

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Klasifikasi dan Ciri-ciri Buah Nangka

Menurut Saha (2004), limbah pertanian mengandung banyak bahan lignoselulosa yang bisa didegradasi oleh selulase. Bahan lignoselulosa merupakan komponen organik yang berlimpah di alam, terdiri dari tiga polimer yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen terbesar adalah selulosa (35-50%), hemiselulosa (20-35%), dan lignin (10-25%). Selulosa adalah polisakarida yang mempunyai fungsi sebagai unsur struktural pada dinding sel tumbuhan tingkat tinggi. Limbah yang mengandung selulosa dalam penelitian ini adalah limbah kulit buah nangka muda (Gambar 1).



Gambar 1. Kulit buah nangka muda (Dokumentasi pribadi)

Tanaman nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) merupakan salah satu jenis tanaman buah tropis yang multifungsi dan dapat ditanam di daerah tropis dengan ketinggian kurang dari 1.000 meter di atas permukaan laut yang berasal dari India Selatan. Menurut Sunarjono (2008), ada dua macam nangka, yakni:

- a. *Artocarpus heterophyllus* Lamk atau *Artocarpus integer* (Thumb) Merr yang biasa disebut nangka (Gambar 2).
- b. *Artocarpus champeden* (Lour) Stokes atau *Artocarpus integrifolia* Lf. yang biasa disebut cempedak.

Cempedak mempunyai bulu kasar pada daunnya serta beraroma harum spesifik dan tajam, sedangkan nangka tidak.

Kedudukan taksonomi tanaman nangka menurut Rukmana (1997), adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Sub-divisi : Angiospermae  
Kelas : Dicotyledonae  
Ordo : Morales  
Famili : Moraceae  
Genus : *Artocarpus*  
Spesies : *Artocarpus heterophyllus* Lamk.



Gambar 2. Buah nangka (Wicaksono, 2013)

Beberapa bagian tanaman dan buah nangka yang dapat dimanfaatkan antara lain sebagai berikut:

1. Akar banyak digunakan sebagai obat diare di Nepal.
2. Getah berwarna putih, sangat lekat, dan terdapat hampir di seluruh bagian tanaman, termasuk kulit buah. Getah nangka sering dimanfaatkan sebagai obat abses (bengkak bernanah) dan bisul dengan ditambah sedikit cuka.
3. Batang dan cabang yang berserat halus serta berwarna kuning gading banyak digunakan sebagai bahan pembuatan barang-barang kerajinan (pahat/patung, ukir-ukiran, cenderamata, gitar); bahan bangunan; perkakas rumah tangga; alat-alat dapur; maupun kayu bakar (Suprapti, 2004).

Buah nangka pada umumnya dipanen dalam keadaan tua atau sedikit lewat tua tetapi belum matang di pohon. Buah ini bersifat mudah rusak dan biasanya dikonsumsi secara langsung dalam bentuk segar atau sebagai campuran minuman (Fachruddin, 2002). Ciri-ciri buah nangka yang sudah matang yaitu memiliki duri yang besar dan jarang, mempunyai aroma nangka yang khas walaupun dalam jarak yang agak jauh, setelah dipetik daging buahnya berwarna kuning segar, tidak banyak mengandung getah. Buah tersebut bisa dimakan langsung atau diolah menjadi berbagai masakan (Widyastuti, 1993).

Buah nangka, dari yang masih berupa bakal buah hingga yang telah matang fisiologis memiliki manfaat sendiri-sendiri. Bakal buah atau babal yang gugur dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan rujak. Buah muda (gori/tewel) digunakan sebagai bahan pembuatan sayur, misalnya sayur asam dan

gudeg. Buah mengkal dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan keripik dan manisan. Buah yang matang fisiologis, daging buahnya dapat dimanfaatkan sebagai buah meja ataupun sebagai bahan campuran pembuatan puding, kue, es krim, dan sebagainya (Suprapti, 2004).

#### **B. Sumber Pencemaran dan Dampak Logam Tembaga (Cu)**

Pencemaran akibat kegiatan industri dapat menyebabkan kerugian besar, karena umumnya buangan/limbah mengandung zat beracun antara lain raksa (Hg), kadmium (Cd), krom (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), yang sering digunakan dalam proses produksi suatu industri baik sebagai bahan baku, katalisator ataupun bahan utama (Darmono, 2001). Keberadaan logam berat dalam air akan mempengaruhi kualitas air, bila air yang tercemar logam berat melebihi konsentrasi standard dikonsumsi, maka akan terjadi penyerapan logam berat ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup. Akibatnya akan terjadi keracunan bahkan bioakumulasi tergantung jenis logam, konsentrasi pencemarannya dan metabolismenya di dalam tubuh makhluk hidup (Mohadi dkk., 2013).

Menurut Darmono (1995), sumber pencemaran logam berat di perairan 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.
- 5) Pencucian logam dari sampah organik maupun anorganik.

Connel dan Miller (1995) mengatakan bahwa Cu merupakan logam esensial yang jika berada dalam konsentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan organisme sedangkan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menjadi penghambat. Selanjutnya oleh Palar (1994) dikatakan bahwa biota perairan sangat peka terhadap kelebihan Cu dalam perairan sebagai tempat hidupnya. Konsentrasi Cu terlarut yang mencapai 0,01 ppm akan menyebabkan kematian bagi fitoplankton. Dalam tenggang waktu 96 jam biota yang tergolong dalam Mollusca akan mengalami kematian bila Cu yang terlarut dalam badan air berada pada kisaran 0,16 sampai 0,5 ppm.

Menurut Darmono dalam Ayu (2002), toksisitas logam tembaga pada manusia, khususnya anak-anak biasanya terjadi karena tembaga sulfat. Beberapa gejala yang biasanya terjadi yakni perut mual, muntah, diare dan beberapa kasus yang parah dapat menyebabkan gagal ginjal bahkan kematian. Oleh karena itu, Valko (2005) mengatakan bahwa kadar tembaga yang direkomendasikan aman dalam air minum berkisar 1,5 sampai 2 miligram per liter (ppm).

Tembaga (Cu) adalah logam dengan nomor atom 29, massa atom 63,546, titik lebur  $1083^{\circ}\text{C}$ , titik didih  $2310^{\circ}\text{C}$ , jari-jari atom  $1,173\text{\AA}$  dan jari-jari ion  $\text{Cu}^{2+}$   $0,96\text{\AA}$ . Tembaga adalah logam transisi (golongan 1B) yang berwarna kemerahan,

mudah regang dan mudah ditempa. tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup (Kundari dkk., 2008).

### **C. Pengertian dan Fungsi Selulosa dalam Adsorpsi Logam**

Selulosa merupakan bahan dasar yang penting bagi industri-industri yang memakai selulosa sebagai bahan baku, misalnya: pabrik kertas, pabrik sutera tiruan dan lain sebagainya (Dumanauw, 1990). Selulosa merupakan bahan organik yang melimpah, penggunaan polimer ini sebagai bahan dasar kimia dimulai sejak 150 tahun yang lalu, dengan penemuan dari turunan selulosa yang pertama. Selulosa dihasilkan dari alam yang bergabung dengan lignin dan hemiselulosa, sehingga perlu dihilangkan dengan menggabungkan transformasi dan pemecahan secara kimia, dan meninggalkan komponen selulosa dalam bentuk padatan (Klemm, 1998).

Struktur kimia selulosa berupa rantai yang tidak bercabang dan tersusun atas satuan-satuan  $\beta$ -D-gluko-piranos, dengan ikatan glikosida 1,4. Selulosa berupa zat padat amorf, berwarna putih, yang tidak larut dalam air dan pelarut organik umum. Pelarut yang baik untuk selulosa adalah pereaksi Cross (larutan zink klorida dalam asam klorida), pereaksi Schweitzer (larutan amoniakal dari kupri hidroksida), dan larutan yang diperoleh dari campuran natrium klorida dengan karbon tetraklorida (Sumardjo, 2009).

Morfologi selulosa mempunyai pengaruh yang besar pada reaktivitasnya. Gugus-gugus hidroksil yang terdapat dalam daerah-daerah amorf sangat mudah dicapai dan mudah bereaksi sedangkan gugus-gugus hidroksil yang terdapat

dalam daerah-daerah kristalin dengan berkas yang rapat dan ikatan antar rantai yang kuat mungkin tidak dapat dicapai sama sekali. Beberapa mikrofibril membentuk fibril yang akhirnya menjadi serat selulosa. Selulosa memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak larut dalam kebanyakan pelarut. Hal ini berkaitan dengan struktur selulosa dan kuatnya ikatan hidrogen (Rachmaniah *et al.*, 2009).

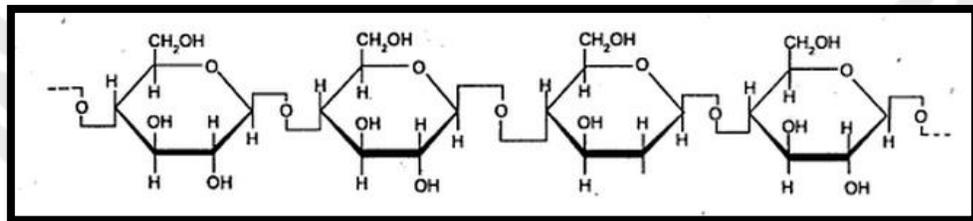
Menurut Umar dalam Bahmid (2014), selulosa dapat dibedakan menjadi tiga jenis sebagai berikut:

1.  $\alpha$ -Selulosa adalah selulosa berantai panjang dan tidak larut dalam NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi 600-1500,  $\alpha$ -Selulosa dipakai sebagai penduga atau penentu tingkat kemurnian selulosa.
2.  $\beta$ -Selulosa adalah selulosa berantai pendek dan larut dalam NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi 15-90.
3.  $\gamma$ -Selulosa adalah sama dengan  $\beta$ -Selulosa tetapi derajat polimerisasinya kurang dari 15.

Selulosa tidak dapat dicerna dalam saluran cerna sebab di dalam saluran cerna, tidak ada enzim selulase yang mengatalisis proses hidrolisis selulosa. Selulosa memang tidak dapat dicerna, tetapi memiliki manfaat dalam saluran cerna, antara lain merangsang pengeluaran getah lambung, menyebabkan rasa kenyang, dan membantu memadatkan feses. Jadi, selulosa tidak mempunyai nilai gizi sebagai bahan makanan untuk tubuh sebab selulosa yang dimakan tidak dapat diubah menjadi glukosa (Sumardjo, 2009).

Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya ikatan arilalkil dan ikatan senyawa pengikat lignin ini menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisa. Lignin merupakan senyawa kompleks yang tersusun dari unit fenilpropana yang terikat di dalam struktur tiga dimensi dan merupakan material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin mengandung karbon yang relatif tinggi sehingga resisten terhadap degradasi. Oleh karena itu, lignin harus dipecah agar hemiselulosa dan selulosa dapat dihidrolisis (Iranmahboob dkk.,2002; Sun dkk., 2002).

Kulit buah nangka muda dapat mengadsorpsi ion logam disebabkan adanya kandungan protein dan selulosanya. Gugus yang berperan dalam protein adalah asam amino dan dalam selulosa adalah hidroksil (Gambar 3). Kedua gugus tersebut dapat berperan sebagai penukar ion dan sebagai adsorben terhadap logam berat dalam air limbah (Ni'mah dan Ita, 2007).



Gambar 3. Struktur selulosa (Sumardjo, 2009)

Protein tersusun dari beberapa asam amino yang apabila larut dalam air gugus karboksilat (COOH) akan melepaskan ion H<sup>+</sup> dan gugus amina (NH<sub>2</sub>) akan menerima ion H<sup>+</sup> membentuk NH<sub>3</sub><sup>+</sup>. Ion tersebut sangat reaktif untuk berikatan dengan ion-ion logam. Sedangkan karbohidratnya yaitu selulosa memiliki gugus

fungsional yaitu gugus hidroksil (-OH). Gugus ini dapat berinteraksi dengan gugus lain yaitu -O, -N, dan -S membentuk ikatan hidrogen atau ikatan koordinasi. Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan selulosa dapat terjadi melalui ikatan hidrogen dan gaya Van der Waals (Poedjiadi, 2007).

#### **D. Pengertian dan Kelebihan Biosorben**

Teknologi yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam berat pada air antara lain metode pengendapan (presipitasi), adsorpsi, proses membran, penukaran ion, flotasi, osmosis balik, koagulasi, dan sedimentasi. Menurut Renita dkk. (2004), cara pengolahan limbah dengan cara koagulasi, sedimentasi maupun adsorpsi memiliki efisiensi yang baik dalam pengolahan limbah tetapi juga menimbulkan limbah baru, yaitu flok/ koagulan yang tidak dapat digunakan lagi. Penggunaan karbon aktif untuk menghilangkan warna juga memerlukan biaya yang cukup tinggi karena harga karbon aktif relatif mahal. Penggunaan reaksi fotokatalisis membutuhkan biaya yang cukup tinggi karena harga reagen fotokatalisis seperti  $\text{TiO}_2$  cukup mahal, selain itu diperlukan perlakuan lebih lanjut terhadap  $\text{TiO}_2$  setelah proses dekolorisasi zat warna selesai. Oleh karena itu, salah satu alternatif lain yang dapat digunakan adalah penggunaan biosorben.

*Biosorption* menunjukkan kemampuan biomassa untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme atau kimia-fisika. Proses biosorpsi dapat lebih efektif dengan kehadiran tertentu pH dan kehadiran ion-in lainnya dalam media yang logam beratnya dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut. Keuntungan penggunaan proses *biosorption*

diantaranya adalah biaya yang relatif murah, efisiensi tinggi pada larutan encer, minimalisasi pembentukan lumpur, serta kemudahan proses regenerasinya (Ashraf, 2010; Gadd dalam Sunarya, 1998).

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas biosorpsi suatu biosorben dengan cara amobilisasi, aktivasi, impregnasi, dan lain-lain. Amobilisasi adalah suatu proses penyisipan suatu spesies kimia ke dalam suatu struktur sehingga bahan yang teramobilisasi tidak dapat bergerak dari struktur. Aktivasi bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat kimia dan fisika yang lebih baik seperti keasaman permukaan (Yun dkk., 2001).

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi menurut Putro dan Ardhiany (2010):

1. Jenis adsorben

Tiap jenis adsorben memiliki karakteristik dan kemampuan sendiri. Adsorben yang baik untuk menyerap suatu zat yang satu belum tentu mampu mengadsorpsi baik zat yang lain.

2. Jenis zat yang diadsorpsi

Zat dengan sifat asam akan lebih mudah diserap dengan zat yang memiliki sifat basa, begitu pula sebaliknya, karena asam dan basa akan saling tarik-menarik.

3. Konsentrasi zat adsorben

Semakin tinggi konsentrasi adsorben, maka semakin besar kemampuannya untuk menarik *solute*.

#### 4. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin besar kemampuannya untuk menarik solute.

#### 5. Daya larut *solven* terhadap *solute*

Jika daya larut solven terhadap *solute* tinggi, maka proses adsorpsi akan terhambat, sebab gaya untuk melarutkan *solute* berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap *solute*.

Putro dan Ardhiyany (2010) juga mengatakan bahwa adsorben yang baik adalah adsorben yang memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Mempunyai daya serap yang baik
2. Berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar
3. Tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi
4. Tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan
5. Dapat diregenerasikan kembali dengan mudah
6. Tidak beracun
7. Tidak meninggalkan residu berupa gas yang berbau
8. Mudah didapat dan harganya murah.

Menurut Kargi dan Cikla (2006), proses biosorpsi lebih baik digunakan untuk metode kimia dan fisika dikarenakan oleh faktor-faktor di bawah ini:

- a. Tanaman dapat digunakan sebagai adsorben dari limbah berlebih yang dihasilkan dari pengolahan air limbah

- b. Biosorben murah, mudah didapatkan dan kemungkinan dapat digunakan kembali
- c. Penyerapan ion logam selektif dapat menggunakan biosorben
- d. Proses biosorpsi dapat dilakukan secara luas pada beberapa kondisi lingkungan seperti pH, kekuatan ion dan temperatur.

#### **E. Hipotesis**

1. Penambahan selulosa akan menurunkan kadar logam berat Cu.
2. Kadar selulosa paling tinggi dapat menurunkan logam Cu secara optimal.
3. Waktu perendaman 120 menit optimal untuk menurunkan logam berat Cu.
4. Ada hubungan positif antara penambahan selulosa dan lama perendaman terhadap kadar logam berat Cu.