

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Industri

Air merupakan sumberdaya alam yang pokok dibutuhkan secara langsung bagi kehidupan manusia. Dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya taraf hidup masyarakat, maka kebutuhan air menjadi semakin meningkat.

Dahulu sebelum penduduk berkembang sepesat sekarang ini, limbah penduduk belum merupakan masalah yang pelik, karena memang pada dasarnya alam lingkungan mempunyai kemampuan untuk menguraikan limbah itu. Tetapi sekarang dengan pertambahan penduduk dan pembangunan pabrik-pabrik yang pesat sekali, produksi sampah dan limbah industri yang dihasilkan juga melimpah, sehingga mengakibatkan daya pemurniannya terlampaui, dengan kata lain sudah terjadi pencemaran. Menurut Undang-undang No. 4 Tahun 1982 Pasal 1 ayat (7) menyebutkan bahwa pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Darsono, 1991).

Pada umumnya jenis industri yang dapat menghasilkan zat pencemar adalah industri yang menggunakan bahan

kimia untuk menghasilkan produksinya seperti industri tekstil, perindustrian dasar dan kimia. Unsur-unsur yang terkandung dalam air limbah industri tekstil antara lain: Kalium, Nitrogen, Calsium, Magnesium, Sulfat, Nitrat, Fosfat, Chlorida, Ferum (Soerjani, 1974). Menurut Gintings (1992) limbah industri dapat mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan bahaya, sehingga dikenal sebagai limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya). Bahan ini dirumuskan sebagai bahan dalam jumlah relatif sedikit tapi mempunyai potensi mencemarkan atau merusakkan lingkungan kehidupan dan sumberdaya. Sebagai limbah keahdirannya cukup mengkhawatirkan terutama yang bersumber dari pabrik industri.

Salah satu jenis industri yang banyak menggunakan air adalah industri tekstil. Dengan banyaknya industri yang mengalirkan air sampah ke sungai-sungai di sekitarnya, maka aliran sungai ini akan makin tercemar dan secara terus menerus menjadi tidak layak sebagai sumber persediaan air. Sampah-sampah cair yang dihasilkan oleh proses pabrik dan industri yang mempergunakan sejumlah air disebut sebagai sampah industri. Sampah industri pada umumnya terbatas pada sampah cair yang karena alasan warna, isinya yang padat, kandungan anorganik atau organik, kadar garam, keasaman, alkalinitas dan sifat-sifat mereka yang beracun menimbulkan masalah-masalah pencemaran aliran. Pembuangan sampah dari industri tersebut merupakan penyebab utama pencemaran sungai (Mahida,

1992). Adanya pembuangan sampah di perairan akan mempengaruhi kehidupan ekosistem yang ada di dalamnya, termasuk salah satunya tumbuhan air seperti azolla, eceng gondok dan kangkung air.

B. Tanaman Kangkung Air

Tinjauan sistematik dari tanaman kangkung air menurut Steenis (1988), adalah sebagai berikut :

Divisio	: Spermatophyla
Sub divisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Sub classis	: Sympetalae
Ordo	: Solanales
Familia	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomoea</i>
Species	: <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.

Kangkung merupakan tanaman sayuran yang mudah sekali ditanam pada setiap musimnya, baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi (Rusli, 1983). Kangkung termasuk tumbuhan yang merambat secara meluas dengan batang menyebar di atas lumpur atau terapung di atas kolam (National Academy of Science, 1976). Kangkung memerlukan cahaya matahari yang cukup serta suhu optimum antara 25°-30°, oleh karena itu kangkung dapat tumbuh baik di daerah tropik (Cook, 1974).

Kangkung tergolong sayuran daun yang banyak mengandung vitamin A dan vitamin C serta mineral terutama

zat besi, seperti yang tercantum dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Kandungan gizi kangkung per 100 gram bahan
(Hukum *et al.*, 1990)

Kandungan Gizi	Jumlah	
Kalori	29	Kal
Protein	3,0	gr
Lemak	0,3	gr
Hidrat Arang	5,4	gr
Vitamin A	6.300	S.I.
Vitamin B	0,07	mgr
Vitamin C	32	mgr
Ca	73	mgr
Phospor	50	mgr
Fe	2,5	mgr
Air	89,7	mgr

Pancho *et al.* (1978) menyatakan bahwa tumbuhan ini diduga berasal dari Asia bagian tropik, mungkin India, kemudian berkembang ke seluruh daerah Afrika bagian tropik dan Asia Tenggara termasuk Malaysia, Burma, Indonesia, Cina Selatan dan Asia, kemudian dibawa ke Australia melalui Semenanjung Malaya. Di Philipina tumbuhan ini sangat luas daerah penyebarannya pada kolam-kolam yang tidak mengalir airnya.

Kangkung adalah tanaman berupa semak yang berumur setahun atau lebih, bersifat merambat di atas tanah basah atau terapung, kadang-kadang membelit dan batangnya berair. Daunnya berbentuk seperti perisai, meruncing pada bagian atasnya, bertangkai panjang, permukaan daun bagian atas berwarna hijau lebih tua daripada permukaan bagian bawah. Karangan bunga terletak di ketiak berbentuk payung

dan kelopak bunga bulat telur memanjang. Mahkota berwarna ros atau lila pucat dengan bentuk corong. Buahnya berbentuk kotak kebanyakan berbiji empat (Backer *et al.*, 1965; Sastrapradja, 1977). Perbanyakan tanaman ini dilakukan dengan stek batang sepanjang 30 cm dengan 6-8 ruas yang ditanamkan pada tanah yang lembek atau berair dan dapat juga dilakukan dengan penanaman dari biji pada tanah (Tindall, 1986).

Pada umumnya tumbuhan air sangat toleran terhadap kadar unsur hara yang rendah dalam air, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga sangat besar (Ruhayat, 1973). Karena toleransinya yang tinggi terhadap daerah perairan, maka sebaiknya tidak menanam kangkung di perairan yang sudah tercemar. Kangkung yang ditanam di tempat yang sudah tercemar akan menyerap zat-zat beracun yang terdapat didalamnya. Kangkung air ini terbukti memiliki daya adaptasi yang baik dengan perairan setempat, sehingga produksinya cukup berlimpah (Nazaruddin, 1993).

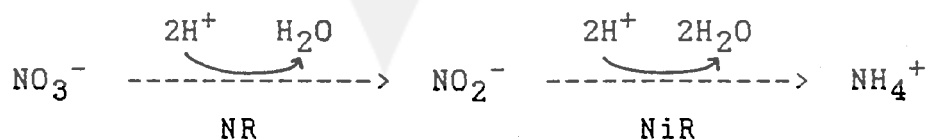
C. Aktivitas Nitrat Reduktase

Salah satu unsur yang sangat dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman adalah nitrogen. Sebagian besar tanaman menyerap unsur nitrogen dalam bentuk ion nitrat, ion amonium, senyawa organik seperti asam amino dan urea dari dalam tanah. Nitrat merupakan senyawa nitrogen yang paling besar ketersediaannya dan

paling mudah diserap oleh akar (Bidwell, 1979).

Nitrogen dalam tanah diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ , tetapi biasanya bentuk NO_3^- lebih banyak diserap oleh tanaman (Hess, 1975; Salisbury, 1977; Noggle, 1979). Ion nitrat ini akan direduksi menjadi nitrit dengan katalisator nitrat reduktase. Nitrit akan segera diubah menjadi amonium yang berperan sebagai prekursor senyawa N-organik. Reduksi nitrat dapat terjadi di daun dan di akar. Aktivitas di daun lebih besar daripada di akar, kecuali pada awal perkecambahan (Gojon *et al.*, 1986). Dengan adanya kandungan nitrogen yang tinggi dapat menyebabkan aktivitas nitrat reduktase daun meningkat, karena jumlah nitrat yang terserap dan terakumulasi di daun lebih besar (Walsh *et al.*, 1976).

Proses reduksi nitrat menjadi nitrit, yang kemudian berubah menjadi amonium merupakan reaksi awal dari metabolisme nitrat oleh tanaman (Noggle, 1979). Reaksi reduksi tersebut dikatalisir oleh dua buah enzim yaitu nitrat reduktase yang mengkatalisis reduksi nitrat menjadi nitrit dan nitrit reduktase yang mengkatalisis perubahan nitrit menjadi ammonium. Skema reaksi reduksi tersebut dapat dilihat di bawah ini :



Nitrat reduktase merupakan enzim sitoplasma yang tergolong enzim molibdoflavoprotein, karena mengandung Mo

dan koenzim flavin FAD yang berperan dalam transfer elektron (elektron carrier). Energi pereduksi diperoleh dari hasil fotosintesis dan respirasi berupa koenzim NADH/NADPH. Proses reduksi nitrit menjadi ammonium dikatalisir oleh nitrit reduktase dan terbentuk hasil antara, seperti nitrit oksid, hidroksi amine yang akan segera berubah menjadi ammonium. Energi pereduksi didapat dari reaksi fotosintesis berupa ferredoksin (Noggle, 1979).

Mengenai letak nitrat reduktase ada beberapa pendapat, antara lain menurut Noggle dan Fritz (1979) dikatakan bahwa nitrat reduktase terletak dalam sitoplasma. Guerrero *et al.* (1981) mengatakan bahwa nitrat reduktase terletak hanya pada dinding luar kloroplas dan di dalam kloroplas tidak pernah dijumpai nitrat reduktase. Diperkirakan bahwa nitrat reduktase terletak pada membran sel, dinding luar kloroplas, apparatus golgi dan plasma sel (Hartiko, 1983).

Enzim nitrat reduktase merupakan kunci pertama bagi sintesis senyawa-senyawa nitrogen yang mempunyai aspek penting bagi siklus hidup suatu tumbuhan. Enzim ini merupakan enzim kompleks dengan berat molekul antara 230.000 sampai 500.000 tergantung pada organismenya (Hartiko, 1983).

Aktivitas nitrat reduktase terutama dipengaruhi oleh ketersediaan nitrat dan laju penyerapan nitrat. Penambahan nitrat pada sejenis cemara dapat meningkatkan aktivitas nitrat reduktase dua sampai empat kali lebih

besar dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi nitrat (Yandow and Klein, 1986).

Akumulasi nitrat yang berlebihan dapat menghambat aktivitas nitrat reduktase, karena memberikan efek toksis dan hambatan substrat (Duke dkk, 1986 dalam Narwati, 1996). Laju penyerapan nitrat sangat dipengaruhi oleh status air di dalam jaringan tanaman. Menurunnya laju penyerapan nitrat yang disebabkan rendahnya potensial air akan menyebabkan aliran nitrat berkurang dan akan menghambat sintesis nitrat reduktase, sehingga aktivitas nitrat reduktase menjadi rendah pula (Shaner dan Boyer, 1976 dalam Narwati, 1996).

Selain itu aktivitas nitrat reduktase sangat dipengaruhi oleh faktor fisiologis, biokimia, genetik dan lingkungan. Dilaporkan oleh beberapa peneliti bahwa jenis tumbuhan sama, cultivar atau varietas beda, sifat dan aktivitas enzim ini juga berbeda (Nelson *et al.*, 1985). Carroll dan Gresshoff (1986) melaporkan bahwa konsentrasi dan jenis substrat sumber N, pH, inhibitor dan temperatur dapat menghambat atau memacu aktivitas enzim.

Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas nitrat reduktase, baik faktor luar maupun faktor dalam, adalah saling berkaitan. Faktor dalam meliputi umur, jenis, hormon, energi, pereduksi, struktur anatomi daun dan lainnya. Bidwell (1979) menyebutkan bahwa hormon gibberellin akan memacu aktivitas nitrat reduktase karena hormon tersebut memacu pembentukan protein. Srivastava (1975)

melaporkan bahwa tingkat pertumbuhan tanaman mempengaruhi aktivitas nitrat reduktase.

Disebutkan pula bahwa aktivitas nitrat reduktase pada umur kecambah adalah rendah dan meningkat selaras dengan bertambahnya umur tanaman yang akan mencapai maksimum, bila tanaman mencapai umur masak atau dewasa dan kemudian turun lagi bila tanaman mengalami penuaan. Adanya inhibitor yang mengganggu proses fotosintesis maupun respirasi, juga akan menghambat aktivitas nitrat reduktase yang disebabkan oleh karena energi pereduksi yang dibutuhkan untuk aktivitas enzim terganggu pembentukannya. Selain itu adanya reaksi metabolisme lain yang menggunakan energi pereduksi NADH/NADPH akan menghambat aktivitas nitrat reduktase, karena adanya penghambatan kompetitif (Bidwell, 1979).

Struktur anatomi organ terutama daun berpengaruh terhadap aktivitas nitrat reduktase. Pengaruh ini disebabkan struktur anatomi berhubungan dengan umur, pertukaran gas dan distribusi bahan dan hasil metabolisme. Devlin (1975) menyebutkan pada organ yang tua, aktivitas nitrat reduktase berjalan lambat karena pemasukan nitrat terganggu dengan adanya penebalan dinding sel dan menurunnya kadar dan jumlah sitoplasma.

Faktor luar yang mempengaruhi aktivitas nitrat reduktase yaitu nutrisi, temperatur, kelembaban, cahaya, kecepatan angin, pH dan sebagainya. Hartiko (1983) menyebutkan nitrat reduktase merupakan enzim yang

aktivitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Kandungan air yang optimal di dalam sel akan meningkatkan aktivitas nitrat reduktase. Tekanan air yang terlalu tinggi di dalam tanah akan menurunkan aktivitas nitrat reduktase, dikarenakan penyerapan nitrat oleh akar menjadi berkurang (Morilla *et al.*, 1973 dalam Hartiko, 1983). Selain itu menurut Alaerts *et al.* (1984), adanya logam berat cadmium dapat mereduksi nitrat secara kuantitatif menjadi nitrit.

D. Klorofil

Senyawa klorofil adalah penting sehubungan dengan proses fotosintesis tumbuhan. Kandungan klorofil menentukan produktivitas primer suatu tumbuhan atau kemampuan suatu tumbuhan untuk mensintesa zat organik, di samping pengaruh lingkungan, seperti sinar matahari dan unsur hara (Dwidjoseputro, 1992).

Faktor penting dalam proses fotosintetik antara lain laju jumlah klorofil yang disinari, ukuran, jumlah dan tingkat pembukaan stomata. Sinar matahari dengan kualitas dan intensitas tertentu, kandungan CO₂ dan temperatur udara akan mempengaruhi jumlah produksi yang dihasilkan oleh daun. Apabila kandungan klorofil daun turun, maka produksi tanaman diduga akan turun. Klorofil yang rusak akan mengganggu proses fotosintesa, sehingga pertumbuhan akan mengalami penurunan atau bahkan sampai mati (Wargasmita dan Ischak, 1978).

Kandungan klorofil meningkat dengan bertambahnya umur, sampai pada umur tertentu kandungan klorofil akan maksimal dan kemudian berangsur-angsur menurun. Pada daun yang sudah menurun kandungan klorofilnya akan menyebabkan warna daun berubah menjadi kuning atau jingga (Hawab, 1975).

Klorofil terdapat sebagai butir-butir hijau di dalam kloroplas. Pada umumnya kloroplas itu berbentuk oval, bahan dasarnya disebut stroma, sedang butir-butir yang terkandung di dalamnya disebut grana. Dalam tumbuhan tinggi ada dua macam klorofil yaitu klorofil-a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) yang berwarna hijau tua dan klorofil-b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) yang berwarna hijau muda.

Klorofil bersifat fluoresen, artinya dapat menerima sinar dan mengembalikannya dalam gelombang yang berlainan. Klorofil banyak menyerap sinar merah dan nila. Klorofil tidak larut dalam air melainkan larut dalam etanol, metanol, eter, aseton, bensol, kloroform.

Menurut Dwidjoseputro (1992) pembentukan klorofil dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu (1) faktor pembawaan, (2) cahaya, (3) oksigen, (4) karbohidrat, (5) temperatur, (6) air, (7) unsur Mn, Cu dan Zn, (8) nitrogen, magnesium dan besi. Kekurangan akan salah satu zat tersebut mengakibatkan khlorosis pada tanaman. Kekurangan nitrogen mengakibatkan daun menjadi kekuning-kuningan dan pembentukan klorofil terganggu.

E. Pertumbuhan

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan proses berkelanjutan yang mengarah ke karakteristik morfogenesis spesies. Pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai pembelahan dan pembesaran sel, tetapi definisi yang paling umum dipakai adalah penambahan berat kering, yang juga meliputi diferensiasi. Sedangkan perkembangan tanaman merupakan suatu kombinasi dari proses pertumbuhan dan diferensiasi yang mengarah pada akumulasi berat kering (Gardner, 1991).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan secara luas dapat dikategorikan sebagai faktor eksternal (lingkungan) dan faktor internal (genetik). Faktor eksternal meliputi iklim; tanah yaitu bahan organik, pH, ketersediaan zat hara; biologis yaitu serangga, mikroorganisme tanah, nematoda. Sedangkan faktor internal meliputi laju fotosintetik, respirasi, klorofil, aktivitas enzim, pengaruh langsung gen dan diferensiasi (Gardner, 1991).

Pertumbuhan dengan cara pembelahan dan pembesaran sel ini terjadi di dalam jaringan meristem. Pada tanaman, pertumbuhan tinggi batang terjadi di dalam meristem interkalar dari ruas dan pertumbuhan batang ini dapat dipengaruhi oleh hormon pengatur pertumbuhan yaitu giberelin (Gardner, 1991). Untuk pengukuran tinggi dan panjang suatu tanaman memperlihatkan bahwa laju pertumbuhan berubah-ubah sesuai dengan umur organisme. Pertumbuhan tanaman mula-mula lambat kemudian berangsur-angsur cepat,

sampai akhirnya laju tumbuh menurun lagi. Hal ini dipengaruhi oleh faktor-faktor yang ada di dalam lingkungannya (Tjitrosomo, 1983).

Selain itu pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur-unsur hara yang esensial yang diabsorpsi oleh akar dalam bentuk ion anorganik. Unsur hara ini terdiri dari unsur hara makro yaitu C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg dan unsur hara mikro yaitu Cl, B, Fe, Mn, Zn, Cu. Ketidakhadiran dari salah satu unsur tersebut akan mengakibatkan gejala defisiensi terhadap tanaman dan dapat menyebabkan kematian sebelum dewasa. Gejala yang dapat diamati apabila tanaman kekurangan salah satu unsur esensial itu antara lain : laju fotosintesa terhambat, laju respirasi di bawah normal, laju sintesa protein lambat, klorosis pada daun, pertumbuhan akar dan batang terhambat dan terjadi perubahan warna daun (Mursyanti, 1992).

Pada tanaman yang kekurangan unsur nitrogen mengakibatkan daun tidak tampak hijau segar melainkan agak kekuning-kuningan, sedangkan bila nitrogen tersedia berlebihan maka daun-daun tanaman menjadi tebal berwarna hijau tua dan batang agak lemah meskipun pertumbuhannya makmur (Dwidjoseputro, 1992).

Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi pembelahan dan pembesaran sel, mengakibatkan perubahan jumlah daun, ukuran daun dan luas daun (Goldsworthy, 1992). Tanaman memelihara kandungan hara daun dengan

mempertahankan luas daun yang lebih kecil. Strategi ini mengakibatkan penggunaan zat hara yang efisien untuk memelihara laju pertumbuhan tanaman, apabila zat hara yang tersedia terbatas (Cock, 1983 dalam Goldsworthy, 1992). Ketersediaan nitrogen mempunyai pengaruh yang nyata terhadap perluasan daun, terutama pada lebar dan luas daun (Humphries dan Wheeler, 1963 dalam Gardner 1991). Nitrogen merangsang pertumbuhan batang dan daun, yang merupakan bagian vegetatif dari tanaman (Mahida, 1992). Selain itu nitrogen mempunyai pengaruh langsung terhadap bertambahnya luas daun. Daun akan mati karena nitrogen diambil untuk ditranslokasikan ke daun atau buah yang sedang tumbuh (Littleton dkk., 1979 dalam Goldsworthy, 1992). Dengan luas daun yang besar, maka penyerapan sinar matahari akan optimum sehingga proses fotosintesis dan respirasi berjalan lancar. Selain itu kebutuhan nitrogen harus mencukupi untuk memungkinkan pertambahan berat kering dan pengembangan daun secara cepat selama fase pengembangan. Sebaliknya kekurangan nitrogen selama perkembangan akan menghasilkan daun yang kecil dan kekurangan klorofil (Mc Cants dan Woltz, 1967 dalam Goldsworthy, 1992).

Untuk mengukur pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman kangkung air ini, parameter yang dapat digunakan antara lain : berat kering total, N-total, serat kasar, luas permukaan daun dan tinggi tanaman.

1. Berat Kering

Karbon, hidrogen dan oksigen membentuk lebih dari 94 persen berat kering total, karena sebagian besar berat kering tersusun atas senyawa organik yang dihasilkan oleh fotosintesis bahan dasar karbondioksida dan air. Sebagian senyawa organik tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen saja. Hal ini terdapat pada selulosa yang menyusun kira-kira sepertiga dari berat kering bahan. Nitrogen merupakan penyusun segala macam protein, yang merupakan komponen utama bahan kering yang berasal dari bahan protoplasma tumbuhan (Loveless, 1991). Untuk memungkinkan pertambahan berat kering dan pengembangan daun yang cepat selama fase perkembangan, harus tercukupi kebutuhan akan nitrogen (Goldsworthy, 1992).

Kebanyakan peningkatan berat kering adalah di dalam daun. Kenaikan berat kering bagian tanaman sebagian disebabkan oleh luas daun yang lebih besar, lamanya luas daun diperpanjang dan laju penurunan fotosintesis (Papenfus, 1970 dalam Goldsworthy, 1992). Produksi berat kering tanaman tergantung dari penyerapan penyinaran matahari dan pengambilan CO_2 dan air (Goldsworthy, 1992). Pada fotosintesis, CO_2 digunakan dan O_2 dihasilkan sebagai produk. Pada respirasi, O_2 digunakan dan CO_2 dibebaskan. CO_2 yang dibentuk dalam respirasi dapat digunakan dalam fotosintesis, sedangkan O_2 yang dibebaskan dalam fotosintesis dapat dimanfaatkan dalam respirasi (Tjitrosomo, 1983). Berat kering tanaman merupakan keseimbangan antara

pengambilan CO_2 dalam fotosintesis dan pengurangan CO_2 dalam respirasi (Gardner, 1991).

2. N-Total

Nitrogen merupakan unsur essential yang diperlukan oleh tanaman untuk menyusun asam amino, asam nukleat, basa organik, enzim, klorofil dan protein (Bidwell, 1979; Noggle, 1979). Protein merupakan makromolekul yang paling berlimpah di dalam sel dan menyusun lebih dari setengah berat kering pada semua organisme (Lehninger, 1990). Dengan pertolongan suatu asam, basa atau suatu enzim tertentu, maka protein dapat mengalami hidrolisis serta pecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil seperti proteosa, pepton, polipeptida dan akhirnya asam amino (Dwidjoseputro, 1992).

Protein mempunyai struktur yang mengandung N, di samping C, H, O, S dan kadang-kadang P, Fe dan Cu. Protein mula-mula dibentuk dari unit asam-asam amino yang dirakit oleh organisme autotroph (tumbuh-tumbuhan dan mikroorganisme tertentu) dari unsur-unsur anorganik C, H, O, N dan S yang ada dalam tanah atau udara. Sulphur (S) merupakan salah satu unsur essential yang dibutuhkan tumbuhan untuk membentuk ikatan sulfhidril ($-\text{SH}$) yang digunakan dalam membentuk protein. Jika S terikat oleh Pb maka aktivitas pembentuk protein akan terhambat (Loveless, 1991). Protein-protein tersebut berguna untuk penyusunan senyawa-senyawa biomolekul yang berperan

penting dalam proses biokimiawi, untuk mengganti sel-sel jaringan yang rusak (Sudarmadji, 1989). Protein berperan vital dalam proses kimia kehidupan, sebab protein dalam tubuh berfungsi sebagai pembangun jaringan dan sel baru (mengganti jaringan sel yang telah rusak). Protein mempunyai sifat umum, antara lain : mempunyai berat molekul tinggi, sangat mudah terdenaturasi, sangat reaktif dan spesifik (Loveless, 1991).

Protein mudah sekali mengalami perubahan bentuk fisis ataupun aktivitas biologisnya. Banyak agensia yang dapat menyebabkan perubahan sifat alamiah protein, misalnya panas, asam, basa, solven organik, garam, logam berat, radiasi sinar radioaktif. Perubahan sifat fisis yang mudah diamati adalah terjadinya penjedalan (menjadi tidak larut) atau pepadatan (Sudarmadji, 1989). Kekurangan seng dapat menyebabkan terganggunya produksi protein (Santosa, 1975).

3. Serat Kasar

Secara umum serat adalah benang-benang sel atau jaringan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Serat kasar didefinisikan sebagai total fraksi bahan-bahan makanan yang tidak dapat dicerna dengan enzim pencernaan protein dan pati. Serat kasar mengandung senyawa selulosa, lignin, dan zat lain yang belum dapat diidentifikasi dengan pasti (Anonim, 1991). Selulosa sebagai salah satu senyawa yang menyusun serat, merupakan serabut liat, tidak larut

dalam air dan ditemukan di dalam dinding sel pelindung tumbuhan, terutama pada tangkai, batang, dahan dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan (Lehninger, 1990).

Selulosa adalah polisakarida yang terdiri dari rangkaian-rangkaian panjang unit-unit glukosa. Selulosa ini merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan, karena itu selulosa merupakan bahan organik alam yang melimpah. (Loveless, 1991).

