

## BAB II LANDASAN TEORI

### A. TINJAUAN PUSTAKA.

#### 1. Logam Berat.

Berdasarkan sifat unsur logam berat dapat dibedakan menjadi dua yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial adalah logam berat merupakan logam berat yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah mikro seperti seng (Zn), besi (Fe), tembaga (Cu), kobalt (Co) dan mangan (Mn), sedangkan logam berat yang non esensial bersifat racun diantaranya adalah kromium (Cr), timbal (Pb), air raksa (Hg), perak (Ag).

Logam berat merupakan kelompok logam yang bersifat toksik dan keberadaannya ditemukan di alam dan bentuk kimianya dapat berubah oleh pengaruh fisikokimia, biologis atau akibat aktivitas manusia. Toksisitasnya dapat berubah drastis bila bentuk kimianya berubah. Umumnya logam bermanfaat bagi manusia karena penggunaannya dalam bidang industri, pertanian atau kedokteran (Frank, 2006). Logam berat adalah logam yang memiliki berat jenis lebih dari 5 atau 6 gr/cm<sup>3</sup> dan beberapa unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya. Beberapa jenis logam berat yang telah mencemari lingkungan hidup adalah kromium (Cr), tembaga (Cu), seng (Zn), timbal (Pb), air raksa (Hg), perak (Ag), nikel (Ni), kobalt (Co), seng (Zn) dan kadmium (Cd).

Kandungan logam di dalam limbah cair industri yang akan dilakukan penelitian adalah logam kromium (Cr) dan timbal (Pb).

#### a. Logam berat Kromium (VI)

Dilaporkan bahwa jumlah kromium tahunan masuk ke lingkungan dari aktivitas industri dan manufaktur hampir 170.000 ton. (Gadd & White, 1993). Tingkat maksimum kadar kromium total dalam air minum diatur sebagai 0,05 mg / L, oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2011). Kromium terdapat dalam keadaan oksidasi mulai dari -2 sampai +6. Namun, hanya kromium trivalen (Cr (III)) dan hexavalent kromium (Cr (VI)) yang dominan di lingkungan. Di lingkungan alami, Cr (III) paling tidak aktif, kurang mudah larut dan stabil, sedangkan Cr(VI) sangat aktif, mudah larut dan tersedia secara hayati (Choppala *et al.*, 2013).

Kromium merupakan logam berat, biasanya terdapat dalam dua keadaan oksidasi yaitu Cr (III) dan Cr (VI) dua spesies tersebut mempunyai perbedaan dalam hal sifat kimia, bioavailabilitas dan toksisitas. Kromium stabil pada keadaan valensi 3 Cr (III) dan valensi 6 Cr (VI) (Habiba *et al.*, 2017, Chen *et al.*, 2015). Kromium Cr (III) nutrisi esensial yang sangat penting untuk metabolisme gula dan beberapa reaksi enzim ([www.ehs.ucdavis.edu/enviro](http://www.ehs.ucdavis.edu/enviro)), sedangkan kromium Cr (VI) sangat beracun, sangat aktif dalam air dan bersifat karsinogenik, kromium Cr (VI) dalam bentuk kromat maupun dikromat sangat toksik yaitu dapat menyebabkan kanker kulit dan saluran pernafasan (Sheng *et al.*, 2016). Kromium mempunyai nomor atom 24, massa atom 51,996, massa jenis 7,19 g/ml, titik didih 2665 °C dan titik leleh 1875 °C (Palar, 1994).

#### **b. Logam berat Timbal (Pb)**

Timbal merupakan logam berat, yang mempunyai nomor atom (Z) 82 berada di golongan IV A dan periode 6 dalam tabel periodik unsur, mempunyai massa atom standar 207,2 dengan *fase solid*. Logam timbal mempunyai massa jenis 11,34 g/ml, titik lebur sebesar 327,46°C dan titik didih yang tinggi yaitu 1749°C. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh melalui konsumsi makanan, minuman dan udara dengan batas maksimum sebesar 400 µg/Liter (DepKes, 2001). Logam timbal bersifat toksik atau beracun dan berbahaya. Banyak ditemukan logam timbal sebagai pencemar dan mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan. Logam bisa masuk ke dalam perairan berasal dari limbah buangan industri kimia, industri percetakan, industri yang menghasilkan logam dan cat (Yulaipi, 2013).

Timbal (Pb) salah satu logam berat yang paling beracun dan bermasalah pada sistem perairan apabila masuk dalam tubuh manusia akan berdampak pada kesehatan manusia meliputi kerusakan ginjal, penghambatan pembentukan hemoglobin, kemandulan dan keterbelakangan mental (Mudipalli, 2007). Logam timbal ini banyak didapat dari hasil penambangan timah hitam, pertanian, pengkilap keramik, dan pembuatan batu baterai. Emisi timbal diudara dapat berbentuk gas dan partikel. Emisi gas biasanya berasal dari buangan kendaraan bermotor. Timbal maksimal pada manusia LDLo *oral* sebesar 714 mg/kg. TDLo *intravenous* pria sebesar 71 mg/kg. Timbal dapat masuk dalam manusia dengan cara terhirup dan menyebabkan iritasi pada bronkus paru-paru, kontak dengan kulit menyebabkan iritasi, kontak mata menyebabkan abrasi (POM RI, 2012).

## 2. Pengolahan Logam Berat.

Setiap industri dipastikan mempunyai produk samping berupa limbah industri dan jika tidak diolah dengan baik akan menjadi penyebab munculnya permasalahan di lingkungan, secara umum karakteristik limbah cair industri meliputi karakteristik fisika dan kimia meliputi berikut.

- a. Karakteristik fisika yang terdiri atas warna, bau dan zat padat tersuspensi (TSS).
- b. Karakteristik kimia yang terdiri atas bahan organik, anorganik, fenol, sulfur, pH, logam berat, senyawa racun (nitrit) dan gas. ( Mulyadi, 2009)

Limbah cair industri yang berasal dari proses produksi industri mulai dari awal sampai dengan akhir proses diperkirakan banyak menggunakan bahan kimia yang mengandung logam-logam berat seperti kromium (Cr), tembaga (Cu), seng (Zn), timbal (Pb), perak (Ag), nikel (Ni), kobalt (Co), seng (Zn) dan kadmium (Cd), sehingga limbahnya mengandung limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun). Industri pelapisan logam (*electroplating*) merupakan salah satu industri yang berperan menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat antara lain Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb dan Zn, sedangkan logam berat yang memiliki tingkat toksitas tinggi terutama Cd, Cr, Ni, Pb dan Zn. Penanganan limbah cair yang mengandung logam berat perlu dikelola dengan baik supaya tidak menimbulkan pencemaran, kerusakan lingkungan dan resiko keracunan bagi makhluk hidup. Efek logam berat dapat berpengaruh langsung kepada lingkungan melalui akumulasi pada rantai makanan walaupun konsentrasi sangat rendah (Fahmiati, 2004). Untuk mencegah dan mengendalikan limbah logam berat masuk ke dalam lingkungan khususnya dari usaha dan atau industri maka limbah logam berat wajib dikenakan perlakuan secara fisika ( *Primary Treatment* ) perlakuan biologis ( *Secondary Treatment* ) maupun perlakuan kimiawi ( *Tertiary Treatment* ), kombinasi dari perlakuan diatas akan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengurangan limbah logam berat di lingkungan.

Pemerintah Republik Indonesia dalam hal untuk pelestarian fungsi lingkungan hidup telah mengeluarkan Peraturan Pemerintah Nomor : 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, maka perlu dilakukan upaya pengendalian terhadap usaha dan/atau kegiatan yang berpotensi mencemari lingkungan hidup khususnya pencemaran logam berat, untuk pemerintah daerah Jawa Tengah telah ditetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah,

dengan menimbang meningkatnya teknologi pengelolaan air limbah dan perkembangan peraturan perundang undangan maka dilakukan perubahan dengan ditetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 2. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas.

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Fisika						
Tempelatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alaminya
Residu Terlarut	mg/ L	1000	1000	1000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvesional, residu tersuspensi □ 5000 mg/ L
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	
Kimia anorganik						
Ph		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	Angka batas minimum
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka 0,02 mg/L sebagai NNH3
NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Krom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	

Lanjutan Tabel 2.

Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu □ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe □ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb □ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn □ □ mg/L
Khlorida	mg/l	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO <sub>2</sub> N □ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak Diperkirakan
Belereng sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H <sub>2</sub> S <0,1 mg/L

( Peraturan Pemerintah Nomor : 82 tahun 2001)

Keterangan :

mg= miligram      L = liter  
 ug= mikrogram      Bq = Bequerel  
 ml= milite

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM= Air Baku untuk Air Minum

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum. *commit to user*



Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan, Tanda □ adalah lebih kecil atau sama dengan, Tanda < adalah lebih kecil

Untuk wilayah propinsi Jawa Tengah pemerintah telah menetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah, dengan menimbang meningkatnya teknologi pengelolaan air limbah dan perkembangan peraturan perundang undangan maka dilakukan perubahan dengan ditetapkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Air limbah cair industri pelapisan logam adalah .sisa dari suatu usaha dan / atau kegiatan industri pelapisan logam yang berwujud cair yang apabila dibuang ke lingkungan menurunkan kualitas lingkungan ( Perda Jateng, 2012 ).Baku mutu untuk limbah cair pelapisan logam adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Baku mutu limbah cair pelapisan logam

No	Parameter	Kadar Maximum (mg/L)	Beban Pencemaran Maximum (g/kg bahan pelapis )
1.	TSS	20	0,40
2.	Sianida (CN)	0,2	0,004
3.	Krom total	0,5	0,010
4.	Khrom (Cr <sup>+6</sup> )	0,1	0,002
5.	Tembaga (Cu)	0,6	0,012
6.	Seng (Zn)	1,0	0,020
7.	Nikel (Ni)	1,0	0,020
8.	Kadmium (Cd)	0,05	0,001
9.	Timbal (Pb)	0,1	0,002
10.	pH	6,0 - 9,0	
11.	Debit Maksimum	20 L/kg bahan pelapis	

(Peraturan daerah Jawa Tengah No: 5 tahun 2012)

Catatan :

- Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
- Beban pencemaran maksimum setiap parameter pada tabel diatas dinyatakan dalam gram parameter perkilogram bahan pelapis logam.

### 3.Adsorpsi.

#### a. Pengertian Adsorpsi.

Adsorpsi merupakan proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben, perpindahan massa terjadi melewati batas antara dua fasa yaitu yaitu cair-padat dan gas-padat. Adsorpsi merupakan suatu fenomena permukaan, yaitu terjadinya penambahan konsentrasi komponen tertentu pada permukaan antara dua fase. Adsorpsi dapat dibedakan menjadi adsorpsi fisis (*Physical Adsorption*) dan adsorpsi Kimia (*Chemical Adsorption*).

Metode adsorpsi ini sangat tergantung pada luas permukaan adsorben, karena permukaan adsorben tersebut sangat berguna untuk menarik partikel partikel gas atau cairan (Nurdila, 2015). Adsorpsi merupakan metode yang paling sering dipakai, metode ini merupakan metode paling banyak digunakan untuk penyerapan logam kromium Cr (VI) karena efisien, sederhana, murah dan mempunyai selektivitas yang tinggi (Soliemanzadeh and Fekri, 2017; Mystrioti *et al.*, 2016). Metode adsorpsi umumnya merupakan interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada permukaan adsorben melalui interaksi pembentukan kompleks dan terjadi pada permukaan padatan yang kaya gugus fungsional –OH, –NH, –SH dan –COOH (Stum dan Morgan, 1996), secara mekanisme molekul-molekul adsorben berpindah kepermukaan menuju *exterior surface* dan molekul-molekul adsorbat bergerak dari permukaan luar ke pori-pori adsorben secara difusi pori dan menempel ke pori, pada umumnya adsorpsi ion logam pada permukaan adsorben adalah adsorpsi fisik dengan ikatan sekunder gaya Van der Waals. Arang aktif merupakan adsorben yang baik dan dapat digunakan untuk pemurnian, menghilangkan warna dan bau, deklorinasi, penyaringan, pemisahan dan dapat digunakan sebagai katalis ( Banssal *et al.*, 1988)

## b.Persamaan Isotermal Freundlich dan Langmuir.

Ada tiga pola persamaan adsorpsi *isoterm* yaitu *isoterm* Langmuir, Freundlich dan BET (*Brunauer, Emmet dan Teller*). Oleh karena adsorpsi molekul atau ion pada permukaan padatan umumnya terbatas pada lapisan satu molekul (*monolayer*) maka adsorpsi tersebut mengikuti persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich (Handayani,2009). Peristiwa adsorpsi banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain luas permukaan, sifat fisik dan kimia adsorben, jenis adsorbat, temperatur dan pengadukan.

### 1).Persamaan Freundlich

Isoterm adsorpsi Freundlich adalah hubungan empiris antara konsentrasi zat terlarut pada permukaan adsorben dengan konsentrasi zat terlarut dalam cairan. Penerapan prinsip isoterm adsorpsi ini digunakan antara lain untuk penghilangan warna larutan (*decolorizing*) dengan menggunakan batu apung (*charcoal*) dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi. Pada tahun 1909, Herbert Freundlich menyatakan bahwa representasi isoterm adsorpsi cukup memuaskan dijelaskan bahwa jika  $y$  adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan  $c$  adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan Freundlich sebagai berikut .

$$X_m / m = k.C^{1/n} \quad (1)$$

$$\text{Log} (X_m / m) = \text{log } k + 1/n . \text{log } C \quad (2)$$

Keterangan :

$X_m$  = berat adsorbat (zat yang diadsorpsi)

$m$  = berat adsorben

$C$  = konsentrasi zat

Kemudian  $k$  dan  $n$  adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Pada tekanan tinggi  $1/n = 0$  maka tingkat adsorpsi tidak tergantung pada tekanan. Bila dibuat kurva  $\text{log} (X_m / m)$  terhadap  $\text{log } C$  akan diperoleh persamaan linear dengan intersep  $\text{log } k$  dan kemiringan  $1/n$ , sehingga  $k$  dan  $n$  dapat dihitung.



## 2).Persamaan Langmuir

Tipe adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Adsorpsi fase padat-cair pada umumnya mengikuti model *isotherm* Freundlich dan Langmuir. Persamaan Langmuir dapat menjelaskan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal /*monolayer/single layer* adsorbat di permukaan adsorben, dalam isotherm langmuir digunakan asumsi bahwa permukaan hanya dapat menampung adsorbat pada lapisan tunggal

Teori Langmuir diusulkan berdasarkan lima asumsi, yaitu berikut.

1. Jumlah situs kosong untuk adsorpsi tersedia pada permukaan padat.
2. Jumlah situs kosong untuk adsorben mempunyai ukuran dan bentuk sama.
3. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul gas sama.
4. Adsorpsi terjadi pada lapisan *monolayer*..
5. Molekul gas yang teradsorpsi terlokalisasi, artinya mereka tidak bergerak pada permukaan.

Persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut.

$$X_m / m = \frac{a \cdot C}{1 + b \cdot c} \quad (4)$$

$$1 + b \cdot c \quad (5)$$

$$m \cdot c / X_m = 1/a + (b/a) \cdot C \quad (6)$$

Dengan membuat kurva  $m \cdot c / X_m$  terhadap  $C$  diperoleh persamaan dengan intersep.

$1/a$  dan kemiringan  $(b/a)$ , sehingga nilai  $a$  dan  $b$  dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai  $a$  dan  $b$  menunjukkan daya adsorpsi.

## 4.Ampas tebu

Ampas tebu adalah limbah dari proses pemerahan atau ekstraksi dari batang tebu untuk pembuatan gula yang diolah oleh industri dengan produk utamanya adalah gula. Batang tebu yang proses ekstraksi dengan di giling ( *Roll Mill* ) memberikan sisa berupa ampas tebu atau bagas ( *baggase* ) sebanyak 35-40 % dari berat tebu yang digiling dan nira. Ampas tebu memiliki sifat fisik berwarna putih kekuningan, berserat dan lunak, pada umumnya akan dijadikan bahan bakar di industri itu sendiri atau langsung

dibuang. Ampas tebu dalam industri biasanya dipakai untuk bahan bakar ketel uap untuk memanaskan di alat penukar panas, evaporator dan kristaliser dan lain lain.

Komposisi ampas tebu sangat memungkinkan untuk digunakan untuk karbon aktif karena terdapat kandungan karbon yang cukup besar didalamnya. Bahkan ampas tebu tanpa dibuat arang aktif mampu untuk menyerap ion logam berat seperti seng, kadmium, tembaga dan timbal dengan efisien (Kaur *et al*, 2008).

**Tabel 4. Komposisi Penyusun Ampas Tebu**

Komponen	% Berat
Ampas Tebu Basah	
Serat Sellulase	25 – 40
Air	40 – 55
Gula	6 – 10
Albuminoid dan getah	0,1 – 0,15
Ampas Tebu Kering	
Hidrogen	5,5 – 6,6
Oksigen	45 – 49
Carbon	43 – 47
Abu	1,5 – 3

Sumber : Andaka, 2011.

Ampas tebu ini sendiri dapat diolah menjadi adsorben yang mempunyai nilai ekonomi dan fungsi lebih tinggi dan luas, karbon aktif ampas tebu dapat dikatakan mempunyai keefektifitasan yang baik, karena adsorben ampas tebu dapat menurunkan kadar logam yang ada di lingkungan. Karbon aktif dari ampas tebu menunjukkan kemampuan adsorpsi dengan menurunkan kadar logam timbal sebesar 95,92% dengan kapasitas penyerapan 0,3940 mg/g, dan kadar kadmium menurun sebesar 59,98% dengan kapasitas penyerapan 0,4096 mg/g dan logam Cu sebesar 92,85% dengan kapasitas penyerapan 0,026 mg/g (Apriliani, 2010 ). Peneliti lain juga melaporkan bahwa Kumari (2017) ampas tebu dapat menyerap sebesar 98,85% kadmium dan 94,67% zink ( Kumari, 2017) dan pemodelan dari ampas tebu untuk adsorpsi telah diteliti dengan cara *fixed bed* untuk mengadsorpsi cairan yang telah terpapar fenol dengan penyerapan 35,71 mg/g (Karunarathne, 2013), ini membuktikan bahwa ampas tebu salah satu adsorben yang baik untuk menyerap ion logam.

## 5. Nanopori Karbon Aktif

### a. Serbuk nanopori karbon aktif

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. (Walas,1990). Karbon aktif yang baik haruslah memiliki luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga akan besar (Sudibandriyo *et al*, 2003). Karbon aktif nanopori sering digunakan untuk material penyimpanan energi disebabkan oleh karena luas permukaannya yang sangat besar, stabil, mudah terpolarisasi dan murah. Karbon berpori secara fisik terdiri dari bahan padat yang berisis karbon dan rongga kosong/pori (Yang *et al*,2008).

Tabel 5. Standar Mutu Karbon Aktif menurut SNI-06-3730-1995

Uraian	Syarat Kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar zat terbang (%)	Maks 15	Maks 25
Kadar air (%)	Maks 4,5	Maks 15
Kadar abu (%)	Maks 2,5	Maks 10
Bagian tak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I <sub>2</sub> (mg/g)	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni (%)	Min 80	Min 65
Daya serap terhadap benzene (%)	Min 25	-
Daya serap terhadap biru metilena (mg/g)	Min 60	Min 120
Bobot jenis curah (g/ml)	0,45 – 0,55	0,3 – 0,35
Losos mesh	-	Min 90
Jarak mesh (%)	90	-
Kekerasan (%)	80	-

Sumber : BSN RI 1995

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Pada proses aktivasi juga terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan. Karbon aktif terdiri dari 87 – 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif biasanya lebih besar dari 0,2 cm<sup>3</sup>/gram dan bahkan terkadang melebihi 1 cm<sup>3</sup>/gram. Luas permukaan internal karbon aktif yang

telah diteliti umumnya lebih besar dari 500 m<sup>2</sup>/gram dan bisa mencapai 1908 m<sup>2</sup>/gram. Proses pembuatan karbon aktif dibedakan menjadi 2, yaitu metode langsung dan tidak langsung. Pada metode langsung, bahan dasar dibentuk sesuai ukuran yang diinginkan kemudian akan melalui proses karbonisasi serta aktivasi, lalu produk yang didapatkan kemudian disaring. Metode langsung ini biasa dipakai untuk karbon aktif yang berbahan dasar tempurung kelapa, batu bara yang relatif padat, dan bahan dasar lainnya yang digunakan untuk membuat karbon aktif yang berbentuk serbuk atau *Powdered Activated Carbon (PAC)*. Metode tidak langsung digunakan untuk karbon aktif yang berbahan dasar batu bara muda, *peat*, serta *petrol coke*. Untuk karbon aktif dengan bahan dasar seperti ini diperlukan proses *reconstitution* dan *pretreatment* selain proses-proses pada metode di atas. Pada karbon aktif yang berbahan dasar batu bara muda, diperlukan proses *pretreatment* untuk mengontrol kehilangan pori-pori kecil selama proses karbonisasi yang disebabkan karena adanya *sweeling* dan *softening* dari batu bara tersebut (Sontheimer, 1985). Dengan alat sonikator getaran fisik yang memanfaatkan gelombang ultrasonik diarahkan kepada suatu zat dengan getaran kejut akan membuat partikel menjadi lebih kecil dan homogen. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal yang tidak dapat didengar oleh telinga manusia karena memiliki frekuensi tinggi, tetapi dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas (Zhou & Luo., 2009). Berbagai penelitian banyak memanfaatkan teknologi sonikasi untuk berbagai bidang, untuk dibidang kimia dimanfaatkan untuk sintesis, proses pertumbuhan, karakterisasi dan aplikasi pencucian adsorptif dengan bantuan ultrasonik (Abraham *et al.*, 2018). Sonikasi juga dapat digunakan untuk banyak kepentingan untuk produksi nanopartikel, seperti nano emulsi (Peshkovsky *et al.*, 2013), nano kristal (Maatta *et al.*, 2014) dan produksi *biofuel* (Al Emam *et al.*, 2016) dan masih banyak lagi.

#### **b. Tablet nanopori karbon aktif**

Serbuk nanopori karbon aktif sebagai bahan utama adsorpsi dapat untuk dijadikan dalam bentuk tablet. Karena merupakan salah satu sediaan yang dibuat dengan cara pengempaan bahan aktif/utama dan pendukung lainnya.

Menurut ansel, 2008 bentuk tablet memiliki beberapa keunggulan antara lain berikut.

1. Tablet dapat di produksi dalam jumlah besar dengan kecepatan produksi sangat tinggi sehingga lebih murah. *commit to user*

2. Memiliki ketepatan dosis tiap tablet.
3. Praktis dan mudah dibawa kemana mana
4. Lebih stabil dan tidak mudah ditumbuhi mikroba karena dalam bentuk kering dengan kadar air rendah.
5. Mudah dalam penempatan dan transportasi

Serbuk nanopori karbon aktif ampas tebu sebagai bahan utama dapat dikembangkan menjadi adsorben dalam bentuk tablet dengan beberapa campuran yaitu Poli Vinil Alkohol (PVA), Bentonit, HCl dan etanol. Granul hasil pencampuran bahan bahan tersebut dikeringkan dan dicetak menjadi tablet adsorben nanopori ampas tebu. Tablet yang sudah terbentuk dilakukan uji untuk nilai kekerasan tablet, uji nilai kerapuhan dan kekutan tidak larut dalam air statis. Uji kerapuhan tablet adalah parameter lain dari ketahanan tablet dalam menahan pengikisan dan guncangan. Ukuran untuk menentukan kerapuhan adalah % bobot yang hilang selama pengujian, nilai kerapuhan diatas 1 % menunjukkan tablet dianggap rapuh dan kurang baik (Banker dan Anderson,1994) alat yang digunakan untuk mengukur kerapuhan tablet adalah *Friability*. Untuk mengukur kekerasan suatu tablet digunakan alat yaitu *Hardness tester* sedangkan parameter kekerasan tablet menggambarkan ketahanan tablet dalam melawan mekanik seperti guncangan. Faktor yang mempengaruhi kekerasan tablet adalah tekanan kompresi dan sifat bahan yang dikempa. Ukuran kekerasan untuk tablet 4-8 kg (Parrott,1980). Sedangkan waktu larut tablet adalah waktu yang dibutuhkan untuk larutnya tablet dalam media yang sesuai sehingga tidak ada bagian tablet yang tersisa. tablet akan mengalami deagregasi berupa hilangnya kohesi granul agar dapat melepaskan obatnya yang menghasilkan dispersi komponen penyusun dalam partikel partikel halus (Fudholi,1993). Untuk tablet nanopori ampas tebu ukuran kekerasan, kerapuhan dan daya larut harus diatas ketentuan diatas karena tidak digunakan untuk konsumsi manusia tetapi untuk mengatasi limbah cair logam berat yang pencemaran lingkungan.



## 6. Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan metode untuk melakukan pembersihan, penghilangan atau mengurangi polutan berbahaya seperti logam berat, pestisida dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan tanaman (Suhendrayatna,2001). Tanaman yang dapat digunakan untuk keperluan fitoremediasi harus dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi polutan dengan mekanisme yang sama. Untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan pada penelitian fitoremediasi Youngman (1999) menentukan bahwa tanaman harus memiliki sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah banyak pada waktu yang singkat, mampu meremediasi lebih dari satu polutan dan toleransi yang tinggi terhadap polutan. Tidak semua tanaman bisa digunakan sebagai proses fitoremediasi dikarenakan tidak semua tanaman dapat melakukan akumulasi, metabolisme dan volatilisasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Indonesia mempunyai kekayaan hayati yang sangat luar biasa dari sisi jumlah dan jenisnya, sehingga bisa dengan mudah untuk mendapatkan tanaman hiperakumulator. Kelebihan metode fitoremediasi sebagai berikut. prosesnya dapat dilakukan insitu yaitu pelestarian alam dalam habitat aslinya dan eksitu yaitu pelestarian diluar habitatnya dengan perlakuan tertentu (*transplan experiment*), mudah diterapkan, tidak butuh biaya tinggi, teknologi ramah, memberikan estetika bagi lingkungan dan dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah besar. Tetapi fitoremediasi juga memiliki kelemahan yaitu berupa waktu relatif lama untuk waktu proses, terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomassa tumbuhan dan mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Caroline dan Moa,2015).

### a. Mekanisme Fitoremediasi

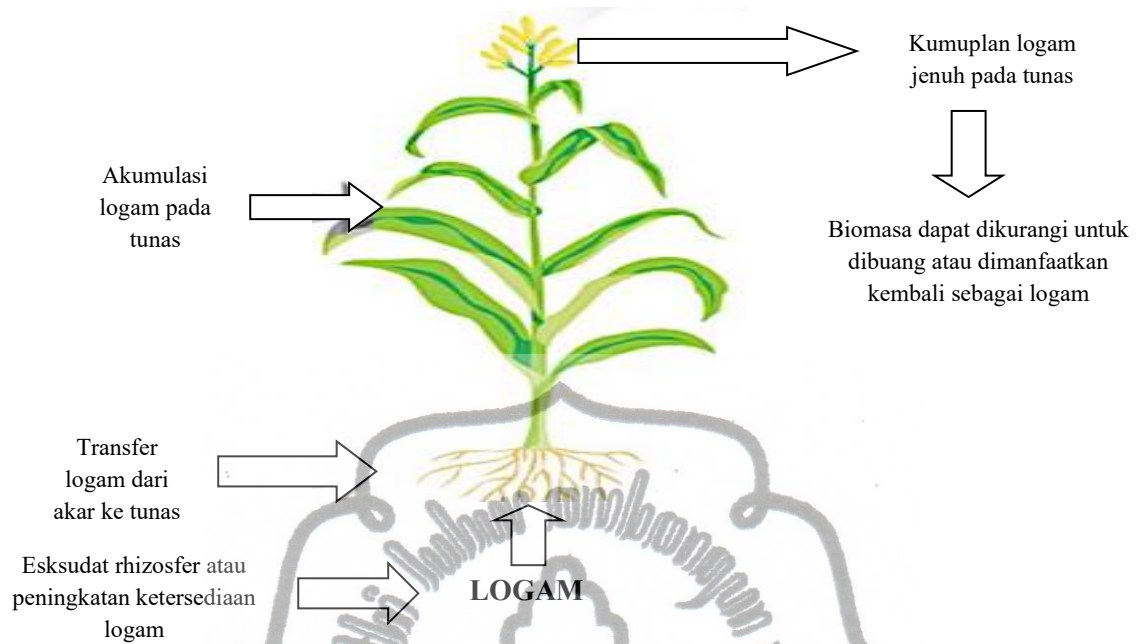
Untuk meningkatkan keefektifan berbagai bentuk proses pada fitoremediasi tanaman, penting untuk memahami dan mendalami proses biologis yang terlibat dalam fitoremediasi (Pilon-Smits & Freeman, 2006). Menurut Haryanti (2007) mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat pada tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan yaitu : pertama Penyerapan oleh akar, logam harus dibawa terlebih dahulu ke dalam larutan disekitar akar (*rhizosfer*) senyawa senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan tanah, kedua translokasi ~~ed~~ logam ~~to~~ dari akar ke bagian tanaman lainnya

berlangsung setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (*xilem* dan *floem*) ke bagian tanaman lainnya, ketiga Lokalisasi logam pada sel dan jaringan, bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme, sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam didalam organ tertentu seperti akar.

Penyerapan bahan polutan anorganik seperti logam berat pada tanaman pada proses fitoremediasi mengikuti mekanisme sebagai berikut. fitoekstraksi, fitofiltrasi dan fitostabilisasi sedangkan untuk senyawa organik dan *xenobiotic* mekanismenya adalah fitotransformasi, rizodegradasi dan fitovolatilisasi (Tahir *et al.*, 2015). Pada umumnya mekanisme penyerapan polutan anorganik termasuk senyawa logam berat sebagai berikut.

### 1) Fitoekstraksi

Teknik fitoekstraksi atau fitoakumulasi ini menggunakan kemampuan yang dimiliki tanaman untuk melakukan ekstrak logam dalam konsentrasi besar kedalam akar tanaman dan mengumpulkan logam atau pencemar ke jaringan tanaman (Nwoko, 2010). Teknik fitoekstraksi ini juga dikenal sebagai teknik fitoakumulasi, fitoadsorpsi yang terdiri dari logam naik dari tanah atau air oleh akar tanaman dan translokasi dan akumulasinya di biomassa tanah di atas (Ali *et al.*, 2013; Sekara *et al.*, 2005; Yoon *et al.*, 2006). Teknik fitoekstraksi ini adalah teknik fitoremediasi yang utama dan yang paling banyak digunakan untuk menghilangkan logam dan metaloida dari polusi tanah, air meski efisiensinya sangat bergantung pada banyak faktor seperti bioavailabilitas logam, tanah, jenis logam, jenis tanaman dan terutama konsentrasi logam dan biomasa (Ali *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2010). Tumbuhan mempunyai kemampuan untuk menyerap ion-ion dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Fitoekstraksi dapat melakukan penyerapan logam berat seperti Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb dan Zn didalam tanah oleh akar tumbuhan dan mengakumulasi polutan ke bagian tanaman seperti akar, batang, daun.



Gambar 1. Fitoekekstraksi diadaptasi dari Nascimento *et al.*, (2006)

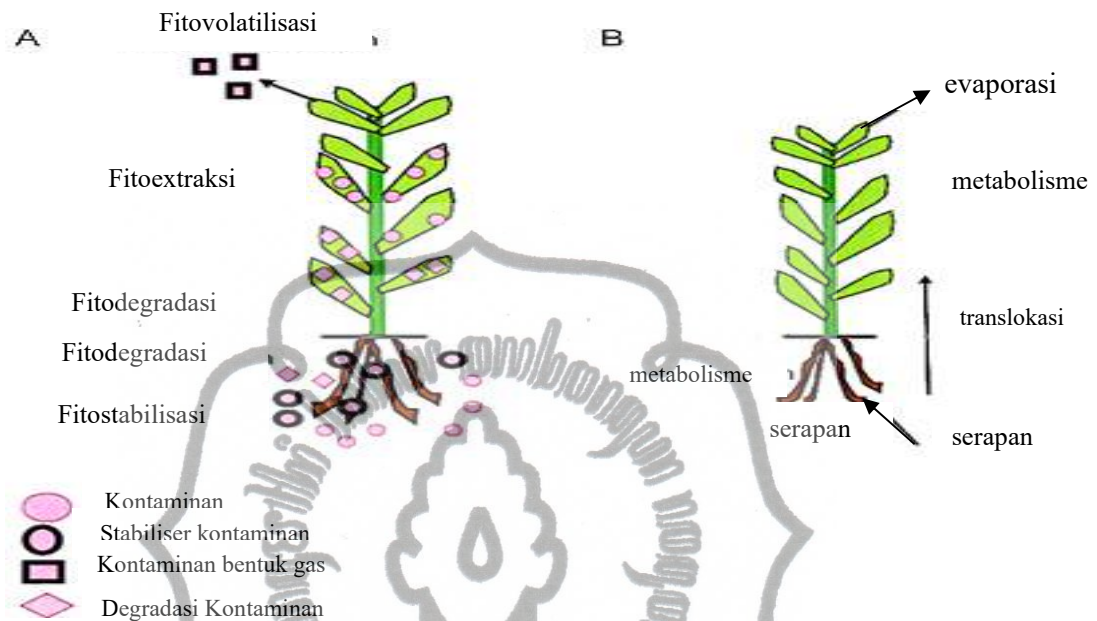
## 2) Fitofiltrasi

Penggunaan biomasa tanaman untuk keperluan penyerapan dikenal dengan nama fitofiltrasi, adapun dasar pemikiran dari fitofiltrasi adalah penggunaan tumbuhan yang telah mati untuk penyerapan ion logam (Gamez *et al.*, 1999). Metode penggunaan biomasa ini efektif didalam mengikat ion logam baik ionik maupun kationik. Proses fitofiltrasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah pH larutan dan waktu kontak. Efisiensi fitofiltrasi optimum untuk ion logam kationik pada pH 5-6 dan untuk ion logam anionik pada pH 2 (Dokken *et al.*, 1996).

Fitofiltrasi dapat dikategorikan sebagai rhizofiltrasi dikarenakan menggunakan akar tanaman untuk melakukan adsorpsi, dan juga sebagai blastofiltrasi dikarenakan penggunaan bibit tanaman (Sarma, 2011). Blastofiltrasi mengambil keuntungan dengan mendapatkan peningkatan dramatis permukaan terhadap volume yang terjadi setelah perkecambahan dan bibit perkecambahan juga melakukan penyerapan terhadap logam racun untuk proses remediasi (Krishna, *et al.*, 2012).

Tanaman yang dibudidayakan secara hidroponik mempunyai akar yang lebih efektif didalam menyerap logam di dalam air dibandingkan dengan sistem berbasis tanaman. Metode riizofiltrasi membutuhkan akar tanaman yang cepat tumbuh dengan kemampuan

penyerapan logam yang relatif lama. Untuk penyerapan aneka logam yang berbeda memiliki koefisien akumulasi logam juga berbeda dalam sistem fitofiltrasi (Raskin *et al.*, 1997).



Gambar 2. (a) Diagram strategi fitoremediasi yang berbeda dan (b) proses fisiologis yang terjadi pada tanaman selama fitoremediasi. diadaptasi dari Pendidikan Alam (2011).

### 3) Fitostabilisasi

Fitostabilisasi adalah penggunaan tumbuhan untuk terutama bagian akarnya untuk membatasi mobilitas dan bioavailabilitas kontaminan di tanah. Penggunaan tumbuhan bertujuan untuk (1) mengurangi jumlah pelarutan oleh air melewati matriks tanah yang mungkin akan menghasilkan pembentukan substansi berbahaya, (2) berperan sebagai penghalang untuk mencegah kontak langsung dengan tanah yang terkontaminasi, dan (3) mencegah erosi tanah dan distribusi logam toksik ke lokasi lain. (Raskin & Ensley., 2000 ; Fulekar, 2009; Bashan *et al.*, 2011). Dasar dari fitostabilisasi adalah logam yang tidak dapat didegradasi maka cara mengatasinya adalah dengan mencegah persebarannya meluas ke lokasi lain merupakan alternatif terbaik (Bashan *et al.*, 2011). Fitostabilisasi dapat terjadi dengan cara pengikatan, presipitasi, kompleksasi, atau reduksi valensi logam. Fitostabilisasi sangat berguna untuk pengolahan timbal, arsenik, kadmium, kromium, tembaga, dan seng. Beberapa keuntungan dari teknologi ini yaitu pembuangan material



berbahaya/biomassa tidak perlu dilakukan dan efektif saat imobilisasi cepat dibutuhkan untuk melindungi air tanah dan air permukaan (Jadia dan Fulekar,2009). Fitostabilisasi tidak memindahkan logam ke jaringan tumbuhan, melainkan mengikat logam pada tanah sekitar akar sehingga bioavailabilitasnya berkurang dan mereduksi kemungkinan kontak dengan organisme terutama manusia (Bashan *et al.*,2011). Menurut penelitian dari Perez-de-Mora *et al.*,(2011) teknologi fitostabilisasi memiliki resiko lingkungan yang lebih kecil daripada teknologi fitoremediasi lainnya karena logam berat tidak ditransfer ke jaringan tumbuhan sehingga terjadinya transfer polutan ke rantai makanan sangat kecil banyak digunakan untuk fitostabilisasi dikarenakan memiliki kriteria yang sesuai yaitu *Quercus ilex* yang mampu mengikat 7g/kg logam berat Cd di bagian akarnya dan memiliki koefisien transfer yang kecil yaitu hanya 0.03 (Dominguez *et al.*,2009). Jenis tumbuhan lainnya *Lolium perenne* (Santibanez *et al.*,2008; Chen *et al.*,2008;Pitchel dan Bradway,2008),*Medicago trunculata* (Chen *et al.*,2008), *Vetiver zizanioides* (Lai dan Chen ,2004),*Silphium perfoliatum* (Zhang *et al.*,2010),*Atriplex* sp. 1.,(Nedjimi dan Daoud, 2009)



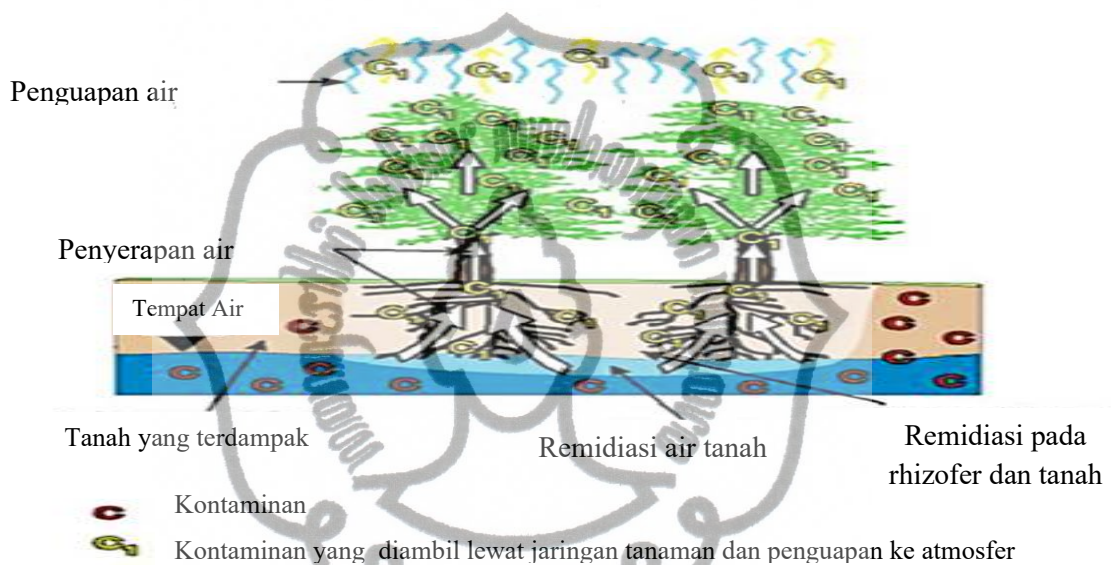
Gambar 3. Mekanisme fitostabilisasi, diadaptasi dari Padmavathiamma dan Li (2007).

#### 4) Fitovolatilisasi

Fitovolatilisasi adalah sebuah proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk diupkan masuk dalam atmosfir. Mekanisme kerja fitoremediasi pada



tumbuhan mencakup proses fitoekstraksi, rhizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi. Proses fitovolatilisasi terjadi ketika tanaman menyerap ion logam berat dan melepaskan ke udara lewat daun dan ada kalanya logam berat mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum di lepas lewat daun (Ghosh and Singh, 2005). Tanaman enceng gondok mampu menyerap 180 ppm ion timbal Pb (II) dan tanaman ini telah digunakan untuk membersihkan *silver salt* dari air limbah *processing foto* (Pane dan Hasanudin, 2001)



Gambar 4. Diagram proses fitovolatil logam (diadaptasi dari Cheung, 2013)

#### b. Fitoremediasi dengan Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*)

Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) adalah salah satu tumbuhan liar yang dapat beradaptasi dengan baik pada daerah rawa pasang surut sulfat masam, dapat ditemukan pada daerah terbuka di lahan basah rawa, tepi aliran air dan persawahan yang tergenang air pada ketinggian 0 - 1350 meter di atas permukaan laut (dpl) dan dapat tumbuh baik pada suhu 30-35 °C dengan kelembaban 98-100 % dan purun tikus dapat tumbuh pada tanah dengan Ph 3 (Priyatmadi dkk, 2006). Tanaman purun tikus banyak ditemukan dan hidup rawa rawa dan persawahan di daerah Kalimantan selatan dan tengah. Fungsi purun tikus menjadi tempat hama penggerek batang padi putih meletakkan telurnya pada batang bagian atas, fungsi lainnya adalah sebagai sumber bahan organik, makanan ternak, bahan membuat tikar dan kerajinan tangan yang lain dan sebagai *biofilter* yang mampu menyerap unsur beracun atau logam berat seperti besi (Fe), sulfur (S), merkuri (Hg), timbal (Pb) dan

kadmium (Cd) (Asikin dan Thamrin 2011). Tanaman purun tikus mempunyai peluang yang besar untuk mengakumulasi logam di perairan melalui penyerapan oleh akar, karena akar menghasilkan senyawa peptida kusus yaitu fitokelatein yang lebih banyak dibandingkan pada bagian daun, dalam tumbuhan sebagian logam akan disimpan dalam vakuola dan sebagian lagi diikat oleh fitokelatein (Ulfin.,2001). Logam yang diserap oleh tanaman memberikan efek buruk bagi tanaman,yaitu menyebabkan tanaman mengalami penurunan pertumbuhan dan produktivitas, klorosis, menguning serta dapat menyebabkan kematian (Prihatini,2011),pada tumbuhan semanggi air (Crenata,2012) dengan polutan konsentrasi ion Pb (II) dan Cu (II) yang berbeda terlihat bahwa semanggi air mampu menyerap ion Pb dan Cu yang ditandai dengan perubahan pada daun mengalami perubahan yaitu menguning ,yang menandai telah terjadi keracunan (Wiadnya,2005).



Gambar 5. Tanaman Purun tikus ( diadaptasi dari Fatmawati,2012)

Taksonomi tanaman purun tikus sebagai berikut.

Kelas	: Mono-Cotyledonese
Ordo	: Cyperales
Family	: Cyperaceae
Genus	: Eleocharis
Spesies	: E.dulcis
Nama binomial	: Eleocharis dulcis

Perbaikan lahan tercemar dengan logam berat dengan metode fitoremediasi bisa menghemat biaya hingga sepuluh kali lipat (Lasat,2000).

### c. Biokonsentrasi dan Faktor Translokasi

Faktor Biokonsentrasi adalah nilai yang dihitung untuk menunjukkan kemampuan tanaman dalam menghilangkan senyawa logam dari tanah atau substrat, lazim ditulis dengan singkatan BCF (*Bio Concentration Factor*), sedangkan definisi Faktor Translokasi lazim ditulis dengan singkatan TF (*Translocation Factor*) adalah nilai yang menunjukkan kemampuan senyawa yang dipindahkan dari akar tanaman ke organ lain seperti batang dan daun (Mellen *et al.*, 2012). Rumus perhitungan BCF oleh Yoan *et al.* (2006) dan La Nafie dkk (2019) sebagai berikut.

$$BCF = \frac{\text{logam berat pada akar dan daun}}{\text{logam berat pada tanah}} \quad (7)$$

Rumus TF menurut Baker (1981) sebagai berikut.

$$TF = \frac{BCF \text{ daun}}{BCF \text{ Akar}} \quad (8)$$

Tanaman yang mempunyai nilai BCF dan TF > 1 dapat digunakan sebagai bioakumulator (Usman *et al.*, 2013). Tanaman dapat digunakan sebagai fitostabilizer jika memiliki BCF > 1 dan TF < 1 dan fitoekstraktor jika tanaman memiliki BCF < 1 dan TF > 1.

Untuk nilai BCF lebih dari 2 maka tanaman tersebut tergolong bernilai faktor yang tinggi (Mellen *et al.*, 2012). Logam berat biasanya ditemukan pada akar dan daun dari tanaman (Siahaan *et al.*, 2013).

## 7. Pengaruh Sosio, ekonomi dan kemasyarakatan

### a. Faktor-faktor sosio ekonomi dan kemasyarakatan pada Industri

Perkembangan industri di Indonesia secara kuantitatif mengalami peningkatan yang semakin cepat, termasuk didalamnya adalah industri pelapisan logam. Peningkatan produk industri akan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan memberikan lapangan pekerjaan sehingga dapat menurunkan angka pengangguran dan mengurangi kemiskinan di Indonesia khususnya masyarakat sekitar industri. Keberadaan industri di Indonesia juga dapat memacu dan mengangkat perkembangan sektor-sektor lainnya seperti jasa dan perdagangan sehingga industri bisa berperan sebagai sektor pemimpin / *Leader Sector* (Arsat, 2009). Peran industri di dalam mempercepat pertumbuhan ekonomi bagi suatu negara tidak dapat dipungkiri lagi, tetapi industri juga memberikan dampak negatif bagi masyarakat khususnya yang ada di sekitar lokasi industri, terkait dengan limbah industri

baik berupa gas, cair dan padat serta kebisingan yang akan mengganggu lingkungan disekitarnya menjadi masalah sosial dan kemasyarakatan.

Untuk mengurangi permasalahan dampak limbah industri pada lingkungan khususnya permasalahan sosio kemasyarakatan maka perlu dilakukan proses pengolahan limbah. Salah satu metode proses pengolahan limbah yang baik adalah dengan menggunakan metode kombinasi adsorpsi dan fitoremediasi. Metode adsorpsi dilakukan dengan bahan nanopori karbon aktif dari ampas tebu dalam bentuk tablet dan serbuk dan metode fitoremediasi yang dilakukan dengan tumbuhan guma purun tikus. Produk berupa tablet dan serbuk nanopori karbon aktif ampas tebu ini akan merupakan salah satu unsur mengatasi limbah industri di lingkungan masyarakat sekitar industri.

Produk tablet dan serbuk nanopori karbon aktif ampas tebu memiliki manfaat untuk mengatasi masalah limbah logam berat Pb (II) dan Cr (VI) pada limbah cair, sehingga diharapkan akan mempengaruhi sikap masyarakat pelaku usaha (masyarakat industri) terhadap produk dan faktor sosio masyarakat mempengaruhi sikap masyarakat pelaku usaha terhadap sikap produk. Zimbardo, *et al* dalam Moven dan Minor (2002:319) menyatakan sikap adalah inti dari rasa suka atau tidak suka bagi orang, kelompok, situasi, obyek dan ide-ide. Ada tiga komponen yang secara bersama-sama membentuk sikap yang utuh (*Total Attitude*) yaitu berikut.

1. Komponen Kognitif (*Cognitive*) kepercayaan seseorang mengenai apa yang berlaku atau benar bagi obyek sikap.
2. Komponen Afektif (*Affective*) masalah emosional subyek seseorang terhadap satu subyek sikap/perasaan yang dimiliki obyek tertentu.
3. Konatif (*Conative*) komponen perilaku dalam struktur sikap menunjukkan bagaimana perilaku atau kecenderungan perilaku dengan yang ada dalam diri seseorang berkaitan dengan obyek sikap yang dihadapi. (Schiffman & Kanuk, 2004)

Sebuah model dapat dipaparkan melalui salah satu atau kombinasi dari tiga bentuk sebagai berikut.

1. Rumusan Verbal
2. Rumusan matematik
3. Kurva, grafik atau bagan

Adapun konsep, dalil-dalil maupun teori harus masuk logika berpikir agar jelas landasan teoritis yang digunakan (Ihalauw, 2003). Konsep dalam bentuk bagan merupakan konsep



yang banyak dipakai di dalam penelitian, termasuk untuk penelitian ini berupa pengolahan limbah logam berat Pb (II) dan Cr (II) dengan kombinasi adsorpsi nanopori karbon ampas tebu ( *Saccharum officinarum* ) dan fitoremediasi purun tikus ( *Eleocharis dulcis* ) dimana unsur budaya ( *Culture* ) sebagai bagian unsur komponen penelitian yang wajib harus diteliti yaitu terkait hubungan antara faktor sosio masyarakat, kegunaan produk adsorben dan sikap terhadap produk absorben.

#### **b.Faktor sosio-ekonomi masyarakat**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi konsumen untuk memutuskan memakai atau membeli sebuah produk. Konsumen memiliki perilaku yang beraneka ragam salah satunya ditentukan oleh beberapa faktor sosio masyarakat. Perilaku konsumen adalah tindakan yang langsung terlihat dalam mendapatkan, mengonsumsi dan menghabiskan produk dan jasa termasuk proses yang mendahului dan menyusul tindakan tersebut ( Engel,1993). Faktor sosio masyarakat ini merupakan komponen unsur budaya ( *culture* ) yang memiliki beberapa Indikator penentu untuk pengambilan keputusan membeli suatu produk atau memakai jasa. Beberapa indikator penentu keberhasilan meliputi umur, Jenis kelamin, Pendidikan dan penghasilan ( Kotler & Amstrong,2008)

#### **c.Komponen untuk manfaat sebuah produk**

Produsen selalu berusaha menghasilkan produk yang berkualitas sehingga konsumen akan tertarik terhadap produk itu dan membeli serta menggunakannya. Produk yang berkualitas merupakan strategi potensial yang ampuh untuk mengalahkan pesaing di pasar, produk yang berkualitas yang akan tumbuh dan berkembang dengan pesat dan dalam jangka panjang akan menguasai pasar, sedangkan harga adalah merupakan komponen dari bauran pemasaran yang bisa diartikan sejumlah uang yang ditagihkan atas suatu produk atau jasa atau sejumlah semua nilai yang diberikan pelanggan untuk mendapatkan keuntungan dari memiliki atau menggunakan produk atau jasa.( Kotler & Amstrong,2008 ). Konsumen sangat membutuhkan informasi tentang atribut dan manfaat produk, sebelum melakukan pengambilan keputusan membeli. Konsumen lebih memperhatikan manfaat produk dibandingkan dengan atribut produk ( Sumarwan,2004 ).Variabel persepsi terhadap manfaat sebuah produk sangat berpengaruh positif dan signifikan terhadap minat untuk melakukan menggunakan produk atau pembelian produk.



Variabel kegunaan / manfaat suatu produk memiliki beberapa indikator sebagai berikut .manfaat, kualitas, bentuk/desain, daya tahan dan harga ( Kotler & Amstrong, 2008).

#### **d.Faktor komponen sikap terhadap produk**

Sikap merupakan konsep kecenderungan yang berkaitan dengan perilaku membeli suatu produk hal ini terbentuk sebagai hasil dari pengalaman langsung mengenai produk, informasi dari iklan di media masa,elektronik, internet dan berbagai bentuk pemasaran langsung, sikap mungkin dihasilkan dari perilaku tetapi sikap tidak sama dengan perilaku. Sikap dapat mendorong seorang konsumen kearah perilaku tertentu atau menarik konsumen dari perilaku tertentu. Sikap memiliki beberapa definisi diantaranya sikap adalah merupakan jumlah pengaruh yang dimiliki seseorang atau menentang suatu obyek (Thurstone,1993), definisi lain menurut Gordon Allport sikap adalah suatu mental dan syaraf sehubungan dengan kesiapan untuk menanggapi, diorganisasi melalui pengalaman dan memiliki pengaruh yang mengarahkan dan atau dinamis terhadap perilaku. Sikap konsumen adalah faktor penting yang akan mempengaruhi keputusan konsumen, bahwa istilah pembentukan sikap konsumen (*costumer attitude formation*) sering kali menggambarkan hubungan antara kepercayaan, sikap dan prilaku.( Mowen & Minor 1998) Fungsi sikap menurut Daniel Kazt mempunyai empat fungsi yaitu berikut.

1. Fungsi ultitarian.

Merupakan fungsi manfaat yang berhubungan dengan prinsip prinsip dasar imbalan dan hukuman,konsumen mengembangkan sikap terhadap rodud atas dasar suatu produk memberikan kepuasan atau kekecewaan.

2. Fungsi Ekspresi Nilai.

Konsumen dapat mengembangkan sikap terhadap merek produk bukan atas dasarmanfaat produk,tetapi lebih didasarkan atas kemampuan produk mengekspresikan nilai nilai yang ada pada dirinya ( *self concept* ),apakah produk itu mampu membantu dirinya mengekspresikan nilai nilai yang diinginkannya.

3. Fungsi Mempertahan kan Ego.

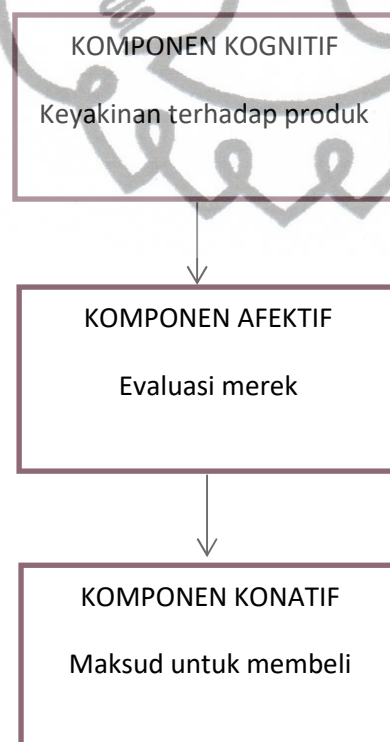
Sikap yang dikembangkan konsumen melindungi ego tantangan eksternal dan internal.

4. Fungsi Pengetahuan.

Sikap membantu konsumen mengorganisasikan informasi yang begitu banyak setiap hari dan dapat mebnatu mengurangi ketidak pastian dan kebingungan.

Komponen penyusun sikap terhadap produk merupakan hubungan antara keyakinan terhadap produk, evaluasi dan sikap keinginan membeli, dimana keyakinan terhadap produk merupakan komponen kognitif dari sikap, sedangkan evaluasi terhadap produk adalah komponen afektif dan tujuan untuk membeli adalah komponen konatif atau tindakan. Ada dua proses bagaimana keyakinan, sikap dan perilaku terbentuk yaitu formasi langsung keyakinan, sikap dan perilaku ketiga komponen diciptakan tanpa terjadi keadaan sebelumnya, seperti ditunjukkan oleh perspektif pengaruh perilaku yang dapat terjadi tanpa pembentukan sikap atau keyakinan awal konsumen yang kuat tentang obyek dimana perilaku diarahkan. Demikian juga seperti dinyatakan perspektif ekperensial sikap (perasaan) dapat diciptakan tanpa pembangunan kepercayaan spesifik awal konsumen tentang obyek sikap. Terdapat tiga dimensi atas keadaan yang dapat menciptakan sebuah hierarki, setelah kepercayaan, sikap dan perilaku terbentuk secara langsung. Apabila pembentukan sebuah keyakinan menimbulkan penciptaan keadaan lainnya (sikap) maka pembentukan sikap secara tidak langsung terjadi.

Ketiga komponen yakni keyakinan, sikap dan perilaku dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 6. Tiga Komponen Sikap ( Assael, 1998:283 )

Komponen afektif berupa evaluasi produk merupakan sebagai suatu penilaian yang berhubungan dengan produk atau jasa /layanan yang diperoleh individu. Evaluasi produk

juga merupakan penilaian konsumen untuk nilai produk di pandang dari aspek manfaat seperti kualitas yang diharapkan,tampilan produk dan kepuasan yang diperoleh (Teo & Yeong,2003 ), sedangkan pendapat lain bahwa evaulasi membutuhkan keterlibatan yang tinggi dari individu dalam mencari informasi untuk memperoleh peringkat,mereview dan menilai suatu produk atau layanan untuk dasar pengambilan keputusan ( Lee *et al.*,2008.;Pucinelli *et al*;2009) secara garis besar dapat diartikan bahwa evaulasi produk merupakan tahapan pengambilan keputusan konsumen dengan terlebih dahulu melakukan penilaian untuk mendapatkan manfaat produk yang diharapkan.

Komponen konatif berupa maksud untuk membeli atau sebuah keputusan untuk membeli produk di mulai melalui beberpa tahapan mulai dari pencarian informasi,evaulasi alternatif dan pemilihan produk,konsumen melakukan proses pencarian lewat aspek kognitif rute sentral berupa pemberian informasi produk terperinci tentang keunggulan produk dan rute periperal berupa informasi dihantarkan lewat kemampuan dan tampilan fisik ( Zhou & Wang,2016 ). Keputusan individu untuk melakukan pembelian suatu produk sangat dipengaruhi kualitas informasi diperolehnya terkait relevansi, tepat waktu, akurat dan lengkap dari sumber terpercaya.( Jin *et al.*,2009; Wang *et al*; 2015 )

## 8.Penelitian Pendukung

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang mendukung penelitian ini sebagai berikut : limbah ampas tebu (*Saccharum officianarum*) sebagai nanopori karbon aktif untuk adsorpsi logam berat timbal (Pb) (Narimo,2017), Pemanfaatan ampas tebu sebagai adsorben ion logam pada air limbah ( Apriliani,2010 ), aplikasi lingkungan berbasis karbon nano material (Mauter & Elimelech,2008) Pemanfaatan ampas tebu sebagai adsorben untuk meningkatkan kualitas air gambut (Yoseva dan Halida, 2015), Fitoremediasi air limbah oleh salvinia molesta (Ng & Chan, 2017), Manfaat dan biaya teknologi fitoremediasi untuk tanah kontaminasi logam berat (Wan *et al.*,2016) potensi purun tikus (*Eleocharis dulcis*) sebagai *biofilter* (Nopi ,dkk,2011), manfaat tanaman purun tikus pada ekosistem sawah rawa (Asikin dan Thamrin, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan seperti tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa, metode kombinasi adsorpsi dan fitoremediasi dengan

menggunakan tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat di gunakan sebagai pengolahan limbah industri pelapisan logam yang mengandung logam berat.

## B. Kesesuaian Penelitian dengan Asas-Asas Ilmu Lingkungan

Pembahasan lingkungan hidup tidak terlepas dari komponen penyusunnya yaitu faktor abiotik dan biotik, hubungan antar komponen tersebut mempunyai keteraturan dan mengikuti asas lingkungan serta bermanfaat sebagai landasan untuk pengelolaan lingkungan hidup yang lebih baik. Untuk penelitian dalam disertasi ini mempunyai kesesuaian secara kuat dengan asas-asas ilmu lingkungan yang ke 1 yaitu energi tidak pernah hilang dan hanya berubah dan didukung dengan asas ke 3 yaitu materi, energi, ruang, waktu dan keanekaragaman adalah kategori sumber alam.

Kesesuaian yang kuat dengan asas ke 1 ilmu lingkungan adalah semua energi yang memasuki sebuah organisme hidup, populasi atau ekosistem dapat dianggap sebagai energi yang tersimpan atau terlepas. Energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain tetapi tidak dapat hilang, dihancurkan atau diciptakan (Setyono, 2015). Untuk kesesuaian asas-asas ilmu lingkungan terletak pada asas ke 1 pada penelitian disertasi ini dapat dijelaskan dengan uraian sebagai berikut.

Pada proses produksi industri pelapisan logam melibatkan dan membutuhkan beberapa bentuk energi yaitu energi kalor/panas, energi listrik, energi kinetik dan mengubahnya ke dalam bentuk energi yang lain yaitu energi kimia yang terkandung dalam cemaran limbah cair industri pelapisan logam. Pada proses pembuatan karbon aktif nanopori dari ampas tebu melibatkan dan memerlukan energi kinetik, energi listrik, energi kalor/panas dan mengubahnya menjadi energi potensial yang terkandung dalam nanopori arang aktif ampas tebu sebagai adsorben. Energi kimia yang terkandung dalam materi cemaran air limbah tidak dapat dihilangkan atau dimusnahkan. Energi kimia yang terkandung dalam materi cemaran dapat mengakibatkan efek negatif terhadap lingkungan hidup, oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan air limbah untuk mengurangi efek negatif energi kimia tersebut dengan cara melokalisir materi cemaran logam berat tersebut dengan proses adsorpsi dengan nanopori karbon aktif ampas tebu yang mengandung energi potensial agar tidak mencemari lingkungan hidup.

Untuk kesesuaian pendukung yaitu asas ilmu lingkungan ke 3 pada penelitian disertasi ini dapat dijelaskan dengan uraian sebagai berikut bahwa ampas tebu adalah

suatu materi yang didalamnya terkandung energi potensial dan produk nanopori karbon aktif ampas tebu juga merupakan materi yang didalamnya ada energi yang berkemampuan untuk melakukan adsorpsi limbah logam berat timbal Pb(II) dan kromium (VI), demikian tanaman purun tikus adalah materi yang memiliki energi ruang dan waktu dan bagian dari sumber alam yang di dalamnya ada energi yang berkemampuan untuk melakukan adsorpsi limbah logam berat timbal Pb(II) dan kromium Cr (VI) kombinasi dua materi yang memiliki energi dengan kemampuan untuk adsorpsi di gunakan bersama dalam penelitian disertasi ini dan untuk menjaga keseimbangan ruang ,waktu dan keanekaragaman sebagai sumber alam supaya terjaga dengan baik dalam kesetimbangan lingkungan hidup.

### C. Hubungan Penelitian dengan Aspek Lingkungan Hidup

Lingkungan hidup tidak dapat terlepas dari aspek dan komponen penyusunnya yaitu faktor *abiotik* (A), *biotik* (B) , menurut konsep yang berkembang saat ini ada penambahan nomenklatur baru aspek *culture* sehingga lingkungan diartikan sebagai konsep integrasi dari ABC (*Abiotik ,Biotik dan Culture*), lingkungan merupakan ruang tiga dimensi dan bersifat dinamis (Setyono,2015). Kesesuaian hubungan antar komponen tersebut mempunyai keteraturan dan mengikuti asas lingkungan serta bermanfaat sebagai landasan untuk pengelolaan lingkungan hidup dan peningkatan kualitas lingkungan yang lebih baik. Aspek abiotik adalah aspek lingkungan hidup yang terdiri dari benda-benda tidak hidup. Benda tidak hidup tersebut meliputi tanah, air, udara, iklim dan lain sebagainya. Aspek biotik adalah aspek lingkungan hidup yang berupa makhluk hidup. Makhluk hidup tersebut meliputi manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan dan lain sebagainya. Aspek sosial dan budaya adalah aspek lingkungan hidup yang berupa kebudayaan dan kehidupan sosial manusia ( Wijaya, 2014).

Hubungan antara aspek ABC dalam lingkungan hidup yang terintegrasi dengan penelitian disertasi ini dapat dijelaskan sebagai berikut : penelitian dalam disertasi ini pada prinsipnya bertujuan untuk melakukan desain model instalasi pengolahan limbah logam berat pada khususnya logam berat timbal Pb (II) dan kromium Cr(VI) dan menentukan kondisi optimum operasionalnya serta keefektifanya proses adsorpsi dengan bahan karbon aktif nanopori dan fitoremediasi dengan tanaman purun tikus dalam mengolah air limbah industri pelapisan logam. Tujuan pengolahan limbah cair industri



pelapisan logam pada prinsipnya melakukan adsorpsi dan fitoremediasi terhadap limbah logam berat supaya hasilnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, ketika limbah dibuang ke lingkungan akan mencemari tanah dan air yang merupakan aspek abiotik lingkungan hidup sebab aspek abiotik lingkungan hidup merupakan aspek yang terkait dengan keberlangsungan hidup dari makhluk hidup, yang artinya bahwa semakin baik kondisi aspek abiotik maka semakin baik juga kondisi untuk mendukung keberlangsungan aspek biotik. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa penelitian ini berhubungan dengan perbaikan kondisi aspek abiotik lingkungan hidup dan keberlangsungan hidup dari aspek biotik yang terdiri dari makhluk-makhluk hidup yaitu manusia, hewan, tumbuhan dan makhluk hidup lainnya. Untuk integrasi berhubungan dengan aspek *culture* berupa sosial budaya diharapkan instalasi pengolahan air limbah ini bisa mengubah pola pikir (*mindsite*) masyarakat dan kebiasaan perilaku manusia dari kebiasaan membuang air limbah secara langsung ke sungai tanpa mengolah terlebih dahulu menjadi masyarakat yang sadar sehingga akan pengolahan air limbah terlebih dahulu sebelum membuang ke sungai dan masuk ke lingkungan hidup. Keterkaitan komponen komponen ABC merupakan integrasi saling terkait dalam menjaga kelestarian lingkungan hidup, konsep ini benar benar diterapkan pada penelitian disertasi sehingga merupakan lingkungan yang terintegrasi secara kuat dari aspek ABC (*Abiotik, Biotik dan Culture*).

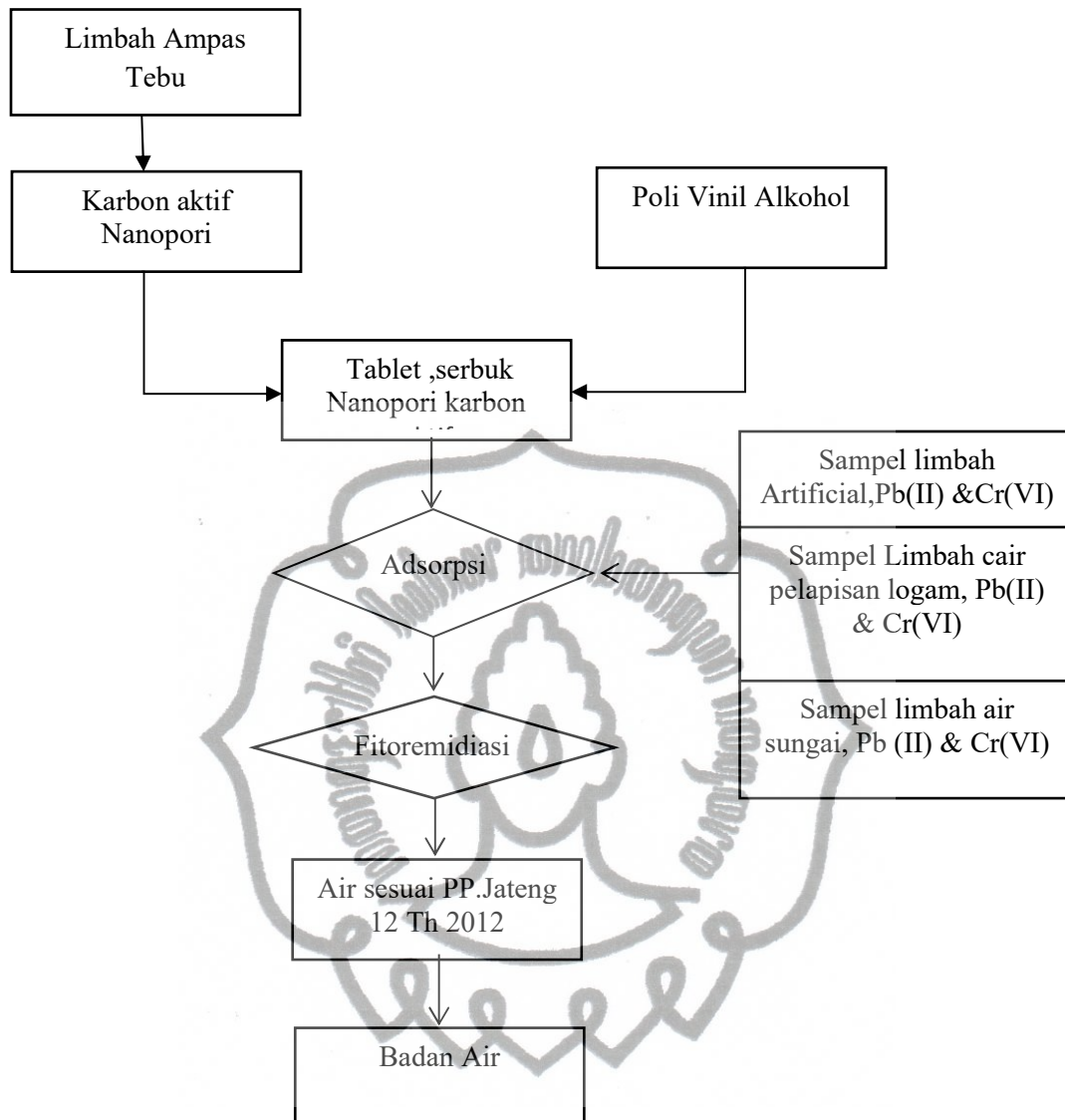
#### D.Kerangka Berpikir

Untuk mencukupi kebutuhan manusia berupa gula pasir dalam jumlah besar maka manusia berupaya mendirikan pabrik gula dengan memperhitungkan daya dukung komponen lingkungan meliputi aspek abiotik, biotik dan budaya, untuk menjaga kesetimbangan antara produk utama berupa gula pasir yang memberi keuntungan komersial bagi manusia dan limbah berupa ampas tebu supaya tidak mencemari lingkungan, maka dilakukan upaya meningkatkan fungsi dan nilai komersial ampas tebu yaitu dengan membuat ampas tebu menjadi bahan karbon aktif nanopori yang bermanfaat untuk adsorpsi logam berat seperti timbal Pb (II) dan khromium Cr (VI) pada limbah artifisial, cair industri pelapisan logam dan air sungai. Untuk mencegah kerusakan lingkungan akibat pembuangan limbah cair industri yang mengandung logam berat maka diperlukan perbaikan proses produksi dan pengadaan Instalasi Pengolah Air Limbah

(IPAL), penurunan/penghilangan logam berat pada limbah cair industri dapat dilakukan dengan metode kombinasi antara adsorpsi yang digabung dengan fitoremediasi. Pelaksanaan kombinasi metode adsorpsi dan fitoremediasi untuk peningkatan efisiensi pengolahan limbah cair logam berat industri pelapisan logam, supaya dapat lebih banyak menurunkan kadar berat timbal Pb (II) dan kromium Cr (VI).

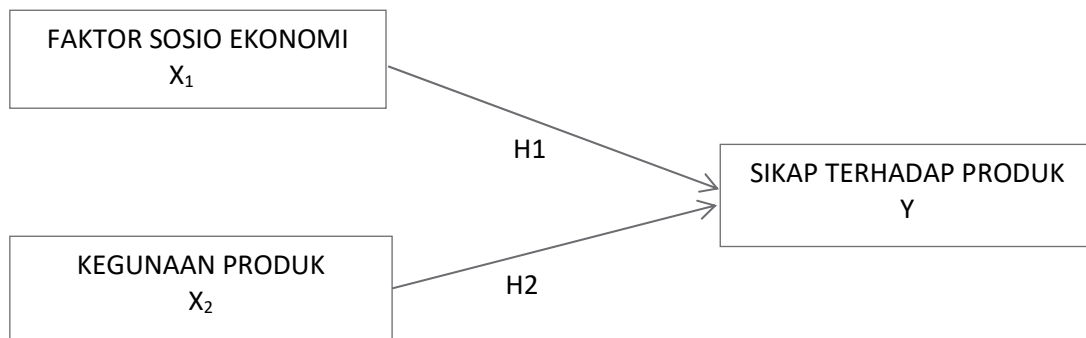
Metode adsorpsi dengan bentuk tablet berbahan karbon aktif nanopori dari ampas tebu dilakukan dengan mencampur karbon aktif nanopori ampas tebu dengan beberapa bahan kimia yaitu poli vinil alkohol, asam klorida, etanol dan bentonit dengan tujuan untuk mendapatkan bahan granul untuk membuat tablet yang memiliki kekerasan tinggi, daya rapuh rendah dan kemampuan di air atau daya larut tablet di air kecil. Dibuat adsorben dalam bentuk tablet dengan tujuan praktis, mudah dibawa kemana mana, lebih stabil dan tidak mudah ditumbuhi mikroba karena dalam bentuk kering dengan kadar air rendah dan mudah dalam penempatan dan transportasi. Bentuk adsorben yang kedua adalah serbuk memberikan kemampuan penyerapan polutan logam berat yang optimal karena luas permukaan partikel karbon dalam ukuran nanopori sangat besar, metode fitoremediasi merupakan proses biofiter yang murah dan ramah lingkungan, proses tahapannya melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi polutan pada tanaman.

Pada penelitian disertasi ini merupakan kombinasi metode adsorpsi dan fitoremediasi untuk mengadsorpsi logam Pb (II) dan kromium Cr (VI) pada limbah cair artifisial, limbah industri pelapisan logam dan air sungai. Kerangka utama penelitian sebagai berikut.



Gambar 7. Alur kerangka berpikir penelitian.

Pengaruh sosio-ekonomi khususnya masyarakat industri dan kegunaan produk absorben nanopori karbon aktif limbah ampas tebu menjadi variabel yang ikut diteliti untuk menentukan sikap terhadap produk, ada dua variabel yang diteliti yaitu variabel bebas sosio-masyarakat ( $X_1$ ) dan kegunaan produk ( $X_2$ ) sedangkan variabel terikat yaitu sikap terhadap produk ( $Y$ ), variabel bebas diharapkan dapat mempengaruhi variabel terikat, perumusan hipotesis yang dikemukakan H1 faktor sosio masyarakat berpengaruh secara signifikan terhadap sikap terhadap produk dan H2 kegunaan produk berpengaruh secara signifikan sikap terhadap produk. Dibawah ini konsep dalam bentuk bagan sebagai berikut.



Gambar 8. Alur kerangka sub berpikir penelitian pengaruh sosio-masyarakat.

### E.Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah berikut.

1. Nanopori karbon aktif dari ampas tebu dengan poli vinil alkohol dapat dibuat formulasi menjadi tablet nanopori ampas tebu sebagai adsorber untuk menurunkan logam berat Pb (II) dan Cr (VI)
2. Adsorpsi dengan bahan berbentuk serbuk nanopori karbon aktif dari ampas tebu lebih tinggi dibandingkan adsorpsi bahan berbentuk tablet dalam hal menurunkan logam berat Pb (II) dan Cr (VI)
3. Fitoremediasi dengan tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat menurunkan logam berat Pb (II) dan Cr (VI)
4. Metode kombinasi adsorpsi dan fitoremediasi akan lebih optimal di dalam menurunkan logam berat Pb (II) dan Cr (VI).
5. Pada proses fitoremediasi akan terjadi proses indeks translokasi logam berat Pb (II) dan Cr (VI) pada tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*).
6. Pengaruh sosio ekonomi masyarakat industri dan kegunaan produk adsorben nanopori karbon aktif ampas tebu akan mampu meningkatkan pemanfaatan adsorben tersebut dimasyarakat industri secara luas .