

**KARAKTERISTIK HAEMOCYTE DAN KELAINAN INTI SEL (MIKRONUKLEI)
PADA KEPITING BIOLA (*Uca spp.*) DI KAWASAN MANGROVE PANTAI
UTARA KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh:

**MARANITA AGUSTIN
NIM. 115080101111063**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**KARAKTERISTIK HAEMOCYTE DAN KELAINAN INTI SEL (MIKRONUKLEI)
PADA KEPITING BIOLA (*Uca spp.*) DI KAWASAN MANGROVE PANTAI
UTARA KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

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

Oleh :

**MARANITA AGUSTIN
NIM. 115080101111063**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

LAPORAN SKRIPSI
KARAKTERISTIK HAEMOCYTE DAN KELAINAN INTI SEL (MIKRONUKLEI)
PADA KEPITING BIOLA (*Uca spp.*) DI KAWASAN MANGROVE PANTAI
UTARA KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR

Oleh :

MARANITA AGUSTIN
NIM. 115080101111063

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 4 Agustus 2015
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No :
Tanggal :

Dosen Penguji I

Prof.Dr.Ir. Endang Yuli H.,MS

NIP. 19570704 198403 2 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

Dr. Uun Yanuar, 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.Ir. Mulyanto, M.Si

NIP. 19600317 198602 1 001

Tanggal :

Mengetahui.
Ketua Jurusan MSP,

Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS

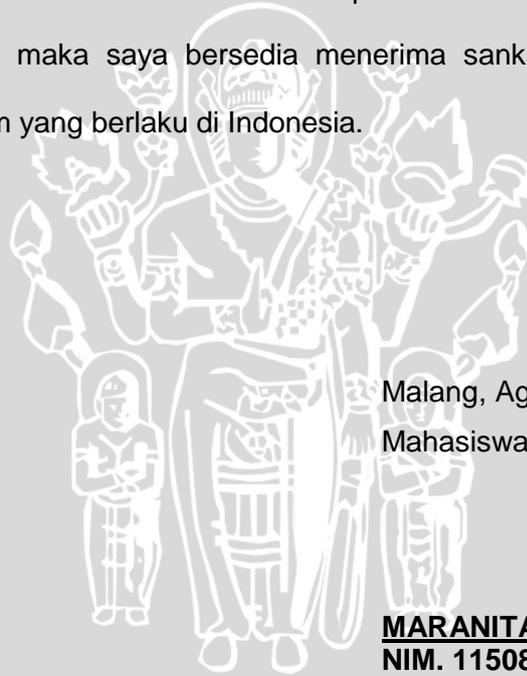
NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi dengan judul **“Karakteristik Haemocyte dan Kelainan Inti Sel (Mikronuklei) pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) Di Kawasan Mangrove Pantai Utara Kabupaten Pasuruan Jawa Timur ”** 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

MARANITA AGUSTIN
NIM. 115080101111063

UCAPAN TERIMA KASIH

**PENELITIAN INI ADALAH SEBAGIAN DARI PROGRAM PENELITIAN YANG
DIADAKAN OLEH Prof. Dr. Yenny Risjani, DEA, PhD.**

DENGAN JUDUL:

**KARAKTERISTIK HAEMOCYTE DAN KELAINAN INTI SEL (MIKRONUKLEI)
PADA KEPITING BIOLA (*Uca spp.*) DI KAWASAN MANGROVE PANTAI
UTARA KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**

YANG MELIBATKAN MAHASISWA S1:

- 1. MARANITA AGUSTIN**
- 2. UMI KULSUM**
- 3. DESINTYA ANDWI PARAMITHA**



**Mengetahui,
Ketua Peneliti**

**Prof. Dr. Yenny Risjani, DEA, PhD.
NIP. 19610523 198703 2 003**

RINGKASAN

MARANITA AGUSTIN. Skripsi mengenai KARAKTERISTIK HAEMOCYTE DAN KELAINAN INTI SEL (MIKRONUKLEI) PADA KEPITING BIOLA (*UCA Spp.*) DI KAWASAN MANGROVE PANTAI UTARA KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR (dibawah bimbingan **Prof. Ir. YENNY RISJANI, DEA, Ph.D dan Dr. Ir. MULYANTO, M.Si**)

Kepiting Biola (*Uca spp.*) merupakan salah satu jenis kepiting yang habitatnya di daerah intertidal, terutama di sekitar hutan mangrove dan pantai berpasir. Setiap organisme mempunyai sel darah dan pada crustacean sel darah dinamakan *hemolymph*. Dalam *hemolymph* terdapat hemosit, yang merupakan sel yang berperan dalam system kekebalan. Morfologi sel hemosit kepiting terdiri dari 3 tipe sel, yaitu sel *hyalinocyte*, *semigranulocyte* dan *granulocyte*. Respon stress hemosit dari berbagai *stressor* mempengaruhi *Total Haemocytes Count* (THC) dan *Diferensial Haemocytes Count* (DHC) pada kepiting. Pada sel hemosit terdapat kerusakan sel yang diakibatkan oleh pembentukan sel yang tidak sempurna sehingga sel tersebut menjadi berbeda. Kerusakan sel yang tidak terbentuk secara sempurna tersebut dinamakan dengan mikronuklei. Sehingga salah satu cara untuk mengetahui status kesehatan kepiting biola yaitu dengan mengamati karakteristik hemosit dan mikronukleinya. Banyaknya jumlah hemosit dan mikronuklei yang beredar pada *hemolymph* kepiting biola merupakan indikator stress dan jumlah hemosit dapat menjadi alat yang berharga pada pemantauan status kesehatan spesies *crustacean*, serta dapat memberikan informasi indikasi efek fisiologis tingkat subakut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat status kesehatan kepiting biola dengan melihat karakteristik haemocyte dan mikronuklei pada kepiting biola yang terdapat di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul Kabupaten Pasuruan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2015 di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul, Laboratorium Parasit, Laboratorium Reproduksi, Laboratorium Biosains dan Laboratorium FMIPA, Universitas Brawijaya Malang serta Perum Jasa Tirta I.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yang dijelaskan secara deskriptif dengan menggambarkan keadaan lokasi penelitian secara nyata sesuai dengan yang ada di lapang dan dibuktikan melalui analisa data. Pengambilan sample Kepiting Biola dilakukan di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul sebagai daerah kontrol. Penghitungan jumlah total hemosit (THC) dan *differential haemocyte count* (DHC) dengan menggunakan haemocytometer diamati dibawah mikroskop binokuler, dan pengamatan mikronuklei dilakukan dengan menggunakan mikroskop olympus BH2. Parameter kualitas air yang diamati yaitu suhu, pH, salinitas, DO, TSS, Pb di air, Pb di sedimen dan Pb di insang.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai rata-rata jumlah total sel hemosit pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi penelitian yaitu, pantai Kedawang sebesar $11,25 \times 10^5$ sel/ml, di pantai Mlaten sebesar $3,8 \times 10^5$ sel/ml dan pantai Penunggul sebesar $16,15 \times 10^5$ sel/ml. Untuk nilai rata-rata jumlah sel granulosit kepiting biola di pantai Kedawang sebesar 56,5%, pantai Mlaten sebesar 48,3% dan pantai Penunggul sebesar 60,3%. Untuk nilai rata-rata jumlah sel semigranulosit kepiting biola di pantai Kedawang sebesar 33,6%, pantai Mlaten sebesar 32,7% dan pantai Penunggul sebesar 35,3%. Untuk nilai rata-rata jumlah sel hyalin kepiting biola di pantai Kedawang sebesar 9,7%,

pantai Mlaten sebesar 18,8% dan pantai Penunggul sebesar 4,3%. Untuk nilai rata-rata kerusakan mikronuklei pada kepiting biola di pantai kedawang sebesar $1,03 \times 10^{-2}$ sel, di pantai Mlaten sebesar $1,63 \times 10^{-2}$ sel dan di pantai Penunggul sebesar $0,93 \times 10^{-2}$ sel.

Hasil rata-rata kadar logam berat Pb di perairan pantai Kedawang sebesar 0,114 ppm, di pantai Mlaten sebesar 0,121 ppm dan di pantai Penunggul sebesar 0,099 ppm. Sedangkan hasil rata-rata kadar logam berat Pb pada sedimen di pantai Kedawang sebesar 2,91 ppm, di pantai Mlaten sebesar 3,206 ppm dan di pantai Penunggul sebesar 2,784 ppm. Dan hasil rata-rata Pb pada insang kepiting biola di pantai Kedawang sebesar 0,059 ppm, pantai Mlaten sebesar 0,141 ppm dan pantai Penunggul sebesar 0,096 ppm. Hasil kualitas air yang diamati yaitu rata-rata suhu di pantai Kedawang sebesar $31,67^{\circ}\text{C}$, di pantai Mlaten sebesar $31,33^{\circ}\text{C}$ dan di pantai Penunggul sebesar $29,67^{\circ}\text{C}$. Untuk hasil rata-rata pH di pantai Kedawang sebesar 8,33, di pantai Mlaten sebesar 8,33 dan di pantai Penunggul sebesar 8. Hasil rata-rata untuk pengukuran salinitas di pantai Kedawang sebesar 25,33 ppt, di pantai Mlaten sebesar 11,67 ppt dan di pantai Penunggul sebesar 25 ppt. Untuk hasil rata-rata DO di pantai Kedawang sebesar 5,1 mg/l, di pantai Mlaten sebesar 4,2 mg/l dan di pantai Penunggul sebesar 5 mg/l. Dan untuk hasil rata-rata TSS di pantai Kedawang sebesar 57,1 mg/l, di pantai Mlaten sebesar 44,23 mg/l dan di pantai Penunggul sebesar 41,37 mg/l.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata jumlah total hemosit tertinggi kepiting biola (*Uca spp.*) di pantai Penunggul dengan jumlah $16,15 \times 10^5$ sel/ml dan terendah di pantai Mlaten dengan jumlah $3,8 \times 10^5$ sel/ml, hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar pencemar di perairan maka jumlah total hemosit semakin rendah karena hemosit akan mengalami lisis memfagosit bakteri ataupun bahan pencemar yang masuk ke dalam tubuh organisme. Nilai rata-rata jumlah sel granulosit tertinggi di pantai Penunggul dengan jumlah 60,3%, jumlah sel semigranulosit tertinggi di pantai Penunggul dengan jumlah 35,3% dan persentase tertinggi sel hyalin terdapat di pantai Mlaten dengan jumlah 18,8%, hal tersebut menunjukkan bahwa apabila sel hyalin tinggi maka sel granulosit akan rendah karena pada perairan yang tercemar atau buruk yaitu pantai Mlaten yang lebih banyak berperan adalah sel hyalin karena sel hyalin ini berfungsi dalam pembekuan dan fagositosis. Dan jika perairan masih normal atau daerah kontrol yaitu pantai Penunggul sel yang lebih berperan atau tinggi yaitu sel granulosit dan sel hyalinnya rendah, karena fungsi sel granulosit adalah untuk penyimpanan dan pelepasan sistem PROPO. Dan untuk kerusakan mikronuklei tertinggi terdapat di pantai Mlaten dengan jumlah $1,63 \times 10^{-2}$ sel dan terendah di pantai Penunggul sebesar $0,93 \times 10^{-2}$ sel, dimana semakin tinggi kerusakan mikronuklei maka status kesehatan kepiting biola akan semakin buruk. Sehingga dapat disimpulkan bahwa status kesehatan kepiting biola di pantai Mlaten buruk yang dapat dilihat dari jumlah total hemositnya, dan jumlah DHC (granulosit, semigranulosit dan hyalin) serta kerusakan mikronuklei.

Saran dari penelitian ini adalah diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh pencemaran terhadap karakteristik sistem imun pada kepiting biola (*Uca spp.*) dan crustacea lainnya.

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Semesta Alam yang telah melimpahkan Rahmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul **"Karakteristik Haemocyte dan Kelainan Inti Sel (Mikronuklei) Pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) Di Kawasan Mangrove Pantai Utara Kabupaten Pasuruan Jawa Timur"** ini tanpa hambatan yang berarti. Di dalam tulisan ini disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi karakteristik sel hemosit pada kepiting biola untuk melihat status kesehatan yang dilihat dengan cara pengamatan THC (*Total Haemocyte Count*) dan DHC (*Differential Haemocyte Count*) serta kelainan Inti Sel seperti Mikronuklei.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan informasi bagi semua pihak yang memerlukan pengetahuan tentang Karakteristik Haemocyte dan Kelainan Inti Sel pada Kepiting Biola di pantai Utara Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

Malang, 01 Agustus 2015

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala karunia dan hidayah-NYA yang dilimpahkan kepada penulis.
2. Kedua orang tua yaitu ayahanda Suparman dan Ibunda Sri Utami, adik-adik tersayang Saras, Rizki, Nanda dan Nindi serta seluruh keluarga besar yang selalu mendukung, memberikan semangat untuk menyelesaikan penelitian, dan juga terima kasih atas do'a-do'a mereka hingga saya sampai di titik ini.
3. Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA., Ph.D dan Dr. Ir. Mulyanto, M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu sabar membimbing dan tak lupa untuk memberikan motivasi-motivasi yang bermanfaat buat penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Prof. Dr. Ir. Endang Yuli Herawati, MS dan Dr. Uun Yanuar, S.Pi, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang bermanfaat dan membangun bagi penulis.
5. Terima kasih banyak bapak Sodik, yang sudah menyediakan rumah buat tempat sampling PKL dan Skripsi, maaf pak kita selalu merepotkan
6. Terima kasih banyak kepada sahabat-sahabat saya para RANGER : Ani, Dya, Rahma dan Umi. Terima kasih atas bantuan, dukungan, semangat dan keceriaan kalian serta do'a-do'a kalian.
7. Teman-teman TIM Skripsi HEMOLOVERS : Babil, Dian, Debo, Meta dan Umi. Terima kasih kalian para pejuang tangguh atas kerjasama dan semangat yang luar biasa yang telah membantu dalam pengerjaan di lapang maupun membantu dalam berbagi motivasi. Thank you so much guys.
8. Terima kasih kepada adek "Sarik" dan "Dya Jegeg" yang sudah meminjamkan laptopnya untuk saya demi menyelesaikan laporan.

9. Keluarga besar ARM2011! Nopi dan Soraya (Ndol) yang sudah rela berbagi printer dengan saya, teh Ratih yang selalu memberi motivasi untuk berdiri bangkit, icha, cahyo, alan, ardi, ikhsan, shinta, fariq, anggi, laela, fahmi, dan semua yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih banyak buat semangat-semangat kalian.
10. Mbak Mita Galih Setiawan yang selalu membantu, memotivasi dan memberi semangat dalam pengerjaan laporan. Dan terima kasih mbak Choilila yang selalu menjadi tempat curhat dan selalu berbagi drama Korea dengan saya, hehe.
11. Terima kasih buat “Kiky Agnes” yang selalu ada buat saya dikala susah dan senang dan juga “Yeni Wulandari” translator saya yang luar biasa untuk menjadi tempat curhat.
12. Mama Peni dan Papa Buyung yang luar biasa baiknya kepada saya, terima kasih do’anya ma, pa. Dan Buyung Family’s keluarga satu atap terima kasih banyak untuk semuanya.
13. Teman-teman TIM HISTOLOVERS : Babil, Dian, Debo, Meta, Umi, Nicko, Elsa, Elva, Dicky, Intan, Icha yang bersedia belajar histologi bersama mulai dari nol demi menyelesaikan PKL, terima kasih semangat kalian.
14. Laboran IIP mbak Hawa dan mbak Mega, Laboran Reproduksi Pak Udin, laboran Parasit mbak Titin dan mbak Heni, Laboran Biosains mbak Rista, terima kasih sudah melayani tim kami dengan kesabaran dan baik hati.
15. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Malang, 01 Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
RINGKASAN	iv
KATA PEGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kegunaan Penelitian	6
1.5 Tempat dan Waktu.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>).....	7
2.1.1 Morfologi dan Anatomi Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>).....	7
2.1.2 Distribusi dan Penyebaran Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>).....	8
2.1.3 Peranan Penting Ekologis Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>)	9
2.1.4 Siklus Hidup Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>)	10
2.2 Logam Berat Pb (Timbal)	12
2.2.1 Pb di Air	13
2.2.2 Pb di Sedimen.....	14
2.2.3 Pb di Insang	16
2.3 Mekanisme Akumulasi Pb Pada Tubuh Organisme.....	18
2.4 Radikal Bebas	24
2.5 Hemosit.....	27
2.6 Hubungan Sistem Imun dengan Hemosit	30
2.7 Micronuklei.....	31
2.7.1 Pembentukan Mikronukleus	35
2.8 Road Map Hasil Penelitian	37



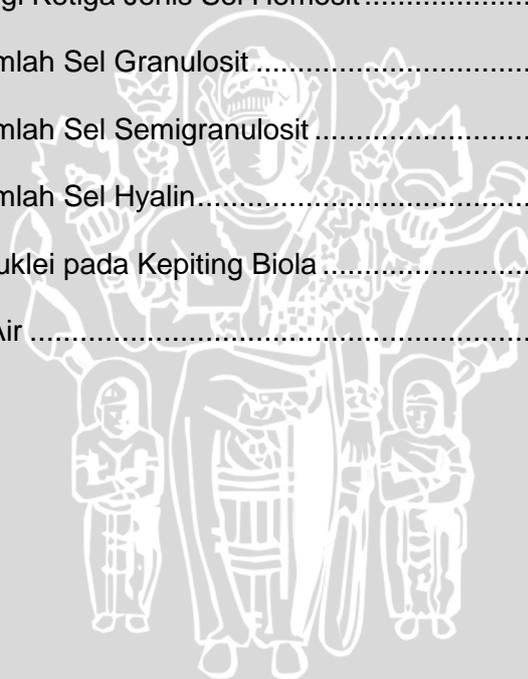
3. MATERI DAN METODE	45
3.1 Materi Penelitian	45
3.2 Metode Penelitian	45
3.3 Penentuan Stasiun.....	47
3.4 Pengambilan Sample	47
3.4.1 Pengambilan Kepiting Biola.....	47
3.4.2 Pengambilan Sample Air	48
3.4.3 Pengambilan Sample Sedimen	48
3.4.4 Pengambilan Sample Hemolymph.....	48
3.5 Analisis Sample.....	49
3.5.1 Metode Pengamatan dan Perhitungan	49
3.5.1.1 THC	49
3.5.1.2 DHC.....	49
3.5.2Pengamatan Mikronuklei Pada Hemolymph	50
3.6 Metode Pengukuran Kualitas Air	51
3.6.1 Suhu.....	51
3.6.2 Salinitas.....	51
3.6.3 DO.....	52
3.6.4 pH	53
3.6.5 TSS	53
3.6.6 Pengujian Kadar Logam Berat Pb	54
3.6.7 Analisis Data	55
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	56
4.1.1 Keadaan Umum Pantai Kedawang	56
4.1.2 Keadaan Umum Pantai Mlaten	57
4.1.3 Keadaan Umum Pantai Penunggul.....	58
4.2 Kadar Logam Berat Pb pada Perairan di Pantai Utara Pasuruan	60
4.3 Kadar Logam Berat Pb pada Insang.....	67
4.4 Profil Hemosit Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>).....	69
4.4.1 Perhitungan THC.....	69
4.4.2 Perhitungan DHC	75
4.4.2.1 Perhitungan Sel Granulosit.....	78
4.4.2.2 Perhitungan Sel Semigranulosit.....	81
4.4.2.3 Perhitungan Sel Hyalin	83
4.5 Total Mikronuklei	86
4.6 Parameter Kualitas Air.....	90
4.6.1 Suhu	92
4.6.2 pH	93
4.6.3 Salinitas	94
4.6.4 DO	96
4.6.5 TSS.....	97
5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran	99

DAFTAR PUSTAKA.....	100
LAMPIRAN.....	108



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Respon Imun Hemosit Pada Krustacea.....	29
2. Road Map Hasil Penelitian tentang Logam Berat Pb.....	38
3. Road Map Hasil Penelitian tentang Hemosit dan Mikronuklei.....	42
4. Mata Pencaharian Penduduk Desa Penunggul.....	59
5. Hasil Kadar Pb.....	61
6. Hasil Rata-rata Jumlah THC.....	70
7. Bentuk Morfologi Ketiga Jenis Sel Hemosit.....	77
8. Persentase Jumlah Sel Granulosit.....	78
9. Persentase Jumlah Sel Semigranulosit.....	81
10. Persentase Jumlah Sel Hyalin.....	83
11. Jumlah Mikronuklei pada Kepiting Biola.....	88
12. Data Kualitas Air.....	91



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>).....	7
2. Siklus Hidup Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>).....	11
3. Insang yang terkena Polutan.....	18
4. Jenis-jenis Tipe Hemosit.....	27
5. Macam-macam Kelainan Inti Sel.....	33
6. Proses Pembentukan Mikronukleus.....	36
7. Pengambilan Hemolymph Pada Kepiting.....	49
8. Lokasi Pengambilan Sample di Pantai Kedawang.....	57
9. Lokasi Pengambilan Sample di Pantai Mlaten.....	58
10. Lokasi Pengambilan Sample di Pantai Penunggul.....	59
11. Grafik rata-rata Logam Berat Pb Air.....	62
12. Grafik Rata-rata Logam Berat Pb pada Sedimen.....	65
13. Grafik Rata-rata Logam Berat Pb di Insang.....	69
14. Pengamatan Sel Hemosit Kepiting Biola.....	70
15. Jumlah THC pada Kepiting Biola.....	74
16. Jumlah Sel Granulosit.....	79
17. Jumlah Sel Semigranulosit.....	82
18. Jumlah Sel Hyalin.....	84
19. Gambaran Kerusakan Mikronuklei.....	86
20. Jumlah Total Mikronuklei pada Kepiting Biola.....	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian (Zoom Out).....	108
2. Peta Lokasi Penelitian (Zoom In)	108
3. Alat dan Bahan	109
4. Panjang dan Lebar Kepiting Biola	111
5. Baku Mutu Air Laut	112
6. Kamar Hitung Haemocytometer	114
7. Data Jumlah THC pada Kepiting Biola	115
8. Data Jumlah DHC pada Kepiting Biola.....	115
9. Data Jumlah Kerusakan Inti Sel (Mikronuklei).....	116
10. Hasil Uji Tukey THC.....	117
11. Hasil Uji Tukey Sel Granulosit.....	117
12. Hasil Uji Tukey Sel Semigranulosit.....	118
13. Hasil Uji Tukey Sel Hyalin	118
14. Hasil Uji Tukey Mikronuklei.....	119
15. Dokumentasi.....	120

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepiting Biola (*Uca spp.*) merupakan salah satu jenis kepiting yang habitatnya di daerah intertidal, terutama di sekitar hutan mangrove dan pantai berpasir. Kepiting ini ditemukan di pantai terlindung dekat teluk yang besar atau laut terbuka, kadang-kadang hanya terlindung oleh karang atau lumpur laut. Sebagian besar ditemukan pada substrat pasir dengan endapan lumpur, terutama di daerah dekat mangrove (Crane, 1975 *dalam* Murniati, 2008). Kepiting Biola merupakan detritivor di ekosistem mangrove. Hidup dengan membuat sarang berupa lubang pada tanah. Aktivitas kepiting biola membuat lubang, dapat meningkatkan sirkulasi udara sedimen sehingga dapat mencegah pembentukan phytotoxin seperti H₂S (Kochl dan Wolff *dalam* Murniati, 2010). Hal ini ditambahkan oleh Wulandari *et al*, (2013), bahwa kepiting biola berperan sebagai pemakan detritus. Detritus sendiri merupakan hancuran dari bahan-bahan organik.

Hewan-hewan crustacea seperti kepiting biola bernapas dengan insang yang melekat pada anggota tubuhnya dan sistem peredaran darah yang dimilikinya adalah sistem peredaran darah terbuka (haemocoelic), yaitu terjadi kontak langsung antara darah dan jaringan. Sistem ini sangat berbeda dengan sistem sirkulasi darah pada Vertebrata yang mempunyai sistem sirkulasi melalui pembuluh darah tertutup. Sistem peredaran darah pada kepiting biola 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 jantung pembuluh. Satu-satunya buluh darah yang ada berupa saluran lurus terletak di atas saluran pencernaan, yang di daerah abdomen mempunyai lubang-lubang di sebelah lateral. Darah kepiting biola berada dalam rongga tubuh atau *hemocoel*, cairannya disebut *hemolymph*. Di dalamnya terdapat sel/senyawa yang melayang-layang disebut *hemosit*. Cairan ini berperan dalam system kekebalan. Pada Decapoda (Crustacea), secara morfologi Saha dan Ray (2006) mengidentifikasi hemosit kepiting terdiri dari 3 tipe sel, antara lainnya adalah *hyalinocyte*, *semigranulocyte* dan *granulocyte*. Komponen hemosit merupakan bagian penting dari sirkulasi arthropoda yang bertanggung jawab untuk berbagai mekanisme perlindungan mulai dari koagulasi luka dan perbaikan sel sebagai peranannya dalam kekebalan tubuh (Taylor dan Landmad, 2009).

Hemosit memiliki peran yang penting pada sistem imunitas. Pertama, hemosit menghancurkan partikel/benda asing dalam *haemacoel* melalui fagositosis, enkapsulasi, agregat nodulasi, melanisasi, cytotoxicitas dan komunikasi antar sel. Kedua, hemosit memiliki andil dalam penanganan luka lewat reaksi seluler dan yang mengawali proses koagulasi dengan membawa dan melepaskan sistem *prophenoloksidase* (proPO). Ketiga, hemosit terlibat dalam pembentukan dan perombakan molekul-molekul penting dalam hemolim (Ekawati *et al.*, 2012). Banyaknya jumlah hemosit yang beredar merupakan indikator stress dan jumlah hemosit dapat menjadi alat yang berharga pada pemantauan status kesehatan spesies *crustacean*, serta dapat memberikan informasi indikasi efek fisiologis tingkat subakut (Taylor dan Landmad, 2009). Sejumlah peneliti telah menyarankan metode yang berbeda untuk mengukur

respon stress dalam *crusteca*, diantaranya meliputi pengukuran hemosit berbeda jenis di *hemolymph* (Lorenzon *et al.*, 2001) dikarenakan respon stress hemosit dari berbagai *stressor* mempengaruhi *Total Haemocytes Count* (THC) dan *Diferensial Haemocytes Count* (DHC). Sehingga dapat dikatakan bahwa indikator respon stress tersebut sangat berguna dalam menilai status kesehatan jangka pendek maupun jangka panjang dari organisme tersebut serta telah cukup mendapat perhatian terutama pada dekapoda (*crustacean*) (Fossi *et al.*, 1997).

Pada sel hemosit terdapat kerusakan sel yang diakibatkan oleh pembentukan sel yang tidak sempurna sehingga sel tersebut menjadi berbeda. Salah satu kerusakan sel yang tidak terbentuk secara sempurna tersebut disebut dengan mikronuklei. Mikronuklei adalah suatu kelainan pembelahan sel terutama pada anaphase atau dari hasil pembelahan kromosom yang tidak memiliki sentromer sehingga terdapat satu inti tambahan yang berukuran kecil (Putri, 2014). Hal ini diperkuat dengan pernyataan Tarasandi (2014) bahwa mikronukleus adalah inti tambahan kecil yang terletak di luar inti utama, merupakan salah satu bentuk kelainan inti sel akibat kesalahan dalam proses pembelahan. Bila dilihat dibawah mikroskop, mikronukleus tampak sebagai inti kedua yang ukurannya kurang dari sepertiga diameter inti utama, berbentuk bulat atau oval dengan tepi halus, tidak bertumbukan atau memiliki hubungan dengan inti utama, serta memiliki warna, tekstur, dan pembiasaan yang sama dengan inti utama.

Salah satu cara untuk mengetahui status kesehatan kepiting biola dengan mengamati karakteristik hemosit dan kelainan inti sel. Banyaknya jumlah hemosit dan kelainan inti sel yang beredar pada hemolymph kepiting biola merupakan indikator stress dan jumlah hemosit dapat menjadi alat yang berharga pada pemantauan status kesehatan spesies *crustacean*. Meskipun pada beberapa organisme air benar-benar cocok sebagai biomonitors (Miserendino dan Pizzolón

2001), makroinvertebrata sessile sangat penting dalam menilai status konservasi ekosistem (Esteves 1988), terutama untuk evaluasi kualitas air (Junqueira et al, 2000.; Monserrat et al. 2007). Makroinvertebrata benthik juga mendapat perhatian khusus karena mereka dapat mencerminkan sejarah pencemaran di lingkungan (Marvan 1979). Maka kepiting biola memiliki potensi untuk digunakan sebagai bioindikator di kawasan mangrove (Pinheiro et al. 2012), dan kepiting biola jarang dimanfaatkan oleh masyarakat. Meskipun begitu kepiting biola mempunyai peran ekologis yang sangat penting sehingga perlu diperhatikan status kesehatan kepiting berdasarkan karakteristik hemosit dan kelainan inti sel. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk melihat karakteristik haemocyte dan kelainan inti sel pada kepiting biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul Kabupaten Pasuruan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian sebelumnya dan studi dari data sekunder bahwa di kawasan mangrove pantai utara Pasuruan terdapat berbagai macam aktivitas manusia diantaranya pariwisata, perikanan, tempat bersandarnya kapal, tempat pembuangan akhir dan sebagainya yang akan menyebabkan penurunan kualitas air dan mempengaruhi konsentrasi logam berat Pb yang mendominasi di perairan tersebut. Hal ini akan mempengaruhi tingkat kesehatan biota yang menghuni habitat tersebut, salah satunya adalah kepiting biola.

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Baedowi (2013) yang dilakukan di pantai Kedawang terdapat logam berat Pb. Kadar logam berat Pb air di pantai Kedawang sebesar 0,115 – 0,156 ppm. Dan kadar logam berat Pb di sedimen sebesar 2,3 – 5,44 ppm. Selain itu Salsabela (2013) juga melakukan penelitian yang sama di pantai Kedawang dan di dapatkan hasil kadar Pb air sebesar 0,12

– 0,17 ppm. Dan kadar logam berat Pb sedimen di pantai Kedawang sebesar 2,08 – 3,73 ppm. Sedangkan Megawati (2014) melakukan penelitian yang sama yaitu melihat kadar Pb di air dan sedimen tetapi di tempat yang berbeda yaitu di pantai Mlaten. Dan didapatkan Pb air di pantai Mlaten sebesar 0,113 – 0,142 ppm sedangkan Pb pada sedimen sebesar 3,10 – 4,50 ppm. Dari penelitian tersebut kadar Pb yang ditemukan sangat tinggi dan melebihi nilai ambang batas sehingga kadar yang tinggi ini akan merusak kesehatan organisme. Salah satu kerusakan yang disebabkan oleh logam berat Pb adalah total hemosit pada kepiting biola, jika hemosit pada kepiting biola banyak maka perairan tersebut akan semakin baik untuk kondisi kesehatan organisme. Selain itu, sel-sel hemosit bisa mengalami kelainan inti sel salah satunya yaitu kerusakan mikronuklei dimana kerusakan mikronuklei ini adalah kerusakan yang diakibatkan oleh pematangan sel-sel hemosit yang tidak sempurna. Semakin banyak mikronuklei di perairan maka perairan tersebut buruk untuk organisme. Oleh karena itu, untuk melihat kondisi kesehatan kepiting biola yang terdapat di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul perlu melihat karakteristik hemosit dan mikronuklei dalam tubuh kepiting biola (*Uca spp.*).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1.) Untuk mengetahui karakteristik hemosit dan jumlah hemosit yang terdapat dalam hemolymph Kepiting Biola (*Uca spp.*) di kawasan ekosistem mangrove pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul.
- 2.) Untuk mengetahui kondisi kesehatan kepiting dengan menggunakan karakteristik kelainan inti sel dan jumlah kelainan dari Kepiting Biola (*Uca*

spp.) di kawasan ekosistem mangrove pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari Penelitian ini adalah :

- Sebagai monitor lingkungan yang bersih dan buruk. Jumlah hemosit yang tinggi akan menandakan bahwa perairan tersebut baik dan kelainan inti sel seperti mikronuklei yang ditemukan pada hemosit kepiting biola tinggi juga akan menandakan bahwa banyak sel yang tidak terbentuk secara sempurna dalam pembelahan dan hal ini disebabkan oleh perairan yang buruk bagi organisme. Sehingga dapat dikatakan bahwa karakteristik haemosit dan kelainan inti sel dapat dijadikan sebagai salah satu indikator pendeteksi perairan yang buruk.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di tiga pantai utara yang memiliki ekosistem mangrove yaitu Pantai Kedawang, Pantai Mlaten dan Pantai Penunggul di Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2015. Untuk pengukuran parameter kualitas air dilakukan di laboratorium Ilmu-Ilmu Perairan (IIP) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan Perum Jasa Tirta I Malang serta laboratorium Kimia. Untuk pembuatan preparat atau hapusan dan pengamatan dilakukan di Laboratorium parasit Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kepiting Biola

2.1.1 Morfologi dan Anatomi Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Kepiting Biola merupakan salah satu jenis kepiting yang hidup di ekosistem mangrove. Klasifikasi dari kepiting biola secara lengkap menurut Poore (2004) dalam Murniati (2008) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Kelas	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Family	: Ocypodidae
Genus	: <i>Uca</i>
Spesies	: <i>Uca spp.</i>



Gambar 1. Kepiting Biola (*Uca spp.*).
Dokumentasi pribadi.

Kepiting biola merupakan hewan yang memiliki dimorfisme seksual, sehingga dapat dengan jelas dilihat perbedaannya antara kepiting biola jantan dan betina secara morfologinya. Morfologi juga merupakan karakter utama yang dapat dilihat dalam sistem pengklasifikasian. Selain itu morfologi juga dapat dijadikan sebagai informasi mengenai adaptasi dan variasi yang terjadi pada kepiting biola dengan lingkungannya (Sloane, 2003 dalam Wulandari, 2013).

Kepiting biola memiliki ciri yang sangat menonjol yang hanya dimiliki oleh individu jantan, yaitu salah satu capitnya berukuran sangat besar dan yang satunya lagi berukuran kecil (Nontji, 2005).

Menurut (Afrianto, 1993 dalam Wulandari, 2013) bahwa kepiting biola jantan memiliki capit kecil yang digunakan untuk menggali dan capit besar digunakan untuk memikat betina dan untuk berkelahi, dengan cara capit besar yang terdapat pada kepiting biola jantan digoyang-goyangkannya. Apabila capit besar kepiting biola rusak atau putus, maka capit kecil pasangannya akan tumbuh menjadi capit besar dan akan terbentuk kembali capit kecil dari bagian capit yang rusak tadi.

Menurut Campbell, dkk. (2003) selain perbedaan organ reproduksi pada hewan jantan dan betina, dapat juga dijumpai perbedaan yang menentukan jenis kelamin, perbedaan antara sifat-sifat sekunder atau dimorfisme seksual. Rosenberg (2001) menyatakan bahwa semua kepiting biola jantan dewasa menunjukkan ciri menonjol dari dimorfisme seksual dan bentuk tubuh yang tidak simetri dan morfologinya digunakan sebagai karakter pendukung dalam identifikasi. Bagian frontal melebar, suborbital berlekuk, terdapat deretan bintik-bintik kecil di dasar orbital.

2.1.2 Distribusi dan Penyebaran Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Kepiting Biola merupakan salah satu jenis kepiting yang habitatnya di daerah intertidal, terutama di sekitar hutan mangrove dan pantai berpasir. Kepiting ini ditemukan di pantai terlindung dekat teluk yang besar atau laut terbuka, kadang-kadang hanya terlindung oleh karang atau lumpur laut. Sebagian besar ditemukan pada substrat pasir dengan endapan lumpur, terutama di daerah dekat mangrove (Crane, 1975 dalam Murniati, 2008). Ng dan

Sivasothi *dalam* Suryono (2006) juga menyatakan bahwa kepiting *Uca* spp. Memang jenis kepiting yang berhabitat di substrat lumpur dan cenderung berpasir di bawah tegakan mangrove.

Kepiting Biola (*Uca* spp.) gemar membuat liang dan hidup di dalamnya. Liang yang dibuat antara lain berbentuk lurus, huruf 'J' dan lebarnya sebesar 5 cm. Setiap liang akan dihuni oleh satu ekor kepiting, kecuali saat musim kawin. Ketika pasang tinggi menutupi habitat kepiting, maka kepiting akan segera masuk ke dalam liang dan menutupi mulut liang dengan lumpur. Pada musim berkembang biak sekitar Juni-Agustus, jantan akan menggali lubang lebih dalam dan membangun struktur seperti setengah kubuh pada jalan masuknya (Kim *et al.*, 2004 *dalam* Murniati, 2008). Kepiting Biola ditemukan dalam jumlah yang melimpah dalam semua habitat mangrove.

2.1.3 Peranan Penting Ekologis Kepiting Biola (*Uca* spp.)

Salah satu genus yang merupakan detritivor di ekosistem mangrove adalah *Uca* (kepiting biola). Hidup dengan membuat sarang berupa lubang pada tanah. Aktivitas kepiting biola membuat lubang, dapat meningkatkan sirkulasi udara sedimen sehingga dapat mencegah pembentukan phytotoxin seperti H₂S (Kochl dan Wolff *dalam* Murniati, 2010). Kepiting biola juga berperan dalam siklus karbon, nitrogen, dan sulfur (Taqwa, 2010 *dalam* Supraygogi, 2014). Hal ini ditambahkan Wulandari *et al*, (2013), bahwa kepiting biola berperan sebagai pemakan detritus. Detritus sendiri merupakan hancuran dari bahan-bahan organik. Keberadaan kepiting biola dapat mengendalikan jumlah detritus yang ada di ekosistem mangrove. Liang tempat tinggal kepiting biola juga dapat meningkatkan aerasi tanah di daratan mangrove.

Peran ekologi Kepiting Biola (*Uca spp.*) adalah mencerna sedimen yang mengandung makanan, menyimpan dan membuangnya kembali dengan cara kimia maupun fisik. Interaksi antara kebiasaan meliang pada *Uca spp.* dengan substrat yang menjadi habitatnya dapat dilihat dari 2 perpektif : (1) pengaruh *Uca* terhadap substrat dan (2) pengaruh substrat dan keberadaan vegetasi *Uca*. Aktifitas meliang dapat meningkatkan aliran air, potensi reaksi reduksi dan oksidasi tanah, dekomposisi sisa-sisa tanaman dalam substrat secara in situ dan meningkatkan aerasi substrat dengan cara menambah area payau (Lim & Ahmad, 2004 dalam Murniati, 2008).

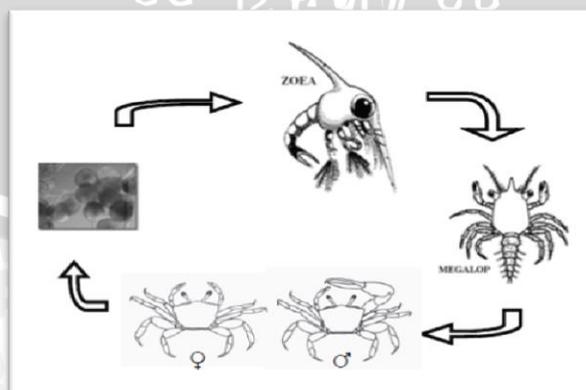
Rosenberg (2000) menyatakan bahwa nama kepiting biola berasal dari cara makan *Uca* jantan. Gerakan capit kecil yang terus menerus dari substrat ke mulut dan kembali lagi ke substrat mirip dengan gerakan pemain biola saat menggerakkan busur ke biola (capit besar).

2.1.4 Siklus Hidup Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Uca spp. memiliki aktifitas kawin dengan ritme semilunar dan terjadi secara serentak. Aktivitas tersebut mencapai puncaknya pada saat menjelang pasang surut musim semi, sebuah pola yang konsisten pada jenis dari marga *Uca*. Namun kondisi siklus perkawinan dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan (Kim *et al.*, 2004 dalam Murniati 2008). Kepiting biola betina akan memilih pasangannya berdasarkan perilaku, perlakuan jantan terhadapnya atau kondisi liang yang dibuat oleh kepiting biola jantan. Bahkan ada juga jenis *Uca* betina yang lebih mudah untuk menilai dan memilih jantan yang berkelompok daripada jantan yang menyebar jauh. Kepiting biola jantan menarik pasangannya dengan cara menggerakkan capit besarnya ke arah betina yang diinginkan dan menggunakan capit yang kecil untuk menarik betina masuk ke dalam liang.

Setelah satu jantan masuk ke dalam liang beberapa jantan masuk secara bergantian (Kim *et al.*, 2004 *dalam* Murniati, 2008). Setelah kopulasi betina akan tinggal di dalam liang untuk mengerami telur (DeRivera *et al.*, 2003 *dalam* Murniati, 2008). *Uca* akan melakukan perkawinan di dalam liang yang dibuat oleh jantan atau dipermukaan dekat liang betina.

Larva *Uca spp.* tidak hidup bersama dalam populasi dewasa, tetapi hidup di perairan laut dan secara bertahap sesuai dengan pertumbuhannya hingga dewasa akan bergerak ke habitat asalnya. Setiap betina dapat membawa 10.000 hingga 300.000 telur, tergantung pada ukuran tubuhnya. Sekitar 2 minggu setelah telur keluar, telur akan menetas sebagai larva planktonic yang disebut zoea. Larva zoea terbawa oleh angin dan gelombang ke teluk. Disini mereka akan mengalami molting 5 kali. Sekitar 3-4 minggu sebelum berkembang menjadi megalop, tahap akhir larva. Megalop akan bergerak mengikuti angin dan arus gelombang kembali ke muara. Megalop ini mengalami molting menjadi juvenile, kemudian pindah ke area mangrove dan bersembunyi di dalam liang. Juvenile jantan dan betina tidak dapat dibedakan karena morfologinya yang serupa. Selama meliang juvenile mengalami molting hingga akhirnya menjadi dewasa (Murniati, 2008). Proses siklus hidup kepiting biola (*Uca spp.*) dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Siklusu hidup Kepiting Biola (*Uca spp.*)

2.2 Logam Berat Pb (Timbal)

Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat diseluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar, 2008). Timbal adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan, dengan rapatan yang tinggi (11,48 gr/ml pada suhu kamar). Timbal memiliki nomor atom 82, berat atom 207,9, jari-jari atom $1,75 \text{ \AA}$ dan jari-jari ion $(4 \pm 0,76) \text{ \AA}$. Timbal mudah larut dalam asam nitrat dan menghasilkan senyawa timbal nitrat dan air. Partikel timbal mempunyai ukuran 0,045-033 μm . Aerosol timbal yang mempunyai ukuran 0,05 μm mempunyai kecepatan pengendapan $8,71 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$. Sifat-sifat dan kegunaan timbal adalah (a) mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasionalnya, (b) mudah dibentuk karena lunak, (c) mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan, (d) bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, (e) kepadatannya melebihi logam lainnya (Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

Timbal (Pb) merupakan salah satu pencemar yang dipermasalahkan karena sifat toksik dan tergolong sebagai bahan buangan beracun dan berbahaya. Timbal merupakan salah logam berat non essensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup. Timbal terdapat dalam air karena adanya kontak air dengan tanah atau udara tercemar timbal, air yang tercemar oleh limbah industry atau akibat korosi pipa (Ulfin, 1995 dalam Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

Timbal dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum* dan disimbolkan dengan Pb. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan berat atom (BA) 207,2 (Palar, 2004 dalam Bangun, 2005). Logam timbal Pb adalah jenis logam lunak berwarna coklat kehitaman dan mudah dimurnikan. Logam Pb lebih tersebar luas dibanding kebanyakan logam toksik lainnya dan secara alamiah terdapat pada batu-batuan serta lapisan kerak bumi. Dalam pertambangan, logam ini berbentuk sulfida logam (PbS) yang sering disebut *galena* (Darmono, 1995 dalam Bangun, 2005). Timbal banyak digunakan dalam industri misalnya sebagai zat tambahan bahan bakar, pigmen timbal dalam cat yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan (Lu, 1995 dalam Bangun, 2005).

Pb dapat menghambat kerja enzim yang diperlukan untuk pembentukan hemoglobin (Ridhowati, 2013). Timbal atau dikenal sebagai logam Plumbum (Pb) dalam susunan unsur kimia merupakan suatu logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi dan tersebar kealam dalam jumlah kecil melalui proses alami termasuk letusan gunung berapi dan proses geokimia (Putri, 2014).

2.2.1 Pb Air

Air merupakan elemen penting bagi kehidupan organisme perairan dimana untuk menjaga kualitas perairan yang mendukung kehidupan berbagai organisme maka diperlukan suatu pengontrolan dari berbagai aktifitas manusia yang memanfaatkan perairan baik secara langsung maupun tidak langsung. Defew *et al.*, (2004) dalam Makmur *et al.*, (2013) menyatakan bahwa logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik di sungai maupun laut akan dipindahkan dari badan airnya melalui beberapa proses yaitu : pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme perairan.

Logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit dalam air secara alamiah, yaitu kurang dari 1 µg/l. Bila terjadi erosi alamiah, konsentrasi logam tersebut dapat meningkat. Beberapa macam logam biasanya lebih dominan daripada logam lainnya dan dalam air biasanya tergantung pada asal sumber air (air tanah dan air sungai). Disamping itu jenis air (air tawar, air payau dan air laut) juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya (Darmono 2001).

Kadar logam berat Pb ini dapat meningkat jika terjadi peningkatan limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini dapat berasal dari aktivitas manusia di laut yang berasal dari pembuangan sampah kapal-kapal, penambangan logam di laut dan lain-lain dan yang berasal dari darat seperti limbah perkotaan, pertambangan, pertanian dan perindustrian (Bangun, 2005). Kadar dan toksisitas timbal dipengaruhi oleh: kesadahan, pH, alkalinitas dan kadar oksigen. Timbal diserap dengan baik oleh tanah sehingga pengaruhnya terhadap tanaman relatif kecil (Effendi, 2000).

2.2.2 Pb Sedimen

Sedimen meliputi tanah dan pasir, bersifat tersuspensi, yang masuk ke badan air akibat erosi atau banjir dan pada dasarnya tidaklah bersifat toksik (Effendi, 2000). Menurut Waldichuck (1974) dalam Nanty (1999) dalam Bangun (2005), meningkatnya kadar logam berat dalam lingkungan perairan hingga melebihi batas maksimum akan menyebabkan rusaknya lingkungan serta dapat membahayakan kehidupan organisme di dalamnya. Ia juga berpendapat mengendapnya logam berat bersama-sama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan di sekitarnya.

Konsentrasi logam berat dalam sedimen cenderung lebih tinggi dibanding konsentrasi logam berat dalam air. Sedimen dalam jumlah tinggi dalam air akan menyebabkan kerugian karena dapat menyebabkan pendangkalan muara sungai, erosi pantai, perubahan garis pantai juga mengakibatkan peningkatan kekeruhan perairan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya yang dapat menghambat daya lihat (visibilitas) organisme air, sehingga mengurangi kemampuan ikan dan organisme lainnya untuk memperoleh makanan. Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya kerja organ pernapasan seperti insang pada organisme air (Apriadi, 2005). Hal tersebut diperkuat dengan pendapat Harahap (1991) dalam Bangun (2005), bahwa 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.

Masuknya logam Pb ke dalam perairan dapat melalui proses pengendapan yang berasal dari aktivitas di darat seperti industri, rumah tangga dan erosi, jatuhnya partikel-partikel dari sisa proses pembakaran yang mengandung tetraetil Pb, air buangan dari pertambangan bijih timah hitam dan buangan sisa industri baterai (Palar, 1994). Penggunaan Pb dalam industri adalah untuk produksi baterai kendaraan bermotor, tinta, cat, logam, dan kabel listrik. Dampak terkonsentrasi Pb pada jaringan tubuh biota laut dapat mempengaruhi kerja enzim-enzim dan fungsi protein (Razak, 1986).

Menurut Darmono (2006), bahwa pencemaran suatu perairan laut oleh unsur-unsur logam berat selain mengganggu ekosistem juga secara tidak langsung dapat merusak perikanan dan kesehatan manusia. Keberadaan logam berat yang terlarut pada sedimen sangat tergantung pada baik buruknya kondisi perairan. Semakin tinggi aktivitas yang terjadi disekitar perairan baik di darat maupun area perairan maka kadar logam berat dapat meningkat pula. Burchett

(2002) dalam Makmur (2013), menyatakan sumber kontaminasi logam cenderung berhubungan dengan limpasan perkotaan, pabrik pengolahan limbah, limbah industri, limbah operasi pertambangan, kegiatan berperahu, pembuangan sampah rumah tangga, dan pertanian.

Adanya unsur logam berat yang terikat di dalam sedimen menunjukkan bahwa akumulasi sudah berlangsung lama (Emiyarti, 2004). Riley dan Chester dalam Djamaluddin (2000), mengemukakan bahwa material sedimen yang terdeposisi di daerah pantai dan laut dalam dikontrol oleh dua faktor. Faktor tersebut adalah transpor material pelapukan di daratan ke laut dan transpor yang terjadi di dalam laut itu sendiri. Proses pergerakan butiran sedimen menyusur pantai ditimbulkan oleh gerakan gelombang yang menyebabkan sedimen bergerak bolak-balik dalam keadaan suspensi tanpa terjadi perpindahan. Menurut Lindsey *et al.*, (2005), logam berat yang terikat dalam sedimen relatif sukar untuk lepas kembali melarut dalam air, sehingga semakin banyak jumlah sedimen maka semakin besar kandungan logam berat di dalamnya.

2.2.3 Pb Insang

Dalam lingkungan perairan ada tiga media yang dapat dipakai sebagai indikator pencemaran logam berat, yaitu air, sedimen dan organisme hidup. Pemakaian organisme laut sebagai indikator pencemaran didasarkan pada kenyataan bahwa alam atau lingkungan yang tidak tercemar akan ditandai oleh kondisi biologi yang seimbang dan mengandung kehidupan yang beranekaragam. Terdapat beberapa pengaruh toksisitas logam pada ikan, pertama pengaruh toksisitas logam pada insang. Insang selain sebagai alat pernafasan juga digunakan sebagai alat pengaturan tekanan antara air dan dalam tubuh ikan (osmoregulasi). Oleh sebab itu insang merupakan organ yang

penting pada ikan dan sangat peka terhadap pengaruh toksisitas logam (Erlangga, 2007).

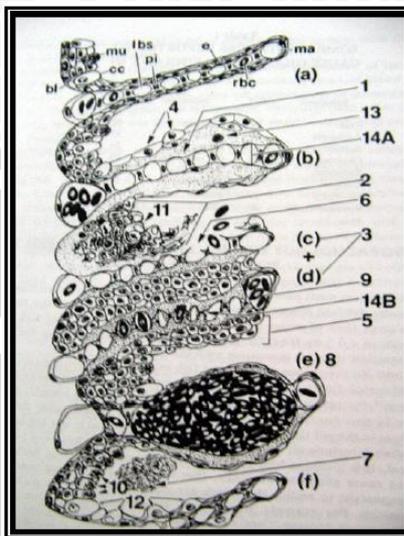
Biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat, seperti mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan dalam tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam berat dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan air tersebut. Adapun pencemaran logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernapasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit (Zonggonao, 2005). Pencemaran logam berat di kawasan pantai dapat mengancam keamanan bahan pangan laut, menyebabkan racun dan kepunahan (Laws, 1981).

Logam berat timbal berbahaya karena bersifat biomagnifikasi, yaitu dapat terakumulasi dan tinggal di jaringan tubuh organisme dalam jangka waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi (Darmono, 1995).

Bahan Pencemar (racun) masuk ke tubuh organisme atau ikan melalui proses absorpsi. Absorpsi merupakan proses perpindahan racun dari tempat pemejanaan atau tempat absorpsinya ke dalam sirkulasi darah. Absorpsi, distribusi dan ekskresi bahan pencemar tidak dapat terjadi tanpa transpor melintasi membran. Proses transportasi dapat berlangsung dengan 2 cara : transpor pasif (yaitu melalui proses difusi) dan transpor aktif (yaitu dengan sistem transpor khusus, dalam hal ini zat lazimnya terikat pada molekul pengemban). Bahan pencemar dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui tiga cara yaitu melalui rantai makanan, insang dan difusi permukaan kulit (Hutagalung, 1991).

Menurut Widodo (1980) dalam Erlangga (2007), toksisitas logam-logam berat yang melukai insang dan struktur jaringan luar lainnya, dapat menimbulkan kematian terhadap ikan yang disebabkan oleh proses anoxemia, yaitu terhambatnya fungsi pernapasan yakni sirkulasi dan eksresi dari insang. Unsur-

unsur logam berat yang mempunyai pengaruh terhadap insang adalah timah, seng, besi, tembaga, kadmium dan merkuri. Perubahan-perubahan yang terjadi pada filamen insang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Insang yang terkena polutan. (a-f) lamella, (1) epithelial lifting (2) nekrosis (3) lamella fusion (4) hypertrophy (5) hyperplasia (6) epithelial rupture (7) mucus secretion (8) lamella aneurism (9) vascular congestion (10) mucus cell proliferation (11) Chloride cell damage early (12) chloride cell proliferation (13) leucocyte infiltration of epithelium (14A) lamella blood sinus dilates (14B) Lamella sinus constricts. (Heath, 1987 dalam Erlangga, 2007).

2.3 Mekanisme Akumulasi Pb pada Tubuh Organisme

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Chamid *et al.*, 2010). Sumber pencemaran perairan pesisir bisa terdiri dari limbah industri, limbah cair pemukiman (*sewage*), pertanian, dan perikanan budidaya. Bahan pencemar yang terkandung dalam buangan limbah tersebut berupa sedimen, unsur hara (*nutrients*), logam beracun (*toxic metals*), pestisida, organisme eksotik, organisme patogen, sampah dan

oxygen depleting substances (bahan-bahan yang menyebabkan oksigen yang terlarut dalam air laut berkurang) (Santosa, 2013). Salah satu bahan pencemar yang dapat mengganggu kehidupan kepiting biola adalah Pb (timbal).

Bahan pencemar dapat masuk kedalam tubuh melalui uptake pasif dan uptake aktif. Uptake pasif dapat melalui adsorpsi (penjerapan), absorpsi (penyerapan) dan biosorpsi (bioakumulasi), sedangkan uptake aktif dapat melalui rantai makanan. Adsorpsi merupakan suatu proses dimana partikel tertangkap ke dalam struktur media dan seolah-olah menjadi bagian dari keseluruhan media tersebut (Muhardi *et al.*, 2006). Absorpsi merupakan proses perpindahan racun dari tempat absorpsinya ke dalam sirkulasi darah (Santosa, 2013). Penyerapan logam secara aktif terjadi dalam sel melalui bioakumulasi atau menetap dalam sel yang hidup dan sel-sel mati. Mekanisme pasif ini disebut "biosorpsi" (Murtini *et al.*, 2008).

Di dalam tubuh hewan, bahan pencemar diabsorpsi darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Bahan pencemar (racun) masuk ke tubuh organisme atau kepiting biola melalui proses absorpsi. Absorpsi, didistribusikan dan ekskresi bahan pencemar tidak dapat terjadi tanpa transpor melintasi membran. Proses transportasi dapat berlangsung dengan 2 cara yaitu transpor pasif (melalui proses difusi) dan transpor aktif (dengan sistem transpor khusus, dalam hal ini zat lazimnya terikat pada molekul pembawa). Bahan pencemar dapat masuk ke dalam tubuh organisme melalui tiga cara yaitu melalui rantai makanan, insang dan difusi permukaan kulit (Santosa, 2013).

Hemosit memainkan peranan penting pada pertahanan tubuh invertebrata yaitu dapat menghilangkan partikel asing yang masuk ke tubuh organisme, seperti kepiting biola, meliputi beberapa tahapan yaitu tahap pengenalan, fagositosis, melanisasi, sitotoksik dan komunikasi sel (Johansson *et al.*, 2000).

Enzim phenoloksidase (PO) mendukung hidroksilasi phenol dan oksidasi 0-phenol menjadi quinones yang diperlukan untuk proses melanisasi sebagai respon terhadap penyerang asing dan selama proses penyembuhan. Quinone selanjutnya diubah melalui suatu reaksi non-enzimatik menjadi melanin dan sering disebut deposit pada benda yang dienkapsulasi dalam nodule hemosit dan pada daerah kulit yang terinfeksi jamur (Sritunyalucksana *et al.*, 2001).

Mekanisme benda asing masuk ke dalam tubuh organisme, khususnya kepiting biola dapat melalui beberapa tahap diantaranya adalah tahap pengenalan, tahap enkapsulasi dan tahap fagositosis. Berikut adalah penjelasan dari mekanisme tersebut.

1. Tahap Pengenalan

Proses imun pertama pada krustase adalah pengenalan mikroorganisme penyerang yang dimediasi oleh hemosit dan plasma protein (Bachere, 2000). Pada tahap pengenalan sel hyalinosit banyak berperan, karena sel hyalinosit mempunyai inti sel (nukleus) yang lebih besar dari pada sel granul. Pada inti sel terdapat enzim "lektin" yang digunakan organisme untuk mengenali benda asing yang masuk ke dalam tubuh organisme. Aglutinin/Lektin adalah protein yang biasanya tanpa aktivasi katalitik yang mempunyai kemampuan mengikat spesifik karbohidrat yang terdapat pada permukaan sel serta melakukan aglutinasi (pembekuan) berbagai tipe sel seperti sel bakteri dan sel patogen lainnya. Lektin adalah bivalent (molekul yang mempunyai paling sedikit dua spesifik binding site), sehingga dapat mengikat sel dan reaksi aglutinasi terjadi. Lektin terdapat pada hampir semua organisme hidup. Secara normal aglutinin tidak meningkatkan aglutinasi hemosit, tetapi jika aglutinin bereaksi dengan LPS yang mengandung partikel, protein ini mampu bereaksi dengan permukaan hemosit dan meningkatkan aktifitas sistem proPO (Marques dan Barracco, 2000).

2. Tahap enkapsulasi

Hemosit berfungsi dalam enkapsulasi yang dilakukan oleh sel semigranulosit. Pada saat sel hemosit mengelilingi tubuh benda asing, bagian sel terluar dari hemosit tetap berbentuk oval atau bulat sedangkan bagian tengah sel menjadi datar dan pada fase berikutnya dilisis membentuk kapsul tebal berwarna coklat dan keras. Kapsul tersebut tidak diserap kembali dan tetap sebagai tanda enkapsulasi meskipun sudah tidak ada hemosit yang dikenal disitu (Manoppo *et al.*, 2014). Pada proses sel menyelubungi (mengelilingi) benda asing, apabila sel tidak mampu melawan benda asing tersebut maka selanjutnya sel akan melakukan tahap fagositosis.

3. Tahap Fagositosis

Fagositosis merupakan reaksi yang paling umum dalam pertahan seluler crustace. Proses fagositosis ini terjadi akibat adanya enzim ProPO yang diubah mejadi PO (Johansson and Soderhall 1989 *dalam* Syahailatua, 2009). Enzim phenoloxidase (PO) terdapat dalam hemolim sebagai *inactive pro-enzyme* yang disebut proPO. Transfromasi proPO menjadi PO melibatkan beberapa reaksi dikenal sebagai proPO *activating system* (sistem aktivasi proPO). Sistem ini (*proPO activating system*) terutama diaktifkan oleh beta glukon, dinding sel bakteri dan LPS. *proPO activating system* merupakan protein yang berlokasi di granulosit. Sistem proPO dapat digunakan sebagai marker kesehatan organisme dan lingkungan karena perubahan sistem proPO berkorelasi dengan tahap infeksi dan variasi lingkungan (Manoppo *et al.*, 2014).

Proses fagositosis dimulai dengan perlekatan (*attachment*) dan penelanan (*ingestion*) partikel mikroba ke dalam sel fagosit. Sel fagosit kemudian membentuk vacuola pencernaan (*digestive vacuola*) yang disebut fagosom

(Rodriquez dan Le Moullac, 2000). Lisosom (granula dalam sitoplasma fagosit) kemudian menyatu dengan fagosom membentuk fagolisosom. Mikroorganisme selanjutnya dihancurkan dan debris mikroba dikeluarkan dari dalam sel melalui proses *egestion*. Pemusnahan partikel mikroba yang difagosit melibatkan pelepasan enzim ke dalam fagosom dan produksi ROI (*reactive oxygen intermediate*) yang kini disebut *respiratory burst*. ROI pertama kali dihasilkan oleh superoxide anion (O_2^-) (Munoz *et al.*, 2000). Pada proses fagositosis ini, apabila sel tidak mampu menelan/menghancurkan bakteri (bakteri lebih dominan) maka sel akan mengalami kematian.

Proses akumulasi Pb dalam jaringan ikan terjadi setelah absorpsi Pb dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi. Pb akan terbawa oleh system darah dan didistribusikan ke dalam jaringan. Timbal di dalam tubuh akan terikat dalam gugus – SH dalam molekul protein dan hal ini menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja system enzim. Timbal mengganggu system sintesis Hb dengan jalan menghambat konversi *delta aminolevulinik asid* (delta-ALA) menjadi forbilinogen dan juga menghambat korporasi dari Fe kedalam protoporfirin IX untuk membentuk Hb, dengan jalan menghambat enzim *delta-aminolevulinik asid-dehidratase* (delta-ALAD) dan *ferokelatase*. Hal ini mengakibatkan meningkatnya ekskresi korporfin dalam urin dan delta-ALA serta menghambat sintesis Hb (Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

Untuk kompensasi dari penurunan sintesis Hb karena hambatan oleh Pb, sumsum tulang belakang meningkatkan produksi sel darah merah. Sel darah merah yang masih muda (*retikulosit*) dan sel stipel kemudian terbebaskan. Sel stipel basophil (*basophilic strippling*) ditemukan sebagai bagian dari gangguan metabolic dari pembentukan Hb yang merupakan tanda-tanda keracunan Pb. Sel darah merah gagal untuk menjadi dewasa dan sel tersebut menyisakan organel yang biasanya menghilang pada proses kedewasaan sel, sedangkan

poliribosoma ireguler pada agregat RNA membentuk sel stipel. Pada percobaan secara *in vitro*, akumulasi dari delta-ALA dan protoporfirin dapat menyebabkan pengaruh toksis terhadap jaringan. Akumulasi delta-ALA dalam hipotalamus dan protoporfirin dalam saraf dorsal dapat menyebabkan esefalopati karena toksisitas Pb. Terjadinya neuropati pada saraf tepi karena toksisitas Pb disebabkan oleh demyelinasi dan degenerasi saraf tersebut (Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

Menurut Simkiss dan Mason (1983) dalam Shindu (2005), logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh biota melalui tiga cara yaitu :

1. Endositosis, dimana pengambilan partikel dari permukaan sel dengan membentuk wahana perpindahan oleh membrane plasma. Proses ini sepertinya berperan dalam pengambilan logam berat dalam bentuk tidak terlarut.
2. Diserap dari air, 90% kandungan logam dalam jaringan berasal dari penyerapan oleh sel epitel insang. Insang diduga sebagai organ yang menyerang logam berat dari air.
3. Penyerapan logam berat diserap dari makanan dan sedimen oleh biota juga bergantung pada strategi mendapatkan makanan.

Menurut Ferraro *et al.*, (2004), dalam penelitiannya menyatakan bahwa pengaruh logam berat Pb terhadap sel darah selain munculnya micronuclei ternyata logam berat Pb berpengaruh pada morfologi atau bentuk sel darah yang intinya akan membesar, selain itu juga menimbulkan pengaruh pada permukaan yang tidak rata.

Menurut Sevage (2000) bahan toksik yang ada dalam tubuh organisme akan menimbulkan penyimpangan sitogenetika. Salah satunya adalah sel darah. Pengaruh nyata bahan toksik adalah timbulnya Fragmen Acentrik (AF) yang merupakan benang kromosom yang tidak memiliki sentromer. Pada tahap ini terjadi pemisahan, kumpulan dari benang kromosom yang tidak ikut pada tahap

pembelahan akan membentuk inti yang berukuran kecil yang dinamakan dengan Mikronuklei (MN). Fragmen asentrik (AF) merupakan penyimpangan structural kromosom yang dapat membentuk mikronuklei (MN). AF yang terbentuk lebih dari satu kromosom pada tahap anafase, hal ini menyebabkan ketidakseimbangan genetic dan kematian sel utama tergantung pada tahap sel dalam siklus ketika terkena toksik. Mekanisme diatas tidak konstan karena tipe sel tiap spesies berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh dosis polutan, waktu, usia/umur spesies serta ukurannya. Dengan adanya MN akan menyebabkan delay mitosis (gangguan/penundaan pembelahan) dan kematian sel.

2.4 Radikan Bebas

Masuknya logam berat dalam tubuh Kepiting Biola (*Uca spp.*) dapat terjadi melalui udara, air, dan makanan yang di konsumsi oleh Kepiting atau dapat di katakan bahwa terakumulasi logam berat dalam tubuh makhluk hidup melalui rantai makanan. Logam berat dibutuhkan makhluk hidup sebagai logam esensial dalam proses metabolisme dan juga sebagai co-faktor enzim tetapi dalam jumlah yang sangat kecil. Jika penyerapan logam melebihi batas aman akan berbahaya bagi tubuh makhluk hidup tersebut, sebab akan meracuni yang dapat mengganggu proses metabolisme. Logam berat merupakan zat pencemaran yang berbahaya, logam yang masuk kedalam tubuh kita melalui sistem pencernaan kita akan bereaksi dengan unsur belerang dan enzim dalam tubuh kita sehingga enzim akan tidak bekerja dengan baik selain itu juga logam berat yang masuk kedalam tubuh kita juga akan bereaksi dengan Gugus karboksilat(-CooH) juga amino (- NH₂) dalam asam amino.

Radikal bebas adalah molekul yang pada dasarnya tidak berpasangan dalam struktur kimianya sehingga radikal bebas ini akan mencari pasangan untuk

berikatan. Pada dasarnya semua biomolekul berpasangan untuk mencapai kestabilan, sehingga untuk mencapai kestabilan ini radikal bebas akan mencari elektron bebas yang lain untuk berikatan untuk mencapai kestabilan. Sifat dari oksigen (O_2) pada dasarnya adalah akseptor elektron sehingga akan menerima elektron bebas walaupun sudah mencapai kestabilan, sehingga akan membentuk superoksida ($O_2 \cdot^-$), radikal-radikal bebas yang berikatan dengan oksigen ini disebut dengan Reactive Oxygen Spesies (ROS). (Danusantoso, 2003).

Plumbum (Pb) merupakan unsur yang dapat meningkatkan pembentukan radikal bebas dan menurunkan kemampuan antioksidan tubuh sehingga dapat menyebabkan kerusakan organ. Plumbum (Pb) lebih cenderung membentuk Pb (II) yang dapat meningkatkan pembentukan berbagai jenis radikal bebas dalam tubuh. Pb (II) sendiri merupakan radikal, ada sepasang elektron bebas yang belum berpasangan dan sangat elektro positif. Suatu radikal bebas dapat dinyatakan sebagai spesies yang terdiri dari satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Radikal ini dapat bereaksi dengan berbagai cara. Salah satunya adalah apabila ada dua radikal bertemu maka elektron yang tidak berpasangan ini akan berpasangan membentuk ikatan kovalen dan ketika berpasangan radikal ini akan menghasilkan energy yang membuat lingkungannya saling berinteraksi secara salah. Radikal bebas ditemukan baik melalui factor eksogen dan endogen serta mempengaruhi kehidupan sel. Radikal terpenting dalam tubuh adalah radikal derived dari oksigen yang disebut kelompok oksigen reaktif (*reactive oxygen species/ROS*).

Radikal diproduksi dalam sel yang secara umum melalui reaksi pemindahan elektron, menggunakan mediator enzimatik atau nonenzimatik. Produksi radikal bebas dalam sel terjadi secara rutin maupun sebagai reaksi terhadap rangsangan. Secara rutin adalah enzim superoksidase reduktase. Sedang pembentukan melalui rangsangan adalah kebocoran superoksida,

hydrogen peroksida dan kelompok oksigen reaktif (ROS) lainnya. Pada keadaan normal sumber kebocoran utama adalah kebocoran pada rantai transport electron. Apabila tidak ada keseimbangan antara radikal bebas dengan antioksidan maka akan terjadi suatu keadaan yang disebut stressoksidatif. Stress oksidatif adalah suatu keadaan dimana tingkat kelompok oksigen reaktif (ROS) yang toksik melebihi pertahanan antioksidan endogen, mengakibatkan kelebihan radikal bebas yang bereaksi dengan lemak, protein dan asam nukleat seluler sehingga terjadi kerusakan local dan disfungsi organ tertentu.

Diantara senyawa-senyawa reaktif yang dihasilkan plumbum, radikal hidroksil merupakan senyawa yang paling berbahaya karena reaktifitasnya sangat tinggi. Radikal hidroksil dapat merusak tiga jenis senyawa yang penting untuk mempertahankan integritas sel, yaitu :

- a. asam lemak, khususnya asam lemak tak jenuh yang merupakan komponen penting fosfolipid penyusun membran sel.
- b. DNA, yang merupakan perangkat genetik sel.
- c. Protein yang memegang berbagai peran penting seperti enzim, reseptor, antibodi dan pembentuk matriks serta sitoskeleton

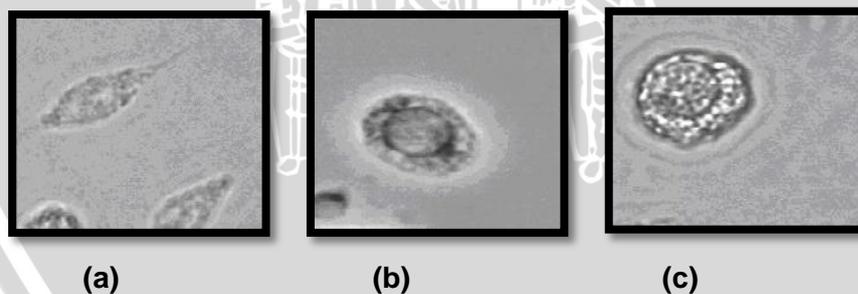
Plumbum (Pb) dapat meningkatkan radikal tubuh dengan cara menggunakan electron tubuh menjadi pasangan pada ikatan inertnya. Hal ini memicu ROS meningkat. Dari berbagai jenis radikal, radikal hidroksil adalah yang paling berbahaya, karena dapat menyerang residu amino dan DNA. Dan secara khas, asam lemak tak jenuh adalah target empuk dari radikal ini.

Radikal bebas tidak selalu merugikan, misalnya radikal bebas berperan dalam pencegahan penyakit yang disebabkan karena mikrobia melalui sel-sel darah khusus yang disebut fagosit.

2.5 Hemosit

Hemosit merupakan sel berperan dalam sistem kekebalan dari invertebrata, selain itu hemosit berpengaruh dalam fungsi fisiologis penting lainnya, seperti pencernaan, transportasi nutrisi, penyembuhan luka dan ekskresi (Aladaileh *et al.*, 2007). Mengingat fungsi fisiologis penting, hemosit telah digunakan dalam berbagai penelitian seperti sebagai indikator stres lingkungan. Stress dapat dihubungkan dengan efek pada hemosit antara fluktuasi musiman suhu, pH dan salinitas, perubahan kandungan oksigen terlarut dan polusi (Aladaileh *et al.*, 2008).

Hemosit merupakan sel yang berperan dalam system kekebalan dari invertebrate yang ditemukan dalam *hemolymph*. Pada Decapoda (Crustacea), secara morfologi Saha dan Ray (2006) mengidentifikasi hemosit kepiting terdiri dari 3 tipe sel, antara lainnya adalah *hyalinocyte*, *semigranulocyte* dan *granulocyte*. Ketiga tipe sel tersebut dibedakan berdasarkan granulasi sitoplasma yang ditunjukkan oleh Gambar 4 (Saha, et al, 2010).



Gambar 4. Jenis-jenis tipe hemosit pada *hemolymph* kepiting, (a) Hyalinocytes (b) Semigranulocytes dan (c) Granulocytes. Saha *et al.*, (2010)

Hyalinocytes merupakan sel-sel berbentuk gelondong yang ditandai dengan ekstensi ekor dibawah pengamatan dengan mikroskop cahaya dan optic dimana fase inti dalam bentuk bundar atau bulat telur dan sitoplasma dapat dibedakan dalam kondisi bernoda. Penampilan *semigranulocytes* berbentuk bulat

besar di tengah inti dengan pinggiran tipis sitoplasma yang mengelilingi inti. Sedangkan *granulosites* berbentuk bulat dengan inti besar dan sitoplasma yang beruang dengan butiran-butiran bulat (Saha *et al.*, 2010).

Komponen hemosit merupakan bagian penting dari sirkulasi arthropoda yang bertanggung jawab untuk berbagai mekanisme perlindungan mulai dari koagulasi luka dan perbaikan sel sebagai peranannya dalam kekebalan tubuh (Taylor dan Landmad, 2009). Hemosit merupakan immunoefektor utama dari sel darah invertebrate yang melakukan beragam aktifitas imunologi sebagai fungsi fisiologis termasuk fagositosis, generasi molekul sitotoksik dibawah paparan racun dan pemeliharaan hemeostatis. Hal ini merupakan mekanisme penting dari pertahanan inang terhadap infeksi (Saha *et al.*, 2010).

Krustacea memiliki imun adaptif atau system non limfoid tetapi tergantung pada pertahanan atau kekebalan bawaan yang meliputi pertahanan oleh hemosit yang merupakan immune efektor utama dari sel darah invertebrate yang melakukan beragam aktifitas imunologi serta fungsi fisiologis termasuk fagositosis, generasi molekul sitotoksik dibawah paparan racun dan pemeliharaan homeostatis. Hal ini merupakan mekanisme penting dari pertahanan inang terhadap infeksi yang disebabkan oleh mikroorganismen dan dibebaskan dari badan apoptosis (Saha *et al.*, 2010). Fagositosis ditandai dan diprakarsai oleh partikel target yaitu fagosit diikuti oleh kegiatan mengikat, menelan, membunuh dan *clearance* melalui hemosit (Takashi dan Mori, 2000). Semua sel memiliki organel sitoplasma fagositik seperti halnya lisosom yang berperan secara aktif berpartisipasi dalam pencernaan intraseluler bahan fagositik (Saha *et al.*, 2010).

Nitrat oksida merupakan agen sitotoksik utama yang memunculkan reaksi pertahanan host di bawah eksposur xenobiotic dan terlibat sebagai mediator untuk membunuh parasite intraseluler (Lesser, 2006 ; Saha *et al.*, 2010). Nitrat

oksida dapat dengan mudah menyebar melintasi membrane biologis dan bereaksi dengan radikal bebas, terutama superoksida untuk membentuk *anion-anion peroxyinitrite* (ONOO) untuk membunuh pathogen. *Anion peroxyinitrite* tersebut juga mengekspresikan aktivitas sitotoksik (Lesser, 2006 ; Saha *et al.*, 2010). Sitotoksisitas *intrahemocyte* sering ditandai dengan ledakan pernafasan *hemocytes*. Anion superoksida mengalami reaksi dengan hydrogen untuk menghasilkan hydrogen peroksida, radikal hidroksil dan air. Anion superoksida sangat beracun, kuat dan hiperaktif membunuh agen yang mampu merusak sel dan jaringan (Rodriguez dan Moullac, 2000).

Berbagai respon imun hemosit pada *crustacean* tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Type Hemosit	Fungsi
Sel Hyalin	<ul style="list-style-type: none"> • Fagositosis (Thornqvist <i>et al.</i>, 1994)
Sel Semigranular	<ul style="list-style-type: none"> • Encapsulation (Kobayashi <i>et al.</i>, 1990) • Fagositosis (terbatas) (Thornqvist <i>et al.</i>, 1994) • Penyimpanan dan pelepasan system proPO (Johansson dan Soderhall, 1985) • Cytotoxicity (Soderhall <i>et al.</i>, 1985)
Sel Granular	<ul style="list-style-type: none"> • Penyimpanan dan pelepasan system proPO (<i>Cytotoxicity</i>) (Soderhall <i>et al.</i>, 1985)

Selain itu pula, jumlah hemosit beredar merupakan indikator stress dan jumlah hemosit dapat menjadi alat yang berharga di pemantauan status kesehatan spesies *crustacean*, serta dapat memberikan informasi indikasi efek fisiologis tingkat subakut (Taylor dan Landmad, 2009). Sejumlah peneliti telah menyarankan metode yang berbeda untuk mengukur respon stress dalam *crusteca*, diantaranya meliputi pengukuran hemosit berbeda jenis di *hemolymph* (Lorenzon *et al.*, 2001) dikarenakan respon stress hemosit dari berbagai *stressor* mempengaruhi *Total Haemocytes Count* (THC) dan *Diferensial Haemocytes Count* (DHC). Sehingga dapat dikatakan bahwa indicator respon stress tersebut sangat berguna dalam menilai status kesehatan jangka pendek maupun jangka

panjang dari organisme tersebut serta telah cukup mendapat perhatian terutama pada dekapoda (*crustacean*) (Fossi *et al.*, 1997).

2.6 Hubungan Sistem Imun dengan Hemosit

Sistem imun adalah hasil kerja sama antar sel, jaringan, dan organ untuk membersihkan atau pertahanan diri terhadap benda asing. Sistem imun dapat mengenali dan mengingat jutaan benda asing untuk kemudian menghasilkan secret (antibody) dan sel dapat mengenali dan membunuh tiap benda asing tersebut (Rizkita dan Anggraini, 2012).

Sistem imun pada setiap organisme digunakan untuk berbagai hal sesuai dengan kondisi yang dialami oleh masing-masing organisme tersebut. Sistem imun ini diproduksi agar dapat mempertahankan diri dalam kondisi lingkungan yang kurang mendukung kondisi tubuhnya. Menurut Anthony *et al.*, (2007) dalam Ningtiyas (2014), fungsi sistem imun adalah sebagai berikut :

1. Melindungi tubuh dari invasi penyebab penyakit; menghancurkan dan menghilangkan mikroorganisme atau substansi asing (bakteri, parasit, jamur, dan virus serta tumor) yang masuk ke dalam tubuh.
2. Menghilangkan jaringan atau sel yang mati atau rusak (debris sel) untuk perbaikan jaringan.
3. Mengenali dan menghilangkan sel yang abnormal.

Mori (1990) dalam Alifudin (2002) menegemukakan, bahwa respon imunitas pada hewan merupakan upaya proteksi terhadap infeksi maupun preservasi fisiologik homeostasi. Respon imunitas hewan akuatik terdiri dari respon non spesifik dan spesifik. Hemosit ini memiliki peranan penting dalam sistem imun kepiting yaitu melalui proses fagositosis, ebcapsulasi, cytotoxicity,

dan melanisasi (Rozik *et al.*, 2011). Pada hewan avertebrata khususnya kepiting, hemosit merupakan sistem imun bagi kepiting.

Ada 2 macam sistem kekebalan tubuh. Pertama adalah sistem kekebalan non spesifik (innate immune system) dan kedua adalah sistem kekebalan spesifik (adaptive immune system). Menurut Kurtz dan Franz (2003), sistem imun krustasea (avertebrata) dalam hal ini juga kepiting merupakan sistem imun non spesifik (berperan besar). Seperti vertebrata, garis pertahanan pertama berupa physico-barriers yang sangat efektif juga dimiliki avertebrata. Misalnya skeleton eksternal yang kokoh yang mencegah masuknya agen penyakit. Kebanyakan avertebrata mempunyai sirkulasi yang terbuka, sel darah disebut dengan hemosit atau coelomocytes.

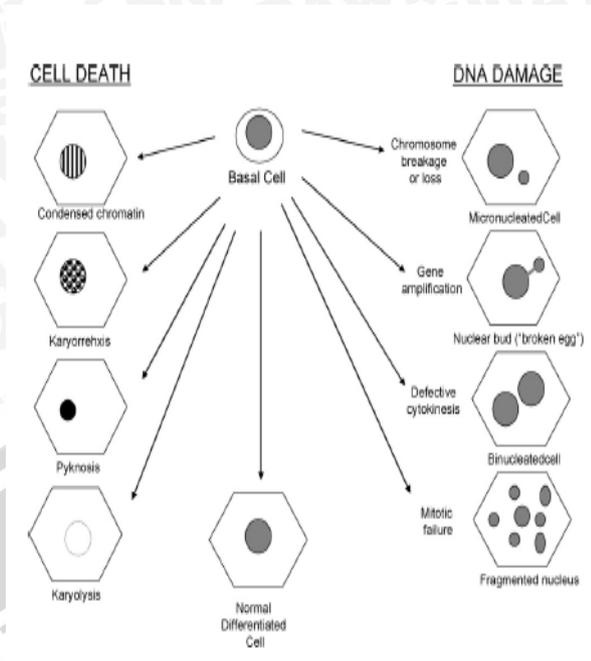
Hemosit pada crustace dan invertebrata lain, memainkan peranan penting dalam sistem pertahanan tubuh terhadap patogen seperti virus, bakteri, fungi, protozoa dan metazoa (Johansson *et al.*, 2000). Pertama, hemosit dapat menghancurkan partikel/benda asing dalam *haemacoel* melalui fagositosis, enkapsulasi, agregat nodulasi, melanisasi, cytotoksisitas dan komunikasi antar sel. Kedua, hemosit memiliki andil dalam penanganan luka lewat reaksi seluler dan yang mengawali proses koagulasi dengan membawa dan melepaskan sistem *prophenoloksidase* (proPO). Ketiga, hemosit terlibat dalam pembentukan dan perombakan molekul-molekul penting dalam hemolim seperti α 2-macroglobulin (α 2m), aglutinin dan peptide antibakteri (Ekawati *et al.*, 2012).

2.7 Micronuclei

Mikronuklei adalah suatu kelainan pembelahan sel terutama pada anaphase atau dari hasil pembelahan kromosom yang tidak memiliki sentromer sehingga terdapat satu inti tambahan yang berukuran kecil (Putri, 2014). Hal ini

diperkuat dengan pernyataan Tarasandi (2014) bahwa mikronukleus adalah inti tambahan kecil yang terletak di luar inti utama, merupakan salah satu bentuk kelainan inti sel akibat kesalahan dalam proses pembelahan. Bila dilihat dibawah mikroskop, mikronukleus tampak sebagai inti kedua yang ukurannya kurang dari sepertiga diameter inti utama, berbentuk bulat atau oval dengan tepi halus, tidak bertumbukan atau memiliki hubungan dengan inti utama, serta memiliki warna, tekstur, dan pembiasaan yang sama dengan inti utama. Selain mikronukleus, terdapat pula kelainan inti sel lainnya, yaitu *binucleated cell*, *karyorrhetic cell*, *karyolytic cell*, *nuclear budd*, dan *fragmented nucleus*.

Binucleated cell adalah kelainan inti sel yang tampak sebagai dua inti berukuran kurang lebih sama besar yang terdapat dalam satu sel dan keduanya saling terhubung. Sel inti terbentuk akibat kegagalan sitokinesis di mana terjadi pembelahan inti namun tidak diikuti pembelahan sel. *Karyorrhetic cell* merupakan gambaran inti sel yang padat dengan elemen nukleokromatin yang kemudian dapat terjadi pemecahan inti sel dan tampak sebagai kepingan-kepingan sehingga disebut *fragmented nucleus*. *Karyolytic cell* menggambarkan tidak adanya inti sel sama sekali karena sudah mengalami penghancuran. *Nuclear budd* atau *broken egg* adalah kelainan inti sel yang paling mirip dengan mikronukleus. Untuk membedakan keduanya dilihat dari adanya jembatan atau hubungan antara inti utama dengan inti tambahan yang berukuran lebih kecil. Kelainan inti sel ini muncul akibat adanya amplifikasi gen inti sel (Tarasandi, 2014). Gambar macam-macam kelainan inti sel dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Macam-macam kelainan pada inti sel

Micronuclei adalah sitoplasma badan kromatin yang mengandung fragmen kromosom acentric atau kromosom tertinggal selama anaphase dan gagal untuk menjadi inti sel selama pembelahan sel. Karena kerusakanan genetic yang menghasilkan istirahat kromosom atau kelainan sehingga menyebabkan pembentukan mikronukleus, kejadian mikronuklei berfungsi sebagai indeks dari jenis kerusakan. Dari penyimpanan kromosom, uji mikronukleus telah banyak digunakan untuk menguji bahan kimia yang menyebabkan jenis kerusakan (Ali *et al.*, 2008). 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 adalah kromatin sitoplasmik yang berukuran kecil yang berasal dari pecahan kromosom yang tertinggal pada saat proses awal pembelahan sel (Anafase). Dari identifikasi mikronuklei dapat diketahui kerusakan kromosom yang disebabkan oleh pathogen atau bahan pencemar yang ada dalam perairan, karena tingkat pencemaran pada setiap perairan berbeda-beda. Pada tahap telofase fragmen kromosom atau massa kromatin

dalam sel akan tertinggal pada sitoplasma membentuk struktur menyerupai intisel dengan diameter 1/20 sampai 1/5. Diameter inti ini yang dinamai micronuclei, jadi terbentuknya MN pada sel merupakan indikasi terjadinya aktifitas mutagenic yang merusak kromosom.

Kriteria mikronuklei antara lain : diameter kurang dari seperlima diameter nucleus (10 μ m), terletak dalam sitoplasma dan diluar nucleus, tidak ada kontak dengan nucleus (Lusiyanti dan Zubaidah, 2011). Diperkuat dengan pernyataan dari Heddle dan Countryman (1976) yang menyatakan bahwa kriteria identifikasi mikronuklei adalah :

- a) Diameter sel yang disebut mikronukleus memiliki perbandingan ukuran 1 : 3 dengan nucleus utama.
- b) Memiliki warna yang sama atau lebih terang dari nucleus utama untuk membedakan dengan titik-titik partikel lain.
- c) Tidak berada terlalu dekat atau menempel dengan nucleus utama agar pengukuran lebih bermakna.
- d) Tidak terdapat lebih dari dua nucleus yang berhubungan dengan satu nucleus.

Dengan melakukan uji mikronuklei kita dapat mengetahui kerusakan kromosom yang terjadi pada organisme yang disebabkan oleh pathogen atau bahan pencemar yang ada dalam perairan, karena tingkat pencemaran pada setiap perairan berbeda-beda. Semakin tinggi jumlah mikronuklei berarti semakin banyak polutan yang ada di perairan tersebut. Identifikasi micronuclei merupakan salah satu metode untuk mendeteksi status kesehatan pada kepiting biola (*Uca spp.*).

2.7.1 Pembentukan mikronukleus

Sel adalah unit terkecil dari suatu organisme. Terdiri dari dua macam sel yaitu sel gamet dan sel somatik. Sel somatik mengalami pembelahan yang disebut pembelahan mitosis. Pembelahan mitosis akan menghasilkan dua sel anak yang mempunyai kopi genom yang sama. Waktu yang diperlukan kurang lebih 30-60 menit. Interfase adalah periode diantara dua pembelahan yang terjadi berturut-turut. Mitosis memiliki empat tahap pembelahan yaitu profase, metafase, anafase dan telofase (Putri, 2014).

Munculnya kromosom sebagai suatu benang langsing pada nucleus menandakan dimulainya proses profase. Kromosom terus memendek dan menebal. Masing-masing terdiri dari dua untaian parallel yang disebut dengan kromatid yang saling berhubungan dengan sentromer. Bersamaan dengan proses ini, sentriol bereplikasi dan berpindah ke kutub yang berlawanan, diikuti dengan pecahnya selaput sel yang menandakan akhir tahap profase (Putri, 2014).

Metafase dimulai dengan tersusunnya kromosom membentuk bidang ekuator. Kejadian dini yang terjadi dalam anafase adalah membelahnya sentromer menjadi dua sehingga tiap kromatid mempunyai satu sentromer sehingga dapat bergerak ke arah yang berlawanan sebagai kromosom terpisah (Putri, 2014).

Kromosom berkumpul di kumparan dan tak lama kemudian selaput inti terbentuk. Nuklei dibentuk kembali dan selaput inti yang tadinya tidak menyatu akhirnya menjadi sisterna perinukleus utuh (Putri, 2014).

Setelah terpapar suatu substansi genotoksik dalam waktu yang cukup lama, maka akan terjadi suatu kesalahan atau kegagalan pada pembelahan mitosis terutama pada proses anaphase. Fragmentasi kromosom yang tidak mengandung sentromer (asentrik), maka fragmen tersebut tidak dapat ditarik ke

kutub sehingga akan tertinggal. Pada fase selanjutnya, nucleus yang tidak mempunyai sentromor tersebut tetap diperlakukan sama dengan nucleus normal. Oleh karena itu, maka mikronukleus yang terbentuk dapat terpisah sempurna dengan inti sel sejati (Putri, 2014).

Menurut Tarasandi (2014) mikronukleus terbentuk karena adanya kerusakan kromosom atau kesalahan fungsi suatu benang spindle 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 spindle lalu akan ditarik ke kedua kutub pada saat anafase. Apabila dalam proses antara metafase dan anafase terdapat kerusakan nucleus, 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 selanjutnya yaitu telofase, mikronukleus yang terbentuk ini akan mendapatkan perlakuan sama halnya dengan nucleus yang sejati yaitu akan mengalami proses pembentukan membrane inti. Oleh karena proses tersebut, mikronukleus terbentuk terpisah sempurna dari inti sel yang sesungguhnya. Proses terbentuknya mikronuklei dapat dilihat pada **gambar 6**.



Gambar 6. Proses pembentukan mikronukleus

2.8 Road Map Hasil Penelitian tentang Logam Berat Pb di Pantai Utara, Haemocyte dan Micronuclei

Dari hasil penelitian penelitian sebelumnya tentang logam berat Pb di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul dapat dilihat pada roadmap di tabel 3. Salah satu roadmap tentang kadar Pb di air dan sedimen di pantai Kedawang adalah menurut penelitian Adhityo (2013), kadar Pb air di pantai Kedawang sebesar 0,115 – 0,156 ppm dan kadar Pb sedimen di pantai Kedawang sebesar 2,3 – 5,44 ppm. Sedangkan penelitian – penelitian sebelumnya tentang logam berat Pb di pantai Mlaten yaitu Pb air sebesar 0,113 – 0,142 dan pb pada sedimen sebesar 3,10 – 4,50 ppm (Megawati, 2015).

Roadmap hasil penelitian tentang logam berat Pb, Haemocyte serta mikronuklei dapat dilihat pada **tabel 3**.



Tabel 2. Hasil- hasil penelitian tentang Logam Berat Pb (Timbal) di Pantai Utara Pasuruan.

No.	Jenis Logam Berat	Lokasi	Hasil	Sumber
1.	Kandungan logam berat Pb pada akar dan batang mangrove <i>Sonneratia casseolaris</i>	Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan	<ul style="list-style-type: none"> - 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.	Kandungan logam berat (Pb) pada akar dan batang mangrove <i>Avicennia alba</i>	Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan	<ul style="list-style-type: none"> - 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 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 	Baedowi (2013)

No.	Jenis Logam Berat	Lokasi	Hasil	Sumber
3.	Kandungan logam berat (Pb) dan gambaran histologi pada akar dan buah mangrove <i>Avicennia alba</i>	Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan	<ul style="list-style-type: none"> - 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.	Kandungan logam berat (Pb) pada akar dan daun mangrove <i>Avicennia alba</i>	Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling Pasuruan	<ul style="list-style-type: none"> - 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 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 	Salsabela (2013)

No.	Jenis Logam Berat	Lokasi	Hasil	Sumber
			<ul style="list-style-type: none"> - 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.	Kandungan logam berat (Pb) pada akar dan daun mangrove <i>Rhizophora macronata</i>	Desa Mlaten, Kecamatan Nguling, Pasuruan	<ul style="list-style-type: none"> - 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 	Megawati (2014)

No.	Jenis Logam Berat	Lokasi	Hasil	Sumber
			<p>rata-rata 3,54 ppm</p> <ul style="list-style-type: none">- 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- 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 3. Hasil- hasil penelitian tentang Hemosit dan Mikronuklei

No.	Spesies	Pencemar	Lokasi	Hasil	Sumber
1.	<i>Scylla serrata</i>	Logam berat (Nikel)	Daerah Air Payau Muttukadu, dekat Chennai, Tamil Nadu, India.	-Nilai total hemosit adalah : 1) Kontrol = $7,5 \pm 0,13$ 2) Nikel 40mg/l = $6,2 \pm 0,10$ 3) Nikel 50mg/l = $5,8 \pm 0,11$ 4) Nikel 60mg/l = $5,2 \pm 0,09$	Vijayavel <i>et al.</i> , 2009
2.	<i>Scylla serrata</i>	Fenol	Penelitian Laboratorium	-Nilai THC (sel/ml) : K (tanpa perlakuan) = $22,42-23,08 \times 10^6$ A (fenol 1,63 ppm) = $18,5-23,75 \times 10^6$ B (fenol 6,5 ppm) = $19,08-25,33 \times 10^6$ C (fenol 13 ppm) = $15,92-24,42 \times 10^6$ -Nilai Sel Granulosit (%) : K (tanpa perlakuan) = 52,75-58,53 A (fenol 1,63 ppm) = 60,19-63,33 B (fenol 6,5 ppm) = 52,40-69,51 C (fenol 13 ppm) = 55,93-64,08 -Nilai Sel Semigranulosit (%) : K (tanpa perlakuan) = 24,22-25,76 A (fenol 1,63 ppm) = 20,62-28,25 B (fenol 6,5 ppm) = 19,74-33,97 C (fenol 13 ppm) = 22,13-35,77 -Nilai Sel Hyalin (%) : K (tanpa perlakuan) = 15,13-21,54 A (fenol 1,63 ppm) = 8,6-17,24 B (fenol 6,5 ppm) = 9,93-13,62 C (fenol 13 ppm) = 7,41-14,84	Sari. 2014

No.	Spesies	Pencemar	Lokasi	Hasil	Sumber
5.	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Injeksi <i>Vibrio alginolyticus</i>	Pantai Pasifik dari Teluk California ke utara Peru	-Sel Granulosit <i>Litopenaeus vannamei</i> yang diinjeksi <i>Vibrio alginolyticus</i> pada salinitas 35‰, 25‰, 20‰ dan 15‰ : 1) Salinitas (35‰) = $40 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ 2) Salinitas (25‰) = $39,5 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ 3) Salinitas (20‰) = $37 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ 4) Salinitas (15‰) = $30,9 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ - Sel Granulosit <i>Litopenaeus vannamei</i> yang diinjeksi <i>Vibrio alginolyticus</i> pada salinitas 35‰, 25‰, 20‰ dan 15‰ : 1) Salinitas (35‰) = $115 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ 2) Salinitas (25‰) = $97,9 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ 3) Salinitas (20‰) = $96 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$ 4) Salinitas (15‰) = $95,9 \times 10^{-5} \text{ ml}^{-1}$	Chang <i>et al.</i> , 2010
No.	Spesies	Lokasi	Hasil Mikronuklei	Sumber	
6.	<i>Dreissena polymorpha</i>	Sungai Drava, sungai Zagreb, sungai Oborovo dan sungai sisak Croasia.	-Total MN di sungai Drava (area control) : 0.5 ‰ -Total MN di sungai Zagreb (area yang menunjukkan polusi ringan) : 0.5‰ -Total MN di sungai Lukavec menunjukkan nilai yang signifikan yaitu (area yang menunjukkan polusi tinggi) : 2.7‰ -Total MN tertinggi di sungai Sisak : 5.2‰ dan Oborovo sebesar 3.1‰ (area yang menunjukkan polusi berat)	Klobucar <i>et al.</i> , (2003)	

7.	<i>Ucides cordatus</i>	Kawasan mangrove di Cubatio dan Jurena-Itatins, Sao Paulo, Brazil	-Total MN di Jurena-Itatins (Kadar Pb pada Sedimen 4,56 mg/L) : Sample 1.) Sel MN : 8 Sample 2.) Sel MN : 11 Sample 3.) Sel MN : 6 Sample 4.) Sel MN : 10 Sample 5.) Sel MN : 3 Sample 6.) Sel MN : 1 Sample 7.) Sel MN : 4 Sample 8.) Sel MN : 4 Sample 9.) Sel MN : 6 Sample 10.) Sel MN : 6 Total Kerusakan MN: 59	-Total MN di Cubatio (Kadar Pb pada sedimen 5,33 mg/L) : Sample 1.) Sel MN : 7 Sample 2.) Sel MN : 12 Sample 3.) Sel MN : 13 Sample 4.) Sel MN : 15 Sample 5.) Sel MN : 12 Sample 6.) Sel MN : 19 Sample 7.) Sel MN : 26 Sample 8.) Sel MN : 18 Sample 9.) Sel MN : 14 Sample 10.) Sel MN : 20 Total Kerusakan MN : 156	Pinheiro <i>et al.</i> , (2013)
----	------------------------	---	--	--	---------------------------------

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah darah (*hemolimph*) dari kepiting biola yang diamati hemositnya dan micronucleinya. Serta sampel air dari perairan di ketiga lokasi yang meliputi parameter kualitas air pendukung yaitu suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), total padatan tersuspensi (TSS), dan analisis logam berat Pb pada sedimen, insang dan air. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yang dijelaskan secara deskriptif dengan menggambarkan keadaan lokasi penelitian secara nyata sesuai dengan yang ada di lapang dan dibuktikan melalui analisa data. Metode survei atau observasi yaitu pengumpulan data dan informasi yang dilakukan dengan mendatangi langsung objek penelitian yang bersangkutan, sehingga data dan informasi yang diperoleh dapat diyakini kebenarannya, dimana responden yang diamati tidak terlalu besar jumlahnya (Indriantoro, 2002). Menurut Sasmaya (2011), metode survey deskriptif merupakan metode untuk memperoleh data yang ada saat penelitian dilakukan dan bertujuan untuk menjelaskan pembahasan dari permasalahan dalam penelitian. Zulnaidi (2007) menambahkan bahwa metode deskriptif dapat diartikan sebagai prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan atau melukiskan keadaan subyek atau obyek penelitian (seseorang, lembaga, masyarakat dan lain-lain) pada saat sekarang berdasarkan fakta-fakta yang tampak atau sebagaimana adanya. Pada metode ini dilakukan penyelidikan yang diadakan

untuk memperoleh fakta-fakta dari kenyataan yang ada dan mencari keterangan-keterangan secara faktual dan untuk mendapatkan pembenaran terhadap keadaan juga penelitian-penelitian yang sedang berlangsung. Observasi yang dilakukan meliputi kegiatan pengambilan darah keping (*Haemolymph*) Kepiting Biola dan pengukuran parameter kualitas air baik parameter fisika maupun parameter kimia, serta mengadakan pengamatan secara langsung tentang kondisi perairan di kawasa mangrove pantai utara, Nguling, Pasuruan.

Data adalah informasi atau keterangan mengenai suatu hal yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Dalam kegiatan penelitian ini, data yang dikumpulkan meliputi :

a) Data Primer

Menurut Mulyanto (2008), data primer adalah data yang didapat dari sumber pertama. Pengumpulan data primer dapat dilakukan dengan cara survey dan percobaan. Adapun teknik pengambilan data primer ini dengan cara wawancara dan observasi. Data primer yang diambil dalam penelitian Skripsi ini meliputi kegiatan pengambilan darah (*hemolymph*) keping biola, pengamatan THC, DHC, mikronuklei keping dan pengukuran parameter kualitas air baik parameter fisika maupun parameter kimia, serta mengadakan pengamatan secara langsung tentang kondisi perairan di kawasan ekosistem mangrove. Wawancara dilakukan dengan mewawancarai masyarakat sekitar pesisir pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul.

b) Data Sekunder

Menurut Mulyanto (2008), data sekunder yang diperoleh dari pihak lain (telah diolah) dan disajikan baik oleh pengumpul maupun pihak lain. Data sekunder ini diperlukan untuk mendukung data primer. Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari laporan, jurnal, majalah, laporan PKL/Skripsi, situs internet serta kepustakaan yang menunjang dari penelitian ini.

3.3 Penentuan Stasiun

3.3.1 Pantai Kedawang

Penentuan stasiun di pantai kedawang berdasarkan kondisi lingkungan sekitar pantai yang tidak terlalu bersih dan juga tidak terlalu kotor, dimana pengambilan sampel dilakukan di tambak yang sudah tidak terpakai lagi dan tambak ini berbatasan langsung pantai dan rumah rumah penduduk. Sehingga area ini bisa dijadikan sebagai area yang sedang yaitu area yang tidak terlalu bersih dan tidak terlalu kotor.

3.3.2 Pantai Mlaten

Penentuan stasiun di pantai mlaten ini berdasarkan kondisi lingkungan sekitar pantai yang sangat kotor, dan dipenuhi oleh limbah dan sampah-sampah rumah tangga serta jumlah kepiting biola yang sangat sedikit di sekitar area mangrove di mlaten. Sehingga bisa dikatakan area ini merupakan area yang perairannya kotor.

3.3.3 Pantai Penunggul

Penentuan stasiun di pantai penunggul ini berdasarkan kondisi lingkungan sekitar pantai yang bersih dan merupakan sebuah area konservasi mangrove sehingga mangrove mangrove disana terjaga dan perairannya bersih. Stasiun ini dijadikan sebagai stasiun kontrol yang akan dibandingkan dengan dua stasiunnya lainnya karena perairan di pantai penunggul merupakan area yang bersih.

3.4 Pengambilan sampel

3.4.1 Pengambilan Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Sampel kepiting biola pada penelitian ini diambil dengan menggunakan bambu runcing, dimana bambu runcing ini hanya digunakan untuk menggali lubang Kepiting Biola dan kepiting ditangkap dengan tangan. Pengambilan

Kepiting Biola menggunakan bambu runcing untuk menghindari kerusakan dari organisme yang akan diteliti. Pengambilan sampel dilakukan secara acak pada masing-masing lokasi dan tiap lokasi diambil 10 kepiting biola dengan ukuran panjang, lebar dan berat dapat dilihat pada lampiran 2. Dari 10 kepiting biola akan diambil 3 sampel yang akan diambil darahnya untuk pengamatan. 3 sampel sebagai pengulangan tiap lokasi supaya data lebih valid.

3.4.2 Pengambilan Sampel Air

Sampel air sebagai parameter pendukung diambil pada 3 lokasi di kawasan mangrove. Parameter kualitas air yang diamati yaitu suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO) dan total padatan tersuspensi (TSS). Air diambil dari 3 lokasi yang berbeda dan disimpan untuk dilakukan pengamatan di laboratorium untuk dilakukan pengukuran TSS dan kadar logam berat Pb di air.

3.4.3 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan di tiga lokasi yang berbeda yaitu dengan mengambil sedimen di lapangan dan dimasukkan dalam wadah lalu disimpan untuk dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengukuran kadar logam berat Pb di sedimen.

3.4.4 Pengambilan Sampel Darah (*Hemolymph*) Kepiting Biola (Saha *et al.*, 2010)

Pengambilan sampel darah kepiting biola dilakukan dengan cara :

1. Jarum suntik ukuran 26 G ukuran 1 ml diambil dari plastik
2. Na sitrat 10% diambil sebanyak 1 ml dengan menggunakan jarum suntik dimana Na sitrat 10% merupakan antikoagulan dengan perbandingan 1 : 1 (100 µl anti koagulan).
3. Jarum suntik diletakkan di membran arthrodial proksimal pada dasar kaki jalan kedua kanan kepiting dan diambil darahnya.

Pengambilan hemolymph dapat dilihat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengambilan *hemolymph* keping pada dasar kaki jalan kedua. *Hemolymph* dikumpulkan dan disimpan dalam tabung *ependorph* yang telah berisi *Tripa Blue Solution*. Selanjutnya, hemosit dalam suspensi diamati pada *glass slide* dan diperiksa di bawah mikroskop (Saha *et al.*, 2010).

3.5 Analisis Sampel

3.5.1 Metode Pengamatan dan Perhitungan Profil Hemosit Keping Biola (*Uca spp.*)

3.5.1.1 Total Haemocyte Count (THC)

Hemolymph diambil sebanyak 100 μ l per individu keping biola (*Uca spp.*) dan dipindahkan ke dalam tabung *ependorf* yang berisi 900 μ l *Tripa Blue Stain Solution*. Tetesan pertama *hemolymph* pada suntikan dibuang, selanjutnya *hemolymph* ditetaskan pada *haemocytometer* dan dihitung jumlah selnya per ml dibawah mikroskop dengan perbesaran 40 kali. Total hemosit dihitung dengan menggunakan formulasi Wootton *et al.* (2003) :

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

3.5.1.2 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) :

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

3.5.2 Pengamatan Micronuclei Pada Sel Darah (*Haemocyte*) Kepiting Biola (*Uca spp.*) (Schmid, 1975).

Uji micronuclei (MN Assay) ditujukan untuk menilai sel yang mengandung satu atau lebih mikronuklei yang ada dalam sitoplasma (Schmid, 1975).

Pengamatan Micrnuklei pada hemolymph kepiting prosedurnya sebagai berikut :

1. Ambil *hemolymph* sebanyak 1 ml dan masukkan ke dalam effendorf
2. Kemudian campur dengan larutan fiksatif(10% asam asetat + methanol murni).
3. Sentrifuge sample yang sudah dicampur didalam effendorfh selama ± 5 menit dengan RPM 1000 dan setelah itu dibuang supernatannya hingga tersisa pelet.
4. Setelah itu smear pelet tersebut diatas objek glass dan ditunggu hingga benar-benar kering.
5. Kemudian diwarnai dengan pewarna giemsa 5% dan setelah itu dan dikeringkan selama satu hari dan diamati dibawah mikroskop BX 53 untuk dilihat mikronukleinya.
6. Pada sel hemosit diamati nukleusnya (inti), perhatikan ada inti sel yang terpisah ukrannya lebih kecil 1/3 dari inti normal.

7. Diamati tiap sel dan dihitung frekuensi mikronuklei dengan menggunakan rumus (Palacio *et al.*, 2009) :

$$\text{Frekuensi Mikronuklei} = \frac{(\text{NO sell Mikronuklei}) \times (1000)}{\text{total sel yang dihitung}}$$

3.6 Metode Pengukuran Kualitas Air

3.6.1 Suhu (Bloom, 1998)

Pengukuran suhu dilakukan secara insitu menggunakan thermometer Hg dengan membaca skala raksa yang tertera pada alat tersebut pada saat dibenamkan dalam perairan di kawasan mangrove, dilakukan dengan tahap-tahapan sebagai berikut :

1. Memasukkan Thermometer Hg ke dalam perairan, dan menunggu beberapa saat sampai air raksa dalam thermometer berhenti pada skala tertentu.
2. Mencatat dalam skala °C.
3. Membaca skala pada saat thermometer masih di dalam air, dan jangan sampai tangan menyentuh bagian air raksa thermometer.

3.6.2 Salinitas (Lind, 1997)

Pengukuran salinitas dengan menggunakan alat refraktometer, cara pengukuran salinitas menggunakan refraktometer adalah :

1. Membrane refraktometer dibersihkan dengan aquades dan dikeringkan dengan tissue.
2. Air sample diambil dengan menggunakan pipet tetes dan ditetaskan 1-2 tetes pada membrane refraktometer kemudian ditutup.
3. Refraktometer diarahkan menuju sumber cahaya dan nilai salinitas langsung dibaca pada lensa refraktometer, yaitu skala pada batas yang berwarna

kebiruan disebelah kanan tiap skala yang bersatuan ppt (skala sebelah kanan).

3.6.3 DO (*Dissolved Oxygen*) (Bloom, 1998)

Prosedur pengukuran DO adalah sebagai berikut :

1. Mengukur dan mencatat volume botol DO yang akan digunakan.
2. Memasukkan botol DO ke dalam air yang akan diukur oksigennya secara perlahan-lahan dengan posisi miring dan diusahakan jangan sampai terjadi gelembung udara dan ditutup.
3. Membuka botol yang berisi contoh, tambahkan 2 ml $MnSO_4$ dan 2 ml $NaOH$ + KI lalu bolak balik sampai terjadi endapan coklat. Kemudian diendapkan dan dibiarkan selama 30 menit.
4. Membuang air yang bening di atas endapan, kemudian endapan yang tersisa diberi 1-2 ml H_2SO_4 pekat dan kocok sampai endapan larut.
5. Memberi 3-4 tetes amylum, dititrasi dengan Na -thiosulfat 0,025 N sampai jernih atau tidak berwarna untuk pertama kali.
6. Mencatat ml Na -thiosulfat yang terpakai (titran)
7. Mengukur DO dengan perhitungan :

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

Keterangan : v = ml larutan Natrium Thiosulfat untuk titrasi

N = normalitas larutan Natrium thiosulfate

V = volume botol DO

3.6.4 pH (Derajat Keasaman) (Bloom, 1998)

Derajat keasaman (pH) perairan diukur dengan menggunakan pH paper. Pengukuran derajat keasaman (pH) dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Menyiapkan pH paper
2. Memasukkan pH paper ke dalam contoh air sekitar 3 menit, kemudian cocokkan perubahan warna pH paper dengan kotak standar.

3.6.5 TSS (*Total Suspended Solid*) (Laboratorium Jasa Tirta 1, 2015)

TSS menunjukkan besarnya padatan tersuspensi di dalam air atau limbah. Metode yang digunakan adalah metode Gravimetri. Adapun prosedur pengukuran TSS mengacu pada Interuksi Kerja Pengukuran Kualitas Air di Laboratorium Jasa Tirta 1:

1. Disiapkan alat dan contoh uji air
2. Dicuci kertas saring dan cawan
3. Dimasukkan kertas saring dan cawan untuk TSS dalam oven 103 °C -105°C selama ± 1 jam, kemudian dipindahkan dalam muffle 550 °C -552 °C selama ± 15 menit.
4. Didinginkan dan disimpan dalam desikator selama belum digunakan.
5. Ditimbang dengan neraca analitik sesegera mungkin sebelum digunakan.
6. Dikocok contoh uji air dan saring 100 ml contoh uji air dengan kertas saring yang telah diketahui berat tetapnya.
7. Diletakkan kertas saring diatas cawan TSS yang telah diketahui berat tetapnya.
8. Dimasukkan cawan ke dalam oven 103 °C -105°C minimal 1 jam.
9. Didinginkan cawan dalam desikator hingga suhu ruang.

10. Ditimbang menggunakan timbangan analitik dan ulangi hingga diperoleh berat tetap.
11. Dihitung konsentrasi TSS dengan rumus:

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

A: Berat kertas saring berisi residu tersuspensi (mg)

B: Berat kertas saring kosong (mg)

3.6.6 Pengujian Kadar Logam Berat Pb (Timbal) pada Air, Sedimen dan Insang Kepiting Biola (*uca spp.*) (Widiati, 2011)

Penentuan logam berat Pb pada perairan diukur menggunakan metode *Atomic Absorbption Spectrophotometer (AAS)* yaitu :

1. Ditimbang masing-masing sampel padat $\pm 0,5$ gram dengan timbangan Sartorius untuk mendapatkan berat basah.
2. Dioven sampai padat pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam sampai mendapat berat konstan.
3. Ditimbang berat konstan dengan timbangan Sartorius sebagai berat kering.
4. Dimasukkan sampel yang sudah kering ke dalam beaker glass 100 ml.
5. Ditambahkan HNO_3 dengan perbandingan 1 : 1 (HNO_3 : HCL) sebanyak $\pm 10 - 15$ ml.
6. Dipanaskan di atas hot plate di dalam kamar asam sampai ± 3 ml.
7. Disaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml.
8. Diulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam beaker glass tempat sampel.
9. Dianalisis menggunakan mesin *Atomic Absorbption Spectrophotometer (AAS)* sampai dengan panjang gelombang 263,3 nm.
10. Disiapkan larutan standar.

Dianalisis larutan standar dengan mesin AAS dan mencatat nilai standarnya kemudian membuat kurva kalibrasinya. Larutan standar ini berfungsi untuk membantu nilai konsentrasi logam Pb pada sampel, karena prinsip kerja mesin AAS hanya menentukan nilai absorbansi dengan sampel.

3.7 Analisis Data

Hasil penelitian dari setiap parameter dilaporkan sebagai rata-rata dari 3 kali ulangan. Data hasil penelitian diuji kenormalannya, apabila data tersebar normal dilanjutkan dengan uji ANNOVA. Selanjutnya untuk mengetahui hubungan dan pengaruh parameter terhadap masing-masing parameter uji maka dilakukan uji Tukey dengan menggunakan program perangkat lunak SPSS 21.0



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

4.1.1 Keadaan Umum Pantai Kedawang

Secara geografis Desa Kedawang terletak 7°41'52.9"- 7°41'55.9" LS dan 113°4'55.6"-113°5'57.9" BT. Desa Kedawang memiliki luas wilayah ±358 Ha dengan jumlah penduduk sebanyak 6.301 jiwa dan sebagian besar penduduk bermata pencaharian sebagai nelayan. Batas-batas wilayah Desa Kedawang adalah sebagai berikut :

Sebelah utara	: Selat Madura
Sebelah selatan	: Desa Nguling
Sebelah barat	: Desa Lekok
Sebelah timur	: Desa Mlaten

Desa Kedawang merupakan desa pesisir dengan luasan mangrove ± 5,407 Ha dan memiliki panjang pantai sejajar dengan pertumbuhan mangrove 0,54 km. Kawasan mangrove di Desa Kedawang mulai diperhatikan dengan dilakukannya reboisasi hutan mangrove untuk menanggulangi adanya abrasi pantai yang telah terjadi dan meningkatkan ketahanan ekonomi masyarakat disekitar. Secara keseluruhan wilayah Desa Kedawang terbagi menjadi 5 Dusun, yakni : Dusun Krajan, Lampiran, Sumur Lecen, Batuan dan Wates yang masing – masing dikepalai oleh Kepala Dusun (Komunikasi Pribadi, 2014).

Tempat pengambilan sample kepiting biola (*Uca spp.*) yaitu di areal pertambakan yang kini sudah tidak dipergunakan lagi. Dan sebagian areal pertambakan tersebut digunakan sebagai tempat pembibitan mangrove dan kawasan mangrove tersebut dekat dengan pemukiman.



Gambar 8. Lokasi pengambilan sample Kepiting Biola (*Uca spp.*) di Pantai Kedawang, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

4.1.2 Keadaan Umum Pantai Mlaten

Secara geografis Desa Mlaten terletak di $7^{\circ}41'52.9''$ - $7^{\circ}41'55.9''$ LS dan $113^{\circ}4'55.6''$ - $113^{\circ}5'57.9''$ BT. Luas wilayah Desa Mlaten sebesar ± 64 Ha dengan jumlah penduduk sebesar 1.846 jiwa yang terdiri dari 830 laki-laki dan 1.016 perempuan. Penduduknya sebanyak 1.107 jiwa bekerja sebagai nelayan, 553 jiwa bekerja sebagai petani dan 186 jiwa bekerja sebagai PNS. Batas wilayah dari Desa Mlaten ini adalah sebagai berikut :

- | | |
|-----------------|---|
| Sebelah utara | : Selat Madura |
| Sebelah selatan | : Desa Nguling |
| Sebelah barat | : Desa Mlaten |
| Sebelah timur | : Sungai Lawean Desa Tambakrejo, Probolinggo. |

Tempat pengambilan sample kepiting biola (*Uca spp.*) yaitu di areal sandaran kapal nelayan. Dimana di daerah ini banyak tercemari oleh sampah-sampah domestic karena merupakan daerah muara. Muara disini sebagai tempat pertemuan antara air laut dan air tawar dari sungai yang banyak membawa sampah-sampah bahan organic dan limbah. Lokasi ini berbatasan langsung dengan wilayah pemukiman penduduk yang sebagian besar memiliki profesi sebagai pengolah ikan sehingga banyak ditemukan limbah buangan pengolahan ikan dan limbah domestic seperti kotoran manusia, kertas, plastic, deterjen dan

aktivitas mencuci dan mandi yang terbawa oleh arus pasang surut sehingga terakumulasi di sepanjang bibir pantai.



Gambar 9. Lokasi pengambilan sample Kepiting Biola (*Uca spp.*) di Pantai Mlaten, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

4.1.3 Keadaan Umum Pantai Penunggul

Desa Penunggul ditinjau dari posisi geografis terletak pada $112^{\circ} 33' 5''$ - $113^{\circ} 05' 37''$ BT dan antara $7^{\circ} 37' 34''$ - $7^{\circ} 57' 20''$ LS dan berada pada ketinggian 1-2 meter di atas permukaan laut. Daerah ini memiliki musim kemarau yang terjadi pada bulan April sampai Oktober, sedangkan musim penghujan terjadi pada bulan November sampai Maret.

Adapun batas wilayah Desa Penunggul adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Selatan : Desa Nguling
- Sebelah Barat : Desa Mlaten
- Sebelah Timur : Desa Tambakrejo (Kabupaten Probolinggo)

Berdasarkan informasi dari Balai Desa Penunggul jumlah penduduk Desa Penunggul sebanyak 1117 jiwa yang terdiri dari 580 jiwa laki-laki dan 597 jiwa perempuan. Kemudian berdasarkan pekerjaannya, masyarakat Desa Penunggul banyak yang menjadi nelayan sehingga dapat dikatakan masyarakat di daerah

ini sangat tergantung pada sumberdaya pesisir. Untuk lebih rinci dapat dilihat pada **Tabel 4** :

Tabel 4. Mata pencaharian penduduk Desa Penunggul

Mata Pencaharian	Jumlah (Orang)
Nelayan	70
Pedagang Ikan	16
Pedagang toko	16
Pegawai Negeri	12
Petani	16
Lain-lain	1.047
Jumlah	1.117

Keterangan : Lain-lain meliputi ibu rumah tangga, pengangguran, murid sekolah, anak kecil dan bayi.

Di Desa Penunggul juga terdapat industry produk pengolahan ikan. Hasil produksi berupa ikan asin, terasi dan petis. Selain industry kecil di Desa Penunggul juga berdiri sebuah industry pengalengan rajungan berskala besar yang dipasarkan sampai ke luar negeri.

Lokasi Pengambilan sample Kepiting Biola (*Uca spp.*) yaitu di areal bekas pertambakan yang sudah tidak digunakan lagi seperti terlihat pada gambar 10. Dan sebagian areal pertambakan tersebut digunakan sebagai tempat pembibitan mangrove dan kawasan mangrove tersebut jauh dari pemukiman, karena mangrove di pantai panunggul merupakan tempat untuk rekreasi dan kondisi mangrove sangat terjaga.



Gambar 10. Lokasi pengambilan sample Kepiting Biola (*Uca spp.*) di Pantai Penunggul, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur

4.2 Kadar Logam Berat Pb pada Perairan di Pantai Utara Pasuruan

Kandungan logam berat Pb (Timbal) pada air laut baik di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul menunjukkan hasil yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan adanya perbedaan karakteristik maupun sumber bahan pencemar dari tiap lokasi penelitian. Hasil kandungan logam berat Pb di ketiga lokasi yang berbeda yaitu di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul dapat dilihat pada **Tabel 5**.

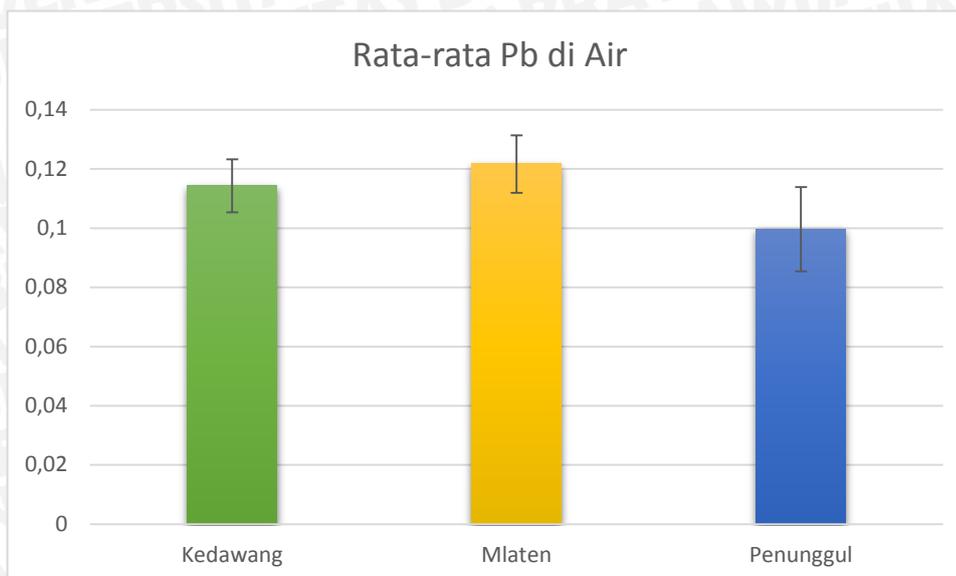
Menurut Darmono (2006), bahwa pencemaran suatu perairan laut oleh unsur-unsur logam berat selain mengganggu ekosistem juga secara tidak langsung dapat merusak perikanan dan kesehatan manusia. Kadar logam berat Pb ini dapat meningkat jika terjadi peningkatan limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini dapat berasal dari aktivitas manusia di laut yang berasal dari pembuangan sampah kapal-kapal, penambangan logam di laut dan lain-lain dan yang berasal dari darat seperti limbah perkotaan, pertambangan, pertanian dan perindustrian (Bangun, 2005). Kadar dan toksisitas timbal dipengaruhi oleh: kesadahan, pH, alkalinitas dan kadar oksigen. Timbal diserap dengan baik oleh tanah sehingga pengaruhnya terhadap tanaman relatif kecil (Effendi, 2000).

Tabel 5. Hasil kandungan Logam Berat Pb pada Air, Sedimen dan Insang

No.	Sampel	Lokasi	Hasil	Rata-rata	Standar Deviasi	Satuan
1	Air	Kedawang	0,120 ^(a)	0,114	0,008	ppm
			0,104 ^(b)			
			0,119 ^(b)			
		Mlaten	0,124 ^(a)	0,121	0,010	ppm
			0,111 ^(b)			
			0,113 ^(b)			
		Penunggul	0,116 ^(a)	0,099	0,014	ppm
			0,093 ^(b)			
			0,090 ^(b)			
2	Sedimen	Kedawang	3,72 ^(a)	2,91	0,709	ppm
			2,61 ^(b)			
			2,40 ^(b)			
		Mlaten	3,87 ^(a)	3,206	0,60	ppm
			2,70 ^(b)			
			3,05 ^(b)			
		Penunggul	3,613 ^(a)	2,784	0,721	ppm
			2,44 ^(b)			
			2,30 ^(b)			
3	Insang	Kedawang	0,018 ^(a)	0,059	0,035	ppm
			0,082 ^(b)			
			0,078 ^(b)			
		Mlaten	0,206 ^(a)	0,141	0,056	ppm
			0,107 ^(b)			
			0,110 ^(b)			
		Penunggul	0,145 ^(a)	0,096	0,042	ppm
			0,076 ^(b)			
			0,068 ^(b)			

Keterangan:

- a) Data pengamaan dilakukan di FMIPA
- b) Data pengamatan dilakukan di Jasa Tirta



Gambar 11. Rata-rata Logam Berat Pb pada perairan di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul

Pada gambar 11 menunjukkan bahwa rata-rata kadar logam berat Pb di perairan pantai Kedawang sebesar 0,114 ppm, di pantai Mlaten rata-rata kadar logam berat Pb sebesar 0,121 ppm dan di pantai Penunggul kadar logam berat Pb sebesar 0,099 ppm. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa kadar Pb air tertinggi terdapat di pantai Mlaten dan kadar Pb air terendah di pantai Penunggul. Tingginya kadar Pb air di pantai Mlaten disebabkan karena banyaknya masukan limbah padat maupun cair domestik yang dibuang langsung ke dalam perairan, sedangkan tingginya Pb di air laut sendiri berasal dari buangan sisa bahan bakar kapal, cat kapal, mengingat banyaknya kapal yang bersandar di pantai Mlaten. Berdasarkan uji korelasi dengan menggunakan spss21 bahwa logam berat Pb pada air dipengaruhi oleh suhu, pH dan TSS karena nilainya signifikan atau berhubungan erat, yaitu >0.05 sedangkan salinitas dan DO tidak signifikan yaitu <0.05 sehingga tidak mempengaruhi. Menurut Palar (2012), sumber Pb dapat berasal dari buangan gas kendaraan bermotor, Pb yang merupakan hasil samping dari pembakaran ini berasal dari senyawa tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb yang selalu ditambahkan dalam bahan

bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti ketuk (*anti-knock*) pada mesin-mesin kendaraan. Murtini dan Peranginangin (2006) menambahkan bahwa timbal (Pb) yang masuk ke dalam perairan melalui pengendapan dan jatuhnya debu yang mengandung Pb dari hasil pembakaran bensin, erosi dan limbah industri. Menurut Siaka (2008), pada umumnya cat anti korosi pada kapal motor mengandung timbal (Pb). Hal ini diperkuat dengan pernyataan Brownea *et al.*, (2000) bahwa, tingginya logam berat disebabkan oleh aktivitas manusia, perdagangan, perkapalan dan jalur pengangkutan barang, serta limbah yang dihasilkan oleh industri perikanan. Menurut Hutagalung (2011), bahwa sumber logam berat yang paling besar adalah berasal dari aktivitas manusia, baik didaratan maupun di laut.

Selain itu berdasarkan keberadaan mangrove di pantai Kedawang ditumbuhi oleh mangrove yang tidak terlalu lebat, Pantai Mlaten dengan kondisi Mangrove yang Jarang atau tidak lebat dan Pantai Penunggul dengan kondisi mangrove lebat dan rimbun hal ini juga mempengaruhi keberadaan Timbal(Pb). Karena Mangrove mempunyai kemampuan menyerap Logam berat dalam perairan. Menurut Panjaitan (2009), mangrove memiliki kemampuan dalam menyerap bahan-bahan organik dan non organik dari lingkungannya kedalam tubuh. Proses ini merupakan bentuk adaptasi mangrove terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan (Deri *et al.*, 2013) Melalui akarnya vegetasi mangrove dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air.

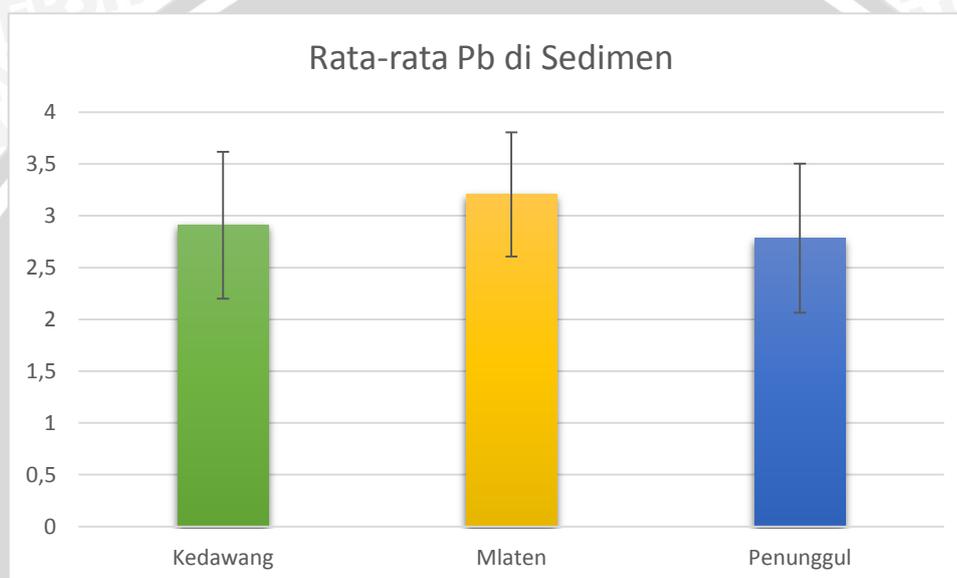
Secara keseluruhan, kadar logam berat Pb air di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul berkisar antara 0,099 – 0,121 ppm, hal ini menunjukkan bahwa kadar tersebut telah melewati kisaran batas yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,03 ppm. Yang diperkuat dengan Kepmen LH No. 51 Tahun 2004, kadar logam berat

Pb di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul telah melampaui batas yang diperbolehkan untuk kehidupan biota laut, yaitu sebesar 0,008 ppm. Hal ini akan sangat membahayakan bagi biota laut maupun masyarakat pesisir karena logam-logam berat yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu akan menjadi sumber racun bagi ekosistem suatu perairan. MacFarlane *et al.*, (2000), menyatakan bahwa banyaknya zat pencemar yang masuk ke laut telah melampaui daya dukungnya sehingga laut menjadi sangat kotor dan tercemar.

Konsentrasi keberadaan logam berat dalam sedimen cenderung lebih tinggi dibanding konsentrasi logam berat dalam air. Sedimen dalam jumlah tinggi dalam air akan menyebabkan kerugian karena dapat menyebabkan pendangkalan muara sungai, erosi pantai, perubahan garis pantai juga mengakibatkan peningkatan kekeruhan perairan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya yang dapat menghambat daya lihat (visibilitas) organisme air, sehingga mengurangi kemampuan ikan dan organisme lainnya untuk memperoleh makanan. Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya kerja organ pernafasan seperti insang pada organisme air dan akan mengakumulasi bahan beracun seperti logam berat Pb (timbal) (Apriadi, 2005).

Keberadaan kadar logam berat yang terlarut pada sedimen sangat tergantung pada baik buruknya kondisi perairan. Semakin tinggi aktivitas yang terjadi disekitar perairan baik di darat maupun di perairan maka kadar logam berat akan semakin meningkat pula. Kawasan mangrove pantai utara Pasuruan merupakan daerah yang sangat rawan terhadap pencemaran karena banyaknya buangan limbah-limbah rumah tangga yang berbahaya dan aktivitas perkapalan dimana limbah-limbah tersebut akan mengendap sehingga akan mengalami sedimentasi di sekitar area mangrove.

Hasil kandungan logam berat Pb (Timbal) pada sedimen di di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul juga menunjukkan hasil yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan adanya perbedaan karakteristik maupun sumber bahan pencemar dari tiap lokasi penelitian. Hasil kandungan logam berat Pb pada sedimen di ketiga lokasi yang berbeda yaitu di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul dapat dilihat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Rata-rata kadar Logam Berat Pb pada sedimen di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul

Berdasarkan **gambar 12** menunjukkan bahwa rata-rata kadar logam berat Pb pada sedimen di pantai Kedawang sebesar 2,91 ppm, di pantai Mlaten rata-rata kadar logam berat Pb di sedimen sebesar 3,206 ppm dan rata-rata kadar logam berat Pb pada sedimen di pantai Penunggul sebesar 2,784 ppm. Dari hasil tersebut dapat dilihat kadar logam berat Pb pada sedimen yang tertinggi terdapat di pantai Mlaten dan kadar logam berat Pb terendah terdapat di pantai Kedawang. Hal ini dikarenakan banyaknya masukan limbah padat maupun cair domestik yang dibuang langsung ke dalam perairan yang semakin lama akan semakin mengendap di dalam sedimen, sehingga tingginya Pb di sedimen

sendiri berasal dari limbah-limbah rumah tangga yang cukup tinggi, kegiatan nelayan dalam berperahu. Hasil buangan limbah dan bahan bakar kapal motor serta bekas cat dari kapal motor akan mengendap di sedimen dan tidak dapat terakumulasi, sehingga akan mengganggu habitat biota yang sebagian hidupnya berada di sedimen pantai seperti kepiting biola. Berdasarkan hasil uji korelasi dengan menggunakan spss21 Pb pada sedimen dipengaruhi oleh pH dan TSS, pb di air, dan sel hyaline karena nilainya signifikan yaitu >0.05 sedangkan suhu, salinitas, DO, THC, sel granul dan sel semigranul nilainya tidak signifikan <0.05 sehingga tidak mempengaruhi. Burchett (2002), menyatakan sumber kontaminasi logam cenderung berhubungan dengan limpasan perkotaan, pabrik pengolahan limbah, limbah industri, limbah operasi pertambangan, kegiatan berperahu, pembuangan sampah rumah tangga, dan pertanian.

Menurut Emiyarti (2004), adanya unsur logam berat yang terikat di dalam sedimen menunjukkan bahwa akumulasi sudah berlangsung lama. Mengingat daerah penelitian di salah satu lokasi merupakan daerah estuari sehingga memungkinkan terjadinya penumpukan bahan tertentu seperti logam berat Pb dan unsur-unsur lainnya. Riley dan Chester dalam Djamaluddin (2000), mengemukakan bahwa material sedimen yang terdeposisi di daerah pantai dan laut dalam dikontrol oleh dua faktor. Faktor tersebut adalah transpor material pelapukan di daratan ke laut dan transpor yang terjadi di dalam laut itu sendiri. Proses pergerakan butiran sedimen menyusur pantai ditimbulkan oleh gerakan gelombang yang menyebabkan sedimen bergerak bolak-balik dalam keadaan suspensi tanpa terjadi perpindahan.

Nilai kadar logam berat Pb (timbal) di dalam sedimen selama penelitian, nilainya jauh lebih besar jika dibandingkan dengan yang terdapat pada perairan. Hal ini diduga karena adanya laju proses pengendapan atau sedimentasi yang dialami logam berat. Dalam hal ini logam berat yang terdapat pada perairan akan

mengalami proses penggabungan dengan senyawa-senyawa lain, baik yang berupa bahan organik maupun bahan anorganik, sehingga berat jenisnya menjadi lebih besar dan hal inilah yang akan mempengaruhi laju proses pengendapan atau sedimentasi. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen merupakan tempat proses akumulasi logam berat di sekitar perairan. Menurut Makmur (2013), kondisi nilai kadar logam berat Pb di dalam sedimen nilainya jauh lebih besar jika dibandingkan dengan yang terdapat pada kolom perairan. Hal ini diduga karena adanya laju proses pengendapan atau sedimentasi yang dialami logam berat. Dalam hal ini logam berat yang terdapat pada kolom air akan mengalami proses penggabungan dengan senyawa-senyawa lain, baik yang berupa bahan organik maupun bahan anorganik, sehingga berat jenisnya menjadi lebih besar yang akan mempengaruhi laju proses pengendapan atau sedimentasi. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen merupakan tempat proses akumulasi logam berat di sekitar perairan laut.

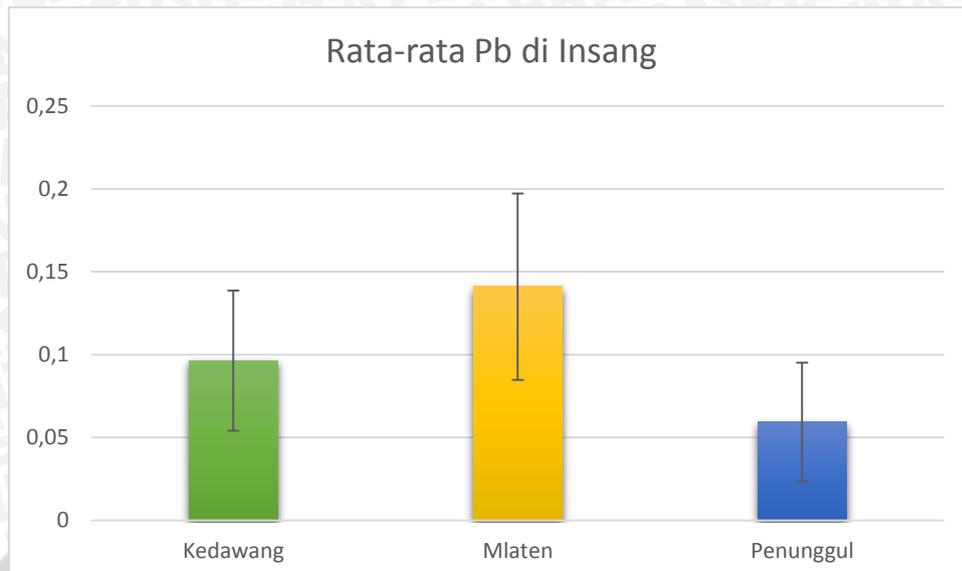
Menurut Lindsey *et al.*, (2005), logam berat yang terikat dalam sedimen relatif sukar untuk lepas kembali melarut dalam air, sehingga semakin banyak jumlah sedimen maka semakin besar kandungan logam berat di dalamnya. Nolan (2002), menyatakan bahwa luasnya penyebaran unsur Pb di alam sebagian besar disebabkan oleh limbah kendaraan bermotor. Unsur ini mengalami peningkatan ketika melibatkan atmosfer dan kemudian mencemari tanah dan tanaman.

4.3 Kadar Logam Berat Pb pada Insang Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Timbal (Pb) masuk ke Kepiting Biola (*Uca spp.*) melalui insang, karena insang sangat peka terhadap pengaruh toksisitas logam. Timbal sangat reaktif terhadap ligan sulfur dan nitrogen, sehingga ikatan ligan sulfur dan nitrogen

sangat penting bagi fungsi normal metaloenzim dan metabolisme terhadap sel. Menurut Alifia (2002), Pb dapat menyebabkan kerusakan *lamella* insang yang sejalan dengan semakin tingginya konsentrasi Pb. Kerusakan epitel insang terjadi akibat pengikatan lendir terhadap sejumlah Pb yang melewati *lamella* dan dengan komposisi yang lebih besar mampu menghalangi proses pertukaran gas dan ion pada *lamella* dalam sistem respirasi dan dapat mengakibatkan sistem respirasi Kepiting Biola (*Uca spp.*) terhambat dan pada akhirnya dapat menyebabkan kematian.

Penyerapan logam oleh *crustacea* akan diakumulasi pada jaringan tubuhnya terutama pada hepatopankreas dan insang (Bambang *et al.*, 1995). Kadar logam berat Pb yang terkandung dalam insang Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang sebesar 0,059 ppm, di pantai Mlaten sebesar 0,141 ppm dan di pantai Penunggul kadar Pb di insang Kepiting Biola (*Uca spp.*) sebesar 0,096 ppm. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa kadar Pb yang terakumulasi di insang Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Mlaten lebih besar dibandingkan dengan pantai Kedawang dan pantai Penunggul yang terlihat pada gambar 13. Hal ini disebabkan karena pada lokasi ini banyak terdapat aktivitas kapal motor nelayan yang melintas maupun yang sedang bersandar untuk pengisian bahan bakar dan pergantian oli sehingga dapat menghasilkan limbah logam berat berbahaya yang dapat terakumulasi pada insang Kepiting Biola (*Uca spp.*) serta di pantai Mlaten ini merupakan lokasi pembuangan limbah domestik warga setempat. Secara keseluruhan, kadar logam berat Pb pada insang Kepiting Biola (*Uca spp.*) pada tiga lokasi yang berbeda berkisar antara 0,096 ppm – 0,059 ppm. Berdasarkan hasil uji korelasi dengan menggunakan spss21 nilai Pb pada insang dipengaruhi oleh sel hyaline, mikronuklei, Pb di air dan pb di sedimen karena nilainya signifikan yaitu >0.05 sedangkan suhu, pH, salinitas, DO, TSS, sel granul, sel semigranul, THC tidak mempengaruhi karena nilainya tidak signifikan (<0.05).

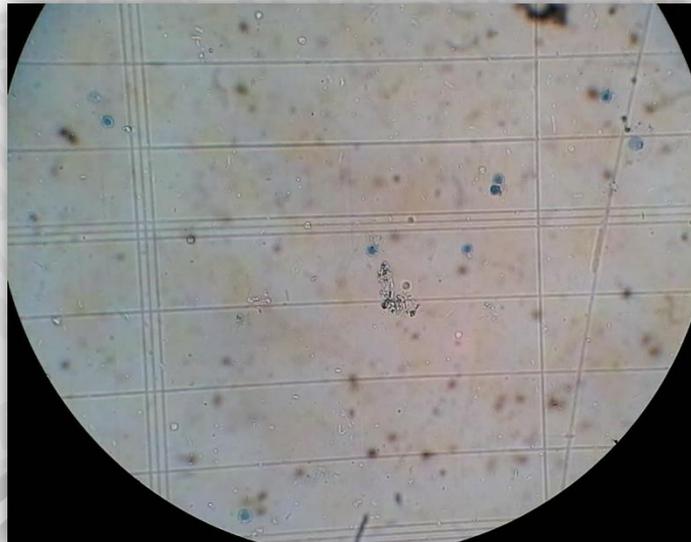


Gambar 13. Rata-rata Pb di Insang Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul.

4.4 Profil Hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*)

4.4.1 Perhitungan THC (*Total Haemocyte Count*) Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Perhitungan total hemosit banyak dilakukan untuk memeriksa status fisiologis spesies (Taylor dan Landman., 2009) termasuk juga pada organisme air seperti Kepiting Biola (*Uca spp.*). Total jumlah hemosit atau *Total Haemocyte Count* (THC) dapat memberikan informasi mengenai indikasi fisiologis subakut pada krustacea selain itu, perubahan dalam hitungan hemosit juga menjadi indikator stres dalam beberapa spesies (Lorenzon *et al.*, 2001). Pengamatan hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) dilakukan dalam kamar hitung *haemocytometer* yang terlihat seperti **Gambar 14**.



Gambar 14. Pengamatan sel hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) dalam kamar hitung *Haemocytometer*.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada masing-masing lokasi penelitian, diperoleh hasil rata-rata jumlah THC (*Total Haemocyte Count*) pada Kepiting Biola (*Uca spp*) yang ditampilkan pada **tabel 6**.

Tabel 6. Hasil rata-rata jumlah THC (*Total Haemocyte Count*) pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi penelitian.

Kepiting Biola (<i>Uca spp</i>) (sel/ml)	Lokasi Penelitian		
	Pantai Kedawang	Pantai Mlaten	Pantai Penunggul
1.	$10,5 \times 10^5$	$3,3 \times 10^5$	$16,05 \times 10^5$
2.	$11,7 \times 10^5$	$4,35 \times 10^5$	$16,65 \times 10^5$
3.	$11,55 \times 10^5$	$3,75 \times 10^5$	$15,75 \times 10^5$
Rata-Rata	$11,25 \times 10^5$	$3,8 \times 10^5$	$16,15 \times 10^5$
StDev	65383,48	52678,27	45825,75

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil rata-rata jumlah total sel hemosit pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi penelitian yaitu, pantai Kedawang sebesar $11,25 \times 10^5$ sel/ml, di pantai Mlaten sebesar $3,8 \times 10^5$ sel/ml dan pantai Penunggul sebesar $16,15 \times 10^5$ sel/ml. *Total Haemocyte Count* (THC) pada Kepiting Biola (*Uca spp*) yang diambil dari pantai Penunggul lebih banyak dibandingkan dengan pantai Kedawang dan Mlaten. Hal ini dikarenakan lokasi pengambilan sample adalah areal bekas tambak yang merupakan tempat

pembibitan mangrove dan jauh dari area pemukiman sehingga area ini lebih terjaga dibandingkan area lainnya serta area ini merupakan area terbersih dibandingkan dengan dua area lainnya dan juga area ini merupakan area kontrol. Sedangkan jumlah total sel hemosit Kepiting Biola (*Uca spp*) yang diambil di pantai Mlaten lebih sedikit dibanding jumlah hemosit Kepiting Biola (*Uca spp*) yang diambil di pantai Kedawang dan Penunggul. Dimana lokasi pengambilan sample di pantai Mlaten merupakan areal sandaran kapal nelayan dan di daerah ini banyak tercemari oleh sampah-sampah domestic karena merupakan daerah muara dan area ini merupakan area terkotor dari dua area lainnya. Lokasi ini juga berbatasan langsung dengan wilayah pemukiman penduduk yang sebagian besar memiliki profesi sebagai pengolah ikan sehingga banyak ditemukan limbah buangan pengolahan ikan dan limbah domestic seperti kotoran manusia, kertas, plastic, deterjen, sisa-sisa bahan bakar kapal dan aktivitas mencuci dan mandi yang terbawa oleh arus pasang surut sehingga terakumulasi di sepanjang bibir pantai. Berdasarkan hasil uji Tukey menunjukkan nilai rerata THC kepiting biola dari tiga lokasi yang berbeda adalah berbeda nyata semua dengan nilai ($p < 0,05$) yang dapat dilihat pada gambar 15. Berdasarkan hasil uji korelasi dengan menggunakan spss21 THC kepiting biola dipengaruhi oleh pb air, pb sedimen. Pb insang, suhu, ph, dan TSS dengan nilai $> 0,05$ sehingga signifikan sedangkan salinitas dan DO nilainya $< 0,05$ yaitu tidak signifikan sehingga tidak mempengaruhi.

Jumlah total hemosit atau THC (*Total Haemocyte Count*) diyakini memiliki kemampuan untuk mempengaruhi kemampuan organisme untuk bereaksi melawan bahan asing serta berbagai respon terhadap infeksi (Takahashi dan Mori, 2000), perubahan lingkungan pada sebagian besar *crustacea* (Le Moullac dan Haffner, 2000). Rendahnya jumlah THC pada Kepiting Biola di pantai Mlaten menunjukkan adanya respon pertahanan organisme terhadap kondisi lingkungan

yang tidak mendukung dengan peningkatan sel-sel fagositik yang berperan dalam meningkatkan respon imun dan tingginya jumlah THC pada Kepiting Biola pantai Penunggal disebabkan karena kondisi lingkungan yang sesuai dan mendukung untuk perkembangan, pertumbuhan serta reproduksi kepiting dan juga tidak adanya faktor stress. Menurut Chunxiang et al., (2008) bahwa polutan dapat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan kelangsungan hidup udang dan kepiting, sehingga mengurangi sistem kekebalan udang dan kepiting, baik di dalam perairan dan budidaya. Polutan tidak hanya menyebabkan sistem imun udang dan kepiting berkurang, tetapi juga memiliki efek serius beracun dalam sel dan tingkat molekul, sehingga dapat menyebabkan perubahan patologis dan banyak kematian.

Namun pada spesies dekapoda krustacea, jumlah total hemosit yang berkaitan dengan pertahanan seluler memiliki variasi diantara spesies satu dengan yang lainnya (Hose et al., 1990). Faktor stres lingkungan yang terus menerus karena bahan kimia berbahaya juga dapat menjadi salah satu pemicu penurunan jumlah THC, seperti pada spesies *Crangon crangon* dan *Carcinus* yang mengalami penurunan jumlah THC dan penurunan aktivitas *phenoloxidase maenas* akibat stressor karena lingkungan (Smith et al., 2001). Terkait dengan pengaruh stres lingkungan, penurunan jumlah THC tersebut kemungkinan menunjukkan terjadinya lisis pada hemosit ataupun terjadi gangguan dengan organ haematopietik yang terletak di permukaan perut bagian dorsal yang telah banyak diidentifikasi pada spesies krustasea (Johansson et al., 2000).

Kelimpahan hemosit yang beredar atau THC (*Total Haemocyte Count*) pada dasarnya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis sistem peredaran darah, jenis kelamin, molting, status reproduksi dan nutrisi, ukuran, seks, dan berat badan (Cheng dan Chen, 2001). Faktor-faktor ekstrinsik yang juga dapat mempengaruhi jumlah hemosit yang beredar pada beberapa spesies

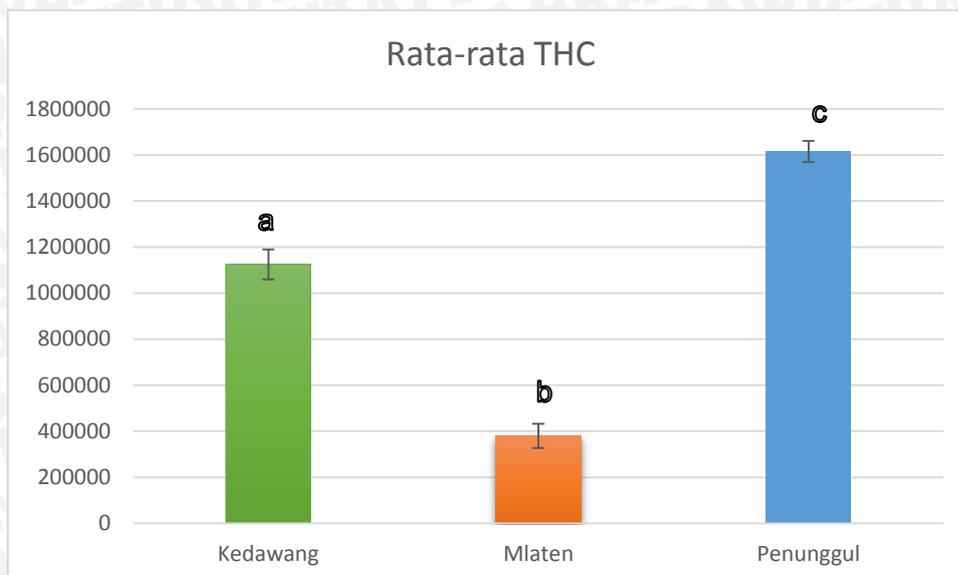
dekapoda krustasea antara lain suhu, salinitas, dan oksigen terlarut (DO) (Le Moullac, *et al.*, 1998). Sebagai contoh, udang *Penaeus stylirostris* pada suhu rendah sebesar 18°C mengalami penurunan yang signifikan terhadap jumlah THC (*Total Haemocyte Count*) sebesar 40% dibandingkan dengan udang yang dipelihara pada suhu 27°C (Le Moullac, *et al.*, 1997).

Selain suhu, faktor hipoksia juga dapat menjadi penyebab penurunan jumlah THC (*Total Haemocyte Count*). Faktor hipoksia secara signifikan juga dapat menurunkan jumlah THC (*Total Haemocyte Count*) pada spesies udang *P. Stylirostris*. Kondisi hipoksia tersebut menyebabkan menjadi stres dan rentan terhadap infeksi *Vibrio alginolyticus* (Le moullac *et al.*, 1998). Penurunan jumlah THC (*Total Haemocyte Count*) pada udang *P. Stylirostris* terjadi dengan pemeliharaan pada oksigen terlarut terendah sebesar 1 mg/l selama 24 jam (Le moullac *et al.*, 1998).

Faktor salinitas juga mempengaruhi jumlah THC (*Total Haemocyte Count*), spesies udang *Penaeus paulensis* asal Brasil yang dipelihara pada salinitas 34‰ memiliki jumlah THC (*Total Haemocyte Count*) signifikan lebih tinggi (20% lebih) dari udang yang dipelihara pada 13-22‰ (Le moullac dan Haffner, 2000).

Grafik total jumlah sel hemosit dari Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul ditunjukkan pada

Gambar 15.



Gambar 15. Jumlah total sel hemosit atau THC (*Total Haemocyte Count*) Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul.

Jumlah hemosit yang rendah sangat berkorelasi dengan sensitivitas terhadap patogen yang lebih tinggi (Person *et al.*, 1997; Le Moullac dan Haffner, 2000) dan oleh karena itu, total hemosit yang rendah mengindikasikan kerentanan terhadap penyakit infeksi yang tinggi. Terkait dengan pengaruh stress lingkungan, penurunan jumlah THC tersebut kemungkinan menunjukkan terjadinya lisis pada hemosit ataupun terjadi gangguan dengan organ haematopoietik yang terletak di permukaan perut bagian dorsal yang telah banyak diidentifikasi pada spesies krustasea (Johansson *et al.*, 2000). Supamattaya *et al.*, (2000) berpendapat bahwa jumlah hemosit udang dapat menurun apabila kondisi lingkungan memburuk, misalnya rendahnya kandungan oksigen terlarut, suhu dan salinitas, atau terdapatnya serangan patogen.

Saat terjadinya serangan patogen, sel hemosit akan melakukan proses degranulasi, *cytotoxicity* dan lisis terhadap material tersebut. Dengan demikian jumlah sel hemosit yang beredar dalam hemolim akan terlihat menurun. Hasil proses degranulasi adalah pelepasan *peroxinectin* yang akan memicu

munculnya fagositosis (Effendy *et al.*, 2004). Lectin atau agglutinin adalah protein pada hemolim yang memiliki peranan penting saat terdapatnya antigen yang masuk ke dalam tubuh. Komponen ini akan berikatan dengan karbohidrat yang terdapat pada dinding sel patogen atau benda asing yang disebut sebagai *aglutinasi*. Reaksi akan diikuti dengan eliminasi benda asing tersebut melalui proses fagositosis, melanisasi oleh enzim phenoloksidase dan lonjakan respirasi (*respiratory burst*) (Supamattaya *et al.*, 2000).

Jumlah hemosit udang dapat menurun apabila kondisi lingkungan memburuk, misalnya rendahnya kandungan oksigen terlarut, suhu dan salinitas, atau terdapatnya serangan patogen. Selanjutnya hemosit baru perlu pengganti dan diproduksi secara proporsional dan diyakini bahwa hemosit dikeluarkan secara kontinyu, walau pada laju yang bervariasi, dari jaringan hematopoeietik. Jaringan tersebut telah diidentifikasi pada beberapa spesies krustacea. Saat terjadinya serangan patogen, sel hemosit akan melakukan proses degranulasi, *cytotoxicity* dan lisis terhadap material tersebut. Dengan demikian jumlah sel hemosit yang beredar dalam hemolim akan menurun (Ekawati, *et al.*, 2012).

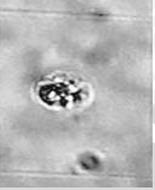
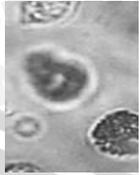
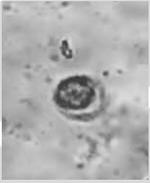
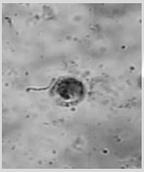
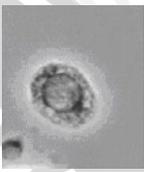
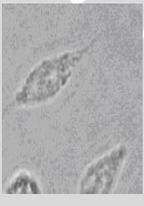
4.4.2 Perhitungan DHC (*Differential Haemocyte Count*) Kepiting Biola (*Uca spp*)

Hemosit merupakan sel-sel yang terdapat dalam hemolymph. Peningkatan total hemosit berarti meningkatkan peluang terbentuknya sel-sel hemosit yaitu sel hialin, semi granular, dan sel granular. Ketiga sel tersebut memiliki fungsi masing-masing. Ketika fungsi dari masing-masing sel tersebut meningkat maka kemampuan untuk mengelimir partikel asing yang masuk juga meningkat. Berdasarkan morfologi, sel hemosit dibedakan menjadi tiga jenis sel, yakni sel hialin, semigranulosit dan granulosit (Vazquez *et al.*, 1997). Sel hialin

secara morfologi mudah dibedakan dari pada sel granulosit dan sel semigranulosit. Kriteria umum yang menjadi karakteristik utama yang dipertimbangkan adalah kehadiran atau tidak adanya butiran hemosit (Hose *et al.*, 1990). Pada penelitian karakteristik haemocyte kepiting biola (*Uca spp.*) diidentifikasi adanya tiga jenis sel hemosit serta dianalisis secara individual. Morfologi hemosit kepiting biola (*Uca spp.*) tersebut diamati melalui mikroskop fase kontras, mikroskop cahaya (Saha dan Ray, 2006 *dalam* Saha *et al.*, 2009). Berikut ini adalah bentuk morfologi ketiga jenis sel hemosit yang ditunjukkan pada **tabel 7**.

Berdasarkan hasil pengamatan, sel hyalin kepiting biola (*Uca spp.*) berbentuk oval (lonjong) memiliki butiran yang relatif sedikit dan memiliki karakteristik inti. Sel granulosit menunjukkan karakteristik bentuk bulat atau amoeboid dan terdapat dalam jumlah besar serta sitoplasma terlihat penuh dengan butiran. Sedangkan sel semigranulosit terlihat mengandung butiran yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan sel granulosit, umumnya dalam bentuk bulat dan memiliki tingkat *nucleocytoplasmic* yang lebih sedikit.

Tabel 7. Bentuk morfologi ketiga jenis sel hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul.

Hemosit	Kedawang	Mlaten	Penunggul	Saha <i>et al.</i> , (2010)
Granulosit				
Semi granulosit				
Hialin				

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. Dan 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.

Hyalinocytes memiliki peran utama dalam pembekuan dan fagositosis; semigranulocytes terlibat dalam enkapsulasi, fagositosis, sitotoksisitas, penyimpanan dan pelepasan sistem PROPO. granulosit terlibat dalam sitotoksisitas, penyimpanan dan pelepasan sistem PROPO (Johansson *et al.*, 2000).

Sel semigranular merupakan pematangan dari sel hyalin yang ketika terjadi serangan patogen maka yang berperan pertama adalah sel hyalin, sehingga sel ini tidak berkembang menjadi semigranular dan terlihat penurunan jumlah sel semigranular yang terdapat dalam hemosit. Sel semigranular berperan utama dalam proses enkapsulasi dan sedikit dalam proses fagositosis. Sel semigranular dikarakteristikan dengan terdapatnya granula pada sitoplasma. Sel semigranular ini dapat melakukan proses enkapsulasi dan sedikit berperan dalam proses fagositosis. Enkapsulasi adalah merupakan reaksi pertahanan melawan partikel dalam jumlah yang besar dan tidak mampu difagosit oleh sel hemosit (Ekawati *et al.*, 2012).

4.4.2.1 Pehitungan Sel Granulosit

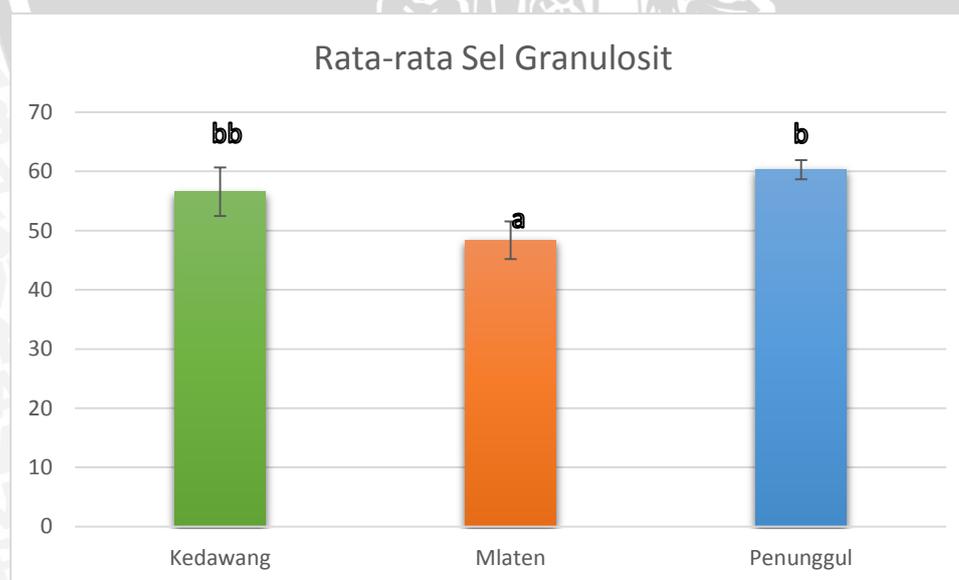
Hasil perhitungan persentase jumlah tiap jenis sel hemosit atau DHC (*Differential Haemocyte Count*) secara keseluruhan menunjukkan bahwa sel granulosit memiliki jumlah yang lebih besar bila dibandingkan dengan kedua jenis sel hemosit lainnya. Jumlah sel granulosit pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) pada masing-masing lokasi penelitian dapat dilihat pada **tabel 8**.

Tabel 8. Persentase Jumlah Sel Granulosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi penelitian.

Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>)	Jumlah Sel Granulosit (%)		
	Pantai Kedawang	Pantai Mlaten	Pantai Penunggul
1.	60,0	45,4	59,8
2.	57,5	51,7	62,1
3.	52,0	48,0	59,0
Rata-rata	56,5	48,3	60,3
Stdev	4,11	3,16	1,6

Persentase sel granulosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang menunjukkan penurunan. Terbukti dari nilai persentase yang ditunjukkan pada ulangan pertama sebesar 60,0% ; ulangan kedua sebesar 57,7% dan ulangan

ketiga sebesar 52,0% sehingga didapatkan nilai rata-rata sebesar 56,5%. Persentase sel granulosit di pantai Mlaten pada ulangan pertama sebesar 45,4% ; pada ulangan kedua sebesar 51,7% dan pada ulangan ketiga sebesar 48,0% sehingga didapatkan nilai rata-rata sebesar 48,3%. Dan persentase sel granulosit di pantai Penunggul pada ulangan pertama sebesar 59,8% ; pada ulangan kedua sebesar 62,1% dan pada ulangan ketiga sebesar 59,0% sehingga didapatkan nilai rata-rata sel granulosit di pantai Penunggul sebesar 60,3%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa persentase rata-rata terendah sel granulosit pada Kepiting Biola terdapat di pantai Mlaten dan rata-rata sel granulosit tertinggi di pantai Penunggul. Berdasarkan hasil uji tukey menunjukkan nilai rerata sel granulosit kepiting biola di 3 lokasi yang berbeda adalah berbeda nyata dengan nilai ($p < 0,05$), pantai Kedawang dan Penunggul tidak berbeda nyata sedangkan pantai Penunggul dan Kedawang dengan pantai Mlaten berbeda nyata. Hasil persentase jumlah sel granulosit dari Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul ditunjukkan pada **gambar 16**.



Gambar 16. Presentase Sel Granulosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul.

Sel granular merupakan pematangan dari sel-sel hialin, sehingga ketika terjadi serangan patogen, sel-sel hialin akan melakukan proses fagositosis sehingga proses pematangan sel menjadi terhambat, akibatnya sel granula dalam hemolim menurun. Hasil pengamatan sel granular pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi berbeda menunjukkan jumlah sel granular terendah di pantai Mlaten. Rendahnya sel granula tersebut disebabkan adanya serangan patogen yang masuk sehingga sel granular mengalami degranulasi sehingga jumlah sel granulosit menurun. Rodriguez dan Moullac (2000) menyatakan, saat antigen masuk ke dalam hemolim, maka sel semi granular dan granular sel akan melakukan degranulasi, sitotoksis dan lisis terhadap material tersebut. proses degranulasi utamanya dilakukan oleh granular sel, akibatnya jumlah sel granular dalam hemolim menurun. Fungsi sel granular lebih pada proses menghasilkan enzim phenoloksidase yang memiliki peranan penting dalam sistem pertahanan non spesifik. Supamattaya *et al.*, (2000) menjelaskan granula pada sel granular hemosit terdiri dari prophenoloksidase. Dalam aktivasi prophenoloksidase (proPO) akan membebaskan suatu enzim dari sel granular. Sistem ini juga dipacu oleh adanya komponen mikrobial seperti β -glucan. Proses prophenoloksidase bertanggung jawab terhadap produksi dan sekresi metabolit toksik seperti quinon. Saat terjadinya serangan patogen, sel granular dan semi granular akan melakukan proses degranulasi, cytotoxicity dan lisis terhadap material tersebut dengan demikian jumlah sel granular yang beredar dalam hemolim akan mengalami penurunan.

4.4.2.2 Perhitungan Sel Semigranulosit

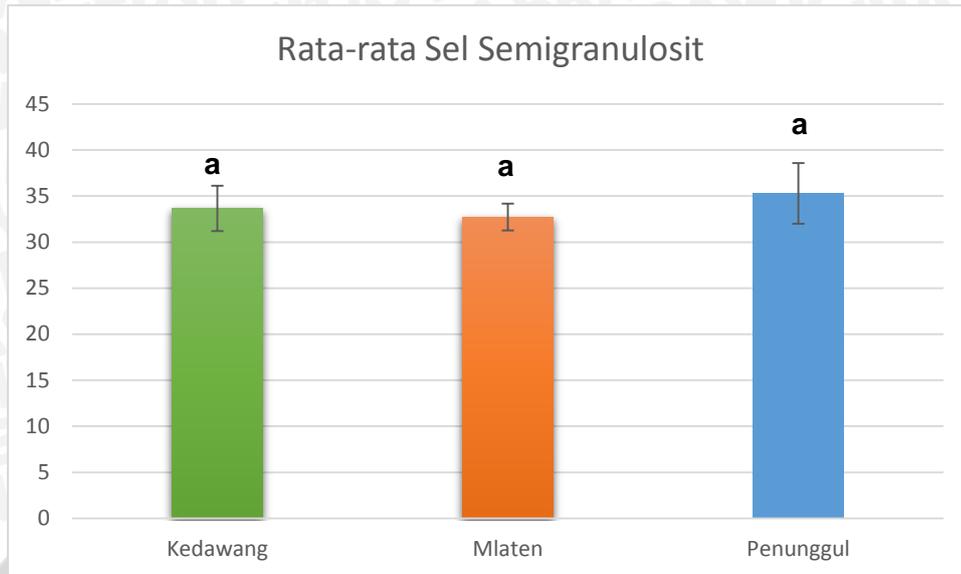
Presentase jumlah sel hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang memiliki jumlah terbesar kedua adalah sel semigranulosit. Data presentase sel semigranulosit dapat dilihat pada pada **tabel 9**.

Tabel 9. Persentase Jumlah Sel Semigranulosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi penelitian.

Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>)	Jumlah Sel Semigranulosit (%)		
	Pantai Kedawang	Pantai Mlaten	Pantai Penunggul
1.	31,4	31,8	32,7
2.	33,3	34,4	34,2
3.	36,3	32,0	39,0
Rata-rata	33,6	32,7	35,3
Stdev	2,47	1,44	3,29

Persentase sel semigranulosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang pada ulangan pertama sebesar 31,4%; pada ulangan kedua sebesar 33,3% dan pada ulangan ketiga sebesar 36,3% sehingga didapatkan hasil rata-rata jumlah sel semigranulosit yaitu 33,63%. Kemudian persentase sel semigranulosit di pantai Mlaten pada ulangan pertama sebesar 31,8% ; pada ulangan kedua sebesar 34,4% dan pada ulangan ketiga sebesar 32,0% sehingga didapatkan rata-rata jumlah sel semigranulosit sebesar 32,7%. Dan di pantai Penunggul persentase sel semigranulosit pada ulangan pertama sebesar 32,7%, pada ulangan kedua sebesar 34,2% dan pada ulangan ketiga sebesar 32% dan didapatkan hasil rata-rata jumlah sel semigranulosit sebesar 39,0%. Berdasarkan hasil uji tukey nilai rerata sel semigranulosit kepiting biola di 3 lokasi yang berbeda adalah tidak berbeda nyata ($p < 0,05$).

Grafik persentase jumlah sel semogranulosit dari Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul ditunjukkan pada **gambar 17**.



Gambar 17. Presentase Sel Semigranulosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Mlaten, pantai Kedawang dan pantai Penunggul.

Sel semi granular dikarakteristikkan dengan terdapatnya granula pada sitoplasma. Sel ini mampu merespon polisakarida dari dinding sel bakteri atau β -glucan yang berasal dari jamur. Sel semi granular ini dapat melakukan proses enkapsulasi dan sedikit berperan dalam proses fagositosis (Johansson *et al.*, 2000). Enkapsulasi adalah merupakan reaksi pertahanan melawan partikel dalam jumlah yang besar dan tidak mampu difagosit oleh sel hemosit (Danwattananusorn, 2009).

Peningkatan sel hialin, semi granular dan granular dalam hemosit merupakan salah satu parameter peningkatan status kesehatan atau ketahanan tubuh kepiting. Sel-sel tersebut memiliki fungsi masing-masing. Sel semigranular berperan dalam aktifitas fagositosis, enkapsulasi, proPO, dan sitoksis (Johansson *et al.*, 2000; Smith *et al.*, 2003). Sel semi granular adalah tipe sel yang paling dominan, terdiri dari 60-75% dari semua hemosit dalam sirkulasi (Martin dan Graves, 1985). Tingginya sel semigranulosit pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Penunggul sangat berhubungan dengan meningkatnya sel hialin. Sel semigranular merupakan pematangan dari sel hialin yang ketika

terjadi serangan patogen maka yang berperan pertama adalah sel hyalin, sehingga sel ini tidak berkembang menjadi sel semi granular dan terlihat penurunan jumlah sel semigranular yang terdapat dalam hemosit (Van de Braak, 2002).

Naiknya persentase sel semi granular dapat digunakan sebagai parameter naiknya sistem pertahanan tubuh udang. Hal ini dapat disebabkan fungsi sel semi granular dalam aktifitas fagositosis, enkapsulasi (Soderhall dan Cerenius, 1992; Chang *et al.*, 2006), dan pengaktifan sistem proPO (Andrade, 2011) meningkat, sehingga sistem pertahanan tubuh udang juga ikut meningkat. Das dan Sethi (2009) menjelaskan bahwa pengaktifan sistem proPO merupakan respon awal dalam pengenalan partikel asing dan pengaktifan fagosit. Pengaktifan sistem proPO menghasilkan adanya produksi protein, termasuk PO yang berperan dalam melanisasi, koagulasi, opsonisasi dari partikel asing dan membunuh mikroba secara langsung.

4.4.2.3 Perhitungan Sel Hyalin

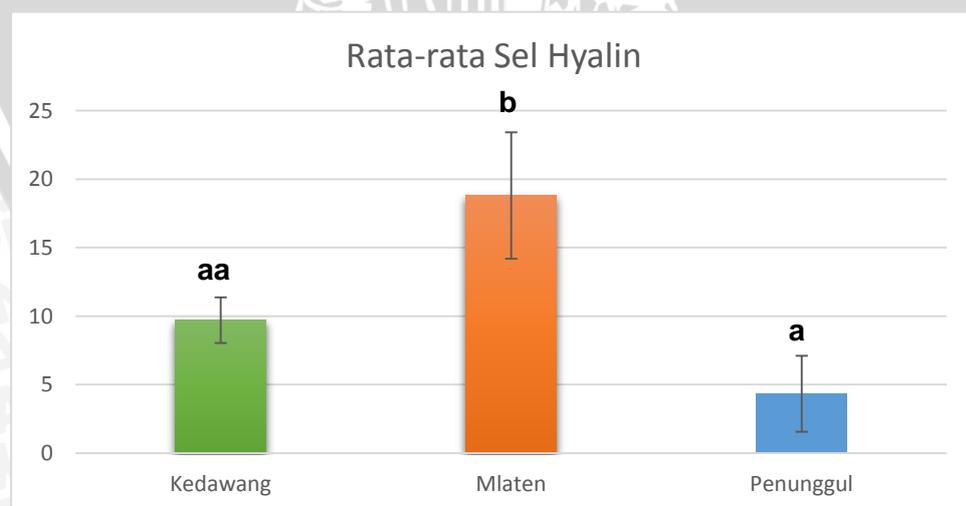
Diantara ketiga jenis sel hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang memiliki jumlah paling sedikit dibandingkan dengan sl lainnya adalah sel hyalin. Hasil pengamatan jumlah sel hyalin pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) dapat dilihat pada **tabel 10**.

Tabel 10. Persentase Jumlah Sel Hyalin Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi penelitian.

Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>)	Jumlah Sel Hyalin (%)		
	Pantai Kedawang	Pantai Mlaten	Pantai Penunggul
1.	8,5	22,7	7,4
2.	9,0	13,7	3,6
3.	11,6	20,0	2,0
Rata-rata	9,7	18,8	4,3
Stdev	1,66	4,61	2,77

Persentase sel hyalin pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang mengalami peningkatan yaitu pada ulangan pertama sebesar 8,5% dan pada ulangan kedua sebesar 9,0% serta pada ulangan ketiga sebesar 11,6% sehingga didapatkan hasil rata-rata jumlah sel hyalin sebesar 9,7%. Kemudian jumlah sel hyalin pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Mlaten pada ulangan pertama sebesar 22,7% ; pada ulangan kedua mengalami penurunan yaitu sebesar 13,7% dan pada ulangan ketiga naik menjadi 20,0%. Sehingga didapatkan rata-rata jumlah sel hyalin pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Mlaten sebesar 18,8%. Dan jumlah sel hyalin di pantai Penunggul mengalami penurunan yaitu pada ulangan pertama sebesar 7,4% ; pada ulangan kedua sebesar 3,6% dan pada ulangan ketiga sebesar 2,0% sehingga didapatkan hasil rata-rata jumlah sel hyalin sebesar 4,3%. Berdasarkan hasil uji tukey nilai sel hyalin kepiting biola di 3 lokasi berbeda adalah pantai Penunggul dan pantai Kedawang berbeda nyata dengan pantai Mlaten ($p < 0,05$).

Grafik persentase jumlah sel hyalin dari Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul ditunjukkan pada **gambar 18**.



Gambar 18. Rata-rata jumlah sel hyalin pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul.

Sel hialin dan sel semi granular mempunyai peran penting dalam sistem pertahanan tubuh udang terutama dalam proses fagositosis (Soderhall dan Cerenius, 1992; Chang *et al.*, 2007). Walaupun mempunyai fungsi yang sama, namun sel semi granular lebih jarang berperan dalam proses fagositosis, sehingga sel hialin menjadi sel utama dalam proses fagositosis dan sel semi granular lebih berperan dalam proses enkapsulasi yang mengindikasikan adanya penggabungan beberapa sel hemosit untuk menghalangi partikel asing dalam peredaran darah (Soderhall and Cerenius, 1992).

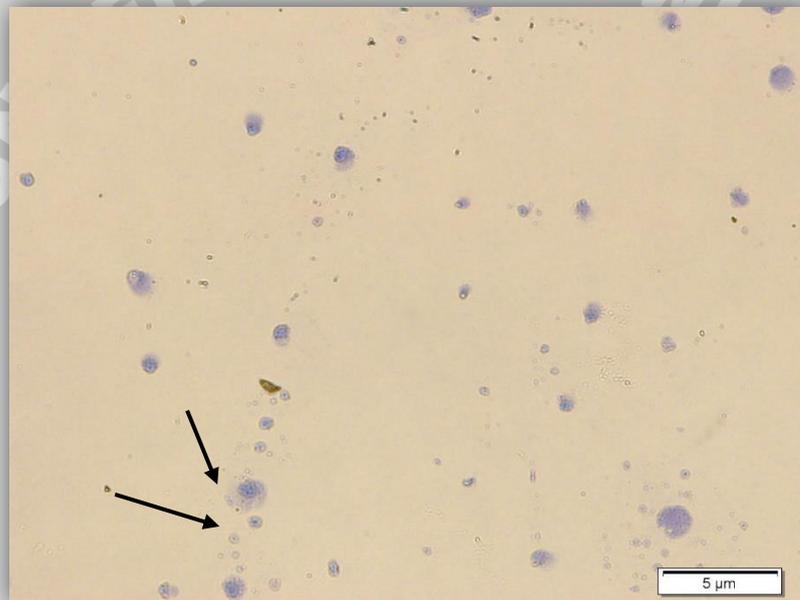
Tingginya jumlah sel hyalin pada Kepiting Biola (*Uca spp*) yang diambil dari pantai Mlaten disebabkan karena adanya benda asing atau toksin yang masuk dalam tubuh sehingga jumlah sel hyalin bertambah karena tubuh harus melawan benda asing tersebut. Pengenalan terhadap antigen akan memicu sintesa hemosit oleh jaringan *hematopoeitic* yang merupakan sepasang *epigastric nodule*. Produksi tersebut untuk mencapai keadaan homeostasis pasca masuknya antigen ekstrak *C. cerastosporum*. Peningkatan hemosit secara langsung akan meningkatkan produksi hialin sel, karena hialin sel mudah terbentuk dan mudah berkembang, bertambahnya jumlah sel hialin akan meningkatkan kemampuan fagositosis (Van de Braak, 2002).

Kelimpahan tiap jenis sel hemosit pada kelas krustacea memiliki variabilitas yang tinggi dan umumnya berbeda-beda. Dalam penelitian ini, sel-sel yang mengandung paling banyak butiran, yaitu sel granulosit yang merupakan jenis sel yang paling banyak ditemukan. Hal tersebut dapat berbeda dengan spesies lainnya, seperti pada spesies udang galah *Macrobranchium rosenbergii*, yang memiliki sel hialin 70% dari total hemosit dan tidak terdapatnya sel semigranulosit yang ditemukan (Vazques *et al.*, 1997). Sedangkan menurut Jusilla *et al* (1997) dalam penelitiannya menyebutkan proporsi sel hialin pada

kelompok lobster berkisar 29,1% - 37,0%, semigranulosit 51,1% - 62,0% dan granulosit 5,1% - 13,1%.

4.5 Total Micronuklei

Uji mikronuklei dalam sel hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) merupakan alternatif untuk mendeteksi genotoksik didalam perairan. Berdasarkan hasil penelitian mikronuklei dari Kepiting Biola (*Uca spp.*) di ketiga lokasi yang berbeda didapatkan hasil gambaran mikronuklei yang dapat dilihat pada **gambar 19**.



Gambar 19. Gambaran mikronuklei pada hemosit Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang ditunjukkan dengan anak panah dengan perbesaran 400x.

Mikronuklei adalah kromatin sitoplasmatik yang berukuran kecil yang berasal dari pecahan kromosom yang tertinggal pada saat proses awal pembelahan sel anaphase (Schmidt, 1975). Sedangkan menurut Lusiyanti dan Wa'id (1999) bahwa mikronuklei adalah anak inti sel berbentuk bulat kecil yang berada disekitar sitoplasma sel limfosit dan mempunyai ukuran kurang lebih 1/5 bagian dari inti sel induknya (limfosit). Para peneliti menganggap bahwa terbentuknya mikronuklei ini berasal dari fragmen asentrik atau kromosom yang tertinggal pada

waktu sel melakukan pembelahan mitosis sebagai hasil kerusakan atau cacat pada perlengkapan benang kromosom, sehingga mikronuklei ini mulai terbentuk pada stadium telofase.

Menurut Walia *et al.*, (2003), kelainan lain yang menyebabkan kerusakan pada sel darah merah yang disebabkan oleh racun dan tindakan aneuregenic mengakibatkan pembentukan sel binucleated dan inti berlekuk. Menunjukkan bahwa pengaruh racun menyebabkan kondisi hipoksia yang menyebabkan depresi ATP yang berpengaruh ke bentuk abnormal dari eritrosit. Selain itu, kelarutan lipid mengganggu membran eritrosit mengakibatkan terbentuknya sel vacuolated dan swollen / membengkak. Adanya kromium dan logam berat menyebabkan perubahan dalam kepingan dan menyebabkan kerusakan sitotoksik yang mengakibatkan kematian kepingan. Persentase kelainan hemosit meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dan banyaknya limbah yang ada.

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, kejadian mikronuklei berfungsi sebagai indeks dari jenis kerusakan. Dari penyimpangan kromosom, uji mikronukleus telah banyak digunakan untuk menguji bahan kimia yang menyebabkan jenis kerusakan (Ali *et al.*, 2008).

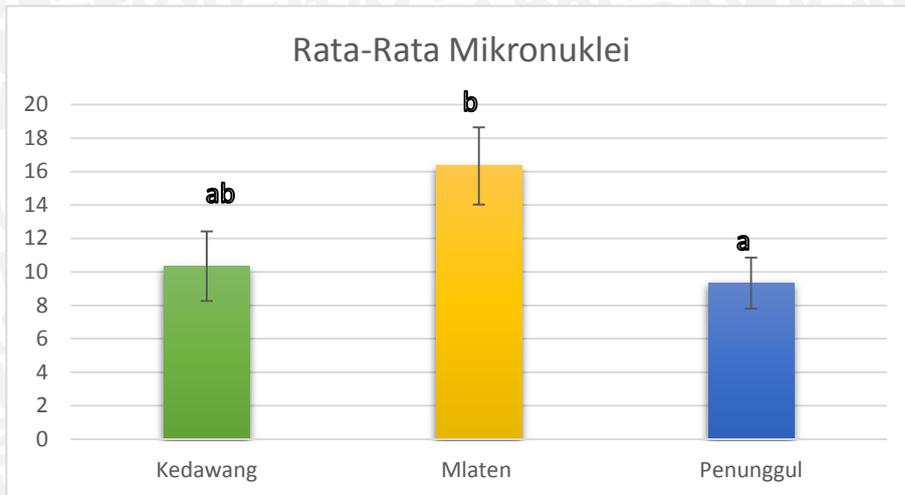
Menurut Fenech (2000), bahwa mikronuklei adalah pembelahan sel yang berupa pecahan sentromer/kromosom atau seluruh kromosom sehingga tidak dapat melakukan perjalanan ke kutub selama pembelahan mitosis. Hasil pengamatan mikronuklei pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil di tiga lokasi yang berbeda yaitu di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggal dapat dilihat pada **tabel 11**.

Tabel 11. Jumlah Mikronuklei pada Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Kepiting Biola (<i>Uca spp.</i>)	Lokasi Penelitian		
	Pantai Kedawang	Pantai Mlaten	Pantai Penunggul
1	$1,1 \times 10^{-2}$ sel	$1,5 \times 10^{-2}$ sel	9×10^{-2} sel
2	$1,2 \times 10^{-2}$ sel	$1,5 \times 10^{-2}$ sel	8×10^{-2} sel
3	8×10^{-2} sel	$1,9 \times 10^{-2}$ sel	$1,1 \times 10^{-2}$ sel
Rata-rata	$1,03 \times 10^{-2}$ sel	$1,63 \times 10^{-2}$ sel	$0,93 \times 10^{-2}$ sel
StDev	2,08	2,30	1,52

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah total Mikronuklei dari Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul didapatkan hasil total Mikronuklei yang berbeda. Nilai total Mikronuklei di pantai Kedawang sebesar $1,03 \times 10^{-2}$ sel, di pantai Mlaten total mikronukleinya sebesar $1,63 \times 10^{-2}$ sel dan total mikronuklei di pantai Penunggul sebesar $0,93 \times 10^{-2}$ sel. Sehingga didapatkan total mikronuklei tertinggi terdapat pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Mlaten dan total mikronuklei terendah pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) terdapat di pantai Penunggul. Terjadinya peningkatan jumlah mikronuklei pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di pantai Mlaten diduga disebabkan karena adanya pengaruh stress kimiawi yaitu buruknya kualitas air sehingga tidak mendukung untuk berkembangbiakan dan pertumbuhan kepiting, serta masuknya buangan limbah domestik ke perairan. Berdasarkan hasil uji tukey nilai rerata mikronuklei kepiting biola di 3 lokasi penelitian yang berbeda adalah berbeda nyata ($p < 0,05$).

Grafik total jumlah Mikronuklei pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul dapat dilihat pada **gambar 20**.



Gambar 20. Jumlah total mikronuklei pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) yang diambil dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul. Nepomuceno *et al.* (1997) telah menyebutkan bahwa konsentrasi polutan yang lebih tinggi dapat menghambat pembelahan sel normal, kromosom merusak 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.

Keberadaan sel yang mengalami mikronuklei tidak terlepas dari pengaruh bahan pencemar dalam penelitian ini logam berat, semakin banyak logam berat yang terakumulasi maka semakin banyak pula kelainan sel terbentuk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Menurut Ferraro *et al.*, (2004), dalam penelitiannya menyatakan bahwa pengaruh logam berat Pb terhadap sel darah merah ikan selain munculnya micronuclei ternyata logam berat Pb berpengaruh pada morfologi atau bentuk sel darah merah yang intinya akan membesar, selain itu juga menimbulkan pengaruh pada permukaan yang tidak rata

4.6 Parameter Kualitas Air

Menurut Kasry (1996), kepiting menempati habitat yang berbeda-beda berdasarkan stadia pertumbuhan dan penyebaran hidupnya. Untuk dapat mengetahui kekhususan habitat kepiting perlu diketahui pertumbuhan kepiting bakau dari parameter fisik kimia air dan substrat dimana organisme itu berada, antara lain salinitas, suhu (suhu air), derajat keasaman (pH), kandungan oksigen terlarut (DO), dan kandungan bahan organik. Faktor-faktor ekstrinsik antara lain adalah suhu, salinitas, dan oksigen terlarut (DO) dapat menyebabkan tingkat stress pada kepiting dan berpengaruh pada sistem imun kepiting (Le Moullac, et al., 1998). Parameter kualitas air yang diuji dalam penelitian ini yaitu parameter fisika dan parameter kimia yang berfungsi sebagai faktor penunjang. Parameter kualitas air sangat berperan penting dalam lingkungan perairan, karena sebagai media hidup (pertumbuhan, reproduksi dan berkembangbiak) bagi organisme yang hidup disekitar lingkungan tersebut. Karena kualitas air dapat menentukan kondisi kesehatan dari Kepiting tersebut serta kemampuan beradaptasi. Hasil pengamatan parameter kualitas air di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul dapat dilihat pada **tabel 12**.

Tabel 12. Data kualitas air dari pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul.

No.	Parameter	Lokasi	Hasil	Rata-rata	Standar Deviasi	Baku Mutu*
1	Suhu (°C)	Kedawang	29	31,67	2,517	28-32
			34			
			32			
		Mlaten	28	31,33	3,055	
			34			
			32			
		Penunggul	31	29,67	1,155	
			29			
			29			
2	pH	Kedawang	9	8,33	0,577	7-8,5
			8			
			8			
		Mlaten	8	8,33	0,577	
			8			
			9			
		Penunggul	8	8	0	
			8			
			8			
3	Salinitas (ppt)	Kedawang	25	25,33	0,577	s/d 34
			26			
			25			
		Mlaten	10	11,67	2,887	
			10			
			15			
		Penunggul	25	25	1	
			26			
			24			
4	DO (mg/l)	Kedawang	5,33	5,177	0,157	>5
			5			
			5,23			
		Mlaten	3,5	4,2	0,755	
			4,1			
			5			
		Penunggul	5	5	0,329	
			5,23			
			5,65			
5	TSS (mg/l)	Kedawang	77,8	57,1	17,95	80
			45,8			
			47,7			
		Mlaten	44,6	44,23	9,75	
			34,4			
			53,8			
		Penunggul	38,5	41,37	4,28	
			39,3			
			46,3			

Keterangan : *Standar Baku Mutu yang digunakan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut.

4.6.1 Suhu

Suhu merupakan faktor yang banyak mendapat perhatian dalam pengkajian kelautan. Data suhu dimanfaatkan untuk mempelajari gejala-gejala fisik di dalam laut serta kaitannya dengan kehidupan hewan atau tumbuhan (Nontji, 2005). Tiap organisme perairan mempunyai batas toleransi yang berbeda terhadap perubahan suhu perairan bagi kehidupan dan pertumbuhan organisme. Oleh karena itu suhu merupakan salah satu faktor fisika perairan yang sangat penting bagi kehidupan organisme atau biota perairan. Nybakken (1988) menjelaskan bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme.

Nilai rata-rata suhu di pantai Kedawang dan pantai Mlaten sedikit tinggi yaitu sebesar 31°C, hal ini disebabkan pada saat pengambilan sample di kedua pantai saat siang hari sehingga memungkinkan suhu naik. Sedangkan di pantai Penunggul nilai suhu sebesar 29°C, dan nilai tersebut masih sesuai untuk kehidupan Kepiting Biola (*Uca spp.*) karena masih dalam batas nilai baku mutu. Suhu di permukaan laut yang baik untuk pertumbuhan biota laut menurut Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004, berkisar antara 28 - 32°C. Berdasarkan baku mutu tersebut, untuk kawasan mangrove di Pantai Penunggul, Mlaten dan Kedawang masih berada di bawah baku mutu. Hal ini sesuai dengan pendapat Vernberg (1983) bahwa, kisaran suhu 20°C - 30°C sangat sesuai dengan kehidupan *Uca*. *Uca* mampu untuk hidup hingga suhu 40°C dengan fluktuasi 15°C di wilayah tropis. Berdasarkan hasil uji Tukey nilai suhu di pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul signifikan yaitu >0,05 sehingga tidak berbeda nyata.

Suhu berpengaruh langsung terhadap kelangsungan hidup kepiting terutama terhadap kelangsungan hidup, membatasi pertumbuhan, menunda molting dan mengontrol distribusi kepiting. Setiap kepiting masing-masing

memiliki batas lethal dalam kemampuan beradaptasi terhadap suhu. Jika suhu meningkat diatas batas lethal maka kepiting akan masuk ke dalam lubang (Jones, 1984 *dalam* Sari, 2004).

Menurut Ali (2006) *dalam* Makmur *et al.* (2013), bahwa suhu air terutama di lapisan permukaan ditentukan oleh pemanasan matahari yang intensitasnya berubah terhadap waktu, oleh karena itu suhu air laut akan seirama dengan perubahan intensitas penyinaran matahari

4.6.2 pH

Potensial of Hydrogen (pH) sangat penting sebagai parameter kualitas air karena ia mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan dalam air. Selain itu, ikan dan makhluk-makhluk lainnya hidup pada selang pH tertentu, sehingga dengan diketahuinya nilai pH, kita dapat mengetahui apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan mereka. Nilai pH suatu perairan memiliki ciri yang khusus, adanya keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan yang diukur adalah konsentrasi ion hydrogen. Dengan adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan pH, sementara adanya karbonat, hidroksida dan bikarbonat dapat menaikkan kebasaaan air.

Kehidupan organisme aquatik sangat dipengaruhi oleh fluktuasi nilai pH. Pada umumnya organisme aquatik toleran pada kisaran nilai pH yang netral (Odum, 1998). Barus (2001) menyatakan pH yang ideal bagi organisme akuatik pada umumnya terdapat antara 7-8,5. Nilai pH di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul mempunyai nilai pH rata-rata yang sama yaitu 8, hal ini menunjukkan bahwa perairan di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul cenderung bersifat basa. Dan nilai tersebut sesuai dengan kisaran standar baku mutu air laut untuk biota laut No. 51 Tahun 2004 dengan nilai kisaran pH sebesar 7-8,5.

Hal ini juga didukung dengan pendapat Rosmaniar (2008) yang menyatakan bahwa pH yang ideal bagi organisme aquatic umumnya terdapat pada kisaran pH 7-8,5. Sedangkan menurut Kasry (1996), pH yang baik bagi kepiting adalah sekitar 7,0-8,0. Kondisi perairan yang sangat asam maupun sangat basa membahayakan kelangsungan hidup organisme karena menyebabkan gangguan metabolisme dan respirasi. Sehingga nilai pH di pantai Kedawang, pantai Mlaten dan pantai Penunggul masih cukup baik untuk kehidupan organisme dan tidak melebihi batas baku mutu air. Berdasarkan hasil uji Tukey nilai pH di pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul signifikan yaitu $>0,05$ sehingga tidak berbeda nyata.

Menurut Effendi (2003), menjelaskan bahwa pada umumnya pH air laut nilainya relatif stabil, namun perubahan nilainya sangat berpengaruh terhadap proses kimia maupun biologis dari jasad hidup yang berada dalam perairan tersebut.

4.6.3 Salinitas

Salinitas merupakan gambaran jumlah garam dalam suatu perairan (Dahuri, *et al.*, 1996). Sebaran salinitas di air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Nontji, 1987). Salinitas acapkali disebut kadar garam atau kegaraman yang maksudnya ialah jumlah berat semua garam yang terlarut dalam 1 liter air, biasanya dinyatakan dengan satuan ‰ (permil, garam per mil) (Nontji, 2005). Salinitas berpengaruh terhadap setiap fase kehidupan kepiting bakau, terutama pada saat *moulting* (Hill, 1976). Nilai salinitas rata-rata di pantai Kedawang dan pantai Penunggul sebesar 25 ppt, sedangkan di pantai Mlaten sebesar 11 ppt. Salinitas perairan di pantai Mlaten lebih rendah dibandingkan dengan salinitas perairan di pantai Kedawang dan pantai Penunggul. Hal ini disebabkan kawasan

mangrove Pantai Mlaten merupakan daerah muara, dimana pada daerah tersebut terjadi pertemuan antara air tawar (sungai) dan air laut (laut lepas) yang mempengaruhi kondisi salinitas di daerah tersebut dan pengambilan sample dilakukan saat air pasang sehingga pasokan air tawar dari bagian hulu lebih besar daripada pasokan air lautnya. Kondisi ini sesuai dengan yang dikemukakan Nybakken (1988) bahwa kondisi perairan daerah estuary dipengaruhi oleh pengaruh daratan dan lautan. Dimana nilai salinitas tinggi terjadi saat pengaruh dari lautan lebih dominan dibandingkan pengaruh dari daratan, yaitu ketika terjadi pasang. Sedangkan nilai salinitas rendah disebabkan oleh pengaruh daratan, yaitu ketika air tawar masuk ke perairan melalui aliran sungai. Hal inilah yang menyebabkan kawasan mangrove Pantai Mlaten memiliki kisaran salinitas yang luas, sedangkan pada kawasan mangrove Pantai Kedawang dan Pantai Penunggul cenderung menunjukkan nilai kisaran yang tinggi karena merupakan daerah pantai yang terdapat muara sungai tetapi aliran sungai di daerah tersebut kering sehingga aliran atau pasokan air laut lebih besar daripada pasokan air tawar. Menurut Jones (1984) bahwa, salinitas air tawar mangrove sebesar 0‰ - 50‰ dan kepiting mangrove dapat mentolerir kisaran salinitas 3,5 – 47,6 ppt. Berdasarkan hasil uji Tukey nilai salinitas di pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul tidak signifikan yaitu $<0,05$ sehingga berbeda nyata.

Kadar salinitas berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut di daerah mangrove masih berada di antara baku mutu menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 dengan batas nilai maksimum 34 ppt. Sehingga dengan kadar salinitas tersebut kepiting masih bisa bertahan dan layak untuk kelangsungan hidup kepiting biola (*Uca spp.*) yang mana hal ini sesuai dengan pendapat Taqwa (2010) dalam Suprayogi *et al.* (2014) bahwa kisaran salinitas yang masih mampu mendukung kehidupan organisme makrobenthos

adalah 15-35 ppt. Sedangkan menurut Pratiwi (2009), salinitas merupakan faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi keberadaan mangrove dan kehidupan krustasea. Hal ini disebabkan air sungai tidak berpengaruh langsung.

4.6.4 DO

Oksigen terlarut merupakan faktor pembatas bagi kehidupan organisme karena dapat menimbulkan efek langsung yang berakibat pada kematian organisme dan efek tidak langsung yaitu berupa meningkatkan toksisitas bahan pencemar yang pada akhirnya dapat membahayakan organisme itu sendiri. Sebagaimana pernyataan bahwa kandungan DO sangat berhubungan dengan tingkat pencemaran, jenis limbah dan banyaknya bahan organik di suatu perairan. Selain itu, kemampuan untuk membersihkan pencemaran secara alamiah tergantung pada kadar DO dan banyaknya organisme pengurai. Dissolved Oxygen (DO) merupakan banyaknya oksigen terlarut ke dalam suatu perairan. Oksigen terlarut ini merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali, dibutuhkan untuk respirasi bagi sebagian besar organisme air. Oleh sebab itu kelarutan oksigen dalam air sangat dipengaruhi oleh suhu 0°C , yaitu sebesar 14,6 mg/l (Barus, 2001). Nilai DO rata-rata di pantai Kedawang sebesar 5,1 mg/L, dan di pantai Mlaten DO rata-rata sebesar 4,2 mg/L serta nilai DO rata-rata di pantai Penunggul sebesar 5 mg/L. Berdasarkan hasil uji Tukey nilai DO di pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul signifikan yaitu $>0,05$ sehingga tidak berbeda nyata.

Hasil pengukuran DO terendah terdapat di Pantai Mlaten yaitu sebesar 4,2 mg/l. Hal ini dikarenakan pada kawasan mangrove Pantai Mlaten kerapatan mangrovenya lebih tinggi sehingga mempengaruhi bahan organik. Proses dekomposisi bahan organik yang cukup besar pada habitat mangrove sehingga dibutuhkan oksigen terlarut yang cukup besar. Menurut Connel dan Miller (1995)

dalam Mulya (2000), menyatakan bahwa secara ekologis konsentrasi oksigen terlarut juga menurun dengan adanya penambahan bahan organik, karena bahan organik tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang mengkonsumsi oksigen yang tersedia. Berdasarkan hasil analisa oksigen terlarut di perairan ekosistem mangrove masih dalam kisaran normal dan baik untuk kehidupan kepiting. Menurut Efendi (2008), menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut di perairan biasanya kurang dari 10 mg/l. Hal ini diperkuat dengan nilai standar baku mutu air laut untuk biota laut No. 51 Tahun 2004 bahwa nilai kisaran DO sebesar >5 ppt.

4.6.5 TSS

Zat padat tersuspensi (*Total Suspended Solid*) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi ataupun komponen mati (abiotic) seperti detritus dan partikel anorganik. Kristanto (2002) menyatakan bahwa 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. Misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan sebagainya.

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. Hasil pengukuran nilai TSS rata-rata di pantai Kedawang yaitu sebesar 57,1 mg/L, sedangkan nilai TSS rata-rata di pantai Mlaten sebesar 44,23 mg/L dan nilai TSS rata-rata di pantai Penunggul sebesar 41,37 mg/L. Dimana NAB (Nilai Ambang Batas) TSS yang ditetapkan oleh Kementerian KLH untuk

perikanan dan taman laut konservasi yaitu <80 ppm. Sehingga untuk nilai TSS di pantai Kedawang pantai Mlaten dan pantai Penunggul masih baik untuk kehidupan organisme di dalamnya. Berdasarkan hasil uji Tukey nilai TSS di pantai Kedawang, Mlaten dan Penunggul signifikan yaitu $>0,05$ sehingga tidak berbeda nyata.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai rata-rata jumlah total sel hemosit pada Kepiting Biola (*Uca spp.*) di tiga lokasi penelitian yaitu, pantai Kedawang sebesar $11,25 \times 10^5$ sel/ml, di pantai Mlaten sebesar $3,8 \times 10^5$ sel/ml dan pantai Penunggul sebesar $16,15 \times 10^5$ sel/ml. Untuk nilai rata-rata jumlah sel granulosit kepiting biola di pantai Kedawang sebesar 56,5%, pantai Mlaten sebesar 48,3% dan pantai Penunggul sebesar 60,3%. Untuk nilai rata-rata jumlah sel semigranulosit kepiting biola di pantai Kedawang sebesar 33,6%, pantai Mlaten sebesar 32,7% dan pantai Penunggul sebesar 35,3%. Untuk nilai rata-rata jumlah sel hyalin kepiting biola di pantai Kedawang sebesar 9,7%, pantai Mlaten sebesar 18,8% dan pantai Penunggul sebesar 4,3%. Untuk nilai rata-rata kerusakan mikronuklei pada kepiting biola di pantai kedawang sebesar $1,03 \times 10^{-2}$ sel, di pantai Mlaten sebesar $1,63 \times 10^{-2}$ sel dan di pantai Penunggul sebesar $0,93 \times 10^{-2}$ sel.

5.2 Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik THC dan DHC yang berhubungan dengan sistem imun Kepiting Biola (*Uca spp.*) dan crustacea yang lain dan juga peneltian ini dapat dijadikan sebagai pertimbangan stakeholder terkait dalam hal pengelolaan lingkungan serta diharapkan pemerintah dan masyarakat lebih memperhatikan dalam hal pembuangan limbah dan sampah agar tidak di buang langsung ke Pesisir khususnya wilayah mangrove.

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.
- Andrade, A.J. 2011. Shrimp Immunological Reactions Against WSSV: Role of Haemocytes on WSSV Fate. [Thesis]. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University.
- Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cr pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna Viridis L.*) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. SKRIPSI. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Insitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Baedowi, Mahluki. 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, J. Martin. 2005. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmiumm (Cd) Dalam Air, Sedimen Dan Organ Tubuh Ikan Sokang (Triacanthus Nieuhofii) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. Skripsi.* Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Barus, T.A. 2001. *Pengantar Limnologi, Studi tentang Ekosistem Sungai dan Danau*, Departemen Biologi FMIPA USU. Medan.
- Bloom, 1998. CHEMICAL AND PHYSICAL WATER QUALITY ANALISIS. Nuffic. Unibraw/Luw/Fish. Malang.
- Brownea, D. R., Husnib, A., Riska, M. J. 2000. Airbone lead and particulate levels in Semarang, Indonesia and potential health impacts. *Science of The Total Environment*, **227** : 145-154.
- Buechett, M.D. dan Mac Farlane. G. R., 2002. Toxicity, growth and accumulation relationship of copper, lead and zinc in the gey mangrove *Avicennia marina* (Forsk). University of Newcastle, Callaghan, Newcastle, NSW 2308, Australia. School of Biological and Chemical Sciences, **2** : 141-1136.
- Campbell N.A., Jane B. R. Dan Lawrence G. M., 2003. BIOLOGI JILID 2. Erlangga : Jakarta.

- Chang, C.C., P. Lee., J. P. Hsu. S. P. Yeh., W. Cheng. 2006. Survival and biochemical, physiological, and histopathological responses of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergi*, to short-term trichlofon exposure. *Aquaculture* 253. 653-666.
- Cheng, W., dan J.C. Chen. 2001. Effect of Intrinsic and Extrinsic Factors on the Haemocyte Profile of the Prawn. *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish Shellfish Immunol.* 11:53-63.
- Chunxiang, A., Xiaojuan, WANG., LI Shaojing, WANG Guizhong, LIN Qiongwu. 2008. Effects of Heavy Metal and Pollutants on the Non-special Immunity of the Shrimp and Crab. *Marine Science Bulletin.* Vol.10 No.1.
- Countryman, P. I., Heddle, J. A. 1979. The production of Micronuclei from Chromosome Aberration in Irradiated Culture of Human Lymphocytes, *Mutation Reseach.* 41 : 321 – 331.
- Dahuri, R dan Arumsyah, S. 1998. Ekosistem Pesisir. Makalah Pada Marine And Management Training. PSL UNDANA Kupang. NTT.
- Darmono. 2006. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Das, B.K and S.N Sethi. 2009. Immune Functions in Crustaceans. Application of Molecular and Serological Tools in Fish Disease Diagnosis (CIFA). Orisaa, India.
- Danwattananusorn T. 2009. Studies on peptidoglycan induced immune-related genes of Kuruma Shrimp *Marsupenaeus japonicus*. PhD Thesis. Graduate School of Marine Science and Technology Tokyo University of Marine Science and Technology Doctoral Course of Applied Marine Biosciences. 7-18.
- 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.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Effendy, S., R. Alexander and T. Akbar, 2004. Improvement of Haemocyte black tiger shrimp (*Penaeus monodon Fabricus*) juvenile after dipping in several concentration of *Saccharomyces cerevisiae*. *National Journal Sains and Technologi*, 2: 46-53.
- 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.

- Emiyarti. 2004. Karakteristik Fisika Kimia Substrat dan Hubungannya dengan Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Teluk Kendari. Tesis. IPB : Bogor.
- Esteves, F. A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Rio De Janeiro : Interciencia/FINEP. 575.
- Fardiaz, S. 1992. POLUSI AIR DAN UDARA. Kanisius : Yogyakarta.
- Fenech, M. 2000. *The in Vitro Micronucleus Techhnique*. CSIRO Health Sciences and Nutrition, Po Box 10041, Adelaide BC 5000, South Australia, Australia.
- Ferraro, M., A. S. Fenochio., M. S. Mantovani., O. Robeiro and Cestari M. 2004. *Mutagenic Effect of Tributyltin and Inorganic Lead (PbII) on The Fish H. Malabaricus as Evaluatid Using The Comet Assay and The Piscine Micronucleus and Chromosome Aberation Test*. Genetics and Molecular Biology. **27** (1) : 103 – 107.
- 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*. Biomarkers **2** : 311 – 319.
- Herawati N., Purwanto, dan Hadiyanto A. 2007. Analisis risiko lingkungan aliran Lumpur Lapindo ke badan air (studi kasus Sungai Porong dan Sungai Aloo Kabupaten Sidoarjo). Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hill, B.J. 1976. *Natural Food Foreign Clearance Rose and Activity of the Mud Crab, Scylla serrata*: Mar Biol. 43: 109-116.
- Hutagalung, HP.1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P30-LIPI. Jakarta.
- Hose, J. E., Martin, G. G., dan Gerard, A. S. 1990. A Decapod Hemocyte Classification Scheme Integrating Morphology, Cytichemistry, and Function. *Biological bulletin*. 178: 33-45.
- Johanson M. W., K. Soderhall. 1989. *Cellular immunity in crustaceans and the proPO system*. Parasitol Today **5** : 171 – 176.
- Johansson MW., Keyser P, Sritunyalucksana K., Soderhall K. 2000. Crustacean hemocytes and haemotopoiesis. *Aquaculture* 191: 45-52
- Jones, D.A., 1984. Crabs of The Mangal Ecosystem In Hydrobiology of The Mangal The Ecosystem of Mangrove Forest. Dr. W. Junk Publishers. The Hague. 89-109.
- Jussila, J., J. Jago., E. Tsvetneko., B. Dunstan., dan L.H. Evans. 1997. Total and Differential Haemocyte Count in Western Rock Lobster (*Panulirus cygnus* George) under Post-harvest Stress. *Marine and Freshwater Res.* 48(8):863-867.

- Kasry, A. 1996. *Budidaya Kepiting Bakau dan Biologi Ringkas*. Penerbit Bharata. Jakarta
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut
- Klobucar, G. I. V., Mirjana, P., Radovan, E., Drazena, P. 2003. Application of the micronucleus and comet assays to mussel *Dreissena polymorpha* haemocytes for genotoxicity monitoring of freshwater environment. *Aquatic Toxicology*, **64** : 15-23.
- Kobayashi. K., H. Akitake dan S. Kimura. 1976. *Studies on the metabolism of chlorophenols in fish. VI – Turnover of absorbed phenol in gold fish*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. **42** : 45 – 50.
- Lestyningrum, 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.
- Le Moullac, G., M. Le Groumellec., D. Ansequer., S. Froissard., P. Levy, dan Aquacop. 1997. Haematological and Phenoloxydase Activity Chages in The Shrimp *Penaeus stylirostris* in Relation with The Mouth Cycle: Protection Agains Vibriosis. *Fish Shellfish Immunol.* **7**: 227-234.
- Le Moullac G., Soyes C., Saulnier D., Ansquer D., Avarre J.C., dan Levy P. 1998. Effect of hipoxia stress on the immune response and the resistance to vibriosis of the shrimp *Penaeus stylirostris*. *Fish Shellfish Immunol* **8** : 621-629.
- Le Moullac dan P Haffner. 2000. Envorimental factor affecting immune response in crustacean. *Aquaculture* 191:121-131.
- Lind, O.T. 1997. HANDBOOK OF COMMON METHODS IN LIMNOLOGY SECOND EDITION. The C.V Mosby Company. London
- Lindsey, H. D., James, M. M., Hector, M. G. 2005. An Assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin*, **50** : 547-552.
- Lorenzon, S., M. Francese, V. J. Smith dan E. A. Ferrero. 2001. *Heavy metals affect the circulating haemocyte number in the shrimp Palaemon elegans*. *Fish and Shelfish 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.
- Lusiyanti, Y., dan Z. Alatas. 2011. *Uji Mikronuklei Dengan Pengeblokkan Sitokenesis Pada Limfosit Dan Aplikasinya Sebagai Biodosimetri Radiasi*. Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan VII. 6-7.
- MacFarlane, G.R., M.D. Burchett. 2000. Celluler Distribution of Copper, Lead and Zinc in the Gey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Aquatic Botany* **68** : 45-59.

- Makmur, R., Emiyarti, dan La Ode Alirman Afu. 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 Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia : Jorjakarta.
- Marvan, P. 1979. *Algal assay : An introduction into the problem in algal assays and monitoring eutrophication*. Stuttgart : Marvan, Pribil & Lhotsky.
- Megawati, Sherly. 2014. Kandungan Logam Berat Pd Pada Akar dan Daun Mangrove (*Rhizopora mucronata*. Lam) Di Kawasan Mangrove Desa Mlaten, Kab. Pasuruan Jawa Timur. Skripsi. FPIK Universitas Brawijaya Malang.
- Miserendino, M. L., & Pizzolon, L. A. 2001. Rapid Assessment of river water quality using macroinvertebrates : A family level biotic index for the Patagonic Andean zone. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **11** : 137-148.
- Moonserrat, J. M., Martinez, P. E., Geracitano, L. A., Amado, L. L., Martins, C. M. G., Pinho, G. L. L., Chaves, I. S., Ferreira-Cravo, M., Ventura-Lima, J., & Bianchini, A. 2007. Pollution biomarkers in estuarine animals : Critical review and new perspectives. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **146** : 221-234.
- Mulyanto. 2008. Metode Sampling. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Murniati, D. Citra. 2008. *Uca lacteal* (DE HAAN, 1835) (Decapoda; Crustacea) : Kepiting Biola Dari Mangrove. *Fauna Indonesia* **8** (1) : 14-17.
- Murniati, D.C. 2010. Keanekaragaman *Uca spp.* Dari segara-anakan, Cilacap, Jawa tengah Sebagai Pemakan Deposit. *Fauna Indonesia*, **9** (1) : 19-23.
- Nazir, M. 1988. METODE 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
- Nolan, Z. A., Shaikh. 2002. Lead nephrotoxicity and associated disorders, *Biochemical Mechanis Toxicology*, **73** : 127-146.
- Nontji, A. 1986. LAUT NUSANTARA. Djambatan : Jakarta. 105 hlm.
- Nontji, A. 2005. LAUT NUSANTARA. Djambatan : Jakarta.

- Nordhaus, L., Wolff, M., & Diele, K. 2006. Litter processing and population food intake of the mangrove crab *Ucides cordatus* in a high intertidal forest in northern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **67** : 239-250.
- Notoadmodjo, S. 2005. PENGELOLAAN SUMBERDAYA AIR TERPADU. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Nybakken, J.W. 1998. Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia. Jakarta.
- Odum, E.P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Keempat. Alih Bahasa Oleh Tjahjono FMIPA-IPB Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ozkan, F., S. Gunduz., M. Berkoz and A. O. Hunt. 2011. *Induction of Micronuclei and Other Nuclear Abnormalities in Peripheral Erythrocytes of Nile tilapia, Oreocromis niloticus, Following Exposure to Sublethal Cadmium Doss*. *Turk J Zool.* **35** (4) : 585 – 592.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka cipta, Jakarta.
- Palar, Heryando. 2004. Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta.
- Payung, F. Lolo, Ruslan, Agus B. Birawida. 2013. Studi Kandungan Dan Distribusi Spasial Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Kerang (Anadara Sp.) Di Wilayah Pesisir Kota Makassar.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Perum Jasa Tirta I. 2003. *Instruksi Kerja Total Suspendid Solid (TSS) dengan Metode Gravimetri*.
- Pinheiro, M. A. A., Fiscarelli, A. G., & Hattori, G. Y. 2005. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). *Journal of Crustacean Biology*, **25** (2) : 293-301.
- Pinheiro, M.A.A., Silva, P. P. G., Duarte, L. F. A., Almeida, A. A., & Zanotto, F. P. 2012. Bioaccumulation of a range of metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea : Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiospenma : Rhizophoraceae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **81** : 114-121.
- Purnomo, Tarzan dan Muchyiddin. 2007. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forsk.*) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus*. **14** (1) : 68-77.
- Razak, H. 1986. Kandungan Logam Berat di PerairanUjung Watu dan Jepara. *Oseanologi di Indonesia*,21: 1 – 20.
- Ridhowati, Sherly. 2013. MENGENAL PENCEMARAN RAGAM LOGAM. Graha Ilmu : Yogyakarta.

- Rodriguez, J dan G. L. Moullac. 2000. *State of the art of immunological tools and health control of penaeid shrimp*. *Aquacult.* **191** : 109 – 119.
- Rosenberg, M. S. 2000. The Comparative Claw Morphology, Phylogeny, and Behavior of Fiddler Crabs (Genus *Uca*). Ph.D, Thesis. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, Stony Brook. New York.
- Rosenberg, M. S., 2001. The Systematic and Taxonomy of Fiddler Crabs : A Phylogeny of the Genus *Uca*. *Crustacean Biology*, **21** (3) : 839-869.
- Saha, S. and S. Ray. 2006. *Hemocyte profile of the estuarine mud crab, Scylla serrate*. *Environ. Ecol.* **24S** (3A) : 818 – 819.
- Saha, S., M. Ray dan S. Ray. 2008. Kinetics of nonself surface adhesion and phagocytic response of hemocyte of *Scylla serrata* exposed to sodium arsenite. *Toxicol. Int.* **15** (1): 15-19.
- Saha, S., M. Ray dan S. Ray. 2010. *Screening of Phagocytosis and Intrahemocytotoxicity in Arsenic Exposed Crab as Innate Immune Response*. *Asian J. Exp. Biol. Sci.* **1** : 47 – 54.
- 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.
- Sari, A.H. Waskita, Yenny R., Agung P.W.M. 2014. Efek Konsentrasi Sublethal Fenol Terhadap *Total Haemocyte Count* (THC) dan Histologi Insang Kepiting Bakau (*Scylla serata*). *J.EXP. Life Sci.* **2** (2) : 82-88.
- Sasmaya. 2011. Metodologi Penelitian. Universitas Pendidikan Indonesia. Jakarta.
- Schmid, W. (1975). The Micronucleus Test. *Mutat. Res.* **31**: 9-15.
- Shindu, S. F. 2005. Kandungan Logam Berat Cu, Zn Dan Pb Dalam Air Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) Dan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) Dalam Karamba Jarring Apung Waduk Saguling. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. **Skripsi**. Universitas Pertanian Bogor : Bogor.
- 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.
- Soderhall, K., A. Wingren., M. W. Johansson., K. Bertheussen. 1985. *The cytotoxic reaction of hemocytes from the freshwater crayfish Astacus astacus*. *Cell Immunol.* **94**. 326 – 332.
- Soderhall, K and L. Cerenius. 1992. Crustacean Immunity. *Annual Review of Fish Disease*, **2**:2-23.
- Supamattaya, K., V. Chittiwan dan M. Boonyaratpalin. 2000. Immunological Factors in Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*, Fabricus. <http://aquafeed.com/docs/ns/Supamattayaetal.pdf>. Diakses 27 Juli 2014.

- Supraygogi, D., Jodion Suburian, dan Afreni Hamidah. 2014. Keanekaragaman Kepiting Biola (*Uca spp.*) di Desa Tungkal I Tanjung Jabung Barat. *Biospecies*, **7** (1) : 22-28.
- Suryabrata. 1994. METODOLOGI PENELITIAN. Rajawali Press. Jakarta.
- Suryono, Chrisna Adhi. 2006. Ekologi Perairan Delta Wulan Demak Jawa Tengah : Distribusi Kepiting (Infra Ordo Brachyura dan Anomura) di Kawasan Mangrove. *Ilmu Kelautan*, **11** (4) : 210-215
- Takashi, K. G dan K. Mori. 2000. *Functional profiles of hemocytes in the bio-defense process of the pacific oyster, Crassostrea gigas*. Tohoku J. Agricul. Res., **51** (1-2) : 15 – 27.
- Taylor, S., 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.
- Thornqvist, P. O., M. W. Johansson., K. Seoderhall., 1994. *Opsonic Activity Of Cell Adhesion Protein And B-1, 3-Glucan Binding Protein From Two Crustaceans*. Dev. Comp. Immunol. **18** : 3 -12.
- Van de Braak, K. 2002. Haemocytic Defence in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). Tesis. Wageningen University. Netherland: p.168.
- Vasquez, L.A., M. Narayanan, dan D. Nelson. 1997. Gill Pathology and Hemocyte Response in Mercury Exposed *Macrobrachium idea* (Heller). J Environ Biol 11:61-65.
- 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.
- Wulandari, Tia. 2013. Morfologi Dan Morfometri Kepiting Biola (*Uca spp.*) Di Desa Tungkal I Tanjung Jabung Barat. Artikel Ilmiah. Universitas Jambi.
- Wulandari, T., Afreni Hamidah, dan Jodion Siburian. 2013. Morfologi Kepiting Biola (*Uca spp.*) Di Desa Tungkal I Tanjung Jabung Barat Jambi. *Biospecies*, **6** (1) : 6-14.
- Wootton, E. C., E. A. Dyrinda., R.K Pipe dan N. A Ratcliffe. 2003a. *Bivalve Immunity : Comparisons Between The Marine Mussel (Mytilus Edulis), The Edible Cokle (Cerastoderma Edule), And The Razor Shell (Ensis Siliqua)*. Fish & Shellfish immunology. **15** : 222 – 228.
- Yeh, S-T., C-S., Lee, dan J-C., Chen. 2006. Administration of Hot Water Extract of Brown Seaweed *Sargassum duplicatum* via Immersion and Injection Enhances The Immune Resistance of White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Fish and Shellfish Immunology 20:332-342. www.elsevier.com/locate/aqua-online . diakses pada 15 November 2014.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian (Zoom Out)



Lampiran 2. Peta Lokasi Penelitian (Zoom In)



Lampiran 3. Alat dan Bahan yang digunakan dalam Penelitian

Parameter Kualitas Air		
No.	Parameter	Alat dan Bahan
1.	Suhu	• Thermometer Hg
2.	Salinitas	• Refraktometer
3.	pH	• Kotak Standart pH • pH paper
4.	DO	• Buret • Statif • Corong • Pipet Tetes • Nampan • Botol DO • Larutan $MnSO_4$ • Larutan NaOH + KI • Amylum • Larutan Na-thiosulfat
5.	TSS	• Oven • Desikator • T. Neraca Analitik • Cawan Gooch • Pipet • Botol Bekas Air Mineral 600 ml • Kertas Filter
6.	Analisi Kadar Pb pada Air dan Sedimen	• Hot Plate • Tanur • Labu Takar 1000 ml • Pipet tetes • HNO_3 • Aquades • Kertas Saring • Logam Pb 1 g
7.	Pengambilan Hemolymph	• Jarum suntik 26 G ukuran 1 ml • Lap • Nampan • Eppendorf • Na Sitrat 10% • Tripian Blue Stain Solution
8.	Pengamatan Hemosit Dan Mikronuklei	• Glass slide • Mikroskop • Haemocytometer • Mikroskop Olympus BH2 • Hand Tally Counter • Sarung tangan • Spuilit • Cover Haemocytometer • Slide

	<ul style="list-style-type: none">• Hemolymph• Methanol 100%• Giemsa 10%• Aquades• Kertas Label• Tissue
--	--



Lampiran 4. Ukuran Panjang dan Lebar Kepiting Biola (*Uca spp.*)

Lokasi Pengambilan Sample		Panjang (cm)	Lebar (cm)
A (Kedawang)	1.	2.2	3.6
	2.	2.3	3.6
	3.	2.3	3.8
	4.	2.1	3.3
	5.	2.1	3.2
	6.	2.1	3.6
	7.	2	3.2
	8.	2.4	3.8
	9.	2	3.4
	10.	2.2	3.4

Lokasi Pengambilan Sample		Panjang (cm)	Lebar (cm)
B (Mlaten)	1.	1.3	2.1
	2.	1.4	2.1
	3.	1.4	2.1
	4.	1.4	2
	5.	1.3	2
	6.	1.2	1.7
	7.	1.4	2
	8.	1.4	2
	9.	1.5	2.2
	10.	1.3	1.9

Lokasi Pengambilan Sample		Panjang (cm)	Lebar (cm)
C (Penunggul)	1.	1.9	3
	2.	2.2	3.7
	3.	2	3.2
	4.	1.3	1.9
	5.	1.3	2.2
	6.	1.6	2.7
	7.	1.2	2
	8.	1.3	2
	9.	1.2	1.8
	10.	1.5	2.5

Lampiran 5. 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 ^{2(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 ^a	‰	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 ^f
3.	Plankton	sel/100 ml	tidak bloom ^g
RADIO NUKLIDA			
1.	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4

Catatan:

- Nihil adalah tidak terdeteksi dengan batas deteksi alat yang digunakan (sesuai dengan metode yang digunakan)
- Metode analisa mengacu pada metode analisa untuk air laut yang telah ada, baik internasional maupun nasional.
- Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
- Pengamatan oleh manusia (*visual*).
- Pengamatan oleh manusia (*visual*). Lapisan minyak yang diacu adalah lapisan tipis (*thin layer*) dengan ketebalan 0,01mm
- 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.
- TBT adalah zat *antifouling* yang biasanya terdapat pada cat kapal
 - Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman *euphotic*
 - Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman
 - Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2oC dari suhu alami
 - Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0,2 satuan pH
 - Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman
 - Berbagai jenis pestisida seperti: DDT, Endrin, Endosulfan dan Heptachlor
 - Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman]

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,
ttd

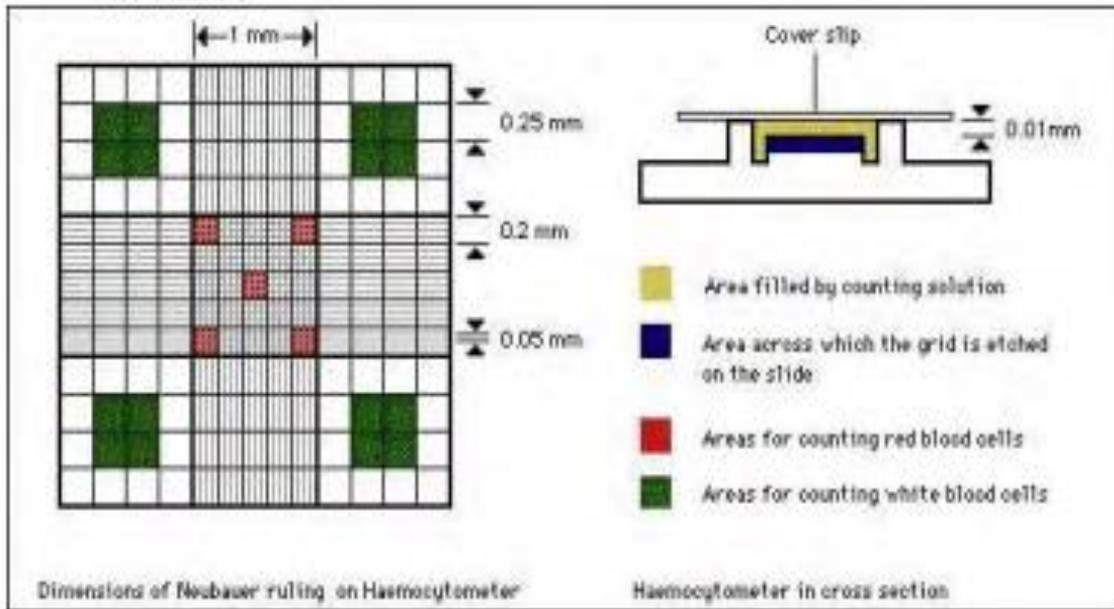
Nabiel Makarim, MPA., MSM.

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

ttd

Hoetomo, MPA.

Lampiran 6. Kamar Hitung Haemocytometer (Vonti, 2009)



Lampiran 7. Data Jumlah *Total Hemocyte Count* (THC) pada keping biola di tiga lokasi penelitian.

No.	Sampel Keping	Jumlah THC (sel/ml)	Lokasi
1.	Ulangan ₁	10,5 x 10 ⁵	Kedawang ₁
2.	Ulangan ₂	11,7 x 10 ⁵	Kedawang ₂
3.	Ulangan ₃	11,55 x 10 ⁵	Kedawang ₃
4.	Ulangan ₁	3,3 x 10 ⁵	Mlaten ₁
5.	Ulangan ₂	4,35 x 10 ⁵	Mlaten ₂
6.	Ulangan ₃	3,75 x 10 ⁵	Mlaten ₃
7.	Ulangan ₁	16,05 x 10 ⁵	Penunggul ₁
8.	Ulangan ₂	16,65 x 10 ⁵	Penunggul ₂
9.	Ulangan ₃	15,75 x 10 ⁵	Penunggul ₃

Lampiran 8. Data Jumlah *Differential Haemocyte Count* (DHC) sel haemocyte pada keping biola di tiga lokasi penelitian.

No.	Sampel Keping	Jenis sel	Jumlah Sel (%)	Lokasi
1.	Ulangan ₁	Granulosit	60,0	Kedawang ₁
2.	Ulangan ₂	Granulosit	57,5	Kedawang ₂
3.	Ulangan ₃	Granulosit	52,0	Kedawang ₃
4.	Ulangan ₁	Granulosit	45,5	Mlaten ₁
5.	Ulangan ₂	Granulosit	51,7	Mlaten ₂
6.	Ulangan ₃	Granulosit	48,0	Mlaten ₃
7.	Ulangan ₁	Granulosit	59,8	Penunggul ₁
8.	Ulangan ₂	Granulosit	62,1	Penunggul ₂
9.	Ulangan ₃	Granulosit	59,0	Penunggul ₃
10.	Ulangan ₁	Semigranulosit	31,4	Kedawang ₁
11.	Ulangan ₂	Semigranulosit	33,3	Kedawang ₂
12.	Ulangan ₃	Semigranulosit	36,3	Kedawang ₃
13.	Ulangan ₁	Semigranulosit	31,8	Mlaten ₁
14.	Ulangan ₂	Semigranulosit	34,4	Mlaten ₂
15.	Ulangan ₃	Semigranulosit	32,0	Mlaten ₃
16.	Ulangan ₁	Semigranulosit	32,7	Penunggul ₁
17.	Ulangan ₂	Semigranulosit	34,2	Penunggul ₂
18.	Ulangan ₃	Semigranulosit	39,0	Penunggul ₃
19.	Ulangan ₁	Hyalinosit	8,5	Kedawang ₁
20.	Ulangan ₂	Hyalinosit	9,0	Kedawang ₂
21.	Ulangan ₃	Hyalinosit	11,6	Kedawang ₃
22.	Ulangan ₁	Hyalinosit	22,7	Mlaten ₁
23.	Ulangan ₂	Hyalinosit	13,7	Mlaten ₂
24.	Ulangan ₃	Hyalinosit	20,0	Mlaten ₃

25.	Ulangan₁	Hyalinosit	7,4	Penunggul ₁
26.	Ulangan₂	Hyalinosit	3,6	Penunggul ₂
27.	Ulangan₃	Hyalinosit	2,0	Penunggul ₃

Lampiran 9. Data Jumlah Kerusakan Inti Sel Mikronuklei pada keping biola di tiga lokasi penelitian.

No.	Sampel Keping	Total Kerusakan MN (sel)	Lokasi
1.	Ulangan₁	$1,1 \times 10^{-2}$	Kedawang ₁
2.	Ulangan₂	$1,2 \times 10^{-2}$	Kedawang ₂
3.	Ulangan₃	8×10^{-2}	Kedawang ₃
4.	Ulangan₁	$1,5 \times 10^{-2}$	Mlaten ₁
5.	Ulangan₂	$1,5 \times 10^{-2}$	Mlaten ₂
6.	Ulangan₃	$1,9 \times 10^{-2}$	Mlaten ₃
7.	Ulangan₁	9×10^{-2}	Penunggul ₁
8.	Ulangan₂	8×10^{-2}	Penunggul ₂
9.	Ulangan₃	$1,1 \times 10^{-2}$	Penunggul ₃



Lampiran 10. Hasil Uji Tukey *Total Haemocyte Count* (THC)

THC				
Tukey HSD ^{a,b,c}				
Lokasi	N	Subset		
		1	2	3
Mlaten	3	380000,0000		
Kedawang	3		1125000,0000	
Penunggul	3			1615000,0000
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) = 3050000000.000.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
 - The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.
- Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

Lampiran 11. Hasil Uji Tukey Sel Granulosit

DHC_Granulosit			
Tukey HSD ^{a,b,c}			
Lokasi	N	Subset	
		1	2
Mlaten	3	48,3667	
Kedawang	3		56,5667
Penunggul	3		60,3000
Sig.		1,000	,374

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 9.859.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
 - The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

Lampiran 12. Hasil Uji Tukey Sel Semigranulosit

DHC_Semigranulosit		
Tukey HSD ^{a,b,c}		
Lokasi	N	Subset
		1
Mlaten	3	32,7333
Kedawang	3	33,6667
Penunggul	3	35,3000
Sig.		,471

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 6.342.

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 13. Hasil Uji Tukey Sel Hyalin

DHC_Hyalin			
Tukey HSD ^{a,b,c}			
Lokasi	N	Subset	
		1	2
Penunggul	3	4,3333	
Kedawang	3	9,7000	
Mlaten	3		18,8000
Sig.		,188	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 10.598.

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 14. Hasil Uji Tukey Mikronuklei

Mikronuklei

Tukey HSD^{a,b,c}

Lokasi	N	Subset	
		1	2
Penunggul	3	9,3333	
Kedawang	3	10,3333	
Mlaten	3		16,3333
Sig.		,819	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

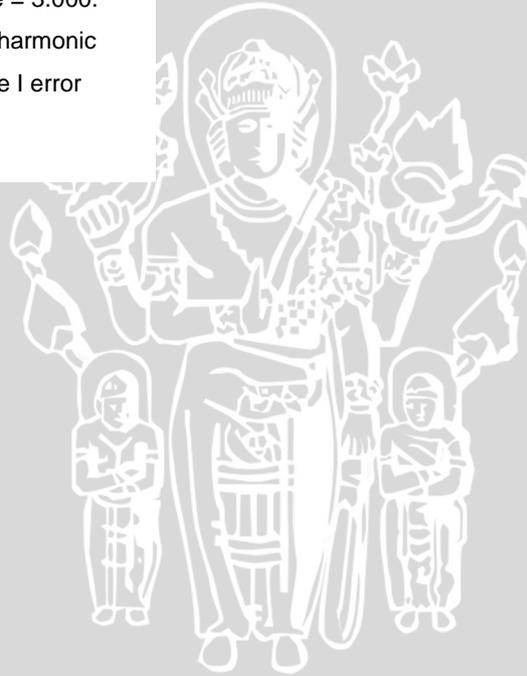
Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 4.000.

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.



Correlations

		THC	DHC_Granul	DHC_Semigranul	DHC_Hyalin	Mikronuklei	Pb_Air	Pb_Sedimen	Pb_Insang	Suhu	pH	Salinitas	DO	TSS	Lokasi
THC	Pearson Correlation	1	.887**	.458	-.921**	-.860**	-.687*	-.360	-.430	-.223	-.343	.887**	.735*	-.090	.392
	Sig. (2-tailed)		.001	.215	.000	.003	.041	.342	.248	.563	.366	.001	.024	.818	.296
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
DHC_Granul	Pearson Correlation	.887**	1	.234	-.939**	-.723*	-.675*	-.244	-.628	-.141	-.103	.827**	.710*	.111	.272
	Sig. (2-tailed)	.001		.545	.000	.028	.046	.526	.070	.718	.792	.006	.032	.776	.479
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
DHC_Semigranul	Pearson Correlation	.458	.234	1	-.553	-.383	-.673*	-.788*	-.290	.016	-.508	.276	.442	-.339	.288
	Sig. (2-tailed)	.215	.545		.123	.309	.047	.012	.450	.968	.162	.471	.234	.373	.452
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
DHC_Hyalin	Pearson Correlation	-.921**	-.939**	-.553	1	.757*	.816**	.487	.640	.114	.270	-.803**	-.760*	.027	-.335
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.123		.018	.007	.184	.064	.769	.482	.009	.017	.945	.378
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Mikronuklei	Pearson Correlation	-.860**	-.723*	-.383	.757*	1	.506	.264	.364	.224	.459	-.793*	-.504	.069	-.117
	Sig. (2-tailed)	.003	.028	.309	.018		.165	.492	.336	.563	.214	.011	.167	.860	.765
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Pb_Air	Pearson Correlation	-.687*	-.675*	-.673*	.816**	.506	1	.664	.363	.100	.546	-.451	-.419	.364	-.462
	Sig. (2-tailed)	.041	.046	.047	.007	.165		.051	.336	.799	.129	.223	.262	.335	.210
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Pb_Sedimen	Pearson Correlation	-.360	-.244	-.788*	.487	.264	.664	1	.441	-.375	.384	-.309	-.468	.383	-.088
	Sig. (2-tailed)	.342	.526	.012	.184	.492	.051		.235	.321	.308	.418	.203	.309	.822
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Pb_Insang	Pearson Correlation	-.430	-.628	-.290	.640	.364	.363	.441	1	-.093	-.371	-.629	-.791*	-.547	.301
	Sig. (2-tailed)	.248	.070	.450	.064	.336	.336	.235		.812	.326	.070	.011	.127	.431
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Suhu	Pearson Correlation	-.223	-.141	.016	.114	.224	.100	-.375	-.093	1	-.098	-.090	-.041	-.309	-.383
	Sig. (2-tailed)	.563	.718	.968	.769	.563	.799	.321	.812		.803	.817	.917	.419	.309
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
pH	Pearson Correlation	-.343	-.103	-.508	.270	.459	.546	.384	-.371	-.098	1	-.055	.230	.813**	-.327
	Sig. (2-tailed)	.366	.792	.162	.482	.214	.129	.308	.326	.803		.889	.552	.008	.390
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Salinitas	Pearson Correlation	.887**	.827**	.276	-.803**	-.793*	-.451	-.309	-.629	-.090	-.055	1	.846**	.243	-.021
	Sig. (2-tailed)	.001	.006	.471	.009	.011	.223	.418	.070	.817	.889		.004	.528	.958
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
DO	Pearson Correlation	.735*	.710*	.442	-.760*	-.504	-.419	-.468	-.791*	-.041	.230	.846**	1	.346	.069
	Sig. (2-tailed)	.024	.032	.234	.017	.167	.262	.203	.011	.917	.552	.004		.361	.860
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TSS	Pearson Correlation	-.090	.111	-.339	.027	.069	.364	.383	-.547	-.309	.813**	.243	.346	1	-.536
	Sig. (2-tailed)	.818	.776	.373	.945	.860	.335	.309	.127	.419	.008	.528	.361		.137
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Lokasi	Pearson Correlation	.392	.272	.288	-.335	-.117	-.462	-.088	.301	-.383	-.327	-.021	.069	-.536	1
	Sig. (2-tailed)	.296	.479	.452	.378	.765	.210	.822	.431	.309	.390	.958	.860	.137	
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

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

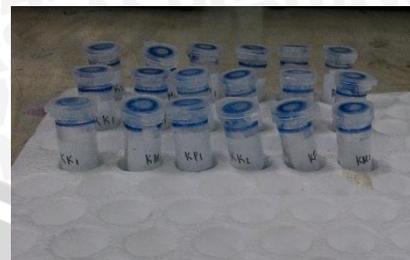
Lampiran 13. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Pengambilan Hemolymph



Hasil Darah Kepiting



Sample di diamati



Pengamatan THC dan DHC keping biola



Hapusan untuk mikronuklei



Pengamatan Mikronuklei di laboratorium Biosains

