

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

WHO tahun 1957 menyatakan rumah sakit merupakan seluruh bagian dari organisasi medis yang fungsinya memberi pelayanan kesehatan komplit untuk masyarakat secara kuratif maupun rehabilitatif, yang outputnya menjangkau layanan keluarga dan lingkungan. Rumah sakit juga berfungsi sebagai pusat pelatihan dan penelitian biososial (Adisasmitho, 2007)

Sedang menurut undang – undang No.44 Tahun 2009, yang dimaksud dengan rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang melayani perorangan secara paripurna, menyediakan rawat inap, darurat, dan rawat jalan (Depkes RI,2002)

Penyebab menguapnya bahan volatil adalah pirolisis sehingga kisi – kisi aktif (pori – pori) yang terbentuk. Semakin besar permukaan karbon aktif menyebabkan kapasitas adsorpsinya semakin besar. Semakin luas permukaan karbon aktif maka menyebabkan bidang kontak yang lebih besar antara adsorben dengan adsorbat, maka adsorbat dapat terperangkap lebih banyak (Akshanti dkk, 2010)

Semakin kecilnya ukuran dari partikel karbon berpori, maka semakin besar tingkat difusi dan adsorpsinya. Difusi antar partikel akan berkurang karena adanya pengurangan ukuran partikel, karena zona perpindahan massa yang lebih pendek dapat menyebabkan tingkat adsorpsi yang lebih cepat (Acharya dkk., 2009).

Industri mebel kayu Jati menyisakan potongan-potongan limbah kayu yang kurang pemanfaatannya sehingga sangat potensial untuk dijadikan bahan baku arang aktif. Bahan lain yang mampu menyerap polutan limbah dari bahan alami yaitu berupa batu Zeolit. Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan

memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, adsorben dan katalis (Susilowati, 2006).

Kulkarni, dkk (2013) melakukan studi karbon aktif dari tempurung kelapa yang digunakan sebagai adsorben. Pada penelitian ini fenol dari air limbah akan diadsorpsikan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa di *fluidized bed*. Pengaruh pada proses adsorpsi berbagai parameter seperti konsentrasi, laju aliran fluida dan ukuran partikel adsorben. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya peningkatan presentase saturasi dengan peningkatan konsentrasi awal fenol dan laju aliran. Konsentrasi inlet fenol dan aliran secara bertingkat memiliki pengaruh yang signifikan pada proses adsorpsi.

Pudyastawan (2014) telah melakukan penelitian arang aktif dari limbah serbuk gergaji kayu jati dan mengetahui efektifitas arang aktif mesh 60 dalam menyerap polutan kromium (Cr), timbal (Pb), cadmium (Cd) dan zat warna yang terkandung dalam limbah cair batik. Hasil penelitian diperoleh nilai rendemen sebesar 11,29%, nilai kadar air sebesar 3,58%, nilai kadar mudah menguap sebesar 14,39%, nilai kadar abu 12,62%, dan nilai kadar karbon terikat 72,99%. Sebelum proses adsorpsi limbah cair batik mengandung kadar Cr 2,03 mg/l, kadar Pb 0,189 mg/l, kadar Cd 0,213 mg/l dan zat warna sebesar 12600 TCU. Sebesar proses adsorbs menggunakan arang aktif maksimal mampu menurunkan kadar Cr menjadi 0,0126 mg/l, kadar Pb kurang dari 0,0093 mg/l, kadar Cd kurang dari 0,0015 mg/l dan gradasi warna sebesar 13 TCU.

Goncalves, dkk (2012) melakukan studi mikro mesopori karbon aktif dari kulit kopi sebagai biomassa limbah untuk aplikasi lingkungan. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa bahan-bahan ini menunjukkan jumlah tinggi kelompok oksigen dan luas permukaan yang spesifik tinggi dengan mesopori mikro. Dari hasil SEM dapat terlihat bahwa terbentuk pori-pori setelah diaktivasi. Hasil adsorpsi karbon aktif dari kulit kopi sangat menjanjikan, dengan kapasitas adsorpsi tinggi untuk senyawa metilen biru (MB). Dengan demikian, penggunaan kulit kopi untuk karbon aktif dengan perkembangan

porositas menunjukkan sebagai alternative yang baik untuk transformasi limbah.

Borhan, dkk (2013) melakukan penelitian tentang karterisasi karbon aktif dari serbuk gergaji kayu yang diaktivasi kimia menggunakan kalium hidroksida. Penelitian ini menggunakan tiga parameter yang berbeda, kondisi aktivasi optimal ditemukan pada suhu 500 °C, waktu aktivasi 60 menit dan impregnasi rasio 1:3. Hasil penelitian ini membuktikan kelayakan mempersiapkan karbon aktif dengan luas dan volume pori permukaan yang relative tinggi dari limbah serbuk kayu gergaji dengan aktivasi kimia menggunakan KOH. Nitrogen adsorpsi analisis desorpsi isotherm membuktikan mesopori di karbon aktif yang dihasilkan, menunjukkan bahwa hal itu dapat efektif digunakan sebagai bahan adsorpsi.

Arang aktif adalah senyawa karbon amorph, dapat dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan khusus agar dapat permukaan yang lebih luas. Arang aktif dapat mengadsorpsi senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung dari luas permukaannya (Jamilatun dkk, 2014)

Arang aktif adalah arang yang telah mengalami proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan luas permukaannya dengan cara membuka pori-porinya sehingga daya serapnya meningkat. Luas permukaan arang aktif berkisar 300 dan 3500 m²/g. daya serap arang aktif sangat besar, yaitu ¼ sampai 10 kali terhadap bobot arang aktif. Arang aktif adalah adsorben yang baik untuk adsorpsi gas, cairan, maupun larutan (Siti dkk, 2014)

Putri, dkk (2017) telah melakukan penelitian untuk mengetahui efektivitas penggunaan karbon aktif dan karang jahe sebagai filtrasi untuk mengurangi kadar limbah cair ammonia Rumah Sakit Semen Gresik dengan kadar ammonia sebelum penitian ialah 0,51 mg/l. Penelitian ini menggunakan variasi 60 cm media karbon aktif, 60 cm karang jahe dan kombinasi karbon aktif dan karang jahe masing-masing 30 cm. Hasil tes Post Hoc menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar variasi dalam mengurangi tingkat amoniak ait limbah ($p \leq 0,05$). Efisiensi amoniak rata-rata setelah

perlakuan karbon aktif adalah penurunan amoniak tertinggi yaitu 88,2 % atau dapat menurunkan kadar amoniak hingga 0,134 mg/l.

Omar dan Issa (2015) melakukan penelitian untuk menghasilkan karbon aktif dari daun kurma dan mempelajari karakteristik fisik dan morfologi. Karbon aktif dibuat dari limbah pertanian daun kurma dengan aktivasi menggunakan kalium hidroksida (KOH) pada 400 °C. Daun kurma dikarbonisasi dalam keadaan inert kemudian dicampur dengan KOH. Campuran itu kemudian diaktifkan secara termal dengan selanjutnya dicuci dan dikeringkan untuk memperoleh karbon aktif. Analisis dari hasil SEM menunjukkan bahwa karbon aktif tampak lebih berpori dari sebelum aktivasi menggunakan KOH serta terdapat pori-pori pada permukaan yang berguna sebagai adsorben polutan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa daun kurma yang diaktifkan dengan KOH dapat digunakan sebagai bahan baku dalam produksi karbon aktif.

Arang aktif merupakan suatu karbon yang memiliki kemampuan daya serap yang baik terhadap kation, anion, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, dapat berupa larutan atau gas. Bahan yang mengandung karbon dan yang terutama memiliki pori dapat digunakan untuk membuat arang aktif (Mody, L. 2014)

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Limbah Medis

Limbah rumah sakit adalah segala bentuk hasil buangan proses produksi rumah sakit, secara umum limbah rumah sakit dibagi dalam dua kategori, yaitu limbah medis klinis dan non klinis baik cair maupun padat (Depkes RI, 2002).

Secara umum limbah medis rumah sakit dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

1. Limbah Medis Padat

Pengelompokan limbah medis padat dapat berdasarkan potensi bahayanya, serta volume dan sifat persistensinya yang dapat menimbulkan masalah.

- a. Limbah benda tajam merupakan alat medis yang memiliki sudut tajam yang dapat memotong atau menusuk kulit, seperti jarum hipodermik, perlengkapan intravena, pecahan gelas, dan pisau bedah. Semua benda tersebut memiliki potensi bahaya dan dapat menyebabkan cedera karena sobekan atau tusukan. Limbah infeksius, merupakan limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular, dan limbah laboratorium.
- b. Limbah patologi (jaringan tubuh) adalah limbah potongan jaringan tubuh dari proses autopsi ataupun bedah.
- c. Limbah sitotoksik adalah bahan yang telah terkontaminasi dengan obat sitotoksik selama terjadi proses peracikan, tindakan terapi, atau pengangkutan dan harus dimusnahkan menggunakan incinerator pada suhu lebih dari 1.000°C.
- d. Limbah farmasi berasal dari obat-obatan kadaluwarsa, obat yang tidak memenuhi syarat atau kemasan yang terkontaminasi, obat yang dibuang pasien, dan limbah yang dihasilkan selama produksi obat.
- e. Limbah kimia merupakan buangan atau sisa dari penggunaan bahan kimia dalam tindakan medis, veterineri, proses sterilisasi, laboratorium, dan riset.

- f. Limbah radioaktif adalah material yang terkontaminasi oleh radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radio nukleida. Limbah ini berasal dari antara lain :
- Kegiatan kedokteran nuklir, *radioimmunoassay* dan *bacterilogis* bisa berbentuk cair, padat, dan gas.
 - Penanganan, penyimpanan serta pembuangan bahan radioaktif harus memenuhi peraturan yang berlaku.

Penyimpanan adalah prioritas akhir bila limbah benar-benar tidak dapat langsung diolah, factor penting penyimpanan dengan penutup, menjaga agar wilayah penyimpanan limbah medis tidak tercampur dengan limbah non medis, membatasi akses sehingga hanya orang tertentu yang dapat memasuki wilayah atau area tersebut, serta pemilihan tempat penyimpanan yang tepat.

2. Limbah Medis Cair

Limbah medis cair umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi dan dapat diproses secara biologis, baik yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah medis klinis. Limbah yang berasal dari laboratorium umumnya banyak mengandung logam berat dan jika dialirkan langsung kepengolahan secara biologis akan mengganggu proses pengolahan. Limbah tersebut harus dipisah dan ditampung baru kemudian diolah secara fisika-kimia selanjutnya dialirkan bersama-sama limbah cair lainnya kemudian diolah dengan metode biologis.

Pengolahan limbah cair dapat memanfaatkan teknologi pengolahan biologis maupun gabungan antara proses biologis dengan kimia-fisika. Metode biologis dapat dilakukan dengan aerobik (dengan udara) atau anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi aerobik dan anaerobik. Biasanya proses biologis digunakan untuk pengolahan air limbah dengan BOD yang tidak terlalu besar. Pengolahan limbah secara aerobik dapat dibedakan menjadi tiga yaitu : rosesbiologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan dengan proses pengolahan sistem lagoon atau kolam. Kolam aerasi atau kolam stabilisasi

(*stabilization pond*) merupakan salah satu jenis pengolahan dengan sistem lagoon.

2.2.2. Jati

Jati merupakan jenis pohon penghasil kayu bermutu tinggi. Pohon yang cenderung besar, berbatang lurus,, dapat tumbuh mencapai tinggi 30 – 40 m. berdaun besar yang gugur dimusim kemarau. Jati dikenal dunia dengan julukan *teak* (bahasa inggris). Nama ini berasal dari kata *thekku* dalam bahasa Malayalam, bahasa di negara bagian kerala di India selatan. Sebutan ilmiahnya adalah *tectona grandis* L.f.

Sebaran populasi pohon jati cukup luas yaitu mulai dari India, Myanmar, Laos, Thailand, Kamboja, Indocina, sampai Jawa. Jati tumbuh di hutan-hutan gugur, yang menggugurkan daun di musim kemarau. Selain di Jawa dan Muna, jati juga dikembangkan di Bali dan Nusa Tenggara. Jati tidak begitu baik tumbuh di wilayah pulau Sumatera dan Kalimantan, karena tanah di kedua wilayah tersebut terlalu asam. Jati merupakan tanaman yang membutuhkan zat kalsium dan fosfor dalam jumlah besar. Disisi lain jati membutuhkan cahaya matahari yang cukup banyak.



Gambar 2.1 pohon jati

2.2.2.1.Pemanfaatan Limbah Industri Kayu Jati

Industri pengolahan kayu jati di Indonesia banyak jenisnya, salah satunya adalah perusahaan mebel kayu jati. Limbah dari industri ini salah satunya yaitu berupa serbuk gergaji kayu jati, potongan-potongan kecil sisa dan kulit

kayu jati. Pemanfaatan limbah kayu jati yang berupa potongan-potongan kecil hanya dimanfaatkan sebagai kayu bakar begitu juga untuk serbuk gergaji dan kulitnya. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah kayu jati perlu adanya pemaksimalan sehingga menambah nilai ekonominya, yaitu dengan cara memanfaatkan potongan-potongan kayu jati sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif sebagai adsorben polutan limbah cair.

Karbon yang terkandung pada kayu jati menurut Basuki, dkk (2008) hubungan antara berat kering total dengan diameter kayu jati memiliki keeratan yang tinggi, inilah yang mempengaruhi nilai kandungan karbon pada kayu jati.

2.2.3. Pengertian Zeolit

Zeolite merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi yang terdiri dari ikatan SiO_4 dan AlO_4 tetrahidra yang terhubung oleh atom oksigen untuk membentuk kerangka. Pada kerangka zeolit, tiap atom Al bersifat negatif dan akan dinetralkan oleh ikatan dengan kation yang mudah di tukarkandan akan berpengaruh saat proses adsorpsi dan sifat thermal zeolit. (Apriyanti, 2009) juga menegaskan bahwa selain jenis kation, kemampuan adsorpsi zeolite juga dipengaruhi oleh perbandingan Si/Al dan geometri pori-pori zeolit, juga dipengaruhi luas permukaan, distribusi ukuran pori dan bentuk pori.



Gambar 2.2 Batu Zeolit

2.2.3.1 Penggunaan Zeolit Sebagai Katalis

Zeolite merupakan mineral dengan struktur Kristal alumino silikat yang berbentuk framework (struktur tiga dimensi), dan mempunyai rongga serta saluran yang berisi kation logam alkali atau alkali tanah serta molekul air. Molekul air dan ion logam bisa diganti dengan ion atau molekul lain secara reversible tanpa merusak struktur zeolit, sehingga zeolit dapat dipergunakan untuk menyerap ion logam. Zeolit jenis modern dapat menyerap kromium (Cr) dan nikel (Ni) dalam air limbah (Hendrawan, dkk 2011). Zeolit alam penukar ion yang sangat baik untuk menghilangkan dan pemulihan kation logam berat (Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Cr, Mn dan Fe, Pb, Cu setinggi 97 %) dari air minum dan limbah air.

Zeolit adalah mineral yang terdiri atas Kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah. Struktur zeolit berupa Kristal polimer anorganik dengan kerangka tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 . Rumus struktur zeolit dapat dituliskan sebagai $M_{x/n} [(AlO_2)_x \cdot (SiO_2)_y \cdot wH_2O]$, dengan n adalah valensi dari kation M, w adalah jumlah molekul air per unit sel, x dan y adalah total jumlah tetrahedral per unit sel (Haslego, 1999).

2.2.4 Pengertian Arang dan Arang Aktif

Arang adalah suatu padatan berpori yang mengandung 85 – 95 % karbon, berasal dari bahan yang mengandung karbon melalui proses pemanasan dengan suhu tinggi. Waktu proses pemanasan berlangsung diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruang pemanas, sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonasi dan tidak teroksidasi (Sembiring dan Sinaga, 2003). Arang yang merupakan residu dari peruraian bahan yang mengandung karbon mayoritas komponennya adalah karbon terjadi karena peruraian panas. Proses pemanasan ini bisa dilakukan dengan cara memanaskan bahan langsung atau tidak langsung di dalam timbunan, *kiln*, *retort* dan tanur (Rumidatul, 2006).

Arang aktif merupakan arang yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain, serta pori dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaan serta pusat aktif menjadi luas sehingga berakibat pada daya adsorpsi terhadap cairan atau gas meningkat. Sesuai penggunaan arang aktif digolongkan kedalam ke dalam produk kimia dan bukan bahan energi seperti arang atau briket arang. Teknologi pengolahan lebih lanjut arang menjadi arang aktif akan memberikan nilai tambah yang besar ditinjau dari penggunaan dan nilai ekonomisnya (Hendra, 2006)

2.2.4.1. Proses Pengarangan

Pirolisis merupakan sebuah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa adanya oksigen atau bisa disebut dengan proses karbonisasi, yaitu proses untuk memperoleh arang, bisa juga disebut “High Temperature Carbonization” pada suhu 450°C - 500°C . Ketika proses pirolisis dihasilkan beberapa gas, seperti CO, CO₂, CH₄, H₂, dan hidrokarbon ringan. Gas yang dihasilkan bermacam-macam tergantung dari bahan baku, contoh pirolisis dengan bahan baku batu bara menghasilkan gas seperti CO, CO₂, NO_x, dan SO_x (Yudanto, 2005). Sudrajat dan Pari (2011) membagi proses pengarangan menjadi tiga tahapan, yaitu :

- a. Pada suhu $100 - 200^{\circ}\text{C}$ terjadi penguapan air dan sampai 270°C mulai terjadi penguraian selulosa. Densilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu $200 - 270^{\circ}\text{C}$.
- b. Pada saat suhu $270 - 310^{\circ}\text{C}$ reaksi eksotermik berlangsung, dimana terjadi penguraian selulosa secara intensif menjadi larutan pirolignat, gas dari kayu dan sedikit tar. Asam piroglinat adalah sebuah asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan metanol, sedangkan gas kayu terdiri dari CO dan CO₂.
- c. Pada saat suhu $310 - 500^{\circ}\text{C}$ terjadi penguraian lignin, menghasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun. Gas CO₂ menurun sedangkan gas CO, CH₄ dan H₂ meningkat.

d. Pada suhu 500 – 1000 °C merupakan tahap pemurnian arang atau peningkatan kadar karbon.

Faktor yang mempengaruhi karbonisasi adalah kecepatan pemanasan dan tekanan udara dalam tanur. Semakin cepat pemanasan maka semakin sukar pengamatan terhadap tahap karbonisasi dan rendemen yang dihasilkan lebih rendah. Semakin tinggi tekanan semakin besar rendemen arang.

2.2.4.2. Pembuatan Arang Aktif

Proses aktivasi arang merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang akan digunakan. Maksud dari aktivasi adalah suatu proses terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar luas permukaan atau pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan, sehingga arang mengalami perubahan fisis, baik fisika maupun kimia, bertambah besarnya luas permukaan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring dan sinaga, 2003).

Menurut sembiring dan Sinaga (2003) pengaktifan arang untuk arang aktif ada dua cara yaitu :

1. Aktivasi kimia : yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik menggunakan bahan kimia.
2. Aktivasi fisika : proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik menggunakan bantuan panas, uap dan CO₂.

Pengaktifan dengan metode kimia yaitu menggunakan aktifator berbahan kimia, seperti : hidroksida logam alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya khususnya ZnCl₂, asam-asam anorganik seperti H₂SO₄ dan H₄PO₄.

Pengaktifan dengan cara fisika, arang dipanaskan didalam furnace pada temperatur 800 - 900 °C. Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah merupakan reaksi eksoterm sehingga susah untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau CO₂ pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga mudah dikontrol dan paling umum digunakan.

Berdasarkan pernyataan diatas proses pembuatan arang aktif dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Proses kimia : bahan baku dicampur dengan bahan kimia kemudian dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktifasi dilakukan pada suhu 100 °C. hasil arang aktif dicuci dengan air kemudian dikeringkan dengan suhu 300 °C. menggunakan proses kimia bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu baru kemudian dicampur dengan bahan kimia.
- b. Proses fisika : pertama yang dilakukan adalah pembuatan arang, kemudian arang tersebut dihancurkan, diayak selanjutnya diaktifasi dengan cara pemanasan pada temperature 1000 °C yang disertai pengaliran uap. Proses fisika banyak digunakan untuk aktifasi arang, antara lain : proses briket : arang terlebih dahulu dibuat briket dengan cara mencampurkan arang halus dengan ter kemudian briket yang telah dihasilkan dikeringkan pada suhu 550 °C selanjutnya diaktifasi dengan uap. Destilasi kering : adalah suatu proses penguraian suatu bahan akibat adanya pemanasan pada temperatur tinggi dengan keadaan sedikit udara maupun tanda udara. Dengan metode destilasi kering diharapkan daya serap arang aktif yang dihasilkan dapat menyerupai atau lebih baik dari pada daya serap arang aktif yang diaktifkan dengan menyertakan bahan kimia. Juga dengan cara ini pencemaran lingkungan sebagai akibat adanya penguraian senyawa kimia dari bahan pada proses pengarangan dapat dihindari, juga didapat asap cair sebagai hasil pengembunan uap hasil penguraian senyawa organik dari bahan baku (sembiring dan Sinaga, 2003).

2.2.4.3 Syarat Mutu Arang Aktif

Pengujian mutu arang aktif bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian mutu arang aktif menurut SNI (1995) dalam Sudrajat dan Pari (2011) meliputi :

- a. Penentuan bagian yang hilang pada suhu pemanasan 950 °C.

- b. Penentuan kadar air.
- c. Penentuan kadar abu.
- d. Daya serap terhadap larutan I₂.

Menurut SII arang aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti tertera pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Arang Aktif Menurut SII No. 0258 – 79
sekarang SNI, 06-730-1995

JENIS	PERSYARATAN	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C, %	Maks. 15	Maks. 25
Kadar Air, %	Maks.4,5	Maks. 15
Kadar Abu, %	Maks.2,5	Maks. 10
Bagian yang tidak mengarang	0	0
Daya serap terhadap larutan I ₂ , mg/g	Min.750	Min. 750
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap <i>benzema</i> , %	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Min. 60	Min. 120
Berat jenis curah, g/ml	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325, %	-	Min. 90
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

Sumber: Sudrajat dan Pari (2011).

2.2.4.4. Prosedur Penetapan Mutu Arang Aktif

Menurut Jamilatun (2014) berdasarkan standardisasi yang berlaku, prosedur mutu untuk arang aktif dapat dilihat pada beberapa hal, diantaranya:

- a. Rendemen (SNI, 06-3730-1995, Arang aktif Teknis)

Arang aktif yang diperoleh dibersihkan terlebih dahulu kemudian ditimbang.

- b. Kadar air (SNI, 06-3730-1995, Arang Aktif Teknis)

Kadar air bahan ditentukan dengan cara pengeringan menggunakan oven. Sebanyak 5 gram sample yang telah dihaluskan di timbang dengan teliti

dan ditempatkan pada wadah alumunium yang sudah diketahui beratnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam (sampai berat konstan) selanjutnya contoh didinginkan dalam eksikator selama 15 menit baru kemudian ditimbang.

- c. Kadar zat mudah menguap (SNI, 06-3730-1995, Arang Aktif Teknis)
Pada dasarnya metode ini mengandalkan penguapan zat-zat dalam arang selain dari air. Dengan cara menimbang sample sebanyak 20 gram dan dipanaskan dalam tanur pada suhu 800 – 900 °C selama 15 menit. Setelah itu didinginkan dalam eksikator dan ditimbang.
- d. Kadar abu total (SNI, 06-3730-1995, *Arang Aktif Teknis*)
Sebanyak 5 gram arang aktif dimasukkan ke wadah porselin yang sudah diketahui bobot keringnya, kemudian ditempatkan dalam tanur listrik pada suhu 750 °C selama 6 jam. Kemudian didinginkan dengan desikator selama satu jam selanjutnya ditimbang hingga beratnya tetap.
- e. Kadar karbon (SNI, 06-3730-1995, *Arang Aktif Teknis*)
Karbon dalam arang adalah zat yang terdapat pada fraksipadat hasil dari pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat atsiri yang masih terkandung pada pori-pori arang. Definisi ini hanya berupa pendekatan.

2.2.4.5. Penggunaan Arang Aktif

Arang aktif terbagi menjadi dua jenis yaitu arang aktif sebagai pemucat dan arang aktif sebagai penyerap uap, Oleh karena itu arang aktif banyak digunakan oleh kalangan industri. Hampir 60 % produksi arang aktif di dunia dimanfaatkan oleh industri gula, pembersih minyak dan lemak, kimia, dan farmasi (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Penggunaan arang aktif secara umum dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penggunaan Arang Aktif

No.	PEMAKAI	KEGUNAAN	JENIS/MESH
1.	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilang bau dan rasa	8x30, 325
2.	Minuman keras dan ringan	Penghilangan warna, bau penghilang resin	4x8, 4x12
3.	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah	4x8, 4x12, 8x30
4.	Pembersih air	Penghilang warna, bau penghilang resin	
5.	Budidaya udang	Pemurnian, penghilang <i>ammonia</i> , <i>netrite phonol</i> dan logam berat	4x8, 4x12
6.	Industri gula	Penghilang zat warna, menyerap dan penyaringan menjadi lebih sempurna	4x8, 4x12
7.	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut	4x8, 4x12, 8x30
8.	Permurnian gas	Menghilangkan <i>sulfur</i> , gas beracun, bau busuk asap	4x8, 4x12
9.	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut <i>vinil choride</i> , <i>vinil acetat</i>	4x8, 4x30
10.	Pengolahan pupuk	Pemurnian, penghilang bau	8x30

Sumber (Sembiring dan Sinaga, 2003)

2.2.5. Penyerapan (*adsorbsion*)

Menurut Widhianti (2010) *adsorbsi* didefinisikan sebagai pengambilan molekul-molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorben atau oleh permukaan larutan. *Adsorbsi* terjadi karena molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair yang memiliki gaya tarik dalam keadaan tidak setimbang yang cenderung tertarik ke arah dalam (gaya kohesi *adsorben* lebih besar dari gaya adhesinya). Tidak setimbangnya gaya

tarik tersebut berakibat pada zat padat atau cair yang digunakan sebagai *adsorben* cenderung menarik zat-zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya. Bahan yang terserap disebut *adsorbat*, sedangkan daerah terjadinya penyerapan disebut *adsorben*. Pada penjernihan air limbah dipergunakan untuk mengurangi pengotoran bahan organik, partikel termasuk benda yang tidak dapat diurai (*nonbiodegradable*) atau gabungan antara bau, warna, dan rasa (sukardjo, 1985)

2.2.6. Polutan

Sumber pencemar (polutan) dapat berupa suatu lokasi tertentu (*point source*) atau tak tentu/tersebar (*non point / diffuse source*). Sumber pencemar *point source* contohnya adalah knalpot kendaraan, cerobong asap pabrik dan saluran limbah industri. Pencemar yang berasal dari *point source* bersifat local. Efek yang ditimbulkan adalah dapat ditentukan berdasarkan karakteristik special kualitas air. Volume pencemar dari *point source* biasanya relatif tetap, sedangkan sumber pencemar *non-point source* dapat berupa *point source* dalam jumlah yang banyak. Contohnya : limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pestisida dan pupuk, limpahan dari daerah pemukiman (domestik) dan dari daerah perkotaan.

2.2.7. Pengertian Air Limbah

Air limbah (*wastewater*) adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga, dari industri, air tanah, air permukaan, serta air buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini adalah hal yang bersifat kotoran umum. Ada berbagai macam asal air limbah, yaitu air limbah rumah tangga, air limbah industri, serta air limbah rembesan dan tambahan (Sugiharto, 1987, hal : 5)

2.2.8. Karakteristik Kimia dan Fisika Limbah Cair

Limbah cair memiliki 2 karakteristik yaitu karakteristik fisik dan kimia. Adapaun karakter fisiknya antara lain :

1. Padatan : pada limbah cair terdapat padatan organik dan nonorganik yang mengendap dan tersuspensi sehingga bisa mengendap dan menyebabkan pendangkalan.

2. Kekeruhan : kekeruhan menunjukkan sifat optis di dalam air karena terganggunya cahaya matahari saat masuk ke dalam air akibat adanya koloid dan suspensi
3. Bau : bau dikarenakan karena adanya mikroorganisme yang menguraikan bahan organik.
4. Suhu : limbah cair memiliki suhu yang berbeda dibandingkan dengan air biasa, biasanya suhunya lebih tinggi karena adanya proses pembusukan. Sedangkan karakter kimia dari limbah cair yaitu :
 - a. Keasaman : keasaman limbah cair dipengaruhi oleh adanya bahan buangan yang bersifat asam atau basa. Agar limbah tidak berbahaya, maka limbah diupayakan untuk memiliki pH netral.
 - b. Logam berat beracun : Cadmium dari industri tekstil, merkuri dari pabrik cat, raksa dari industri perhiasan dan jenis logam berat yang lainnya.
 - c. Nitrogen : umumnya terdapat sebagai bahan organik dan diubah menjadi ammonia oleh bakteri sehingga menghasilkan bau busuk dan bisa menyebabkan permukaan air menjadi pekat sehingga tidak bisa ditembus cahaya matahari.
 - d. Fenol : salah satu bahan organik yang berasal dari industri tekstil, kertas, minyak dan batubara sehingga menyebabkan keracunan.
 - e. BOD : kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa organik yang ada di dalam air.
 - f. COD : kebutuhan oksigen yang diperlukan mikroba untuk menghancurkan bahan organik.
 - g. *Total Suspended Solid (TSS)* adalah besaran total dari seluruh padatan dalam cairan atau banyaknya partikel yang berukuran lebih besar dari 1 μm yang tersuspensi dalam suatu kolam air
 - h. NH_3N (Amonia Bebas) Amonia di perairan berasal dari hasil dekomposisi nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba dan jamur

- i. Fosfat adalah bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Merupakan salah satu unsur penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, manusia, binatang maupun tumbuhan walaupun dalam kadar yang berbeda satu sama lainnya. Secara alami fosfat juga diproduksi dan dikeluarkan oleh manusia/binatang dalam bentuk air seni dan tinja, sehingga fosfat juga akan terdeteksi pada air limbah yang dikeluarkan rumah sakit.

2.2.9 Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan organik *biodegradable*, meminimalkan bakteri patogen, serta memperhatikan estetika dan lingkungan. Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara alami dan secara buatan.

a) Secara Alami

Pengolahan air limbah secara alamiah dapat dilakukan dengan pembuatan kolam stabilisasi. Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen). Karena biaya yang dibutuhkan murah, cara ini direkomendasikan untuk daerah tropis dan sedang berkembang.

b) Secara Buatan

Pengolahan air limbah dengan buatan alat dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan). *Primary treatment* merupakan pengolahan pertama yang bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan filter (saringan) dan bak sedimentasi. Beberapa alat yang digunakan adalah saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan multimedia, percol

filter, *mikrostraining*, dan *vacum filter*. *Secondary treatment* merupakan pengolahan kedua, bertujuan untuk mengkoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilisasikan zat organik dalam limbah. Pengolahan limbah rumah tangga bertujuan untuk mengurangi kandungan bahan organik, nutrisi nitrogen, dan fosfor. Penguraian bahan organik ini dilakukan oleh makhluk hidup secara aerobik (menggunakan oksigen) dan anaerobik (tanpa oksigen). Secara aerobik, penguraian bahan organik dilakukan mikroorganisme dengan bantuan oksigen sebagai *electron acceptor* dalam air limbah. Selain itu, aktivitas aerobik ini dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (*activated sludge*) yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir aktivitas aerobik sempurna adalah CO₂, uap air, dan *excess sludge*. Secara anaerobik, penguraian bahan organik dilakukan tanpa menggunakan oksigen. Hasil akhir aktivitas anaerobik adalah biogas, uap air, dan *excess sludge*. *Tertiary treatment* merupakan lanjutan dari pengolahan kedua, yaitu penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan posfat, serta penambahan klor untuk memusnahkan mikroorganisme patogen. Dalam pengolahan air limbah dapat dilakukan secara alami atau secara buatan, perlu dilakukan berbagai cara pengendalian antara lain menggunakan teknologi pengolahan limbah cair, teknologi proses produksi, daur ulang, *resure*, *recovery* dan juga penghematan bahan baku dan energi (Rahman, dkk, 2009).

2.2.9.1 Metode Pengolahan Limbah Cair

Usaha-usaha pengendalian limbah ion logam belakangan ini semakin berkembang, yang mengarah pada upaya-upaya pencarian metode-metode baru yang murah, efektif, dan efisien (Kundari dan Slamet, 2008). Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk menghilangkan logam berat yang terdapat di dalam limbah, di antaranya adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), dan pemisahan dengan membran. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena mempunyai beberapa keuntungan,

yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik.

2.2.10 Teknologi Pengolahan Air Limbah

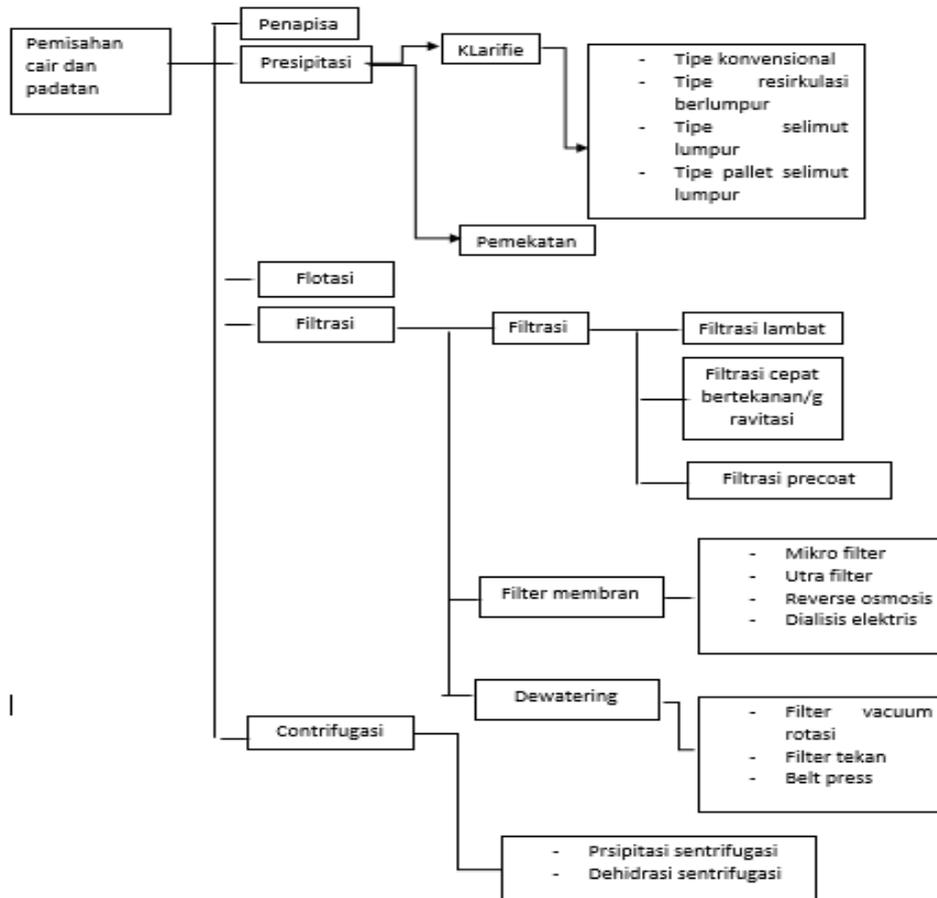
a. Pengolahan Secara Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air limbah, bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu. Terdapat 5 cara untuk melakukan pemisahan bahan-bahan cemaran tersebut dalam air limbah yaitu dengan penyaringan, presipitasi, flotasi, filtrasi dan sentrifugasi.

Penyaringan (*screening*) merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Sedangkan bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap.

Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisihkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

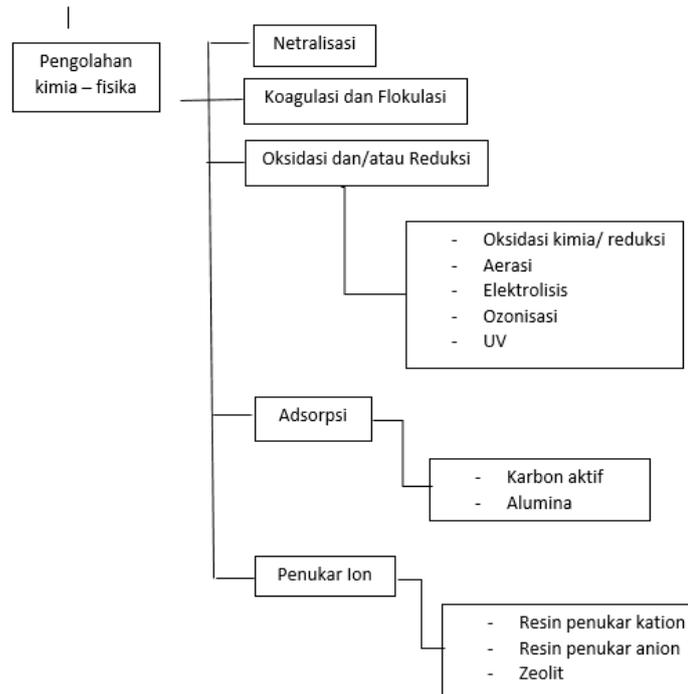
Proses filtrasi di dalam pengolahan air limbah, biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorpsi atau proses *reverse osmosis*-nya, akan dilaksanakan untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorpsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosa.



Gambar 2.3 Skema Diagram Pengolahan Air Limbah Secara Fisika

b. Pengolahan Secara Kimia

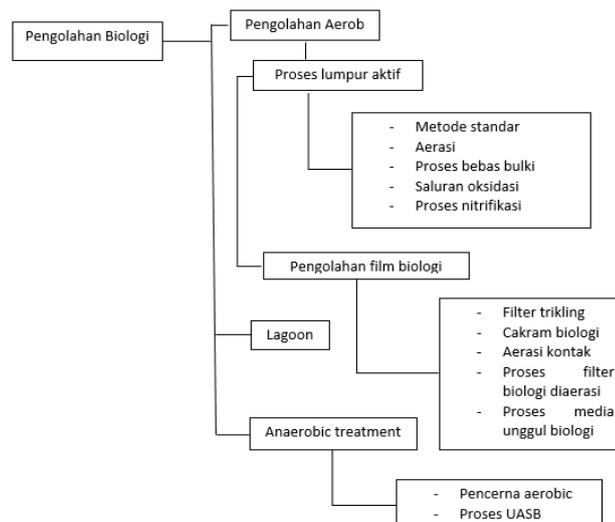
Pengolahan air limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.



Gambar 2.4 Skema Diagram Pengolahan Air Limbah Secara Kimiawi

c. Pengolahan secara biologi

Semua air limbah yang mengandung bahan organik dapat diolah secara biologi (*biodegradable*). Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi banyak diterapkan karena merupakan pengolahan yang murah, efisien dan lebih ramah lingkungan.



Gambar 2.5 Skema Diagram Pengolahan Air Limbah Secara Biologi

Apabila BOD air limbah tidak melebihi 400 mg/l, proses aerob masih dapat dianggap lebih ekonomis dari anaerob. Pada BOD lebih tinggi dari 4.000 mg/l, proses anaerob menjadi lebih ekonomis (Rachman, dkk, 2009).

2.2.11 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah R.I. Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, yang dimaksud dengan B3 dapat diartikan “Semua bahan/senyawa baik padat, cair, ataupun gas yang mempunyai potensi merusak terhadap kesehatan manusia serta lingkungan akibat sifat-sifat yang dimiliki senyawa tersebut”.

Limbah B3 diidentifikasi sebagai bahan kimia dengan satu atau lebih karakteristik :

- a. Mudah meledak
- b. Mudah terbakar
- c. Bersifat reaktif
- d. Beracun
- e. Penyebab infeksi
- f. Bersifat korosif.

Toksikologi lingkungan menjadi sangat penting, karena kenyataannya adalah bahwa yang paling merasakan dampak suatu kegiatan adalah manusia, bagian dari makhluk hidup. Kata racun (toksin, toksikan) memang berhubungan dengan sistem kehidupan (sistem biologi).

2.2.12. Dampak Logam Berat bagi Manusia

Logam berat yang terkandung dalam air apabila melebihi batas minimum yang ditentukan akan berdampak tidak baik bagi kesehatan manusia. Menurut Mokuno (2006) implikasi klinik akibat tercemar oleh logam berat seperti berikut ini:

- a. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Chromium (Cr)

Keracunan tubuh manusia terhadap kromium dapat berakibat buruk terhadap saluran pernafasan, kulit, pembuluh darah dan ginjal. Efek kromium terhadap sistem saluran pernafasan (*Respiratory sistem effects*),

berupa kanker paru-paru dan ulkus kronis/perforasi pada septum nasal. Pada kulit (*Skin effects*), berupa ulkus kronis pada permukaan kulit. Pada pembuluh darah (*Vascular effects*), berupa penebalan oleh plak pada pembuluh aorta (*Atherosclerotic aortic plaque*). Sedangkan pada ginjal (*Kidney effects*), kelainan berupa nekrosis tubulus ginjal.

b. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Cadmium (Cd)

Kadmium terutama dalam bentuk oksida adalah logam yang toksisitasnya tinggi. Sebagian besar kontaminasi oleh kadmium pada manusia melalui makanan dan rokok. Waktu paruh kadmium kira-kira 10 - 30 tahun. Akumulasi pada ginjal dan hati 10 - 100 kali konsentrasi pada jaringan yang lain.

❖ Pengaruh Cd terhadap ginjal.

Percobaan binatang dengan menyuntikkan larutan kadmium klorida ke dalam tubuh kelinci betina menunjukkan bahwa kelinci tersebut turun berat badannya. Urinnya mengandung protein melampaui batas normal dan kadang-kadang disertai keluarnya alkali fosfatase dan asam fosfatase sebagai tanda adanya kerusakan pada tubulus distal dari ginjal. Konsentrasi kadmium klorida sebesar antara 10,50 - 300 ppm dalam air minum tikus menyebabkan perubahan dari hampir seluruh pembuluh darah ginjal apabila diperiksa dengan mikroskop elektron. Tetapi tidak ada tanda-tanda perubahan yang terlihat dalam waktu 24 minggu apabila kadar kadmium dalam air minum tersebut hanya 1 ppm.

c. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Logam Berat Timbal (Pb)

Paparan bahan tercemar Pb dapat menyebabkan gangguan pada organ sebagai berikut :

- Gangguan *neurologi*.

Gangguan neurologi (susunan syaraf) akibat tercemar oleh Pb dapat berupa *encephalopathy*, *ataxia*, *stupor* dan *coma*. Pada anak-anak dapat menimbulkan kejang tubuh dan *neuropathy perifer*.

- Gangguan terhadap fungsi ginjal.

Logam berat Pb dapat menyebabkan tidak berfungsinya *tubulus renal*, *nephropati irreversible*, *sclerosis vaskuler*, *sel tubulusatropi*, *fibrosis* dan *sclerosis glumerolus*. Akibatnya dapat menimbulkan *aminoaciduria* dan *glukosuria*, dan jika paparannya terus berlanjut dapat terjadi nefritis kronis.

- Gangguan terhadap sistem syaraf.

Efek pencemaran Pb terhadap kerja otak lebih sensitif pada anak-anak dibandingkan pada orang dewasa. Akibat jangka panjang dari paparan Pb dapat menyebabkan *lead encephalopathy*. Gambaran klinis yang timbul adalah rasa malas, gampang tersinggung, sakit kepala, tremor, halusinasi, gampang lupa, sukar konsentrasi dan menurunnya kecerdasan.