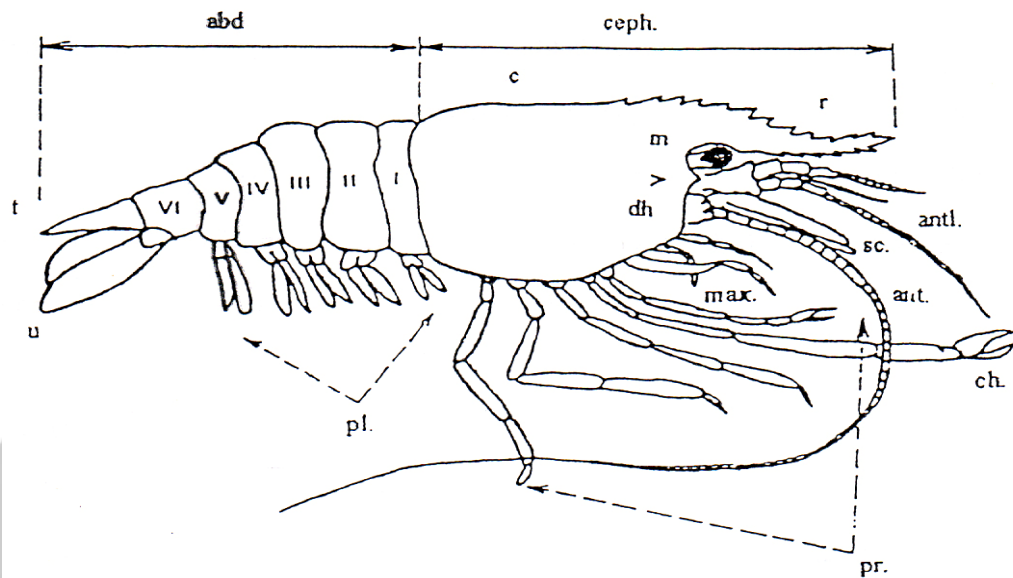


II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Udang

Sebagian besar limbah udang berasal dari kulit, kepala, dan ekor udang. Fungsi kulit udang tersebut pada hewan udang (hewan golongan invertebrata) yaitu sebagai pelindung (Neely dan Wiliam, 1969). Kulit udang mengandung protein (25 % - 40%), kalsium karbonat (45% - 50%), dan kitin (15% - 20%), sedangkan kulit kepiting mengandung protein (15,60% - 23,90%), kalsium karbonat (53,70 – 78,40%), dan kitin (18,70% - 32,20%) (Focher dkk, 1992). Menurut Anonim (2003), kandungan kitin pada kulit kepiting memang lebih tinggi dibandingkan pada kulit udang, tetapi karena bahan baku yang mudah diperoleh adalah udang, maka proses kitin dan kitosan biasanya lebih memanfaatkan limbah udang.

Menurut Mudjiman (1995), tubuh udang terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian *cephalothorax* dan bagian belakang yang disebut *abdomen*. Bagian *cephalothorax* tertutup oleh karapas. Karapas ke arah *anterior* membentuk tonjolan runcing bergerigi disebut *rostrum*. Seluruh tubuh terdiri atas segmen-segmen yang terbungkus *eksoskeleton* dari kitin yang diperkeras kalsium karbonat. Bagian-bagian udang untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian tubuh udang

Keterangan :

Abd.	: Abdomen	sc.	: Scaphocerit
I-VI	: Segmen tubuh	ant.	: Antenna
Ceph	: Cephalothorax	max	: Maxiliped
c.	: Carapace	pl.	: Pleopod
r	: Rostrum	ch.	: Chela
m	: Mata	pr.	: Pereiopod
dh.	: Duri hepatik	t	: Telson
antl.	: Antennula	u.	: Uropod

(Sumber : Mudjiman, 1995)

B. Kitin Udang Sebagai Material Penyerap Logam Berat

Kulit udang yang mengandung senyawa kimia kitin dan kitosan merupakan limbah yang mudah didapat dan tersedia dalam jumlah yang banyak, limbah kulit udang tersebut sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal (Marganof, 2003). Potensi produksi udang di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat. Selama ini potensi udang Indonesia rata-rata

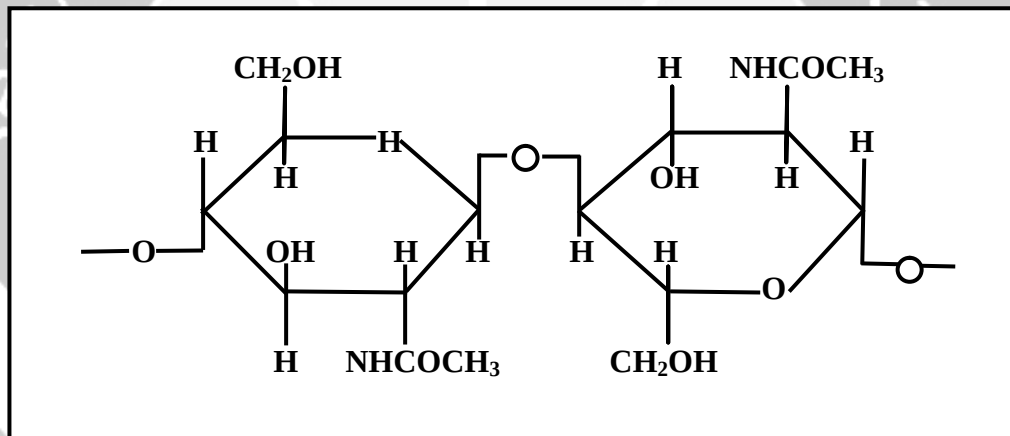
meningkat sebesar 7,4 % per tahun. Data tahun 2003, potensi udang nasional mencapai 633.681 ton. Dari proses pembekuan udang untuk ekspor, 60 - 70 % dari berat total udang menjadi limbah (kulit udang) sehingga diperkirakan akan dihasilkan limbah udang sebesar 510.266 ton (Prasetyo, 2004).

Limbah kulit udang tersebut berasal dari sisa pemanfaatan dan pengolahan udang sebagai bahan makanan oleh masyarakat. Limbah tersebut sering dibuang begitu saja karena masyarakat belum mengerti tentang pemanfaatannya, yang kemungkinan dapat bermanfaat untuk pengendalian limbah logam berat yang masuk lingkungan.

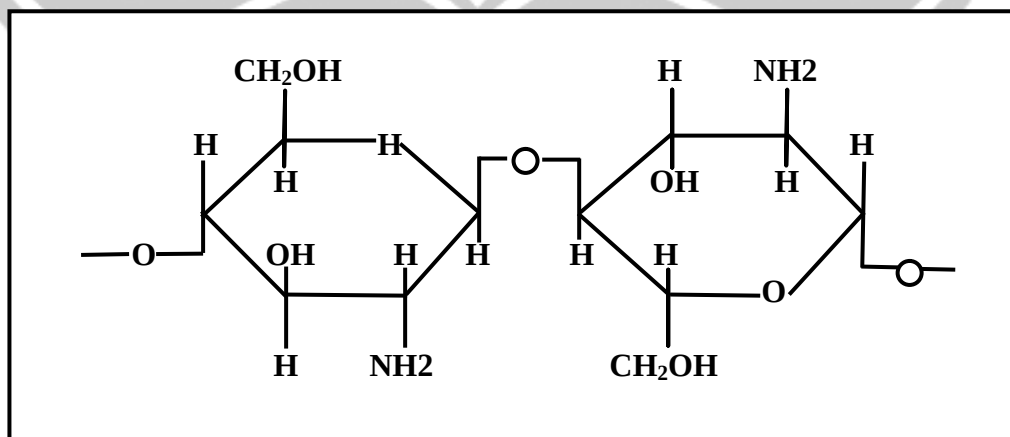
Kitin dan kitosan mempunyai sifat polielektrolit kation sehingga dapat berperan sebagai penukar ion (*ion exchanger*) dan dapat berperan sebagai *absorben* terhadap logam berat dalam air limbah. Kitin dan kitosan berperan sebagai penukar ion dan sebagai *absorben* logam berat, maka kitin dan kitosan dari limbah udang sangat berpotensi dalam memecahkan masalah pencemaran lingkungan perairan dengan penyerapan yang lebih murah dengan bahan yang mudah didapatkan (Hirano, 1986).

Perbedaan antara kitin dan kitosan didasarkan pada kandungan nitrogennya. Bila nitrogen kurang dari 7%, maka polimer disebut kitin dan apabila kandungan total nitrogennya lebih dari 7% maka disebut kitosan. Kitosan yang disebut juga dengan β -1,4-2 amino-2-dioksi-D-glukosa merupakan senyawa yang tidak larut dalam air, sedikit larut dalam HCl,

HNO_3 , dan H_3PO_4 dan tidak larut dalam H_2SO_4 . Kitosan tidak beracun, mudah mengalami biodegradasi dan bersifat polielektrolitik, disamping itu kitosan dapat dengan mudah berinteraksi dengan zat-zat organik lainnya seperti protein, oleh karena itu, kitosan relatif lebih banyak digunakan pada berbagai bidang industri terapan dan industri kesehatan (Zakaria, 2000). Gambar 2 a dan 2 b berikut adalah struktur kimia dari kitin dan kitosan.



Gambar 2 a. Struktur kimia Kitin (Riawan, 1990).



Gambar 2 b. Struktur kimia Kitosan (Riawan, 1990).

Kitin merupakan polisakarida kedua terbanyak di alam setelah selulosa dan di alam setiap tahunnya dihasilkan sekitar 108 ton kitin (Muzzarelli, 1985). Kitin dapat ditemukan pada eksoskeleton serangga, Molusca, Coelenterata, Nematoda, Crustaceae dan dinding sel jamur. Kitin mempunyai rumus molekul $C_{18}H_{26}N_2O_{10}$ merupakan zat padat yang tak berbentuk (*amorphous*), tak larut dalam air, asam anorganik encer, alkali encer dan pekat, alkohol, dan pelarut organik lainnya tetapi larut dalam asam-asam mineral yang pekat (Hirano, 1986; Zakaria, 2000). Kitin kurang larut dalam air dibandingkan dengan selulosa dan merupakan N-glukosamin yang terdeasetilasi sedikit, sedangkan kitosan adalah kitin yang terdeasetilasi sebanyak mungkin (Hirano, 1986).

Mengingat besarnya manfaat dari senyawa kitin dan kitosan serta tersedianya bahan baku yang banyak dan mudah didapatkan maka perlu pengkajian dan pengembangan dari limbah ini sebagai bahan penyerap terhadap logam-logam berat di perairan (Ferrer dkk, 1996; Arreneuz, 1996, dan Fahmi, 1997).

Menurut Anonim (2006), dikatakan bahwa isolasi kitin dari kulit udang/kepiting biasanya dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah penghilangan mineral (*demineralisasi*). Tahap ini dapat dilakukan dengan menambahkan larutan asam klorida. Tujuannya untuk menghilangkan mineral-mineral yang ada dalam kulit udang, terutama kalsium, karena itu, ada beberapa sumber yang menyebut tahap ini dengan nama tahap dekalsifikasi. Tahap kedua adalah tahap penghilangan protein (*deproteinasi*). Tahap ini

bertujuan untuk menghilangkan protein. Biasanya dilakukan dengan menambahkan larutan natrium hidroksida (NaOH), sambil dipanaskan pada suhu yang tidak terlalu tinggi $\pm 60-70^{\circ}\text{C}$. Tahap ketiga adalah tahap penghilangan warna. Tahap ini dapat dilakukan atau tidak, tergantung keperluan. Penghilangan warna dapat menggunakan larutan oksidator, seperti asam oksalat, kaporit atau KMnO_4 . Tahap penghilangan warna untuk tujuan tertentu cukup dengan menggunakan alkohol atau aseton. Setelah melalui ketiga tahap tersebut, biasanya akan diperoleh kitin, dari 1 kg kulit udang, akan diperoleh kitin sebanyak 200 - 250 gram (Hartati, dkk, 2002).

C. Logam Berat Berbahaya di Perairan

Menurut Sanusi (1985), perairan adalah komponen lingkungan yang paling mudah terkena dampak dari kegiatan manusia, sehingga perlu mendapat perhatian khusus. Setiap sistem perairan memiliki kapasitas penerimaan (*receiving capacity*) yang terbatas terhadap bahan pencemar, sehingga peningkatan buangan bahan pencemar ke perairan akan mengakibatkan kerusakan ekosistem perairan.

Logam berat ialah benda padat atau cair yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 , sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram adalah logam ringan. Dalam tubuh makhluk hidup logam berat termasuk dalam mineral “trace” atau mineral yang jumlahnya sangat sedikit. Beberapa mineral trace adalah esensial karena digunakan untuk aktivitas kerja sistem enzim misalnya seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan beberapa unsur

lainnya seperti kobalt (Co), mangan (Mn) dan beberapa logam lainnya. Beberapa logam bersifat non-esensial dan bersifat toksik terhadap makhluk hidup misalnya : merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan timbal (Pb) (Darmono, 1995).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat terbagi ke dalam dua jenis yaitu: pertama, logam berat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh setiap organisme hidup, seperti seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), mangan (Mn) dan lain-lain. Kedua, logam berat tidak esensial atau beracun, yang keberadaan dalam tubuh organisme hidup hingga saat ini masih belum diketahui manfaatnya bahkan justru dapat bersifat racun, seperti; merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) dan lain-lain (Anonim, 2004).

Masuknya logam berat ke dalam lingkungan perairan merupakan salah satu dampak yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan perairan adalah perubahan kualitas suatu perairan akibat kegiatan manusia, yang pada gilirannya akan mengganggu kehidupan manusia itu sendiri ataupun makhluk hidup lainnya. Berdasarkan sumbernya bentuk pencemaran dapat dibedakan menjadi: *point sources*, dan *non-point sources* (Darmono, 1995).

Berdasarkan kegiatan utama, hal-hal yang dapat menimbulkan pencemaran air adalah: kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Zat-zat yang dapat mencemari badan air adalah: organik patogen, limbah organik *biodegradable*, bahan anorganik yang larut dalam air, zat hara tanaman, bahan

kimia yang dapat larut dan tidak larut, logam berat, sedimen, zat-zat radio aktif, dan pencemaran thermal. Faktor-faktor yang memengaruhi dampak pencemaran: kemampuan pengenceran pencemaran, konsentrasi terlarut pada badan air, jenis polusi, dan struktur fisik sungai (Darmono, 1995).

Proses dalam pencemaran air meliputi: fase degradasi, fase dekomposisi, fase rehabilitasi, dan fase penjernihan. Indikator dalam proses pemulihan terhadap badan air yang mengalami pencemaran tunggal (*single pollution*) dapat dilihat melalui perubahan secara fisik, kimia, maupun biologis (Sofa, 2008).

Menurut Darmono (1995), logam berat sukar mengalami proses pelapukan baik secara kimia, fisika maupun biologi. Hal ini disebabkan bentuk senyawa ikatan logam mempunyai sifat yang berbeda-beda, termasuk daya larutnya terhadap air, perubahan ikatan logam yang terikat dalam bahan organik, ikatannya dengan oksida, hidroksida dan fosfat. Sekalipun dalam perairan logam tersebut kadarnya relatif rendah, dapat diserap dan terakumulasi secara biologi oleh hewan air, serta akan terlibat dalam sistem jaringan tubuh organisme perairan. Melalui proses biotransformasi akan terjadi pemindahan dan peningkatan kadar logam tersebut pada tingkat pemangsaan (*trophic level*) yang lebih tinggi yang disebut biomagnifikasi. Sumber pencemaran logam berat di perairan menurut Darmono (1995), terdapat lima sumber yaitu: 1) Pencemaran secara alami, melalui pelapukan batuan yang mengandung logam berat, 2) Industri yang memproses biji tambang, 3) Pabrik-pabrik dan industri yang menggunakan logam berat di

dalam proses produksinya, 4) Logam berat yang berasal dari ekskresi baik oleh manusia maupun oleh binatang, dan 5) Pencucian logam dari sampah organik maupun anorganik.

D. Logam Berat Kadmium (Cd)

Pada tabel periodik, kadmium termasuk golongan II B, memiliki nomor atom 48, dan berat molekul 112,4 sma. Kadmium merupakan logam berat yang berbahaya karena beresiko tinggi terhadap pembuluh darah dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada hati dan ginjal. Pada konsentrasi rendah kadmium berefek terhadap gangguan pada paru-paru yang kronis. Menurut Dahlifa (1996), kadmium dapat menyebabkan kematian ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) pada konsentrasi 0,05 ppm.

Keracunan kronis terjadi bila memakan atau menginhulasi dosis kecil Cd dalam waktu yang lama. Gejala akan terjadi setelah selang waktu beberapa lama dan kronik. Kadmium pada keadaan ini menyebabkan nefrotoksisitas, yaitu gejala proteinuria, glikosuria, dan aminoasidiuria disertai dengan penurunan laju filtrasi glomerulus ginjal. Kasus keracunan Cd kronis juga menyebabkan gangguan kardiovaskuler dan hipertensi. Hal tersebut terjadi karena tingginya afinitas jaringan ginjal terhadap kadmium. Gejala hipertensi ini tidak selalu dijumpai pada kasus keracunan Cd kronik. Kadmium dapat menyebabkan osteomalasea karena terjadinya gangguan daya keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal (Darmono, 1995).

Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena unsur ini berisiko tinggi terhadap pembuluh darah. Logam ini memiliki tendensi untuk bioakumulasi. Keracunan yang disebabkan oleh kadmium dapat bersifat akut dan keracunan kronis. Logam Cd merupakan logam asing dalam tubuh dan tidak dibutuhkan dalam proses metabolisme. Logam ini teradsorpsi oleh tubuh manusia yang akan menggumpal di dalam ginjal, hati dan sebagian dibuang keluar melalui saluran pencernaan. Keracunan Cd dapat memengaruhi otot polos pembuluh darah. Akibatnya tekanan darah menjadi tinggi yang kemudian bisa menyebabkan terjadinya gagal jantung dan kerusakan ginjal (Darmono, 1995).

Menurut Marganof (2003), logam kadmium dapat dibawa ke dalam tubuh oleh seng yang terikat dalam protein (dalam hal ini adalah struktur protein yang mengandung rantai seng). Seng dan kadmium berada dalam satu grup dalam susunan unsur berkala, mempunyai bilangan oksidasi yang sama (+2), jika terionisasi akan membentuk partikel ion yang berukuran hampir sama. Dari banyak kesamaan tersebut, maka kadmium dapat menggantikan rantai seng dalam banyak sistem biologi (organik). Ikatan kadmium dalam zat organik mempunyai kekuatan 10 kali lebih besar dibandingkan dengan seng jika terikat dalam zat organik. Sebagai tambahan, kadmium juga dapat menggantikan magnesium dan kalsium dalam ikatannya dengan struktur zat organik (Darmono, 1995).

E. Logam Berat Seng (Zn)

Seng bersifat racun pada ikan dan menyebabkan kematian, menghambat pertumbuhan, gangguan pernapasan dan masih banyak efek lainnya yang merugikan dan mengancam kelangsungan hidup khususnya ikan yang berada dalam sungai (ikan mas, nila dan lele) yang tercemar logam berat. Kematian ikan akibat logam berat terjadi karena bereaksinya kation logam berat dengan fraksi tertentu dari lendir insang sehingga insang diselubungi gumpalan lendir logam berat. Seng mempengaruhi enzim *sytrokrom oksidase* yang terlarut dalam darah (Sorensen, 1948).

Seng (Zn) adalah zat gizi esensial yang mungkin belum sepopuler zat gizi utama seperti karbohidrat, protein atau lemak. Seng berwarna putih kebiru-biruan dengan massa jenis $7,14 \text{ g/cm}^3$, memiliki titik leleh 410°C dan titik didih 906°C . Pada tabel periodik, seng termasuk golongan II B, memiliki nomor atom 30, dan berat molekul 65,37 sma. Meskipun termasuk dalam kelompok mikromineral (diperlukan dalam jumlah yang sangat sedikit (Anonim, 2003a).

Menurut Darmono (1995), seng sangat berperan luas terutama dalam hubungannya dengan berbagai penyakit akibat lemahnya pertahanan tubuh. Berdasarkan hasil berbagai riset, seng cukup berpengaruh terhadap pertumbuhan fisik maupun fungsi seksual. Sangat dibutuhkan untuk kesehatan sistem imunitas, pertumbuhan normal, pembentukan jaringan, kedewasaan seksual lelaki dan kerja dari berbagai jenis enzim.

Lebih banyak seng yang dibutuhkan ketika jaringan baru harus dibentuk, misalnya untuk pemulihan dari pembedahan, pemulihan luka bakar, Mineral peningkat imunitas yang paling penting. Tak diragukan lagi Seng membantu tubuh memerangi infeksi. Gejala Defisiensi : Indra pembau dan indra perasa yang lemah (ketajaman organ pengecap), bercak-bercak putih di lebih dari dua kuku, sering infeksi, tanda-tanda tergores (*stretch marks*), jerawat atau kulit berminyak, kesuburan rendah, kulit pucat, kecenderungan mudah depresi, mengurangi daya konsentrasi (mudah mengantuk) kehilangan nafsu makan, mengurangi daya penyembuhan luka, kulit kering dan kasar, dan berat badan turun secara drastis (Anonim, 2007).

F. Limbah Tekstil

Limbah tekstil merupakan limbah cair dominan yang dihasilkan industri tekstil karena terjadi proses pewarnaan. Industri tekstil mencakup industri pembuatan benang dari serat tekstil (pemintalan), pembuatan kain (pertenunan, perajutan), dan penyempurnaan garmen. Serat tekstil dapat berupa serat alam yang diambil dari tumbuhan atau binatang yaitu serat kapas, serat batang (rami, jute), ataupun sutera dan wool , serta dapat pula berupa serat sintetis yang dibuat dari bahan alam yaitu serat rayon dari pulp, serat poliester, akrilat dan nilon dari minyak bumi (KLH, 2005).

Bahan penyempurnaan yang mengandung logam diantaranya adalah zat anti jamur dan pencegah bau yaitu senyawa organik timah; *water repellents* yaitu *chrom stearic acid*. Beberapa senyawa timah-organik juga ditemukan pada zat warna/pigmen sebagai pengotor (impurities) . Sumber

logam dari proses tekstil sulit untuk diidentifikasi karena memerlukan analisis dari seluruh aspek produksi. Kemungkinan sumber untuk logam berat berasal dari serat yang digunakan, air, zat warna, atau sebagai impurities pada bahan kimia (Anonim, 2008).

Beberapa zat warna mengandung logam yang dikenal sebagai senyawa/logam yang bersifat racun. Batasan untuk logam berat beracun (arsen, cadmium, timbal dan merkuri) dalam standar sangat kecil. Logam yang terkandung dalam zat warna disebabkan karena merkuri atau logam lain digunakan sebagai katalis selama proses pembuatan zat warna dan juga dapat hadir sebagai hasil samping serta sebagian zat warna mempunyai logam di dalamnya sebagai bagian dari molekul zat warna tersebut (KLH, 2005).

Kandungan logam berat dalam tekstil atau sumber logam dari proses tekstil sulit untuk diidentifikasi karena memerlukan analisis dari seluruh aspek produksi. Kemungkinan sumber untuk logam berat ini berasal dari : serat yang digunakan, air, zat warna, atau sebagai impurities pada bahan kimia. Kehadiran logam berat dalam air limbah telah menjadi perhatian masyarakat di seluruh dunia. Beberapa zat warna mengandung logam yang dikenal sebagai senyawa/logam yang bersifat racun. Logam terkandung dalam zat warna karena dua penyebab. Pertama, merkuri atau logam lain digunakan sebagai katalis selama proses pembuatan zat warna dan juga dapat hadir sebagai hasil samping (*by product*). Kedua, sebagian zat warna mempunyai logam didalamnya sebagai bagian dari molekul zat warna tersebut (KLH, 2005).

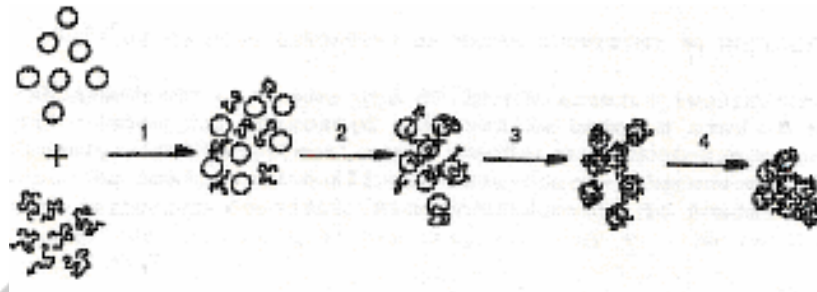
G. Flokulasi dan Koagulasi

Batasan koagulasi dan flokulasi dapat diartikan sebagai penambahan reagen kimia pembentuk flok dalam air baku guna memisahkan koloid yang tidak mengendap. Koagulasi adalah dicampurkannya koagulan dengan mengadukkan secara tepat guna mendestabilkan koloid dan solid tersuspensi yang halus, dan masa inti partikel kemudian membentuk mikroflok. Flokulasi adalah proses pengadukan perlahan terhadap larutan jonjot mikro yang menghasilkan jonjot besar dan mengendap secara tepat (Tjokrokusumo, 1998).

Menurut Kennedy *dkk.*, (1994), yang mempunyai kemampuan untuk membuat terjadinya suatu flokulasi dalam medium cair adalah sifat polielektrolit kitin yang merupakan bagian dari polimer khusus yang dapat terionisasi. Proses koagulasi yang disebabkan oleh polielektrolit meliputi empat tahap yaitu:

1. Dispersi dari polielektrolit dalam suspensi
2. Adsorpsi antara permukaan solid-liquid
3. Kompresi atau pemeraman dari polielektrolit yang teradsorpsi
4. Koalisi atau penyatuan dari masing masing polielektrolit yang telah terlingkupi oleh partikel untuk membentuk flok-flok kecil dan berkembang menjadi flok yang lebih besar.

Keempat proses tersebut digambarkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Tahap-tahap Koagulasi Polielektrolit Kitin (Kennedy *dkk.*, 1994)

H. Spektrofotometri Serapan Atom

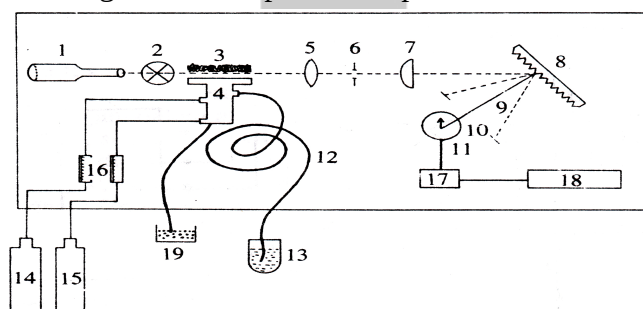
Prinsip dasar spektrofotometri serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah kurang dari 1ppm (Khopkar, 1990). Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom. Komponen kunci pada metode spektrofotometri Serapan Atom adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel. (Anonim, 2003b).

Cara kerja Spektroskopi Serapan Atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorbsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono, 1995).

Larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa di antara atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom-atom *ground state* ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat oleh unsur-unsur yang bersangkutan (Anonim, 2003b).

Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala. Absorpsi ini mengikuti hukum Lambert-Beer, yaitu absorbansi berbanding lurus dengan panjang nyala yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam nyala. Kedua variabel ini sulit untuk ditentukan tetapi panjang nyala dapat dibuat konstan sehingga absorbansi hanya berbanding langsung dengan konsentrasi analit dalam larutan sampel. Teknik-teknik analisisnya yaitu kurva kalibrasi, standar tunggal dan kurva adisi standar dengan penambahan konsentrasi pada larutan standar (Anonim, 2003b).

Sistem kerja mesin *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS) untuk analisis logam berat dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Sistem kerja mesin *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS) (Darmono, 1995)

Keterangan Gambar 4 :

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Lampu Katoda (<i>hollow cathode lamp</i>) | 12. Selang penghisap cairan sampel |
| 2. Chopper | 13. Cairan sampel |
| 3. Nyala | 14. Asetilen/gas pembakar |
| 4. Atomizer | 15. Udara |
| 5. Lampu Kondensor | 16. Flow meter |
| 6. Celah/slit | 17. Amplifier |
| 7. Lensa Kolimating | 18. Recorder digital |
| 8. Kisi defraksi | 19. Pembuangan cairan |
| 9. Sinar defraksi | |
| 10. Celah keluar sinar | |
| 11. Foto Tube | |

I. Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Kitin yang dibuat dari limbah udang (cangkang, kepala, dan ekor) dapat menurunkan kadmium (Cd) dan seng (Zn) pada limbah cair industri tekstil.
- b. Kitin sebanyak 10 g dalam 100 ml limbah cair tekstil dapat menurunkan kadmium (Cd) dan seng (Zn) secara optimal.