

**PENJERAPAN ION KUPRUM (II) DARIPADA LARUTAN AKUES
MENGUNAKAN DAUN KERING KELADI BUNTING**

MOHD KHALEMI BIN AB KHALID

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI YANG DIKEMUKAKAN
UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM SAINS SEKITARAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

MEI 2009



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENJERAPAN ION KURUM (II) DARIPADA LARUTAN
AKUES MENGGUNAKAN DAUN KERING KELADI BUNTING.

IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

SAYA MOHD KHALEMI BIN AB KHALID SESI PENGAJIAN: 2008/2009
 (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

TERHAD

TIDAK TERHAD

PERPUSTAKAAN
 UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

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

Disahkan Oleh

MUJIRULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: _____

DR. HARFY CHONG LYE HIN

Nama Penyelia

Tarikh: _____

Tarikh: 15/5/09

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




* 1000354673 *



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

15 Mei 2009



MOHD KHALEMI BIN AB KHALID

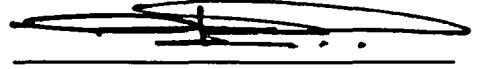
HS2005-1360

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

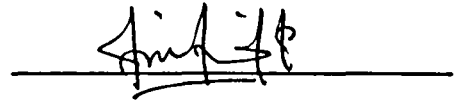


DIPERAKUKAN OLEH**1. PENYELIA**

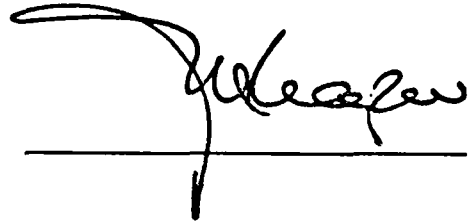
Dr. Harry Chong Lye Hin
Sekolah Sains dan Teknologi

**2. PEMERIKSA**

Siti Aishah bt Mohd Ali
Sekolah Sains dan Teknologi

**3. DEKAN**

Prof. Dr. Mohd Harun b Abdullah
Sekolah Sains dan Teknologi



PENGHARGAAN

Saya mengucapkan terima kasih kepada Dr. Harry Chong Lye Hin, selaku penyelia projek ini di atas nasihat dan tunjuk ajar beliau, dan juga kepada pembantu makmal yang membantu menyediakan peralatan dan radas makmal. Terima kasih juga kepada rakan-rakan yang membantu saya dalam menyiapkan kajian ini.



ABSTRAK

Kajian ini menentukan kapasiti maksimum jerapan ion kuprum oleh daun kering keladi bunting. Eksperimen ini menggunakan daun kering keladi bunting yang telah dihancurkan. Eksperimen dijalankan dalam keadaan pH asli, 5.5. Model Langmuir memberikan penyesuaian lengkung terbaik bagi menghuraikan keseimbangan dalam proses jerapan. Nilai Q_{max} didapati 39.06 mgg^{-1} . Daun kering tumbuhan ini mempunyai potensi untuk dijadikan bahan penjerap berkos rendah bagi menjerap ion logam, tetapi kajian lanjut perlu dijalankan bagi mengeksploitasi potensi sepenuhnya.



ADSORPTION OF COPPER (II) IONS FROM AQUEOUS SOLUTION BY DRIED LEAVES OF WATER HYACINTH

ABSTRACT

This study was conducted to determine the maximum adsorption capacity of dried leaves of water hyacinth leaves to remove copper (II) ion. The experiment was conducted at natural pH 5.5. The equilibrium data was found to follow Langmuir adsorption model. Q_{\max} value was found to be 39.06 mgg^{-1} . This materials is believed to has a potential as a low cost biosorbent in metal adsorption. However, further studies need to be carried to exploit its full potential.

Copper Absorption & adsorption

vi



KANDUNGAN

Muka Surat

PENAKUAN	ii	
PENGESAHAN	iii	
PENGHARGAAN	iv	
ABSTRAK	v	
ABSTRACT	vi	
SENARAI KANDUNGAN	vii	
SENARAI JADUAL	x	
SENARAI RAJAH	xi	
SENARAI FOTO	xii	
SENARAI LAMPIRAN	xiii	
SENARAI SIMBOL	xiv	
SENARAI SINGKATAN	xv	
BAB 1	PENDAHULUAN	
1.1	Pengenalan Kepada Keladi Bunting	1
1.1.1	Identifikasi Keladi Bunting	2
1.1.2	Kegunaan Keladi Bunting	7
1.2	Objektif Kajian	8
1.3	Skop Kajian	8
BAB 2	ULASAN KAJIAN	
2.1	Logam Berat	9
2.1.1	Applikasi Logam Berat	11
2.1.2	Kuprum	11
2.1.3	Kuprum Dalam Air Buangan Industri	12
2.1.4	Kesan Toksik Kuprum Kepada Organisma	13
2.2	Kajian Terdahulu	14
2.2.1	Jerapan	14
2.2.2	Model Jerapan	15
2.2.3	Biojerapan	16



2.2.4	Applikasi Jerapan dan Biojerapan	17
2.3	Rawatan Air Kumbahan dan Air Buangan Industri	18
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	
3.1	Bahan Kimia dan Radas	20
3.2	Penyediaan Alat Radas	21
3.3	Penyediaan Media Penjerap	21
3.4	Penyediaan Larutan Kuprum (II)	23
3.5	Ujikaji Lelehan Cu daripada Bahan Penjerap	24
3.6	Ujikaji Jerapan Berkelompok	24
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Ujikaji Lelehan Kuprum	26
4.2	Isoterma Jerapan	26
4.2.1	Isoterma Freundlich	28
4.2.2	Isoterma Langmuir	28
4.2.3	Perbandingan Isoterma	31
BAB 5	KESIMPULAN	
RUJUKAN		36
LAMPIRAN		43



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
1.1	Perbezaan keladi bunting dengan keladi bunting bercangkuk	2
2.1	Ciri-ciri air buangan industri	13
3.1	Bahan kimia yang digunakan	20
4.1	Interpretasi nilai R_L	30
4.2	Nilai pemalar bagi model Langmuir dan Freundlich	31
4.3	Perbandingan kapasiti maksimum bahan penjerap bagi penjerapan ion logam Cu (II)	32
4.4	Kandungan protein dalam keladi bunting	33



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka Surat
1.1	Keladi bunting dengan petiol menegak	6
1.2	Keladi bunting dengan petiol membengkak	6
4.1	Isoterma jerapan Cu oleh keladi bunting pada 20 ± 2 °C	27
4.2	Plot Freundlich untuk jerapan Cu oleh daun kering keladi bunting	28
4.3	Plot Langmuir untuk jerapan Cu oleh daun kering keladi bunting	29
4.4	Faktor pemisahan jerapan Cu (II) oleh daun kering keladi bunting pada 20 ± 2 °C	30



SENARAI FOTO

No. Foto		Muka Surat
1.1	Keladi bunting (<i>Eichhornia crassipes</i>)	3
1.2	Keladi bunting bercangkuk (<i>Eichhornia azurea</i>)	3
1.3	Keratan rentas struktur petiol	4
3.1	Keladi bunting yang telah dipotong	22
3.2	Bahan penjerap yang telah disediakan	23



SENARAI LAMPIRAN

	Muka Surat
Lampiran A Penyediaan larutan stok dan larutan ujikaji kuprum (II)	43
Lampiran B Penyediaan larutan piawai kuprum (II)	48
Lampiran C Penyediaan eluen	54
Lampiran D Data jerapan Cu oleh daun kering keladi bunting	56
Lampiran E Ringkasan kaedah jerapan berkelompok	57



SENARAI SIMBOL

C_e	Kepekatan ion logam dalam larutan pada takat kesetaraan
C_o	Kepekatan awalan ion logam dalam larutan
K_F	Pemalar Freundlich
K_L	Pemalar Langmuir
M	Molariti
N	Normaliti
Q_e	Kuantiti logam terjerap pada takat kesetaraan (mgg^{-1})
Q_{\max}	Kapasiti jerapan maksimum (mgg^{-1})
R_L	Faktor pemisahan
R^2	Perkaitan regresi
V	Isipadu



SENARAI SINGKATAN

Cr	Kromium
Cu	Kuprum
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Kuprum nitrat trihidrat
FAAS	Spektrometer Serapan Atom
HCl	Asid hidroklorik
H_2SO_4	Asid sulfurik
H_2O	Air
HNO_3	Asid nitrik
NaOH	Natrium hidroksida
Tn	Timah
Zn	Zink



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Kepada Keladi Bunting

Keladi bunting adalah sejenis tumbuhan akuatik yang tergolong dalam famili Pontederiaceae, terapung bebas di permukaan air dan boleh membesar sehingga 1 m tinggi dari akar ke daun (Mahmood *et al.*, 2005). Keladi bunting dijumpai di kawasan tropika dan subtropika dan menjadi tumbuhan semulajadi di Asia (Schneider *et al.*, 1995). Tumbuhan yang mendapat nutrien daripada air ini merupakan sejenis tumbuhan penyesar dan tahan kepada penyakit (Rodriguez *et al.*, 1998).

Keladi bunting mempunyai kadar pertumbuhan yang tinggi. Tumbuhan ini boleh mengganda sekali dalam tempoh enam hari (Zhou *et al.*, 2006; Zimmels *et al.*, 2006). Keladi bunting hidup dalam tasik yang cetek, paya-paya, sungai-sungai, dan kawasan tadahan air. Keladi bunting boleh mengadaptasi keadaan air yang tidak stabil seperti keadaan pH, suhu air, kandungan toksik, kandungan nutrient dan kadar



aliran air (Ismail *et al.*, 1996; Masifwa *et al.*, 2001). Tumbuhan ini membentuk selaput atau tikar yang menutupi permukaan air. Ini akan menghalang pengaliran air dengan menyumbat saluran-saliran dan juga akan menghalang cahaya matahari dari memasuki dasar kolam. Ini seterusnya akan mengakibatkan kekurangan kandungan oksigen terlarut (Olivares *et al.*, 2007). Tumbuhan ini dianggap sebagai ancaman kepada biodiversiti akuatik (Dhote dan Dixit, 2008).

1.1.1 Identifikasi Keladi Bunting

Keladi bunting dibezakan daripada tumbuhan-tumbuhan akuatik yang lain melalui daun yang berminyak, pembengkakan pada batang daun, dan warna bunga. Keladi bunting terapung bebas di permukaan air. Tumbuhan ini dibezakan dengan keladi bunting bercangkuk, yang berakar pada sedimen dan tanah, dan tidak terapung bebas pada permukaan air. Foto 1.1 dan 1.2 menunjukkan keladi bunting (*Eichhornia crassipes*) dan keladi bunting bercangkuk (*Eichhornia azurea*). Jadual 1.1 pula menunjukkan perbezaan antara keladi bunting dengan keladi bunting bercangkuk.

Jadual 1.1 Perbezaan keladi bunting dengan keladi bunting bercangkuk.

No.	Keladi bunting	Keladi bunting bercangkuk
1.	Terapung di permukaan air.	Tidak terapung, tetapi berakar pada dasar.
2.	Batang bercabang dari akar.	Batang bercabang dari batang sisi.
3.	Lapan kuntum bunga dengan anters berwarna kuning.	Enam kuntum bunga dengan anters berwarna ungu gelap.



Foto 1.1 Keladi bunting (*Eichhornia crassipes*)

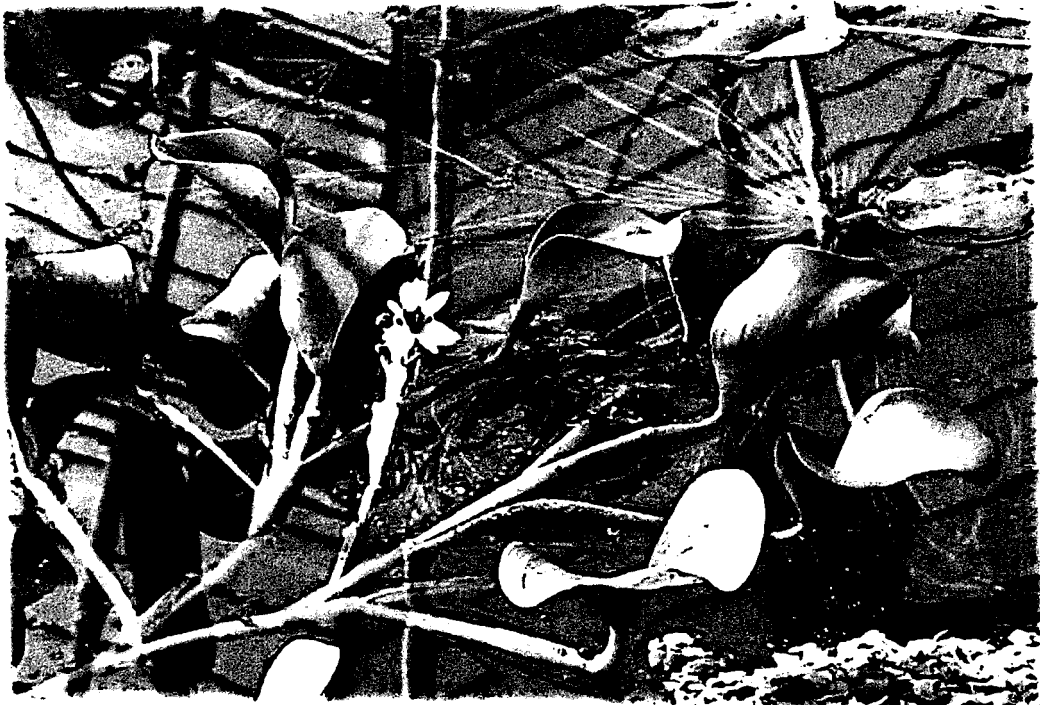


Foto 1.2 Keladi bunting bercangkuk (*Eichhornia azurea*)

Keladi bunting mempunyai daun tebal yang berminyak, membulat dan menjulur keluar dari permukaan air. Daun tumbuhan ini mempunyai 10 – 30 cm lebar. Daun terbentuk daripada mesofil apeks dan akar sisi pula akan terbentuk di antara daun pertama dan pangkal batang semasa struktur ini memanjang. Petiol mempunyai diameter keratan rentas sehingga 5 cm, 30 – 60 cm panjang dan mempunyai tunas untuk 8 – 15 kuntum bunga. Petiol adalah membulat atau memanjang dan terdiri daripada tisu-tisu berspan yang berisi udara (Howard dan Harley, 1998). Struktur ini memberikan ciri-ciri pengapungan keladi bunting. Foto 1.3 menunjukkan keratan rentas struktur tersebut.

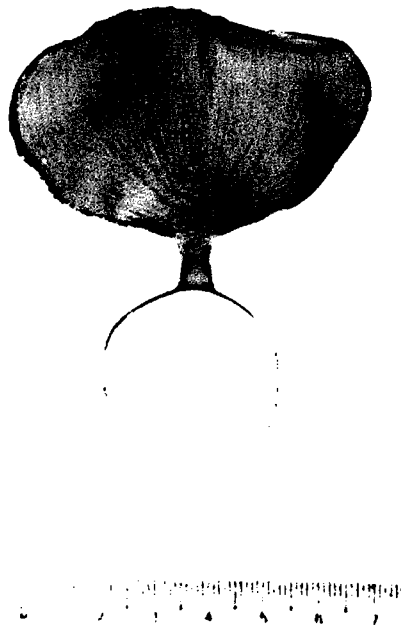
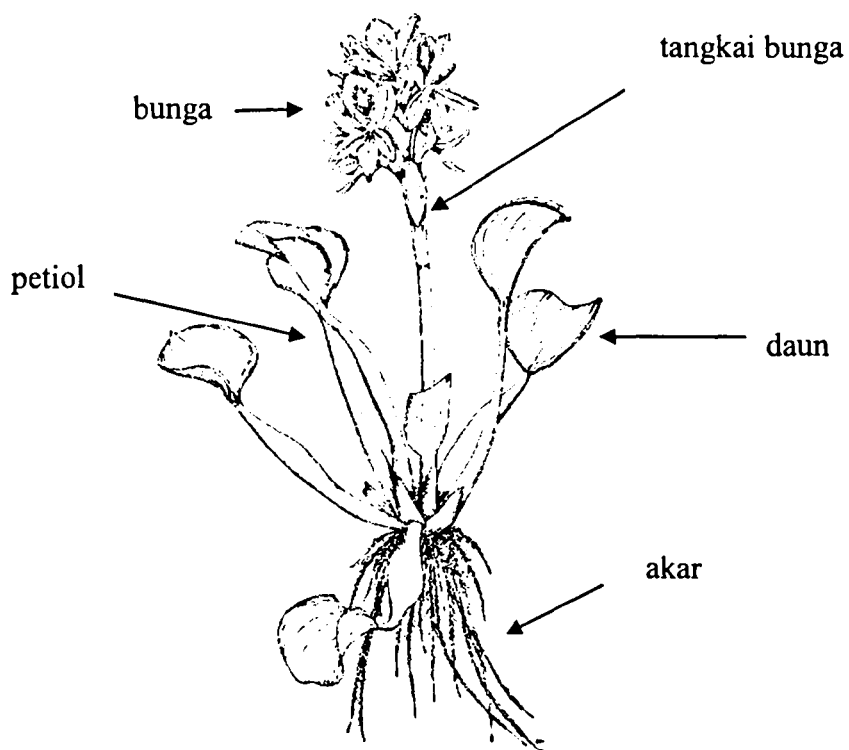


Foto 1.3 Keratan rentas struktur petiol.

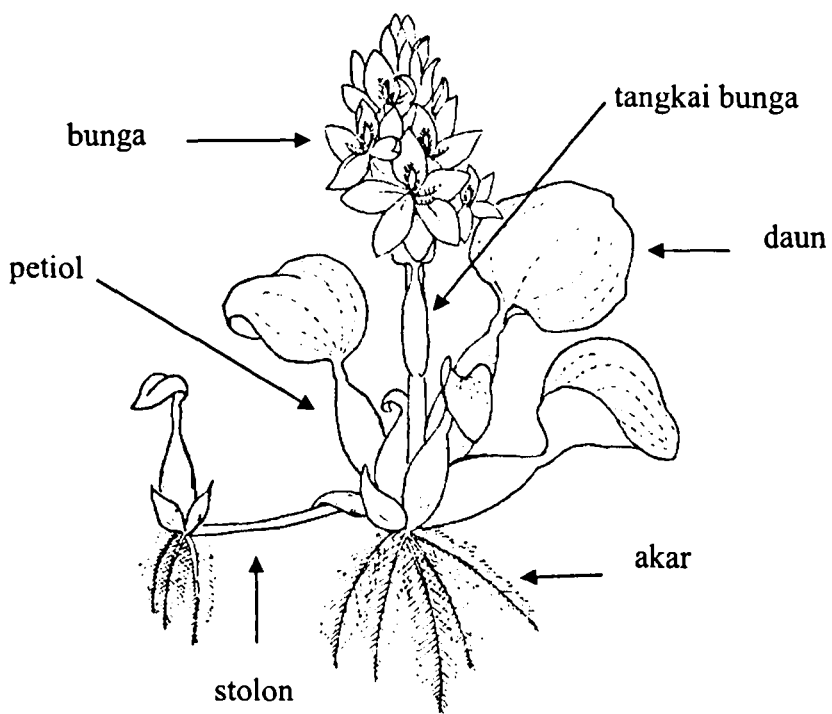
Keladi bunting adalah tumbuhan monokot dan mempunyai sistem akar serabut yang mengisi sebanyak 50 % daripada keseluruhan biojisim (Mahmood *et al.*, 2005). Panjang akar adalah 10 – 300 cm dan mempunyai kira-kira 70 akar sisi. Akar

berwarna ungu kebiruan dengan kehadiran pigmen antosianin yang melindungi akar dari serangan organisma herbivor (Enteshari *et al.*, 2006). Keladi bunting mempunyai lapan kuntum bunga pada satu tangkai dan berwarna biru keungguan atau merah jambu keungguan. Keladi bunting membiak dengan cara pembiakan vegetatif iaitu melalui pemanjangan stolon/rizom dan juga membiakkan seks melalui pembentukan biji benih. Stolon akan memanjang dari tumbuhan induk dan tunas dan akar akan terbentuk. Biasanya satu pokok induk akan mempunyai 3 – 4 stolon. Jika persenyawaan seks berlaku, buah akan terbentuk daripada tuib perianth dan disimpan di dalam kapsul hipantium yang keras. Satu kapsul mengandungi kira-kira 450 biji benih yang bersaiz 4×1 mm berbentuk bulat membujur (Gopal, 1987).

Burton (2005) melaporkan bahawa tumbuhan ini mempunyai dua variasi petiol bergantung kepada keadaan sekeliling. Pada kawasan yang di mana populasi keladi bunting adalah tepu, keladi bunting akan membentuk petiol yang menegak seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1. Dalam keadaan air yang terbuka pula, keladi bunting membentuk petiol membengkak (Rajah 1.2) yang berisi rongga-rongga udara. Ini memberikan keladi bunting ciri-ciri pengapungan dalam air.



Rajah 1.1 Keladi bunting dengan petiol menegak.



Rajah 1.2 Keladi bunting dengan petiol membengkak.

1.1.2 Kegunaan Keladi Bunting

Walaupun keladi bunting diklasifikasikan sebagai tumbuhan rumpai di kebanyakan negara, tumbuhan ini dilihat mempunyai potensi dalam beberapa aplikasi. Sebagai contoh, Haider (1989) telah melaporkan dalam kajian beliau bahawa, *The Mennolite Central Committee of Bangladesh* telah berjaya menghasilkan pulpa kertas daripada gentian daripada bahagian petiol tumbuhan ini. Gentian tersebut digabungkan dengan gentian kertas terbang untuk membentuk gentian matrik. Gentian ini dilunturkan bagi membuang warna dan bau, dipanaskan bersama kalsium karbonat untuk dikeraskan strukturnya. Gentian matrik ini yang cukup kuat untuk membuat kotak-kotak, dan papan gentian. Haider (1989) juga melaporkan *The House and Building Research Institute* di Dhaka, India telah mengubahsuai gentian matrik ini dengan mencampurkannya dengan bitumin, iaitu sejenis produk hasil daripada pecahan petroleum, untuk membuat atap-atap rumah. Gentian dari bahagian petiol ini juga boleh dirawat dengan natrium metabisulfat untuk digunakan bagi membuat tali dan hasil kraftangan lain seperti bakul.

Keladi bunting juga digunakan sebagai tumbuhan hiasan di kolam-kolam milik persendirian kerana mempunyai bunga yang cantik (Gopal, 1987). Keladi bunting menarik perhatian organisma akuatik seperti siput, serangga seperti nyamuk dan juga ular (Kateregga dan Sterner, 2006). Akar tumbuhan ini menjadi habitat semulajadi kepada nematod iaitu sejenis cacing yang tidak mempunyai badan bersegi (Oxford Paperback Reference, 2005).



1.2 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah untuk menilai kemampuan daun kering keladi bunting untuk menjerap logam kuprum (II). Kajian ini juga menentukan kapasiti maksimum jerapan kuprum (II) oleh daun kering keladi bunting yang dihancurkan.

1.3 Skop Kajian

Kajian ini tertumpu kepada kegunaan daun kering keladi bunting untuk menjerap logam kuprum (Cu) yang disediakan dalam bentuk ion Cu (II) di dalam makmal. Kajian ini juga tertumpu kepada keladi bunting yang diambil di lagun Likas, Kota Kinabalu, Sabah.



BAB 2

ULASAN KAJIAN

2.1 Logam Berat

Logam berat adalah unsur yang tersenarai dalam blok D mengikut jadual berkala unsur. Logam ini juga dikenali sebagai logam peralihan. Logam peralihan mempunyai ciri-ciri seperti; jisim atom relatif yang tinggi, konduktor haba dan elektrik yang baik serta mempunyai takat lebur dan didih yang sangat tinggi. Contoh logam-logam ini adalah kuprum (Cu), kadmium (Pb), zink (Zn), plumbum (Pb), nikel (Ni) dan kromium (Cr) (Manahan, 2001).

Ion-ion logam berat mempunyai ciri-ciri seperti, keupayaan membentuk ion kompleks, larutan akues yang berwarna (kecuali zink dan plumbum), menjadi agen penurunan atau pengoksidaan, dan membentuk sebatian garam apabila bergabung dengan unsur-unsur halogen seperti klorin, fluorin, dan iodin. Ion logam juga



RUJUKAN

- Alvarado, S., Guedez, M., Lue-Meru, M.P., Nelson, G., Jesus, A.C. dan Gyula, Z. 2008. Arsenic removal from water by bioremediation with the aquatic plants Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and Lesser Duckweed (*Lemna minor*). *Bioresource Technology* **99**, ms. 8436 – 8440.
- Antunes, W.M., Luna, A.S., Henriques, C.A. dan da Costa, A.C.A. 2003. An Evaluation of copper biosorption by a brown seaweed under optimized condition. *Electronic Journal of Biotechnology* **No.3 Vol.6**.
- Audet, P. dan Charest, C. 2007. Heavy metal phytoremediation from a meta-analytical perspective. *Environmental Pollution* **147(1)**, ms. 231 – 237.
- Batcher, M.S. (tidak bertarikh). *Element Stewardship abstract for Eichhornia crassipes (Martius) Solm.* The Nature Conservancy's Wildlang Invasive Species Program, Universiti of California, Davis, CA 95616.
- Benaïssa, M. dan Elouchi, M.A. 2007. Removal of copper ions from aqueous solutions by dried sunflower leaves. *Chemical Engineering and Processing* **46**, ms. 614 – 622.
- Botkin, D.B. dan Keller, E. 2005. *Environmental Science*. 5th edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Burton, J. 2005. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). AGFACT. P7.6.43 edisi ketiga. NSW DPI.
- Chang, R. 2004. *Chemistry*. McGraw–Hill Higher Education.
- Chandra, P., Sinha, S. dan Rai, U.N. 1997. Bioremediation of chromium form waster and soil by vascular aquatic plants. In: Kruger, E., Anderson, T.A., Coats, J.R.



(Eds.), *Phytoremediation of Soil and Water*. American Chemical Society, Washington. ms 274–282.

- Chong, L.H., 2008. Basic characteristic in oil palm shell as constructed wetland medium & the effluent of bio-film formation on its adsorption of copper (II). Thesis Ph.D. Universiti Sains Malaysia.
- Cunningham, W.P. dan Cunningham, M.A. 2006. *Principles of Environmental Science*, 3rd edition. McGraw-Hill Higher Education.
- Dang, V.B.H., Doan, H.D., Dang-Vu, T. dan Lohi, A. 2009. Equilibrium and kinetics of biosorption of cadmium (II) and copper (II) ions by wheat straw. *Bioresource Technology* **100**, ms. 211 – 219.
- Dhote, S. dan Dixit, S. 2008. Water quality improvement through macrophytes – a review. *Environmental Monitoring and Assesement*. Springer Science + Business Media B.V.
- Duong, D. Do. 1998. *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*, Series of Chemical Engineering. Imperial College Press.
- Enteshari, S.H., Kalantari, K.H. dan Ghorbanli, M. 2006. The effect of Epibrassinosteroid and different bands of ultraviolet radiation on the pigment content in *Glycine max* L. *Pakistan Journal of Biological Science* **9(2)**, ms. 231 – 337.
- Gamage, N.S. dan Yapa, P.A.J., 2001. Use of Water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms] in treatment systems for textile mill effluents - a case study. *Journal of National Science Foundation of Sri Lanka* **29**, ms. 15 – 28.
- Ghabbour, E.A., Davies, G., Lam, Y.Y. dan Vozzella, M.E. 2004. Metal binding by humic acid isolated from water hyacinth plants (*Eichhornia crassipes* [Mart.]



Solm-Laubach: Pontedericeae) in the Nile Delta, Egypt. *Environmental Pollution* **131**, ms. 445 – 451.

Gopal, Brij. *Water Hyacinth*, Aquatic Plant Studies Series. ELSEVIER, 1987.

Hasan, S.H., Talat, M., S.Rai. 2007. Sorption of cadmium and zink from aqueous solutions by water hyacinth (*Eichhornia crasippes*). *Bioresource Technology* **98**, ms. 918 – 928.

Haider, S Z. 1989. *Recent Work in Bangladesh on the Utilization of Water Hyacinth*, Commonwealth Science Council, Universiti Dhaka, India.

Howard, G.W. dan Harley, K.L.S. 1998. How do floating aquatic weeds affect wetland conservation and development? How can these effects be minimised? *Wetlands Ecology and Management* **5**, ms. 215 – 225.

Ismail, A. S., Abael-Sabour, R.M. dan Radwan, R.M. 1996. Water hyacinth as an indicator for heavy metal pollution in different selected sites and water bodies around greater Cairo. Egypt. *Journal of Soil Science* **36**, ms. 343 – 354.

Kateregga, E. dan Sterner, T. 2007. Indicator for an invasive species : Water hyacinths in Lake Victoria. *Ecological Indicators* **7**, ms. 362 – 370.

Kelley, C., Curtis, A.J., Uno, J.K. dan Berman, C.L., 2000. Spectroscopic studies of the interaction of Eu (III) with the roots of water hyacinth. *Water, Air, and Soil Pollution* **119**, ms. 171 – 176.

Klumpp, A., Bauer, K., Franz-Gerstein, C. dan de Menezes, M., 2002. Variation of nutrient and metal concentrations in aquatic macrophytes along the Rio Cachoeira in Bahia (Brazil). *Environment International* **28**, ms. 165 – 171.

Low, K.S., Lee, C.K. dan Leo, A.C. 1995. Removal of metals from electroplating waste using banana pith. *Bioresource Technology* **51**, ms. 227 – 231.



- Masifwa, W. F., T. Twongo, dan P. Denny. 2001. The impact of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms on the abundance and diversity of aquatic macroinvertebrates along the shores of northern Lake Victoria, Uganda. *Hydrobiologia* **452**, ms. 79 – 88
- Mahmood, Qaisar., Zheng, Ping. dan Siddiqi, M.Rehan. 2005. Anatomical studies on water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) under the influence of textile wastewater. *Journal of Zhejiang University of Science* **6B(10)**, ms. 991 – 998.
- Manahan, S.E. *Fundamentals of Environmental Chemistry*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.
- Marshall, W.E. dan Champagne, E.T. 1995. Agricultural by-products as adsorbents for metal ions in laboratory prepared solutions and in manufacturing wastewater, *Journal of Environmental Science & Health* **30 (2)**, ms. 241–261.
- Miretzky, P., Sarelegui, A. dan Cirelli, F., 2006. Simultaneous heavy metal removal mechanism by dead macrophytes. *Chemosphere* **62**, ms. 247 – 254.
- Miretzky, P., Sarelegui, A. dan Cirelli, F., 2006. Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina). *Chemosphere* **57**, ms. 997 – 1005.
- Mishra, V.K. dan Tripathi, B.D. 2008. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by three aquatic macrophytes. *Bioresource Technology* **99**, ms. 7091 – 7097.
- Muramoto, S. dan Oki, Y. 1983. Removal of some heavy metals from polluted water by water hyacinth (*Eichhornia crasippes*). *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology* **30**, ms. 170 – 177.



- Ngah, W.W.S. dan Fatinathan, S. 2008. Adsorption of Cu (II) ions in aqueous solution using chitosan beads, chitosan beads, chitosan-GLA beads and chitosan alginate beads. *Chemical Engineering Journal* **143**, ms. 62 – 72.
- Ngah, W.W.S. dan Hanafiah, M.A.K.M. 2008. Biosorption of copper ions from dilute aqueous solutions on base treated rubber (*Hevea brasiliensis*) leaves powder: kinetics, isotherm, and biosorption mechanisms. *Journal of Environmental Science* **20**, ms. 1168 – 1176.
- Ngah, W.W.S. dan Hanafiah, M.A.K.M. 2008. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant waste as adsorbent: A review. *Biotechnology Resource* **99**, ms. 3935 – 3948.
- Normanbhay, S.M. dan Palanisamy, K. 2004. Removal of heavy metal from industrial wastewater using chitosan coated oil palm shell charcoal. *Electronic Journal of Biotechnology*, **8**, No.1.
- Olivares-Rieumont, S., Lima, L., De la Rosa, D., Graham, D.W., Columbie, I., Santana, J.L. dan Sanchez, M.J. 2007. Water Hyacinths (*Eichhornia crassipes*) as indicators of heavy metal impact of a large landfill on the Almendares River near Havana, Cuba. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **79**, ms. 583-578.
- Oxford Paper Back Reference. 2005. Edisi kelima. Oxford University Press.
- Pearce, C.I., Lloyd, J.R. dan Guthrie, J.T. 2003. The removal of colour from textiles wastewater using whole bacteria cells: a review, *Dye and Pigments* **58**, ms. 179 - 196.
- Rodriguez, A., Avila-Perez, P. dan Barcelo-Quintal, I.D. 1998. Bioaccumulation of chemical elements by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) found in “Jose Antonio Alzate” dam samples in State of Mexico, Mexico. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **238**, ms. 91-95.



- Rouquerol, F., Rouquerol, J. dan Sing, H. 1999. Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications. ACADEMIC PRESS 24-28 Oval Road, London NW17DX. UK
- Schneider, I.A.H., Rubio, J., Misra, M. dan Smith, R., 1995. Eichhornia crassipes as a biosorbent for heavy metal ions. *Mineral Engineering* **8** (9), ms. 979-988.
- Schneider, I.A.H., Rubio, J., Misra, M. dan Smith, R., 2000. Biosorption of metals onto plant biomass: exchange adsorption or surface precipitation? *International Journal of Mineral Processing* **68**, ms. 111-120.
- Schneider, I.A.H. dan J. Rubio. 1999. Sorption of heavy metal ions by the nonliving biomass of freshwater macrophytes. *Environment Science Technology* **33**, ms. 2213 – 2217.
- Shawky, S., Abdel Gelel, M. dan Aly, A. 2004. Sorption of uranium by non-living water hyacinth roots. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **265** (1), ms. 81 – 84.
- Silberberg, M.S. 2006. *Chemistry – The Molecular Nature of Matter and Change*, 4th Edition. McGraw Hill International Edition N.Y.
- So, L.M., Chu, L.M. dan Wong, P.K. 2003. Microbial enhancement of Cu²⁺ removal capacity of Eichhornia crassipes (Mart.). *Chemosphere* **52**, ms. 1499 – 1503.
- Sooknah, R.D., Wilkie, A.D., 2004. Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. *Ecological Engineering* **22**, ms. 27 – 42.
- Thomas, W.J. dan Crittenden, B. 1998. *Adsorption Technology and Design*. Elsevier Science & Technology Books.



- Veglio, F. dan Beolchini, F. 1997. Removal of metal by biosorption: a review. *Hydrometallurgy* **44**, ms. 301 – 316.
- Verma, V.K., Tewari, S. dan Rai, J.P.N. 2008. Ion exchange during heavy metal biosorption from aqueous solution by dried biomass of macrophytes. *Bioresource Technology* **99**, ms. 1932 – 1938.
- Villaescusa, I., Fiol, N., Martinez, M., Miralles, N., Poch, J. dan Serarols, J. 2004. Removal of copper and nickel ions from aqueous solutions by grape stalk waste. *Water Resource* **38**, ms. 992 – 1002.
- Wang, Q., Cui, Y. dan Dong, Y. 2002. Phytoremediation of polluted waters potentials and prospects of wetland plants. *Acta Biotechnologica* **22**, ms. 199 – 208.
- Yahaya, Y.A., Don, M.M. dan Bhatia, S. 2009. Biosorption of copper (II) onto immobilized cells of *Pycnoporus sanguineus* from aqueous solution: Equilibrium and kinetic studies. *Journal of Hazardous Materials* **161**, ms. 189 –195.
- Yu, B.Y. Zhang., A. Shukla, S.S. Shukla. dan Dorris, K.L. 2000. The removal heavy metal from aqueous solution by sawdust adsorption-removal of copper. *Journal of Hazardous Materials* **80**, ms. 33–42.
- Zhou, W., Zhu, D., Tan, L., Liao, S., Hu, Z. dan Hamilton, D. 2006. Extraction and retrieval of potassium from water hyacinth (*Eichhornia crasippes*). *Bioresource Technology* **98**, ms. 226 – 231.
- Zimmels, Y., Kirzhner, F. dan Malkovskaja, A. 2006. Applications of *Eichhornia crassipes* and *Pistia Stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel. *Journal of Environment Management* **81**, ms. 420 – 428.

