

MONOGRAF

AKAS YEKTI PULIH ASIH

**KANDUNGAN LOGAM BERAT
PADA UDANG
SEBAGAI PEMICU TIMBULNYA
PENYAKIT KANKER**

MONOGRAF

KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA UDANG SEBAGAI PEMICU
TIMBULNYA PENYAKIT KANKER

Karya

Akas Yekti Pulih Asih



Tim Penyusun,

MONOGRAFKANDUNGAN LOGAM BERAT PADA UDANG SEBAGAI PEMICU TIMBULNYA
PENYAKIT KANKER. Akas Yekti Pulih Asih. -- Surabaya : Unusa Press, 2020. x, 118 hlm;
Uk: 21x29,7 cm

978-623-7846-20-8

Cetakan Pertama, 2020

Hak Cipta 2020, pada penulis



Penerbit UNUSA PRESS
Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia)
Anggota APPTI (Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
Kantor: Gedung LPPM UNUSA, JL. Jemursari No. 51-57 Surabaya 60237

Email: unusapress@unusa.ac.id

Website: <https://press.unusa.ac.id/>

Contact: +6285726876777

Copyright © 2020 by Unusa Press
All Right Reserved
Isi diluar tanggung jawab percetakan
Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap rasa syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa serta sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muchammad SAW.

Permasalahan lingkungan adalah suatu permasalahan pelik yang harus dihadapi oleh manusia dalam upaya tetap melestarikan keadaan alam, sekaligus berlangsungnya kehidupan manusia untuk dapat hidup secara lebih baik, lebih sehat dan sejahtera sehingga upaya pengelolaan lingkungan menjadi issue yang sedang digalakkan mengingat untuk hidup dan berkehidupan manusia sangat tergantung pada alam dan masih menjadi bahan kajian yang tiada henti di bicarakan. Seringkali timbulnya permasalahan yang ada pada lingkungan akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada lingkungan dan sekaligus gangguan kesehatan yaitu dengan timbulnya penyakit pada manusia.

Maka kami susun Monograf sebagai upaya membantu mahasiswa atau siapapun yang membaca sehingga mempermudah pemahaman tentang pentingnya pengelola lingkungan sehingga manusia dapat segera memahami apa yang sebenarnya terjadi sehingga diharapkan kerusakan alam dan gangguan kesehatan pada manusia bisa dihindari sedini mungkin.

Karena pada dasarnya ada dan sangat banyak keterkaitan antara keadaan alam lingkungan sekitar dengan keadaan kesehatan manusia yang ada sebagai pengguna langsung segala hal yang diproduksi oleh alam baik secara langsung maupun tidak yakni sebagai akibat industrialisasi sebagai penghasil limbah, dan pengelolaan alam yang salah.

Semoga buku ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Surabaya Maret 2020

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan mengucap rasa syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa serta sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muchammad SAW.

Ucapan terima kasih tak terhingga saya ucapkan kepada Allah SWT, ke 2 orang tua (Alm), ke 2 mertua tua (Alm), suami tercinta Prof. Dr. Ir. Ismanto Hadi Santoso, MSi, dan Dr. Ir. Akas Pinarigan Sujalu, MP. yang terus tanpa lelah mendorong semangat saya dalam upaya menyelesaikan tulisan ini, demikian juga rasa terima kasih tak terhingga kepada semua anak, Menantu dan cucu yang dengan sabar menerima dan mendukung segala upaya yang saya lakukan sehingga buku ini bisa terselesaikan dengan baik.

Kemudian Ucapan terima kasih yang sama kami ucapkan kepada segenap fihak Yayasan Yarsis dan seluruh Civitas Akademika Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, yang telah memberi ruang dan waktu kepada kami sampai selesainya Monograf ini.

Semoga buku ini membawa berkah bagi yang membutuhkannya.

Surabaya Maret 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PENGANTAR.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	8
1.3. Rumusan Masalah.....	8
1.4. Tujuan Penelitian	9
1.4.1. Tujuan Umum	9
1.4.2. Tujuan Khusus	9
1.5. Manfaat Penelitian	10
1.5.1. Manfaat Teoritis.....	10
1.5.2. Manfaat Praktis	10
II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1. Akutik Toksikologi	13
2.2. Dampak Polutan Terhadap Organisme Hidup.....	14
2.3. Bahan Kimia Logam Berat	18
2.3.1. Penggolongan Logam Berat.....	19
2.3.2. Timbal/ Plumbum (Pb)	27
2.3.3. Tembaga /Cuprum (Cu).....	29
2.3.4. Mode Of Action	36
2.4. Udang.....	39
2.4.1. Taksonomi Udang	41
2.4.2. Morfologi Udang	41
2.4.3. Siklus Hidup Udang	46
2.4.4. Karakteristik Udang	48

2.4.5. Respon Fisiologis Udang Terhadap Kualitas Air	49
2.4.6. Beberapa Jenis Udang Di Jual Di Pasar Tradisional Surabaya.....	52
2.5. Bahaya Logam Berat Dalam Makanan.	61
2.5.1. Kebutuhan Normal Harian Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu).....	66
2.6. Pasar	68
2.7. Cancer (Kanker).....	69
III.HIPOTESIS DAN KONSEP ILMIAH.....	81
3.1. Konsep Ilmiah.....	81
3.2. Hipotesis Penelitian.....	82
3.3. Skema Konsep Penelitian.....	84
IV.METODE PENELITIAN	85
4.1. Jenis Penelitian	85
4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian.	85
4.3 Materi Penelitian.....	85
4.3.1 Bahan Uji.....	85
4.4. Operasional Pelaksanaan Penelitian	85
V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	91
5.1. Hasil Penelitian.....	91
5.2. Pembahasan	100
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	111
6.1. Simpulan.....	111
6.2. Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : <i>Brotia</i>	13
Gambar 2 : <i>Melanoides</i>	13
Gambar 3 : <i>Radula Chirnomous</i>	14
Gambar 4 : Benktuk populasi <i>Radula Chirnomous</i> cemaran sedang di dalam air.....	14
Gambar 5 : Bentu populasi <i>Radula Chirnomous</i> di dalam air Cemaran logam berat ..	14
Gambar 6 : Alur cemaran logam berat didalam air	15
Gambar 7 : Pergerakan lokal timbal (Pb) dan tembaga (Cu) diperairan umum.....	16
Gambar 8 : Hubungan antara paparan polutan dengan kerusakan fisiologis organisme.....	30
Gambar 9 : Masa Timbal (Pb).....	31
Gambar 10 : Skema masuknya xenobiotik melalui insang	38
Gambar 11 : Potongan transversal cepalothorax letak posisi insang Bouaricha.....	42
Gambar 12 : Potongan <i>lateral</i> cepalothorax letak posisi insang Bouaricha	43
Gambar 13 : <i>Lamella</i> insang udang	44
Gambar 14 : <i>Lamella</i> insang udang lateral	44
Gambar 15 : Perbedaan berbagai bentuk kepala udang dewasa	46
Gambar 16 : Perkembangan juvenile sampai dewasa pada udang galah.....	48
Gambar 17 : Benih udang atau tokolan	49
Gambar 18 : Udang <i>Litopenaeus vannamei</i>	54
Gambar 19 : Udang windu <i>Penaeus monodon</i>	56
Gambar 20 : Udang putih (king prawn, <i>whiteleg</i>).....	57
Gambar 21 : Udang Rebon <i>Acetes indicus</i>	59
Gambar 22 : Urang dawu <i>Litopenaeus vannamei</i> dengan ukuran kecil	61
Gambar 23 : Sel kanker	72
Gambar 24 : Skema konsep ilmiah.....	84
Gambar 25 : Skema operasional penelitian	86

DAFTAR TABEL:

Tabel 1: Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Parameter Fisika dan Kimia	18
Tabel 2: Rata-rata kandungan gizi pada udang	40
Tabel 3: Keperluan kualitas air untuk pembesaran udang	50
Tabel 4: Acuan Angka kecukupan gizi, berkaitan konsumsi suplemen Mengandung	68
Tabel 5: Analisis kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei <i>Litopenaeus Sp.</i> berdasarkan daerah pemasok	94
Tabel 6: Analisis perbedaan kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei <i>LitopenaeusSp.</i> berdasarkan perbedaan daerah pemasok.....	95
Tabel 7: Besarnya rata-rata kadar tembaga (Cu) pada udang <i>Litopenaeus Sp.</i> berdasarkan cara pengolahannya	96
Tabel 8: Hasil analisa kadar Tembaga (Cu) Pada Udang <i>Litopenaeus Sp</i> Diolah Cara Digoreng	96
Tabel 9:Kadar rata-rata tembaga (Cu) pada udang <i>Litopenaeus Vannamei</i> berdasarkan asal pasar tradisional dan cara pengolahannya.....	97
Tabel 10:Perbedaan rata-rata kadar tembaga (Cu) udang <i>Litopenaeus Vannamei</i> berdasarkan cara pengolahannya	97
Table 11: Kadar rata-rata tembaga (Cu) (mg/Kg berdasarkan bentuk fisik udang	99
Table 12: Kadar rata-rata timbal (Pb) (mg/Kg berdasarkan bentuk fisik udang.....	100
Tabel 13: Cuplikan sebagian tabel Acuan persyaratan cemaran logam berat dalam pangan SNI 7387:2009	105
Tabel 14 : Catatan tambahan batas maksimum cemaran logam berat dalam produk pangan.....	106

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Era millinium 4.0 adalah suatu era industrialisasi dalam usaha untuk mempermudah segala sisi dan kesulitan hidup yang selalu dihadapi manusia dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan hidup dan sekaligus sebagai uapaya mencapai taraf hidup tertentu yakni kesejahteraan, dalam arti manusia berkeinginan dan akan berusaha mewujudkan keinginanya yakni menjalani hidupnya tanpa mengalami kesulitan yang berarti dengan bantuan sistem industrisalisasi yaitu suatu usaha untuk pemenuhan segala kebutuhan hidup, yang dimaksud adalah penyediaan kebutuhan pokok (kebutuhan Primer) manusia demikian juga kebutuhan sampingan ((kebutuhan sekunder). Kebutuhan hidup yang dimaksud adalah pada upaya pemenuhan baik bahan pangan (pengolahan bahan pangan), perumahan, maupun kebutuhan sandang dan proses yang harus dilalui tanpa kesulitan yang berarti. Bahkan sekarang ini dapat dikatakan bahwa kebutuhan secara fisik dan psikis sudah bisa dipenuhi dalam waktu cepat, dengan ketepatan yang relatif akurat dan biaya juga relatif rendah, mengingat pada era indutrislisasi era millennial 4.0 ini hampir semua bahan kebutuhan pokok untuk hidup tersebut dapat disediakan dalam jumlah yang sangat banyak dalam waktu cepat.

Akan tetapi bukan berarti bahwa segala sesuatu yang diusahakan manusia tersebut tanpa menimbulkan suatu dampak terhadap alam, manusia atau bahkan seluruh kehidupan yang ada dimuka bumi ini, kita harus menyadari bahwa pada suatu saat apabila sistem industrialisasi tersebut berjalan tanpa kontrol yang baik, maka manusia secara langsung atau tanpa pengelolaan yang memadai atau bahkan suatu saat apa yang diusahakan manusia tersebut bisa berbalik merugikan secara menyeluruh baik untuk lingkungan dalam hal ini adalah lingkungan biotik dan sekaligus lingkungan abiotiknya (Akas et al., 2016).

Seperti diketahui bahwa kemudian penggunaan bahan kimia di era industri ini seakan-akan mempunyai hukum yang wajib untuk dilakukan dan atau digunakan, bahkan hampir setiap produksi hasil dari industrialisasi selalu dikaitkan dengan penggunaan bahan kimia sebagai bahan sampingan, bahan campuran maupun bahan kimia sebagai bahan utamanya. Sehingga dapat difahami kemudian bahwa selain hasil akhir sebagai bahan kebutuhan manusia baik sebagai bahan pokok maupun bahan sampingan yang dihasilkan oleh industri maka yang tidak kalah penting adalah bahan limbah (bahan buangan) yang dihasilkan setelah proses indutrialisasi tersebut berakhir yaitu berupa limbah bahan kimia.

Pencemaran lingkungan yang dimaksud adalah masuk atau dimasukkannya mahluk hidup,

zat, energi, dan/atau komponen lain baik berupa bahan kimia (Cair, padat dan gas) ke dalam lingkungan hidup sebagai hasil kegiatan manusia dalam usaha untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, sedangkan jumlah bahan yang dibuang atau dimasukkan tersebut sudah melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan, pencemaran lingkungan hidup saat ini merupakan masalah besar di dunia utamanya disebabkan bahan berbahaya dan beracun (B3). Bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan serta lingkungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (UU RI No 32 tahun 2009 dalam Akas, 2019a). Pada saat ini perairan di Indonesia atau bahkan di dunia, baik dari air tanah, air sungai maupun laut, telah dicemari oleh berbagai macam logam berat. Masalah pencemaran air ini tidak bisa dipisahkan dari toksikologi, yakni pemahaman mengenai pengaruh-pengaruh bahan kimia yang merugikan bagi lingkungan yakni lingkungan biotik dan lingkungan abiotik. Masalah toksologi logam berat seperti merkuri, timbal, tembaga, kadmium, arsenik dan kromium bukan hanya menjadi permasalahan nasional, tapi juga internasional.

Persoalan spesifik logam berat di lingkungan adalah sangat berkaitan dengan jumlah dan keberadaan logam berat di alam sebagai bahan berbahaya beracun dan akumulasinya pada rantai makanan, baik yang berasal dari udara, air dan atau berasal dari tanah, sebagian besar akan terbawa oleh aliran air menuju kolam, sungai, atau laut. Dengan semakin beragamnya kebutuhan manusia maka akan semakin beragamlah bahan kimia sebagai limbah yang dihasilkan oleh industri, baik industri besar maupun home industri. Sedangkan banyak atau sedikitnya bahan kimia sebagai limbah adalah sangat tergantung jumlah produksi yang dihasilkan oleh beragam industrialisasi yang ada. Disamping itu penggunaan pestisida pada pertanian, peternakan, perikanan sekaligus bisa berbagai kegiatan manusia (atropologies) utamanya berasal dari penggunaan pestisida sintetis juga selalu atau cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah populasi manusia di Indonesia atau bahkan di dunia secara umum. (Akas, 1997; Akas, 2012).

Perairan pada umumnya adalah tempat penumpukan sisa bahan organik, serta berbagai kemungkinan penumpukan bahan beracun termasuk logam berat, di Indonesia pencemaran logam berat di perairan banyak terjadi, misalnya timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), zink (Zn), dan merkuri (Hg). berasal dari penggunaan pestisida di pertanian, peternakan dan industri dan di ketahui banyak memicu timbulnya efek mutagenik dan carcinogenik pada

manusia maupun makhluk hidup yang lain (Lawrence dan Hemingway, 2003). Konsentrasi timbal (Pb) di perairan estuarin Bahia Blanca Argentina di laporkan sebesar 3,01 f 0,61 $\mu\text{g/L}$. Konsentrasi tembaga (Cu) di air laut yang tidak terpolusi kurang dari 0,05 $\mu\text{g/L}$, sedangkan di daerah coastal dan estuarin atau daerah pantai di temukan jauh lebih tinggi. Kerusakan budidaya udang dipantai kebanyakan sebagai akibat pencemaran tembaga (Cu) dan timbal (Pb) (Akas et al., 2019a).

Air laut atau air asin, air payau bahkan air tawar adalah merupakan habitat semua hewan air termasuk ikan dan crustacea termasuk udang. Sebagai habitat maka air harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat serta bebas dari pencemaran, baik di air asin laut dalam, air di pantai daerah coastal dan estuarin atau daerah pesisir, demikian juga air payau di hulu sungai maupun di muara sungai, sekaligus air tawar di berbagai danau yang ada diseluruh belahan dunia. Hal ini disebabkan air adalah hal dasar atau hal pokok yang harus ada sebagai pendukung makhluk untuk hidup secara baik dan normal, dan sebagian besar (hampir 80 persen) tubuh makhluk hidup adalah terdiri dari air, apabila air yang telah tercemar tersebut digunakan sebagai tempat budidaya udang maka secara langsung udang yang diproduksi juga akan terpapar bahan cemar misalnya logam berat yang ada didalam air. demikian juga bahan kimia atau logam berat yang ada pada tubuh udang nisa berasal dari bahan pakan yang digunakan pada saat budidaya biasanya bahan pakan buatan. Logam berat tidak sepenuhnya berupa racun atau bahan cemar akan tetapi logam berat secara umum bisa digolongkan dalam 2 kategori yakni berbagai bahan esensial (dalam jumlah tertentu logam berat esensial ini sangat bahan berguna bagi tubuh dalam proses metabolisme dan apabila kekurangan justru dapat mengganggu proses metabolisme) dan sekaligus sebagai bahan berbahaya dan beracun yaitu sebagai bahan nonessensial. Logam berat nonessensial yang dapat mengubah sifat fisika, kimia dan biologi lingkungan perairan. Nilai guna perairan dan sumberdaya perairan ditentukan oleh kualitasnya. di sisi lain air adalah komponen lingkungan yang mutlak diperlukan bagi dan kehidupan organisme perairan (Soegianto, et al., 2016).

Refleksi 2018 & Outlook 2019 yang dikeluarkan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), terlihat bahwa udang merupakan ekspor komoditas utama hasil perikanan Indonesia setelah rumput laut dalam kurun waktu antara bulan Januari—Oktober 2018. Dari data terlihat bahwa ekspor rumput laut sebanyak 175.640 ton atau 28,27% dari total ekspor hasil perikanan; diikuti udang 165.120 ton (26,58%); cumi-sotong-gurita 118.760 ton (19,12%); tuna 95.750 ton (15,41%), cakalang-tongkol 42.150 ton (6,79%); dan kepiting 23.770 ton

(3,83%). Meskipun menduduki posisi nomor dua dalam volume ekspor, tetapi komoditas ekspor udang menduduki posisi nomor wahid dalam nilai ekspor. Udang menghasilkan USD1.462,09 juta atau 46,87% dari nilai total ekspor hasil perikanan Indonesia. Sementara tuna USD498,37 (15,98%); cumi-sotong-gurita USD429,3 juta (13,76%); kepiting-rajungan USD242 (13,06%); rumput laut USD241,59 (7,75%); dan cakalang-tongkol USD80,43 (2,58%).

5 negara pengeksport berbagai jenis udang berasal dari Indonesia, yaitu Amerika Serikat, Jepang, Uni Eropa, ASEAN, dan China. Peringkat pertama diduduki Amerika Serikat yang menyerap 69,86% ekspor udang Indonesia; diikuti Jepang 20,76%; Uni Eropa 5,09%; ASEAN 2,40%; dan China 1,89%. Shrimp Club Indonesia (SCI) merekam harga udang di unit pengolahan bergerak ke US\$6 per kg setelah Maret 2017. Harga bahkan hampir menyentuh US\$7 per kg pada Oktober 2018. Diperhitungkan dengan kurs Rp13.500 per dolar AS, maka harga udang dunia Rp81.000 per kg. Menurut Shrimp Club Indonesia (SCI), produksi udang berasal dari hasil budidaya di Asia produksinya menurun dari 3,8 juta ton pada 2011 menjadi 2,8 juta ton pada 2017. Ditambah dengan panen Amerika Latin 1 juta ton, produksi udang dari hasil budidaya dunia 3,8 juta ton. Penurunan juga terjadi pada produksi udang tangkap (sea catch) dari 2,2 juta ton pada 2011 menjadi 1,7 juta ton pada 2017. Dengan demikian, total produksi udang dunia, baik dari akuakultur maupun tangkap, turun dari hampir 6 juta ton menjadi 5,5 juta ton (Sari. 2018).

Kebutuhan udang sebagai bahan konsumsi di dunia saat ini sangat tinggi dan semakin tahun terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dunia, terutama untuk negara Amerika, Jepang, Arab, dan negara yang lain. Kebutuhan udang di dunia ini banyak dipenuhi oleh pasokan dari Cina, Thailand, India dan hanya sebagian kecil dari Indonesia. Sebagai contoh produksi udang di pulau Jawa dan Bali adalah 290 ton per tahun, sedangkan kebutuhan di dalam negeri belum dapat terpenuhi terutama untuk kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Jogyakarta sebagai kota pariwisata. Sedangkan kebutuhan udang dalam negeri diperkirakan 10.500 ton per tahun, sehingga peluang budidaya udang baik untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dunia maupun lokal adalah sangat terbuka (Fauzan, 2009).

Harga udang dunia diprediksi tetap berada di kisaran US\$6 per kg karena produksi masih tidak dapat mengejar permintaan, produksi yang lambat, biasanya tidak sekedar diakibatkan oleh keadaan alam semata akan tetapi tidak menutup kemungkinan terus merosotnya produksi udang didunia adalah sebagai akibat oleh semakin meningkatnya pencemaran air terutama disebabkan oleh logam berat yang berasal dari industri, pertanian, perikanan, perkebunan dan

atropogenic sebagai ulah manusia dalam mengelola penggunaan pestisida di segala sisi kehidupannya. Sementara itu, konsumsi udang dunia pada 2011 sebanyak 6 juta ton. Jika konsumsi tumbuh 2% per tahun, maka permintaan udang 2017 mencapai 6,9 juta ton. Permintaan melebihi produksi sehingga harga udang ukuran 50 diprediksi sekitar US\$6 per kg (Munir, 2018; Akas et al., 2019b.).

Berdasarkan uraian diatas maka secara umum udang dari Indonesia dipasar dunia tentu tidak lepas dari kompetisi dengan negara produsen komoditas serupa (berbagai udang), Indonesia berpotensi menjadi eksportir udang terbesar dunia akan tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa hingga saat ini, nilai ekspor berbagai jenis udang dari Indonesia masih lebih rendah apabila dibandingkan dengan nilai ekspor udang negara produsen udang dari negara lain, hal ini disebabkan produksi udang dari indonesia sebagian besar masih mengandalkan tangkapan liar dan budidaya biasa sedangkan yang dilakukan dengan sistem budidaya intensif masih sangat sedikit (Sari, 2018). Beberapa negara berpendapatan dengan nilai tinggi berasal dari ekspor udang berturut-turut adalah sebagai berikut:

1. Thailand

Thailand terkenal sebagai raja akuakultur (budidaya air termasuk budidaya ikan dan udang secara global. Tercatat hampir 40 tahun Thailand memimpin dalam hal ekspor produk perikanan berbagai jenis ikan dan termasuk udang. Setiap tahun negara Thailand ini menciptakan inovasi-inovasi baru dalam proses pembudidayaan ikan dan udang sehingga produksinya terus meningkat setiap tahun. Pemerintah Thailand juga memfasilitasi warganya yang melakukan usaha tambak udang dengan memberikan dana bantuan dalam pembangunan teknologi tambak secara berkelanjutan, sehingga tak heran jika produksi udang mereka tidak pernah menurun. Menurut hasil penelitian, maka telah diketahui bahwa udang berasal dari Thailand adalah udang yang memiliki tingkat bakteri paling rendah, sehingga lebih sehat untuk dikonsumsi.

2. Ekuador

Ekuador menempati posisi kedua diduduki sebagai negara penghasil ikan dan termasuk udang di dunia. Ekuador menggunakan metode budidaya udang secara ekstensif. Manajemen budidaya udang yang baik, sehingga produksi udang dinegara Ekuador tidak pernah terputus, artinya produksi udang terjadi sepanjang musim sampai sekarang produksi udang berkualitas dari Ekuador menjadi produk prioritas di Cina.

3. Indonesia

Produksi udang di Indonesia bisa dikatakan dipengaruhi oleh letak geografis Indonesia. Hal ini karena di Indonesia terdapat banyak pantai yang memungkinkan untuk dilakukannya budi daya udang. Indonesia dikenal memiliki dua metode tambak udang, yaitu intensif dan semi intensif. Walaupun pada tambak intensif memiliki teknologi yang lebih maju, namun kedua metode ini saling berkontribusi terhadap produksi udang Indonesia secara keseluruhan. Sedangkan untuk menutupi kekurangan produksi udang dipasaran maka diupayakan pemenuhan produksi dengan cara melakukan tangkapan liar disungai dan danau. Di pasar ekspor, Indonesia memiliki tiga jenis udang andalan, P. Monodon (udang windu), P. Merguensis (udang putih), dan L. Vannamei (udang vaname).

4. Madagaskar

Madagaskar dikenal sebagai negara penghasil udang harimau hitam terbaik di dunia, namun produksinya masih dalam kapasitas yang terbatas. Bahkan, udang dari Madagaskar juga sudah disertifikasi oleh *Prancis's Label Rouge*, sebagai salah satu produk makanan laut terbaik di dunia. Dari beberapa ribu ton udang yang diproduksi negara Madagaskar ini per tahunnya, hampir semuanya diekspor ke Eropa dan Asia.

Di pasar ekspor, yang terjadi adalah diberlakukannya regulasi tentang pengiriman bahan – bahan ikan atau hasil komoditas laut yang sudah ditentukan oleh pasar dunia misalnya udang , termasuk didalamnya adalah berbagai persyaratan atau regulasi yang harus dipenuhi oleh eksportir ikan atau hasil laut termasuk udang dan segala produk olahannya. Berbeda yang terjadi dipasar ekspor dan dipasar tradisional diIndonesia, Meningkatnya kebutuhan ekspor dengan segala konsekwensinya, sekaligus terus meningkatnya kebutuhan tentang ikan, termasuk udang dengan segala produk ikutaanya di dalam negeri bersamaan dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk dan bergairahnya konsumsi pariwisata tentang ikan dan termasuk udang, maka yang terjadi untuk pemenuhan tersebut dapat dikatakan sebagai berbanding terbalik dengan berbagai persyaratan untuk ekspor tersebut. Dipasar modern Indonesia sedikit masih berlaku tentang regulasi perikanan dan berbagai aturan tentang syarat beredarnya bahan pangan berasal dari produk ikan termasuk udang dan segala produk ikutanya, maka peraturan tentang ikan dan udang tersebut semakin melemah apabila kita melihat tentang penjualan ikan dan termasuk udang dipasar tradisional sebagai tempat utama terjadinya transaksi kebutuhan masyarakat Indonesia secara luas sekaligus berbagai kebutuhan tentang ikan dan termasuk udang tersebut. Padahal secara umum dapat diketahui apabila bahan ikan dan termasuk udang dengan segala produk olahannya dalam keadaan segar dan baik maka harga jualnya semakin mahal.

Disisi lain berdasarkan data Departemen Kesehatan Republik Indonesia tahun 2019, bahwa terus terjadi peningkatan prevalensi penderita penyakit kanker di Indonesia atau bahkan dikatakan ditingkat dunia terjadi demikian juga, salah satunya dipicu oleh pola perilaku dan makanan yang ada di masyarakat, bahkan diperkirakan semakin lama atau beberapa tahun kedepan kemungkinan prevalensi berbagai penyakit kanker ini akan terus meningkat selama terus diproduksi limbah berbagai industri, limbah antropogenik, limbah pertanian, perkebunan, perikanan, peternakan serta berbagai jenis cemaran berasal dari alam dan berbagai kendaraan atau mesin bermotor, yang terus menerus mempunyai kecenderungan menghasilkan cemaran yang mengandung bahan karsinogenik terutama limbah yang mengandung berbagai jenis logam berat.

Penelitian tentang berbagai efek toksisitas logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai biota perairan telah banyak dilakukan akan tetapi penelitian tentang toksisitas timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang masih sangat perlu dilakukan mengingat terus merosotnya produksi udang di dunia, utamanya produksi udang di Indonesia sampai saat ini banyak mengandalkan produksi udang dari hasil tangkapan liar di sungai dan atau danau.

sekaligus untuk mengetahui tentang kandungan logam berat pada berbagai jenis udang terutama tentang beredarnya ikan dan termasuk udang dengan segala produk ikutannya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yakni dipasar tradisional terutama di kota Surabaya. Sebagai kota wisata Surabaya membutuhkan pasokan udang relative besar setiap harinya, sedangkan jumlah luas lahan budidaya udang dikota Surabaya relative sangat kecil, sehingga untuk memenuhi kebutuhan maka ikan dan udang sekaligus berbagai produk ikutannya didatangkan dari daerah sekitarnya sebagai pemasok tetap kebutuhan yakni daerah Lamongan, Gresik, dan Sidoarjo ke tiga daerah yang dimaksud adalah sama-sama sebagai daerah pesisir pantai laut Jawa.

Penelitian tentang berbagai efek toksisitas logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai biota perairan telah banyak dilakukan akan tetapi penelitian tentang toksisitas timbal/plumbum (Pb) dan tembaga/cuprum (Cu) pada udang masih sangat perlu dilakukan mengingat terus merosotnya produksi udang di dunia yang ditengarai sebagai akibat pencemaran logam berat diberbagai jenis perairan dan secara umum sebagai akibat pencemaran lingkungan, demikian juga produksi udang di Indonesia sampai saat ini banyak mengandalkan produksi udang dari sistem budidaya intensif dengan makanan tambahan dan masih banyak dilakukan juga dengan mengandalkan hasil tangkapan liar di sungai.

Berdasarkan latar belakang maka monograf ini ditulis untuk mengetahui pengaruh logam berat timbal/plumbum (Pb) dan tembaga/cuprum (Cu) pada berbagai jenis udang, asal daerah budidaya dan cara pengolahannya, sekaligus berkaitan dengan efek terhadap kesehatan bahwa timbal (Pb) dan tembaga (Cu) sebagai salah satu pemicu timbulnya berbagai penyakit kanker di dunia utamanya di Indonesia.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang maka penelitian ini dirancang untuk mengetahui besarnya kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu), di berbagai jenis udang dipasar tradisional kota Surabaya maka permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bahan pencemar di perairan dapat terjadi secara alami maupun antropogenik utamanya logam berat hal ini dapat menyebabkan tingkat peracunan yang sangat tinggi dalam seluruh aspek kehidupan organisme termasuk udang dan manusia. Timbal (Pb) dan tembaga (Cu) adalah logam berat berbahaya bagi lingkungan dan organisme dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan efek akut yaitu kematian, sedangkan efek kronis dapat menyebabkan terjadinya peningkatan kadar dalam sel sekaligus sebagai pemicu timbulnya penyakit kanker pada manusia.

Secara umum telah diketahui bahwa logam berat dapat menyebabkan efek karsinogenik dan mutagenik tergantung jumlah, lama waktu paparan, jenis logam berat, jenis organisme yang terpapar, umur organisme pada saat terpapar serta mobilitas organisme baik makro maupun mikro organisme. Udang dapat digunakan sebagai salah satu bioindikator adanya pencemaran logam berat utamanya timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada lingkungan perairan, .

Logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) serta berbagai jenis logam berat lainnya pada lingkungan perairan melebihi ambang batas sangat mempengaruhi kehidupan udang mengingat udang selalu hidup di pesisir atau didasar perairan mengingat kecenderungan logam berat selalu mengendap atau berada pada dasar perairan. Pencemaran logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada lingkungan dapat dilihat melalui indikator secara fisiologis secara patologis pada manusia dapat menyebabkan timbulnya penyakit baik pada hewan maupun pada manusia.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Apakah ada perbedaan perbedaan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang dipasar tradisional.
2. Apakah ada perbedaan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang jantan dan betina.
3. Apakah kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) ada perbedaan pada berbagai jenis udang berdasar perbedaan bentuk fisik udang dipasar tradisional.
4. Apakah asal daerah pemasok kebutuhan udang dipasar tradisional (Surabaya, Gresik, Lamongan dan Sidoarjo) ada berbeda terhadap kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu).
5. Apakah ada perbedaan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang dipasar tradisional Surabaya berdasar cara pengolahannya.

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Menganalisis kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang yang dijual dipasar tradisional kota Surabaya, berdasarkan jenis udang jantan dan betina, asal daerah pemasok udang, berdasar perbedaan bentuk fisik udang (besar dan kecil) sekaligus berdasar cara pengolahan yang umum dilakukan oleh masyarakat.

1.4.2. Tujuan Khusus

Penelitian ini bertujuan membandingkan rata-rata kadar cuprum (Cu) dan plumbum (Pb) berbagai jenis udang yang dijual di pasar tradisional Surabaya. pengamatan juga dilakukan dengan cara membandingkan besarnya fisik udang berdasarkan jenis udang. dan penentuan kadar cuprum (Cu) dan plumbum (Pb) dilakukan dengan Spectrometri serapan atom,

1. Menganalisis pengaruh konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda terhadap perbedaan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang dipasar tradisional.
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda terhadap perbedaan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang jantan dan betina.
3. Menganalisis pengaruh konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda terhadap berbagai jenis udang berdasar perbedaan bentuk fisik udang dipasar tradisional.

4. Menganalisis pengaruh konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda terhadap asal daerah pemasok kebutuhan udang dipasar tradisional (Surabaya, Gresik, Lamongan dan Sidoarjo).
5. Menganalisis pengaruh konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda terhadap perbedaan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang dipasar tradisional Surabaya berdasar cara pengolahannya.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Teoritis

Penelitian dan monograf ini diharapkan dapat digunakan untuk pengembangan ilmu ekotoksikologi lingkungan yang selalu berkaitan dengan kesehatan manusia yaitu:

1. Memperoleh informasi atau acuan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang toksisitas bahan berbahaya dan beracun (B3) pada makhluk hidup di perairan.
2. Memperoleh informasi tentang besarnya timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada tubuh udang yang diperoleh dari pasar tradisional kota Surabaya, berdasarkan asal pemasok udang atau daerah budidaya udang.
3. Menganalisis pengaruh konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda terhadap berbagai jenis udang berdasar perbedaan bentuk fisik udang dipasar tradisional.
4. Memperoleh informasi tentang besarnya kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dengan berbagai cara pengolahannya
5. Memperoleh informasi tentang besarnya kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan pada manusia

1.5.2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian dan monograf ini diharapkan mempunyai manfaat praktis untuk menunjukkan:

1. Penelitian ini dapat menunjukkan bahwa kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) udang dapat digunakan sebagai bioindikator adanya pencemaran timbal (Pb) dan tembaga (Cu) di perairan.
2. Penelitian ini dapat diperoleh pengetahuan tentang perbandingan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang ada dipasar tradisional kota Surabaya .

3. Penelitian ini dapat diketahui kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) besarnya kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berdasarkan asal daerah pemasok udang dipasar tradisional kota Surabaya.
4. Menganalisis pengaruh konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda terhadap berbagai jenis udang berdasar perbedaan bentuk fisik udang dipasar tradisional.
5. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa logam berat sebagai limbah berbahaya dan beracun sangat potensial untuk mematikan udang dan sekaligus menyebabkan penyakit kanker pada manusia.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Akuatik Toksikologi

Empat komponen utama lingkungan adalah udara, tanah, air dan biota, yang berinteraksi pada suatu lingkungan hidup dan sering disebut sebagai ekosistem. Perubahan lingkungan dapat diartikan sebagai terjadinya hubungan atau interaksi antara 2 fase/bahan atau lebih yang berbeda dan kemudian berinteraksi melewati suatu batas, perpindahan energi panas dan bahan kimia secara spontan terjadi melalui batas peralihan secara spontan, kemudian akan berakhir pada suatu keseimbangan, keseimbangan yang terjadi biasanya berupa keseimbangan yang abnormal sehingga biota atau kehidupan yang ada atau dapat bertahan tetap hidup, dan itu terjadi setelah sebagian besar mengalami kematian. akan tetapi bahan kimia sebagai bahan aktif (berupa logam berat) akan terus menerobos batas peralihan ini dengan laju perpindahan yang sama.

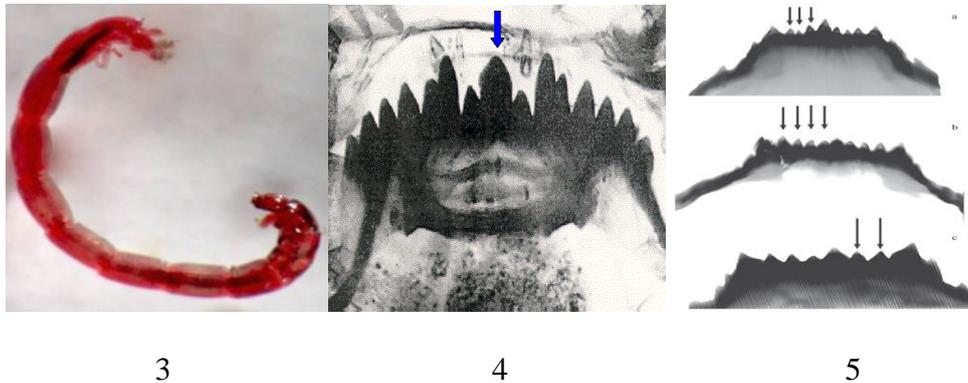
Kerusakan lingkungan yang dimaksud adalah kerusakan yang di alam baik yang disengaja maupun tidak dengan berbagai penyebab kerusakan. yang dimaksud dengan kerusakan lingkungan adalah tidak atau kurang berfungsinya lahan atau perairan sehingga terjadi abnormalitas dalam penggunaannya dan berakibat berkurangnya hasil produksi maupun kematian. Kerusakan perairan yang banyak terjadi adalah kerusakan yang disebabkan oleh limbah air bercampur bahan atau run off dari darat ke laut atau perairan yang dapat menyebabkan kematian hewan air bahan pencemar akan sangat berbahaya tergantung jenis dan jumlah atau kadar bahan yang terikut pada pencemaran yang terjadi dan selama ini pencemar paling berbahaya pada badan air adalah berasal dari berbagai jenis logam berat. Berbagai indikator yang dapat dilihat apabila badan air telah tercemar bahan kimia beracun adalah sebagai matinya bioindikator yang selalu ada di badan air yaitu terjadinya kematian beberapa hewan sebagai berikut :



Gambar 1: *Brotia*

Gambar 2: *Melanoides*

Molusca dapat digunakan sebagai bioindikator yang selalu ditemukan pada pencemaran badan air oleh bahan kimia. Sedangkan pada pencemaran bahan kimia (logam berat) dengan kadar atau konsentrasi masih bisa ditolerir oleh *Radula Chironomous* dengan menunjukkan ciri khas bentukan populasi *Radula chironomous* di dasar badan air sebagai berikut:



Gambar 3: *Radula Chironomous*

Gambar 4: Bentuk populasi *Radula Chironomous* cemarannya sedang di dalam air

Gambar 5: Bentuk populasi *Radula Chironomous* dalam air Cemarannya logam berat

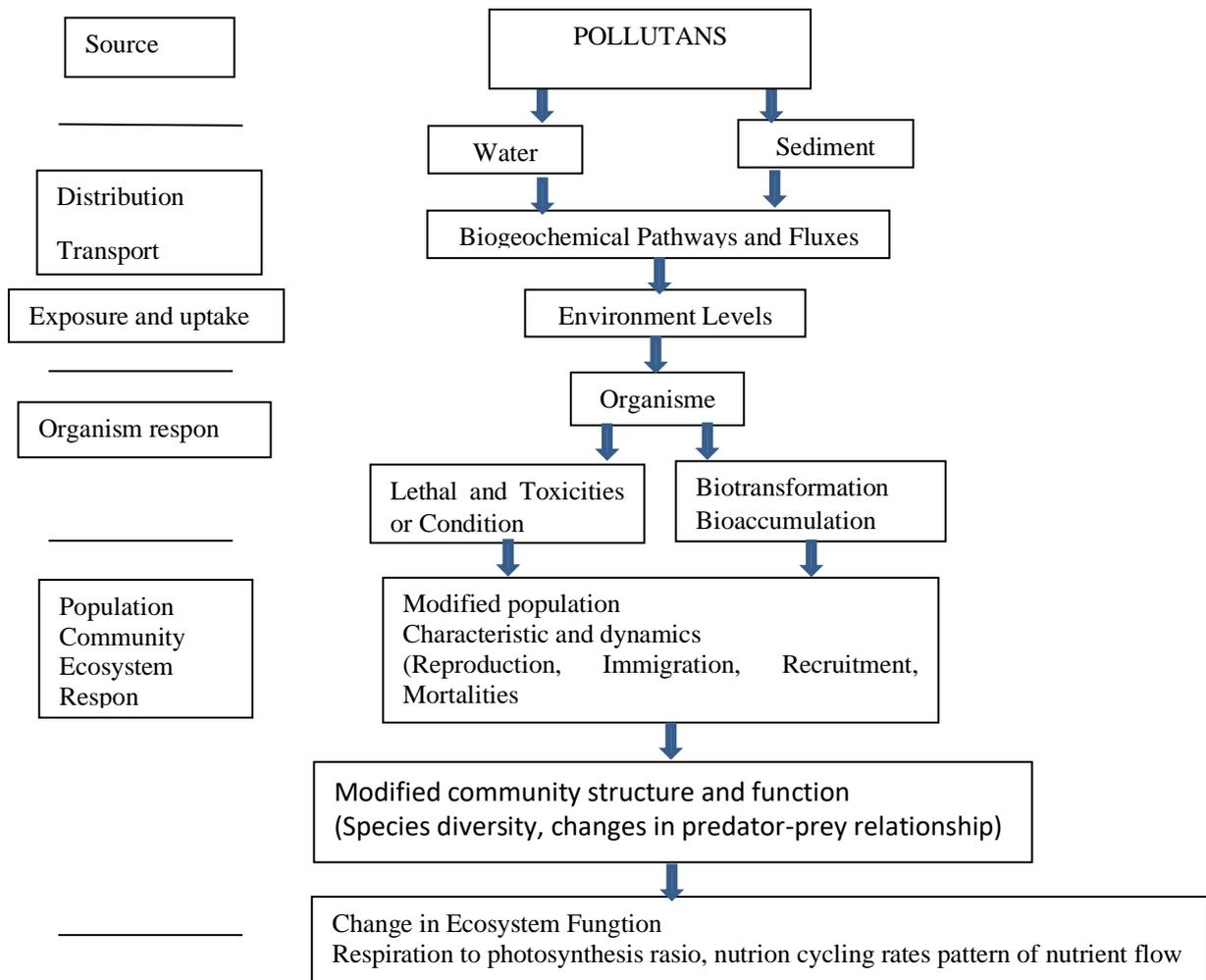
(Soegianto, et al., 2004)

2.2. Dampak Polutan Terhadap Organisme Hidup

Sedangkan udang dapat digunakan sebagai bioindikator semua cemaran di badan air mengingat udang selalu hidup didasar perairan, dasar perairan cenderung merupakan tempat pengendapan semua cemaran air termasuk logam berat. Secara umum pencemaran diperairan disebut sebagai akuatik toksikologi, selain bahan kimia (logam berat) merusak kandungan mineral yang ada didalam air maka apabila pencemaran tersebut terjadi secara terus menerus maka bahan kimia (logam berat) akan merusak semua atau segala sesuatu yang ada didalam badan air termasuk meracuni semua kehidupan yang ada.

Pada umumnya organisme perairan tidak dapat hidup baik dilingkungan yang ekstrim, hidup baik diperairan dengan salinitas 5 ‰ - 100 ‰ atau air tawar sampai air laut, udang hidup dengan baik di air salinitas antara 0 ‰ - 12 ‰, atau 1/3 salinitas air laut. Untuk mengimbangi osmolalitas habitat luarnya, organisme perairan termasuk udang harus mampu mengatur konsentrasi osmotik cairan tubuhnya. Insang *crustacea* berperan pada proses respirasi, keseimbangan asam-basa, regulasi ionik dan osmotik karena adanya jaringan

epithelium branchial tempat berlangsungnya transport aktif antara organisme dan lingkungan. Paparan logam berat baik akut maupun kronis dan dapat masuk ke dalam tubuh yang melalui seluruh permukaan kulit. Alur masuknya berbagai macam pollutan utamanya cemaran logam berat di perairan atau pada sediment kedalam tubuh organisme dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 6 : Alur cemaran Logam berat didalam air (Soegianto, et al., 2004).

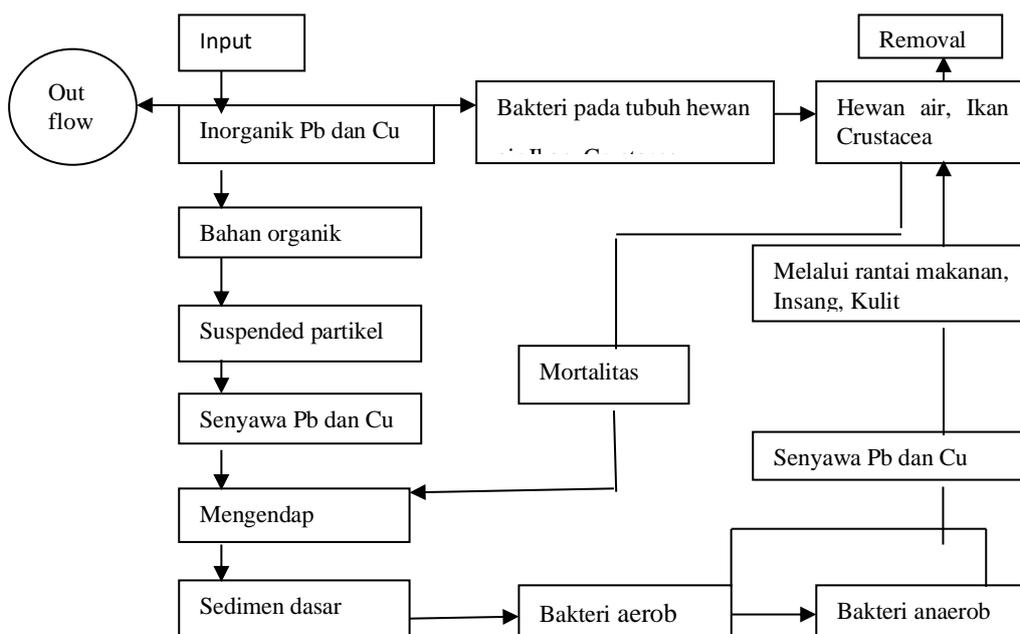
Beberapa Istilah akuatik toksikologi sehubungan dengan kadar logam berat diperairan:

1. Dosis *Lethal* : konsentrasi/dosis yang dapat menyebabkan kematian
2. Dosis *Sublethal* : konsentrasi yang tidak dapat menyebabkan kematian tetapi dapat mengganggu proses fisiologi di dalam tubuh
3. Dosis *Akut* : konsentrasi dengan dosis tinggi & waktu paparan yang singkat sehingga dapat menyebabkan kematian seketika, kondisi ini mempercepat waktu kritis sehingga kematian cepat terjadi.

4. Dosis *Kronik* : kondisi toksik yang berkelanjutan, dosis kronik biasanya terjadi pada dosis rendah dengan paparan waktu yang lama, sehingga perubahan fisiologis terjadi secara perlahan.

Untuk mengetahui tingkat pencemaran didaerah perairan dapat digunakan bioindikator berupa organisme tertentu yang dapat mengakumulasi bahan pencemar. Dilingkungan air, organisme akuatik yang dapat digunakan bioindikator adalah ikan, crustacea (kepiting, udang dan hewan beruas lainnya) dan beberapa jenis makro invertebrata (Akas, et al., 2013). Selain juga dapat digunakan bioindikator aneka kehidupan hayati, sebagai indikator keadaan ekologi maupun lingkungan pada skala populasi.

Pencemaran logam berat di lingkungan ada 3 golongan yaitu pencemaran logam di udara, daratan/ tanah dan air/lautan pada gambar 7, dapat dilihat diagram alir pergerakan bahan polutan terutama logam berat di perairan umum. Pencemaran logam berat di udara berkaitan erat dan berhubungan dengan sifat-sifat logam itu sendiri, misalnya arsen (As), cadmium (Cd), merkuri (Hg) dan timbal (Pb) adalah logam berat relatif mudah menguap seringkali arsen (As), cadmium (Cd), merkuri (Hg) dan timbal (Pb) digunakan pada proses industri dengan menggunakan suhu tinggi. Pencemaran tanah/ daratan dan di air atau lautan adalah berhubungan erat dengan derajat penggunaan logam berat, biasanya sebagai akibat pembuangan limbah logam berat baik berasal dari industri, pertanian dan peternakan maupun domestik pada lingkungan (misalnya pada pabrik baterai, dan penggunaan pestisida).



Gambar 7: Pergerakan lokal timbal (Pb) dan tembaga (Cu) diperairan umum (Darmono, 2001).

Kandungan logam berat di perairan di setiap lokasi berbeda-beda tergantung kondisi lingkungan, kondisi ini akan segera berubah apabila terjadi penambahan maupun pengurangan bahan baik berasal dari bahan organik maupun anorganik. Logam ringan maupun logam berat di air, seringkali berbentuk senyawa lain sehingga berbentuk molekul, ikatan-ikatan tersebut dapat berupa garam organik, seperti senyawa etil, metil, fenil maupun garam anorganik, berupa oksida, klorida, sulfida, karbonat, hidroksida dan sebagainya. Kontaminasi bahan kimia beracun misalnya logam berat pada perairan dapat segera menyebar dan dapat ditemukan pada seluruh biosfer sebagai akibatnya dapat menyebabkan perubahan baik bagi lingkungan maupun bagi metabolisme organisme yang menetap hidup di lingkungan yang tercemar. Istilah logam berat (*heavy metal* atau *trace metal*) biasanya digunakan untuk menamai kelompok logam dan metaloid dengan *densitas* (berat jenis) yang lebih besar dari 5g/cm³. Meski demikian, unsur metaloid berbahaya. Kriteria logam berat saat ini mencapai lebih kurang 40 jenis unsur pada barisan unsur berkala yang sudah disepakati.

Indikator yang digunakan untuk mendeteksi pencemaran air adalah cemaran logam berat. Pencemaran oleh logam berat merupakan masalah besar di lingkungan, terutama di negara berkembang, hal ini disebabkan tidak terkontrolnya polusi sebagai akibat pertumbuhan industri dalam penggunaan bahan bakar minyak. Selain itu, kontaminasi logam berat juga dapat disebabkan oleh emisi proses industri, transportasi, aktivitas pertanian dan aktivitas domestik (Akas, 1997; Akas, 2012; Akas, 2019c).

Di bawah ini adalah tabel kriteria mutu air berdasarkan kelas parameter fisika dan kimia yang dibagi dalam beberapa kelas sebagai berikut:

1. Mutu air kelas satu:

Yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2. Mutu air Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

3. Mutu air Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. Mutu air Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman

dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Parameter Fisika dan Kimia

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
Parameter fisika					
Temperatur	°C	Deviasi3	Deviasi3	Deviasi3	Deviasi5
Padatan terlarut	mg/L	1000	1000	1000	1000
Padatan tersuspensi	mg/L	50	50	400	400
Parameter kimia					
pH	-	6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
NO ₃ -N	mg/L	10	10	20	20
NO ₂ -N	mg/L	0.06	0.06	0.06	-
Besi (Fe)	mg/L	0.3	-	-	-
Mangan (Mn)	mg/L	0.1	-	-	-
Tembaga (Cu)	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02
Krom (VI)	mg/L	0.05	0.05	0.05	1
Timbal (Pb)	mg/L	0.03	0.03	0.03	1

*Keterangan: tanda (-) tidak dipersyaratkan

Sumber: PP Permenkes no. 82 tahun 2001

2.3. Bahan Kimia Logam Berat

Logam adalah berbagai unsur bahan kimia yang banyak dan atau bisa diketemukan di seluruh permukaan bumi. Tanah dan batuan, badan air, dan lapisan udara semua mengandung unsur bahan kimia.

Umumnya logam ditemukan dalam bentuk bersenyawa dengan unsur lain, dan sangat jarang ditemukan dalam bentuk elemen tunggal. logam berat merupakan salah satu bahan kimia beracun yang dapat memasuki ekosistem bahari. Logam berat seringkali memasuki rantai makanan di laut dan berpengaruh pada hewan perairan, serta dari waktu ke waktu dapat berpindah-pindah dari sumbernya. Beberapa biota laut tertentu juga dapat mempertinggi pengaruh toksik berbagai unsur kimia, karena memiliki kemampuan mengakumulasi zat di tubuhnya jauh melebihi yang terkandung di perairan sekitarnya.

Logam berat merupakan komponen alami tanah. Elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Logam berat seringkali merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika terdapat dalam jumlah besar dan mempengaruhi berbagai aspek

dalam perairan, baik secara biologis maupun ekologis akan tetapi dalam jumlah tertentu sebagian logam berat merupakan bahan esensial untuk keperluan metabolisme tubuh. Peningkatan kadar logam berat pada air laut akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk proses metabolisme berubah menjadi racun bagi organisme laut. Selain bersifat racun, logam berat di perairan dapat terakumulasi dalam sedimen yang pada gilirannya juga dapat terakumulasi dalam organisme contohnya pada ikan, siput maupun udang (Akas, 2013).

Di antara banyak logam berat, hydrargirum atau air raksa, timbal, kadmium dan arsenik adalah contoh logam yang paling berbahaya terhadap lingkungan. Walaupun keberadaan logam ini ditemui di semua kompartemen lingkungan terutama tanah karena logam sangat signifikan berada dalam tanah yang akhirnya akan dilepaskan ke kumpulan air., namun di lingkungan air logam ini sangat beracun.

2.3.1. Penggolongan Logam Berat

Logam berat adalah logam-logam toksik yang mempunyai densitas 5 gr/cm^3 atau lima kali lebih besar daripada densitas air. Logam berat masih termasuk dalam golongan dengan kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Terdapat 80 jenis logam berat dari 109 unsur kimia yang ada di bumi. Logam berat ini dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Logam berat esensial;

Logam berat tidak esensial yakni logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Dalam jumlah berlebihan, logam tersebut dapat menimbulkan efek toksik atau beracun. Contohnya adalah seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), mangan (Mn) dan sebagainya.

2. Logam berat tidak esensial;

Logam berat tidak esensial yakni logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik. Contohnya adalah timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), krom (Cr), arsen (As) dan lain-lain. Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan kesehatan pada manusia, tergantung pada bagian mana logam berat tersebut yang terikat pada tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia maupun hewan.

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai *afinitas* yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari perioda 4 sampai 7 (Palar, 2004).

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat Logam berat berdasarkan sifat racunnya dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan yaitu:

1. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian ataupun gangguan kesehatan yang pulih dalam waktu yang singkat, logam-logam tersebut antara lain: Hg, Pb, Cd, Cr, As
2. Moderat, yaitu mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang pulih maupun tidak dalam waktu yang relatif lama, logam-logam tersebut antara lain: Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Co, dan Rb
3. Kurang beracun, logam ini dalam jumlah besar menimbulkan gangguan kesehatan, logam-logam tersebut antara lain: Al, Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti, dan Zn
4. Tidak beracun, yaitu tidak menimbulkan gangguan kesehatan. antara lain: Na, Al, Sr, dan Ca.

Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu. Berbagai jenis bahan kimia dengan kandungan logam berat baik dari bahan alam maupun bahan sintetis dan banyak terdapat pada badan air berasal dari limbah industri limbah rumah tangga, berbagai penggunaan di bidang pertanian, peternakan, perkebunan, perikanan, run off dan berbagai sumber lain adalah sebagai berikut:

1. *Metal*
2. *Chlorine*
3. *Sianida*
4. *Ammonia*
5. Detergent
6. Pestisida
7. *Polychlorinated Biphenyls (PCBs)*
8. *Petroleum hydrocarbon*

9. Asam & basa

10. *Pulpmill effluent, kraft mill effluent (KME)*

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu :

1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan)
2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk udang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut

Air merupakan suatu zat yang sangat penting dalam kehidupan makhluk hidup di dunia ini, dari hewan yang tergolong species tingkat rendah sampai tingkat tinggi, tanaman dan manusia (Darmono, 2001). Pada air laut kontaminasi logam banyak didapat secara langsung dari atmosfer atau berasal dari pembuangan limbah secara sengaja maupun tumpahan minyak dari kapal tanker yang melewatinya, daerah pantai biasanya memiliki kandungan logam lebih tinggi dari pada daerah laut lepas.

Pada danau yang besar logam berat di peroleh dari polusi udara, pada air tawar yang mengalir di sungai, logam berat yang terkandung kebanyakan berasal dari buangan air limbah, erosi, dan dari udara secara langsung. Sungai mengandung material organik dan anorganik yang mengambang pada permukaan lebih banyak daripada air laut, material organik dan anorganik ini biasanya mempunyai kemampuan mengadsorpsi logam, sehingga pencemaran logam pada air tawar sangat mudah terjadi, pada muara sungai kontaminasi logam biasanya berasal dari industri dan pertambangan.

Masuknya bahan aktif (logam berat) kedalam tubuh organisme banyak dikenal sebagai *mode of action*, masuknya logam berat kedalam tubuh hewan air maupun makhluk hidup secara umum baik kecepatan maupun daya racunya adalah sangat tergantung pada bahan aktif (logam berat) itu sendiri. Pada hampir seluruh makhluk hidup bahan aktif (logam berat) masuk kedalam tubuh bisa melalui berbagai cara misalnya pada hewan air kebanyakan logam berat masuk kedalam tubuhnya melalui insang, akan tetapi semakin aktif bahan kimia (logam berat) tersebut maka akan mengalami *mode of action* melalui seluruh bagian tubuh atau kulit.

Pengaruh toksik terhadap fisiologi (*Mode of Action*)

- a. Mempengaruhi proses fisiologi (gen, sel, jaringan, fungsi organ, *homeostasis*, pertumbuhan, reproduksi, tingkat ekologi)
- b. Sel & organ mengalami kerusakan & luka
- c. Menghambat/menstimulir kerja enzyme
- d. Kerusakan tidak khusus (bahan organik/inorganik menyebabkan kerusakan insang sehingga terjadi *hypoxia* walau banyak oksigen)
- e. Osmoregulasi terjadi karena tidak seimbang kadar elektrolit & secara simultan dengan internal *hypoxia*
- f. Ikan menjadi stress dengan menghindari stressor/ikan menjadi mati
- g. Upaya untuk mengetahui konsentrasi yang berbahaya terhadap organisme & yang tidak menimbulkan pengaruh bagi organisme tersebut.
- h. *Life cycle test* : tes pengaruh terhadap organisme mulai dari menetas sampai bertelur, dimana yang ingin diketahui adalah pengaruh dari suatu bahan terhadap suatu organisme selama siklus hidupnya.
- i. LC50 : konsentrasi yang dapat membunuh 50% dari populasi organisme.
- j. EC50 : konsentrasi yang mempunyai efek lethal/non lethal sebanyak 50% dari populasi.
- k. LD50 : *Median lethal dose*, yaitu dosis *lethal* yang dapat membunuh 50% dari populasi biasanya digunakan untuk dosis injeksi.

Bahan kimia dalam tubuh organisme bereaksi dengan dua kemungkinan yaitu :

1. Sebagai bahan berguna atau dibutuhkan oleh organisme untuk memenuhi kebutuhan fisiologisnya (misalnya dalam kebutuhan energi metabolisme, proses pertumbuhan maupun reproduksi).
2. Merupakan bahan berbahaya, bahan kimia utamanya logam berat, bahan ini akan terakumulasi dalam beberapa jaringan dan bersifat mutagenik atau bahkan carsinogenik

Sebagian dari bahan tersebut yang tidak diperlukan oleh tubuh akan di ekskresikan ke dalam lingkungan sebagai metabolit. Zat atau bahan berbahaya utamanya logam berat baik bersifat esensial maupun non esensial dapat masuk kedalam tubuh organisme tergantung pada berbagai faktor misalnya : Jenis polutan, konsentrasi bahan polutan, bentuk bahan kimia,

tingkat kontaminasi, interaksi antar bahan kimia, pengaruh lingkungan (pH, kadar oksigen dalam air, suhu, kadar garam dan lain-lain), kondisi fisiologis, karakteristik fisik, jenis organisme, fase siklus hidup (telur, larva, post larva, juvenile, dewasa), jumlah makanan yang tersedia (Akas, et al., 2003; Akas, et al. 2013; Soegianto, et al., 2016).

Logam berat merupakan toksikan unik, mempunyai rentang yang lebar, banyak ditemukan di alam, bentuknya bisa berubah sesuai dengan kebutuhan manusia. Toksisitas logam bila bentuk ikatan kimianya berubah Sebagian logam berat merupakan unsur penting karena sangat di butuhkan dalam berbagai fungsi biokimiawi atau faali. Akan tetapi di lain fihak logam berat dapat mengakibatkan sesuatu hal yang sangat berbahaya bagi kehidupan utamanya kesehatan masyarakat apabila logam berat ini terdapat dalam makanan, air maupun udara. Logam berat banyak digunakan dalam berbagai keperluan sehari-hari utamanya pada skala industri artinya secara langsung maupun tidak langsung logam berat telah mencemari lingkungan.

Sejumlah zat kimia diketahui bersifat carsinogenik terutama pada manusia dan hewan misalnya Logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu), merupakan senyawa anorganik padatan terlarut. Logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) seperti logam berat lainnya diketahui sebagai logam yang berbahaya bila keberadaannya dalam tubuh udang melebihi batas ambang. Efek logam ini dapat dilihat melalui akumulasinya pada organ tertentu, juga dapat dilihat secara patologis seperti lethal konsentrasi, secara histologi seperti kerusakan struktur insang, dan fisiopatologi seperti perubahan proses osmoregulasi. Efek tersebut akhirnya akan mengakibatkan ikan atau crustacea akan mengalami stres, kesakitan bahkan kemudian akan berujung pada kematian. Dari hasil analisa apabila di dalam *hepatopancreas*, otot dan insang terdapat cadmium (Cd) maka dapat dikatakan bahwa telah terjadi bioakumulasi logam berat cadmium (Cd) dalam tubuh udang (Kaoud dan Eldahshan, 2004).

Akumulasi kontaminan utamanya logam berat di dalam tubuh organisme dapat berasal dari berbagai sumber yaitu air, udara, *solid phase* (sedimen/tanah, makanan, *suspended solid* dan lain-lain) atau sering dikaitkan sebagai akibat gangguan *athropogenik* (misalnya polusi, perubahan pemanfaatan lahan dari lahan pertanian berubah menjadi lahan industri atau lahan perumahan atau bahkan sebaliknya, atau stres alami (misalnya kekeringan, atau pembekuan).

Beberapa jenis tumbuhan dan hewan baik mikro maupun makro yang secara terus menerus dapat memberikan respon secara langsung berdasarkan waktu baik berupa respon morfologis maupun fisiologis berdasarkan jumlah paparan konsentrasi polutan yang ada, udang adalah

salah satu organisme yang dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran lingkungan dengan cara memanfaatkannya sebagai bahan percobaan.

Bioindikator menyatakan kemampuan organisme yang bersangkutan untuk secara sederhana menunjukkan ada atau tidak adanya beberapa faktor tertentu bahan pencemar dalam lingkungan dan dapat diamati setelah 24 sampai 48 jam setelah terjadinya pencemaran (Kopciuch, et al., 2004). Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan racun logam berat terhadap organisme, misalnya jenis crustaceae, antara lain adalah :

1. Bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut dalam air, interaksi antara logam dan racun lainnya,
2. Pengaruh lingkungan seperti temperatur, kadar garam, dan pH ataupun kadar oksigen dalam air.
3. Kondisi hewan, fase siklus hidup (telur, larva, juvenile dan dewasa), ukuran organisme, jenis kelamin, dan kecukupan kebutuhan bahan,
4. Kemampuan hewan untuk menghindari dari kondisi buruk atau pencemaran (misalnya lari untuk pindah tempat),
5. Kemampuan hewan untuk beradaptasi terhadap racun (misalnya proses detoksifikasi)
6. Daya tahan terhadap berbagai sifat racun, baik berupa racun akut atau racun kronis yang ada lingkungan hidupnya.

Timbal (Pb) dan tembaga (Cu) merupakan mikro polutan yang tersebar luas dan termasuk dalam kategori B3 (Bahan berbahaya dan beracun), dengan toksisitas tinggi terhadap organisme hidup, logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh dalam waktu lama sebagai racun, dapat menyebabkan kerusakan terhadap jaringan atau pada organ yang peka utamanya insang, usus, hati dan ginjal. Bahan berbahaya, bahan kimia utamanya logam berat memiliki efek negatif terhadap kesehatan dan lingkungan, efek kronis bahan beracun tidak segera menampilkan gejala sehingga seringkali terlambat dalam upaya pencegahannya, sebaliknya efek akut diketahui seringkali setelah terjadi kematian (Akas, 1997)

Masuknya bahan pencemar dalam lingkungan merupakan hamburan yang sangat cepat, akan tetapi masuknya bahan pencemar dalam tubuh organisme harus melewati membran sel dan kemudian masuk ke dalam ruang sel, membran sel memegang peranan yang sangat penting dalam mengatur pergerakan bahan pencemar atau bahan kimia sehubungan dengan

derajat kepekatan bahan pencemar dan sisi pembatas membran berdasarkan urutan fungsi sel. Mekanisme masuknya bahan pencemar ini dapat terjadi secara difusi pasif, filtrasi, pengangkutan aktif, difusi aktif dan *pinositosis*. Tingkat bahaya suatu zat kimia berupa logam berat dalam tubuh (*xenobiotik*) adalah kemungkinan dapat menimbulkan kerusakan atau dapat menyebabkan efek gangguan kesehatan merugikan atau bahkan dapat menyebabkan kematian, meskipun hal ini sangat tergantung dengan toksisitas, dosis, lama pemaparan dan respon individu (Darmono, 2001, Akas, 2019c).

Logam berat sangat berbahaya bagi kehidupan karena logam berat bersifat menghambat kerja enzim yakni menghambat proses sintesis enzim pada pembentukan haemoglobin dan sitokrom, atau dapat juga mengganggu enzim melalui pengusuran kofaktor logam yang penting dalam enzim. Sebagai contoh timbal (Pb) dapat menggantikan zink dalam enzim padahal zink sangat diperlukan dalam pembuatan asam δ -*aminolevulinat hidratase* (ALAD), efek ini timbul sebagai akibat adanya interaksi antara logam berat dengan gugus SH (Sulfur dan Hidrogen) di dalam enzim.

Seperti sumber pencemar lingkungan lainnya, logam berat dapat di transfer dalam jangkauan yang sangat jauh di lingkungan baik pada udara, tanah, maupun perairan, selanjutnya berpotensi mengganggu kehidupan biota walaupun jauh dari sumber pencemarnya. Kontaminasi logam berat di lingkungan merupakan suatu masalah besar baik di Indonesia maupun di dunia saat ini. Persoalan spesifik logam berat di lingkungan terutama akumulasinya sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam, serta sekaligus dengan meningkatnya jumlah logam berat maka akan semakin besar pula dampak yang akan ditimbulkan baik terhadap tanah, udara, dan air pada area tersebut.

Tingkat paparan logam berat pada organisme sangat tergantung pada konsentrasi zat, stabilitas ekosistem, mobilitas organisme, dan bioakumulasi potensial, saat ini enam juta lebih senyawa kimia telah diproduksi, zat-zat ini dapat ditemukan di seluruh biosfer dan merupakan bagian dari degradasi alam maupun kegiatan antropogenik, bahan kimia ini bisa terikat dalam siklus biogeokimia dan atau terakumulasi pada rantai makanan, serta baru sekitar 10 % senyawa kimia komersial yang diketahui bersifat mutagenik atau bahkan karsinogenik (Akas.1997).

Pada umumnya efek toksik logam berat merupakan akibat dari reaksi antara logam berat dengan komponen intrasel. Untuk dapat menimbulkan efek toksik maka logam harus masuk dalam sel melalui membran sel akan sangat mudah kalau logam ini bersifat *lipofilik* misalnya

metil mercury, sedangkan bila logam terikat pada suatu protein maka logam ini akan diserap dengan *endosytosis*. Setelah masuk dalam sel maka logam berat dapat mempengaruhi berbagai kerja organel dalam sel sebagai contoh *retikulum endoplasma* yang banyak mengandung berbagai macam jenis enzim. Logam berat selain menghambat sintesis enzim sekaligus juga bisa mengacaukan struktur *retikulum endoplasma*. logam berat menghambat enzim proteolitik di dalam Lisosom yaitu sel tubulus proksimal ginjal sehingga dapat menyebabkan cedera sel. *Mitokondria* sebagai salah satu organel sel juga sering menjadi target logam berat, demikian juga enzim-enzim pernafasan. Bahkan beberapa logam memasuki inti sel dan dapat membentuk badan inklusi dan menyebabkan *adenokarcinoma* pada ginjal (Lawrence dan Hemingway, 2003). Selain itu di dalam *sitosol* dan *nukleus* atau didalam *organel subseluler* dapat meningkatkan ataupun sekaligus mengurangi pergerakan logam berat melintasi membran sel, sehingga sel dapat mengikat atau sekaligus melepaskan logam berat artinya sekaligus dapat menurunkan atau bahkan meningkatkan efek toksik pada organel sel sebagai tempat metabolisme yang peka.

Persoalan spesifik logam berat di lingkungan terutama akumulasinya sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam, sekaligus mempunyai efek fisiologis pada seluruh organisme hidup termasuk organisme akuatik. Besarnya penyerapan bahan kimia pada perairan berdasarkan biokonsentrasi menunjukkan bahwa penyerapan melalui pernafasan dan melalui kulit akan lebih nyata bila dibandingkan melalui rantai makanan. Berbeda dengan timbal (Pb), meskipun tembaga (Cu) merupakan logam berat beracun tetapi unsur logam ini sangat dibutuhkan organisme walaupun dalam jumlah yang sedikit terutama untuk proses biologis khususnya proses respirasi, Kedua logam berat ini sekaligus dapat merubah sifat fisika, kimia, dan biologi lingkungan perairan.

Banyak dilaporkan mengenai konsentrasi logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dalam air dibedakan menurut tingkat pencemarannya dan sangat bervariasi tergantung waktu dan lokasi perairan, tetapi konsentrasi melebihi ambang batas dapat mengakibatkan kematian biota perairan. Beberapa bahan kimia dapat menunjukkan sifat racun yang kuat dan dapat menyebabkan kerusakan selular, akan tetapi pada kebanyakan kasus efek bahan kimia ini dapat diamati ketika bahan kimia ini memasuki peredaran darah, proses metabolisme dan yang terakumulasi dalam berbagai organ (Kopciuch, et al., 2004). Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan racun logam berat terhadap kehidupan udang dan mahluk hidup di perairan lainnya adalah : Bentuk ikatan kimia logam yang terlarut dalam air, interaksi logam dan racun yang lain, serta pengaruh lingkungan, kondisi hewan, fase siklus hidup, ukuran

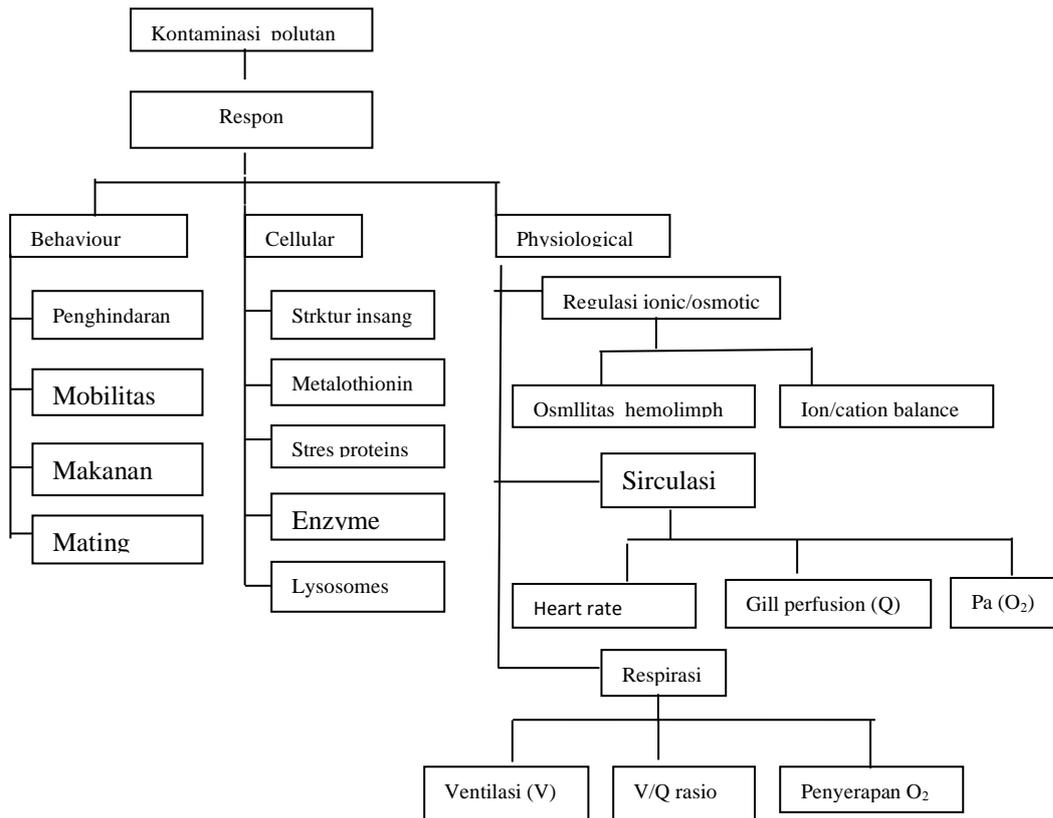
organisme, jenis kelamin, dan kecukupan kebutuhan bahan pangan, kemampuan hewan untuk menghindari dari kondisi buruk polusi (misalnya untuk berpindah tempat), kemampuan hewan untuk ber adaptasi terhadap racun, (misalnya, proses *detoksifikasi*). Maka sebaiknya perairan mempunyai harus kualitas yang baik dan memenuhi syarat untuk kehidupan biota serta bebas dari pencemaran.

Seperti halnya ikan dan crustacea mempunyai enzim sitokrom P450, banyak racun yang dapat di degradasi oleh enzim ini, akan tetapi yang tidak dapat di degradasi akan di akumulasi di dalam tubuhnya, pada diagram diatas ini dapat dilihat secara skematik mekanisme masuknya *xenobiotik* kedalam tubuh ikan dan crustacea. Pergerakan *xenobiotik* ke dalam tubuh organisme dapat berlangsung melalui kulit atau melalui seluruh permukaan tubuh, melalui insang, permukaan paru-paru dan lambung atau usus dan semua proses diawali dengan masuknya xenobiotik melalui permukaan sel atau membran sel . *Uptake xenobiotik* di dalam sel dilakukan melalui 3 rute yaitu, lemak, air dan *endocytolic*. Adsorpsi yakni akumulasi *xenobiotik* melalui batas dua fase yang berbeda yakni berupa larutan masuk pada permukaan padat, diikuti dengan difusi yakni pergerakan *xenobiotik* karena adanya gradien elektrokimia, semua proses ini mempengaruhi proses fisiologi (gen, sel, jaringan, fungsi organ, homeostasis, pertumbuhan, reproduksi, dan tingkat ekologi) kemudian sel akan mengalami kerusakan sehingga dapat menghambat/ menstimulir kerja enzim menyebabkan terjadinya hypoksia yakni terjadinya kekurangan oksigen dalam sel kemudian sel menjadi rusak. Sedangkan osmoregulasi terjadi karena adanya ketidakseimbangan kadar elektrolit bersamaan dengan terjadinya *hypoksia* meskipun dilingkungan hidupnya banyak terdapat oksigen (Soegianto, et al., 2004).

Reaksi antara bahan kimia atau logam berat dengan substrat biologi yang memungkinkan terjadi ikatan kovalen bersifat *irreversible* (tidak bolak balik) sehingga logam berat ini akan terakumulasi di dalam tubuh organisme yang kemudian dapat menyebabkan efek toksik mutagenik dan carsinogenik atau bahkan efek kematian atau dapat dikatakan bahwa logam berat mempunyai efek kronis dan efek akut. Apabila air tawar di sungai terkontaminasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dan logam berat ini masuk kedalam tubuh crustacea atau ikan dengan cara meminum air atau memakan hewan lain (Mikro maupun makro organisme dalam air) yang telah tercemar timbal (Pb) dan tembaga (Cu), secara terus- menerus maka akan terjadi proses bioakumulasi dengan kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang terus meningkat pula (Darmono, 2001, Akas, 2013).

Pada gambar 7 terlihat skema respon sel terhadap xenobiotik utamanya timbal (Pb). Stres pada ikan adalah salah satu bentuk respon fisiologi terhadap suatu stressor yaitu rangsangan atau stimulus dari lingkungan yang melebihi batasan normal, stressor dapat berupa stressor kimiawi, *stressor* fisik, *stressor* biologi dan *stressor procedural* atau *stressor* akibat suatu penanganan manusia misalnya transportasi. Stres terus menerus yang terjadi pada ikan dan crustacea akan mati (Soegianto, et al., 2004).

Stres pada ikan dan crustacea sebagai akibat kimiawi misalnya logam berat dapat mengakibatkan terganggunya proses osmoregulasi. Dapat difahami bahwa lingkungan tercemar logam berat baik timbal (Pb), tembaga (Cu), cadmium (Cd) maupun bahan pencemar yang lain akan selalu meracuni kehidupan yang ada di dalamnya termasuk ikan dan crustacea yang terjadi setiap hari sampai bahan pencemar tersebut hilang atau berkurang. Perubahan fisiologi ikan dan crustacea merupakan perubahan fungsi dan mekanisme serta cara kerja organ, jaringan dan sel-sel organ tubuh ikan dan crustacea karena pengaruh respon fisiologis dari dalam tubuh maupun lingkungannya. Carsinogenik sebagai salah satu akibat pengrusakan sel oleh logam berat adalah terjadinya penggabungan senyawa-senyawa bahan kimia reaktif dengan ikatan kovalen dengan perantara radikal bebas menyebabkan toksisitas polutan menjadi lebih tinggi sehingga terjadi metabolit reaktif dengan reaksi pelipat gandaan jumlah sel, sedangkan pengaruh spesifik paparan bahan logam berat, kimia berdasar waktu secara kuantitatif dapat diketahui sebagai intensitas tanggapan tidak normal adalah pengaruh subletal, letal juga pengaruh mutagenik sebagai bentuk tanggapan daya adaptasi organisme terhadap pencemaran lingkungan dalam waktu yang lama disebut sebagai efek toksik kronis.

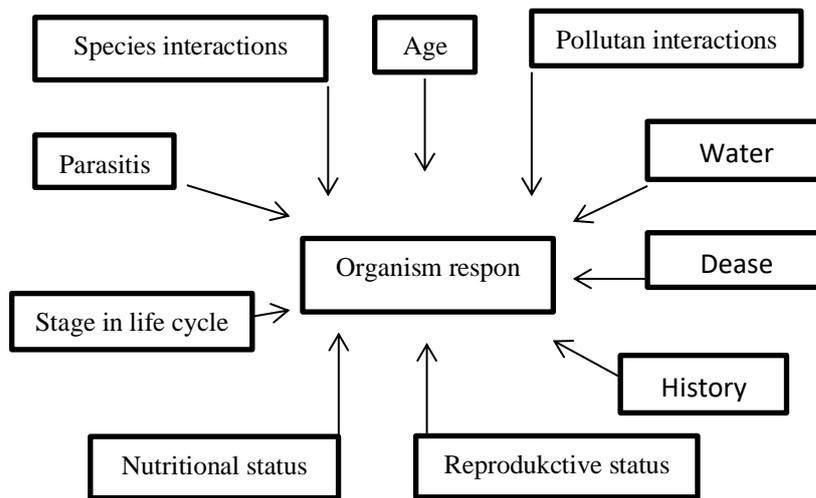


Gambar 7: Respon sel terhadap logam berat timbal (Pb) (Carmichael, et al., 2001).

Faktor yang mempengaruhi respon organisme dalam uji toksisitas, beberapa dampak polutan terhadap organisme hidup terhadap pengaruh toksik adalah sebagai berikut:

- a. *Akut* – datang secara cepat ke dalam suatu krisis (dosis besar waktu pendek)
- b. *Kronis* – berlangsung untuk waktu yang lama (dosis rendah waktu lama)
- c. *Letal* – menyebabkan kematian, atau cukup menyebabkan kematian, dengan pengaruh langsung
- d. *Subletal* – di bawah tingkat yang menyebabkan kematian secara langsung
- e. *Kumulatif* – peningkatan konsentrasi melalui penambahan secara suksesif
- f. *LC (Lethal concentration)*, kematian sebagai kriteria dari toksisitas. Dinyatakan dalam LC50, LC75 yang menunjukkan persentase organisme yang mati pada konsentrasi tertentu. Waktu pemaparan juga penting disebutkan dalam studi toksisitas (48 jam, 96 jam).
- g. *EC (Effective concentration)*, bukan kematian, tetapi gangguan respirasi, perkembangan abnormalitas, perubahan tingkah laku. EC50 48 jam.

- h. *Incipient lethal level*, konsentrasi pada saat toksisitas akut berhenti. 50 % organisme dapat hidup pada periode yang tidak terbatas.
- i. *Safe concentration*, konsentrasi maksimum bahan toksik yang tidak memberikan efek pada suatu spesies setelah pemaparan dalam waktu yang lama terhadap satu atau lebih generasi.



Gambar 8 :Hubungan antara paparan polutan dengan kerusakan fisiologis organisme (Sugianto, 2004).

2.3.2. Timbal / Plumbum (Pb) :

Sifat umum timbal (Pb) adalah sebagai berikut :

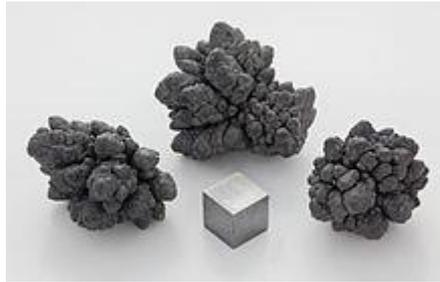
nama simbol : Timbal Pb

Warna : Abu-abu metalik

No Atom : 82

Golongan/blok : Blok D golongan karbon

Bobot atom : 207.2



Gambar 9 : Masa Timbal (Pb) (Darmono, 2001).

Timbal atau sering disebut juga dengan timbel (disebut juga plumbum atau timah hitam) adalah unsur kimia dengan lambang Pb. Plumbum atau timbal merupakan logam berat dengan massa jenis yang lebih tinggi daripada banyak bahan yang ditemui sehari-hari. Timbal memiliki sifat lunak, mudah ditempa, dan bertitik leleh rendah. Saat baru dipotong, timbal berwarna perak mengilat kebiruan, tetapi jika terpapar udara permukaannya akan berubah menjadi warna abu-abu buram. Timbal adalah unsur stabil bernomor atom tertinggi dan tiga di antara isotopnya adalah hasil akhir peluruhan berantai unsur-unsur yang lebih berat. Timbal adalah logam golongan IVA (14) yang relatif lengai atau tidak mudah bereaksi. Logam ini bersifat amfoter; unsur timbal/plumbum (Pb), maupun senyawa oksidanya sangat mudah bereaksi dengan asam maupun basa. Dalam senyawa, timbal biasanya memiliki bilangan oksidasi +2, dan jarang teroksidasi hingga +4 yang umum pada unsur golongan IVA di atasnya. Namun, bilangan oksidasi +4 sering terjadi dalam senyawa-senyawa organotimbal (Darmono, 2001).

Timbal dapat ditambang dari bijih mineral tertentu; hal ini dilakukan sejak zaman prasejarah di Asia Kecil. Galena, bijih timbal yang paling utama, sering mengandung perak, sehingga banyak ditambang dan digunakan di Romawi Kuno. Namun, produksinya menurun sejak keruntuhan Romawi, dan baru pada Revolusi Industri produksi timbal kembali mencapai tingkat seperti zaman Romawi. Pada 2014, produksi timbal dunia melebihi 10 juta ton per tahun, dan lebih dari setengahnya dihasilkan melalui daur ulang. Sifat-sifat timbal yang berguna di antaranya adalah kepadatan tinggi, titik leleh rendah, kemudahan ditempa, dan tahan korosi. Selain itu, logam ini relatif murah dan banyak ditemukan sumbernya, sehingga sering digunakan manusia, termasuk untuk bangunan, pipa air, baterai, peluru, pemberat, solder, cat, zat aditif bahan bakar, dan tameng radiasi. Namun, sejak abad ke-19, sifat racun timbal mulai ditemukan dan penggunaannya mulai dikurangi. Timbal dapat masuk tubuh manusia melalui makanan, minuman, serta udara atau debu yang tercemar. Unsur ini merusak sistem saraf dan mengganggu fungsi enzim dalam tubuh. Timbal sangat berbahaya

terutama untuk anak-anak karena dapat mengganggu pertumbuhan otak. Timbal atau timah hitam, lead atau plumbum (Pb), adalah logam berat berasal dari sumber alami dan antropogenik, bersifat lunak berwarna abu-abu dan mudah diserap oleh tubuh melalui pernafasan dan pencernaan, 95% timbal diikat oleh sel darah merah dan sekaligus diekskresi melalui urine, rambut dan kukudengan waktu paruh yang sulit diperkirakan.

Timbal secara alami masuk ke dalam perairan melalui pengkristalan timbal/ / plumbum (Pb) sedangkan diudara masuk ke dalam tanah dengan bantuan air hujan, Penyebaran logam berat timbal/ plumbum (Pb) diseluruh lapisan kerak bumi hanya lebih kurang 0,0002% dari seluruh jumlah logam berat yang ada. Jumlah ini sangat sedikit diseluruh lapisan kerak bumi hanya lebih kurang 0,0002% dari seluruh jumlah logam berat yang ada. Jumlah ini sangat sedikit apabila dibandingkan dengan kandungan logam berat lainnya, Timbal (Pb), tidak pernah diketemukan dalam bentuk logam murni, Persenyawaan timbal banyak diketemukan dalam bentuk galena (Pbs), anglesit ($PbSO_4$), ternyata sering diketemukan juga dalam bentuk (Pb_3O_4), perak argentum (argentum-Ag), seng (zincum-zing), arsen (Arsenicum-Ar), dan stibi (stibium-Sb), bismut (bismut-Bi) (Sugianto, et al., 2016).

Senyawa timbal (Pb) dalam badan perairan ditemukan dalam bentuk ion divalen atau tetravalen (Pb^{2+} atau Pb^{4+}). Ion Pb tetravalen mempunyai daya racun yang lebih tinggi dibandingkan ion Pb divalen. Tetapi ion Pb divalen lebih berbahaya dibandingkan ion Pb tetravalen. Timbal terdapat pada batuan, tanah, air, udara, tanaman, hewan, proses industri dan sumber-sumber lain. Timbal (Pb) bersifat karsinogenik, dan tersebar lebih luas di alam bila dibandingkan dengan logam berat yang lain. Kadar timbal (Pb) di dalam tanah berkisar 5 sampai 25 mg/kg dan pada air tanah 1 sampai 60 $\mu g/l$ dan agak lebih rendah sedikit di air permukaan, timbal (Pb) mudah diserap melalui pernafasan, makanan maupun kulit. Daya racun di dalam tubuh diantaranya disebabkan oleh pengikatan enzim oleh ion Pb^{2+} . Timbal (Pb) yang terakumulasi dalam tubuh akan tertinggal di dalam daging, insang atau diseluruh bagian tubuh udang dan akan terus meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi timbal (Pb) di dalam air (Hossain dan Khan, 2001).

Keracunan kronis yang disebabkan oleh timbal (Pb) umumnya berupa kerusakan sistem fisiologis tubuh, antara lain : sistem saraf, sistem urinaria (ginjal), sistem endokrin, sistem sirkulasi (darah dan jantung), dan sistem reproduksi (WHO, 1992). Pada crustacea, keracunan timbal (Pb) dapat mengakibatkan kerusakan atau kelainan pada karapac insang dan kelenjar usus. Difusi pasif merupakan cara masuk timbal (Pb) ke dalam sel yang paling efektif.

2..3. Tembaga /Cuprum (Cu).

Cuprum atau tembaga (Cu) adalah mineral yang bermanfaat untuk mencegah dan mengobati defisiensi tembaga. Manfaat tembaga adalah membantu tubuh dalam memanfaatkan zat besi dan gula, serta berguna dalam menjalankan fungsi saraf dan pertumbuhan tulang. Pada bayi, tembaga berperan penting dalam membantu perkembangan otak, sistem kekebalan tubuh, dan pertumbuhan tulang yang kuat. Mineral tembaga sangat penting untuk pertumbuhan tulang karena kekurangan tembaga dapat memicu penyakit *anemia* dan *osteoporosis*. Dalam kondisi normal, kebutuhan tembaga dapat terpenuhi melalui makanan. Namun, saat seseorang tidak dapat mencukupi kebutuhan tembaga dari makanan atau mengalami defisiensi tembaga, maka diperlukan suplemen tambahan. Ada beberapa kondisi yang membuat seseorang perlu mendapat asupan tembaga, misalnya:

- a. Diare.
- b. Gangguan pencernaan, ginjal, dan pankreas.
- c. Luka bakar.
- d. Menjalani operasi bedah perut.
- e. Stres berkepanjangan.

Merek dagang tembaga: *Bufiron*, *Corovit*, *Cymafort*, *Huvabion*, *Mirabion*, *Omegavit*, *Sangobion*, *Tivilac*. Suplemen tembaga aman digunakan asalkan tidak dikonsumsi secara berlebihan. Meski demikian, risiko untuk munculnya efek samping tetap ada, efek samping penggunaan tembaga berlebihan adalah sebagai berikut:

1. Mual parah
2. Sakit kepala yang berkelanjutan
3. Linglung
4. Penyakit kuning
5. Muntah darah
6. BAB berdarah
7. Gejala anemia

Tembaga (Cu) merupakan logam berat banyak dijumpai perairan alami tembaga merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan. kadar tembaga (Cu) dkerak bumi sekitar 50 mg/kg. Untuk dapat masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan tembaga (Cu) dapat masuk melalui bermacam-macam jalur dan sumber. Secara global sumber masuknya unsur

logam tembaga dalam tatanan lingkungan adalah secara alamiah dan non ilmiah. Tembaga atau cuprum (Cu), adalah logam berat berbentuk kristal berwarna kemerahan. Berdasarkan bilangan valensi logam tembaga (Cu) dinamakan juga cupro untuk yang bervalensi +1, dan cuppri untuk yang bervalensi +2. Secara alamiah Cu masuk ke dalam lingkungan sebagai akibat peristiwa alam. Sumber alami tembaga ialah *chalcopyrite* (CuFeS₂), *copper sulfide* (CuS₂), *malachite* [Cu₂ (CO₃)(OH)₂] dan *azurite* [Cu₃ (CO₃)(OH)₂]. Tembaga (CuSO₄.5H₂O) digunakan sebagai algasida di perairan. bermacam-macam aktifitas pelabuhan, aktifitas biota perairan juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan Cu dalam badan perairan.

Sedangkan non alamiah masuk ke tatanan alamiah akibat aktifitas manusia seperti di bidang industri, senyawa tembaga (Cu) banyak digunakan pada industri cat sebagai anti foling, industri insektisida, fungisida. buangan industri, pertambahan Cu, dan lain-lain. CuO banyak digunakan sebagai katalis, baterai, elektroda, penarik sulfur atau belerang dan sebagai pigmen serta pencegah pertumbuhan lumut. Turunan senyawa tembaga (Cu) karbonat digunakan sebagai pigmen, insektisida, fungisida, dan berwarna kuning. Sedangkan senyawa kloridanya digunakan pada bidang metalurgi, fotografi, pemurnian air, dan aditif bahan makanan. Selain itu senyawa tembaga sulfat juga banyak digunakan dalam bidang pertanian, peternakan, industri petroleum dan lain-lain.

Biota perairan sangat peka terhadap kelebihan Cu dalam perairan tempat hidupnya. Konsentrasi Cu terlarut yang mencapai 0,01 ppm kematian bagi fitoplankton kematian tersebut diakibatkan adanya racun sel fitoplankton, jenis crustaceae akan mengalami kematian dalam tenggang waktu 96 jam. bila konsentrasi Cu terlarut berada dalam kisaran 0,17 sampai 100 ppm. Dalam tenggang waktu yang sama mollusca akan mengalami kematian bila Cu berada dalam kisaran 0,16 sampai 0,5 ppm. Konsentrasi Cu pada kisaran 2,5 – 3,0 ppm dalam badan perairan dapat membunuh ikan. Tembaga (Cu) sangat mudah diserap oleh pencernaan, insang, sirip dan kulit. Ketersediaan tembaga (Cu) mengurangi ketersediaan phytat dan menyerap senyawa molibdenum, sulfat organik dan calcium carbonat. Tembaga sulfat CuSO₄. 5H₂O pada budidaya ikan air tawar banyak digunakan untuk pengendalian parasit eksternal, bakteri dan sebagai fungisida, tembaga (Cu) mempunyai peran yang penting dalam peran biologis seperti beberapa logam lainnya, logam berat ini akan sangat berbahaya dalam konsentrasi yang tinggi.

Akumulasi tembaga (Cu) seringkali terdapat pada organ spesifik dan sangat tergantung pada kualitas air yang terpapar, pada crustacea atau pada jenis decapoda pada umumnya akumulasi tembaga (Cu) memiliki konsentrasi relatif lebih tinggi di dalam tubuh, hal ini disebabkan tembaga (Cu) adalah merupakan salah satu komponen *haemocyanin* pigmen pernafasan. Konsentrasi tembaga (Cu) yang tinggi telah dilaporkan di perairan Mersey Inggris sebesar 1,3 - 3,3 µg/L, dan 1,3 - 6,7 µg/L, di Patras Inggris. konsentrasi tembaga (Cu) lebih tinggi 850 µg/l di perairan Hongkong dan 810 - 1.000 µg/L, dan di perairan Algeria (Reddy, 2006, Sogianto, et al., 2016).

Biota perairan sangat peka terhadap kelebihan tembaga (Cu) dalam perairan tempat hidupnya. Konsentrasi tembaga (Cu) terlarut mencapai 0,01‰ mengakibatkan kematian fitoplankton, sebagai akibat terhambatnya aktivitas enzim dalam pembelahan sel, molusca akan mengalami kematian bila konsentrasi tembaga (Cu) dalam badan perairan berkisaran 0,01 sampai 0,5 ‰ jenis-jenis keluarga crustacea akan mengalami kematian dalam tenggang waktu 96 jam, Cu terlarut berkisar antara 0,17 sampai 100 ‰, pada kisaran 2,5 sampai 3,0 ‰ dalam badan perairan dapat membunuh ikan (Mann, 1994), *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) akan mati bila terpapar Cu dengan LC₅₀ 96jam 3,02 ± 0,67 mg/L. Sumber air alami tidak boleh mengandung lebih dari 0.05 mg/l (ppm), WHO menetapkan 0.1 mg/L (WHO, 1992; Soegianto, et al., 2004).

Selain manusia, tumbuhan, hewan darat maupun biota perairan sangat membutuhkan tembaga (Cu) untuk kehidupannya. Kerang membutuhkan jumlah tembaga (Cu) yang tinggi untuk kehidupannya. Selain untuk membentuk cairan tubuh, kerang mempunyai toleransi yang sangat tinggi terhadap akumulasi tembaga (Cu). Pada *Mytilus galloprovincialis*, tembaga (Cu) banyak diakumulasi pada insang, jaringan mantel, sistem *ekskretori*, dan sistem pencernaan. Penelitian pada kerang apabila tembaga (Cu) dalam tubuhnya terakumulasi dalam jumlah tinggi maka bagian otot tubuhnya memperlihatkan warna kehijauan, dan dapat digunakan sebagai petunjuk apakah kerang tersebut masih bisa di konsumsi manusia. Pada *Penaeus monodon* dan *Panulirus polyphagus*, tembaga (Cu) akan lebih banyak di akumulasi pada cephalothorax dari pada di otot atau daging (WHO, 1992; Hossain dan Khan, 2001.)

Berdasarkan hasil penelitian pada *Oreochromis mossambicus*, tembaga (Cu) mengakibatkan *nekrosis* dan *apoptosis* pada insang. pada *Porcellio laevis* menyebabkan kerusakan haemolymph dan *hepatopancreas*. Pada *Cancer maenas* dan *Cancer irroratus* tembaga (Cu) diketahui dapat mengganggu osmoregulasi dan konsumsi oksigen. pada *Panueus*

japonicus tembaga (Cu) dapat mengganggu osmoregulasi, mengakibatkan kerusakan insang dan epipodit. Sedangkan akibat yang lain pada kekurangan tembaga (Cu) maka akan terjadi pengapuran pada sirip, efisiensi pakan yang rendah, anoreksia dan lain-lain (Darmono, 2001).

2.3.4. Mode Of Action

Respon biologi yang terjadi pada uji toksisitas dengan menggunakan dosis akut bahan kimia seringkali digunakan untuk mengetahui bahwa bahan kimia logam berat sangat berpengaruh terhadap kelimpahan ikan pada sungai akibat pengaruh limbah dapat menggambarkan bahwa Pengelolaan air (air yang mengandung polutan) harus diolah terlebih dahulu dengan menggunakan reservoir atau minimal alat penyaring air tertentu misalnya instalasi penyaring air (Ipal) dengan tujuan untuk mengurangi cemaran bahan kimia berbahaya (logam berat) sangat berpengaruh terhadap jumlah kelimpahan ikan yang hidup tanpa memerinci logam berat apa yang terkandung di dalam air yang digunakan untuk budidaya ikan.

Artinya jumlah bahan cemaran (baik dosis maupun konsentrasinya) sangat menentukan efek yang akan ditimbulkan oleh bahan cemaran tersebut, meskipun demikian pada jumlah tertentu logam berat ini sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup secara umum sebagai bahan mikronutrien penting. Beberapa biota laut termasuk udang adalah biota yang hidup didasar laut dan memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya jauh melebihi konsentrasi di perairan sekitarnya dan banyak digunakan sebagai bioindikator adanya logam berat di perairan (Soegianto, et al., 2016).

Sebagian logam berat merupakan unsur penting karena sangat dibutuhkan sebagai fungsi faali, akan tetapi apabila terdapat dalam makanan, air maupun udara akan berakibat buruk bagi kesehatan, termasuk bisa berdampak buruk bisa kesehatan manusia sebagai rantai akhir rantai makanan pada proses kehidupan. Meskipun demikian beberapa logam berat merupakan mikronutrien essensial yang sangat dibutuhkan bagi metabolisme tubuh udang sedangkan beberapa jenis yang lain tidak memiliki peran biologis (non-essensial) bahkan pada kadar yang tinggi sangat mematikan (Dan'azumi dan Bichi, 2004, Akas, et al., 2013).

Bahan toksik lain yang banyak terdapat didalam air dan berpotensi sebagai cemaran adalah:

- a. Bahan yang membusuk yang tidak diolah dari limbah domestik (*Atropogenik*), limbah industri dan berbagai kegiatan pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan dan lain-lain
- b. Nutrisi berlebihan dari *agricultural run off*, pertumbuhan plankton tinggi

c. *Suspended soil* dari sawah, banjir atau terjadinya peristiwa *run off* dari kelimpahan air hujan

d. Polusi suhu dari *power generating plant*

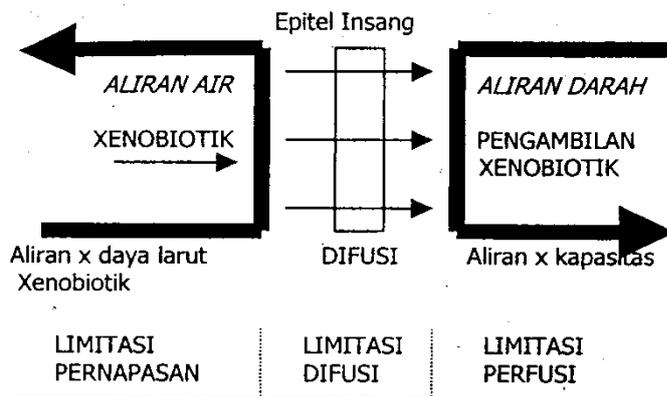
Crustacea dan ikan di laut disebut *hypoosmoregulator* karena cairan tubuhnya mempunyai osmolalitas lebih rendah bila dibandingkan dengan osmolalitas habitatnya (air laut), sebaliknya crustacea dan ikan yang hidup di air tawar disebut *hyperosmoregulator* karena cairan tubuhnya mempunyai osmolalitas lebih tinggi dibanding dengan osmolalitas habitatnya (air tawar), Beberapa *hyperosmoregulator* air laut tidak mampu mengatur cairan tubuhnya di air tawar, meskipun demikian beberapa organisme *euryhaline* mampu berfungsi sebagai hypo- dan *hyperosmoregulator* artinya pada tingkat pencemaran yang tinggi sampai pada batas tertentu udang masih berusaha untuk melakukan adaptasi untuk kelangsungan hidupnya.

Penyerapan logam berat oleh crustacea akan diakumulasi pada jaringan tubuhnya terutama pada bagian *hepatopancreas* dan insang Osmoregulasi organisme diperairan selalu terjadi setiap saat mengingat kondisi perairan selalu berubah baik suhu, kandungan bahan mineral, dan lain-lain, perubahan temperatur dan salinitas air mempengaruhi proses osmoregulasi secara berbeda pada berbagai tahap perkembangan udang *Panaeus stylirostris*, dan sangat berpengaruh terhadap kesehatan udang. Osmoregulasi biasanya dinyatakan dengan kapasitas osmoregulasi yaitu perbedaan antara tekanan *osmotik haemolymph* dengan kapasitas osmotik atau osmolalitas media, hal ini terjadi karena adanya ketidak seimbangan antara kadar elektrolit dalam tubuh dan terjadi secara internal maka ikan menjadi stres dan ikan menjadi mati (Soegianto, et al., 2004).

Kemampuan udang untuk bertahan di air yang tercemar dapat juga digunakan sebagai indikator stres sebagai akibat tebalnya lapisan lumpur (sedimen) dasar kolam, karena udang adalah hewan yang hidup dan mencari makanan selalu di dasar air (Limonnier, et al., 2004), Efek timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai media terhadap osmoregulasi crustacea tergantung pada dosis dan lama waktu pemaparan, ukuran udang dan pemberian pakan, juga dipengaruhi oleh fase dan media crustacea tersebut hidup. Secara berurutan dengan konsentrasi tertentu maka tembaga (Cu) mempunyai daya racun lebih tinggi bila dibandingkan cadmium (Cd) dan timbal (Pb) (Darmono, 2001). Tingginya kerusakan pada struktur insang dan *hepatopankreas*, akan berpengaruh terhadap proses metabolisme enzim dan osmoregulasi pada udang. Selain itu kerusakan pada sel yang disebabkan oleh keracunan cadmium (Cd) timbal (Pb), tembaga (Cu), merkuri (Hg) atau faktor lain, sebagai contoh yaitu

kondisi stres, bisa meningkatkan sensitivitas terhadap infeksi viral dan bakteri, hal ini dapat dengan cepat meningkatkan resiko kematian pada udang.

Bioakumulasi timbal (Pb) pada *Palaemon elegans* 5,88 (5,50-7,90) mg Pb/L *Penaeus monodon* 0,8-1,2 µg/g (Hossain dan Khan, 2001). Selain itu juga terjadi *hiperplasi*, *nekrosis* dan diikuti terjadinya degenerasi sel sebagai akibat terpapar logam berat. Perubahan tersebut lebih terlihat pada toksisitas logam berat dengan konsentrasi tinggi dalam waktu relatif lama baik pada timbal (Pb) maupun tembaga (Cu). (Akas, et al., 2003).



Gambar 10 : Skema masuknya xenobiotik melalui insang (Akas, et al., 2013).

- Keterangan :
-  = Lingkungan /diluar tubuh udang menunjukkan air melalui insang membawa xenobiotik ke dalam tubuh
 -  = Aliran darah di dalam tubuh menunjukkan pengambilan xenobiotik
 - x = Kemungkinan jumlah xenobiotik yang terbawa aliran air saat berada diluar maupun di dalam tubuh hewan.

Pada crustacea insang adalah target utama aksi toksik akut logam berat, termasuk timbal (Pb) dan tembaga (Cu), insang berfungsi sebagai rute utama pengambilan logam berat dari lingkungan. Insang adalah bagian dari tubuh crustacea yang paling permeabel, logam berat diserap insang dan diangkut *haemolymph* ke dalam organ lainnya terutama *hepatopancreas* (Reddy, et al., 2006).

Insang pada ikan dan crustacea mempunyai luas permukaan terbesar di seluruh tubuhnya, sehingga racun baik berupa gas maupun padatan dapat dengan mudah masuk ke dalam tubuhnya lewat insang, masuknya logam berat pada tubuh udang dapat digambarkan sebagaimana pada diagram alur diatas.

2.4. UDANG.

Pada awal tahun 1990 produksi udang dunia merosot seiring dengan peningkatan penggunaan pestisida pada berbagai bidang pertanian, perikanan, perkebunan, sekaligus peternakan dan tidak kalah pentingnya adalah penggunaan berbagai bahan kimia di berbagai bidang industri manufaktur, dan kesehatan, serta industrialisasi, dan yang tidak kalah pentingnya berasal dari limbah rumah tangga. sekaligus timbulnya berbagai macam penyakit utamanya jenis virus penyebab kematian udang. Udang kemudian dipilih sebagai pengganti produksi utama dari berbagai jenis ikan air payau maupun air tawar dengan menggunakan makanan buatan, mengingat bentuknya relatif besar, pertumbuhan yang sangat cepat, mudah diterima di berbagai budaya masyarakat utamanya sebagai bahan konsumsi (Reddy, et al., 2006; Akas, et al., 2013).

Crustacea yang hidup di dasar perairan terdiri atas banyak spesies, seperti udang, kepiting, dan lobster. Jenis organisme tersebut pergerakannya tidak secepat jenis ikan. Karena habitatnya di dasar perairan yang merupakan tempat endapan dari berbagai jenis limbah, maka jenis crustacea ini merupakan bioindikator yang baik untuk mengetahui terjadinya pencemaran lingkungan, hal ini disebabkan banyak jenis crustacea ini memakan *zooplankton* dan *phytoplankton* yang banyak terdapat di dasar perairan sekaligus banyak mengakumulasi logam berat yang berasal dari limbah perairan meskipun kontaminasi logam berat ini tidak selalu melalui makanan ada beberapa cara lain masuknya logam berat dalam tubuh crustacea seperti halnya pada jenis ikan, logam masuk kedalam tubuh crustacea melalui penetrasi membran (*membrane phenomenon*) (Darmono, 2001).

Udang merupakan salah satu bahan makanan sumber protein hewani yang bermutu tinggi. Bagi Indonesia berbagai jenis udang termasuk udang merupakan salah satu primadona ekspor non-migas. Permintaan konsumen dunia terhadap udang tiap tahunnya meningkat, sehingga syarat mutu udang yang di ekspor juga meningkat. Mutu hasil udang untuk kebutuhan ekspor harus memenuhi kriteria *food safety* yang telah di sepakati oleh masyarakat dunia baik menyangkut *hazard analysis* (HACCP), *Best Management Practices* (BMP), hingga persyaratan ramah lingkungan (Environmental Controls). Salah satu pendukung bagus tidaknya mutu udang dapat di ketahui dengan melihat kandungan logam berat pada udang.

Udang merupakan salah satu boga bahari yang banyak dikonsumsi di seluruh dunia. Dalam dunia hewan, udang masuk ke dalam ordo decapoda dan banyak dibudidayakan secara komersial dalam budi daya perairan, dengan rincian kandungan gizi pada halaman berikutnya sebagai berikut:

Tabel 2: Rata-rata kandungan gizi pada udang.

No	Kandungan zat gizi	Jumlah	Keterangan
1	Kolesterol	189 mg	
2	Natrium	111 mg	
3	Kalium	259 mg	
4	Karbohidrat	0,2 g	
5	Protein	24 g	
6	Vitamin A	0%	
7	Zat besi	0,5 mg	
8	Vitamin B12	0%	
9	Kalsium	70 mg	
10	Vitamin B6	0%	
11	Magnesium	39 mg	

(Sari, 2019)

Penyerapan logam berat oleh udang utamanya Cuprum (Cu) and Plumbum (Pb) akan diakumulasi pada tubuhnya dan tidak bisa dibiodegradasi atau dikeluarkan dari tubuh dan terakumulasi dalam jaringan makluk hidup. Cuprum dan plumbum dalam jumlah sedikit sangat dibutuhkan pada proses metabolisme tubuh akan tetapi paparan dalam jumlah berlebih bersifat racun. Sehingga pada kadar tertentu dapat meningkatkan resiko kematian (Akas. et al., 2013).

Pencemaran logam berat seringkali berasal dari limbah industri, limbah domestik atau penggunaan pestisida pada budidaya pertanian, perkebunan demikian juga pada usaha perikanan khususnya budidaya udang (Akas, 1997; Akas, et al., 2003). Penelitian ini mengidentifikasi besarnya rata2 logam berat Cu dan Pb pada berbagai jenis udang yang tersedia dipasar tradisional karena udang yang dijual seringkali dalam keadaan mati.

2.4.1. Taksonomi Udang

Udang adalah termasuk golongan udang Palaemonid dan udang jenis panaeidea yang hidup di air tawar atau dapat di budidayakan di kolam atau sungai dengan salinitas yang berbeda-beda (*euryhaline*), udang relatif tahan terhadap perubahan suhu (*eurythermal*) yakni antara 22°C sampai dengan 31°C. dan secara alami jenis makanan udang sangat bervariasi tergantung pada tingkatan umur udang.

Warna kulit udang sangat dipengaruhi oleh kandungan protein (*astaxanthine*) yang dikonsumsinya. Di Indonesia warna kulit udang pada umumnya biru kehijauan, kadang ditemukan berwarna agak kemerahan, warna kulit ini biasanya juga dipengaruhi oleh lingkungan setempat (terjadi adaptasi fisiologis) misalnya umur dan kondisi lingkungan (Susanto, 2009).

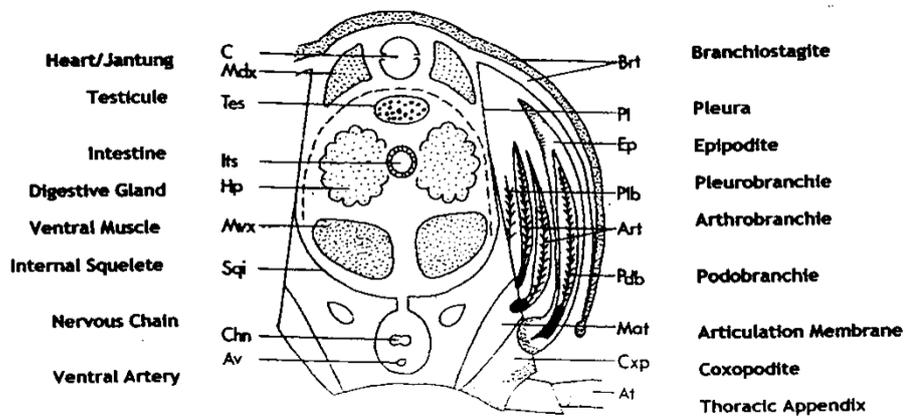
Crustaceae termasuk di dalamnya kepiting, cumi2 dan berbagai jenis udang dijual sebagai bahan pelengkap (lauk pauk, atau bahkan sering digunakan pada proses kebudayaan tertentu) maupun sekedar sebagai bahan penyedap atau bahan campuran bahan yang di konsumsi. artinya udang bisa dikonsumsi langsung sebagai lauk, campuran bahan kerupuk, petis, atau bahan awetan yang lain.

Udang dapat digolongkan hewan bioindikator meskipun setiap hewan diperairan selalu mempunyai kemampuan untuk melakukan osmoregulasi (sebagai upaya menetralkan racun disekitar lingkungan hidupnya) maka kemampuan hewan yang hidup di perairan salah satunya udang sangatlah tergantung kepada kemampuan fisiknya untuk menghindari racun yang ada di lingkungan hidup (perairan) atau dapat dikatakan bahwa semakin besar bentuk fisik udang maka kemampuan osmoregulasinya akan semakin tinggi, akan tetapi jelas terdeteksi bahwa semakin banyak cemaran logam berat di perairan dan semakin lama umur udang maka kadar rata-rata timbal (Pb) dan tembaga (Cu) semakin tinggi (Akas, et al., 2013., Soegianto, et al., 2016). Penelitian Akas et al., (2019c), menerangkan bahwa jenis udang rebon mempunyai kemampuan osmoregulasi paling rendah apabila dibandingkan dengan jenis udang yang lain, mengingat jenis udang rebon mempunyai bentuk fisik sangat kecil. Akan tetapi semua jenis udang akan sulit beradaptasi pada kondisi air yang keruh/kotor demikian juga pada air dengan tingkat pencemaran tertentu.

2.4.2. Morfologi Udang

Berbagai jenis udang yang ada di dunia, adalah termasuk jenis hewan bersegmen primitif,

badan terdiri dari 3 bagian yaitu kepala dan dada (*cephalothorax*), badan (*abdomen*) dan ekor (*uropoda*). Tubuh beruas-ruas dan terbungkus kerangka luar (*eksoskeleton*) yang terbuat dari bahan *chitin*. Pada bagian kepala-dada terdapat pelindung yang disebut karapac dan pada kepala bagian depan berbentuk lempengan kerucut bergerigi (*rostrum*) yang melebar pada bagian ujungnya bentuknya memanjang dan melengkung keatas, pada bagian atas terdapat gigi atau gerigi seperti gergaji berjumlah 12 buah dan bagian bawah 11 buah, patokan menghafal jumlah gerigi *rostrum* adalah 12 ± 2 gerigi rostrum bagian atas dan 11 ± 2 gerigi *rostrum* bagian bawah (Jayachandran 2001), sedangkan jumlah gerigi pada bagian kepala dan bentuk lengkungan-lengkungan pada *karapac*, besarnya tubuh dan bentuk kepala udang kebanyakan tergantung pada jenis udangnya.



Gambar 11 : Potongan transversal cephalothorax letak posisi insang Bouaricha.

(Jayachandran, 2001).

Selain sebagai tempat pergantian udara pada saat proses pernafasan sekaligus insang adalah tempat keluar masuknya bahan kimia utamanya logam berat kedalam tubuh udang secara langsung.

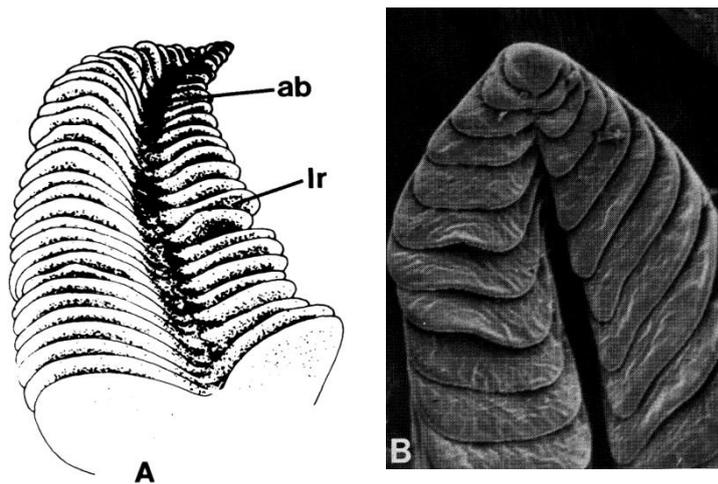


Gambar 12 : Potongan *lateral cepalothorax* menunjukkan tempat insang arah lateral

(Foto :Akas, 2019).

Insang adalah struktur paling sempurna dari badan ikan maupun *crustacea*, insang ini mempunyai sifat mudah terluka, hal ini disebabkan letaknya pada bagian eksternal tubuh dan langsung kontak dengan air sehingga dapat di fahami bahwa insang adalah bagian struktur tubuh yang paling mudah rusak sebagai akibat terpapar oleh berbagai jenis material baik material mikro maupun makro, misalnya parasit, logam berat, mineral, dan lain-lain. Sekaligus insang merupakan tempat suplai gizi yang baik sehingga insang sangat disukai parasit, seperti terlihat pada gambar 12 (Susanto, 2009; Soegianto, et al., 2004).

Insang rata-rata pada berbagai jenis udang termasuk tipe *phyllobranchiate*, insang udang termasuk tipe *phyllobranchiate* yang paling mudah untuk diamati adalah pada insang udang galah *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) termasuk tipe *phyllobranchiate* yang terletak dalam ruang insang (*branchial chamber*) yang tertutup dan dibatasi oleh segmen thorax (*pleura*) serta perpanjangan *lateroventral karapac* (*branchiostagite*) ruang bagian *posterior* lebar, namun ruang *anterior* menyempit.



Gambar 13: *Lamella* insang udang (Jayachandran, 2001).

Gambar 14 : *Lamella* insang udang lateral

Pada ketiga gambar diatas dapat memperlihatkan bahwa insang ke 6 sebelah kanan, susunan *lamella* pada *lamella branchial* dan penampang lintang *lamella* insang udang dengan bagian-bagiannya, Karakteristik morfologi *dekapoda* yang termasuk dalam *crustacea* adalah didasarkan pada bentuk khusus insang, *protocephalic* dan *foregut*. Insang udang menempati hampir setengah bagian dari udang dibagian lateral tubuh sehingga selain proses masuknya air kedalam tubuh udang karena aktifitas metabolisme udang, ketika metabolisme udang terjadi maka secara otomatis air akan masuk kedalam insang maka jumlah cemaran logam berat dalam air dan reaksi bahan aktif apabila berlekatan dengan sel yang hidup maka bahan aktif akan segera bereaksi untuk memasuki sel tersebut (Jayachandran, 2001).

Insang (*pleopods*) adalah satu-satunya area *permeabel kutikula* yang ditutupi oleh *kutikula* tipis yang terdiri dari *endocuticula* dan lapisan *epitel*, *haemolymph* insang terdapat dibawah lapisan epitel yang berisi *haemocytes*, Insang terletak dibawah *operculum* merupakan *fusi* dari 1 pasang *pleopods* pada jenis udang jantan dan 2 pasang *pleopods* pada jenis udang betina. Insang adalah bagian permukaan eksternal tubuh udang yang paling *permeable* dan merupakan bagian utama tubuh udang terkait *regulasi ionik* dan *osmotik* (artinya semua proses terjadinya pertukaran ion-ion yang dibutuhkan untuk kehidupan udang utamanya selalu terjadi pada bagian insang tubuh selain pada seluruh permukaan kulit atau tubuh udang). Insang (*pleopods*) adalah satu-satunya area *permeabel kutikula* yang ditutupi oleh

kutikula tipis yang terdiri dari *endocuticula* dan lapisan *epitel*, *haemolymph* insang terdapat dibawah lapisan *epitel* yang berisi *haemocytes*, Insang terletak dibawah *operculum* merupakan fusi dari 1 pasang *pleopods* pada jenis udang jantan dan 2 pasang *pleopods* pada jenis udang betina. Insang mempunyai komponen relatif sedikit bila dibandingkan dengan komponen struktur tubuh yang lain yaitu : *epithelium*, *endothelium*, sel pilar, *fibrosa* dan *stroma kartilaginous* di dalam *lamella primer*, sel mukus, sel klorida, sel *granul eosinofil* dan *makrofag*. Insang pada *decapoda* ini mempunyai peranan yang sangat penting untuk berlangsungnya kehidupan utamanya pada jenis ikan dan *crustacea* (Jayachandran, 2001) sebagai berikut :

1. Pertukaran gas respirasi
2. Pertukaran ion dalam proses ekskresi
3. *Regulasi osmotik*
4. Mengatur keseimbangan asam dan basa
5. Absorpsi ion Ca^{++} yang berperan dalam klasifikasi lapisan kutikula.

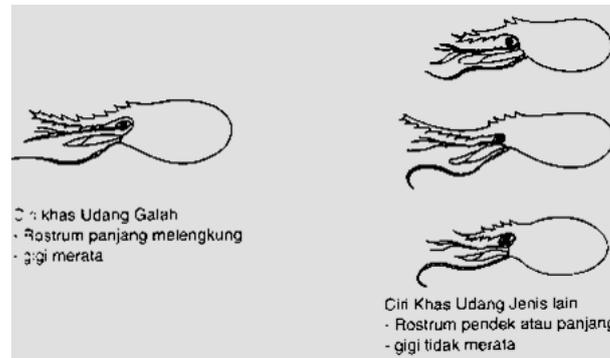
Pada *cephalothorax* terdapat 5 pasang kaki jalan dan tertutup oleh karapac maka segmennya tidak terlihat dari luar, sedangkan pada abdomen segmennya terlihat jelas. Jumlah keseluruhan segmen udang *paneidea* umumnya 20 buah termasuk bagian kepala yang mempunyai mata bertangkai, dan masing-masing segmen badan tersebut memiliki anggota badan yang fungsinya berbeda. Bentuk kepala *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) fase dewasa dengan kepala udang jenis lain dewasa perbedaan dengan jelas terlihat pada bentuk rostrum termasuk jumlah gigi yang ada pada *rostrum*.

Kepala berbentuk kerucut, *rostrum* melebar pada bagian ujungnya, bentuknya memanjang dan melengkung ke atas, *rostrum* berbentuk lanset dan memiliki 11 gigi atas dan 5 gigi bawah, terdapat rambut diantara gigi. Bagian kepala terdiri dari 5 ruas, sepasang mata majemuk yang bertangkai terletak pada ruas pertama dan bisa digerakkan. Sungut pertama terdiri dari 3 ruas yang terletak pada ruas kedua bagian kepala dan ujungnya bercabang. Perbedaan bentuk kepala udang, memperlihatkan beda jenis atau species udang, untuk lebih jelasnya perbedaan bentuk kepala udang.

Fase *juvenile* (fase udang muda) memakan *diatomeae*, *cyanophyceae*, di dasar perairan selain itu udang juga memakan anak tiram teritip, udang-udangan (*crustaceae*), *annelida* dan *detritus* (sisa hewan dan tumbuhan yang membusuk). Sedangkan pada udang dewasa

memakan *molusca* (kerang, tiram, siput), *annelida (polychaeta)*, dan anak serangga (*chironomus*) dan lain-lain.

Gambar dibawah ini memperlihatkan perbedaan bentuk kepala udang galah dengan udang jenis lain dapat dilihat pada gambar 15 sebagai berikut:



Gambar 15 :Perbedaan berbagai bentuk kepala udang dewasa (Jayachandran, 2001).

2.4.3. Siklus Hidup Udang

Siklus hidup melalui 4 tahap yaitu, masa telur, larva, *juvenile* dan dewasa. Udang pada masa matang kelamin. Pada saat pemijahan telur disimpan pada bagian bawah perut (*broad chamber*) yang terletak di bagian *ventral abdomen*. Pada awalnya telur bersifat menempati 2 habitat. Saat dewasa kelamin dan menetas menjadi plankton sampai larva stadium 11, berlangsung selama 30 sampai 35 hari, Setelah telur hasil perkawinan udang di erami di bawah perut induk, untuk jenis udang galah telur selanjutnya ditetaskan di muara sungai berair payau sedangkan untuk jenis udang yang lain terutama jenis udang budidaya maka pemijahan telur biasanya dilakukan pada tempat khusus pemijahan sampai pada umur tertentu larva kemudian dipindahkan ke kolam pembesaran. Sedangkan untuk jenis udang galah, telur dalam air payau menetas berbentuk plankton melayang-layang dalam air, bergerombol, berenang mendekati lingkungan yang terkena pancaran sinar matahari, sedangkan pada sistem budidaya intensif maka (terutama sistem tambak) maka larva udang bahan pangan tertentu sebagai bahan makanan utama larva udang.

Pada setiap fase biasanya diikuti dengan pergantian kulit (*moulting*), yang sangat dipengaruhi oleh umur udang serta jumlah dan kualitas pakan, udang muda lebih sering berganti kulit, sedangkan pada udang dewasa *moulting* akan terjadi setiap akan melakukan

aktivitas perkawinan (*pre mating moult*). Udang hidup di air payau setelah *juvenile* sampai stadium dewasa hidup di air tawar. Pada sistem budidaya udang biasa dipelihara berumur antara 5 sampai 8 bulan atau sangat tergantung pada dan sistem budidaya demikian juga akan sangat tergantung pada jenis udang yang dibudidayakan, Sampai usia panen untuk jenis udang budidaya akan tetap berada pada tambak saat larva ditebar (Susanto, 2009).

Khusus pada jenis udang galah yang hidup di alam dapat memijahkan telurnya dalam air tawar yang berjarak puluhan kilometer dari laut, saat dewasa dan matang kelamin kembali ke air payau, telur setelah menetas hanya hidup di lingkungan air payau dan selanjutnya larva akan terbawa arus sungai menuju ke muara yang langsung berhubungan dengan laut. Di muara sungai dengan kondisi airnya payau, larva udang melakukan *metamorfosis* sampai menjadi *juvenile*. memang untuk jenis udang galah mempunyai kekhususan dalam hal pembiakannya akan tetapi sekarang sudah mulai banyak diusahakan untuk budidaya udang galah dilakukan secara intensif ditambak udang sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan hasil produksi yang selama ini untuk jenis udang galah selalu mengandalkan produksi berdasarkan hasil tangkapan di alam liar.

Pertumbuhan udang rata-rata sangat dipengaruhi oleh faktor alam yaitu faktor suhu, media tanah, air, jenis pakan, dan intensitas cahaya. Dalam perkembangannya berbagai jenis udang rata-rata mengalami 11 kali ganti kulit (*moulting*) untuk jenis udang yang mempunyai bentuk fisik cukup besar sedangkan udang dengan fisik relatif kecil pergantian kulit (*Moulting*) rata-rata kurang dari 11 kali, sebelum mencapai fase post larva (PL), pada keadaan yang baik udang dapat melakukan ganti kulit setiap 2-40 hari sekali. panjang karapac $\pm 2,5$ sampai dengan 3 mm, telson 2 pasang pada ujung posterior dengan pasangan berambut. Sedangkan pada udang galah fase pertumbuhan dari masa larva sampai dewasa secara berturut-turut kemudian *juvenile* menjadi udang dewasa atau udang matang kelamin dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 16:Perkembangan juvenile sampai dewasa pada udang galah (Foto : Akas, 2019).

Setelah larva berumur 40 hari atau diperlukan waktu maksimal 45 hari, pada usia 40 hari menjadi udang muda (*fase juvenile*) dengan panjang ± 8 mm dan memerlukan waktu ± 1 bulan perkembangan juvenile setelah berusia lebih dari 45 hari meskipun demikian dapat dikatakan bahwa dari fase post larva sampai fase juvenile memerlukan waktu 1 sampai 2 bulan kecuali udang budidaya ditambak dengan umur relatif pendek atau sangat tergantung jenis udangnya, semakin kecil bentuk fisik udang maka usia per pertumbuhan sampai siap panen relatif membutuhkan waktu lebih singkat bila dibandingkan dengan udang dengan fisik yang besar.

2.4.4. Karakteristik Udang

Hampir semua jenis udang bersifat *omnivora*, dan cenderung aktif mencari makanan pada malam hari. Kelompok udang ini tergolong udang *palaemonid* yang hidup di air tawar berbeda dengan udang famili *penaeidae* yang kebanyakan hidup di air payau, seperti udang windu dan udang putih atau pada rata-rata jenis udang *vannamei* yang hidup di air payau, udang dipelihara dan dibesarkan dalam kolam pemeliharaan, tambak air payau dan sungai air tawar, pada jenis udang *penaidea* hampir semua bentuk kaki jalan relatif sama artinya tidak memanjang dan membesar seperti yang dapat dilihat jenis udang galah dan jenis udang raksasa atau lobster yang hidup di laut, dalam jenis jantan pada udang galah dan jenis lobster memiliki sepasang kaki jalan tumbuh memanjang, panjang dapat mencapai 1,5 kali panjang badannya sehingga sering disebut sebagai galah atau penggalah, sedangkan pada betina kaki ke 2 relatif lebih kecil. 5 pasang kaki renang terdapat di bagian bawah *abdomen*, pada jenis betina kaki renang juga berfungsi untuk menempelkan telur (Susanto; 2009).

2. Habitat Dan Penyebaran

Di Indonesia udang banyak di temukan di muara sungai besar, dan hampir seluruh kepulauan di Indonesia mempunyai sungai yang besar maka udang secara umum sangat banyak. Kemudian pada perkembangannya budidaya ini banyak digunakan dengan cara

pemeliharaan di sawah-tambak dengan mengandalkan benih dari Balai budidaya air payau yang terdapat hampir diseluruh Indonesia, sedangkan habitat asli udang adalah di balik bebatuan, rerumputan, lubuk tempat turbulensi air, atau selalu berjalan dipinggiran sungai yang dangkal bahkan hampir disetiap perairan sungai besar maupun kecil selalu terdapat berbagai jenis udang akan tetapi dengan ukuran fisik relative kecil. Di dunia secara umum populasi udang tersebar di berbagai benua Amerika, Thailand, Melayu, Jepang, China, India, Vietnam dan Indonesia (Asia) atau secara umum udang dapat hidup di iklim *subtropikal* dan *pantropikal* Udang biasa hidup di sungai besar utamanya dekat dengan muara (laut) atau dapat hidup dengan baik di lubuk yang dalam artinya dapat hidup di dalam air tawar (Jayachandran, 2001; Soegianto, et al., 2016).

2.4.5. Respon Fisiologis Udang Terhadap Kualitas Air

Udang termasuk jenis udang yang toleran terhadap lingkungannya dan mampu hidup pada kisaran kadar garam (*salinitas*) air yang luas yakni mulai air payau sampai air laut dalam dengan kadar garam yang sangat tinggi . Mulai fase larva sampai dewasa udang hidup di air dengan tingkat salinitas antara 0 ‰ sampai dengan 12‰ atau bahkan lebih atau salinitas air laut, namun pertumbuhan udang di air tawar tetap lebih cepat bila di dibandingkan dengan air berkadar garam, walaupun di beberapa negara sebagai pembudidaya udang, air dengan salinitas 3‰ sampai dengan 4‰ masih di rekomendasikan (susanto,2009)



Gambar 17: Benih udang atau tokolan (Susanto,2009).

Pada sistem budidaya selain pengetahuan tentang tempat hidup maka beberapa faktor pendukung sistem budidaya harus terpenuhi misalnya benih harus baik, iklim, topografi dan kesiapan tenaga kerja. Benih udang atau tokolan harus dalam keadaan baik sehat, umur dan

ukuran seragam dan berasal dari satu siklus satu jenis udang, umur $\pm 1-1.5$ bulan dengan ukuran rata-rata 3-5 cm, sudah melewati uji ketahanan hidup atau uji adaptasi, sehingga dapat dikatakan bahwa kualitas benih udang sangat menentukan produktifitas budidaya atau dapat dikatakan sebagai benih kualitas baik.

Pada udang galah padat penebaran per meter pemeliharaan monoculture dan pemberian pakan tidak intensif adalah sebanyak 5-10 ekor/m² sedang pada pemberian pakan intensif padat penebaran dapat mencapai 20-30 ekor/m² dengan pemberian pakan dan pemeliharaan yang baik maka jumlah padat penebaran per meter akan lebih banyak. sedangkan pada udang dengan ukuran fisik tubuh relative kecil maka padat penebaran akan berbeda. Meningkatkan padat penebaran bibit pada budidaya intensif tidak selalu dapat meningkatkan hasil hal ini terkait dengan keterbatasan daya dukung ekosistem kolam, sekaligus tingkat kompetisi setiap ekor udang hal ini sangat berkaitan dengan sifat udang yang *omnivora* dan kemungkinan terjadi kanibalisme yang sangat tinggi pada fase *moulting*.

Tidak ada standart baku kualitas air untuk setiap lokasi budidaya udang, untuk memastikan keamanan kualitas sumber air maka syarat kualitas air yang dibutuhkan pada budidaya udang dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3: Keperluan kualitas air untuk pemsaran udang

No	Parameter	Kadar disarankan	Kadar mematikan (M) dan kadar kritis (K)
1	Suhu (°C)	28-31	2(K). 1 (M)
2	pH (Unit)	7.0-8.5	-
3	Oksigen terlarut (ppm DO ₂)	3-7	-
4	Salinitas (ppt)	<10	-
5	Kecerahan (cm)	25-40	-
6	Alkalinitas (ppm CaCO ₃)	20-60	-
7	Total Hardness (ppm CaCO ₃)	30-150	-
8	Ammonia (ppm CaCO ₃)	<0,3	>0.5 pada pH 9.5 (K)
9	>1,0 pada pH 9,0 (K)	-	-
10	>2,0 pada pH 8,5 (K)	-	-
11	Nitrit (ppm NO ₂ -N)	<2.0	-
12	Nitrat (ppm NO ₂ -N)	<1.0	-

13	Boron (ppm B)	<0.75	-
14	Besi (ppm Fe)	<1.00	-
15	Tembaga (ppm Cu)	<0.02	-
16	Mangan (ppm Mn)	<0.10	-
17	Seng (ppm Zn)	<0.20	-
18	Hidrogen sulfida (ppm H ₂ S)	Nihil	-

Catatan : Tanda (-) berarti belum diketahui pasti atau tidak ada rekomendasi spesifik (Susanto, 2009).

Pada dasarnya pakan alami berbagai jenis udang adalah sama yaitu terdiri dari udang-udang kecil, fitoplankton , lumut dentritus dan lain-lain, Beberapa pakan alami yang tersedia dan beberapa jenis udang relative sama yaitu :

- a. Udang kecil (rebon)
- b. *Fitoplankton*
- c. *Copepoda*
- d. *Polychaeta*
- e. Larva kerang
- f. Lumut.

Akan tetapi pada budidaya udang secara intensif dengan padat penebaran bibit relatif tinggi maka pakan udang berasal dari alam selalu tidak mencukupi sehingga dibutuhkan pakan tambahan. Sedangkan budidaya udang pada air payau di tambak atau sawah yang dilakukan secara intensif biasa dilakukan pada sistem tambak (tempat tidak berpindah tempat mulai umur larva sampai dengan udng dewasa, pada luasan tertentu dengan tingkat kepadatan yang tinggi) cenderung menggunakan bahan pakan buatan yang sering disebut Pellet (terdiri dari campuran dedak dan ikan-ikan kecil atau bahkan dicampur dengan bubuk tulang atau cangkang kerang sebagai upaya penambahan protein), berdasar hasil penelitian (.....) pellet adalah salah atu sumber pencemaran Cu (tembaga) baik diair maupun tubuh udang.

2.4.6. Beberapa Jenis Udang Di Jual Di Pasar Tradisional Surabaya

Udang yang dijual dipasar tradisional kota Surabaya cenderung dalam keadaan mati, rata-rata berasal dari jenis udang vannamei (dengan ukuran relatif kecil) hanya sebagian kecil yang dijual dalam kondisi hidup. Kalau udang tersebut dijual dalam kondisi hidup biasanya dijual dengan harga relatif mahal dan tidak terjangkau oleh masyarakat level bawah (atau rata-rata dikonsumsi oleh golongan tingkat menengah keatas). Seperti diketahui bersama bahwa udang yang dijual di pasar tradisional selalu dalam keadaan mati, sekaligus ada kemungkinan udang supaya tidak cepat mengalami pembusukan maka hampir setiap jenis udang yang dipasarkan diberi pestisida dengan ukuran relatif, untuk menghindari pembusukan. Sedangkan udang dengan ukuran relatif besar yang dijual dalam keadaan hidup biasanya terdapat dipasar modern atau supermarket atau bahkan dalam keadaan hidup (Akas, et al., 2019c).

a. Udang Galah, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)

Salah satu jenis *subfilum crustacea* adalah jenis udang *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) disebut juga udang watang, udang satang atau congkah. Udang dapat dikatakan sebagai udang air tawar asli Indonesia, di dunia banyak terdapat jenis udang air tawar, namun yang dapat mencapai ukuran tubuh besar hanya jenis udang *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) atau disebut *Freshwater Giant prawn* (udang air tawar raksasa).

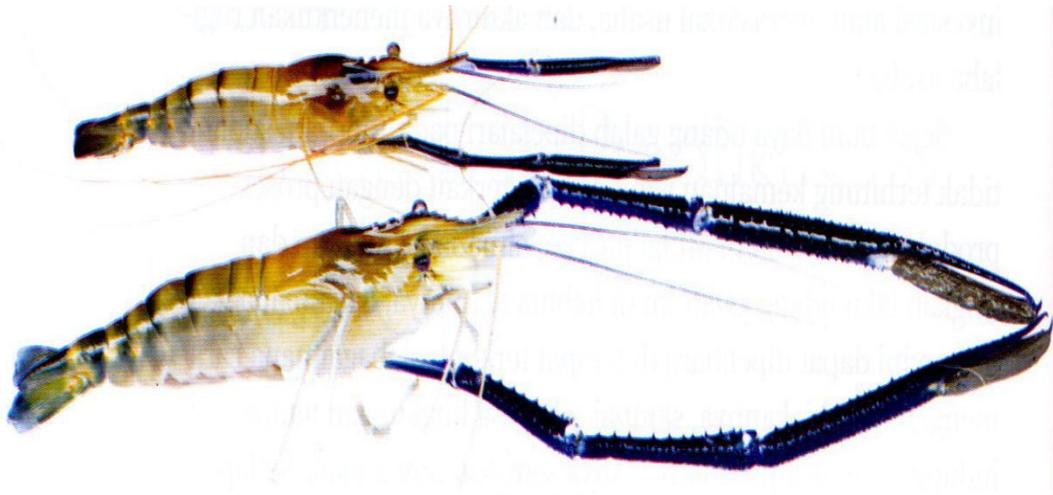
Udang galah jantan dan betina dapat dilihat dari perbedaan bentuk badan, letak alat kelamin serta bentuk dan ukuran pasangan kaki jalan kedua. Udang galah jantan memiliki perut ramping, kepala besar, ruang bawah perut sempit, alat kelamin (*petasma*) terletak pada pangkal kaki jalan ke 5, udang betina tubuhnya lebih pendek dan tidak membesar, perut lebih gemuk melebar, kepala lebih besar, ruang bawah perut membesar, alat kelamin (*thelicum*), terletak pada kaki jalan ke 3. Populasi udang galah hidup dan tersebar di negara Amerika, Thailand, Melayu, Jepang, China, India, Vietnam, Indonesia di daerah subtropikal dan pantropikal (Jayachandran, 2001), dan banyak diketemukan di lubuk dan beruaya di sepanjang sungai antara muara dan hulu sungai. Klasifikasi udang *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) adalah sebagai berikut

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Sub filum : Crustacea

Kelas : Malacostraca
Subklas : Eumalacostraca
Super order: Eucarida
Order : Decapoda
Sub order : Caridea
Super famili: Palaemonoidea
Famili : Palaemonidea
Sub famili : Palaemoninae
Genus : *Macrobrachium*
Species : *Macrobrachium rosenbergii* (de Man).



Gambar 2. 4 : Bentuk morfologi udang *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) dewasa jantan dan betina (Foto: Akas, 2019).

Di Indonesia udang galah banyak ditemukan di muara sungai besar dengan habitat asli di balik bebatuan dan rerumputan. Udang galah bersifat toleran mampu hidup pada kisaran dengan *salinitas* air luas. Fase larva stadium 1 sampai fase dewasa hidup di air *salinitas* antara 0‰-18‰, pertumbuhan udang galah dewasa di air *salinitas* 0‰ lebih cepat dibanding

di air berkadar garam, di beberapa negara air *salinitas* antara 3‰-4‰ masih direkomendasi pada budidaya udang galah (Susanto, 2009).

b. Udang Vanamei (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vanamei merupakan salah satu komoditi budidaya perikanan yang memiliki harga cukup tinggi dipasaran. Banyaknya peminat atas kuliner seafood mengakibatkan permintaan terhadap udang jenis ini juga kian melejit. Oleh karenanya banyak petani tambak yang mulai membudidayakan udang vanamei ini karena menawarkan keuntungan yang baik. Udang Vaname sendiri memiliki keunggulan berupa tahan terhadap wabah penyakit, pertumbuhan yang cepat dan juga waktu pemeliharannya yang terbilang singkat antara 100 -110 hari

Klasifikasi udang jenis *Litopenaeus vannamei* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Subkingdom : Metazoa
Filum : Arthropoda
Subfilum : Crustacea
Kelas : Malacostraca
Subkelas : Eumalacostraca
Superordo : Eucarida
Ordo : Decapoda
Subordo : Dendrobrachiata
Famili : Penaeidae
Genus : *Litopenaeus*
Spesies : *Litopenaeus vannamei*



Gambar 18: Udang *Litopenaeus vannamei* (Foto: Akas, 2019).

. *Litopenaeus vannamei* udang ini termasuk pada kelompok omnivora atau pemakan segala, sifat-sifat umum golongan udang vannamei ini antara lain aktif pada kondisi gelap (*nocturnal*). Ulang jenis *Litopenaeus vannamei* mempunyai jenis yang sangat banyak yakni seringkali dibedakan dengan besarnya fisik udang. Sedangkan sifat-sifat udang secara umum baik dari jenis *Litopenaeus vannamei* maupun jenis udang yang lain (tidak tergantung besarnya fisik udang) selalu mempunyai sifat relative sama yaitu:

- a. Dapat hidup pada kisaran salinitas lebar (*euryhaline*),
- b. Kanibal
- c. Tipe pemakan lambat (*continous feeder*),
- d. Menyukai hidup di dasar (*bentik*)
- e. Mencari makan lewat organ sensor (*chemoreceptor*).

c. Ulang windu (*Penaeus monodon*)

Giant tiger atau *Penaeus monodon* di Indonesia disebut udang windu. Ulang windu saat ini tidak berkembang lagi karena udang windu sangat mudah terserang berbagai macam penyakit udang diantaranya yang ganas adalah white spot atau virus bintik putih. Sehingga petambak udang di Indonesia saat ini banyak memelihara udang putih atau *Litopenaeus vannamei* apabila dibandingkan dengan udang windu. Nama lain udang windu antara lain (udang harimau raksasa, udang harimau hitam, udang pemimpin, *sugpo* dan atau udang rumput) adalah suatu binatang laut, binatang berkulit keras yang secara luas dibesarkan untuk makanan.

Species : *Penaeus monodon*

Kingdom : Animalia

Kelas : Malacostraca

Famili : Penaeidae

Sub-species : *Penaeus*

Spesies : *Penaeus monodon*



Gambar 19: Udang windu *Penaeus monodon* (Foto: Akas, 2019).

Udang jenis ini banyak diketemukan di Pasifik barat terutama di Indonesia, cukup banyak juga di ketemuan berkisar antara pantai Afrika, dari Semenanjung Arab sampai Asia Tenggara, dan Laut Jepang. Udang windu dapat juga ditemukan di Australia, mulai dari pantai Austria timur, dan sejumlah kecil mempunyai koloni di Laut Tengah melalui Terusan Suez. penyeberangan populasi lebih lanjut di Hawaii dan Lautan Atlantik termasuk Amerika Serikat (yaitu negara-negara bagian Florida, Georgia dan South Carolina). Jika dibandingkan dengan udang vannamei udang windu memiliki pasar yang lebih luas, karena selain ukuran udangnya yang lebih besar, udang windu juga kerap dibudidayakan karena daya tahan tubuhnya lebih kuat dibanding udang jenis lain, akan tetapi jenis udang ini sangat rentan terhadap penyakit bintik putih.

d. Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*).

Udang putih mempunyai ciri yang sama dengan jenis udang vannamei akan tetapi warna lebih putih bila dibandingkan dengan udang vannamei biasa, masyarakat kota Surabaya sering menyebutnya sebagai udang laut yang lain akan tetapi jenis ini banyak laku dipasar tradisional kota Surabaya mengingat harganya paling murah apabila dibandingkan dengan jenis udang yang lain, masyarakat Surabaya lebih mengenal udang putih sebagai , salah satu udang sebagai penyebab alergi (Biduren, Bahasa Jawa) hal ini diperkirakan udang putih mengandung allergen relative tinggi apabila dibandingkan udang jenis lain yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat kota Surabaya.

Klasifikasi udang putih (*King prawn*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Subkingdom : Metazoa

Filum : Arthropoda
Subfilum : Crustacea
Kelas : Malacostraca
Subkelas : Eumalacostraca
Superordo : Eucarida
Ordo : Decapoda
Subordo : Dendrobrachiata
Famili : Penaeidae
Genus : *Litopenaeus*
Spesies : *Litopenaeus vannamei*

Udang putih *Litopenaeus vannamei* (Udang *whiteleg*), juga dikenal sebagai udang putih pasifik atau *king prawn*, adalah berbagai jenis udang dari Samudra Pasifik timur yang biasa ditangkap atau dibudidayakan di tambak daerah pesisir untuk makanan akan tetapi udang jenis ini seringkali dapat diketemukan dipesisir sepanjang pantai kota Surabaya, Sidoarjo, Gresik dan Lamongan artinya udang ini banyak didapat sebagai hasil tangkapan liar dan bukan dibudidayakan.



Gambar 20: Udang putih (king prawn, *Whiteleg*) (Foto: Akas, 2019)

Udang putih (*king prawn*) mempunyai kemampuan beradaptasi terhadap salinitas yang luas dengan kisaran salinitas 0 sampai 50 ppt. Temperatur juga memiliki pengaruh yang besar pada pertumbuhan udang. Udang putih akan mati jika terpapar pada air dengan suhu dibawah 15⁰C atau diatas 33⁰C selama 24 jam atau lebih. Stres subletal dapat terjadi pada 15-22 ⁰C dan 30-33⁰C. Temperatur yang cocok bagi pertumbuhan udang putih adalah 23-30⁰C. Suhu sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan udang putih sehingga apabila terjadi perubahan

suhu berulang-ulang pada masa budidaya udang putih maka akan sangat mengganggu jumlah produksi yang akan didapat mengingat suhu berpengaruh langsung terhadap *specitas* tahapan pertumbuhan tubuh udang. Udang muda dapat tumbuh dengan baik dalam air dengan temperatur hangat, tapi semakin besar udang tersebut, maka temperatur optimum air akan menurun. Daur hidup udang putih (*king prawn*) udang dewasa bertelur, telur menetas menjadi larva (*nauplius*). Tahap *naupli* tersebut memakan kuning telur yang tersimpan dalam tubuh induknya setelah mengalami *moulting* beberapa kali, kemudian larva akan mengalami *metamorphosis* menjadi *zoea*. seperti juga yang terjadi pada udang-udang jenis yang lain *Zoea* akan mengalami *metamorfosis* menjadi *mysis*, *mysis* mulai terlihat seperti udang kecil memakan alga dan *zooplankton*. Setelah 3 sampai 4 hari, *mysis* mengalami *metamorfosis* menjadi *postlarva*. Tahap *postlarva* adalah tahap saat udang sudah mulai memiliki karakteristik udang dewasa. Keseluruhan proses dari tahap *nauplii* sampai *postlarva* membutuhkan waktu sekitar 12 hari. Kemudian post larva akan dilanjutkan ketahap *juvenil* dan dilanjutkan menjadi udang dewasa (Jayachandran, 2001). Meskipun demikian dipasar tradisional Kota Surabaya udang putih banyak dibeli oleh masyarakat mengingat harga nya relative lebih murah apabila dibandingkan udang jenis lain (Akas, et al., 2019d), kemungkinan besar jeins udang putih dikota Surabaya kurang disukai sebagai bahan makanan pada lingkungan pariwisata mengingat warna fisik tubuh udang putih kurang menarik apabila dibandingkan dengan jenis udang yang lain.

e. Udang rebon (*Acetes indicus*)

Udang rebon memiliki nama ilmiah *Acetes indicus* atau *Acetes japonicus*. menerangkan Akas (2019b) bahwa udang rebon dikenal di mancanegara sebagai *terasi shrimp*. Udang rebon mempunyai ukurannya yang sangat kecil produk udang rebon seringkali digunakan sebagai bahan campuran (bahan penyedap) pada makanan, udang rebon jarang dikonsumsi masyarakat dalam keadaan segar atau hidup akan tetapi ada sebagian produksi udang rebon ditemukan atau dijual dalam keadaan kering sebagai bahan ebi (penyedap makanan) atau bahkan udang rebon seringkali digunakan sebagai bahan dasar atau bahan utama pada pembuatan terasi maupun petis udang. Ukuran udang rebon antara 1-3 cm. secara fisik, bentuk udang rebon sama dengan udang pada umumnya. Tetapi udang rebon memiliki ciri khusus, yaitu memiliki garis coklat-kemerahan di ruas tubuhnya, tubuhnya berwarna bening bahkan cenderung dalam keadaan transparan, udang rebon merupakan jenis udang banyak ditemukan atau hidup diperairan pantai dangkal dan berlumpur serta merupakan jenis udang yang memiliki sifat fototaksis positif. *Fototaksis* positif adalah tingkah laku udang

yang tertarik untuk mendekati sumber cahaya. Udang rebon merupakan jenis udang yang berukuran kecil dan banyak ditemukan hidup di perairan pantai dangkal Asia Tenggara

Species : *Acetes indicus*

Kingdom : Animalia

Ordo : Decapoda

Sub-Ordo : Genus

Famili : Sergestidae



Gambar 21: Udang Rebon *Acetes indicus* (Aminah, 2016)

Udang rebon mengalami *molting*, yaitu fase pergantian kulit, dalam hal ini *eksoskeleton*. Proses *molting* terjadi dikarenakan udang memiliki *eksoskeleton* yang tidak elastis. Proses *molting* mengakibatkan udang mengalami peningkatan ukuran tubuh. Fase *molting* merupakan fase yang rentan/kritis hampir terjadi pada setiap jenis udang, karena udang dalam keadaan lemah (tanpa cangkang/kulit yang keras) sehingga sangat rentan terhadap serangan udang lain serangan bisa berasal dari jenis udang yang sama maupun berasal dari jenis udang yang lain, Ketika proses *molting* terjadi, udang berada dalam kondisi yang lemah, kulit luar belum mengeras. Jayachandran, (2001) menerangkan bahwa udang pada saat *molting* mengeluarkan cairan *molting* yang mengandung asam amino, enzim dan senyawa organik hasil *dekomposisi parsial eksoskeleton* yang baunya sangat merangsang nafsu makan udang, baik bagi udang yang sedang mengalami *moulting* maupun udang lain yang sehat. Hal tersebut bisa membangkitkan sifat *kanibalisme* udang yang sehat. Udang rebon adalah udang asli atau berasal dari Indonesia ini jarang sekali dikonsumsi segar. Tapi lebih sering dinikmati dalam bentuk olahan seperti abon, kerupuk udang maupun terasi, udang rebon di masyarakat sangat

banyak dikonsumsi oleh masyarakat tingkat menengah kebawah sebagai udangnya kaum marginal. Dalam 100 gram udang rebon segar itu mengandung protein sekitar 16,2 gram. Kandungan ini hampir sama dengan kandungan protein pada udang segar. Karena itu anak-anak yang sedang dalam masa pertumbuhan disarankan banyak mengkonsumsi udang rebon. Bahkan udang rebon efektif dalam memperbaiki gizi bagi anak *malnutrisi* (kurang gizi) (Akas, et al., 2019c).

f. Udang Dawu (*Litopenaeus vannamei*)

Udang Dawu yang sering dikonsumsi masyarakat sebagai produk udang kering sebenarnya adalah termasuk jenis udang *Litopenaeus vannamei* dengan ukuran relative kecil akan tetapi berbeda dengan udang rebon yang berasal dari golongan acetes, udang dawu mempunyai fisik sama dengan udang *vannamei* Cuma ukuran relative kecil, Udang dawu ini dikenal sebagai udang sebagai bahan penyedap atau bahan tambahan pada makanan sehingga mempunyai rasa lebih enak. Udang dawu (Urang dawu Bahasa Jawa), bisa juga digunakan langsung sebagai bahan lauk pauk secara langsung maupun sebagai bahan kering. bahkan dipasar tradisional yang dikatakan sebagai urang dawu adalah merupakan hasil sortasi dari udang jenis dengan ukuran kecil.

Klasifikasi udang jenis *Litopenaeus vannamei* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Subkingdom : Metazoa
Filum : Arthropoda
Subfilum : Crustacea
Kelas : Malacostraca
Subkelas : Eumalacostraca
Superordo : Eucarida
Ordo : Decapoda
Subordo : Dendrobrachiata
Famili : Penaeidae
Genus : *Litopenaeus*
Spesies : *Litopenaeus vannamei*



Gambar 22: Urang dawu *Litopenaeus vannamei* dengan ukuran kecil (Foto: Akas, 2019).

Sebagaimana udang rebon maka urang dawu inipun merupakan udang konsumsi masyarakat kelas menengah kebawah dipasar tradisional terutama dikota Surabaya, mengingat harganya relative murah dan hampir selalu diketemukan atau dijual dalam keadaan mati atau kering (Akas, 2019b), urang dawu ini sering diketemukan dipasar tradisional kota Surabaya dan dijual dalam keadaan mati dengan tujuan utama untuk menghindari proses pembusukan.

2.5. Bahaya Logam Berat Dalam Makanan.

Makanan dengan bahan utama hewan laut biasa dikenal dengan *seafood*. Jenis makanan *seafood* sendiri ada banyak, salah satu yang jadi favorit masyarakat Indonesia adalah udang. Rasa udang yang gurih dan segar ini selalu diminati orang untuk disantap. Teksturnya yang lembut dipadu dengan penyajian yang menarik akan menjadi sajian yang sangat nikmat dan menggugah selera. Udang yang segar bisa jadi makanan lezat jika dimasak dengan tepat.

Manusia menderita sakit karena menghirup udara yang tercemar, tetapi juga akibat mengasup makanan dan minuman yang tercemar logam berat. Sumbernya sayur-sayuran dan buah-buahan yang ditanam di lingkungan yang tercemar atau daging dari ternak golongan ikan atau udang yang makan lumut atau bahkan langsung tercemar berasal langsung dari air yang sudah mengandung logam berat baik berasal dari air, tanah, udara maupun berasal dari limbah rumah tangga. Logam berat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Akhir-akhir ini kasus keracunan logam berat yang berasal dari bahan pangan semakin meningkat jumlahnya. Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan bahan tersebut oleh manusia. Pencemaran lingkungan oleh logam berat dapat terjadi jika industri yang menggunakan logam tersebut tidak memperhatikan keselamatan lingkungan, terutama saat membuang limbahnya. Logam-logam

tertentu dalam konsentrasi logam berat yang tinggi akan sangat berbahaya bila ditemukan di dalam lingkungan (air, tanah, dan udara). Sumber utama kontaminan logam berat sesungguhnya berasal dari udara dan air yang mencemari tanah. Selanjutnya semua tanaman yang tumbuh di atas tanah yang telah tercemar akan mengakumulasi logam-logam berat tersebut telah memapar pada semua bagian tanaman yaitu mulai akar, batang, daun dan buah) (Akas, 1997).

Ternak atau pada umumnya hewan termasuk hewan air ikan dan udang akan memanen logam-logam berat yang ada pada tanaman dan menumpuknya pada bagian-bagian dagingnya. Selanjutnya manusia yang termasuk ke dalam kelompok *omnivora* (pemakan segalanya), akan tercemar logam tersebut dari empat sumber utama, yaitu udara yang dihirup saat bernapas, air minum, tanaman (sayuran dan buah-buahan), serta ternak (berupa daging, telur, dan susu). Sesungguhnya, istilah logam berat hanya ditujukan kepada logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5 g/cm³. Namun, pada kenyataannya, unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya juga dimasukkan ke dalam kelompok tersebut. Dengan demikian, yang termasuk ke dalam kriteria logam berat saat ini mencapai lebih kurang 40 jenis unsur. Beberapa contoh logam berat yang beracun bagi manusia adalah: arsen (As), kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), dan seng (Zn). Arsen Arsen (As) atau sering disebut arsenik adalah suatu zat kimia yang ditemukan sekitar abad-13 (Akas, 1997; Akas, et al., 2003; Anonim, 2019b).

Sulit untuk menduga seberapa besar akibat yang ditimbulkan oleh adanya logam berat dalam tubuh. Namun, sebagian besar *toksitas* yang disebabkan oleh beberapa jenis logam berat seperti Pb, Cd, dan Hg adalah karena kemampuannya untuk menutup sisi aktif dari enzim dalam sel. Hg mempunyai bentuk kimiawi yang berbeda-beda dalam menimbulkan keracunan pada makhluk hidup, sehingga menimbulkan gejala yang berbeda pula. Toksitas Hg dalam hal ini dibedakan menjadi dua bagian, yaitu *toksitas* organik dan anorganik. Pada bentuk anorganik, Hg berikatan dengan satu atom karbon atau lebih, sedangkan dalam bentuk organik, dengan rantai alkil yang pendek. Senyawa tersebut sangat stabil dalam proses metabolisme dan mudah menginfiltasi jaringan yang sukar ditembus, misalnya otak dan *plasenta*. Senyawa tersebut mengakibatkan kerusakan jaringan yang *irreversible*, baik pada orang dewasa maupun anak.

Toksitas Hg anorganik menyebabkan penderita biasanya mengalami *tremor*. Jika terus berlanjut dapat menyebabkan pengurangan pendengaran, penglihatan, atau daya ingat.

Senyawa merkuri organik yang paling populer adalah metil merkuri yang berpotensi menyebabkan *toksitas* terhadap sistem saraf pusat. Kejadian keracunan metil merkuri paling besar pada makhluk hidup timbul di tahun 1950-an di Teluk Minamata, Jepang yang terkenal dengan nama *Minamata Disease*. Timbal (Pb) dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, makanan, dan minuman. *Accidental poisoning* seperti termakannya senyawa timbal dalam konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan gejala keracunan timbal seperti *iritasi gastrointestinal* akut, rasa logam pada mulut, muntah, sakit perut, dan diare. Menurut Darmono (2004), Pb dapat mempengaruhi sistem saraf, *inteligensia*, dan pertumbuhan. Pb di dalam tubuh terikat pada gugus SH dalam molekul protein dan hal ini menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja sistem enzim. Efek logam Pb pada kesehatan manusia adalah menimbulkan kerusakan otak, kejang-kejang, gangguan tingkah laku, dan bahkan kematian. Toksisitas logam Cu pada manusia, khususnya anak-anak, biasanya terjadi karena CuSO₄. Beberapa gejala keracunan Cu adalah sakit perut, mual, muntah, diare, dan beberapa kasus yang parah dapat menyebabkan gagal ginjal dan kematian. Senyawa arsen sangat sulit dideteksi karena tidak memiliki rasa yang khas atau ciri-ciri paparan lain yang menonjol. Gejala keracunan senyawa arsen terutama adalah sakit di kerongkongan, sukar menelan, menyusul rasa nyeri lambung dan muntah-muntah. Kompensasi dari paparan arsen terhadap manusia adalah kanker, terutama kanker paru-paru dan hati. Terpapar arsen di udara juga dapat menyebabkan pembentukan kanker kulit pada manusia.

Sebenarnya, menjalankan pola hidup sehat bisa mengurangi risiko terkena kanker. Seperti waktu tidur yang cukup, tidak merokok, olah raga teratur, menghindari stres, dan rutin memeriksakan diri ke dokter. Pola hidup sehat berkaitan dengan bahan makanan yang dikonsumsi. Banyak orang yang percaya kalau telur, daging hingga mentega bisa sebabkan kanker. Padahal tidak semua bahan makanan tersebut benar-benar sebabkan kanker. Makanan non-organik dicap tak baik karena mengandung bahan aditif, berlapis pestisida dan mengandung beberapa zat lainnya. Di Amerika, bahan makanan non organik sudah diperiksa dan diberi label layak jual sebelum dijual bebas di masyarakat. Sebenarnya pestisida yang terkandung bisa menyebabkan kanker tapi persentasenya kecil. Daging olahan seperti sosis, salami, ham, dan bacon dijadikan makanan penyebab kanker. Hal tersebut benar tapi daging tanpa lemak yang tidak diolah dalam waktu lama memberikan nutrisi yang bisa menangkal sel kanker. Gula tidak mempercepat pertumbuhan sel kanker menurut *Mayo Clinic*, Amerika. Justru sel dalam tubuh membutuhkan asupan gula sebagai energi. Termasuk sel kanker.

Usaha yang dapat kita lakukan untuk menghindari bahaya logam berat, antara lain dengan menghindari sumber bahan pangan yang memiliki risiko mengandung logam berat, mencuci dan mengolah bahan pangan yang akan dikonsumsi dengan baik dan benar. Selain itu, kita juga perlu memperhatikan dan peduli terhadap lingkungan agar pencemaran tidak semakin bertambah jumlahnya. Peningkatan pengetahuan mengenai logam berat juga dapat bermanfaat dan membuat kita lebih waspada terhadap pencemaran logam berat. Logam berat di dalam bahan pangan ternyata tidak hanya terdapat secara alami, namun juga dapat merupakan hasil migrasi dari bahan pengemasnya, pengemasan bahan pangan harus dilakukan secara hati-hati. Pengemasan makanan dengan menggunakan kertas koran bekas tentu tidak tepat karena memungkinkan terjadinya migrasi logam berat (terutama Pb) dari tinta pada koran ke makanan. Pengemasan makanan dengan bahan yang memiliki aroma kuat, seperti PVC (*Poly Vinyl Chloride*) dan *styrofoam*, memungkinkan terjadinya migrasi arsen ke makanan (Akas, 1997). Sesungguhnya, istilah logam berat hanya ditujukan kepada logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5 g/cm³. Namun, pada kenyataannya, unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya juga dimasukkan ke dalam kelompok tersebut. Dengan demikian, yang termasuk ke dalam kriteria logam berat saat ini mencapai lebih kurang 40 jenis unsur. Beberapa contoh logam berat yang beracun bagi manusia adalah: arsen (As), kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), dan seng (Zn). Arsen

Berdasarkan kajian toksikologi, logam berat dapat dibagi dua jenis, yakni pertama adalah :

a. Logam berat esensial:

Logam berat yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh jenis ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lainnya.

b. Logam berat non esensial (beracun) :

Logam berat beracun yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr, As, dan lainnya.

Logam berat dianggap berbahaya bagi kesehatan bila terakumulasi secara berlebihan di dalam tubuh manusia. Beberapa di antaranya bersifat membangkitkan kanker (*karsinogen*). Efek buruk logam berat juga tergantung pada bagian mana ia terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim sehingga proses *metabolisme* tubuh terputus. Logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, *mutagen*, *teratogen* atau *karsinogen* bagi manusia. Jalur masuknya melalui kulit, pernapasan dan pencernaan. Perlu kita pahami betul, bahwa logam berat jika sudah terserap ke dalam tubuh maka tidak

dapat dihancurkan dan akan tetap tinggal di dalamnya hingga nantinya dibuang melalui proses *sekresi*. Manusia sebagai makhluk *omnivora* atau pemakan segala memang sangat rentan terkena penyakit yang berasal dari bahan makanan yang tercemar logam berat. Sumber-sumber kontaminannya bisa berupa sayuran maupun ternak yang sudah terkontaminasi logam berat dari penyiramannya yang mengandung logam berat. Bisa pula dari rumput yang dimakan ternak yang sudah terkontaminasi logam berat dari air yang diserapnya. Atau dari ikan yang mengkonsumsi *plankton* atau habitat laut yang sudah dicemari oleh logam berat. (Anonim, 2019b).

Dampak kandungan logam berat memang sangat berbahaya bagi kesehatan. Namun, kita dapat mencegahnya dengan meningkatkan kesadaran untuk ikut serta melestarikan sumber daya hayati serta menjaga kesehatan baik untuk diri sendiri maupun keluarga. Salah satu cara sederhana untuk menjaga kesehatan adalah dengan mendeteksi kondisi air yang kita gunakan sehari-hari, terutama kebutuhan untuk minum, maka akumulasi logam berat dalam tubuh dapat kita cegah. Berikut ini lima logam berat yang sangat berbahaya bila masuk ke tubuh manusia.

1. Arsenik (As)

Unsur Arsenic atau arsenik biasanya terdapat di alam dalam bentuk senyawa dasar berupa substansi anorganik. Arsen anorganik dapat larut dalam air atau berbentuk gas. Bila masuk ke dalam tubuh manusia, dapat menjadi pencetus kanker, infeksi kulit (*dermatitis*), mengganggu daya pandang mata, hiperpigmentasi (kulit menjadi berwarna gelap), *hiperkeratosis* atau penebalan kulit. Dapat pula menyebabkan kegagalan fungsi sumsum tulang, menurunnya sel darah, gangguan fungsi hati, kerusakan ginjal, gangguan pernafasan, kerusakan pembuluh darah, gangguan sistem reproduksi, *varises*, menurunnya daya tahan tubuh dan gangguan saluran pencernaan.

2. Merkuri (Hg)

Merkuri atau merkuri (air raksa) adalah logam yang ada secara alami, merupakan satu-satunya logam yang pada suhu kamar berwujud cair. Merkuri dapat berakumulasi dan terbawa ke organ-organ tubuh manusia lainnya, menyebabkan bronchitis sampai rusaknya paru-paru. Gejala awal keracunan merkuri pada tingkat awal, pasien merasa mulutnya kebal sehingga tidak peka terhadap rasa dan suhu, hidung tidak peka bau, mudah lelah, gangguan psikologi (rasa cemas dan sifat agresif), dan sering sakit kepala.

Jika terjadi akumulasi yang tinggi mengakibatkan kerusakan sel-sel saraf di otak kecil, gangguan pada luas pandang, kerusakan sarung selaput saraf dan bagian dari otak kecil. Turunan oleh merkuri (biasanya etil merkuri) pada proses kehamilan akan nampak setelah

bayi lahir yang dapat berupa *cerebral palsy* maupun gangguan mental. Sedangkan keracunan merkuri yang akut dapat menyebabkan kerusakan saluran pencernaan, gangguan *kardiovaskuler*, kegagalan ginjal akut maupun *shock*. Sumber-sumber merkuri dapat berasal dari sisa penambangan yang mengandung Hg dan dibiarkan mengalir ke sungai dan dijadikan irigasi untuk lahan pertanian.

3. Timbal (Pb)

Adanya Timbal (Pb) dalam peredaran darah dan otak dapat menyebabkan gangguan *sintesis hemoglobin* darah, gangguan *neurologi* (susunan syaraf), gangguan pada ginjal, sistem reproduksi, penyakit akut atau kronik sistem syaraf, dan gangguan fungsi paru-paru. Selain itu, dapat menurunkan IQ pada anak kecil jika terdapat 10-20 myugram/dl dalam darah.

4. Kadmium (Cd)

Cadmium (Kadmium) jika berakumulasi dalam jangka waktu yang lama dapat menghambat kerja paru-paru, bahkan mengakibatkan kanker paru-paru, mual, muntah, diare, kram, *anemia*, *dermatitis*, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, dan gangguan *kardiovaskuler*. Kadmium dapat pula merusak tulang (*osteomalacia*, *osteoporosis*) dan meningkatkan tekanan darah. Gejala umum keracunan kadmium adalah sakit di dada, nafas sesak (pendek), batuk-batuk dan lemah.

5. Kromium (Cr)

Kandungan *Chromium* (Kromium) yang berlebih dalam tubuh dapat berakibat buruk pada sistem saluran pernapasan, kulit, pembuluh darah dan ginjal.

6. Tembaga (Cu)

Tingginya tingkat cemaran Cu akan berdampak negatif terhadap manusia, yaitu dapat menimbulkan keracunan. Gejala yang timbul pada keracunan Cu akut adalah mual, muntah-muntah, menceceret, sakit perut hebat, dan hemolisis darah.

Pencemaran logam Cu pada bahan pangan pada awalnya terjadi karena penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan (Akas, 1997). Meskipun demikian, pengaruh proses pengolahan akan dapat memengaruhi status keberadaan bahan pencemar terutama logam berat dalam bahan pangan adalah salah satu penyebab paling utama pada saat ini sebagai penyebab kanker.

Berdasarkan tabel diatas maka sudah jelas bahwa sebenarnya untuk mempelajari efek logam berat terhadap manusia dan sekaligus pengaruhnya terhadap lingkungan telah ditentukan cara dan metodenya mengingat efek logam berat terhadap manusia dan lingkungan dapat menimbulkan pencemaran dan kerusakan yang sangat berat, meskipun tergantung

bahan, dosis dan cara paparannya. Efek logam berat terhadap manusia yang paling berbahaya adalah timbulnya penyakit kanker. Penyakit ini bisa timbul diseluruh bagian tubuh manusia.

2.5.1. Kebutuhan Normal Harian Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu).

Berdasarkan kebutuhan norma timbal (Pb) dan tembaga (Cu) didalam tubuh manusia sebagai kebutuhan unsur esensial maka masing-masing umur kebutuhan unsur-unsur tersebut yang berfungsi sebagai unsur menirial dan apabila kekurangan unsur tersebut juga bisa berakibat fatal bagi tubuh. Meskipun demikian kebutuhan timbal (Pb) dan tembaga (Cu) tetap tergantung pada kondisi masing-masing individu.

Angka kecukupan gizi (AKG) yang dibutuhkan bagi setiap orang berbeda-beda, tergantung usia dan kondisi masing-masing, Berdasarkan kebutuhan norma timbal (Pb) dan tembaga (Cu) didalam tubuh manusia sebagai kebutuhan unsur esensial maka masing-masing umur kebutuhan unsur-unsur tersebut yang berfungsi sebagai unsur menirial dan apabila kekurangan unsur tersebut juga bisa berakibat fatal bagi tubuh.

Perubahan dalam *diet* dapat mempengaruhi bagaimana seseorang merespon terapi primer dan kemungkinan penyebaran penyakit mematikan itu di kemudian hari. Penelitian tersebut juga mengatakan, temuan tersebut berisi saran agar pasien kanker payudara menghindari makanan dengan kandungan *asparagina* yang relatif tinggi (artinya bahan *asparagina* yang dikandung oleh ikan dan atau udang yang banyak hidup didaerah *estuarine* atau pesisir tergantung besarnya limbah logam berat yang ada utamanya timbal (Pb) dan tembaga (Cu). Hannon dalam Wikipedia (2019) menerangkan beberapa peneliti lain mencoba melawan *hipotesis* tersebut dengan mengatakan bahwa belum ada bukti bahwa dengan membatasi konsumsi *asparagina* maka penyebaran kanker bisa dikurangi, sedangkan Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa seseorang dengan gen penghasil *asparagine* (Melakukan diet *asparagina*) kurang aktif memiliki tingkat ketahanan hidup yang lebih baik. akan tetapi pada dasarnya suatu usaha untuk menemukan cara untuk menghentikan penyebaran kanker adalah suatu kunci utama dalam meningkatkan kelangsungan hidup yang baik dan sehat.

Meskipun demikian kebutuhan timbal (Pb) dan tembaga (Cu) tetap tergantung pada kondisi masing-masing individu (AKG) biasanya dihitung berdasarkan usia.

Batas kebutuhan normal masing-masing individu berdasarkan acuan Angka kecukupan gizi (AKG) Departemen Kesehatan dapat dilihat pada table 4 sebagai berikut:

Tabel 4: Acuan Angka kecukupan gizi, berkaitan konsumsi suplemen mengandung tembaga (Cu)

No	Berdasar kondisi dan umur	Konsumsi maksimal	Keterangan
1	Orang dewasa		
	Usia 19 tahun ke atas	0,9 mg/hari	Maksimal 10 mg/hari
2	Wanita hamil	1 mg/hari	Maksimal 8 mg/hari
3	Wanita menyusui	1,3 mg/hari	10 mg/hari
4	Anak-anak		
	Usia 14-18 tahun	0,89 mg/hari	Maksimal 8 mg/hari
	Usia 9-13 tahun	0,7 mg/hari	Maksimal 5 mg/hari
	Usia 4-8 tahun	0,44 mg/hari	Maksimal 3 mg/hari
	Usia 1-3 tahun	0,34 mg/hari	Maksimal 1 mg/hari
	Usia 7-12 bulan	0,22 mg/hari	Batas maksimal belum ditentukan
	Usia 0-6 bulan	0,2 mg/hari	Batas maksimal belum ditentukan

N B : Jangan mengonsumsi suplemen tembaga lebih dari 10 mg/hari. Mengonsumsi suplemen tembaga secara berlebihan dapat menyebabkan gagal ginjal.

2.6. Pasar

Pasar adalah suatu tempat yang dibentuk oleh sekelompok masyarakat, kadang-kadang pasar tersebut terjadi secara tidak sengaja akan tetapi pasar bisa juga dibentuk berdasarkan suatu sistem dan merupakan suatu institusi, prosedur, hubungan sosial dan infrastruktur tempat usaha menjual barang, jasa, dan tenaga kerja untuk orang-orang dengan imbalan uang. Barang dan jasa yang dijual menggunakan alat pembayaran yang sah seperti uang atau alat penukar sah yang lain. Kegiatan ini merupakan bagian dari perekonomian. Ini adalah pengaturan yang memungkinkan pembeli dan penjual untuk item pertukaran. Persaingan sangat penting dalam pasar, dan memisahkan pasar dari perdagangan. konsep pasar adalah setiap struktur yang memungkinkan pembeli dan penjual untuk menukar jenis barang, jasa dan informasi. Pertukaran barang atau jasa untuk uang disebut dengan transaksi, dalam upaya memengaruhi harga, dan kemudian melahirkan bentuk penawaran dan permintaan. Ada dua peran di pasar, pembeli dan penjual. Pasar memfasilitasi perdagangan dan memungkinkan distribusi dan alokasi sumber daya dalam masyarakat. Pasar mengizinkan semua item yang diperdagangkan untuk dievaluasi dan harga. Sebuah pasar muncul lebih atau kurang spontan atau sengaja dibangun oleh interaksi manusia untuk memungkinkan pertukaran hak

(kepemilikan) jasa dan barang (Wilsen, dalam Anonim, 2019)

1. Pasar modern

Pasar modern tidak banyak berbeda dari pasar tradisional, namun pasar jenis ini penjual dan pembeli tidak bertransaksi secara langsung melainkan pembeli melihat label harga yang tercantum dalam barang (*barcode*), berada dalam bangunan dan pelayanannya dilakukan secara mandiri (*swalayan*) atau dilayani oleh pramuniaga. Barang-barang yang dijual, selain bahan makanan seperti; buah, sayuran, daging, sebagian besar barang lainnya yang dijual adalah barang yang dapat bertahan lama.

Contoh dari pasar modern adalah *hypermart*, *pasar swalayan* (*supermarket*), dan minimarket, sedangkan ciri-ciri suatu pasar modern bisa dilihat berikut ini:

1. Seringkali pasar modern berada di daerah perkotaan.
2. Tidak terjadi suatu transaksi secara langsung (tatap muka) antara penjual dan pembeli
3. Harga barang tidak dapat ditawar lagi atau harganya sudah pas
4. Tempat di pasar modern bersih dan nyaman
5. Pelayanan yang baik dan memuaskan
6. Tata ruang yang rapi dan sangat berstruktur menjadikan konsumen sangat mudah menemukan barang yang akan dicari
7. Mempunyai karyawan yang tugasnya membantu konsumen dalam aktivitasnya di pasar
8. Pemerintah tidak ikut campur secara langsung dalam aktivitas ekonomi
9. Pembayaran dilakukan di kasir
10. Apabila barang yang tidak laku atau kualitasnya menurun seperti sayuran, maka penjual akan berupaya membuat usaha yang menarik minat pengunjung terhadap barang tersebut, misalnya dengan mengadakan potongan harga (*diskon*) yang sangat besar
11. Jam operasional cenderung panjang

2. Pasar tradisional

Pasar tradisional merupakan tempat bertemunya penjual dan pembeli serta ditandai dengan adanya transaksi penjual pembeli secara langsung dan biasanya ada proses tawar-menawar, bangunan biasanya terdiri dari kios-kios atau gerai, los dan dasaran terbuka yang dibuka oleh penjual maupun suatu pengelola pasar. Kebanyakan menjual kebutuhan sehari-hari seperti bahan-bahan makanan berupa ikan, buah, sayur-sayuran, telur, daging, kain, pakaian barang elektronik, jasa dan lain-lain. Selain itu, ada pula yang menjual kue-kue dan barang-barang lainnya. Pasar seperti ini masih banyak ditemukan di Indonesia, dan umumnya terletak dekat

kawasan perumahan agar memudahkan pembeli untuk mencapai pasar.

Kekurangan pasar tradisional

1. Biasanya tempatnya kotor dan becek
2. Pengemasan barangnya kurang baik
3. Beberapa makanan dan barang - barangnya berkeualitas kurang baik
4. Seringkali jam buka hanya pada pagi hari, atau sore hari saja.
5. Barang - barang yang tersedia kurang lengkap (Suci, 2019; Choirul, 2019).
- 6 Tidak mempunyai karyawan yang tugasnya membantu konsumen dalam aktivitasnya di pasar
7. Pemerintah ikut campur secara langsung dalam aktivitas ekonomi

2.7. CANCER (KANKER)

Kanker adalah salah satu penyakit tidak menular yang banyak menyerang manusia di dunia. Kanker adalah penyakit akibat pertumbuhan tidak normal (abnormal) dari sel-sel jaringan tubuh yang tidak terkendali di dalam tubuh. Pertumbuhan sel abnormal (Timbul keganasan sel) keganasan pertumbuhan sel ini justru ini dapat merusak sel normal di sekitarnya yang berubah menjadi sel kanker, pada perkembangannya, sel-sel kanker ini dapat menyebar ke bagian tubuh lainnya sehingga dapat menyebabkan, kematian. Sebagian ahli atau bahkan masyarakat biasa kadang-kadang mengatakan bahwa penyakit kanker ini berasal dari keturunan atau bersifat genetik.

Setiap orang mempunyai kemungkinan terjangkit kanker sebesar 50 persen, akan tetapi masing-masing orang mempunyai kemungkinan pada dasarnya bisa melakukan pencegahan dengan kemampuan masing-masing individu dengan adanya daya adaptasi yang berbeda, kemudian dibarengi dengan gaya hidup yang sehat sehingga masing-masing orang mempunyai kemungkinan timbul penyakit kanker lebih lebih rendah apabila dibandingkan dengan manusia yang lain.

Penyakit kanker adalah salah satu penyakit penyebab kematian kedua terbanyak di seluruh didunia, setelah Penyakit jantung, penyakit *Diabetes*. Persentase penyakit tidak menular di Indonesia saat ini sudah mencapai 70 persen, sehingga dapat dikatakan bahwa Indonesia sedang menghadapi masalah kesehatan yang sangat besar yaitu meningkatnya *prevalensi* penyakit tidak menular. Sementara di Indonesia sendiri, angka penyakit kanker berada di angka 136,2 per seratus ribu penduduk. Ini membuat Indonesia berada di urutan ke delapan di Asia Tenggara dan urutan 23 di Asia.

Kanker sering menyebabkan kematian karena umumnya penyakit ini tidak menimbulkan gejala pada awal perkembangannya, sehingga baru terdeteksi dan diobati setelah mencapai stadium lanjut. *Prevalensi Kanker di Indonesia Masih Tinggi* (Hari Kanker Sedunia 2019), Kementerian Kesehatan (Kemenkes) menyatakan, Kejadian penyakit kanker di Indonesia sebanyak 1.362 per 1 juta penduduk dengan prevalensi kanker paru-paru untuk laki-laki 194 per 1 juta penduduk angka kematian 109 per 1 juta penduduk. Kanker hati 124 per 1 juta penduduk dengan angka kematian 76 per 1 juta penduduk. Sedangkan kejadian penyakit kanker untuk perempuan tertinggi adalah kanker payudara sebesar 421 per 1 juta penduduk dengan kematian rata-rata 17 orang per 100 ribu penduduk, diikuti kemudian oleh kanker serviks atau leher Rahim 234 per 1 juta penduduk dengan angka kematian rata-rata 139 per 1 juta penduduk. Sedangkan penyakit kanker yang lain mengikuti kanker hati 124 per 1 juta penduduk dengan rata-rata angka kematian 76 per 1 juta penduduk.

Bahkan, beberapa data menunjukkan masih tingginya angka *prevalensi* kanker di Indonesia, di tahun 2018, terdapat 18,1 juta kasus baru kanker dengan angka kematian sebesar 9,6 juta. Di dunia, 1 dari 5 laki-laki dan 1 dari 6 perempuan mengalami kanker. Selain itu, 1 dari 8 pria dan 1 dari 11 perempuan meninggal karenanya (Giovani, 2019), selain kematian sebagai akibat serangan jenis kanker yang lain misalnya kanker prostat, kanker usus, kanker getah bening, kanker *nosofarink*, kanker kandung, kanker otak dan lain sebagainya.

Salah satu penyebabnya adalah kondisi lingkungan yang terus menghasilkan bahan *karsinogen*, Selain faktor lingkungan, peningkatan jumlah penderita kanker juga disebabkan lantaran gaya hidup yang semakin tidak sehat. Dalam 20 tahun terakhir, kata dia, ada transisi atau perubahan gaya hidup yang jelas sekali terlihat di dalam masyarakat. Perubahan gaya hidup yang dimaksud adalah gaya hidup tidak sehat, seperti merokok, begadang, kurang berolah raga, alkohol dan tidak mengonsumsi makanan yang banyak mengandung *asparagina* dan tidak kontak dengan karsinogen, dan terlalu banyak makan seiring meningkatnya kesejahteraan masyarakat.



Gambar 23: Sel kanker (Giovani, 2019).

Perubahan gaya hidup yang menjadi semakin tidak sehat itu meningkatkan jumlah penyakit tidak menular di Indonesia (Sudoyo, 2019), sehingga jumlah penderita kanker di Indonesia terus meningkat, salah satu penyebabnya adalah pencemaran atau polusi lingkungan yang terus terjadi dan hampir selalu menghasilkan bahan *karsinogen*, bahkan saat ini dapat dikatakan tidak akan terjadi penurunan jumlah penderita kanker, akan tetapi justru akan terus terjadi peningkatan dengan prevalensi meninggi.

Di dunia atau utamanya masyarakat Indonesia belum bisa benar-benar terbebas dari kanker bahkan mungkin sampai beberapa tahun kedepan mengingat penggunaan bahan kimia dan bahan lain termasuk bahan makanan dan minuman sebagai pemicu timbulnya penyakit kanker masih digunakan dan diproduksi dalam jumlah yang sangat tinggi. Meskipun belum diketahui secara pasti penyebab terjadinya penyakit kanker maka berdasarkan beberapa penelitian menyepakati bahwa salah satu penyebab timbulnya penyakit kanker adalah disebabkan efek paparan bahan kimia terutama logam berat.

a. Penyebab Kanker

Penyebab utama kanker adalah perubahan (mutasi) genetik pada sel. Mutasi yang terjadi sebagai suatu mekanisme sel itu sendiri untuk menghancurkan sel abnormal ini. Bila mekanisme tersebut gagal, sel abnormal akan tumbuh secara tidak terkendali. Faktor yang dapat memicu pertumbuhan sel kanker berbeda-beda, tergantung pada jenis kankernya. Meskipun demikian, tidak ada jenis kanker yang spesifik hanya dipicu oleh 1 faktor artinya salah atau pemicu timbulnya keganasan sel adalah cemaran logam berat, akan tetapi seringkali cemaran logam berat ini akan dengan cepat berfungsi sebagai karsinogenik apabila dibarengi dengan berbagai hal yang ada pada pasien atau kadang-kadang disebut sebagai penyakit bawaan sebagai mana diuraikan berikut ini. Faktor yang diduga berisiko

menyebabkan mutasi genetik pada sel normal dan kegagalan tubuh untuk memperbaikinya antara lain:

1. Memiliki riwayat penyakit kanker dalam keluarga
2. Berusia di atas 65 tahun.
3. Merokok.
4. Terpapar radiasi, zat kimia (misalnya *asbes* atau *benzene*), atau sinar matahari.
5. Terinfeksi virus, seperti hepatitis B, *hepatitis C*, dan HPV.
6. Terpapar hormon dalam kadar tinggi atau jangka panjang.
7. Mengalami *obesitas*
8. Kurang banyak bergerak dan tidak rutin berolah raga
9. Menderita penyakit yang menyebabkan *inflamasi kronis* (peradangan jangka panjang), misalnya *kolitis ulseratif*.
10. Menurunnya sistem kekebalan tubuh, misalnya akibat menderita HIV/AIDS.

b. Gejala Kanker.

Gejala kanker sering tidak disadari oleh pasien, karena penyakit kanker seringkali tidak menimbulkan rasa sakit yang mengganggu di awal serangan, akan tetapi pada stadium lanjutan rasa sakit sangat dirasakan oleh pasien kanker, sehingga secara medis, sebaiknya masyarakat melakukan pencegahan penyakit secara dini agar penyakit ini tidak terdeteksi pada stadium yang lebih lanjut. Gejala yang timbul akibat kanker juga bervariasi, tergantung pada jenis kanker dan organ tubuh yang terkena kanker. Beberapa gejala yang sering dialami penderita kanker adalah:

1. Muncul benjolan.
2. Nyeri di salah satu bagian tubuh.
3. Pucat, lemas, dan cepat lelah
4. Penurunan berat badan secara drastis.
5. Gangguan buang air besar atau buang air
6. Batuk kronis.
7. Demam yang terus berulang
8. Memar dan mengalami perdarahan secara spontan.

c. Deteksi Dini Kanker

Seringkali gejala awal penyakit kanker tidak bisa dideteksi secara pasti, maka sebaiknya masyarakat secara luas faham tentang kanker lengkap dengan gejalanya, kemudian apabila

dirinya sudah menyadari pada posisi seperti apa orang yang dimaksud (memenuhi persyaratan beberapa gejala awal yang telah diuraikan diatas (no1 sampai dengan no 8) maka sebaiknya, masyarakat melakukan deteksi dini terhadap setiap perkembangan yang terjadi pada dirinya masing-masing.

Gejala awal kanker biasanya jarang terdeteksi oleh pasien mengingat perkembangan sel abnormal ini sering tidak menimbulkan *symptom* yang spesifik atau bahkan kadang-kadang hanya *symptom* kecil berupa tahi lalat (bintik hitam pada kulit), atau rasa capek yang sangat pada bagian punggung, diare terus menerus maupun gejala lain yang sangat tidak mendukung sebagai suatu *symptom* akan timbulnya suatu keganasan sebagai suatu *abnormalitas* sel.

Langkah awal pencegahan kanker adalah dengan melakukan deteksi dini. Kanker timbul dari satu sel yang berkembang biak secara tidak terkendali, dari sangat kecil, makin lama makin banyak, hingga membesar, dan umumnya setelah menimbulkan gangguan, barulah terdeteksi. Dan itu butuh waktu cukup panjang. Jika kanker terdeteksi secara dini, maka kanker bisa diatasi dengan terapi yang tepat. Untuk mengenali gejala awal kanker, beberapa tanda-tanda yang bisa dilihat atau diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Benjolan

Walaupun tidak semua benjolan mengarah pada keganasan ataupun kanker, tapi jika di mendapati benjolan yang tiba-tiba timbul pada area tubuh, baik pertumbuhan benjolan kearah luar kulit maupun terasa di dalam kulit, maka sebaiknya segera berkonsultasi dengan dokter. Terlebih bila benjolan tersebut membesar dengan cepat, tidak dapat digerakkan, ataupun terasa nyeri.

2. Perubahan pada buang air besar (BAB)

Perubahan buang air besar (BAB) dapat bermacam-macam, bisa menjadi sulit buang air besar (BAB), diare, BAB berdarah dan lain sebagainya. Perubahan dalam frekuensi, jumlah dan konsistensi *feses* biasanya dipengaruhi oleh makanan dan/atau obat-obatan dikonsumsi. Namun, jika sering terjadi dan berulang, waspadalah, bisa jadi itu merupakan gejala dari kanker usus besar.

3. Penurunan berat badan

American Cancer Society menyebutkan bahwa penurunan berat badan secara drastis dan tiba-tiba bisa jadi merupakan gejala awal kanker. Bisa jadi kanker pankreas, kanker lambung, kanker paru, hingga kanker esofagus.

4. Perdarahan

Batuk yang disertai darah bisa jadi merupakan gejala kanker paru. buang air besar (BAB) yang berdarah bisa jadi merupakan gejala dari kanker usus besar. Sedangkan perdarahan dari vagina bisa jadi merupakan tanda dari kanker *serviks*. Perdarahan yang tidak biasa dapat terjadi pada kanker, walaupun tidak selalu merupakan gejala dari kanker.

Waktu adalah faktor kunci dalam perawatan kanker, tetapi kami justru sering mendapati pasien pria yang menunda memeriksakan diri ke tenaga medis kanker mereka telah mencapai stadium lanjut, terdapat dua jenis kanker yang sering mematikan dan banyak ditemukan pada wanita adalah kanker payudara dan leher rahim. Pemerintah telah melakukan berbagai upaya seperti deteksi dini kanker payudara dan kanker leher rahim pada perempuan usia 30 sampai 50 tahun dengan menggunakan metode yang telah ditentukan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yaitu Pemeriksaan Payudara Klinis (SADANIS) untuk payudara dan *Inspeksi Visual* dengan Asam Asetat (IVA) untuk leher rahim.

d. Pencegahan Kanker

Pada tahun 2014, lebih dari 1,5 juta orang Indonesia meninggal karena penyakit kanker. Di Indonesia, jenis kanker yang menyebabkan kematian terbanyak pada pria adalah kanker paru-paru, sedangkan jenis kanker penyebab kematian terbanyak pada wanita adalah kanker payudara.

Oleh karena itu, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menggalakkan program perilaku CERDIK untuk mencegah kanker. Berikut adalah ini adalah kepanjangan dari CERDIK:

1. Cek kesehatan secara berkala

Konsultasikan dengan dokter Anda untuk menjalani tes skrining kanker, berdasarkan faktor risiko yang Anda miliki.

2. Enyahkan asap rokok

Merokok dapat meningkatkan risiko terjadinya berbagai jenis kanker, terutama kanker paru-paru.

3. Rajin aktivitas fisik

Rutin berolahraga selama setidaknya 30 menit setiap harinya.

4. Diet sehat dengan kalori seimbang (Diet makanan)

Perbanyak makan buah-buahan, sayuran, biji-bijian (misalnya gandum), dan makanan yang kaya akan protein.

5. Istirahat yang cukup

Kurang tidur dapat meningkatkan risiko terkena kanker.

6. **Kelola stres**

Stres berlebih dan berkepanjangan dapat menyebabkan munculnya kanker

7. **Hindari paparan sinar matahari berlebih**

Paparan sinar ultraviolet dari matahari dapat meningkatkan risiko terjadinya kanker kulit.

Oleh karena itu, gunakanlah pakaian tertutup saat beraktivitas di luar ruangan.

8. **Gunakan masker di tempat yang penuh polusi udara**

Asap kendaraan bermotor, asap pabrik, asap pembakaran sampah, asap rokok, serta debu asbes dapat menyebabkan kanker.

9. **Hentikan konsumsi alkohol**

Jika Anda gemar mengonsumsi alkohol, mulailah untuk menghentikan kebiasaan tersebut, sebab alkohol dapat memicu kanker.

10. **Lakukan vaksinasi**

Terdapat dua jenis kanker yang dapat dicegah dengan vaksinasi, yaitu kanker hati melalui vaksin hepatitis B dan kanker serviks dengan vaksin HPV.

11. **Menggunakan masker** untuk melindungi saluran pernapasan dari polusi udara, dan olah raga teratur, Anda juga perlu menerapkan pola makan yang baik dan sehat.

12. **Mengonsumsi makanan yang baik dan sehat**, selalu diyakini dapat menjaga kesehatan tubuh serta melawan penyakit pada tubuh. Berikut ini adalah makanan yang memiliki manfaat untuk mengurangi risiko kanker paru: Apel, brokoli, strawberry, gandum utuh, paprika.

e. Diagnosis dan Stadium Kanker

Untuk mendiagnosis kanker, dokter akan menanyakan gejala yang dialami pasien dan melakukan pemeriksaan fisik. Setelah itu, ada beberapa tes tambahan yang akan dilakukan dokter untuk memastikan diagnosa kanker, yaitu:

1. **Tes laboratorium:** Tes laboratorium, seperti pemeriksaan darah dan urine, dapat dilakukan untuk memeriksa kelainan di dalam tubuh. Tenaga medis juga dapat melakukan pemeriksaan tumor *marker* atau *symthom* untuk mendeteksi kanker.

2. **Tes pencitraan:** Tes ini dapat berupa pemeriksaan *Rontgen*, *USG*, *CT scan*, *MRI*, atau *PET scan*, untuk melihat kondisi organ yang bermasalah.

3. **Biopsi**

Pada prosedur ini, dokter akan mengambil sampel jaringan tubuh pasien yang diduga mengalami kanker. *Biopsi* merupakan pemeriksaan yang paling akurat untuk menentukan apakah seseorang terkena kanker atau tidak. Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, dokter

akan menentukan tingkatan (*stadium*) kanker. Secara umum, tingkatan kanker dibagi menjadi stadium I, stadium II, Stadium III, dan stadium IV. Makin tinggi stadium kanker, gejala penyakitnya akan makin parah dan kemungkinannya untuk sembuh makin kecil. Tinggi rendahnya stadium kanker ditentukan berdasarkan ukuran kanker, ada tidaknya penyebaran kanker ke kelenjar getah bening di sekitarnya, dan seberapa jauh penyebaran kanker ke bagian organ tubuh yang lain.

f. Pengobatan Kanker

Jenis pengobatan yang akan dipilih dokter tergantung pada beberapa hal, mulai dari jenis kanker, letak kanker, stadium kanker, kondisi kesehatan pasien secara umum, hingga keinginan pasien. Metode pengobatan kanker yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kemoterapi:

Kemoterapi dilakukan dengan memberikan obat-obatan untuk merusak sel kanker.

2. Operasi:

Prosedur ini dilakukan dengan memotong dan mengangkat jaringan kanker.

3. Radioterapi

Radioterapi dilakukan dengan menggunakan paparan radiasi untuk membunuh sel-sel kanker. *Radioterapi* terdiri dua jenis, yaitu radiasi dari mesin yang berada di luar tubuh (*radioterapi eksternal*) atau radiasi dari alat *implan* yang dipasang di dalam tubuh (*brakiterapi*).

4. Transplantasi sumsum tulang

Lewat prosedur ini, sumsum tulang penderita akan diganti dengan sumsum tulang baru dari donor, agar dapat menghasilkan sel baru yang normal dan bebas kanker.

5. Imunoterapi

Imunoterapi atau terapi biologis bertujuan untuk mengaktifkan sistem *imun* penderita untuk melawan kanker.

6. Terapi hormone :

Beberapa jenis kanker, seperti kanker payudara dan kanker prostat, dipicu oleh hormon. Oleh karena itu, dengan menghambat hormon tersebut, pertumbuhan sel kanker dapat dihentikan.

7. Targeted drug therapy:

Terapi ini dilakukan dengan memberikan obat-obatan yang mampu menghambat *mutasi genetik* pada sel.

Perlu diketahui bahwa pengobatan kanker di atas dapat menyebabkan berbagai efek samping.

Salah satunya adalah berkurangnya jumlah sel darah putih, sehingga tubuh penderita rentan mengalami infeksi.

g. Diet Makanan *Asparagina*

Diet makanan atau pengaturan asupan makanan yang masuk kedalam tubuh dapat memengaruhi penyebaran sel kanker dalam tubuh. Menurut sebuah studi multicenter, yang diterbitkan di jurnal *Nature*, protein sel tunggal yang ditemukan pada beberapa makanan, ternyata dapat berperan untuk mencegah penyebaran kanker. Dalam hal ini, lebih spesifiknya adalah kanker payudara. Studi multicenter merupakan uji klinis yang dilakukan di lebih dari satu pusat kesehatan. Para peneliti menemukan bahwa membatasi makanan-makanan yang mengandung asam amino atau yang biasa disebut asparagina, dapat secara drastis mengurangi kemampuan kanker untuk melakukan penyebaran ke bagian tubuh yang lain.

Makanan yang kaya/banyak mengandung asparagina di antaranya adalah, susu, daging sapi, unggas, telur, ikan, makanan laut, asparagus, kentang, kacang-kacangan, dan biji-bijian. Sementara makanan yang rendah asparagina terdiri dari buah dan sayuran. Para peneliti juga tengah mempertimbangkan untuk melakukan uji klinis fase awal yang melibatkan partisipan yang sehat, untuk menerapkan pola makan yang rendah asparagina. Jika hasil penelitian nantinya menunjukkan penurunan tingkat asparagina, maka langkah ilmiah berikutnya adalah dengan percobaan klinis yang melibatkan pasien dengan kanker. Percobaan ini kemungkinan akan menerapkan diet khusus serta kemoterapi dan imunoterapi (Gerardus, 2018).

Asam amino yang diperlukan oleh sel-sel untuk produksi protein. Asparagin adalah komponen penting dari protein mereka yang mengurus sinyal yang ada pada jaringan syaraf sensorik dan jaringan syaraf motorik, pengembangan saraf dan transmisi di seluruh ujung saraf. Asparagina sangat penting untuk semua sel hidup untuk produksi banyak protein. Semua sel baik secara internal dapat menghasilkan Asparagin atau mereka dapat menyerap Asparagin dari luar sel, seperti yang diperoleh dari diet seseorang dan dibuat tersedia melalui aliran darah untuk semua sel dalam tubuh. L-Asparagina adalah asam amino yang terlibat dalam kontrol metabolik fungsi-fungsi sel dalam jaringan saraf dan otak. Asparagin sangat aktif dalam mengubah suatu asam amino menjadi lain (amination dan transamination) seketika itulah kemudian muncul kebutuhan terhadap Asam amino dalam hal ini yang dimaksud adalah *asparagina*.

Deskripsi Asam amino (*Asparagina*) adalah sebagai berikut : Asparagina adalah analog dari asam aspartat dengan penggantian gugus karboksil oleh gugus karboksamid. Asparagina bersifat netral dalam pelarut air. Asparagina merupakan asam amino pertama yang berhasil diisolasi. Namanya diambil karena pertama kali diperoleh dari jus asparagus (Wikipedia, 2019) dengan rumus kimia *sebagai* berikut:

Rumus : $C_4H_8N_2O_3$

Massa molar : 132,12 g/mol

Titik lebur : 235 °C

Rumus kimia : $C_4H_8N_2O_3$

Nama sistematis : Asam 2S-2-amino-3-karbamoil- propanoat

Massa molekul : 132,12g mol⁻¹

Reaksi antara asam amino ini dan mengurangi gula atau sumber-sumber Akrilamida lain hasil carbonyls dalam makanan, ketika dipanaskan ke suhu cukup. Produk ini terjadi ketika makanan dipanggang seperti keripik kentang, kentang goreng dan roti panggang.

Akrilamida diklasifikasikan sebagai kelompok 2A dan dianggap potensi karsinogenik.

Para peneliti mempelajari sel kanker payudara *triple-negative*, yang mana sel ini tumbuh dan menyebar lebih cepat daripada kebanyakan jenis sel kanker lainnya. Kanker jenis ini juga memiliki tingkat kematian yang lebih tinggi. Para peneliti telah menemukan bahwa *asparagine synthetase*, enzim yang digunakan untuk membuat *asparagina*, terdapat di pusat tumor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan pola makan dapat memengaruhi bagaimana seseorang merespons terapi dan kemungkinan penyebaran penyakit mematikan. Hal ini sangat terkait dengan penyebaran kanker di kemudian hari, dan diharapkan bahwa *diet asparagine* berimplikasi tidak hanya untuk pasien dengan penyakit kanker payudara.

Asparagin adalah asam amino terbanyak yang terlibat dalam pengangkutan nitrogen. *Asparagin* berfungsi sebagai donor amino dalam proses *transamination* hati. Di dalam hati, fungsi dari *Asparagin* melibatkan konversi satu asam amino lain. Asparagin membantu mempertahankan keseimbangan sistem saraf pusat dan memiliki sifat terapeutik, tetapi beracun bila digunakan secara berlebihan. Itu juga berpartisipasi dalam kontrol metabolik otak dan sistem saraf yang menggunakan terapi di daerah ini. Dalam sistem saraf pusat,

Asparagin diperlukan untuk menjaga keseimbangan, mencegah atas gugup atau menjadi efek terlalu tenang seperti halnya glutamin.

Asparagina penting dalam metabolisme amonia beracun dalam tubuh. Kelompok Amida relatif *unreactive*, netral dalam rantai samping *Asparagin* menganugerahkan properti tidak khusus berdasarkan asam amino ini setelah itu dimasukkan dalam protein oleh dua ikatan peptida. *Asparagina* dan glutamin dibuat dengan ATP energi tinggi dan dapat kembali energi ini ketika mereka memetabolisme Asam Aspartat dan asam glutamat masing-masing. Keduanya membutuhkan vitamin B6 dan enzim untuk pembentukan mereka. Pada tanaman, *Asparagin* adalah kombinasi *reversibel amonia* dan Asam *Aspartat*. Hal ini penting dalam metabolisme tanaman untuk menjaga ammonia (Gerardus, 2018), akan tetapi kekurangan asam amino ini dapat berkontribusi pada sistem kekebalan tubuh yang buruk, yang pada akhirnya dapat menyebabkan infeksi, gangguan *autoimun* dan reaksi alergi.

Artinya pada keadaan normal sehat maka manusia sangat membutuhkan *asparagina* dengan dosis tertentu, Dosis *Asparagina* yang dibutuhkan adalah sebagai berikut

Orang dewasa yang sehat membutuhkan 0.36 gram asam amino ini untuk satu pon berat badan. Ini setara dengan 0,8 gram protein per 1 Kg berat badan per individu. Akan tetapi apabila manusia tersebut menderita penyakit kanker dari jenis penyakit kanker apapun maka sebaiknya asupan yang mengandung *asparagina* ini sebaiknya justru dikurangi mengingat beberapa hasil penelitian mengatakan bahwa pertumbuhan sel kanker lebih melambat atau berkurang.

Hannon dalam Anonim (2019) menerangkan berdasarkan sebuah studi, mengonsumsi daging dan ikan bisa membuat kanker lebih mematikan dengan membuat penyebarannya ke seluruh tubuh semakin *masif*. Makanan laut dan daging, termasuk daging sapi dan unggas, kaya *asparagina* adalah salah satu asam *amino* yang digunakan sistem sel untuk membuat protein. Harap diketahui, sebagian besar pasien kanker tidak meninggal akibat tumor primer yang mereka derita melainkan dari penyebaran sel yang sakit ke paru-paru, otak, tulang, dan organ lainnya. Temuan ini menambahkan informasi penting untuk pemahaman kita tentang bagaimana kita dapat menghentikan penyebaran kanker yang menjadi alasan utama pasien kanker meninggal.

BAB III. HIPOTESIS DAN KONSEP ILMIAH

3.1 Konsep Ilmiah.

Surabaya adalah kota wisata terbesar ke 2 setelah kota Jakarta, sehingga potensi untuk mengembangkan suasana boga atau kuliner menjadi lebih potensial, selain jumlah penduduknya relatif besar, maka potensi wisata yang ada memungkinkan kota Surabaya mengembangkan berbagai usaha berupa industrialisasi dan atau mengembangkan pendapatan asli daerah berasal atau berbahan baku udang.

Berbagai jenis udang yang bisa didapat di kota Surabaya selain wilayah Surabaya sebagian adalah merupakan daerah pesisir Surabaya berupa daerah air payau (ditambak-tambak muara sungai) atau tangkapan liar di air tawar yaitu disungai, berupa ikan dan udang air tawar. Tambak yang ada kebanyakan juga di kembangkan dan berpotensi sangat baik untuk budidaya ikan dan udang. Meskipun demikian dengan jumlah penduduk yang cukup tinggi untuk ukuran sebuah kota hal lain juga sebagai kota jujukan wisata maka dapat difahami bahwa kebutuhan ikan dan udang terus meningkat dari tahun ketahun. Udang adalah bahan makanan sumber protein bagi manusia yang bisa dikonsumsi secara tersendiri sebagai lauk pauk maupun sebagai bahan campuran makanan yang lain atau bahkan sebagai dampak wisata maka Surabaya sebagai kota wisata bahkan sekaligus sebagai kota industri maka udang juga digunakan untuk campuran bahan kue atau bahan kudapan atau bahan olahan industri yang lain.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat difahami bahwa kebutuhan udang cukup tinggi dan secara otomatis tidak bisa dipenuhi oleh kota Surabaya sendiri dalam hal kebutuhan udang untuk keperluan sehari-hari, maka untuk memenuhi kebutuhan udang tersebut Surabaya membutuhkan udang pasokan. Sebagian besr udang maupun ikan yang dibutuhkan dipasok dari daerah penyangga kota Surabaya yaitu Kota Gresik, Kota Lamongan dan Kota Sidoarjo. Ke tiga daerah Kota Gresik, Kota Lamongan dan Kota Sidoarjo tersebut mempunyai kondisi atau keadaan relatif sama dengan kota Surabaya yaitu sebagai daerah pesisir dan sekaligus sebagai kota industri.

Menurut Akas et al., (2019d), sebagai daerah industri maka secara otomatis polusi yang ada sangat tinggi, Surabaya, Gresik, Lamongan dan sidoarjo adalah daerah industri baik industri berskala besar, sedang maupun home industri sekaligus secara goegrafi semua terletak di pesisir, maka secara logika limbah baik berupa limbah padat, cair dan gas yang dihasilkan

juga relatif besar, secara umum limbah yang dihasilkan tersebut mencemari lingkungan, terutama lingkungan perairan dengan tingkat pencemaran relatif tinggi, terutama paparan logam berat tembaga atau Cu (Cuprum) dan timbal atau Pb (Plumbum).

Kandungan Pb dan Cu dalam air disamping berpengaruh pada kualitas air sekaligus dapat mempengaruhi kehidupan udang berupa gangguan fisiologis maupun gangguan morfologis. Akibat toksisitas Pb dan Cu dalam air pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kerusakan struktur insang dan *hepato-pancreas* bahkan dapat menyebabkan kematian. Logam berat Pb dan Cu selain dapat menyebabkan berbagai kerusakan baik fisiologi maupun morfologi secara langsung diduga dapat menyebabkan meningkatnya angka kelulus hidupan udang. Toksisitas logam berat dipengaruhi antara lain oleh stadium udang berarti daya tahan terhadap logam berat berbeda-beda tergantung jenisnya.

Untuk memenuhi kebutuhan pariwisata maka selalu dibutuhkan ikan dan udang dengan keadaan fisik yang baik atau bahkan dalam keadaan hidup, ukuran besar sampai sedang, diluar ketentuan tersebut maka ikan dan udang yang ada tidak akan laku diperjual belikan. Sehingga untuk kebutuhan tersebut maka udang dengan ketentuan tersebut lebih banyak digunakan sebagai kebutuhan wisata dengan harga relatif mahal sehingga tidak terbeli oleh golongan marginal, sedangkan golongan marginal ini jumlahnya lebih banyak tersebar diseluruh wilayah kota Surabaya. Udang yang dibutuhkan oleh golongan masyarakat marginal dengan harga relatif murah ini selalu tersedia setiap hari akan tetapi dengan kondisi sangat berbeda apabila dibandingkan dengan udang untuk kebutuhan wisata. Udang yang dimaksud banyak disediakan di pasar-pasar tradisional di beberapa lokasi wilayah kota Surabaya. Akan tetapi udang atau ikan yang didapat hampir selalu dalam keadaan mati dan dengan ukuran relatif kecil.

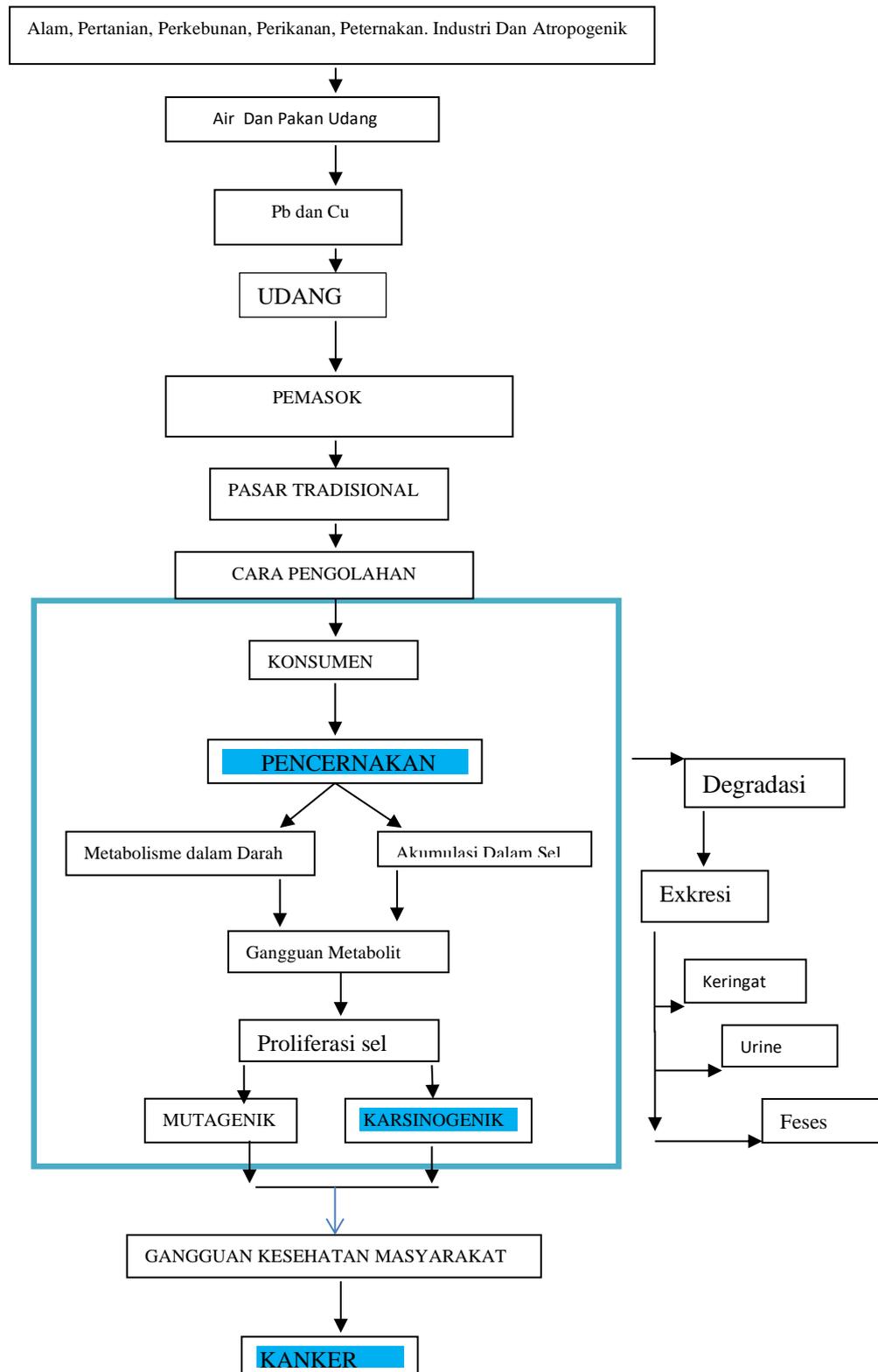
3.2 Hipotesis.

Berdasarkan konsep ilmiah hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bila ukuran fisik udang berbeda maka kadar logam berat timbal (Pb) dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda.
2. Bila bentuk tubuh berbeda maka kadar logam berat pada udang jantan timbal (Pb) dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda dengan kadar timbal (Pb) pada udang betina.

3. Bila asal daerah pemasok udang berbeda maka kadar logam berat timbal (Pb) dalam tubuh masing-masing udang berdasar asal daerah pemasok juga akan berbeda.
4. Bila berbagai cara pengolahan berbeda maka kadar logam berat timbal (Pb) dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda
5. Bila dilakukan analisis perbedaan kadar logam berat timbal (Pb) berdasar asal pasar tradisional dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda.
6. Bila ukuran fisik udang berbeda maka kadar logam berat tembaga (Cu) dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda.
7. Bila bentuk tubuh berbeda maka kadar logam berat pada udang jantan tembaga (Cu) dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda dengan kadar timbal (Pb) pada udang betina.
8. Bila asal daerah pemasok udang berbeda maka kadar logam berat tembaga (Cu) dalam tubuh masing-masing udang berdasar asal daerah pemasok juga akan berbeda.
9. Bila berbagai cara pengolahan berbeda maka kadar logam berat tembaga (Cu) dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda
10. Bila dilakukan analisis perbedaan kadar logam berat tembaga (Cu) berdasar asal pasar tradisional dalam tubuh masing-masing udang juga akan berbeda.

3.3. Skema Konsep Penelitian.



Gambar 24: Skema konsep ilmiah

Keterangan dengan huruf di dalamnya adalah variabel yang diukur atau diamati pada penelitian.

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium pengambilan data dilakukan dengan metode observasi dan pengukuran secara langsung yang dilakukan di laboratorium. Observasi berbagai cara pengolahannya, dilakukan dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap gejala pada obyek yang diteliti dalam situasi asli dari pasar tradisional dan dalam situasi buatan pada penelitian kadar logam berat Timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berdasarkan cara memasaknya, kemudian dibandingkan dengan kondisi budidaya di alam sebagai kontrol. Kondisi pasar tradisional di kota Surabaya diperlakukan sebagai faktor terkendali atau dapat dikendalikan sehingga pengaruhnya terhadap keadaan udang yang dijual dapat dianggap sama atau homogen.

4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.

Penelitian uji rata-rata kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang yang dijual dipasar tradisional Surabaya, termasuk berbagai perbedaan besar fisik udang dan cara pengolahannya dilakukan pada bulan Februari 2020, sedangkan uji kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Surabaya..

4.3 Materi Penelitian.

4.3.1 Bahan Uji.

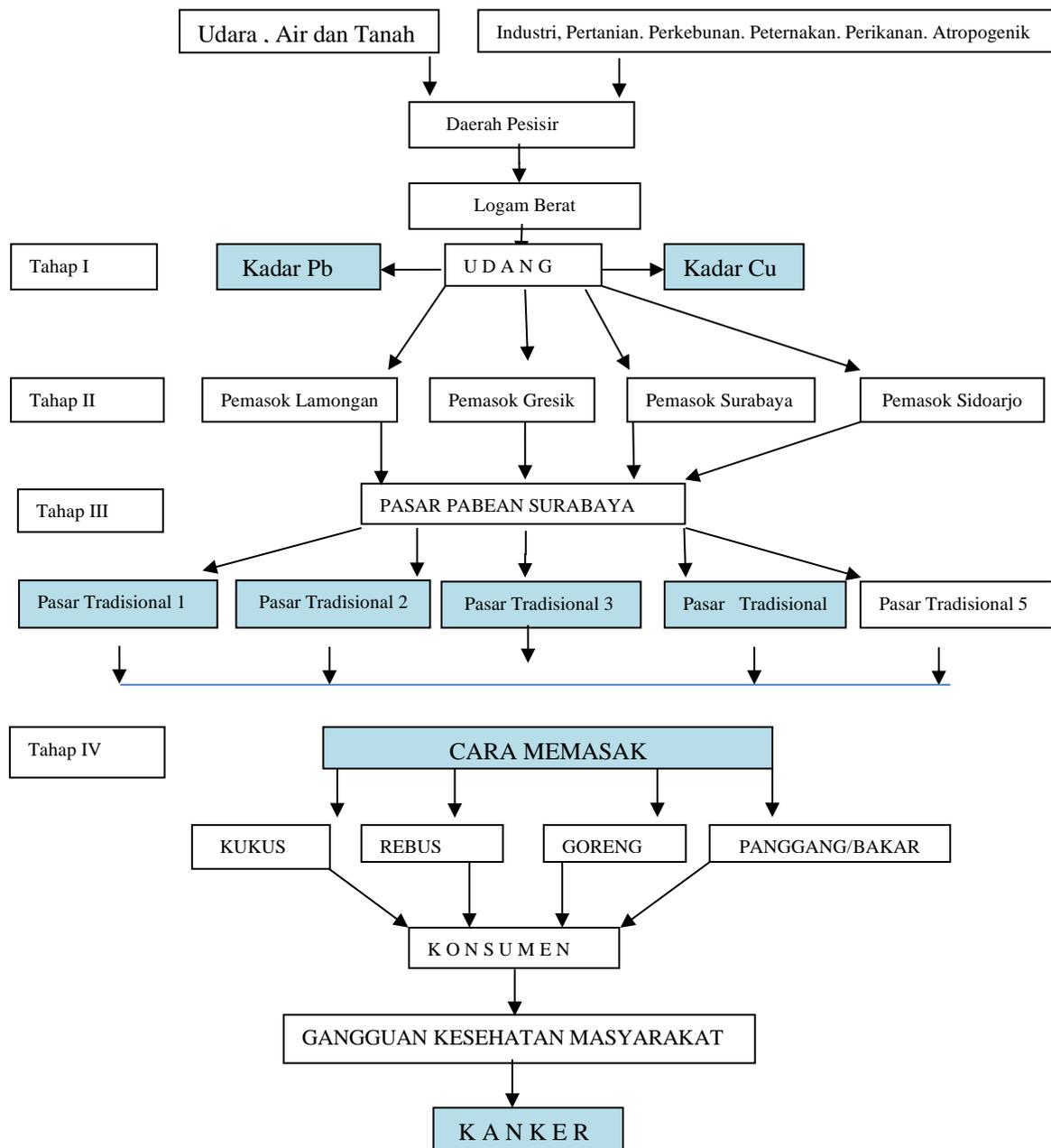
Pada penelitian ini hewan uji jantan dan betina sedapat mungkin mempunyai ciri secara fisik pada stadia sama fase dewasa berasal dari tempat sama (pasar tradisional) tanpa membedakan keadaan (hidup maupun keadaan mati). Pada penelitian ini digunakan udang dewasa dengan panjang rata-rata $19,78 \pm 2,89$ (Cm), berat rata-rata $22 \pm 2,56$ (gr), layak sebagai hewan uji. Kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang dan berasal dari berbagai pasar tradisional di Surabaya.

4.4. Operasional Pelaksanaan Penelitian.

Operasional pelaksanaan penelitian toksisitas timbal/Plumbum (Pb) dan tembaga/Cuprum (Cu) pada udang berdasarkan jenis kelamin udang, pemasok udang dipasar tradisional kota Surabaya yaitu berasal dari kota Surabaya, Kota Gresik, Kota Lamongan dan Kota Sidoarjo, penelitian ini sekaligus mengamati kadar timbal/Plumbum (Pb) dan

tembaga/Cuprum (Cu) pada udang berdasarkan cara pengolahannya yang kemudian diduga dapat menimbulkan gangguan kesehatan masyarakat yakni timbulnya penyakit kanker maka secara skematis penelitian ini dapat dilihat atau disajikan pada Gambar 24, sebagai berikut:

4.4.1. Skema Operasional Penelitian.



Gambar 25: Skema operasional penelitian.

Keterangan Berisi huruf adalah variabel yang diukur atau diamati pada penelitian ini.

4.5. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) atau *Completely Random Sampling*, selain unit perlakuan maka semua faktor dibuat homogen atau dihomogenkan, sedangkan untuk menentukan besarnya jumlah hewan uji digunakan rumus (Akas, et al., 2013):

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

Keterangan

t = Perlakuan (termasuk kontrol)

r = Ulangan

4.6. Definisi Operasional Penelitian

a. Kandungan Logam Berat Dalam Sampel Udang.

Definisi operasional beberapa tahapan penelitian yang kami lakukan adalah sebagai upaya untuk mengetahui bahwa sebenarnya logam berat Plumbum (Pb) dan tembaga (Cu) sangat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat secara umum (Konsumen penikmat udang), meskipun tembaga termasuk sebagai logam berat esensial bagi tubuh terutama pada metabolisme darah sehingga apabila darah kekurangan kadar tembaga (Cu) tertentu, maka bagi manusia akan menimbulkan gangguan pada metabolisme darah, akan tetapi sebaliknya beberapa penelitian mengatakan bahwa logam berat Plumbum /timbal (Pb) maupun tembaga atau cuprum (Cu) dalam jumlah berlebih merupakan salah satu penyebab timbulnya mutagenik dan carcinogenik pada manusia, dengan asumsi sebagai berikut: Konsentrasi logam berat adalah banyaknya kadar logam berat yang terakumulasi pada setiap ekor udang sebagai sampel pada udang dewasa dengan satuan mgPb/kg atau mgCu/kg yang sering dikonsumsi oleh konsumen atau penikmat udang, sedangkan udang yang dikonsumsi rata-rata berasal atau dibeli dari pasar tradisional khususnya kota Surabaya Jawa Timur.

Kadar logam berat yang dimaksud adalah akumulasi logam berat Pb dan Cu di dalam insang udang galah dewasa dengan satuan mg/L.

b. Pasar Tradisional Di kota Surabaya:

Pasar tradisional (Bahasa Jawa; Pasar Krempeyeng), merupakan tempat bertemunya penjual dan pembeli serta ditandai dengan adanya transaksi penjual pembeli secara langsung dan biasanya ada proses tawar-menawar. Seringkali hanya terdiri dari beberapa pedagang kebutuhan sehari-hari terutama kebutuhan sayur mayur dan ikan. Kebanyakan menjual kebutuhan sehari-hari seperti bahan-bahan makanan berupa ikan termasuk udang, buah, sayur-sayuran, telur, daging, pasar ini biasanya tidak dikelola secara khusus oleh suatu badan

pengelola akan tetapi hanya dikelola sendiri oleh warga setempat secara tradisional. seringkali hanya buka atau keberadaannya atau buka pagi hari. Pasar seperti ini masih banyak ditemukan di Indonesia, dan umumnya terletak dekat kawasan perumahan agar memudahkan pembeli untuk mencapai pasar.

c. Konsumen Udang

Konsumen Udang yang dimaksud adalah penikmat udang atau konsumen udang akan tetapi tidak tergantung berapa kali penikmat udang tersebut memakan udang dalam jangka waktu tertentu (berapa kali mengkonsumsi udang dalam hitungan hari, minggu per bulan). mengingat sifat logam berat setiap kali mengkonsumsi udang dapat dipastikan logam berat selalu terakumulasi dalam sel).

d. Cara Pengolahan Udang

Cara Pengolahan Udang yang dimaksudkan adalah suatu kebiasaan yang dilakukan oleh masyarakat dalam mengkonsumsi udang, Di Indonesia Udang selain dikonsumsi sebagai lauk pauk makanan sehari-hari, maka pada perkembangannya udang juga dijadikan sebagai bahan olehan baik sebagai bahan makanan tambahan (kue-kue), juga dijadikan bahan makanan untuk kebutuhan wisata (apabila udang dalam keadaan segar bentuk fisik relatif besar). Udang sering dikonsumsi baik sebagai lauk pauk pada makanan pokok, jajanan dan lain-lain pada masyarakat khususnya di kota Surabaya diolah tau dimasak terlebih dahulu dengan cara di goreng, dikukus, direbus dan dipanggang atau dibakar.

4.7. Pesiapan bahan Uji.

Bahan uji udang sebagai sampel diambil dari pasar tradisional sesuai dengan jumlah yang diperlukan secara acak, berdasarkan jenis udang, keadaan fisik udang, daerah asal pemasok udang seperti yang telah ditentukan yaitu (Surabaya, Lamongan, Gresik dan Sidoarjo), yang dijual di pasar tradisional masing-masing wilayah Surabaya tanpa membedakan (Luas atau besarnya lokasi pasar) dan telah ditentukan dengan tidak mempermasalahkan kondisi udang saat penjualan artinya udang masih dalam keadaan baik hidup maupun mati tetapi tidak dalam keadaan busuk dan dapat dianggap layak sebagai bahan uji.

4.8. Variabel Penelitian

Logam berat timbal/ plumbum (Pb), (mgPb/L) dan tembaga/ Cuprum (Cu) (mgCu/L), adalah merupakan variabel bebas atau *independent variabel*. Sedangkan variabel terikat atau

dependentt variabel atau variabel tergantung adalah asal pemasok udang, cara memasak udang, besar dan kecilnya fisik udang, kadar rata-rata timbal/ plumbum (Pb), (mgPb/L) dan tembaga/ Cuprum (Cu) (mgCu/L) pada udang yang diambil dari sejumlah pasar tradisional di kota Surabaya, kemudian sejumlah hewan uji yang diperlukan diambil secara acak untuk digunakan sebagai sampel.

4.9. Pengumpulan Data

4.9.1. Alat Uji Pengukuran Kadar Logam Berat.

Data kadar Pb dan Cu pada insang udang di air dengan salinitas 0‰ dan 12‰ dilakukan menggunakan *Spectrofotometer* (AAS) di BBLK. *Atomic absorption spectrometry* (AAS) tipe AA 300 P buatan Varian Techtron, Australia, gelas beker 50 ml, labu ukur 10 ml, *vial polietilen* ukuran 5 ml, mikro pipet *effendorf* 10 -100 μ L, dan neraca analitik, Caliper (alat untuk mengukur panjang biota), camera, mikroskop. Cara kerja *Spectrofotometer* (AAS) sebagai berikut:

1. Uji kepekaan dan presisi alat uji *Spectrofotometer* (AAS) :

Uji kepekaan dan presisi alat uji *Spectrofotometer* (AAS) dilakukan dengan membuat 1 buah larutan campuran yang terdiri atas larutan standar Cu 1000‰ HNO₃ 1 N dan akuatrides sedemikian rupa sehingga konsentrasi Cu dalam larutan 2 ppm dan konsentrasi HNO₃ larutan 0,1 N. Kepekaan alat uji ditentukan dengan mengukur serapan larutan 3 kali pengukuran presisi alat uji ditentukan dengan menghitung simpangan baku dari pengukuran 6 kali serapan larutan itu.

2. Kondisi optimum analisis:

Kondisi optimum analisis masing-masing unsur diperoleh dengan mengukur serapan maksimum unsur pada setiap perubahan parameter panjang gelombang, arus lampu, lebar celah, laju alir cuplikan, laju alir asetilen dan tinggi pembakar digunakan 25 mL larutan Pb 5 ‰ dan 25 mL larutan Cu 5 ‰.

3. Kurva kalibrasi:

Kurva kalibrasi Pb dan Cu diperoleh dengan mengukur serapan larutan standar masing-masing unsur pada kondisi optimum unsur. Kisaran larutan standar masing-masing unsur Pb 0,5 – 2,5 ‰ dan Cu 0,1 – 0,50 ‰. Kurva kalibrasi diperoleh dengan membuat kurva konsentrasi serapan masing masing unsur.

4. Preparasi cuplikan insang udang:

Preparasi cuplikan insang udang diambil, dicuci, dikeringkan dan ditumbuk dengan menggunakan lumpang dan alu, diayak sampai lolos 100 mesh dan dihomogenkan cuplikan insang udang yang telah homogen ditimbang 0,5 gram dalam teflon bom digester dibasahi sedikit akuatrides kemudian ditambahkan 1 ml asam nitrat pekat. Setelah itu teflon bom digester ditutup rapat kemudian dimasukkan dalam tungku pemanas dan dipanaskan pada suhu 1500 °C selama 4 jam. Hasil pelarutan setelah dingin dituang ke dalam gelas beker dipanaskan di atas pemanas listrik dengan penambahan akuatrides secara berulang-ulang. Hasil pelarutan setelah dingin dimasukkan labu takar 10 ml dan ditepatkan sampai batas tanda dengan penambahan akuatrides cuplikan siap dianalisis unsur dengan menggunakan *Atomic absorption spectrometry* (AAS) tipe AA 300 P - Varian Techtron, Australia.

4.10. Analisis Data.

Maka secara umum data yang didapat dari hasil penelitian tentang kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) , kemudian ditabulasikan dan dihitung besarnya kadar rata-rata serta standart deviasi masing-masing detail beberapa yang ingin diketahui. Normalitas penyebaran data kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dilihat dengan menggunakan uji Kolmogorof-Smirnov (Uji Distribusi). Uji Kruskal-Wallis digunakan untuk melihat ada tidaknya perbedaan hasil pengamatan antar perlakuan secara simultan apabila hasil uji secara simultan dan berbeda nyata (signifikan) untuk mencari perlakuan yang berbeda dilanjutkan dengan uji LSD. Apabila data terdistribusi normal digunakan uji One way Anova satu arah apabila data tidak terdistribusi normal digunakan uji Mann-Whitney, kemudian dilanjutkan untuk mengetahui adanya hubungan antar variable digunakan uji regresi dan korelasi.

BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian.

Berdasarkan pemikiran bahwa salah satu pemicu terjadinya penyakit kanker adalah uang sebagai bahan konsumsi, maka penulis berusaha untuk melakukan pembuktian dengan cara melakukan berbagai macam penelitian untuk merujuk kepada pemikiran yang ada tersebut. Maka penelitian tentang berbagai kandungan logam berat pada uang sebagai pemicu timbulnya penyakit kanker penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan uji atau analisa kadar timbal/plumbum (Pb) dan tembaga/Cuprum (Cu) dengan melakukan berbagai macam penelitian pada berbagai jenis uang yang dijual dipasar tradisional wilayah kota Surabaya maka didapatkan hasil dan dapat diuraikan sebagai berikut:

Sebagaimana diketahui berdasarkan jumlah penduduk relative besar sekaligus kota Surabaya adalah sebagai kota perdagangan, kota industri, perikanan dan sekaligus pendidikan maka dapat difahami bahwa kota Surabaya juga sering berfungsi sebagai kota pariwisata. Sebagai kota yang terletak didaerah pesisir pantai laut jawa maka sebagian wilayahnya (Wilayah utara dan wilayah selatan kota Surabaya) adalah merupakan daerah pantai yang terdiri dari tambak-tambak air payau sebagai daerah budidaya ikan, akan tetapi Kota Surabaya juga dilalui oleh dua sungai besar yaitu sungai Jagir atau sering disebut sebagai sungai Surabaya bermuara di pantai kota Surabaya bagian selatan dan sungai Mas yang bermuara dibagian utara kota langsung berhadapan dengan pelabuhan Tanjung Perak. Sungai Mas adalah anak sungai Jagir yang membelah langsung kota Surabaya. Sungai Jagir atau sungai Surabaya adalah anak sungai Brantas yang berhulu dikota Batu, Malang. Sebagaimana besar kota di Jawa Timur adalah merupakan daerah Industri, sedangkan kota-kota industri besar rata-rata berada disepanjang sungai Brantas.

Seperti diketahui bersama bahwa selalu terjadi kecenderungan bahwa industri yang berdiri di sepanjang sungai selalu berusaha membuang limbahnya dengan cara dan saat kapanpun ke sungai, meskipun berbagai peraturan daerah maupun peraturan negara telah ditetapkan dan diberlakukan. Sehingga akan dengan mudah diketahui pula pada saat musim kemarau maka pada saat jumlah debit air sungai berkurang maka tingkat cemaran berbagai bahan limbah termasuk logam berat akan semakin tinggi baik di sungai Brantas, Sungai Surabaya atau sungai Jagir dan sungai Mas selalu tercemar dalam tingkat cemaran relative tinggi, hal itu bisa dilihat pada saat-saat tersebut seringkali terjadi sejumlah ikan mabuk atau mati, bahkan

kadang-kadang warna air sungai berubah secara mendadak bahkan seringkali berbau, kemudian dapat dipastikan bahwa cemaran bahan-bahan limbah tersebut akan sampai kepesisir sepanjang pantai, panjang pantai ini hampir meliputi separuh kota Surabaya.

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka kota Surabaya berusaha untuk memenuhi konsumsi berbagai bahan ikan termasuk udang yang dibutuhkan oleh masyarakatnya secara otomatis berasal dari produksi atau budidaya para petani perikanan dengan mengandalkan petani petambak, penangkap ikan dipesisir atau laut wilayah Surabaya, dan berasal dari penangkap ikan langsung dari sungai.

Udang adalah salah satu jenis lauk pauk maupun bahan makanan tambahan sebagai bahan camilan atau jajanan yang digemari oleh masyarakat baik level atas maupun level bawah atau kaum marginal dengan tingkat kemampuan ekonomi masing-masing untuk mengkonsumsi jenis udang yang mapu mereka adakan atau mereka beli. Udang adalah salah satu hewan bioindikator artinya udang bisa digunakan sebagai hewan uji pada penelitin logam berat mengingat jenis hewan ini selalu hidup dan mempunyai kecenderungan selalu hidup didasar perairan, Udang adalah bioindikator hewan uji yang sangat baik untuk berbagai lokasi perairan misalnya tambak, sungai maupun di daerah dipesisir. Sedangkan hampir semua bahan cemaran berasal dari bahan kimia utamanya bahan logam berat selalu terakumulasi didasar perairan atau terakumulasi pada bagian lumpur baik tambak sungai maupun pantai.

Penelitian tentang berbagai akibat toksisitas timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai biota perairan telah banyak dilakukan akan tetapi penelitian tentang akibat toksisitas tembaga (Pb) dan tembaga (Cu), pada berbagai jenis udang masih sangat perlu dilakukan mengingat masih sangat tingginya kebutuhan produksi berbagai udang utamanya di Indonesia terutama untuk memenuhi kebutuhan pariwisata dan kebutuhan dalam negeri yang masih belum terpenuhi demikian juga untuk memenuhi kebutuhan ekspor dengan kriteria yang lebih khusus.

Untuk memenuhi terhadap kebutuhan konsumsi udang warga masyarakat umum termasuk untuk kebutuhan pariwisata udang seringkali didapat berasal dari pasar (artinya ikan dan termasuk udang yang dipasok bukan untuk suatu tempat sebagai tujuan khusus atau bukan berdasarkan pesanan dari individu ke individu petambak udang). Dikota Surabaya terdapat dua jenis pasar penyedia udang bagi kebutuhan warga masyarakatnya yakni yang sekarang sering disebut sebagai pasar modern dan pasar tradisional. Pasar modern lebih dibanyak digunaka oleh masyarakat ekonomi tingkat menengah keatas sedangkan pasar tradisional

lebih banyak dimanfaatkan oleh masyarakat marginal atau pinggiran dan secara ekonomi beradadi level bawah.

Akan tetapi seperti kita ketahui di kota Surabaya terdapat suatu pasar relative besar akan tetapi bukan dalam bentuk pasar modern, menurut sejarahnya pasar tersebut adalah pasar modern dijamannya akan tetapi pada perjalanannya sekarang pasar tersebut menjadi semi pasar tradisional dan berfungsi sebagai pasar pusat penjualan semua jenis ikan termasuk udang yakni pasar Pabean, pasar tersebut sekarang ini justru lebih banyak berfungsi sebagai pasar distribusi ikan untuk memasok kebutuhan ikan dan udang keberbagai pasar tradisional (pasar lebih kecil) di berbagai penjuru kota dan sekaligus keberbagai daerah/kota lain di Jawa Timur yang bukan merupakan kota penghasil ikan.

Dengan jumlah penduduk relative tinggi kota Surabaya maka kekurangan udang didatangkan atau dipasok dari daerah sekitar kota Surabaya sebagai daerah penyangga sekaligus pemasok kebutuhan ikan yaitu kota Gresik, Kota Lamongan dan Kota Sidoarjo. Daerah penyangga pemasok udang tersebut adalah kota-kota sekitar kota Surabaya dan berpotensi sama dengan kota Surabaya yaitu sebagai daerah pesisir, sebagai daerah industri sekaligus sebagai daerah perikanan dengan kecenderungan merupakan hasil udang budidaya ditambak-tambak air payau di daerah pesisir pantai dan udang hasil tangkapan liar langsung dari daerah pesisir pantai.

Pasar Ikan Pabean, Pasar ikan Kota Surabaya, Jawa Timur termasuk daerah plesiran kembang jepun, jalan panggung, pasar pabean adalah pasar primer untuk bahan kebutuhan rumah tangga sehari-hari utamanya ikan termasuk udang dan polowijo. Pada kenyataannya Pabean adalah pasar ikan dengan fungsi pasar distribusi ikan dan udang bahan kebutuhan rumah tangga yang sangat besar di Jawa Timur. Saat ini pasar Pabean sangat cocok untuk belanja ikan, sebagai pemasok ikan di pasar pabean asalnya dari nelayan pantura, lamongan dan pasuruan Habibi, salah satu penyuplai ikan di pasar Pabean mengaku, dirinya datang langsung dari Gresik untuk menyuplai ikan ke Pasar Pabean. “Ya sejak dulu sudah mengirim ikan ke sini (Pasar Pabean). Nanti kalau tidak habis dimasukkan ke dalam box pendingin baru dilarikan (dijual, Red) ke tempat lain udang di kota, siap dikirim ke berbagai kota di Jawa Timur.” (Wijayatno, 2019), artinya kebutuhan ikan dan termasuk Surabaya adalah benar-benar dipasok dari daerah penyangga ikan dan udang di sekitar kota Surabaya.

Pada penelitian ini kemudian dititik beratkan untuk melihat kandungan cemaran logam berat yaitu timbal (Pb) dan tembaga (Cu), pada udang mengingat udang adalah salah satu menu favorite atau menu yang sangat digemari diberbagai kalangan di kota Surabaya. maka didapat

hasil penelitian sebagai berikut :

Penelitian tentang kadar tembaga (Cu) pada udang jenis udang vannamei *Litopenaeus Sp* dapat diketahui bahwa kadar rata-rata tembaga (Cu) adalah lebih tinggi bila dibandingkan dengan udang yang berasal dari Surabaya dan sidoarjo yakni kadar rata-rata Cu= 15.7527 ppm sedangkan kadar rata-rata tembaga (Cu) kadar rata-rata tembaga (Cu) terendah adalah udang yang dipasok berasal dari daerah atau kota Lamongan dengan kadar rata-rata (Cu)=14.2870 ppm apabila dibandingkan dengan kadar rata-rata tembaga (Cu) udang yang berasal dari daerah pemasok Surabaya, Gresik and Sidoarjo, data perbandingan kadar tembaga (Cu) pada jenis udang vannamei *Litopenaeus Sp*, dapat dilihat pada tabel 5, sebagai berikut :

Tabel, 5: Analisis kadar tembaga (Cu) udang vannamei *Litopenaeus Sp*.berdasarkan daerah pemasok.

		Statistics			
		SURABAYA	GRESIK	SIDOARJO	LAMONGAN
N	Valid	30	30	30	30
	Missing	0	0	0	0
Mean		15,7527	16,9097	16,1553	14,2870
Std. Deviation		1,57382	1,27623	1,26000	1,10877
Minimum		14,10	14,46	13,67	12,24
Maximum		18,98	18,98	18,22	15,38

Berdasarkan table 5, dapat diketahui dan difahami bahwa udang udang vannamei *Litopenaeus Sp*.yang dijual di Pasar tradisional kota Surabaya yang dipasok dari daerah Gresik mempunyai/ atau kadar tembaga rata-rata paling tinggi apabila dibandingkan dengan ke tiga daerah pemasok udang yang lain yaitu kota Sidoarjo, Kota Surabaya dan berasal dari Kota Lamongan dapat di terima mengingat kota Gresik adalah kota Industri besar dengan dua industri besar yakni Pabrik Semen Gresik dan Pupuk Petrokimia disamping itu terdapat juga berbagai indrustri lain baik skala sedang dan kecil bahkan banyak sekali terdapat Home industri yang secara nyata selalu menghasilkan limbah baik berupa limbah padat limbah cair dan limbah gas dan apabila diakumulasikan secara keseluruhan limbah-limbah industri tersebut pasti sangat besar jumlahnya, dan pasti akan berdampak terhadap perairan di kota Gresik (Akas, 2018, Akas, et al., 2019). Kemudian akan lebih terlihat dengan jelas apabila

dilakukan perbandingan kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei *Litopanaeus Sp.* antar daerah pemasok, dapat dengan jelas dilihat pada tabel 7, sebagai berikut:

Tabel 6: Analisis perbedaan kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei *LitopanaeusSp.* berdasarkan perbedaan daerah pemasok.

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	SURABAYA - GRESIK	-1,15700	1,41049	,25752	-1,68368	-,63032	-4,493	29	,000
Pair 2	SURABAYA - SIDOARJO	-,40267	1,69210	,30893	-1,03451	,22918	-1,303	29	,203
Pair 3	SURABAYA - LAMONGAN	1,46567	1,69755	,30993	,83179	2,09954	4,729	29	,000
Pair 4	GRESIK - SIDOARJO	,75433	1,57793	,28809	,16512	1,34354	2,618	29	,014
Pair 5	GRESIK - LAMONGAN	2,62267	1,58771	,28988	2,02981	3,21553	9,048	29	,000
Pair 6	SIDOARJO - LAMONGAN	1,86833	1,78020	,32502	1,20360	2,53307	5,748	29	,000

Pada table 6, terdapat perbedaan yang nyata pada rata-rata kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei *Litopanaeus Sp.* berasal dari daerah pemasok Surabaya apabila dibandingkan dengan rata-rata kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei *Litopanaeus Sp.* berasal dari daerah pemasok kota Gresik dan Lamongan dengan koefisien probabilitas $<\alpha$ 0,05, akan tetapi apabila dibandingkan dengan rata-rata kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei *LitopanaeusSp.* asal daerah pemasok Sidoarjo terdapat perbedaan secara tidak nyata dengan koefisien probabilitas sebesar 0.203 $>\alpha$ 0,05. Sehingga dari uraian tersebut diatas dapat diketahui bahwa kandungan logam berat utamanya tembaga (Cu) pada udang kandungan tertinggi adalah berasal dari udang yang dipasok dari daerah Gresik.

Penelitian berikutnya dilakukan untuk menentukan besarnya kadar tembaga (Cu) pada udang vannamei *Litopanaeus Sp.* dilakukan dengan cara mengambil sampel udang jenis *Litopanaeus vannanmei* dibeli di 8 pasar tradisional yang tersebar di 8 wilayah kota Surabaya (Surabaya utara, selatan, barat, timur dan Surabaya pusat). Setiap pasar diambil 5 sampel udang secara acak dengan ukuran dan keadaan relatif sama. Kemudian diolah dengan dikukus, direbus, digoreng dan dibakar.

Tabel dibawah (8) menunjukkan bahwa kadar Cu asal pemasok Surabaya tidak berbeda nyata apabila dibandingkan dengan kadar udang asal pemasok gresik dan Sidoarjo apabila diolah dengan cara direbus berbeda secara nyata dengan koefisien probabilitas 0.299 dan 0.568 $>\alpha$ (0.05), dan berbeda nyata bila dibandingkan dengan asal pemasok dari Lamongan dengan koefisien probabilitas 0.010 $<\alpha$ (0.05) dan tidak berbeda nyata dengan asal pemasok Gresik dan Sidoarjo berbeda nyata secara significant dengan udang asal pemasok Lamongan 0.013 $<\alpha$ (0.05).

Tabel 7: Besarnya rata-rata kadar tembaga (Cu) pada udang *Litopanaeus Sp.* berdasarkan cara pengolahannya.

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	SBY BOILED - GRS BOILED	-,74900	2,15125	,68028	-2,28791	,78991	-1,101	9	,299
Pair 2	SBY BOILED - SDA BOILED	-,10100	,53857	,17031	-,48627	,28427	-,593	9	,568
Pair 3	SBY BOILED - LMG BOILED	1,41700	1,37123	,43362	,43608	2,39792	3,268	9	,010
Pair 4	GRS BOILED - SDA BOILED	,64800	2,12491	,67196	-,87207	2,16807	,964	9	,360
Pair 5	GRS BOILED - LMG BOILED	2,16600	2,22245	,70280	,57615	3,75585	3,082	9	,013
Pair 6	SDA BOILED - LMG BOILED	1,51800	1,54987	,49011	,40929	2,62671	3,097	9	,013

Tabel 8: hasil analisa kadar Tembaga (Cu) Pada Udang *Litopanaeus Sp* Diolah Cara Digoreng.

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	SBY GORENG - GRS GORENG	-,21200	2,48486	,78578	-1,98956	1,56556	-,270	9	,793
Pair 2	SBY GORENG - SDA GORENG	,27400	1,05311	,33302	-,47935	1,02735	,823	9	,432
Pair 3	SBY GORENG - LMG GORENG	1,92100	1,84992	,58499	,59765	3,24435	3,284	9	,009
Pair 4	GRS GORENG - SDA GORENG	,48600	2,47783	,78356	-1,28653	2,25853	,620	9	,550
Pair 5	GRS GORENG - LMG GORENG	2,13300	2,25439	,71290	,52030	3,74570	2,992	9	,015
Pair 6	SDA GORENG - LMG GORENG	1,64700	1,65635	,52378	,46212	2,83188	3,144	9	,012

Tabel diatas memperlihatkan rata-rata kadar tembaga (Cu) setelah udang digoreng, rata-rata kadar tembaga (Cu) asal pemasok Surabaya berbeda secara tidak nyata apabila dibandingkan dengan asal gresik dan Sidoarjo dengan probabilitas koefisien, $0.793 > \alpha (0.05)$, Akan tetapi berbeda nyata bila dibandingkan dengan asal pemasok lamongan dengan probabilitas koefisien $0.015 < \alpha (0.05)$. artinya apabila dibandingkan dengan ke btiga daerah asal pemasok yang lain iatu Surabaya, Gresik dan Sidoarjo maka asal pemasok dari Lamongan memang mempunyai kadar rata-rata tembaga (Cu) paling rendah termasuk apabila udang tersebut dilakukan pengolahan baik dengan cara di goreng di rebus di kukus maupun dibakar.

Tabel 9: Kadar rata-rata tembaga (Cu) pada udang *Litopenaeus Vannamei* berdasarkan asal pasar tradisional dan cara pengolahannya.

Market Source	Cu concentration (ppm)				
	Raw	Steamed	Boiled	Fried	Grilled
B1	12,75	11,98	8,59	11,06	11,62
B2	12,76	9,92	9,79	13,21	10,67
K1	14,92	12,67	10,76	11,87	13,62
K2	12,32	10,87	10,84	11,45	13,98
K3	11,77	11,23	9,98	12,07	13,76
K4	12,02	9,98	10,72	11,23	14,01
K5	13,44	11,12	11,03	11,98	12,34
K6	11,84	8,81	10,21	11,43	11,76
Average	12,73	10,82	10,24	11,79	12,72
Difference		1,91	2,49	0,94	0,01

Tabel 9, menunjukkan bahwa rata-rata kadar Cu setelah dilakukan pengolahan menunjukkan hasil yang berbeda. Hasil terbaik dengan kadar Cu terendah adalah pengolahan dengan cara direbus, dengan rata-rata selisih kadar Cu mencapai 2,49 ppm dibanding dengan kondisi mentah. Pengolahan dengan cara dikukus juga menunjukkan hasil yang baik, karena mampu mengurangi kadar Cu dari kondisi mentah rata-rata sebesar 1,91ppm. Sedangkan pengolahan dengan cara digoreng berhasil mengurangi kadar Cu dalam udang vannamei rata-rata sebesar 0,94 ppm. Namun pengolahan dengan cara grilled tidak menunjukkan pengurangan yang nyata, karena hanya mampu mengurangi kadar Cu rata-rata sebanyak 0,01 ppm.

Tabel 10:Perbedaan rata-rata kadar tembaga (Cu) udang *Litopenaeus Vannamei* berdasarkan cara pengolahannya.

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Sig.	Mean Difference (I-J)	Std. Error	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Raw	Steamed	.001	1.90500*	.51824	.8529	2.9571

	Boiled	.000	2.48750*	.51824	1.4354	3.5396
	Fried	.078	.94000	.51824	-.1121	1.9921
	Grilled	.989	.00750	.51824	-1.0446	1.0596

Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa Terdapat perbedaan signifikan antara pengolahan dengan cara direbus ($p=0,000$) dan dikukus ($p=0,001$) dengan udang dalam kondisi mentah. Sedangkan untuk pengolahan dengan cara dibakar ($p=0,989$), dan dengan digoreng ($p=0,078$) menunjukkan hasil tidak signifikan. Hal tersebut berarti bahwa tidak ada perbedaan signifikan kadar Cu dalam udang, antara kondisi mentah dengan pengolahan dengan cara dibakar dan digoreng.

Udang banyak hidup di perairan air dangkal atau pesisir, pencemaran logam berat banyak terjadi di daerah pesisir (badan air) yang berasal dari limbah rumah tangga dan kegiatan industri selain lebih sedikit berasal dari proses alami, bahwa semakin tinggi konsentrasi logam berat didalam air (perairan) maka telah diketahui bahwa akan semakin besar akumulasi logam berat di dalam bagian insang udang termasuk diseluruh bagian tubuh udang. Udang termasuk golongan omnivora sebagai yang lebih menyukai organisme sedang dalam proses pembusukan pemakan detritus, organisme demersal kecil atau mikroskopik dan beberapa jenis tumbuhan air yang melekat pada substrat dan beberapa jenis kerang muda. Disatu sisi udang adalah salah satu jenis makanan (termasuk jenis ikan) yang banyak dibutuhkan oleh makluk hidup yang lain termasuk manusia karena banyak mengandung protein, kolesterol dan vitamin A, demikian juga defisiensi Cu pada manusia dapat menimbulkan anemia dan kasus stunting (Akas, 2019).

Di pasar, baik pasar tradisional maupun pasar modern sekaligus untuk kebutuhan ekspor kualitas bentuk fisik udang sangat menentukan harga jual, semakin besar bentuk fisik udang dan di jual dalam keadaan hidup selalu mempunyai harga jual relatif tinggi sehingga tidak akan terbeli oleh masyarakat level bawah dan tidak akan terjual apabila dijual dipasar tradisional, atau udang dalam bentuk kering yaitu udang dawu atau udang rebon. Untuk mengetahui kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang berdasarkan bentuk fisik dipasar tradisional maka dilakukan penelitian dengan hasil sebagai berikut:

tiga jenis Udang yang dijual dipasar tradisional kota Surabaya, digunakan dalam penelitian untuk mengetahui kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berdasarkan perbedaan bentuk fisik adalah sebagai berikut:

1. *Vannamei shrimp (Litopenaeus vannamei)*.
2. *Tiger Prawn (Panaeus monodon)*
3. *Prawns (Macrobrachium rosenbergii de Mann)*

Table 11: Kadar rata-rata tembaga (Cu) (mg/Kg berdasarkan bentuk fisik udang

Shrimp Type	Cu content (mg/Kg)					
	Market					Average
	1	2	3	4	5	
Vaname Shrimp	8.377	8.803	8.754	9.053	9.068	8.811
Windu Shrimp	8.390	8.124	8.512	7.106	7.300	7.886
Prawn Shrimp	6.423	5.214	5.832	5.737	5.864	5.814

Source: Results of laboratory analysis

Berdasarkan analisa tentang kandungan rata-rata kadar tembaga (Cu) selalu terdapat lebih besar apabila dibandingkan dengan rata-rata kadar timbal (Pb) pada berbagai macam jenis udang berdasarkan perbedaan bentuk fisik udang. Seperti diketahui bersama bahwa udang yang dijual dipasar tradisional kota Surabaya sangat berbeda dengan udang yang dijual di pasar modern dan atau untuk kebutuhan ekspor sekaligus udang untuk kebutuhan konsumsi pariwisata. Dipasar modern dan atau untuk kebutuhan ekspor sekaligus udang untuk kebutuhan konsumsi pariwisata udang yang dijual secara fisik selalu relatif mempunyai bentuk fisik besar dan atau selalu masih dalam keadaan hidup atau segar. Sangat berbeda dengan bahkan dalam keadaan kering, sebagaimana dari hasil penelitian terlihat pada tabel diatas bahwa kadar rata-rata kadar tembaga (Cu), semakin kecil fisik udang maka kadar rata-rata kadar tembaga (Cu) selalu lebih tinggi bila dibandingkan dengan udang dalam bentuk fisi relatif besar. Sedangkan rata-rata kadar timbal (Pb) berdasarkan perbedaan bentuk fisik yakni pada udang :

1. *Vannamei shrimp (Litopenaeus vannamei)*.
2. *Tiger Prawn (Panaeus monodon)*
3. *Prawns (Macrobrachium rosenbergii de Mann)*

Table 12: Kadar rata-rata timbal (Pb) (mg/Kg berdasarkan bentuk fisik udang

Shrimp Type	Pb content (mg/Kg)					
	Market					Average
	1	2	3	4	5	
Vaname Shrimp	0.160	0.271	0.376	0.075	9.068	1.990
Windu Shrimp	0.542	0.700	0.814	0.519	0.101	0.735
Prawn Shrimp	0.954	0.660	0.804	0.953	1.227	0.728

Source: Results of laboratory analysis

Berdasarkan analisa tentang kandungan rata-rata kadar tembaga (Cu) selalu terdapat lebih besar apabila dibandingkan dengan rata-rata kadar timbal (Pb) pada berbagai macam jenis udang berdasarkan perbedaan bentuk fisik udang. Seperti diketahui bersama bahwa udang yang dijual dipasar tradisional kota Surabaya sangat berbeda dengan udang yang dijual di pasar modern dan atau untuk kebutuhan ekspor sekaligus udang untuk kebutuhan konsumsi pariwisata. Dipasar modern dan atau untuk kebutuhan ekspor sekaligus udang untuk kebutuhan konsumsi pariwisata udang yang dijual secara fisik selalu relatif mempunyai bentuk fisik besar dan atau selalu masih dalam keadaan hidup atau segar. Sangat berbeda dengtan bahkan dalam keadaan kering, sebagaimana dari hasil penelitian terlihat pada tabel diatas bahwa kadar rata-rata kadar timbal (Pb), semakin kecil fisik udang maka kadar rata-rata kadar timbal (Pb) selalu lebih tinggi bila dibandingkan dengan udang dalam ukuran fisik relatif besar.

5.2. PEMBAHASAN

Pasar modern tidak banyak berbeda dari pasar tradisional, namun pasar jenis ini penjual dan pembeli tidak bertransaksi secara langsung melainkan pembeli melihat label harga yang tercantum dalam barang (barcode), berada dalam bangunan dan pelayanannya dilakukan secara mandiri (swalayan) atau dilayani oleh pramuniaga. Barang-barang yang dijual bisa relative sama dengan yang dijual dipasar tradisional, akan tetapi sebagian besar barang lainnya yang dijual adalah barang yang dapat bertahan lama atau bahkan dalam keadaan segar.

Pasar tradisional merupakan tempat bertemunya penjual dan pembeli serta ditandai dengan adanya transaksi penjual pembeli secara langsung dan biasanya ada proses tawar-menawar

Pasar seperti ini masih banyak ditemukan di Indonesia, dan umumnya terletak dekat kawasan perumahan agar memudahkan pembeli untuk mencapai pasar, bukannya hanya pagi hari kualitas dan kuantitas barangnya kurang seringkali kurang baik.

Berdasarkan pengamatan maka perbedaan bentuk pasar, level masyarakat, kebutuhan pariwisata sekaligus pemenuhan kebutuhan ekspor udang, kemudian selalu diikuti dengan meningkatnya jumlah penduduk sedangkan jumlah lahan perikanan dan tidak adanya peningkatan sistem budidaya udang yang lebih baik maka kebutuhan udang di pasar akan selalu tidak akan mencukupi sehingga pedagang dipasar tradisional akan melakukan berbagai bentuk usaha pula untuk mempertahankan eksistensinya sebagai pedagang udang, bahkan beberapa cara curang terkadang mereka lakukan untuk mempertahankan keberadaan udang yang tersedia (bahan udang sortiran dari pasar yang lebih besar), misalnya dengan cara menjemur udang (udang dalam bentuk relatif kecil), maupun dengan cara menambahkan bahan kimia / formalin atau pestisida jenis yang lain, pestisida untuk mempertahankan udang pada saat penjualan untuk menghindari kebusukan (mengingat udang yang tersedia untuk dijual selalu dalam keadaan mati).

1. Analisis Toksisitas Pb dan Cu pada Udang

Dari hasil penelitian pendahuluan, akibat toksisitas timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbagai fase udang galah *Macrobrachium rosenbergii* (de Mann), hasil uji pendahuluan diketahui bahwa semakin meningkat umur maka semakin tinggi konsentrasi dan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk dapat menyebabkan kematian udang, sehingga dapat difahami bahwa semakin lama udang galah dapat hidup di suatu perairan maka akan selama waktu tersebut juga akan terjadi akumulasi logam berat pada tubuh udang dan semakin tinggi kadar logam berat dalam perairan maka logam berat yang terakumulasi didalam tubuh udang juga akan semakin tinggi (meskipun pada kadar tertentu udang pasti akan mengalami kematian). Semakin tinggi kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) timbal (Pb) dan tembaga (Cu) maka tingkat kematian udang akan semakin tinggi, kemudian berdasar bentuk fisik semakin besar bentuk fisik udang maka daya adaptasi udang akan semakin tinggi juga yang artinya kemungkinan akumulasi logam berat dalam tubuh udang akan semakin tinggi mengingat semakin besar tubuh udang maka umur panen udang udang relatif akan semakin panjang

Diketahui bahwa kadar rata-rata timbal (Pb) diatas 10,00 mgPb/L, rata-rata lebih tinggi apabila dibandingkan dengan konsentrasi tembaga (Cu) kadar rata-rata Cu dibawah 0,05 mgCu/L, akan tetapi logam berat tembaga (Cu) mempunyai efek lebih toksik dari pada

Pb hal ini sesuai dengan pendapat Darmono (2001), Selain daya racun timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berbeda maka ketahanan fisik masing-masing manusia juga berbeda demikian juga usia dan awal riwayat penyakit juga ikut menentukan tentang pengaruh logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) juga berbeda, sehingga perbedaan daya racun juga dapat menentukan besarnya angka penyakit kanker yang terjadi atau bahkan mortalitas sebagai akibat penyakit kanker yang terjadi.

Bahan berbahaya logam berat baik esensial maupun nonesensial dapat masuk kedalam tubuh organisme tergantung berbagai faktor, antara lain. jenis, konsentrasi, bentuk bahan kimia, tingkat kontaminasi, interaksi antar bahan kimia, dan pengaruh lingkungan (misalnya pH, kadar oksigen dalam air, suhu, kadar garam), selain juga kondisi fisiologis organisme, karakteristik fisik, jenis organisme, fase siklus hidup (telur, larva, post larva, juvenile, dan dewasa), serta jumlah makanan yang tersedia. Selain itu kemampuan udang galah untuk menghindari dari kondisi buruk, kemampuan beradaptasi terhadap racun (proses detoksifikasi) dan daya tahan terhadap racun maupun racun kronis yang ada di lingkungan hidupnya (Darmono, 2001). Toksisitas Kadar Pb dan Cu akan sangat berkait erat dengan kadar Timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dalam makanan, artinya semakin tinggi kadar logam berat maka potensi tingkat racun yang ada pada makanan tersebut juga sangat tinggi.

Beberapa hal yang penting dalam hal pangan berkaitan dengan semakin meningkatnya jumlah penderita penyakit kanker dari tahun ketahun adalah sebagai berikut :

Cemaran bahan : Tingginya cemaran bahan yang dimaksud adalah keberadaan bahan dalam bahan pangan tidak dikehendaki dan bahan ini ada dalam bahan pangan sejak dari bahan baku, proses produksi, pengemasan , transportasi atau kontaminasi lingkungan dan cemaran bahan pangan ini cenderung atau pasti akan mengakibatkan penyakit pada manusia, dan apabila cemaran bahan pangan tersebut berasal dari logam berat maka bahan tersebut mempunyai kecenderungan bersifat karsinogenik dan mutagenik.

Logam berat adalah elemen kimiawi dan metaloida, memiliki bobot atom dan bobot jenis yang tinggi dan dapat bersifat racun bagi mahluk hidup

Batas maksimum adalah konsentrasi maksimum cemaran logam berat yang diijinkan atau direkomendasikan dapat diterima dalam pangan

Kategori pangan adalah pengelompokan pangan berdasarkan jenis pangan

Crustacea pada umumnya hidup di dasar perairan, yaitu tempat endapan berbagai limbah, sehingga Crustacea merupakan bioindikator yang baik untuk mengetahui terjadinya pencemaran lingkungan. Bioindikator menyatakan kemampuan organisme yang bersangkutan secara sederhana menunjukkan adanya pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan dapat diamati menggunakan bioindikator setelah 24 jam- 48 jam setelah terjadinya pemaparan bahan pencemar (Kopciuch, et al., 2004), mengatakan bahwa akumulasi logam berat dapat terjadi setelah terpapar selama 4 hari.

Akibat toksisitas logam Pb dan Cu telah ditemukan pada sejumlah Decapoda terutama jenis Crustacea air tawar (Onsunde, et al., 2004; Li, et al., 2005; Reddy, et al., 2006). Dari hasil penelitian terlihat bahwa kadar Pb di air salinitas 12‰ kematian udang semakin meningkat, demikian juga pada tembaga (Cu). Meningkatnya kadar Pb dan Cu ini diduga disebabkan kemampuan logam Pb dan Cu yang tinggi dalam proses metabolisme dengan mengganti logam Zn yang terikat pada enzim *carbonic anhydrase* juga sifat *metallotionin*, apabila logam berat yang terikat pada enzim sudah melampaui batas maka terjadilah proses akumulasi, logam berat yang masuk ke dalam insang terikat pada *metallotionin*, dan mengakumulasi logam sampai pada batas yang tidak meracuni tubuhnya, meningkatnya kemampuan *metallotionin* mengikat logam menyebabkan terjadinya akumulasi pada organ karena logam disimpan dalam lisosom. Akumulasi logam berat umumnya terikat pada protein, polisakarida dan asam amino di dalam jaringan lunak atau dalam cairan tubuh misalnya cairan *haemolymph* dan terutama pada insang sebagai jalur utama masuknya logam berat pada tubuh udang. Artinya semakin tinggi kadar garam tempat hidup udang maka kemungkinan yang terjadi adalah kandungan logam berat pada udang akan semakin tinggi (Akas. 2014).

Konsentrasi berbagai jenis bahan dalam cairan tubuh udang galah biasanya berbeda dengan cairan media hidupnya. Maka meskipun udang galah tersebut termasuk golongan isoosmotik maka kemudian perbedaan ini diregulasi melalui proses regulasi ionik. Soegianto, et al., (2016) menyatakan bahwa insang sangat berperan sebagai pengatur regulasi ionik dan osmotik karena adanya jaringan *epithelium branchial* tempat berlangsungnya transpor pasif antara organisme dengan lingkungannya. Hal ini sesuai dengan pendapat (Akas, 2016) mengatakan bahwa secara keseluruhan perubahan atau peningkatan salinitas suatu media dapat meningkatkan kompleksitas seng dan dalam beberapa kasus penelitian tentang peningkatan dan atau penurunan tekanan osmotik pada udang dikatakan bahwa serapan seng akan meningkat seiring dengan peningkatan salinitas media. udang galah termasuk *hyper-*

osmoregulator kebutuhan ion untuk bahan energi dan osmoregulasi dapat berkurang sehubungan dengan peningkatan salinitas dan peningkatan permeabilitas media sebagai akibatnya udang galah dewasa akan mengakumulasi logam lebih tinggi karena memiliki permeabilitas kation mayor lebih tinggi, sehingga penyerapan logam lain pada jalur yang sama juga akan semakin meningkat.

Persyaratan cemaran logam berat dalam pangan yang di produksi , diimport dan diedarkan di wilayah Indonesia harus memenuhi persyaratan keamanan pangan dan gizi pangan termasuk persyaratan batas maksimal cemaran logam berat.

Dalam SNI 7387-200 tentang batas maksimum cemaran logam berat di dalam bahan pangan. menjelaskan tentang standar yang telah ditetapkan sebagai suatu acuan normatif

01-2896-1998 tentang cara uji cemaran logam dalam makanan.

yang dimaksud dengan pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang diolah maupun yang tidak diolah, yang diperuntukan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan dan atau pembuatan makanan atau minuman.

Pangan tercemar adalah pangan yang mengandung bahan beracun, berbahaya atau yang dapat merugikan atau membahayakan kesehatan atau jiwa manusia, pangan yang mengandung cemaran yang melampaui ambang batas maksimal yang telah ditetapkan. Pangan yang mengandung bahan yang dilarang digunakan dalam kegiatan atau proses produksi pangan, pangan yang mengandung bahan yang kotor, dan atau bahkan dalam keadaan busuk.

Sedangkan yang dimaksud dengan logam berat adalah elemen kimiawi matalik dan metaloida.

Persyaratan cemaran logam berat dalam pangan, dan produk pangan yang diproduksi, diimport dan diedarkan di wilayah Indonesia harus memenuhi persyaratan keamanan , mutu dan gizi pangan termasuk persyaratan batas maksimum cemaran logam berat

Pada penelitian ini ingin mengetahui kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang yang dijual dipasar tradisional kota Surabaya dengan cara mengamati berbagai kemungkinan besarnya kadar kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) hal ini disebabkan dengan semakin tahun jumlah kebutuhan udang terus meningkat sehubungan dengan meningkatnya

jumlah penduduk dan meningkatnya jumlah wisatawan yang masuk ke Indonesia. Disamping itu telah diketahui bersama bahwa di Indonesia atau bahkan didunia jumlah penderita penyakit kanker (berbagai jenis penyakit kanker yang ada) juga semakin meningkat, maka penelitian tentang kandungan logam berat utamanya timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada udang ini sangat diperlukan mengingat semakin banyaknya penikmat berbagai jenis udang diseluruh dunia, apakah udang sebagai salah satu pemicu timbulnya penyakit kanker. Berdasarkan keingintahuan penulis maka dilakukan penelitian tambahan yang belum pernah diamati peneliti lain yaitu tentang berbagai dampak logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) sebagai salah satu penyebab penyakit kanker.

Hasil penelitian pada udang yang dijual di pasar tradisonal Surabaya, menunjukkan bahwa semakin kecil fisik udang maka kadar logam berat cuprum (Cu) dan plumbum (pb) akan semakin tinggi. Kadar Cuprum (Cu) dan Plumbum (Pb) paling tinggi terdapat pada udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*), kadar Cuprum (Cu) sebesar 0.978 mgCuntukkg, dan Plumbum (Pb) sebesar 2,352 mgPb/kg, sedangkan pada udang galah (*Macrobrachium rosenbergii de Mann*) menunjukkan kadar Cuprum (Cu) sebesar 0.988 mgCu/Kg untuk dan Plumbum (Pb) sebesar 1,252 mgPb/kg; udang Windu (*Panaeus monodon*) kadar Cuprum (Cu) sebesar 0.788 mgCu/kg, dan Plumbum (Pb) sebesar 2,172 mgPb/kg, kadar rata-rata ini lebih tinggi dari standar WHO (WHO, 1992) sebesar 0,691 mgCu/kg untuk Cu, dan 0,715 mgPb/kg untuk Pb (Akas at al, 2019).

Jenis logam berat sebagaimana dalam pangan sebagaimana dimaksud adalah arsen (As), kadmium (Cd), merkuri (Hg), timah (Sn) dan timbal (Pb). Batas makksimum cemaran logam berat dalam pangan dihitung sebagai total kandungan masing-masing logam. berat Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan tercantum dalam cuplikan sebagian tabel Acuan persyaratan cemaran logam berat dalam pangan SNI 7387:2009 sebagai berikut:

Tabel 13: Cuplikan sebagian tabel Acuan persyaratan cemaran logam berat dalam pangan SNI 7387:2009.

No kategori Pangan	Kategori pangan	Batas maksimum
	Daging dan hasil olahannya	1.0mg/kg
	Jeroan sapi, babi, kambing, unggas	1.0mg/kg
09.0	Ikan dan rproduk perikanan termasuk molusca,krustacea dan ekinodermata serta ampibi dan reptil	
	Ikan dan hasil olahannya	0.3 mg/kg

	Ikan predator misalnya cucut, tuna marlin dll	0,4 mg/kg
	Kekerangan (bivalve), Moluska dan teripang	1.5 mg/kg
	Udang dan krustacea lainnya	0.5 mg/kg
	Terasi	1.0 mg/kg
	Dst	
Batas maksimum cemaran timbal (Pb) dalam pangan		
01.0	Produk-produk susu dan analognya kecuali yang termasuk dalam kategori 02.0	
	Produk susu	0.02 mg/kg (dihitung terhadap produk siap konsumsi)
	Lemak dan minyak hewani	0.1 mg/kg
	Dst	

Produk pangan yang tidak tercantum dalam tabel 1 sampai dengan 5, batas maksimum cemaran logam berat dalam produk pangan adalah sebagai berikut :

Tabel 14 : Catatan tambahan batas maksimum cemaran logam berat dalam produk pangan

Kode	Bahan cemaran	Batas maksimum	
4.6.1	Arsen	0.25 mg/kg	
4.6.2	Kadmium	0.2 mg/kg	
4.6.3	Merkuri	0.03 mg/kg	
4.6.4	Timbal	0.25 mg/kg	
4.6.5	Timah	a. 250 mg/kg	Untuk produk pangan yang diolah dengan proses panas dan dikemas dalam kaleng
		a. 40 mg/kg	Untuk produk pangan selain yang dimaksud 4.6.5 ^a

Pada tabel 13 dan tabel 14, diatas sangat jelas terlihat berapa jumlah rata-rata kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang boleh terikut didalam makanan dan minuman intake (yang boleh dikonsumsi) per orang per hari, padahal kita tahu bahwa logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) tersebut tidak hanya berasal dari satu jenis makanan dan minuman saja misalnya udang.

Logam berat yang paling berbahaya bagi makhluk hidup terutama jenis udang antara lain Cu, Hg, Cd, Zn, Pb (Akas, et al. 2013), Jenis logam tersebut sangat sulit terdegradasi secara alami, kebanyakan logam berat jenis tersebut dengan cepat terakumulasi pada organisme, karena memiliki EC_{10} dan LC_{50} 96 jam yang rendah, dan memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut. sehingga logam berat bisa secara langsung atau tidak langsung masuk kedalam tubuh manusia melalui intake (terutama makanan berasal dari perairan yang mengandung logam berat). Bappeda Propinsi Tingkat I (2000) mengatakan bahwa diperairan pantai Subang Jawa Barat pencemaran logam berat terutama berasal dari logam berat jenis Pb dan Cu adalah relatif tinggi dan dianggap sudah melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk makhluk hidup (*carrying capacity*) Pencemaran logam berat rata-rata Pb 0.0496 mg/L sedangkan Cu 0.3176 mg / L.

Menurut WHO (2009) kemampuan maximum seseorang terpapar timbal (Pb) adalah 25 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ berat badan sedangkan tembaga (Cu) adalah 87,5 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ berat badan akan tetap menurut SNI (2006) batas aman untuk mengkonsumsi atau terpapar Pb 2,0 ppm dan Cu 20 ppm, Sedangkan berdasarkan beratnya udang yang dikonsumsi adalah 248,262 Gr/ Kg berat badan atau setara dengan mengkonsumsi 126 ekor udang (dengan ukuran relatif).

Hasil pemeriksaan kadar Cu pada udang *Litopenaeus Vannamei* menunjukkan bahwa dalam kondisi mentah kadar Cu memiliki rata-rata sebanyak 12,7 ppm, dengan deviasi sebesar 0,98 ppm. Berdasarkan peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Indonesia, menyatakan bahwa batas maksimum kadar logam berat Cu dalam makanan ikan dan hasil olahannya adalah 20 ppm. Sehingga dapat dinyatakan bahwa kadar Cu dalam udang vannamei kondisi mentah masih dalam batas aman yang diperbolehkan.

Soegianto, et al., 2016 menerangkan bahwa logam berat masuk kedalam tubuh organisme dan akan tetap tinggal dan akan terakumulasi dalam waktu relatif lama Pada proses biotransformasi logam berat biasanya akan terakumulasi pada pemangsa yang paling tinggi, memakan dalam jumlah banyak dan berumur relatif lebih panjang bila dibandingkan dengan yang dimangsa (proses biomagnifikasi), semakin sering dan semakin banyak seseorang mengkonsumsi jenis udang maka biomagnifikasi logam berat yang terjadi akan semakin tinggi. Sehingga berdasarkan data hasil penelitian diatas maka kandungan Pb dan Cu pada udang yang diperjual belikan di pasar tradisional adalah sangat berbahaya apabila dikonsumsi secara berulang dan dalam jumlah relatif banyak dan suatu saat akan berpotensi menimbulkan penyakit kanker.

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diketahui bahwa semakin tinggi umur udang galah maka ketahanan terhadap Pb juga berbeda, semakin tinggi konsentrasi maka mortalitas juga akan semakin meningkat atau persentase kelulus hidupan semakin meningkat. Dengan konsentrasi logam berat yang tinggi maka kerusakan struktur insang (kerusakan berat) *hiperplasi* dan *nekrosis* terutama *vacuola* sel pada ujung filamen insang (membesar/bengkak, menebal, warna menghitam) dan rusak parah, *vacuola* pecah, terjadi penumpukan atau akumulasi logam berat yang terikat pada *metallothionin* terutama pada sel insang yaitu *hyperplasia* dan *nekrosis*. Sedangkan pada udang galah penumpukan logam berat ini terjadi terutama pada bagian ujung filamen insang, pada penumpukan yang tinggi cenderung *vacuola* sel pada bagian ujung filament insang menjadi bengkak dan pecah. Kerusakan struktur insang ini akan terus terjadi seiring dengan adanya pencemaran di habitatnya, dan logam yang terakumulasi dalam jaringan terutama jaringan insang akan terus bertambah seiring dengan lama waktu pencemaran. Jaringan insang yang rusak akan berbentuk tidak utuh lagi, mudah terkoyak dan rapuh, sehingga akan mengganggu proses metabolisme. Kegagalan terus menerus pada proses metabolisme maka jaringan insang akan mengalami kerusakan yang parah bahkan dapat menyebabkan kematian sel. Crustacea yang terpapar Pb dan Cu menunjukkan ciri utama yaitu mempunyai warna gelap atau hitam terutama pada bagian insang dan *hepato-pancreas* (Sugianto, et al. 2016).

Crustacea hidup di dasar perairan sehingga bisa digunakan bioindikator pencemaran. Perairan pantai relatif lebih banyak mengandung endapan logam berat dibanding laut lepas, Crustacea seringkali tercemar logam berat sesuai dengan lama waktu , jenis pencemar dan berat ringannya polusi bahan pencemar selain keadaan fisik. Data kadar Pb dan kadar Cu berasal dari kadar Pb dan Cu yang terdapat pada insang udang yang telah kami lakukan penelitian maka telah dapat diketahui bahwa berdasarkan pengukuran tekanan osmotik dan kerusakan struktur insang dengan mengamati perubahan tidak spesifik struktur histologi insang maka dapat diketahui bahwa kerusakan struktur insang sebagai akibat meningkatnya tekanan osmotik adalah ssebagai bentuk terjadinya peningkatan persentase tingkat kerusakan akibat toksisitas timbal (Pb) dan toksisitas tembaga (Cu) pada insang udang pada penelitian peracunan dengan konsentrasi *sub-lethal* ($\leq LC_{50}$ -96 jam) yang terjadi penyerapan dan akumulasi logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) didalam masing-masing organ atau tubuh udang yang digunakan sebagai sampel.

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka dapatlah difahami atau sekaligus dapat diartikan bahwa semakin banyak cemaran logam berat didalam air maka kemungkinan akan terjadi

akumulasi logam berat yang sama dalam jumlah yang lebih banyak dalam organ atau tubuh udang. meskipun demikian apabila cemaran logam berat semakin tinggi maka daya osmolalitas (daya adaptasi) akan terbatas atau terhenti sehingga udang akan mengalami kematian. Hasil uji korelasi antara kadar timbal (Pb) dan korelasi antara kadar tembaga (Cu) dengan kerusakan struktur insang selalu terjadinya peningkatan tekanan osmotik di air salinitas 0‰ sampai dengan salinitas 12‰ sekaligus menunjukkan hubungan rata-rata nilai koefisien korelasi antara kadar timbal (Pb) dan kadar tembaga (Cu) dengan kerusakan struktur insang lebih kecil ($r < 0,5$) dan nilai signifikan (0,000) lebih kecil dibanding nilai signifikan α 0,05 mempunyai hubungan lemah mendekati kuat dan nyata (Akas, 2013). Sedangkan berdasarkan penelitian yang sama maka dapat diketahui bahwa kadar timbal (Pb) dan kadar tembaga (Cu) pada insang udang galah setelah terpapar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dengan konsentrasi yang sama pada 0,05mgCu/L tampak bahwa kadar timbal (Pb) dan kadar tembaga (Cu) pada insang udang galah semakin meningkat seiring dengan meningkatnya salinitas media, artinya semakin ketengah laut maka kadar timbal (Pb) dan kadar tembaga (Cu) akan semakin meningkat, akan tetapi pada timbal (Pb) dan kadar tembaga (Cu) kenyataannya cemaran logam berat selalu endapan perairan, terdapat, dipesisir pantai pada tingkat cemaran yang berat, dengan bioindikator salah satunya adalah udang(Akas, 2016).

Berdasarkan penelitian Akas (2020), demikian juga pada beberapa penelitian terdahulu tentang udang baik tentang perbedaan besar fisik, cara memasak dan berbagai jeins udang yang banyak dijual dipasar tradisional kota Surabaya dapat diketahui bahwa rata-rata kadar timbal (Pb) dan kadar tembaga (Cu) pada kenyataannya bahwa berbagai jenis udang yang di jual dipasar tradisional kota surabaya mempunyai kadar yang cukup tinggi, udang yang dijual dipasar tradisional kota Surabaya ini hanya aman bagi penikmatnya apabila dikonsumsi dalam jumlah sedikit (relatif), untuk mengurangi kemungkinan timbulnya penyakit kanker.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan beberpa rangkuman hasil penelitian secara berkait maka dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata kadar logam berat timbal (Pb) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung diatas 0.05 mPb/Kg udang.
2. Rata-rata Kadar logam berat timbal (Pb) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung rata-rata diatas 0.05 mPb/Kg berdasarkan besar fisik udang, diketahui bahwa semakin kecil fisik udang kandungan logam berat timbal (Pb) semakin tinggi.
3. Rata-rata Kadar logam berat timbal (Pb) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung rata-rata diatas 0.05 mPb/Kg berdasarkan daerah asal pemasok udang, diketahui asal udang daerah pemasok Gresik mengandung timbal (Pb) paling tinggi apabila dibandingkan dengan daerah pemasok Surabaya, Sidoarjo dan Lamongan.
4. Rata-rata kadar logam berat timbal (Pb) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung rata-rata diatas 0.05 mPb/Kg berdasarkan cara pengolahannya. bahwa berdasarkan cara direbus mempunyai kandungan timbal (Pb) paling rendah apabila dibandingkan dengan cara dikukus, digoreng dan dibakar.
5. Rata-rata kadar logam berat tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung rata-rata diatas 10.00 mCu/Kg Udang.
7. Rata-rata kadar logam berat tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung rata-rata 10.00 mPb/Kg berdasarkan besar fisik udang, diketahui bahwa semakin kecil fisik udang kandungan logam berat tembaga (Cu) semakin tinggi.

8. Rata-rata kadar logam berat tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung rata-rata 10.00 mCu/Kg berdasarkan daerah asal pemasok udang, diketahui asal udang daerah pemasok Gresik mengandung timbal (Pb) paling tinggi apabila dibandingkan dengan daerah pemasok Surabaya, Sidoarjo dan Lamongan.
9. Rata-rata Kadar logam berat tembaga (Cu) pada berbagai jenis udang galah di pasar tradisional kota Surabaya adalah sangat tinggi mengingat per 1 sampel bahan uji mengandung rata-rata 10.00 mCu/Kg berdasarkan cara pengolahannya, bahwa berdasarkan cara direbus mempunyai kandungan tembaga (Cu) paling rendah apabila dibandingkan dengan cara dikukus, digoreng dan dibakar.
10. Bagi beberapa ilmuwan temuan ini menawarkan harapan untuk menemukan cara menghindarkan diri sekaligus perawatan dan pengobatan baru untuk para penderita kanker dengan penyebab utama logam berat yakni timbal/Plumbum (Pb) dan tembaga/Cuprum (Cu).

6.2. Saran

Logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) berdampak negative bagi kualitas berbagai jenis macam udang terutama yang diperjual belikan dipasar tradisional kota Surabaya Jawa Timur, terutama apabila dikaitkan dengan nilai kualitasnya sebagai bahan export udang dari Indonesia berdasarkan standart kualitas yang sudah ditetapkan ditingkat dunia, aka pencemaran timbal (Pb) dan tembaga (Cu) ini harus bisa dicegah terutama pada budidaya udang sekaligus pada semua perairan di Indonesia utamanya, hal ini disebabkan pencemaran lingkungan air merupakan penyebab terjadinya pencemaran logam berat pada udang baik dengan tujuan untuk export maupun untuk tujuan konsumsi dalam negeri. . Pada penelitian ini menunjukkan bahwa pada beberapa jenis udang sebagai kebutuhan konsumsi masyarakat baik berasal dari udang budidaya maupun hasil tangkapan liar yang dijual dipasar tradisional telah tercemar Logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dengan tingkat lah merupakan smempengaruhi terjadinya abnormalitas dalam sel manusia dan bisa merupakan salah satu pemicu penyakit kanker pada manusia.

Logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) secara langsung dapat berdampak negative pula terhadap produksi udang baik yang dibudidayakan maupun sebagai hasil tangkapan liar, mengingat hampir seluruh perairan di Indonesia mengalami pencemaran pada tingkat yang cukup serius. Sekaligus Logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) secara langsung dapat

berdampak native pula terhadap perekonomian Indonesia mengingat beberapa jenis udang di Indonesia adalah mempunyai nilai export tinggi untuk mendatangkan devisa negara.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang berbagai pengaruh Logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) sebagai pemicu timbulnya kanker, beberapa jenis udang mengingat tingkat mortalitas yang sangat tinggi yang ditimbulkan oleh logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu). Sedangkan untuk mendeteksi adanya pencemaran logam berat pada suatu perairan salah satunya bisa menggunakan udang sebagai hewan uji atau menggunakan udang jenis lain (sebagai bioindikator). Logam berat Pb dan Cu dapat terakumulasi pada berbagai organ tubuh udang sangat berbahaya bagi udang yakni turunya produksi secara kualitas dan kuantitas sekjaligus sebagai penyebab mortalitas udang. Sedangkan pada tubuh manusia dan bisa menimbulkan sakit dan kesakitan terutama dengan timbulnya berbagai jenis kanker , sehingga diperlukan sistem budidaya intensif utamanya penggantian air terkontrol sebagai media hidupnya sebagai salah satu upaya menghindarkan terjadinya pencemaran logam berat berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu).

Analisis lebih lanjut menunjukkan, orang dengan gen penghasil asparagina kurang aktif memiliki tingkat ketahanan hidup yang lebih baik. Periset dari *University of Cambridengane*, yang mempublikasikan temuan mereka di *Nature*, mengatakan, temuan tersebut berisi saran agar pasien kanker payudara menghindari makanan dengan kandungan asparagin tinggi. Dan menemukan cara untuk menghentikan penyebarannya adalah kunci dalam meningkatkan kelangsungan hidup, kemudian ditegaskan bahwa perubahan dalam diet dapat mempengaruhi bagaimana seseorang merespon terapi primer dan kemungkinan penyebaran penyakit mematikan itu di kemudian hari. Akan tetapi sebegin ahli yang lain mengatakan bahwa sampai saat ini belum ada bukti bahwa membatasi makanan tertentu dapat membantu seseorang melawan sel kanker termasuk bahan makanan yang banyak mengandung asparagina termasuk ikan dan udang (Asyhad, 2019), sehingga masih sangat diperlukan penelitian berkaitan dengan diet makanan untuk mengetahui dengan pasti penyebab timbulnya penyakit kanker

DAFTAR PUSTAKA

- Akas Yekti Pulihasih, 1997: *Pengaruh Penggunaan Pestisida Terhadap Kesehatan petani Sayur dengan Indikator kadar Cholinesterase, BUN dan Kreatinin Dalam darah*. Program Pasca Sarjana. Universitas Airlangga Surabaya.
- Akas Yekti Pulihasih; Faisol Humaidi; Amos Yikwa, 2003: *Kajian Penggunaan Pestisida Dan Campurannya Pada Tanaman Apel (Malus silvestries L) Di Kebun Apel Desa Sumberbrantas. Kecamatan Bumiaji. Batu*. Fakultas Pertanian Universitas Putra Bangsa Surabaya.
- Akas and Akas, 2012: *Study the Use Pesticide on the Health of Vegetable Farmers in the Village Tulungrejo, Bumiaji District, Malang Regency*. International Conference on Biotec. Bogor. 13-14 Nov 2012.
- Akas Yekti Pulih Asih, Bambang Irawan, Agoes Soegianto, 2013: *Effect of copper on survival, osmoregulation and gill structures of freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii, de Man) at different development stages*. Department of Biology, Faculty of Sciences and Technology, Airlangga University.
- Akas Yekti Pulih Asih, (2019a): *Level Cuprum (Cu) and Plumbum (Pb) In Shrimp In The Traditional Market*, Nahdlatul Ulama University Surabaya. Indonesia
akasyekti@unusa.ac.id
- Akas Yekti Pulih Asih, Abdul Muhith, Abdul Hakim Zakkiy Fasya, H. Hermanto 2019b: *The Cu (Cuprum) pollution effect from Shrimp Processing. Earth and Environment Science Vol 519, International Earth Science And Energy 7-8 November, 2019, Kualalumpur Malaysia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/519/i/012017>*.
- Akas Yekti Pulih Asih, (2019c): *Analisa Kadar Cu (Cuprum) Pada Udang Di Pasar Tradisional Surabaya Berdasarkan Fisik Udang*.. Fakultas Kesehatan. Universitas Nahdlatul Ulama. Surabaya.
- Akas Yekti Pulih Asih, Abdul Hakim Zakkiy Fasya, (2019d): *Perbedaan Sisa Kadar Cu (Cuprum) Pada Udang Di Pasar Tradisional Surabaya Berdasarkan Pengolahan*. Fakultas Kesehatan. Universitas Nahdlatul Ulama. Surabaya.

Akas Yekti Pulih Asih, (2020) : *Level of Cuprum (Cu) and Plumbum (Pb) in Shrimp in the Traditional Market and Their Impact Toward the Inveronmental Health.* journal of Physics : Conference Series 1469012118.

Aninomus, 2008: Bahaya Logam Berat dalam Makanan", <https://nasional.kompas.com/read/2008/09/21/11254074/Bahaya.Logam.Berat.dalam.Makanan.html?page=all>

Anonim, (2018a): *Pencemaran Logam Berat di Air.* berita › 2018/03/2. Katadata.co.id- 21/09/2008, 11:25 WIB.

Anonim (2018b) : *Beberapa negara selain Indonesia yang tercatat sebagai negara penghasil udang terbaik di dunia. Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia 2018.* katadata.co.id berita › 2018/03/28

Anonim, (2019a): *Teropong Peluang Indonesia dalam Pasar Ekspor Udang Dunia* February. Infoakuakultur.

Anonim, (2019b) : *Konsumsi daging dan ikan bisa membuat kanker lebih mematikan dengan membuat penyebarannya ke seluruh tubuh semakin masif.* Intisari-Online.com

Carmichael, G.J., Tomasso, J.R., Schwedler, (2001): *Fish Transportation.* P 641-660 In Wedwmeyer (Editor). *Fish Hatchery Management* (Second Edition) American Fisheries Society, Bethesda. Maryland. 733 pp.

Bappeda Tingkat I Jawa Dan Pusat Pengkajian Sumber Daya Pesisir Dan lautan (2000) :P Penyusunan Identifikasi Potensi Dan Masalah Wilayah Pesisir Dan Laut Jawa Barat (Laporan Akhir) Bappeda Tingkat I Jabar.

Darmono, (2001) : *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam.* Universitas Indonesia-Press. Jakarta.

Dan'azumi, S., Bichi, M.H. (2004): *Industrial Pollution and Implication on Source of Water Supply in Kano.* Nigeria. International Journal England Technology 10.101–110.

Gerardus Septian Kalis (2018) : *Benarkah Diet Pengaruhi Penyebaran Sel Kanker?.* Klikdokter.com, Jakarta . 08 Feb 2018, 18:15 WIB.

Giovani Dio Prasasti, (2019) : *Angka Kanker di Indonesia Masih Tinggi*. Hari Kanker Sedunia 2019. Liputan6.com, Jakarta.

Hossain, M.D.S., and Khan, Y.S.A., 2001 : *Trace Metals In Penaeid Shrimp and Spiny Lobster From The Bay Of Bengal*. Science Asia 27 : 165- 168.

Jayachandran, K.V., 2001 : *Palaemonid Prawns. Biodiversity, Taxonomi, Biology and Management*. Kerala Agricultural University, Penangad Cochin. India Science Publishers, Inc. Enfield, NH, USA : 49-69 p.

Kopciuch, R.G., Bereka, B., Bartoszewicz, J., Buszewski., 2004 : *Some considerations About Bioindicators In Environmental Manitoring*. Polish Journal Of Environmental Studies Vol. 13 No 5 (2004), 453-462.

Kaoud, H.A., dan Eldahshan, A.R., 2004 : *Bioaccumulation Of Cadmium In The Fresh Water Prawn Macrobrachium rosenbergii*. Nature and Science . Egypt kaout@link.net

Lawrence, A, dan Hemingway, K., 2003 : *Effects Of Polution On Fish. Molecular Effects And Population Responses*. Blackwell Science, University Of Hull, UK. 342 hal.

Limonnier, H., Bernard, E., Boglio, E., Goarant, C., Claode, J.C., 2004 : *Influence Of Sediment Characteristics On Shrimp Physiology : PH as Principal Effect*. Elsevier. Aquaculture 240 (2004) 297-312.

Munir, A, (2018) : *Bahaya Pencemaran Air oleh Logam Berat*. Wikipedia. Sabtu, 07 Apr 2018 17:12 WIB

Peraturan Pemerintah Permenkes no. 82 tahun 2001: Tentang Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Parameter Fisika dan Kimia.

Palar, 2004;. *Heavy metal pollution and toxicology*. Rineka Cipta. Jakarta.

Reddy, R.R., Bindu Pillai., Subendhu, A., 2006 : *Bioakumulasi Ofd Copper In Post-Larva And Juvenilles Pf Freshwater Prawn Makrobrachium rosenbergii (de Man)*

Exposed To Sub-lethals Of Copper Sulfate. Central Institute Of Freshwater Aquaculture, Kausalyaganga, Bhubaneswar-751002, Orissa, India. Sciencedirect.. Elsevier Akuakultur 252 (2006) 356-360. www.sciencedirect.com

Soegianto, A., Nita, A. P., & Winarni, D. 2004. *Pengaruh Pemberian Cadmium Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Kerusakan Struktur Insang dan Hepathopancreas pada Udang Regang Macrobrachium sintangense (de man)*. *Berkala Penelitian Hayati*. 10 (59-66).

Soegianto, A., **Asih A.Y.P**; Irawan, B. 2016: *Lead Toxicity at defferent live stage of the Giant Prawn (Macrobrachium rosenbergii, de Mann) considerations of osmoregulatory Capacity and Histological Changes in adults Gills*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology Journal*.

Susanto, G.N. 2009. *Karsinologi*, (*Biology 323*). Diunduh melalui Blog Unila.ac.id/nugroho/2004/05/30 c

Susanto, G.N., 2009 : *Karsinologi*, (*Bio 323*). Diunduh melalui Blog Unila.ac.id

Siti Aminah (2016): *Yuk Mengenal Rebon Si Mungil*. sitiaminah2006.blogspot.com. 2016/03.

SNI (2009) : Cuplikan sebagian tabel Acuan persyaratan cemaran logam berat dalam pangan SNI 7387:2009.

Sari, S.M., (2018) : *Permintaan Tinggi, Ini Prediksi Harga Udang Dunia*. *Bisnis.com*

Sudoyo,A (2019) : *Waspada, Penderita Kanker di Indonesia Terus Meningkat*. Yayasan Kanker Indonesia (YKI). Minggu, 28 Juli 2019 19:11 WIB.

(WHO), World Health Organisation 1992 : *Cadmium, Environmental Aspects*. *Environmental Health Criteria No. 135* : 156 p.

Wijayatno (2019) : *Belanja Ikan Segar, Harga Murah di Depo Pasar Ikan Sidoarjo*. Wikipedia.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir.Rr. Akas Yekti Pulih Asih MKes M.M, lahir di Banjarmasin 1960. Rmuaah Jln Manyar Jaya VIII No. 53 Surabaya. Dosen Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya , Fakultas Kesehatan, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Kampus B. RSI Jemursari ,Jln Raya Jemursari no 51-57 Surabaya. 60237. Website: www.fkes.unusa.ac.id , Email:

Akasyekti@unusa.ac.id.

Yang bersangkutan menempuh pendidikan S1. Universitas Pembangunan Veteran Surabaya, Fakultas Pertanian, Program Studi Proteksi Tanaman, Spesialisasi Entomologi. S2 Universitas Airlangga Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat Program Studi, Kesehatan Lingkungan. S2. Universitas Narotama Surabaya, Program Studi Manajemen Sumberdaya Manusia (MSDM). dan menempuh S3 di Universitas Airlangga Surabaya. Program Studi Biologi Lingkungan (Saintek MIPA-Biologi Lingkungan).

Yang bersangkutan pernah menjadi Dosen di Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Putra Bangsa Surabaya pada tahun 1988 sampai dengan tahun 2007. Dosen Fakultas Ekonomi Universitas Kartini Surabaya pada tahun 2007 sampai dengan tahun 2018. Sebagai Dosen Universitas Nahdlatu Ulama Sejak tahun 2019 sampai sekarang.