

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah

Penyebab terjadinya pencemaran adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air tercemar. Dalam PP No. 82/2001 Pasal 1 ayat 11 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, pencemaran air didefinisikan sebagai: “Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya”.

Limbah adalah sisa suatu kegiatan/usaha yang dihasilkan dari aktivitas-aktivitas produksi. Limbah memiliki beberapa macam jenis, penggolongan jenis limbah terbagi berdasarkan sumber, wujud dan juga senyawa kandungannya. Berikut adalah jenis-jenis limbah berdasarkan wujudnya (Salamadian, 2018):

1. Limbah Padat

Merupakan limbah yang berwujud padat dan umumnya kering. Contoh limbah jenis ini misalnya: sampah, botol bekas, botol kaca, kertas dll.

2. Limbah Cair

Merupakan limbah yang berasal dari sisa kegiatan yang berbentuk cair dan mudah larut kedalam air. Contoh limbah cair diantaranya: sisa detergen air cucian, limbah air tinja, sisa zat pewarna kain, limbah pabrik produksi tahu dll.

3. Limbah Gas

Merupakan limbah yang terdiri dari beberapa jenis senyawa kimia yang tercampur dalam gas. Contoh limbah gas: limbah nitrogen, limbah freon, limbah karbon monoksida dan limbah sulfur oksida.

4. Limbah Suara

Merupakan suatu gelombang atau bunyi yang mengganggu kenyamanan manusia, limbah jenis ini bisa berasal dari suara mesin pabrik, suara kendaraan dll.

Berdasarkan jenis limbah menurut wujudnya, limbah batik termasuk limbah cair yang dihasilkan oleh tempat industri batik. Menurut Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Pekalongan mencatat setidaknya 5 juta liter limbah setiap hari dihasilkan oleh industri batik di Pekalongan. Dari total keseluruhan limbah yang dihasilkan industri batik itu, Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) yang ada di Pekalongan baru bisa menampung 45 persennya. Sedangkan sisanya terbuang begitu saja ke sungai (Susanto, 2019). Didalam limbah batik mengandung air pewarna, logam berat, air lilin, dll.. Karena air limbah tersebut mengandung berbagai bahan berbahaya, oleh karena itu pemerintah menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (MenLH, 2014):

Tabel 2 Baku Mutu Limbah Industri Tekstil

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	60	6
COD	150	15
TSS	50	5
Fenol Total	0,5	0,05
Krom Total (Cr)	1,0	0,1
Amonia Total (NH ₃ -N)	8,0	0,8
Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
Minyak dan Lemak	3,0	0,3
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Paling Tinggi	100 m ³ /ton produk tekstil	

B. Ion Logam Cu(II)

Tembaga merupakan logam transisi (golongan I B) dengan nomor atom 29, masa atom 63,546, titik lebur 1083°C, titik didih 2310°C, berwarna kemerahan, mudah renggang, dan mudah ditempa. Bagi makhluk hidup, tembaga bersifat racun (Kundari dkk, 2008). Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : Kep-51/MENLH/10/1995 pH Cu(II) 6,0 – 9,0 (MenLH, 1995). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/Per/IV/2010 tentang kualitas air minum, kadar maksimum ion Cu(II) yang diperbolehkan adalah 2 mg/L (MenKes, 2010). Menurut peraturan menteri lingkungan hidup republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku mutu air limbah kadar ion Cu(II) yang diperbolehkan dalam limbah 2 mg/L

(MenLH, 2014). Apabila kadar ion Cu(II) melebihi ambang batas akan mengakibatkan toksisitas dalam tubuh dengan gejala muntah, diare, penyakit kuning, nyeri otot, kerusakan hati, gagal jantung, gagal ginjal, dan dapat menimbulkan penyakit Wilson. Kondisi ini terjadi ketika hati tidak mampu mengeluarkan kelebihan ion Cu(II) yang akan mengakibatkan ion logam tersebut terakumulasi dalam berbagai organ yang bisa menimbulkan kematian (Andini, 2018).

Tabel 3. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha & Kegiatan yang Belum Memiliki Baku Mutu Air Limbah Yang Ditetapkan (MenLH, 2014)

Parameter	Satuan	GOLONGAN	
		I	II
Temperatur	°C	38	40
Zat padat larut (TDS)	mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	mg/L	200	400
pH	-	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
Barium (Ba)	mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
Seng (Zn)	mg/L	5	10
Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,1	0,5
Krom Total (Cr)	mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	mg/L	2	3
Arsen (As)	mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,5	1
Fluorida (F)	mg/L	2	3
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH ₃ -N)	mg/L	5	10
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	20	30
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1	3
Total Nitrogen	mg/L	30	60
BOD ₅	mg/L	50	150
COD	mg/L	100	300
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
Fenol	mg/L	0,5	1
Minyak & Lemak	mg/L	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/100 mL	10.000	

C. Kasa *Stainless-steel*

Kasa *stainless-steel* 304-400 adalah kasa *stainless-steel* dengan jumlah komponen Cr dan Ni 8–10 % dengan ukuran 400 mesh (satu inch= 2,54 cm x 2,54 cm yang berisi 400 pori yang berarti ukuran porinya $0,0162 \text{ cm}^2 = 1,6 \text{ mm}^2$).

D. *Pretreatment* Kasa

Kasa jenis 304 ukuran 400 mesh dilakukan pretreatment dengan melakukan perendaman dalam Toluene 95% selama 12 jam untuk menghilangkan zat organik, kemudian direndam dalam HCl 15% selama 6 jam untuk menghilangkan zat anorganik. Selanjutnya direndam pada TPA-Br 0,1 M selama 12 jam untuk mengarahkan kristalisasi kerangka dalam ZSM-5 (Yusrin dkk, 2016)

E. Zeolit

Zeolit adalah kelas bahan aluminosilikat mikroporristal kristalin (<2nm), disusun dalam urutan jangka panjang oleh unit TO_4 (T = Si atau Al). Zeolit dikenal luas untuk aplikasinya di bidang-bidang tertentu seperti sorpsi, katalisis dan pertukaran ion. Baru-baru ini, penggunaannya telah diperluas ke aplikasi yang lebih luas, termasuk optik dan teknologi membran. (Mukaromah dkk, 2016)

Kerangka ZSM-5 dapat ditingkatkan dengan mengimpregnasikan katalis oksida seperti TiO_2 yang berfungsi sebagai fotokatalis karena mempunyai pita valensi (*valence band ; vb*) terisi dan pita konduksi (*conduction band ; cb*) yang kosong. Kedua pita tersebut dipisahkan oleh energi celah pita (*band gap energy ; Eg*) yang cukup tinggi, jenis *anatase* sebesar 3.2 eV dan jenis *rutile* sebesar 3.0 eV (Mukaromah dkk, 2016)

Fotokatalitik yang dikombinasikan dengan proses koagulasi/flokulasi digunakan untuk mengolah limbah yang berbeda, termasuk bubur kertas dan air limbah kertas (Rodrigues dkk, 2008 dalam de Souza dkk, 2013)

F. Titanium Dioksida

Titanium Dioksida (TiO_2) merupakan kristal yang berwarna putih dan juga salah satu logamberlimpah nomor empat di dunia setelah aluminium, besi, dan magnesium. Secara fisika titanium memiliki massa jenis yang rendah, tahan karat, memiliki biokompabilitasyang tinggi dengan tubuh sehingga dapat digunakan sebagaiproduk implan dalam tubuh. Kristal TiO_2 bersifat asam dan tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol namun larut dalam asam sulfat pekat dan asam fluorida (Supriyanto dkk, 2007 dalam Putri 2010).

Titanium Dioksida (TiO_2) merupakan suatu fotokatalis. Fotokatalis berasal dari kata katalis yang dapat diartikan sebagai suatu reaksi kimia yang memerlukan cahaya dan katalis. Efek fotokatalisis terjadi pada permukaan semikonduktor yang umum digunakan adalah TiO_2 (Chasanah dkk, 2019)

TiO_2 mempunyai beberapa keunggulan yaitu non toksik, stabil pada pH 4,5-8 dan keaktifannya ketika dikenai cahaya. TiO_2 banyak digunakan sebagai fotokatalis karena tahan korosi, aman dan harganya ekonomis (Agusty, 2012). TiO_2 dapat berfungsi sebagai fotokatalis yaitu mempercepat reaksi yang diindikasikan oleh cahaya karena mempunyai struktur semikonduktor yaitu struktur elektronik yang dikarakterisasi oleh adanya pita valensi (valence band ; vb) terisi dan pita konduksi (conduction band ; cb) yang kosong. Kedua pita tersebut dipisahkan oleh energi celah pita (band gap energy ; E_g). E_g Ti O_2 jenis *anatase* sebesar 3.2 eV dan jenis *rutile* sebesar 3.0 eV, sehingga jenis *anatase* lebih foto reaktif dari pada jenis *rutile* (Mukaromah dkk., 2016)

G. Biji Kelor

Klasifikasi tanaman kelor (*Moringa oleifera*) adalah sebagai berikut:(Hidayat, 1991 dalam Aminah, dkk. 2015)

Gambar 1 Buah & Biji Kelor



Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angeospermae
Klas : Dicotyledoneae
Ordo : Brassicales
Familia : Moringaceae
Genus : Moringa
Spesies : *Moringa oleifera*

Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu jenis tanaman tropis yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Tanaman kelor merupakan tanaman perdu dengan ketinggian 7-11 meter dan tumbuh subur mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 700 m di atas permukaan laut. Kelor dapat tumbuh pada daerah tropis dan subtropis pada semua jenis tanah dan tahan terhadap musim kering dengan toleransi terhadap kekeringan sampai 6 bulan (Mendieta-Araica dk, 2013 dalam Rustiah dkk 2018)

Buah kelor berbentuk panjang dan segitiga dengan panjang sekitar 20-60 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan berubah menjadi coklat ketika tua. Biji kelor berbentuk bulat, ketika muda berwarna hijau terang dan berubah berwarna coklat kehitaman ketika polong matang dan kering dengan rata-rata berat biji berkisar 18 – 36 gram/100 biji. Buah kelor akan menghasilkan biji yang dapat dibuat tepung atau minyak sebagai bahan baku pembuatan obat dan kosmetik bernilai tinggi. Selain itu biji kelor dapat berfungsi sebagai koagulan dan penjernihan (Aminah dkk, 2015)

Kemampuan memperbaiki kualitas air disebabkan oleh kandungan protein yang cukup tinggi pada biji sehingga mampu berperan sebagai koagulan terhadap partikel-partikel penyebab kekeruhan air. Koagulasi merupakan proses yang memanfaatkan ion-ion, dimana mempunyai muatan berlawanan dengan muatan koloid yang terdapat dalam limbah cair, sehingga meniadakan kestabilan ion. Prinsip dasar proses koagulasi adalah terjadinya gaya tarik menarik antara ion-ion negatif disuatu pihak dengan ion-ion positif di pihak lain. Yang bertindak sebagai ion negatif adalah partikel-partikel yang terdiri dari zat-zat organik

(partikel koloid), mikroorganisme dan bakteri (Bangun, 2013 dalam Rustiah dkk, 2018)

Protein pada biji kelor mengandung tiga asam amino yang sebagian besar merupakan asam glutamat, metionin, dan arginin. Protein biji kelor protein inilah yang berperan sebagai koagulan partikel-partikel penyebab kekeruhan (Akbar dkk, 2015). Konsentrasi protein dari biji kelor (biji dalam kotiledon) sebesar 147.280 ppm setiap 1 gram biji kelor (Khasanah dkk, 2008 dalam Aminah dkk, 2015).

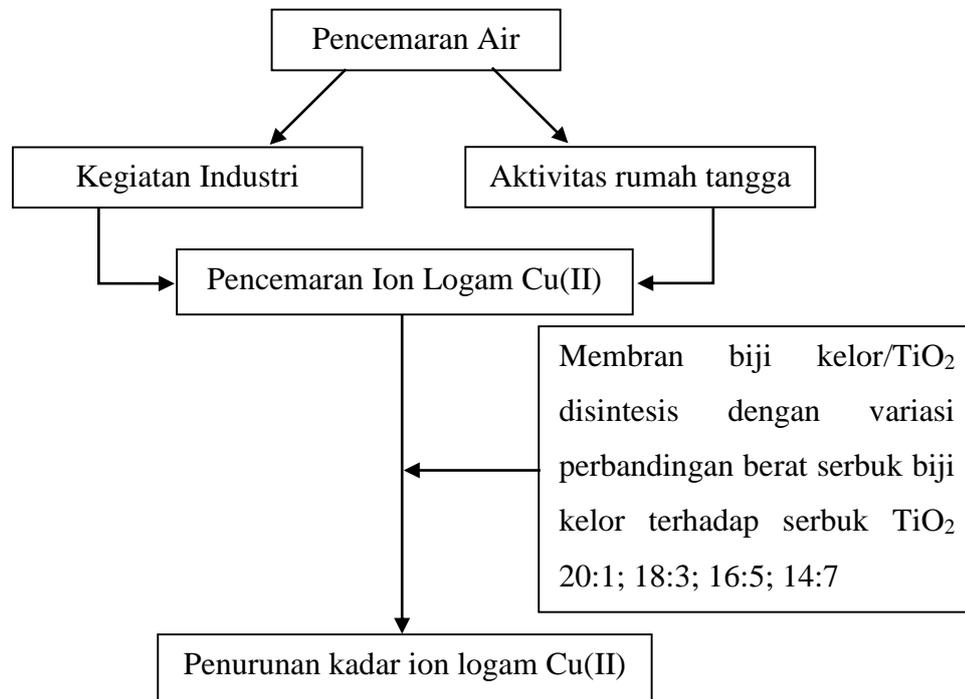
Tabel 4. Kandungan pada biji kelor per 100 g

Komponen	Jumlah
Kadar air (%)	3.11
Protein (g)	32.19
Lemak (g)	32.40
Serat (g)	15.87
Mineral (g)	5.58
Kalori (Kcal/100g)	15.96

Zat aktif yang berperan sebagai koagulan yang terdapat pada biji kelor yaitu *4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate* yang terkandung dalam biji kelor. Zat aktif ini mampu mengadsorpsi partikel-partikel air limbah. Dengan perubahan bentuk menjadi yang lebih kecil, maka zat aktif dari biji kelor tersebut akan semakin banyak, karena luas permukaan biji kelor semakin besar (Bangun, 2013 dalam Rustiah dkk, 2018)

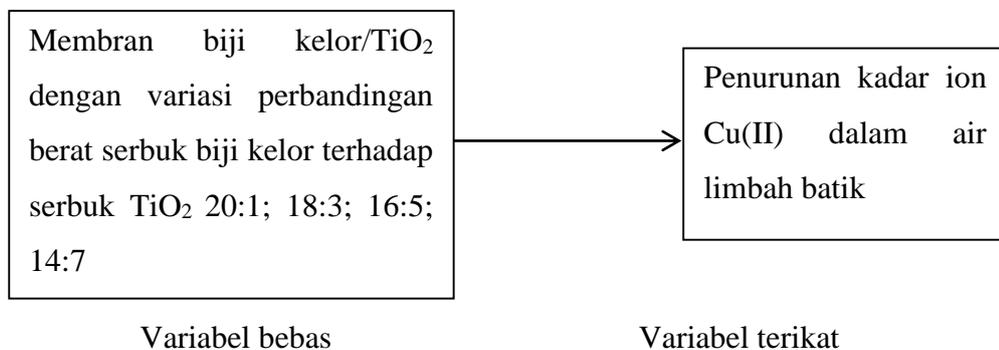
Kelebihan biji buah kelor sebagai koagulan dibanding koagulan kimia yang biasa digunakan adalah kemampuannya untuk mengendapkan berbagai ion logam terlarut dan bakteri-bakteri berbahaya disamping mudah diperoleh di lingkungan sekitar. (Sutanto dkk, 2006)

H. Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka Teori

I. Kerangka Konsep



Variabel bebas

Variabel terikat

Gambar 3. Kerangka Konsep

J. Hipotesis

Ha : Adanya manfaat penggunaan serbuk biji kelor sebagai pengganti ZSM-5 dalam pembuatan membran serbukbiji kelor/TiO₂ sebagai solusi penanganan pencemaran ion logam Cu(II) dalam air limbah batik.