

**PENJERAPAN ION LOGAM KUPRUM (Cu^{2+})
OLEH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
TERAWAT ASID HIDROKLORIK (HCl)**

NUR ANALINA BINTI BACHO

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**PROGRAM KIMIA INDUSTRI
FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2014



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

222516

ARKIB



PUMS 99:

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: PENJERAPAN ION LOGAM KUPRUM (Cu²⁺) OLEH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
PA TERAWAT ASID HIDROKLORIK (HCl)

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN CKIMIA INDUSTRI)

SAYA: NUR ANALINA BINI BACHO SESI PENGAJIAN: 2011/2014
(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD (Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana Penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Nur Analina
(TANDATANGAN PENULIS)

Disahkan oleh
NORULAIN BINTI ISMAIL
LIBRARIAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat tetap: KG. BOMBALAI
PETI SURAT 135, 91007
TAWAU, SABAH

DR. JAHIMIN ASIK
NAMA PENYELIA

Tarikh: 24 JUN 2014

Tarikh: 24 JUN 2014

Catatan :-

- * Potong yang tidak berkenaan.
- * Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
- * Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM)

PERPUSTAKAAN UMS



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**PENJERAPAN ION LOGAM KUPRUM (Cu^{2+}) OLEH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
TERAWAT ASID HIDROKLORIK (HCl)**

NUR ANALINA BINTI BACHO

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM KIMIA INDUSTRI
FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2014



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

Nur

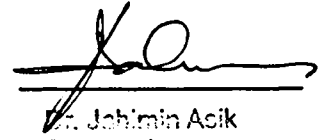
NUR ANALINA BINTI BACHO
(BS 11110458)

21 MEI 2014

DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

1. Penyelia
(Dr Jahimin Asik)



Dr. Jahimin Asik
Penyelia
Program Khas Industri
Sekolah Sains dan Teknologi
Universiti Malaysia Sabah

PENGHARGAAN

Pertama sekali, ingin saya merakamkan setinggi-tinggi penghargaan terima kasih diatas jasa dan tunjuk ajar serta sokongan yang diberikan oleh Dr Jahimin Asik selaku penyelia saya dalam projek akhir tahun, dan penulisan disertasi ini. Segala sokongan dan tunjuk ajar yang diberikan oleh beliau amatlah saya hargai.

Saya juga ingin berterima kasih kepada semua pembantu makmal yang terlibat membantu saya sepanjang melakukan kerja-kerja di dalam makmal, khususnya yang melibatkan penggunaan instrument AAS. Tidak lupa juga kepada rakan- rakan seperjuangan yang banyak membantu dan memberikan tunjuk ajar semasa kajian ini dijalankan, ribuan terima kasih saya ucapkan.

Saya juga ingin berterima kasih kepada kedua ibu bapa dan semua ahli keluarga yang tidak putus memberikan semangat , bantuan dan galakan untuk saya menjalankan projek akhir tahun akhir saya sehinggalah selesai penulisan disertasi ini. Dengan kasih sayang yang diberikan, saya akui banyak membantu saya dalam menyiapkan projek akhir tahun ini.

Akhir sekali, terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu saya ketika menjalankan projek akhir tahun saya dan dalam penulisan disertasi ini secara langsung ataupun tidak.

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan adalah untuk menentukan kebolehan tandan kosong kelapa sawit dalam penyingkiran logam berat kuprum. Tandan kosong kelapa sawit terlebih dahulu diubahsuai menggunakan asid hidroklorik. Kajian dilakukan dengan menggunakan berat tandan kosong kelapa sawit terawat dan kepekatan awal larutan yang berbeza. Di samping itu, kajian ini juga dilakukan pada nilai pH yang berbeza dengan menambah larutan logam berat yang mempunyai pH berbeza keatas berat logam berat bagi mendapatkan jumlah maksimum logam berat yang dijerap. Daripada keputusan yang diperolehi, didapati bahawa jumlah logam yang dijerap adalah paling tinggi apabila sebanyak 1.5 g tandan kosong kelapa sawit terawat dimasukkan ke dalam larutan. Jumlah logam yang dijerap adalah sebanyak 1.089 mg/g. Jumlah logam yang dijerap paling tinggi juga dapat diperolehi pada kepekatan larutan sebanyak 50mg/L iaitu 1.903 mg/g. Disamping itu, pH 9 juga menunjukkan jumlah logam dijerap yang paling tinggi iaitu 0.536 mg/g. Sebagai kesimpulan, tandan kosong kelapa sawit terawat mampu menyingkirkan ion logam kuprum dan boleh dijadikan alternatif bagi menggantikan karbon teraktif.

ABSTRACT

Copper ion removal by adsorption using hydrochloric acid (HCl) treated empty fruit bunches

This research was conducted to investigate the ability of empty fruit bunches to remove heavy metals. Empty fruit bunches were firstly modified with hydrochloric acid before proceeds to the batch studies. The experiment was using different mass of treated empty fruit bunches and initial concentration of solution to investigate the removal of heavy metal. It was carried by adding different mass of treated empty fruit bunches and initial concentration of solution. Besides, it was also tested at different value of pH, which was done by adding an amount of treated empty fruit bunches that gives the best performance into different pH of stock solution to get the maximum amount of metal adsorbed. From the result, the amount of metal adsorbed was highest when 1.5 g of treated empty fruit bunches were added. The amount of metal adsorbed was 1.089 mg/g. The highest amount of metal adsorbed was found in 50 mg/L initial concentration of solution, which 1.903 mg/. Besides, pH 9 gives the highest amount of metal adsorbed which is 0.536 mg/g. As the conclusion, treated empty fruit bunches has their ability to remove copper ions and can be used as alternative replacing activated carbon.

KANDUNGAN

HALAMAN JUDUL	MUKA SURAT
PENGAKUAN	i
PENGESAHAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
SENARAI KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SINGKATAN	xi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang Kajian	1
1.2	Objektif	3
1.3	Skop Kajian	3
1.4	Kerelevanan Kajian	4

BAB 2 KAJIAN LITERATUR

2.1	Logam Berat	5
2.1.1	Sumber Logam Berat	6
2.1.2	Kesan Logam Berat	7
2.2	Kuprum (Cu)	7
2.2.1	Ciri-ciri Logam Kuprum	8
2.3	Kaedah Penyingkiran Ion Logam Berat	8
2.3.1	Pemendakan Kimia	9
2.3.2	Pertukaran ion	10
2.3.3	Osmosis Berbalik	10
2.4	Proses Jerapan	10



2.4.1	Keseimbangan Jerapan	11
2.4.2	Kinetik Jerapan	12
2.5	Bahan Penjerap	13
2.6	Tandan Kosong Kelapa Sawit	15
2.7	Spektroskopi Serapan Atom (AAS)	16

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Senarai Bahan Kimia dan Peralatan	18
3.2	Sumber dan Pra-rawatan Bahan Mentah	19
3.3	Penyediaan dan Rawatan EFB	19
3.4	Penyediaan Larutan Stok	19
3.4.1	Penyediaan Larutan Stok Ion Logam Kuprum Cu (II)	19
3.4.2	Penyediaan Larutan Piawai	20
3.4.3	Penyediaan Larutan Kerja	20
3.5	Kajian Jerapan	21
3.5.1	Pengaruh Masa Sentuhan	21
3.5.2	Pengaruh pH Larutan Ion Logam Kuprum Cu (II)	22
3.5.3	Pengaruh Kuantiti Bahan Penjerap	22
3.6	Analisis Cu ²⁺ dengan Spektroskopi Serapan Atom (AAS)	22
3.7	Carta Alir	23

BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1	Pengubahsuaian Tandan Kosong Kelapa Sawit (EFB)	24
4.2	Pengaruh pH Larutan Ion Logam Kuprum Cu (II)	26
4.3	Pengaruh Masa Sentuhan	27
4.3.1	Masa Sentuhan Terhadap Kepekatan Awal	28
4.3.2	Masa Sentuhan Terhadap Kuantiti Bahan Penjerap	29
4.4	Pengaruh Kepekatan Awal Larutan Ion Logam Kuprum Cu (II)	30
4.5	Pengaruh Kuantiti Bahan Penjerap	31
4.6	Keseimbangan Jerapan	32

4.7	Kinetik Jerapan	34
BAB 5 KESIMPULAN		39
RUJUKAN		41
LAMPIRAN		46



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka surat
2.1	Tandan segar buah kelapa sawit	15
2.2	Tandan kosong buah kelapa sawit	16
3.1	Spektroskopi Serapan Atom (AAS)	23
3.2	Proses pra-rawatan dan penyediaan sampel EFB	23
4.1	Tandan kosong kelapa sawit sebelum pra-rawatan	24
4.2	Tandan kosong kelapa sawit selepas pra-rawatan	25
4.3	Tandan kosong kelapa sawit terawat asid hidroklorik (HCl)	25
4.4	Pengaruh pH larutan ion logam kuprum (II)	26
4.5	Pengaruh masa sentuhan	27
4.6	Kesan masa sentuhan terhadap kepekatan awal larutan ion kuprum (II)	29
4.7	Kesan masa sentuhan terhadap kuantiti bahan penjerap	30
4.8	Pengaruh kepekatan awal	31
4.9	Pengaruh kuantiti bahan penjerap	32
4.10	Isoterma Langmuir bagi penjerapan logam kuprum (II) oleh tandan kosong kelapa sawit terawat HCl	33
4.11	Isoterma Freundlich bagi penjerapan logam kuprum (II) oleh tandan kosong kelapa sawit terawat HCl	34
4.12	Pseudo-tertib pertama bagi penjerapan logam kuprum (II) oleh tandan kosong kelapa sawit terawat HCl	35
4.13	Pseudo-tertib kedua bagi penjerapan logam kuprum (II) oleh tandan kosong kelapa sawit terawat HCl	37

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat	
2.1	Sumber-sumber utama logam berat	7
2.2	Ciri-ciri logam kuprum	8
2.3	Perbandingan kaedah penyingkiran logam berat	9
2.4	Perbandingan di antara jerapan kimia dan jerapan fizikal	11
2.5	Jerapan logam berat menggunakan bahan penjerap berdasarkan bahan buangan pertanian	14
2.6	Ciri-ciri tandan kosong kelapa sawit	16
3.1	Senarai bahan	18
3.2	Senarai peralatan	18
4.1	Nilai pemalar isoterma jerapan bagi logam kuprum (II)	34
4.2	Nilai pemalar dan $q_{e,cal}$ bagi kinetik jerapan	36

SENARAI SINGKATAN

Pb	Plumbum
Cu	Kuprum
Cd	Kadmium
Cr	Kromium
Mn	Mangan
Hg	Merkuri
As	Arsenik
NaOH	Sodium Hidroksida
HCl	Asid Hidroklorik
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Kuprum (II) Nitrat Pentahidrat
<i>EFB</i>	<i>Empty Fruit Bunch</i>
<i>OPB</i>	<i>Oil Palm Bark</i>
<i>OPF</i>	<i>Oil Palm Frond</i>
AAS	<i>Atomic Absorption Spectroscopy</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyingkiran logam berat daripada air merupakan tindakan yang wajar diambil di sebabkan oleh sifat logam berat yang bersifat toksik kepada alam sekitar. Logam berat adalah pencemar toksik yang dibuang ke dalam sistem air yang mana dihasilkan oleh pelbagai aktiviti seperti industri, perlombongan dan pertanian. Air buangan industri mengandungi plumbum (Pb), kuprum (Cu), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan lain-lain boleh menyebabkan kontaminasi terhadap sumber air bawah tanah dan seterusnya menjurus kepada pencemaran air bawah tanah yang agak serius (Ageena, 2010). Air yang berkualiti tinggi dan bersih adalah keperluan asas manusia selain menjadi keperluan terhadap kegunaan pertanian, industri, domestik dan komersial. Walau bagaimanapun, kesemua aktiviti tersebut adalah merupakan punca atau penyebab kepada pencemaran air. Berbilion gelaian sisa buangan daripada kesemua aktiviti tersebut dibuang ke dalam air setiap hari. Oleh itu, sumber air tidak lagi sesuai digunakan sebagai keperluan disebabkan oleh pembuangan sisa yang tidak diurus dengan bijak (Renge *et al.*, 2012). Tambahan lagi, logam berat adalah tidak terbiodegradasi justeru itu ia mampu menyebabkan pelbagai penyakit dan gangguan terhadap kesihatan manusia (Babel & Kurniawan, 2003).



Pada hari ini, pelbagai kaedah telah digunakan untuk menyingkirkan logam di dalam air seperti pemendakan kimia atau elektrokimia, osmosis berbalik, pertukaran ion dan penjerapan (Rao *et al.*, 2000). Walaubagaimanapun, terdapat banyak kekurangan pada sesetengah kaedah yang telah diperkenalkan di atas antaranya ialah kos pemprosesan yang tinggi (Marchetti *et al.*, 2000). Kaedah pemendakan kimia mempunyai masalah dalam pembuangan sisa mendakan (Meunier *et al.*, 2006) dan penukaran ion pula tidak dilihat sebagai satu kaedah yang menjimatkan (Pehlivan & Altun, 2006).

Selain itu, pemendakan kimia juga memerlukan modal yang tinggi dan kos pemprosesan yang tinggi (Gode *et al.*, 2005). Sementara itu, kaedah jerapan menunjukkan pelbagai kelebihan diatas kaedah fisiokimia ini. Kaedah ini adalah yang paling mudah dan berkesan untuk menyingkirkan logam berat. Walau bagaimanapun, terdapat had dalam kaedah ini kerana pengkelat dan resin pertukaran ion yang mahal. Oleh tu, bahan penjerap yang ekonomi perlu diperkenalkan dan dibangunkan untuk memudahkan penyingkirkan logam berat.

Bahan penjerap yang biasa digunakan untuk penyingkirkan logam daripada air adalah karbon teraktif tetapi tidak sesuai disebabkan harga yang tinggi (Rao *et al.*, 2009). Oleh itu, sebagai alternatif lain bahan penjerap kos rendah dari bahan buangan dan produk sampingan industri digunakan. Bahan penjerap boleh diklasifikasikan sebagai bahan penjerap kos rendah sekiranya ia memerlukan kos pemprosesan yang sedikit, senang diperolehi dalam alam sekitar, produk sampingan atau bahan buangan daripada industri (Bailey *et al.*, 1999).

Sebahagian tumbuhan akuatik (Axtell *et al.*, 2003), bahan berasaskan kayu (Shukla *et al.*, 2002), produk sampingan pertanian (Chuah *et al.*, 2005), tanah liat (Márquez *et al.*, 2004), zeolit semulajadi (Erdem *et al.*, 2004), mikroorganisma (Bai & Abraham, 2002) dan bahan penjerap kos rendah yang lain (Dakiky *et al.*, 2002) mempunyai kapasiti untuk menyerap dan mengumpulkan logam berat.

Walaupun penggunaan tumbuhan akuatik, mikroorganisma, dan bahan berasaskan kayu akan meningkatkan COD dalam air, pengubahan bahan penjerap dalam mengurangkan masalah tersebut (Bai & Abraham, 2002).

1.2 Objektif kajian

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk:

- a) Merawat tandan buah kelapa sawit yang kosong (EFB) untuk digunakan sebagai bahan penjerap.
- b) Menentukan kebolehan penyingkiran logam berat kuprum menggunakan tandan buah kelapa sawit yang terawat.

1.3 Skop Kajian

Dalam kajian ini, penyingkiran dilakukan terhadap ion logam berat kuprum (II) daripada air. Penyingkiran dilakukan menggunakan bahan penjerap yang dihasilkan daripada sisa buangan kelapa sawit iaitu tandan kosong buah kelapa sawit. Tandan kosong buah kelapa sawit atau EFB ini akan dibersihkan dan dirawat menggunakan asid. Rawatan atau pengubahsuaian dibuat ke atas EFB adalah untuk meningkatkan kapasiti jerapan bahan penjerap tersebut. Antara parameter-parameter yang digunakan di dalam kajian ini adalah pH larutan, masa sentuhan dan kuantiti bahan penjerap yang digunakan. Isotherma Langmuir dan Freundlich digunakan untuk mengenalpasti jenis penjerapan serta AAS digunakan di dalam kajian ini untuk menentukan kepekatan akhir larutan bahan dijerap.

1.4 Kerelevanan Kajian

Kajian ini mampu membantu dalam meminimalkan impak persekitaran dan juga membantu dalam menyingkirkan logam berat daripada air atau air sisa buangan industri. Tambahan lagi, logam berat memberikan kesan yang hebat terhadap keselamatan dan kesihatan manusia serta persekitaran. Oleh itu, bahan buangan seperti tandan kosong buah kelapa sawit atau EFB boleh dijadikan sebagai bahan penjerap yang membantu dalam menyingkirkan logam berat daripada air atau air buangan industri untuk memastikan keselamatan dan kesihatan yang lebih baik dengan persekitaran yang baik.

Kerelevanan kajian ini adalah seperti berikut:

a) Persekitaran Akuatik

Apabila air sisa buangan daripada industri yang mengandungi logam berat dilepaskan ke dalam sungai atau tasik, ia justeru akan mengganggu ekosistem akuatik dan mencemarkan persekitaran akuatik tersebut. Oleh itu, kajian ini boleh menjaga persekitaran akuatik dengan menyingkirkan logam berat daripada air buangan industri tersebut.

b) Menukarkan bahan buangan kelapa sawit kepada produk yang lebih berguna
Malaysia adalah antara pengeluar minyak yang terbesar di dunia. Penghasilan bahan buangan seperti EFB akan dihasilkan dalam kuantiti yang agak banyak. Tandan kosong yang dileraikan dari buah kebiasaannya dibakar dan dijadikan baja. Penghasilan EFB yang banyak memberikan peluang agar EFB dijadikan satu bahan untuk membantu dalam mengurangkan pencemaran seperti penyingkiran logam dari air.

c) Keprihatinan terhadap kesihatan

Air sisa buangan industri malah sumber air bawah tanah juga mungkin mengandungi logam berat yang boleh memberikan impak negatif terhadap kesihatan manusia. Walaupun sesetengah logam adalah bahan asas terhadap badan manusia namun tetap menjadi toksik pada kepekatan yang tinggi. Oleh itu, penyingkiran logam adalah perlu untuk memastikan tahap kesihatan yang memberangsangkan kepada manusia.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Logam Berat

Pencemaran alam sekitar adalah satu perkara yang penting yang dihadapi oleh manusia. Pencemaran sumber air disebabkan pelepasan logam berat telah meningkat di seluruh dunia dan agak membimbangkan sejak beberapa dekad yang lepas. Logam berat adalah unsur-unsur yang mempunyai berat atom di antara 63.5 dan 200.6 serta spesifikasi graviti lebih besar daripada 5.0 (Srivastava & Majumder., 2008). Logam berat dianggap sebagai satu daripada pencemar yang mampu memberikan kesan langsung terhadap manusia dan haiwan. Logam berat adalah satu di antara pencemaran yang agak berbahaya. Pencemaran logam berat terjadi dalam kebanyakan air buangan industri yang dihasilkan oleh operasi pertombongan, penghasilan cat dan pigmen dan industri kaca serta seramik. Pelepasan logam berat ke dalam air adalah satu masalah pencemaran yang agak serius. Pelbagai logam berat termasuk kromium (Cr), kuprum (Cu), plumbum (Pb), mangan (Mn), merkuri (Hg) dan kadmiun (Cd) ternyata adalah sangat toksik. Logam berat senang terkumpul dan di dalam organisma hidup dan ini yang menyebabkan ia sangat berbahaya walaupun hanya wujud dalam kepekatan yang agak kecil.



2.1.1 Sumber Logam Berat

Perkataan logam berat merujuk kepada mana-mana unsur metalik kimia yang mempunyai ketumpatan yang agak tinggi dan toksik pada kepekatan yang rendah. Contoh logam berat adalah termasuk merkuri (Hg), cadmium (Cd), arsenik (As), kromium (Cr), dan plumbum (Pb). Logam berat adalah komponen semulajadi yang boleh didapati di dalam kerak bumi. Ia tidak boleh dimusnahkan atau dilupuskan.

Sebagai elemen surih, sebahagian logam berat seperti kuprum dan zink adalah suatu yang asas untuk mengekalkan metabolisme badan manusia dan memasuki badan manusia melalui makanan, air minuman dan udara. Walau bagaimanapun, pada kepekatan yang tinggi ia mampu menjurus kepada keracunan. Keracunan logam berat disebabkan, misalnya dari bahan cemar dalam air minuman, kepekatan yang tinggi di dalam udara yang berdekatan dengan sumber pelepasan atau melalui rantai makanan (Renge *et al.*, 2012).

Logam berat adalah sangat berbahaya kerana ia cenderung untuk terbio-akumulasi. Bio-akumulasi bermaksud peningkatan di dalam kepekatan bahan kimia di dalam organisma biologi dari masa ke masa, berbanding kepekatan bahan kimia di dalam persekitaran (Renge *et al.*, 2012). Logam berat terkumpul di dalam benda hidup pada bila-bila masa ia diambil dan disimpan lebih cepat berbanding ia dileraikan dan dikelurakan. Logam berat masuk ke dalam sumber air melalui buangan industri dan pengguna atau malah dari hujan asid yang meleraikan tanah dan melepaskan logam berat ke dalam tasik, sungai dan bawah tanah (Lenntech, 2011). Sumber-sumber utama logam berat diringkaskan dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1 Sumber-sumber utama logam berat

No.	Sumber	Cu	Cr	As	Cd	Hg	Pb	Ni	Zn
1.	Perlombongan & pemprosesan bijih			X	X	X	X		X
2.	Metalurgi	X	X	X	X	X	X	X	X
3.	Industri Kimia	X	X	X	X	X	X		X
4.	Aloi						X		
5.	Cat		X		X		X		X
6.	Kaca	X		X		X	X		

7.	Kilang pulpa & kertas	X	X			X	X	X	
8.	Kulit		X	X		X			X
9.	Tekstil	X		X	X	X	X	X	X
10.	Baja	X	X	X	X	X	X	X	X
11.	Penapisan petroleum	X	X	X	X	X	X		X
12.	Pembakaran arang batu	X	X	X	X	X	X	X	

(Sumber: Gonzalez & Amenta, 2008)

2.1.2 Kesan Logam Berat

Kebanyakan produk yang kita gunakan mengandungi logam berat di dalamnya. Logam berat di dalam makanan yang kita makan, minuman yang kita minum dan udara untuk kita bernafas. Kita hanya memerlukan sedikit daripada beberapa logam berat termasuk zink, kuprum, mangan, molibdenum, vanadium dan strontium. Logam berat yang baik ini akan menjadi toksik kepada diri kita apabila ia berada dalam kuantiti yang agak tinggi atau mengambilnya dalam kuantiti yang terlalu sedikit. Oleh itu, kita mengambil lebih daripada dua puluh logam berat yang bukan asas terhadap fungsi badan kita.

Bagaimana logam berat masuk ke dalam badan kita? Logam berat masuk ke dalam badan kita melalui minuman, makanan, pernafasan dan kulit serta mata. Sekali ia memasuki badan, ia mampu merosakkan aras bersel yang menyebabkan penghasilan radikal bebas yang bahaya. Kerosakan aras bersel boleh menyebabkan kanser dan pelbagai jenis penyakit lain.

2.2 Kuprum (Cu)

Kuprum adalah logam berat yang digunakan secara meluas yang mana pengambilan kuantiti yang berlebihan oleh manusia boleh menyebabkan beberapa keradangan muscosal, keradangan sistem saraf dan perubahan nekrotik di dalam hati dan buah pinggang (Larous *et al.*, 2005). Disebabkan kegunaan kuprum secara meluas, banyak punca dan sumber yang berpotensi menyebabkan pencemaran logam kuprum. Kuprum boleh didapati sebagai bahan pencemar di dalam makanan terutama kerang, cendawan, kacang dan coklat.

Secara langsung, pemrosesan dan pembungkusan yang menggunakan bahan logam kuprum boleh mencemarkan produk tersebut seperti makanan, air atau minuman. Kuprum adalah salah satu logam asas terhadap kehidupan manusia dan kesihatan namun seperti logam berat yang lain, ia juga adalah toksik.

Pemerhatian terhadap hidupan akuatik pada kepekatan logam kuprum yang tinggi seperti ikan adalah kerosakan atau kegagalan organ insang, hati, buah pinggang untuk berfungsi. Pengoksidaan yang biasa bagi kuprum adalah 0, +1 dan +2. Ion kuprum (II) juga adalah elemen yang boleh larut di dalam air. Logam berat ini boleh didapati di dalam air disebabkan oleh pelbagai aktiviti industri seperti penyaduran, pembajaan dan pewarna dan pigmentasi.

2.2.1 Ciri-ciri Logam Kuprum

Ciri-ciri logam kuprum diringkaskan di dalam Jadual 2.2.

Jadual 2.2 Ciri-ciri logam kuprum

Sifat	Penerangan/Nilai
Ciri Fizikal	Pepejal
Jisim Atom	63.54 g/mol
Takat Didih	2595 °C
Takat Lebur	1083 °C
Ketumpatan	8.9 g.cm ⁻³ pada 20 °C

(Sumber: ScienceLab.com)

2.3 Kaedah Penyingkiran Logam Berat

Logam berat adalah antara bahan pencemar yang paling memudaratkan dan mampu memberikan impak yang negatif terhadap tahap kesihatan manusia. Oleh itu, kaedah penyingkiran logam diperkenalkan serta dibangunkan bagi mengurangkan risikonya terhadap kesihatan manusia. Jadual 2.3 menunjukkan beberapa kaedah penyingkiran logam berat.

Jadual 2.3 Perbandingan kaedah penyingkiran logam berat

Proses	Kelebihan	Kekurangan
Pemendakan kimia	Kepekatan logam yang rendah di dalam efluen dicapai	Keperluan bahan kimia yang tinggi, masalah pembuangan bahan enapcemar
Pemulihan elektrolitik	Penggunaan bahan kimia yang lebih kecil	Intensif tenaga, kos yang tinggi, Kurang efisien pada kepekatan rendah
Pertukaran ion	Pemprosesan dalam masa yang singkat	Kos yang tinggi, sesetengah resin dalam pertukaran ion tidak sesuai untuk peyingkiran logam
Osmosis berbalik	Dapat bertahan dalam suhu yang tinggi	Ketahanan membran yang kurang dan mudah kotor

(Sumber: Pizzi , 2010)

2.3.1 Pemendakan Kimia

Pemendakan kimia adalah berkesan dan digunakan secara meluas setakat ini di dalam industri (Ku & Jung, 2001) disebabkan prosesnya yang agak mudah dan melibatkan kos pemprosesan yang rendah. Dalam proses pemendakan, bahan kimia bertindak balas dengan ion logam berat untuk membentuk mendakan tidak larut. Pembentukan mendakan itu boleh dipisahkan dari air melalui sedimentasi atau penurasan. Dan air yang telah dirawat boleh dilepaskan atau diguna semula. Proses pemendakan kimia termasuk pemendakan hidroksida dan pemendakan sulfida.

Pemendakan hidroksida adalah kaedah pemendakan kimia yang sering digunakan disebabkan oleh proses yang agak mudah, kos yang rendah dan mudah bagi mengawal pH (Huisman et al., 2006). Keterlarutan pelbagai logam hidroksida dikurangkan di dalam pH antara 8.0-11.0. Logam hidroksida boleh disingkirkan dengan flokulasi dan sedimentasi. Bahan kimia yang sering digunakan untuk pemendakan adalah kapur.

2.3.2 Pertukaran Ion

Proses pertukaran ion telah digunakan untuk penyingkiran logam berat dari air disebabkan oleh banyak kelebihan yang diperolehinya. Antara kelebihan dalam proses ini adalah kapasiti rawatan yang tinggi, keberkesanan penyingkiran logam yang tinggi dan kadar kinetik yang cepat (Kang et al., 2004).

Resin penukaran ion, samada sintetik atau resin pejal semulajadi, mempunyai kebolehan spesifik untuk menukarkan kationnya dengan logam di dalam air. Di antara bahan yang digunakan dalam proses penukaran ion, resin sintetik adalah yang biasa digunakan kerana ia paling hampir berkesan untuk menyingkirkan logam berat dari air (Alyüz & Veli, 2009).

2.3.3 Osmosis Berbalik

Osmosis berbalik adalah proses membran yang didorong oleh tekanan di mana aliran masukan berada di bawah tekanan yang dipisahkan kepada penulenan wap telap. Tambahan lagi, satu aliran pekat dengan penelapan air terpilih melalui membran separa telap yang membenarkan cecair untuk melauinya dan menghalang bahan cemar. Osmosis berbalik terkenal meluas dalam kaedah rawatan yang berbagai bagi air buangan.

2.4 Proses Jerapan

Jerapan adalah perlekatan atom dan molekul pada permukaan bahan penjerap. Proses jerapan menunjukkan kehadiran bahan penjerap, iaitu pepejal yang mengikat molekul dengan melalui kuasa fizikal, pertukaran ion, atau pengikat kimia. Ia memperakukan bahawa bahan penjerap tersedia dalam kuantiti yang besar, percuma atau kos yang rendah dan senang dilupuskan (Gherbi et al., 2004).

Pembentukan ikatan kimia yang kuat antara molekul-molekul bahan yang dijerap dengan permukaan bahan penjerap adalah jerapan kimia. Haba yang dibebaskan semasa penjerapan kimia adalah tinggi jika dibandingkan dengan penjerapan fizikal.

RUJUKAN

- Agarwal, G. S., Bhuptawat, H. K. and Chaudhari, S. 2006. Biosorption of aqueous chromium (VI) by *Tamarindus indica* seeds. *Bioresource Technology*. **97**: 949–956
- Ageena, N.A. 2010. The use of Local Sawdust as an Adsorbent for the Removal of Copper Ion from Wastewater using Fixed Bed Adsorption, *J.*, **28**(2): 859-860.
- Al-Rub, F. A. A. 2006. Biosorption of zinc on palm tree leaves: equilibrium, kinetics, and thermodynamics studies. *Separation Science and Technology* . **41**: 3499–3515.
- Alyüz, B., Veli, S. 2009. Kinetics and equilibrium studies for the removal of nickel and zinc from aqueous solutions by ion exchange resins. *Journal of Hazardous Material*. **167**: 482-488.
- Axtell, N.R., Sternberg, S.P.K., Claussen, K., 2003. Lead and nickel removal using *Microspora* and *Lemna minor*. *Bioresource Technology* . **89**: 41–48.
- Babel, S., Kurniawan, T.A. 2003. Low cost absorbent for heavy metals uptake from contaminated water: A review. *Journal of Hazardous Material*. **97**: 219-243.
- Bai R.S., Abraham T.E. 2002. Studies on enhancement of Cr(VI) biosorption by chemically modified biomass of *Rhizopus nigricans*. *Water Research*. **36**: 1224–1236.
- Bailey, S.E., Olin, T.J., Bricka, R.M. 1999. A review of potentially low-cost sorbent for heavy metals. *Water Research*. **33**: 2469-2479.
- Chuah, T.G., Jumasiah, A., Azni, I., Katayon, S., Thomas Choong, S.Y. 2005. Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview. *Desalination* **175**: 305–316.
- Chubar, N., Carvallo, J.R., Correia, M.J.N. 2004. Heavy metal biosorption cork biomass: Effect of the pre-treatment. *Colloid Surfaces*. **238**: 51.
- Crittenden, J.C., Trosell, R.R., Hand, D.H., Howe, K.J and Tchobanglous, G. 2005. *Water Treatment and Design*. Ed. Ke-2. John Wiley & Sons Inc, United State of America.
- Dakiky, M., Khamis, M., Manassra, A., Mer'eb, M. 2002. Selective adsorption of chromium (VI) in industrial wastewater using low cost abundantly available adsorbents. *Adv. Environ. Res*. **6**: 533–540.
- Demirbas, A. 2009. Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solutions: a review. *Journal of Hazardous Materials*. **167**:1–9.
- Erdem, E., Karapinar, N., Donat, R. 2004. The removal of heavy metal cations by natural zeolites. *J. Colloid Interf. Sci*. **280**: 309–314.

- García, R. & Báez, A.P. 2012. Atomic Absorption Spectrometry (AAS). <http://www.intechopen.com/books/atomis-absorption-spectroscopy/atomic-absorption-spectrometry-aas>:
- Gherbi, N., Menial, A.H., Bencheikh-Lehodne, M., Mansri, M., Morcellet, M., Bellir, K., Bacquet, M., and Martel, M. 2004. Study of The Retention Phenomena of Copper II by Calcinated Wheat Byproducts. *Desalination*. **166**: 363–369.
- Gode, F., Demirbas, A., Pehlivan, E., Altun, T., Arslan, G. 2005. Adsorption of Cu(II), Zn(II), Ni(II), Pb(II), and Cd(II) from aqueous solution on Amberlite IR-120 synthetic resin. *Journal of Colloid and Interface Science*. **282**: 20–25.
- Gonzalez, M.I.C & Armenta, M.M. 2008. Heavy metals- Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. **26**: 263-271
- Hameed, B.H., Mahmoud, D.K., Ahmad, A.L. 2008. Equilibrium modeling and kinetic studies on the adsorption of basic dye by a low-cost adsorbent: Coconut (*Cocos nucifera*) bunch waste. *Journal of Hazardous Materials*. **15**: 865–72.
- Ho, Y.S., McKay, G. 1999. The sorption of lead (II) ions on peat, *Water Resources*. **33**: 578–584.
- Ho, Y.S., Ofomaja, A.E. 2006. Pseudo-second-order model for lead ion sorption from Huisman, J.L., Schouten, G., Schultz, C. 2006. Biologically produced sulphide for purification of process streams, effluent treatment and recovery of metals in the metal and mining industry. *Hydrometallurgy*. **83**: 106-113
- Iqbal, M. and Saeed, A. 2007. Production from wastewater Ni (II) from aqueous solution. *Process Biochem*. **42**: 148-157.
- Isam, Y.Q. 2011. Use of empty fruit bunch as a potential raw material for the production of activated carbon : Natural products an Indian journal review. *Trade Science Inc* **7**(3): 114-117
- Kang, S.Y., Lee, J.U., Moon, S.H., Kim, K.W. 2004. Competitive adsorption characteristics of Co^{2+} , Ni^{2+} , and Cr^{3+} by IRN-77 cation exchange resin in synthesized wastewater. *Chemosphere*. **56**: 141-147
- Kannan, N., and Meenakshisundaram, M. 2002. *Water, Air and Soil Pollution*. **138**: 289 –305.
- Ku, Y., Jung, I.L. 2001. Photocatalytic reduction of Cr(VI) in aqueous solutions by UV irradiation with the presence of titanium dioxide. *Water Research*. **35**: 135-142
- Larous, S., Menial, A.H., Bencheikh, M.L. 2005. Experimental study of the removal of copper from aqueous solutions by adsorption using sawdust. *Desalination*. **185**: 483–490

- Lenntech, B.V. Rotterdamseweg. 2011. The Netherlands. *Sources of Heavy Metals* .
- Malkoc, E. and Nuhoglu, Y. 2005. Investigations of nickel (II) removal from aqueous solutions using tea factory waste. *Journal of Hazardous Materials*. **127**: 120–128.
- Marchetti, V., Clement, A., Lonbinoux, B. 2000. Synthesis and use of esterified sawdusts bearing carboxyl group for removal of cadmium (II) from water. *Wood Science and Technology*. **34**(2): 167-173.
- Meunier, N., Drogui, P., Montané, C., Hausler, R., Mercier G., Blais, J.F. 2006. Comparison between electrocoagulation and chemical precipitation for metals removal from acidic soil leachate. *Journal of Hazard Material., In Press*.
- Namasivayam, C. and Sureshkumar, M.V. 2008. Removal of chromium (VI) from water and wastewater using surfactant modified coconut coir pith as a biosorbent. *Bioresource Technology*. **99**: 2218-2225.
- Namasivayam, C., Prabha, D. and Kumutha, M. (1998). Removal of direct red and acid brilliant blue by adsorption on to banana pith. *Bioresource Technology*, **64**(1): 77–79.
- Ncibi, M.C., Mahjoub, B., Seffen, M. 2007. Kinetic and equilibrium studies of methylene blue biosorption by *Posidonia oceanica* (L.) fibres. *Journal of Hazard. Materials*. **139**: 280–285.
- Park, S., Jung, W.Y. 2001. Removal of chromium by activated carbon fibers plated with copper metal. *Carbon Science*. **2** (1): 15–21.
- Pavan, F.A., Lima, E.C., Dias, S.L.P., Mazzocato, A.C. 2008. Methylene blue biosorption from aqueous solutions by yellow passion fruit waste. *J. Hazard. Mater.* **150**: 703–712.
- Pehlivan E., Altun T. 2006. The study of various parameters affecting the ion exchange of Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , and Pb^{2+} from aqueous solution on Dowex 50W synthetic resin. *Journal Hazardous Material*. **134**: 149-156
- Pizzi, N.G. 2010. Water Treatment : Principles and Practise of Water Supplied Operation. Ed Ke-4. American water works Association. United state of America.
- Rao, M.M., D.H.K.K. Reddy, P. Venkateswarlu and K. Seshaiiah, 2009. Removal of mercury from aqueous for using activated carbon prepared from agricultural by-product/waste. *Journal of Environment Management*. **90**(1): 634-643
- Rao, N.N., Kumar, A., Kaul, S.N. 2000. Alkali-treated straw and insoluble straw xanthate as low cost adsorbents for heavy metal removal preparation, characterization and application. *Bioresource Technology*. **71**: 133-142

- Renge, V.C., Khedkar, S.V., Pande, S.V. 2012. Removal of heavy metals from wastewater using low cost absorbent : A review. *Sci. Revs. Chem. Commun.* **2(4)**: 580-584.
- S.B. Lalvani, A. Hubner, T.S. Wiltowski. 2000. *Environment Technology.* **22**: 45
- Schiewer, S. and Patil, S.B. 2008. Pectin-rich fruit wastes as biosorbents for heavy metal removal: equilibrium and kinetics. *Bioresource Technology.* **99**: 1896–1903.
- ScienceLab.com. 2005. Chemicals & Laboratory Equipment. *Material Safety Data Sheet Copper.* <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9923549>
- Senthil, K.P., Kirthika, K. 2009. Equilibrium And Kinetic Study Of Adsorption Of Nickel From Aqueous Solution Onto Bael Tree Leaf Powder. *Journal of Engineering Science and Technology.* **4(4)**: 351 – 363.
- Shahalam, A.M., Al-Harthy, A., Al-Zawhry, A. 2002. Feed water pretreatment in RO systems in the Middle East. *Desalination.* **150**: 235-245.
- Shukla A, Zang Y.H., Dubey P., Margrave J.L., Shukla S.S. 2002. The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water. *Journal Hazardous Material.* **95**: 137-152.
- Sousa, F. W., Oliveira, A. G., Ribeiro, J. P., Rosa, M. F., Keukeleire, D. and Nascimento R. F. 2010. Green coconut shells applied as adsorbent for removal of toxic metal ions using fixed-bed column technology. *Journal of Environmental Management.* **91**: 1634-1640.
- Sreekala, M. S. and Thomas, S. 2003. Effect of Fibre Surface Modification on Water-sorption Characteristics of Oil Palm Fibres. *Composites Science and Technology.* **63(6)**: 861-869.
- Srivastava, N.K., Majumder, C.B. 2008. Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. *Journal of Hazardous Material.* **151**: 1-8.
- Suksabye, P., Thiravetyan, P. and Nakbanpote W. 2008. Column study of chromium(VI) adsorption from electroplating industry by coconut coir pith. *Journal of Hazardous Materials.* **160**: 56-62.
- Wang, X. Qin, Y. and Li, Z. 2006. Biosorption of zinc from aqueous solutions by rice bran: kinetics and equilibrium studies. *Separation Science and Technology.* **41**: 747–756.
- Weber Jr, W.J., Morris, J.C. 1963. Kinetics of adsorption on carbon from solution, J. Sanit. Eng. Div. Proceed. Am. Soc. Civil Eng. **89**: 31–59.
- Yacob, S., Hassa, M.A., Shirai, Y., Wakisaka, M. Subash, S. 2006. Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil effluent treatment. *Sci. Total. Environment.* **366**: 187