. West Sussex: Ellis Horwood Limited. Hal 9-18.

- Juwana, Sri. 1997. Tinjauan Tentang Perkembangan Penelitian Budidaya Rajungan (*Portunus pelagicus*). Oseana XXII (4) : 1-12
- Kajita, Y.M. Sakai, S.D. Atsuta, dan M. Kobayashi. 1990. The Immunomodulatory Effects of Levamisole on Rainbow Trout *Onchorhynchus Mykiss*. Fish Pathol. 25: 93-98.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Baku Mutu Air Laut.
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industry. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Lestyaningrum, Rona Aji. 2013. Kandungan Logam Berat Pb dan Gambaran Histology Pada Jaringan Akar dan Buah *Avicennia Alba* Di Kawasan Mangrove Gunung Anyar Surabaya Dan Desa Kedawang Kab. Pasuruan. Skripsi. FPIK Universitas Brawijaya Malang.
- Lorenzon, S., M. Fransence., V.J. Smith, dan E.A. Ferrero. 2001. Heavy metals affect the circulating haemocyte number in the shrimp *Palaemon elegans*. Fish and Shellfish Immunology 11:459-472.
- Lusiyanti, Y. dan Abdul W. 1999. *Mikronuklei Sebagai Dosimetri Biologi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir: 2 (3), 21 – 26.
- Maharani, Gunanti., Sunarti., Juni Triastuti., dan Tutik Juniastuti. 2009. Kerusakan dan jumlah hemosit udang windu (*penaeus monodon* fab.) yang mengalami zoothamniosis. Jurnal ilmiah perikanan dan kelautan.1(1):21-29.
- Makmur, R., Emiyarti, dan La Ode AlirmanAfu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Kawasan Mangrove Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*.02 (06) : 47-58.
- Martin, G.G., L. B. Graves. 1985. Fine Structure And Classification Of Shrimp Hemocytes. J. Morfology. 185:339--348.
- Marzuki. 1983. Metodologi Riset. Bagian Penerbitan Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Megawati, Sherly. 2014. Kandungan Logam Berat Pd Pada Akar dan Daun Mangrove (*Rhizophora Mucronata*. Lam) Di Kawasan Mangrove Desa Mlaten, Kab. Pasuruan Jawa Timur. Skripsi. FPIK Universitas Brawijaya Malang.
- Moosa, MK. 1980. Beberapa Catatan Mengenai Rajungan dari Teluk Jakarta dan Pulau-Pulau Seribu. Sumberdaya Hayati Bahari, Rangkuman Beberapa Hasil Penelitian Pelita II. LON-LIPI, Jakarta. Hal 57-79.
- Nazir, M. 1988. Metodologi Penelitian. PT Ghalia Indonesia : Jakarta.
- Nepomunceno, J. C., Ferrari, I., Spano, M. A dan Centeno A. J., 1997. Detection of Micronuclei in peripheral Erythrocytes of *Chiprinus carpio* exposed to metallic mercury. Environ. Mol. Mutagen. 30 : 293-297

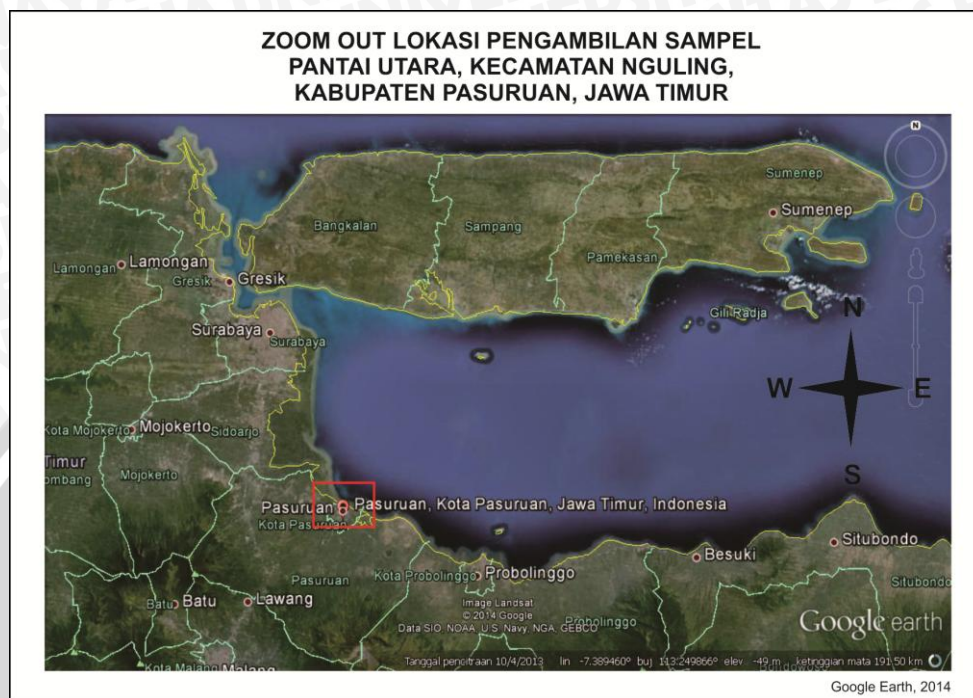
- Nontji, A. 1986. Laut Nusantara. Djambatan, Jakarta. 105 hlm.
- Nugraha, Wahyu. 2011. Analisis Bioekonomi Rencana Penerapan Kebijakan Minimum Legal Size Rajungan (Blue Swimming Crab) Terhadap Profit Ability Nelayan Kabupaten Cirebon. Skripsi. IPB Bogor.
- Ozkan, F., S. Gunduz., M. Berkoz dan A.O Hunt. 2011. Induction of micronuclei and Other Nuclear Abnormalities in Peripheral Eritthrocytes of *Nile tilapia*, *Oreochromis niloticus*, Following Exposure to Sublethal Cadmium Doss. Turk J Zool. 35(4):585-592.
- Pagoray H. 2001. Kandungan Merkuri dan Kadmium Sepanjang Kali Donan Kawasan Indutri Cilacap. Frontir. 33:1-9.
- Palar, Heryando. 2004. Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta.
- Perum Jasa Tirta I. 2003. Instruksi Kerja Total Suspendid Solid (TSS) dengan Metode Gravimetri.
- Pinheiro, M.A.A., L.F.A. Duarte., T.R. Toledo., M.L.Adam., dan R.A. Torres. 2013. Habitat Monitoring And Genotoxicity In *Ucides cordatus* (Crustacean: Ucididae), As Tools To Manage A Mangrove Reserve In Southern Brazil. Environmental Monitoring Assess. 185:8273-8285
- Putra, K. G. D., 2002. Petunjuk Teknis Pemantauan Kualitas Air. Undayana University Press. Denpasar, 275 hal
- Rochyatun, Endang., M.Taufik Kaisupy dan Abdul Razak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane. Makara Sains LIPI. 10(1):35-40.
- Rozikin, Alfianor. 2013. Keterlibatan Greenpeace Dalam Penanganan Kerusakan Lingkungan (Studi Kasus Pencemaran Air Di China). Jurnal Ilmu Hubungan Internasional. 1(1):54-68.
- Saanin, H. 1984. Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan 1. Penerbit Binacipta.Bogor. 1 hal.
- Saha, S. dan S. Ray. 2006. Hemocyte Profile of the Estuarine Mud Crab, *Scylla serrata*. Environ. Ecol. 24S (3A): 818-819.
- Saha, S., M. Ray dan S. Ray. 2010. Shift in CytoArchitecture of Immunocytes of Mud Crab Exposed to Arsenic. Department of Zoology Toxicology Laboratory. University of Calcutta. *Internatioal Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* Vol. 1: 234-246.
- Salsabela, Linda Silvira. 2013. Logam Berat Pb Pada Akar dan Daun Mangrove *Avicennia alba* Di Gunung Anyar Surabaya dan Desa Kedawang, Pasuruan Jawa Timur. Skripsi. FPIK Universitas Brawijaya Malang.
- Sandro, Satrio Rio., Susi Lestari., dan Anna Ida Sunaryo Purwiyanto. 2013. Analisa Kandungan Logam Berat Pada Daging Kepiting (*Scylla serrata*) Di

- Perairan Muara Sungai Banyuasin. Jurnal Teknologi Hasil Perikanan Unsri. 2(1):46-51.
- Santoso, Sugeng., Nurhadi dan Armein Lusi. 2013. Kepadatan Populasi Kepiting Rajungan (*Portunus pelagicus* L.) Di Teluk Buo Kecamatan Bungus Teluk Kabung Padang Sumatera Barat.
- Sari. Alfi Hermawati Waskita., Yenny Risjani., dan Agung Pramana Warih Marhendra. 2014. Efek Konsentrasi Sublethal Fenol Terhadap Total Haemocyte Count (THC) dan Histologi Insang Kepiting Bakau (*Scylla serata*). Journal Experiment Life Science. 2(2):82-88.
- Schmid, W. (1975). The Micronucleus Test. Mutat. Res. 31: 9-15.
- Sembel, Luky. 2011. Analisis Logam Berat Pb, Cd dan Cr Berdasarkan Tingkat Salinitas Di Estuary Sungai Belau Teluk Lampung. Jurnal Ilmu Kelautan. FPIK Universitas Negeri Papua.
- Singaram, Gopalakrishnan, Thilagam Harikrishnan., Fang Yi Chen., Jun Bo., dan John P. Giesy. 2013. Modulation of Immune Associated Parameters And Antioxidant Responses In The Crab (*Scylla serrata*) Exposed to Mercury. Chemosphere 90:917-928
- Smith, V. J., J. H. Brown., dan C. Hauton. 2003. Immunostimulan in Crustaceans: does it Really Protect Against Infection?. *Fish and Shellfish Immunology*. 15(2003): 71-90. Elsevier Science Ltd.
- Sofian, Achmad.,Nuddin Harap., dan Marsoedi. 2012. Kondisi dan Manfaat Langsung Ekosistem Hutan Mangrove Desa Penunggul Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan. El-Hayah. 2 (2): 56-63.
- Sugiyono. 2005. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Suprijono, Agus., Etty Sulistyowati., dan Suci Dwi Suryani. 2004. Analisa Kadar Logam Berat Pb (Timbale) Dan Zn (Seng) dalam Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Di Pantai Slamaran Pekalongan Secara Spektrofotometer Serapan Atom. Media Farmasi Indonesia. 3(1):179-185.
- Susanto, Bambang. 2007. Pertumbuhan, Sintasan dan Keragaan Zoea Sampai Megalopa Rajungan (*Portunus pelagicus*) Melalui Penurunan Salinitas. Jurnal Perikanan. IX(1):154-160.
- Syahailatua, D. Y. 2009. Seleksi Bakteri Probiotik Sebagai Stimulator Sistem Imun Pada Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Thesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tansya, Desta. 2011. Sistem Peredaran Darah Kepiting. <http://bahankuliah-tha.blogspot.com/2011/09/sistem-peredaran-darah-kepiting.html>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2015.
- Tarigan. M. S dan Edward. 2003. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha Sulawesi Tenggara.Makara Sains.Vol 7.No 3 : 109-119.

- Thayib, S. S. dan H. Razak. 1981. Pengamatan kandungan bakteri indikator, logam berat dan pestisida di Perairan Pantai Teluk Ambon, Teluk Banten dan Teluk Jakarta. Prosiding Seminar dan Kongres Nasional Biologi VI, Surabaya: 196-217.
- Taylor, S., dan M. J. Landman. 2009. Flow Cytometric Characterization of Freshwater Crayfish Hemocytes for the Examination of Physiological Status in Wild and Captive Animals. *Journal of Aquatic Animal Health* 21: 195-203.
- Van de Braak C.B.T. 2002. Haemocytic defence in black tiger shrimp *Penaeus monodon*. PhD Thesis. Wageningen University. The Netherland. 159pp.
- Vijayavel, K., S. Gopalakrishnan., R. Thiagarajan., dan H. Thilagam. 2009. Immunotoxic Effects of Nickel In The Mud Crab *Scylla serrata*. *Fish and Shellfish Immunology*. 26(1): 133-139.
- Wootton E.C., Dyrinda E.A., dan Ratcliffe N.A. 2003. Bivalve immunity: comparisons between the marine mussel (*Mytilus edulis*), the edible cockle (*Cerastoderma edule*) and the razor-shell (*Ensis siliqua*). *Fish and Shellfish Immunology*. 15(3): 195-210.
- Yanti, LusiYanti dan Zubaidah Alatas. 2011. Uji Micronuclei Dengan Pengeblokan Sitokenesis Pada Limfosit Dan Aplikasinya Sebagai Bidosimetri Radiasi. Seminar Kesehatan dan Lingkungan. Hal. 57-71.
- Yildiz H.Y. dan Atar H.H. 2002. Haemocyte Classification and Differential Counts In The Freshwater Crab, *Potamon fluviatilis*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 26: 403-406.
- Yulinda, Eni., Zulkarnaini dan Nofri Antoni. 2011. Analisis Histologi Ginjal Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*) Yang Terindikasi Pencemaran Di Perairan Sungai Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan Terubuk*. 39(1): 1-14.
- Zaidin, Masyitha Zahrah., Irwan J.Effendy dan Kadir Sabilu. 2013. Sintasan Larva Rajungan (*Portunus pelagicus*) Stadia Megalopa Melalui Kombinasi Pakan Alami *Artemia salina* dan *Brachionus plicatilis*. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 1(1): 112-12
- Zhang, F.Q., Wang, Y.S., Lou, Z.P., Dong, J.D., 2007. Effect Of Heavy Metal Stress On Antioxidative Enzymes and Lipid Peroxidation In Leaves And Roots Of Two Mangrove Plant Seedlings (*Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorrhiza*). *Chemosphere* 67, 44–50.

Lampiran 1. Peta Lokasi

1. Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur



2. Stasiun Pengambilan Sampel Pada Penelitian



Lampiran 1. (Lanjutan)

Pantai Kedawang



Pantai Mlaten



Pantai Penunggul



Lampiran 2.

Tabel 7. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

Parameter Kualitas Air			
No.	Parameter	Alat	Bahan
1.	Suhu	• Thermometer Hg	• Air Pantai
2.	Salinitas	• Refraktometer	• Air Pantai
3.	pH	• KotakStandart pH	• Air Pantai • pH paper
4.	DO	• pH meter	• Air Pantai
5.	TSS	• Oven • Desikator • T. Neraca Analitik • Cawan Gooch • Pipet • Botol Bekas Air Mineral 600 ml	• Air Pantai • Kertas Filter
6.	Analisi Kadar Pb pada Air dan Daging	• Hot Plate • Tanur • LabuTakar 1000 ml • Pipet tetes	• Sedimen • Air Pantai • HNO ₃ • Aquades • Kertas Saring • Logam Pb 1 g
Pengambilan Hemolymph			
No.	Alat	Bahan	
1.	Jarum suntik 26 G ukuran 1 ml	Rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>)	
2.	Lap	Na Sitrat 10%	
3.	Nampan	Tripa Blue Stain Solution	
4.	Eppendorf		
Pengamatan Hemosit Dan Mikronuklei			
No.	Alat	Bahan	
1.	Glass slide	Hemolymph	
2.	Mikroskop cahaya BX21 dan BX53	Methanol 100%	
3.	Haemocytometer	Giemsa 10%	
4.	Hand Tally Counter	Aquades	
5.	Sputit	Kertas Label	
6.	Alat tulis	Tissu	

Lampiran 3.

Tabel 8. Data Panjang, Lebar, dan Berat Rajungan (*Portunus pelagicus*)

Kode Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat Total (gr)	Rasio
RK1	5,4	12,2	109	♂
RM1	4,9	9,3	92	♀
RP1	4,7	10,2	68	♀
RK2	4,5	9	64	♂
RM2	4	8,5	50	♀
RP2	3,8	9	47	♀
RK3	4	8	49	♀
RM3	4	7,5	47	♀
RP3	3,8	7,5	45	♂
MnRK	5,1	11,5	108	♀
MnRM	4,8	10,7	62	♀
MnRP	4,5	10,1	64	♂

Keterangan : R = Rajungan
K = Kedawang
M = Mlaten
P = Penunggul

Lampiran 4.

Tabel 9. Data Hasil Analisa Kualitas Air dan Pengukuran Logam Berat Timbal (Pb)

No.	Parameter	Lokasi	Hasil	Rata-rata	Standar Deviasi	Satuan
1	Suhu	Kedawang	29	31,67	2,517	°C
			34			
			32			
		Mlaten	28	31,33	3,055	°C
			34			
			32			
		Penunggul	31	29,67	1,155	°C
			29			
			29			
2	pH	Kedawang	9	8,33	0,577	-
			8			
			8			
		Mlaten	8	8,33	0,577	-
			8			
			9			
		Penunggul	8	8	0	-
			8			
			8			
3	Salinitas	Kedawang	25	25,33	0,577	ppt
			26			
			25			
		Mlaten	10	11,67	2,887	ppt
			10			
			15			
		Penunggul	25	25	1	ppt
			26			
			24			
4	DO	Kedawang	5,33	5,177	0,157	mg/L
			5			
			5,23			
		Mlaten	3,5	4,2	0,755	mg/L
			4,1			
			5			
		Penunggul	5	5	0,329	mg/L
			5,23			
			5,65			
5	TSS	Kedawang	77,8	57,1	17,95	mg/L
			45,8			
			47,7			
		Mlaten	44,6	44,23	9,75	mg/L
			34,4			
			53,8			
		Penunggul	38,5	41,37	4,28	mg/L
			39,3			
			46,3			

No.	Sampel	Lokasi	Hasil	Rata-rata	Standar Deviasi	Satuan
1	Air	Kedawang	0,120	0,114	0,005	ppm
			0,104			
			0,119			
		Mlaten	0,124	0,121	0,014	ppm
			0,110			
			0,130			
		Penunggul	0,116	0,099	0,009	ppm
			0,093			
			0,090			
2	Sedimen	Kedawang	3,72	2,91	0,49	ppm
			2,61			
			2,40			
		Mlaten	3,87	3,20	0,14	ppm
			2,70			
			3,05			
		Penunggul	3,61	2,8	0,30	ppm
			2,44			
			2,30			
3	Daging	Kedawang	0,029	0,062	0,03	ppm
			0,080			
			0,078			
		Mlaten	0,062	0,4	0,5	ppm
			0,096			
			0,110			
		Penunggul	0,021	0,053	0,03	ppm
			0,063			
			0,077			

Lampiran 5.

Tabel 10. Perhitungan *Total Haemocyte Count* (THC) rajungan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kab. Pasuruan.

	Kedawang	Mlaten	Penunggul
THC ₁	7,35x10 ⁵	7,8 x10 ⁵	4,05 x10 ⁵
THC ₂	7,5 x10 ⁵	8,55 x10 ⁵	4,5 x10 ⁵
THC ₃	7,65 x10 ⁵	7,8 x10 ⁵	4,35 x10 ⁵
Rata-rata	7,5 x10⁵	8,05 x10⁵	4,3 x10⁵
Stdev	15000	43301.27	22912.88

Tabel 11. Perhitungan *Differential Haemocyte Count* (DHC) pada sel granul rajungan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kab. Pasuruan.

	Kedawang	Mlaten	Penunggul
G ₁	44.90	51.92	46
G ₂	46	43.86	33.33
G ₃	49.02	50	27.59
Rata-rata	46.6	48.6	35.6
Stdev	2.13	4.21	9.42

Tabel 12. Perhitungan *Differential Haemocyte Count* (DHC) pada sel hialin rajungan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kab. Pasuruan.

	Kedawang	Mlaten	Penunggul
H ₁	30.612	44.44	19.23
H ₂	34	50	26.31
H ₃	25.49	48.27	17.30
Rata-rata	30.0	47.6	21.0
Stdev	4.28	2.84	4.74

Tabel 13. Perhitungan *Differential Haemocyte Count* (DHC) pada sel semigranular rajungan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kab. Pasuruan.

	Kedawang	Mlaten	Penunggul
S ₁	24.49	22.22	28.85
S ₂	20.00	16.67	29.82
S ₃	25.49	24.14	32.69
Rata-rata	23.3	21.0	30.5
Stdev	2.92	3.88	2.00

Tabel 14. Perhitungan total mikronuklei rajungan di Pantai Kedawang, Mlaten, dan Penunggul Kab. Pasuruan

	Kedawang	Mlaten	Penunggul
MN ₁	0.016	0.025	0.014
MN ₂	0.017	0.027	0.012
MN ₃	0.015	0.024	0.011
Rata-rata	0.016	0.025	0.012
Stdev	0.001	0.00	0.00

Keterangan : Mn = Mikronuklei

LAMPIRAN 6. Hasil Uji Tukey

Post Hoc Tests
Lokasi

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) Lokasi	(J) Lokasi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
THC	Kedawang	Mlaten	-55000.00	24152.295	.136	-129105.87	19105.87
		Penunggul	320000.00*	24152.295	.000	245894.13	394105.87
	Mlaten	Kedawang	55000.00	24152.295	.136	-19105.87	129105.87
		Penunggul	375000.00*	24152.295	.000	300894.13	449105.87
	Penunggul	Kedawang	-320000.00*	24152.295	.000	-394105.87	-245894.13
		Mlaten	-375000.00*	24152.295	.000	-449105.87	-300894.13
DHC_Granul	Kedawang	Mlaten	10.9993	4.96761	.147	-4.2427	26.2413
		Penunggul	-1.9551	4.96761	.919	-17.1970	13.2869
	Mlaten	Kedawang	-10.9993	4.96761	.147	-26.2413	4.2427
		Penunggul	-12.9544	4.96761	.089	-28.1964	2.2876
	Penunggul	Kedawang	1.9551	4.96761	.919	-13.2869	17.1970
		Mlaten	12.9544	4.96761	.089	-2.2876	28.1964
DHC_semigranul	Kedawang	Mlaten	2.3177	2.47678	.640	-5.2817	9.9172
		Penunggul	-7.1277	2.47678	.063	-14.7271	.4718
	Mlaten	Kedawang	-2.3177	2.47678	.640	-9.9172	5.2817
		Penunggul	-9.4454*	2.47678	.021	-17.0448	-1.8460

DHC_hialin	Penunggul	Kedawang	7.1277	2.47678	.063	-.4718	14.7271
		Mlaten	9.4454*	2.47678	.021	1.8460	17.0448
	Kedawang	Mlaten	-17.5393*	3.29808	.004	-27.6587	-7.4199
		Penunggul	9.0827	3.29808	.074	-1.0367	19.2021
	Mlaten	Kedawang	17.5393*	3.29808	.004	7.4199	27.6587
		Penunggul	26.6220*	3.29808	.000	16.5026	36.7414
	Penunggul	Kedawang	-9.0827	3.29808	.074	-19.2021	1.0367
		Mlaten	-26.6220*	3.29808	.000	-36.7414	-16.5026
	Kedawang	Mlaten	-9.3333*	1.12217	.000	-12.7765	-5.8902
		Penunggul	3.6667*	1.12217	.039	.2235	7.1098
Micronuclei	Mlaten	Kedawang	9.3333*	1.12217	.000	5.8902	12.7765
		Penunggul	13.0000*	1.12217	.000	9.5569	16.4431
	Penunggul	Kedawang	-3.6667*	1.12217	.039	-7.1098	-.2235
		Mlaten	-13.0000*	1.12217	.000	-16.4431	-9.5569

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.889.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Tukey HSD^{a,b,c}

THC			
Lokasi	N	Subset	
		1	2
Penunggul	3	430000.00	
Kedawang	3		750000.00
Mlaten	3		805000.00
Sig.		1.000	.136

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 875000000.000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Tukey HSD^{a,b,c}

DHC_Granul		
Lokasi	N	Subset
		1
Mlaten	3	35.6398
Kedawang	3	46.6392
Penunggul	3	48.5942
Sig.		.089

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 37.016.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Tukey HSD^{a,b,c}

DHC_semigranul			
Lokasi	N	Subset	
		1	2
Mlaten	3	21.0089	
Kedawang	3	23.3267	23.3267
Penunggul	3		30.4543
Sig.		.640	.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 9.202.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

DHC_hialinTukey HSD^{a,b,c}

Lokasi	N	Subset	
		1	2
Penunggal	3	20.9514	47.5734
Kedawang	3	30.0341	
Mlaten	3		
Sig.		.074	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16.316.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

MicronucleiTukey HSD^{a,b,c}

Lokasi	N	Subset		
		1	2	3
Penunggal	3	12.3333	16.0000	25.3333
Kedawang	3			
Mlaten	3			
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.889.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Lampiran 7. Roadmap

Tabel 15. Penelitian Tentang Timbal (Pb) di Kawasan Mangrove Kab. Pasuruan

NO	Spesies	Pencemar	Lokasi Penelitian	Hasil	Sumber
1.	Akar dan batang Mangrove <i>Sonneratia caseolaris</i>	- Logam berat timbel (Pb)	- Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan	- Kadar Pb air di kawasan mangrove Wonorejo berkisar 0,087 - 0,116 ppm - Kadar Pb air di kawasan mangrove Kedawang berkisar 0,115 – 0,156 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Wonorejo berkisar 3,85 – 13,14 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Kedawang 2,3 – 5,44 ppm	Adhityo, 2013
2.	Akar dan batang mangrove <i>Avicennia alba</i>	- Logam berat timbel (Pb)	- Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan	- Kadar Pb air di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 0,325 ppm - Kadar Pb air di kawasan mangrove Kedawang sebesar 0,145 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 12,015 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Kedawang sebesar 2,91 ppm - Kadar Pb di kawasan mangrove Gunung Anyar pada akar <i>A. alba</i> sebesar 4,6 ppm - Kadar Pb di kawasan mangrove Kedawang pada akar <i>A. alba</i> sebesar 2,86 ppm - Kadar Pb di kawasan mangrove	Baedowi, 2013

				Gunung Anyar pada batang <i>A. alba</i> sebesar 1,365 ppm - Kadar Pb di kawasan mangrove Kedawang pada batang <i>A. alba</i> sebesar 0,72 ppm	
3.	Histologi pada akar dan buah mangrove <i>Avicennia alba</i>	- Logam berat timbel (Pb)	- Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan	- Kadar Pb air di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 0,28 – 0,37 ppm - Kadar Pb air di kawasan mangrove Kedawang berkisar 0,12 – 0,17 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 10,72 – 12,04 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Kedawang berkisar 2,08 – 3,73 ppm - Kadar Pb pada akar <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 3,74 – 5,45 ppm - Kadar Pb pada akar <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 1,85 – 3,29 ppm - Kadar Pb pada buah <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 0,34 – 0,55 ppm - Kadar Pb pada buah <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 0,16 – 0,34 ppm	Lestyaningrum, 2013
4.	- Akar dan daun mangrove <i>Avicennia alba</i>	- Logam berat timbel (Pb)	- Kawasan Mangrove Gunung Anyar,	- Kadar Pb air di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 0,28 – 0,37 ppm	Salsabela, 2013

			Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan 	- Kadar Pb air di kawasan mangrove Kedawang berkisar 0,12 – 0,17 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 10,72 – 12,04 ppm - Kadar Pb sedimen di kawasan mangrove Kedawang berkisar 2,08 – 3,73 ppm - Kadar Pb pada akar nafas <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 2, 02 – 3, 09 ppm - Kadar Pb pada akar nafas <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Kedawang berkisar 1,06 – 2,22 ppm - Kadar Pb pada ujung <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 1,72 – 2,35 ppm - Kadar Pb pada ujung <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Kedawang berkisar 0,78 – 1,62 ppm - Kadar Pb pada akar total <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar 3,74 – 5,44 ppm - Kadar Pb pada akar total <i>A.alba</i> di kawasan mangrove Kedawang berkisar 0,78 – 1,62 ppm - Kadar Pb di Gunung Anyar pada daun tua <i>A.alba</i> 0,71 – 0,98 ppm - Kadar Pb di Gunung Anyar pada daun sedang <i>A.alba</i> 0,49 -0,79 ppm - Kadar Pb di Gunung Anyar pada
--	--	--	---	---

				daun muda <i>A.alba</i> 0,31 -0,59 ppm - Kadar Pb di Kedawang pada daun tua <i>A.alba</i> 0,28 – 0,50 ppm - Kadar Pb di Kedawang pada daun sedang <i>A.alba</i> 0,15 – 0,28 ppm - Kadar Pb di Kedawang pada daun muda <i>A.alba</i> 0, 09 – 0, 22 ppm	
5.	- Akar dan daun mangrove <i>Rhizophora macronata</i>	- Logam berat timbel (Pb)	- Desa Mlaten, Kecamatan Nguling, Pasuruan	- Kandungan logam berat Pb pada air di stasiun 1 rata-rata 0,124 ppm - Kandungan logam berat Pb pada air di stasiun 2 rata-rata 0,113 ppm - Kandungan logam berat Pb pada air di stasiun 3 rata-rata 0,142 ppm - Kandungan logam berat Pb pada sedimen di stasiun 1 rata-rata 3,54 ppm - Kandungan logam berat Pb pada sedimen di stasiun 2 rata-rata 4,50 ppm - Kandungan logam berat Pb pada sedimen di stasiun 3 rata-rata 3,10 ppm - Kandungan logam berat Pb pada akar <i>R.mucronata</i> di stasiun 1 rata-rata 2,24 ppm - Kandungan logam berat Pb pada akar <i>R.mucronata</i> di stasiun 2 rata-rata 3,95 ppm	Megawati, 2014

			- Kandungan logam berat Pb pada akar <i>R.mucronata</i> di stasiun 3 rata-rata 2,11 ppm - Kandungan logam berat Pb pada daun <i>R.mucronata</i> di stasiun 1 rata-rata 0,45 ppm - Kandungan logam berat Pb pada daun <i>R.mucronata</i> di stasiun 2 rata-rata 0,62 ppm - Kandungan logam berat Pb pada daun <i>R.mucronata</i> di stasiun 3 rata-rata 0,28 ppm	
--	--	--	--	--



Tabel 16. Hasil- hasil penelitian terdahulu tentang hemosit dan mikronuklei.

No.	Spesies	Lokasi	Pencemar	Nilai	Sumber
1.	<i>Total Haemocyte Count (THC)</i> <i>Scylla serrata</i>	Daerah Air Payau Muttukadu, dekat Chennai, Tamil Nadu, India.	Logam berat (Nikel)	- Grup 1 (normal) = $7,5 \pm 0,13$ - Grup 2 (air laut dg kadar nikel 0,4 mg/L) = $6,2 \pm 0,10$ - Grup 2 (air laut dg kadar nikel 0,6 mg/L) = $5,8 \pm 0,11$ - Grup 2 (air laut dg kadar nikel 0,8 mg/L) = $5,2 \pm 0,09$	Vijayavel <i>et al.</i> , 2009
2.	<i>Scylla serrata</i>	Penelitian Laboratorium (In vitro)	Merkuri (Hg)	$10 \mu\text{g Hg L}^{-1}$	Singaram <i>et al.</i> , 2013
3.	<i>Penaeus monodon</i>	Laboratorium Pendidikan Perikanan Budidaya Perairan dan Laboratorium In Vitro Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga Surabaya.	Infeksi Zoothamnium penaei	1) Normal $49,07^c + 1,75$ 2) Ringan $54,39^b + 2,49$ 3) Sedang $61,64^a + 3,56$ 4) Berat $41,04 + 3,64$	Maharani <i>et al.</i> , 2009

4.		<i>Scylla serata</i>	Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang.	Fenol	- Kontrol $22,45 \pm 0,82$ - A ($1,62 \text{ mg/L}$) = $18,5 \pm 2,65$ - B ($6,5 \text{ mg/L}$) = $19,42 \pm 3,22$ - C (13 mg/L) = $15,92 \pm 2,16$	Sari <i>et al.</i> , 2014
5.	Differential Haemocyte Count (DHC)	<i>Scylla serrata</i>	Penelitian Laboratorium	Fenol	- Granulosit = $54,60 \pm 5,55 - 64,08 \pm 6,04$ - Semigranulosit = $20,63 \pm 2,61 - 25,16 \pm 7,85$ - Hyalin = $11,44 \pm 4,43 - 17,24 \pm 10,39$	Herawati, 2011
6.		<i>Litopenaeus vannamei</i>	Pantai Pasifik dari Teluk California ke utara Peru	Injeksi <i>Vibrio alginolyticus</i>	- Granulosit - Salinitas 35‰ = $40 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Salinitas 25‰ = $39,5 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Salinitas 20‰ = $37 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Salinitas 15‰ = $30,9 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Hyalin - Salinitas 35‰ = $115 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Salinitas 25‰ = $97,9 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Salinitas 20‰ = $96 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Salinitas 15‰ = $95,9 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$	Chang <i>et al.</i> , 2010

7.		<i>Litopenaeus vannamei</i>	Ilan, Taiwan	<i>Vibrio alginolyticus</i>	• Granulosit $60 \pm 1 \times 10^{-5} - 61 \pm 1 \times 10^{-5}$ cells ml^{-1} • Hyalin $80 \pm 2 \times 10^{-5} - 83 \pm 1 \times 10^{-5}$ cells ml^{-1}	Chang dan Chen, 2008
8.	Mikronuklei	<i>Ucides cordatus</i>	Jureia-Itatins and thicker trunks Cubatao, Brazil	Konsentrasi 5 logam berat (Cu, Cd, Cr, Pb, dan Hg)	- Di Juréia-Itatins 0,03 hingga 0,37 %. - Di Cubatão 0,23 hingga 0,87 %.	Pinheiro, 2013

Lampiran 8. Hasil Analisa Logam Berat

95



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran - Malang 65145, Telp. (0341) 575838, 551611 - 551615, Pes.311, Fx (0341) 575839
Email : kimia_UB@ub.ac.id, Website : http://kimia.ub.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.416/RT.5/T.1/R.0/TT.150803/2015

1 Data Konsumen

Nama Konsumen : Desintya Andwi Paramitha
Instansi : Universitas Brawijaya
Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura Barat gg 1 No.14
Telepon : 085655404144
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Uji kualitas
2 Sampling Dilakukan : Oleh Konsumen

3 Identifikasi Sampel

Nama Sampel : Air Laut, sedimen dan biota
Wujud : Cairan dan padatan
Warna : Keabu-abuan
Bentuk : Cairan dan padatan

4 Prosedur Analisa

: Dari lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA-
Unibraw Malang

5 Penyampaian Laporan Hasil Analisis

: Diambil sendiri oleh konsumen

6 Tanggal terima Sampel

: 17 April 2015

7 Data Hasil Analisa

Parameter	No	Kode	Hasil Analisa		Metode Analisa	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Pb	1	Air 1	0.12			
	2	Air 2	0.124			
	3	Air 3	0.116			
	4	Sedimen 1	3.72			
	5	Sedimen 2	3.87			
	6	Sedimen 3	3.613			
	7	Daging 1	0.029			
	8	Daging 2	0.062			
	9	Daging 3	0.021			

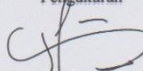
Catatan :

- 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 ini.



DR. Edi Priyo Utomo, M.S.
NIP. 195712271986031003

Malang, 28 Mei 2015
Kalab. UPT. Layanan Analisa &
Pengukuran



Drs. Sriwardhani, M.S.
NIP. 196802261992032001



LABORATORIUM KUALITAS AIR

JL. Surabaya @A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa lengkong Kec. Mojoanyar-mojokerto, Indonesia Telp. (0341) 331860, Fax. (0321) 333370
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.com

Nomor : 2863 S/LKA ML/PC/VI/2015

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 172 – 177 /PC/VI/2015/ 195 – 200

Metode Pengambilan Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing date(s)

: 08 Juni – 19 Juni 2015

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Air Laut					
A1A					
1	Timbal	ppm	0,104	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
A1B					
1	Timbal	ppm	0,119	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
A2A					
1	Timbal	ppm	0,110	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
A2B					
1	Timbal	ppm	0,130	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
A3A					
1	Timbal	ppm	0,093	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
A3B					
1	Timbal	ppm	0,090	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji diatas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isis sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This certification or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publica ed without any approval from
Water Quality Laboratorium of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

JL. Surabaya @A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa lengkong Kec. Mojoanyar-mojokerto, Indonesia Telp. (0341) 331860, Fax. (0321) 333370
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.com

Nomor : 2865 S/LKA ML/PC/VI/2015

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 181 – 186 /PC/VI/2015/ 204 – 209

Metode Pengambilan Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing date(s)

: 08 Juni – 19 Juni 2015

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Sedimen					
S1A					
1	Timbal	ppm	2,610	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
S1B					
1	Timbal	ppm	2,400	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
S2A					
1	Timbal	ppm	2,700	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
S2B					
1	Timbal	ppm	3,050	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
S3A					
1	Timbal	ppm	2,440	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
S3B					
1	Timbal	ppm	2,300	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji diatas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isis sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This certification or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publica ed without any approval from
Water Quality Laboratorium of Jasa Tirta I Public Corporation





LABORATORIUM KUALITAS AIR

JL. Surabaya @A Malang 65115, Indonesia. Telp (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa lengkong Kec. Mojoanyar-mojokerto, Indonesia Telp. (0341) 331860, Fax. (0321) 333370
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.com

Nomor : 2867 S/LKA ML/PC/VI/2015

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 193 – 198 /PC/VI/2015/ 214 – 219

Metode Pengambilan Uji
Sampling Method

:-

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing date(s)

: 08 Juni – 19 Juni 2015

HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Daging Rajungan					
DR1.1					
1	Timbal	ppm	0,080	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
DR1.2					
1	Timbal	ppm	0,078	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
DR2.1					
1	Timbal	ppm	0,96	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
DR2.2					
1	Timbal	ppm	0,110	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
DR3.1					
1	Timbal	ppm	0,063	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-
DR3.2					
1	Timbal	ppm	0,077	Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)	-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji diatas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila ditubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This certification or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publica ed without any approval from
Water Quality Laboratorium of Jasa Tirta I Public Corporation



**Lampiran 9. BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK BIOTA LAUT MENURUT
KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP NOMOR
51 TAHUN 2004**

BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK BIOTA LAUT

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
FISIKA			
1.	Kecerahan ^a	m	coral: >5 mangrove: - lamun: >3
2.	Kebauan	-	alami ³
3.	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	coral: 20 mangrove: 80 lamun: 20
5.	Sampah	-	nihil ¹⁽⁴⁾
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)} coral: 28-30 ^(c) mangrove: 28-32 ^(c) lamun: 28-30 ^(c)
7.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ¹⁽⁵⁾
KIMIA			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(d)
2.	Salinitas ^e	‰	alami ^{3(e)} coral: 33-34 ^(e) mangrove: s/d 34 ^(e) lamun: 33-34 ^(e)
3.	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	>5
4.	BOD5	mg/l	20
5.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/l	0,3
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8.	Sianida (CN ⁻)	mg/l	0,5
9.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01
10.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11.	Senyawa Fenol total	mg/l	0,002
12.	PCB total (poliklor bifenil)	µg/l	0,01
13.	Surfaktan (deterjen)	mg/l MBAS	1
14.	Minyak & lemak	mg/l	1
15.	Pestisida ^f	µg/l	0,01
16.	TBT (tributil tin) ⁷	µg/l	0,01
Logam terlarut:			
17.	Raksa (Hg)	mg/l	0,001
18.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,005
19.	Arsen (As)	mg/l	0,012

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	0,001
21.	Tembaga (Cu)	mg/l	0,008
22.	Timbal (Pb)	mg/l	0,008
23.	Seng (Zn)	mg/l	0,05
24.	Nikel (Ni)	mg/l	0,05
BIOLOGI			
1.	Coliform (total) ^a	MPN/100 ml	1000 ^(a)
2.	Patogen	sel/100 ml	nihil ¹
3.	Plankton	sel/100 ml	tidak bloom ⁶
RADIO NUKLIDA			
1.	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4

Catatan:

1. Nihil adalah tidak terdeteksi dengan batas deteksi alat yang digunakan (sesuai dengan metode yang digunakan)
2. Metode analisa mengacu pada metode analisa untuk air laut yang telah ada, baik internasional maupun nasional.
3. Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
4. Pengamatan oleh manusia (*visual*).
5. Pengamatan oleh manusia (*visual*). Lapisan minyak yang diacu adalah lapisan tipis (*thin layer*) dengan ketebalan 0,01mm
6. Tidak *bloom* adalah tidak terjadi pertumbuhan yang berlebihan yang dapat menyebabkan eutrofikasi. Pertumbuhan plankton yang berlebihan dipengaruhi oleh nutrisi, cahaya, suhu, kecepatan arus, dan kestabilan plankton itu sendiri.
7. TBT adalah zat antifouling yang biasanya terdapat pada cat kapal
 - a. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman *euphotic*
 - b. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata2 musiman
 - c. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2oC dari suhu alami
 - d. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0,2 satuan pH
 - e. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman
 - f. Berbagai jenis pestisida seperti: DDT, Endrin, Endosulfan dan Heptachlor
 - g. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman]

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd

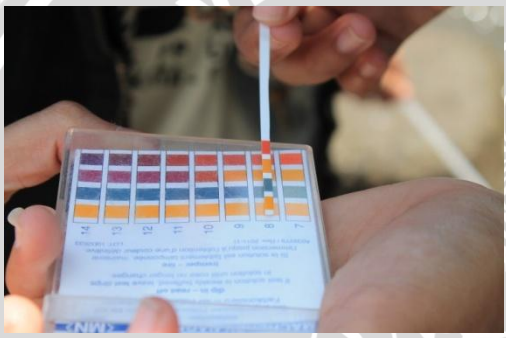
Nabiel Makarim, MPA., MSM.

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan
Kelembagaan Lingkungan Hidup,

ttd

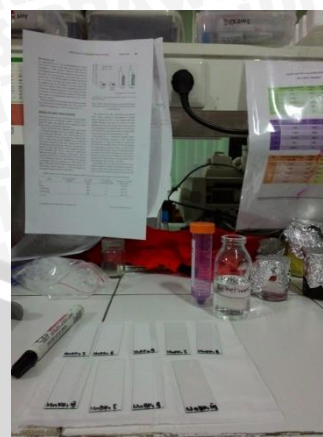
Hoetomo, MPA.

Lampiran 10. Dokumentasi

	
Pengukuran salinitas	Pengukuran suhu
	
Pengukuran pH	Sortir sampel rajungan
	
Pengukuran morfologi rajungan	Pengambilan hemolim rajungan



Analisa THC / DHC



Preparat untuk metode smear



Pembuatan preparat



Mikroskop Olympus BX53 untuk analisa mikronuklei (Mn)