

36730/09



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RSL
620.397

Ant
k-1
2009



TUGAS AKHIR - PL 1603

KINERJA KOMPOS UDPK BRATANG SEBAGAI MEDIA PENUKAR ION UNTUK MEREDUKSI LOGAM BERAT Hg^{2+} PADA AIR LIMBAH BUATAN SECARA KONTINYU

VIEKA ARIESTYANI ANTARI
NRP 3305 100 017

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	10-8-09
Terima Dari	H
No. Induk	5313



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - PL 1603

**THE PERFORMANCE OF COMPOST PRODUCED BY
UDPK BRATANG AS ION EXCHANGER MEDIA IN
REMOVING Hg^{2+} FROM ARTIFICIAL WASTEWATER
IN CONTINUOUS SYSTEM**

VIEKA ARIESTYANI ANTARI
NRP 3305 100 017

Supervisor
Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty Of Civil Engineering And Planning
Institute Of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2009

**KINERJA KOMPOS UDPK BRATANG SEBAGAI MEDIA
PENUKAR ION UNTUK MEREDUKSI LOGAM Hg²⁺
PADA AIR LIMBAH BUATAN SECARA KONTINYU**

TUGAS AKHIR


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

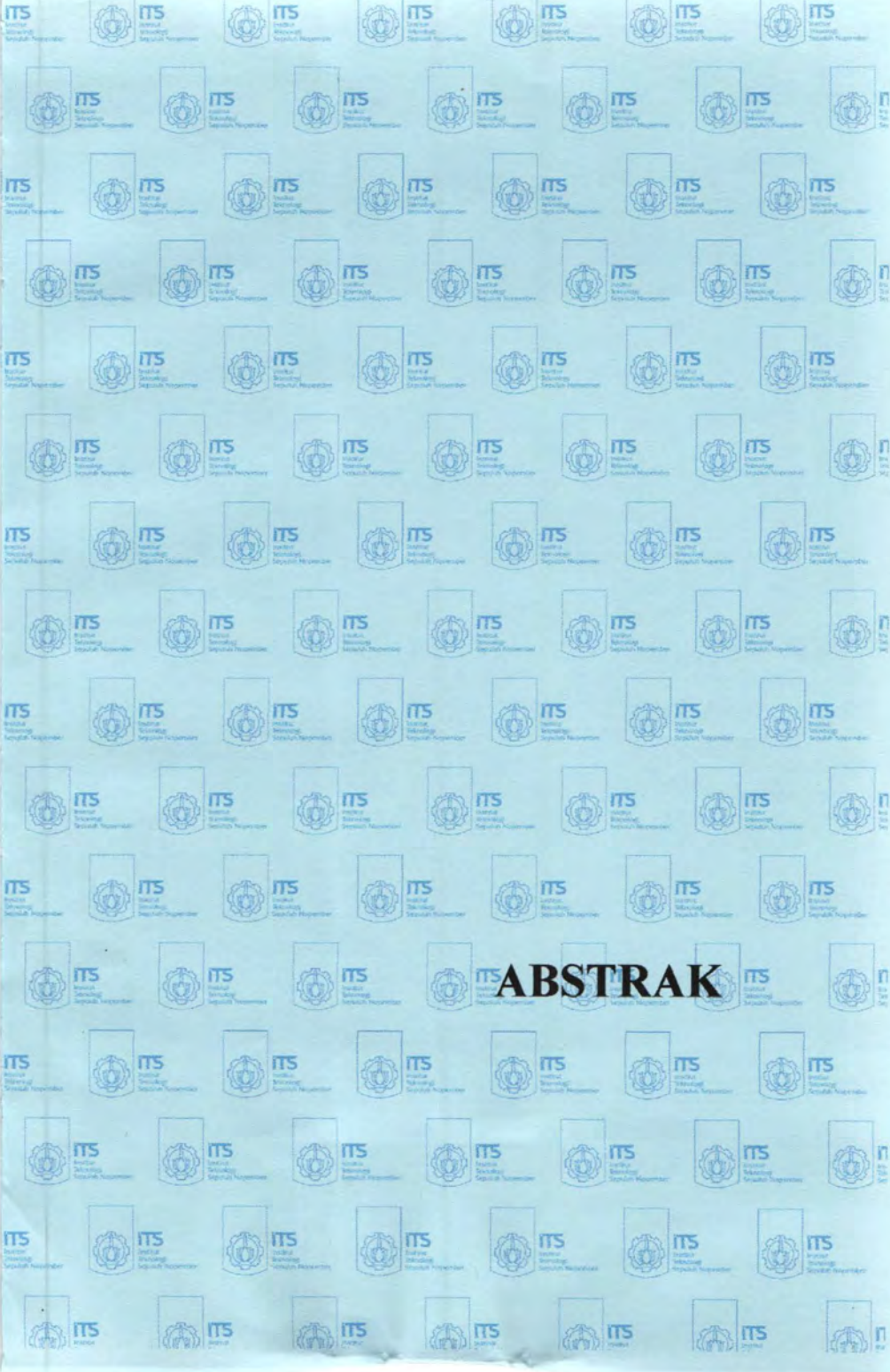
VIEKA ARIESTYANI ANTARI
NRP. 3305 100 017

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD.
(NIP: 131.796.141)



SURABAYA, AGUSTUS 2009



ABSTRAK

KINERJA KOMPOS UDPK BRATANG SEBAGAI MEDIA PENUKAR ION UNTUK MEREDUKSI Hg²⁺ PADA AIR LIMBAH BUATAN SECARA KONTINYU

Nama : VIEKA ARIESTYANI ANTARI
NRP : 3305 100 017
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. JONI HERMANA, MScES., Ph.D

Abstrak

Cara pengolahan limbah yang mengandung logam berat dengan metode pertukaran ion telah diuji dalam beberapa penelitian sebelumnya. Salah satunya memanfaatkan kompos daun yaitu kompos UDPK (Usaha Daur ulang dan Produksi Kompos) Bratang sebagai media resin penukar ion yang efektif menurunkan kadar Cu, Pb, Cr, dan Hg pada air limbah. Tetapi belum dilakukan penelitian tentang kemampuan media kompos diaplikasikan secara kontinyu.

Pada penelitian ini digunakan media kompos dengan ukuran ayakan 16/40 mesh (lolos pada ukuran 16 mesh dan tertahan pada ukuran 40 mesh), kompos tersebut dibagi menjadi dua media. Media I adalah pellet kompos dengan ukuran diameter > 6,35 mm, dan media II adalah kompos yang dicampurkan pasir kuarsa 16/40 dengan rasio komposisi kompos:pasir (9:1). Percobaan dilakukan skala laboratorium menggunakan kolom penukar ion dengan diameter ukuran 1, 2, 3 inchi dan kedalaman media 30, 40, 50 cm.

Dari percobaan diperoleh media kompos yang optimum sebagai media penukar ion dalam sistem kontinyu adalah media II (kompos yang dicampurkan pasir kuarsa) dan ukuran kolom penukar ion yang optimum digunakan dalam sistem kontinyu adalah kolom dengan diameter 1 inchi dan kedalaman media 30 cm.

Kata kunci: *Proses pertukaran ion, Hg, Kompos produksi UDPK Bratang*

**THE PERFORMANCE OF COMPOST PRODUCED BY
UDPK BRATANG AS ION EXCHANGER MEDIA IN
REMOVING Hg²⁺ FROM ARTIFICIAL WASTEWATER IN
CONTINUOUS SYSTEM**

Name : VIEKA ARIESTYANI ANTARI
ID No. : 3305 100 017
Department : Environmental Engineering, FTSP-ITS
Supervisor : Prof. Ir. JONI HERMANA, MScES., PhD.

Abstract

Several methods to process industrial waste containing heavy metals with ion exchange method has been tested in some previous experiments. One of them was using the leaf compost UDPK Bratang as ion exchanger resin that was able to remove concentration of Cu, Pb, Cr, and Hg effectively in lower degree in the wastewater. However experiment on the ability of the compost media which is continuously applied has not been done.

This research used compost media with 16/40 mesh size sieve (pass the 16 mesh size and restrained on the size of 40 mesh), and the compost is divided into two media. Media I is compost pellet with diameter size > 6,35 mm, and media II is a compost mixed with sand quartz 16/40 mesh with composition ratio of compost : sand (9 : 1). This experiments were conducted using a laboratory-scale ion exchange column with diameter size of column 1, 2, 3 inch and the depth of media 30, 40, 50 cm.

Compost media was obtained from the experiment that could be applied in the continous system was media II and the optimum size of ion exchange column was used in continous system was the diameter of column 1 inchi and the depth of media 30 cm.

Key words : Ion exchange, Hg, Compost produced by UDPK Bratang



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT dan syukur Alhamdulillah atas segenap rahmat dan hidayah yang senantiasa diberikan, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Kinerja Kompos UDPK Bratang Sebagai Media Penukar Ion Untuk Mereduksi Logam Berat Hg²⁺ Pada Air Limbah Buatan Secara Kontinyu”**. Tidak lupa saya ingin mengucapkan terima kasih kepada kepada semua pihak yang telah banyak memberikan kontribusi terhadap Tugas Akhir ini, diantaranya adalah:

1. Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan yang diberikan kepada saya hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Ir. M. Razif MM., Arie Dipareza, ST, MEPM, dan Abdu Fadli Assomadi, Ssi, MT selaku dosen penguji atas saran dan masukan.
3. Dosen-dosen pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
4. Seluruh laboran Teknik Lingkungan, laboran Teknik Sipil ITS, laboran Farmasi UBAYA dan laboran Teknik Pertanian UPN Surabaya.
5. Orang tua dan adik-adik di rumah untuk segala doa dan semangatnya.
6. R. Zulfahmi Hadi Satriya atas kesetiaan dan supportnya.
7. Mbak Ervin, Mbak & Mas yang telah melakukan penelitian sejenis, Nita-partner selama TA, serta teman-teman angkatan 2005 yang telah memberikan semangat.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Saya menyadari masih ada kekurangan dalam laporan Tugas akhir ini. Semoga segala yang telah saya susun ini dapat menjadi manfaat bagi kita semua dan kelestarian lingkungan.

Surabaya, Agustus 2009

Penyusun



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompos	5
2.1.1 Kompos Daun dan Kandungan Unsur Kompos	6
2.1.2 Kompos Daun sebagai Media Penukar Ion	7
2.1.3 Kapasitas Tukar Kation dalam Kompos Daun	11
2.2 Kompos UDPK Bratang	11
2.3 Pelletisasi Kompos	12
2.4 Uji Permeabilitas Kompos	13
2.5 Logam Berat	15
2.5.1 Pengertian Logam Berat	15
2.5.2 Merkuri (Hg)	15
2.5.2.1 Umum	15
2.5.2.2 Sifat Merkuri	16
2.5.2.3 Dampak Pencemaran Merkuri Terhadap Manusia	16
2.5.2.4 Standar Konsentrasi Hg dalam Air	18
2.6 Pertukaran Ion	19
2.6.1 Pengertian Pertukaran Ion	19
2.6.2 Keseimbangan Sistem Pertukaran Ion	20

2.6.3 Resin Penukar Ion	21
2.6.4 Kapasitas Penukar Ion	24
2.7 Kolom Penukar Ion	26
2.8 Kesetimbangan Adsorpsi	27
2.9 ICPS (Inductively Coupled Plasma Spectrometer)	28
2.9.1 ICPS Fisons ARL 3410+	30
2.10 Penelitian Terdahulu	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.3 Kerangka Penelitian	32
3.4 Tahapan Penelitian	36
3.4.1 Ide Penelitian	36
3.4.2 Studi Literatur	36
3.4.3 Persiapan Bahan, Alat, dan Reaktor	36
3.4.4 Penelitian Pendahuluan	41
3.4.4.1 Uji Permeabilitas	41
3.4.4.2 Leaching Media Kompos	41
3.4.5 Penelitian Proses Kontinyu	42
3.4.6 Analisa Data dan Pembahasan	44
3.4.7 Kesimpulan dan Saran	44

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Media Kompos Bratang	45
4.1.1 Media Penukar Ion	45
4.1.2 Analisa Kandungan Kompos	46
4.1.3 Pengukuran KTK Teoritis	48
4.1.4 Pengukuran Asam Humat Dan Asam Fulvat	49
4.2 Penelitian Pendahuluan	51
4.2.1 Leaching Media Kompos	51
4.2.2 Uji Permeabilitas	53
4.3 Percobaan Kontinyu	56

4.4 Percobaan Pengaruh Pelletisasi dan Pencampuran Media dengan Pasir Kuarsa Terhadap Removal Hg Pada Proses Kontinyu	61
4.5 Pengaruh Diameter Kolom dan Kedalaman Media Terhadap Efisiensi Removal	62
4.6 Kapasitas Operasi	65
4.7 Kestimbangan Pertukaran Ion yang Terjadi.....	87
4.8 Operasi Setelah Regenerasi Media.....	99

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran.....	105
Daftar Pustaka.....	107
Lampiran	111
Biodata Penulis	147



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Hipotetis Bagian dari HS yang Menggambarkan Stokastik Alami Humus	9
Gambar 2.2	Model Struktur Asam Humat.....	10
Gambar 2.3	Molekul Asam Humat Teroksidasi	11
Gambar 2.4	Diagram Skematis <i>Framework</i> Resin Penukar Kation dengan <i>fixed exchange site</i> Sebelum dan Setelah Reaksi Pertukaran	22
Gambar 2.5	Kolom Penukar Ion Skala Laboratorium	26
Gambar 2.6	Kurva Breakthrough	28
Gambar 2.7	Skema Torch ICPS	29
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	35
Gambar 3.2	Alat Penggiling.....	37
Gambar 3.3	Pellet Kompos.....	37
Gambar 3.4	Sketsa Rangkaian Reaktor	43
Gambar 4.1	Media (a) Kompos 16/40 (b) Kompos Campur Pasir (c) Pellet Kompos.....	46
Gambar 4.2	Media Sebelum dan Setelah Leaching	53
Gambar 4.3	Wadah Silinder Media	54
Gambar 4.4	Reaktor Constant Head Permeability Test	55
Gambar 4.5	Kurva Breakthrough Kolom 1A.....	66
Gambar 4.6	Kurva Breakthrough Kolom 1B.....	67
Gambar 4.7	Kurva Breakthrough Kolom 2A.....	68
Gambar 4.8	Kurva Breakthrough Kolom 2B.....	69
Gambar 4.9	Kurva Breakthrough Kolom 3A.....	70
Gambar 4.10	Kurva Breakthrough Kolom 3B.....	71
Gambar 4.11	Kurva Breakthrough Kolom 4A.....	72
Gambar 4.12	Kurva Breakthrough Kolom 4B.....	73
Gambar 4.13	Kurva Breakthrough Kolom 5A.....	74
Gambar 4.14	Kurva Breakthrough Kolom 5B.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Kualitas Kompos Organik Menurut PT. PUSRI.....	6
Tabel 2.2	Karakteristik Kompos Bratang.....	11
Tabel 2.3	Karakteristik Pellet Kompos	13
Tabel 2.4	Standar konsentrasi Hg dalam Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Lain	18
Tabel 2.5	Standar Konsentrasi Hg dalam Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air	18
Tabel 3.1	Variasi Kolom Penukar Ion.....	40
Tabel 4.1	Kandungan Media Kompos.....	47
Tabel 4.2	Unsur Esensial Bagi Sebagian Besar Tumbuhan Tingkat Tinggi	47
Tabel 4.3	Nilai KTK Teoritis Media.....	49
Tabel 4.4	Hasil Analisa Asam Humat dan Asam Fulvat	50
Tabel 4.5	Jumlah Kation dalam Kompos Potensial yang Dipertukarkan dengan Kation H^+	52
Tabel 4.6	Perhitungan Permeabilitas Media Kompos : Pasir (9:1)	55
Tabel 4.7	Variasi Kolom Penukar Ion.....	57
Tabel 4.8	Massa Media yang Digunakan	57
Tabel 4.9	Jumlah Kompos dalam Media.....	58
Tabel 4.10	Debit Influen Kolom Penukar Ion	60
Tabel 4.11	Pengaruh Pelletisasi dan Pencampuran Media dengan Pasir Kuarsa Terhadap Efisiensi Removal.....	61
Tabel 4.12	Pengaruh Diameter Kolom dan Kedalaman Media Terhadap Efisiensi Removal Hg	63
Tabel 4.13	Flowrate Setiap Kolom	64
Tabel 4.14	Operasi Kolom 1A	66
Tabel 4.15	Operasi Kolom 1B	67
Tabel 4.16	Operasi Kolom 2A	68
Tabel 4.17	Operasi Kolom 2B	69

Tabel 4.18	Operasi Kolom 3A	70
Tabel 4.19	Operasi Kolom 3B	71
Tabel 4.20	Operasi Kolom 4A	72
Tabel 4.21	Operasi Kolom 4B	73
Tabel 4.22	Operasi Kolom 5A	74
Tabel 4.23	Operasi Kolom 5B	75
Tabel 4.24	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 1A	76
Tabel 4.25	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 1B	77
Tabel 4.26	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 2A	78
Tabel 4.27	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 2B	79
Tabel 4.28	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 3A	80
Tabel 4.29	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 3B	81
Tabel 4.30	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 4A	83
Tabel 4.31	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 4B	84
Tabel 4.32	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 5A	85
Tabel 4.33	Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 5B	86
Tabel 4.34	Kapasitas Operasi Kolom	87
Tabel 4.35	Rasio Reduksi Hg^{2+} dengan Hg^{2+} Teoritis	90
Tabel 4.36	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 1A	92
Tabel 4.37	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 1B	93
Tabel 4.38	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 2A	93
Tabel 4.39	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 2B	94
Tabel 4.40	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 3A	95
Tabel 4.41	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 3B	95
Tabel 4.42	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 4A	96
Tabel 4.43	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 4B	97

Tabel 4.44	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 5A	97
Tabel 4.45	Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 5B.....	98
Tabel 4.46	Perbandingan Operasi Kolom 1A Sebelum dan Setelah Regenerasi	99
Tabel 4.47	Perbandingan Operasi Kolom 1B Sebelum dan Setelah Regenerasi	99
Tabel 4.48	Perbandingan Operasi Kolom 2A Sebelum dan Setelah Regenerasi	100
Tabel 4.49	Perbandingan Operasi Kolom 2B Sebelum dan Setelah Regenerasi	100
Tabel 4.50	Perbandingan Operasi Kolom 3A Sebelum dan Setelah Regenerasi	100
Tabel 4.51	Perbandingan Operasi Kolom 3B Sebelum dan Setelah Regenerasi	101
Tabel 4.52	Perbandingan Operasi Kolom 4A Sebelum dan Setelah Regenerasi	101
Tabel 4.53	Perbandingan Operasi Kolom 4B Sebelum dan Setelah Regenerasi	102
Tabel 4.54	Perbandingan Operasi Kolom 5A Sebelum dan Setelah Regenerasi	102
Tabel 4.55	Perbandingan Operasi Kolom 5B Sebelum dan Setelah Regenerasi	103



BAB I PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kualitas perairan di Indonesia saat ini sudah tercemar karena logam berat sebagian besar akibat kegiatan industri. Pantai Timur Surabaya termasuk dalam 6 ekosistem pantai yang paling tercemar logam berat Ni, Cu, Pb, Zn dan Cr di Indonesia. Bahkan untuk logam Merkuri dan Tembaga pada tahun 1996 sudah terdeteksi dalam darah dan air susu ibu yang tinggal di pesisir timur Surabaya (data Puslitbang Oseanologi – LIPI tahun 2000). Apabila limbah tersebut tidak diolah dan langsung dibuang ke badan air maka akan mencemari lingkungan di sekitarnya dan bersifat toksik. Sehingga pihak industri harus menerapkan teknologi yang mampu mereduksi polutan yang terkandung dalam limbah. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan dalam pelunakan air limbah adalah pertukaran ion (Metcalf Eddy, 2003). Aplikasi pertukaran ion sebagai salah satu metode penyisihan logam berat dengan efisiensi yang sangat menjanjikan terbentur kendala yaitu mahalnya resin penukar ion.

Penggunaan kompos yang murah dan tersedia secara lokal sebagai alternatif media penukar ion akan mengurangi biaya kegiatan penyisihan logam berat dan akan memberikan keuntungan bagi industri. Di sisi lain, manfaat dari kompos semakin banyak diaplikasikan sehingga minat kegiatan pengomposan yang menjadi tulang punggung reduksi sampah, khususnya di Surabaya bisa meningkat (Nurhayati, 2006).

Kapasitas kompos potensial sebagai penukar ion dikarenakan kandungan material humus yang ada di dalamnya (Lenhart, *et al.*, 2002 dan Clark, *et al.*, 1997). Bahan kompos dari daun-daunan yang gugur memiliki kandungan humus terbesar (Clark, *et al.*, 1997). Kompos yang diproduksi oleh UDPK (Usaha Daur ulang dan Produksi Kompos) Bratang (selanjutnya disebut Kompos Bratang) sebagian besar bahan bakunya adalah daun-

daunan yang berasal dari pembersihan Kebun Bibit Bratang Surabaya dan sebagian lain adalah sampah Pasar Bratang. Melihat dari bahan bakunya, maka bisa disimpulkan Kompos Bratang mempunyai potensi kapasitas penukar ion. Potensi ini bisa dimanfaatkan dalam kegiatan pengendalian kualitas air khususnya untuk untuk mereduksi logam berat dalam air.

Dan berdasarkan penelitian terdahulu (Feni, 2007) yang membuktikan kompos UDPK Bratang mempunyai potensi untuk menurunkan konsentrasi logam berat Hg dengan efisiensi removal mencapai 87,5 % dalam air limbah secara signifikan dalam sistem *batch*, maka perlu diadakan penelitian lanjutan untuk menguji kinerja kompos Bratang secara kontinyu, yang nantinya diharapkan dapat diaplikasikan secara luas.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Berapa diameter kolom penukar ion dan kedalaman media yang optimum digunakan dalam sistem kontinyu.
2. Media apakah yang optimum sebagai media penukar ion dalam sistem kontinyu :
 - Media kompos bentuk pellet
 - Media kompos yang dicampurkan dengan pasir

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Kompos yang digunakan sebagai media penukar ion adalah kompos daun produksi UDPK Bratang (Kompos Bratang) yang diayak berukuran 16/40.
2. Media kompos yang digunakan adalah:
 - Media I : Pellet kompos ukuran $\emptyset > 6,35$ mm
 - Media II : Kompos 16/40 dicampurkan pasir kuarsa 16/40

3. Percobaan yang dilakukan:

- Percobaan pendahuluan,
 - Uji permeabilitas untuk menentukan rasio komposisi optimum media kompos dicampur pasir kuarsa. Rasio pencampuran kompos dan pasir
1:1 ; 6:4 ; 7:3; 8:2 ; 9:1
 - Leaching media kompos dengan larutan HCl 0,1 N
- Percobaan kontinyu,
 - Variasi kolom reaktor
Media I :
 - Kedalaman media 30 cm, diameter kolom (1;2;3 inchi)
 - Diameter kolom 2 inchi, kedalaman media (30;40;50 cm)Media II :
 - Kedalaman media 30 cm, diameter kolom (1;2;3 inchi)
 - Diameter kolom 2 inchi, kedalaman media (30;40;50 cm)
 - Waktu operasi reaktor minimum 3 jam.
 - Waktu kontak 2 jam.
 - Pengambilan sampel pada semua kolom setiap 15 menit.
 - Pengaliran larutan (kontak dengan media) tanpa ada pengaturan level air (media tidak terendam selama proses kontinyu).

4. Analisa-analisa yang dilakukan adalah:

- i. Analisa kandungan unsur-unsur mikro dan makro serta kandungan humus dalam kompos, untuk mengetahui unsur mikro dan makro apa saja yang dapat berperan dalam pertukaran ion
- ii. Analisa Kapasitas Tukar Kation (KTK) Kompos, untuk mengetahui kapasitas tukar kation pada kompos yang dibentuk pellet maupun yang dicampur dengan pasir.

Analisa Kapasitas Tukar Kation (KTK) dilakukan dengan *Ammonium Replacement*.

- iii. Analisa Permeabilitas dengan metode *constant head permeability test*, untuk menentukan rasio komposisi kompos:pasir kuarsa yang optimum.
- iv. Analisa Konsentrasi Logam Berat Hg^{2+} menggunakan alat ICPS (*Inductively Coupled Plasma Spectrometer*).

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan ukuran kolom penukar ion yang dapat digunakan dalam sistem kontinyu:
 - Diameter optimum kolom
 - Kedalaman optimum media
2. Menentukan media yang optimum yang dapat digunakan sebagai media penukar ion dalam sistem kontinyu:
 - Pellet kompos
 - Kompos dicampurkan dengan pasir

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif media penukar ion yang dapat diterapkan untuk sistem kontinyu, murah, dan tersedia secara lokal sehingga mudah dalam mendapatkannya, di samping itu juga memberikan alternatif pemanfaatan kompos untuk memotivasi kegiatan pengomposan yang kurang diminati akibat terbatasnya pasar produk kompos.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompos

Kompos adalah produk yang dihasilkan dari dekomposisi biologis terkontrol material-material organik, yang terjadi dalam kondisi aerobik, yang telah mengalami desinfeksi dengan dihasilkannya panas dalam prosesnya, serta telah distabilisasi sehingga cocok untuk kegunaan yang diinginkan. Kompos bisa berasal dari berbagai bahan buangan, termasuk dari pertanian, hutan, makanan, industri, biosolid (lumpur air buangan terolah), daun dan pemotongan kebun, kotoran hewan (pupuk kandang), kayu, sampah (baik terpisah maupun tercampur) (AASHTO, 2002).

Kompos adalah hasil penguraian parsial/tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik. Sedangkan pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan penambahan aktivator pengomposan. Sampah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian organik dan anorganik. Rata-rata persentase bahan organik sampah mencapai $\pm 80\%$, sehingga pengomposan merupakan alternatif penanganan yang sesuai (Yovita, 2000).

2.1.1 Kompos Daun dan Kandungan Unsur Kompos

Kompos daun merupakan kompos organik yang menggunakan bahan baku dedaunan. Adanya aktivitas mikroorganisme dan terbentuknya asam organik pada proses dekomposisi menyebabkan daya larut unsur N, P, K, dan Ca menjadi lebih tinggi sehingga berada dalam bentuk tersedia bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, jika dibandingkan dengan kompos anorganik, kandungan unsur hara kompos lebih lengkap karena mengandung unsur hara makro, sekaligus unsur hara mikro. Sampai saat ini, di Indonesia belum ada standar kualitas kompos yang dikeluarkan secara resmi (Standar Nasional Indonesia; SNI). Namun standar kualitas kompos yang bisa dipakai acuan berikut ini:

Tabel 2.1 Standar Kualitas Kompos Organik menurut PT. PUSRI

Unsur Hara	Standar Mutu % ^{*)}
Nitrogen	≥ 2,12
Fosfor (P ₂ O ₅)	≥ 1,30
Kalium (K ₂ O)	≥ 2,00
Magnesium (Mg)	≥ 3,25
Kalsium (Ca)	≥ 0,97
Belerang (S)	≥ 0,01
Molibdenum (Mo)	≥ 0,10
Boron (B)	≥ 0,09
Total C	≥ 40,9

Sumber: PT. PUSRI (dalam Simamora, 2006)

*) Keterangan: % berat kering

Menurut Rismunandar (1984), unsur makro (makrohara) meliputi arang, oksigen, hidrogen, nitrogen, fosfat, kalium, kapur, magnesium, dan belerang. Sedangkan mikrohara meliputi boron, klor, besi, mangan, molibdeum, dan seng.

2.1.2 Kompos Daun sebagai Media Penukar Ion

Hampir semua tipe zat organik bisa digunakan untuk membuat kompos, tetapi kompos dari daun-daun yang berguguran mempunyai keunggulan jika akan dipakai sebagai media penukar ion. Daun-daun yang telah rontok pada umumnya mengandung selulosa dan lignin. Proses dekomposisi pada awalnya terjadi akibat aktivitas bakteri termofilik dan kemudian dilanjutkan oleh fungi dan actinomycetes, yang mengurai dedaunan menjadi materi humus yang sangat stabil (Lenhart, *et al.*, 2002).

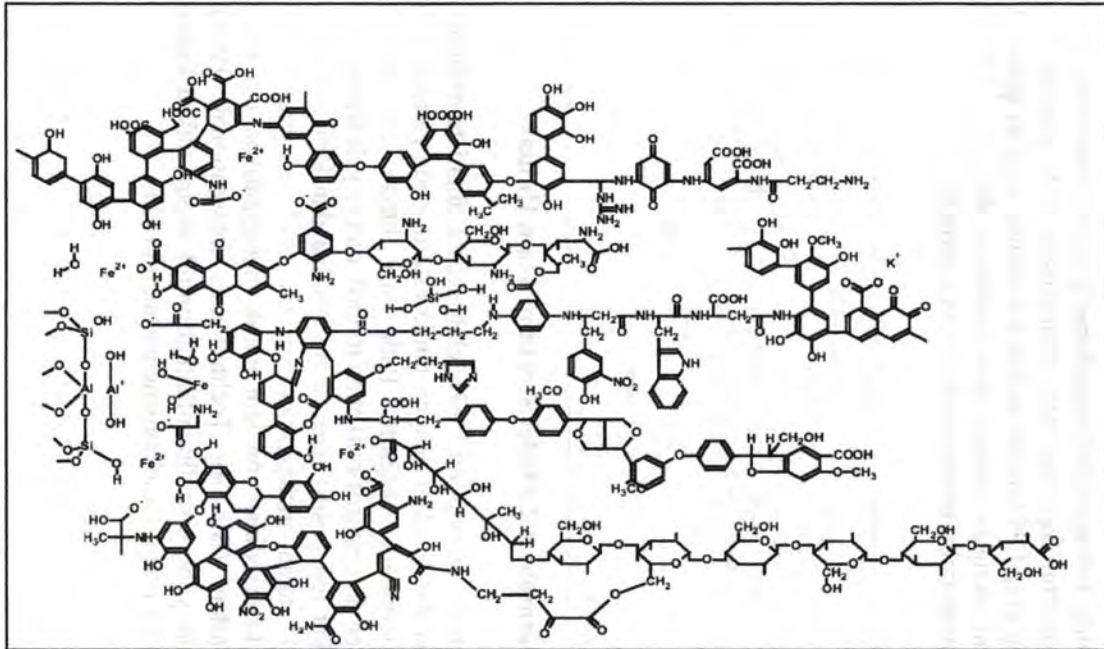
Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kompos daun yang telah matang mempunyai kemampuan untuk menyisihkan logam berat terlarut melalui proses pertukaran kation (Lenhart, *et al.*, 2002). Kompos dari sampah kebun, utamanya dedaunan, telah terbukti memiliki kemampuan yang tinggi mengadsorb logam berat, minyak, lemak, nutrien, dan zat organik berbahaya dari air karena kandungan humusnya (*humic substances*) yang tinggi serta besarnya area permukaan penyerapannya (Clark *et al.*, 1997).

Perminova, *et al.* (2005) menyatakan bahwa *Humic Substance* (HS) banyak terdapat di lingkungan yang melimpah dari unsur organik tak hidup. Keistimewaannya mempunyai banyak fungsi, yang memungkinkannya dalam berinteraksi dengan ion logam dan kimia organik, meliputi pertukaran ion, transformasi redoks, dan sebagainya. HS memiliki peranan besar untuk mengurangi dampak negatif dari *ecotoxican* dan sebagai agen aktif dalam remediasi.

Kandungan humus dalam kompos yang terdiri dari *humic acid*, *fulvic acid* dan *humin*, mempunyai kemampuan untuk membentuk kompleks logam melalui pertukaran kation, pembentukan *chelate* dan pembentukan ikatan elektrostatis (Lenhart, *et al.*, 2002). Selanjutnya, Lenhart, *et al.* (2002) menyebutkan bahwa penyisihan logam terlarut utamanya adalah melalui proses pertukaran kation dimana "logam ringan" yang tidak begitu toksik seperti Na, Ca, Mg digantikan posisinya dari

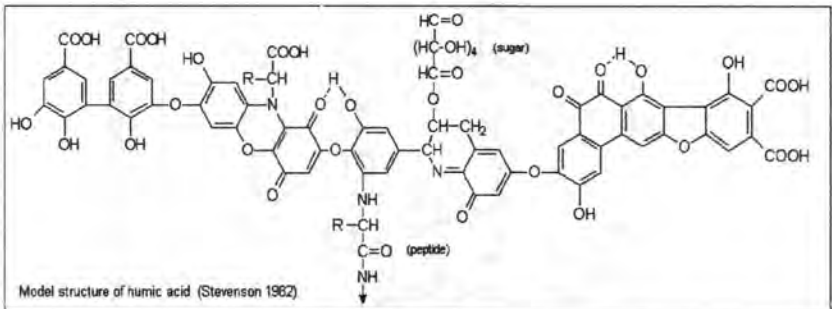
site bermuatan negatif pada permukaan kompleks materi humus oleh logam berat seperti Zn, Cu, Pb, Cr dan lain-lain.

Sumber terkaya dari HS adalah Leornadite, merupakan batu bara lembut-coklat yang tersimpan pada lignit, leornadite merupakan material dasar yang digunakan secara luas dalam pembentukan humus (Perminova *et al*, 2005). Humus terdiri dari campuran heterogen dari berbagai bahan sehingga tidak ada rumus struktur tunggal yang bisa dianggap cukup mewakili. Gambaran terbaik stokastik alami dari HS disediakan oleh model struktural dari Kleinhempel (1970) yang dilukiskan dalam gambar 2.1



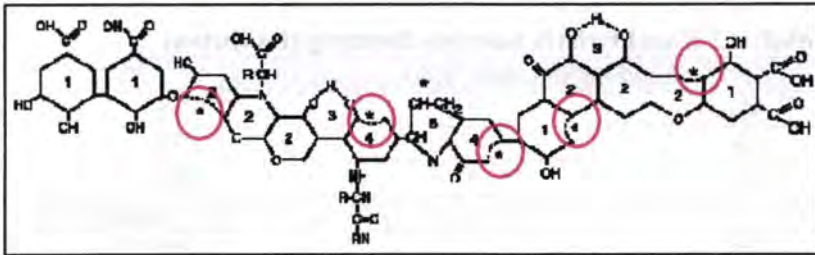
Gambar 2.1 Struktur Hipotesis Bagian dari HS yang menggambarkan Stokastik Alami Humus

Humic Acid atau Asam Humat (AH) diperkirakan sebagai kompleks makromolekul aromatik dengan asam amino, gula amino, peptida, bahan alifatik tergabung dengan ikatan antar grup aromatik. Struktur hipotetis AH, ditunjukkan pada gambar 2.2, mengandung grup OH fenolik terikat dan bebas, struktur *quinone*, nitrogen dan oksigen sebagai unit jembatan dan grup COOH bervariasi mengambil tempat pada cincin aromatik.



Gambar 2.2 Model Struktur Asam Humat

Struktur organis dari AH telah secara alami teroksidasi, sebagaimana ditunjukkan dengan tanda asterik pada gambar 2.3, sehingga bermuatan negatif. Pada sisi inilah ion positif (mikronutrien dan mikroflora) akan tertarik dan terjadi ikatan. AH bisa mengikat ion positif pada suatu kondisi dan ketika kondisi berubah AH akan melepaskan ion ini. AH mengambil ion tergantung ketersediaan ion lain untuk menggantikan ion yang telah dilepaskan (Bio Ag Technologies International, 1999). Potensi inilah yang bisa dimanfaatkan untuk menyisahkan logam berat dalam air melalui mekanisme pertukaran ion.



Gambar 2.3 Molekul Asam Humat Teroksidasi

2.1.3 Kapasitas Tukar Kation dalam Kompos Daun

Karena adanya grup karboksil ($-\text{COOH}$) pada humus yang bisa berikatan dengan kation, maka kompos bisa dikategorikan sebagai penukar kation asam lemah (*weak acid cation exchanger*). KTK kompos daun matang berkisar 70 meq/100 gram tergantung bahan dan proses pengomposan (Lenhart, *et al.*, 2002).

2.2 Kompos UDPK Bratang

Kompos UDPK Bratang diproduksi dengan bahan baku sampah dari kegiatan pembersihan taman. Jenis sampah ini utamanya terdiri dari daun-daunan, sehingga diharapkan produk komposnya kaya akan humus yang pada akhirnya akan memberikan Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang besar.

Adapun karakter Kompos Bratang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel. 2.2 Karakteristik Kompos Bratang

No	Karakteristik	Besaran
Kandungan Unsur Makro		%
1	C organik	17.07
2	N	2.46
3	P	0.61
4	K	1.82
5	C/N	7

Tabel. 2.2 Karakteristik Kompos Bratang (Lanjutan)

Kandungan Unsur Mikro		%
6	Mg	0.45
7	Ca	2.70
8	Na	3.09
		ppm
9	Hg ²⁺	0.053
10	Cr ³⁺	0.4
11	H ⁺	0.15

Sumber: Analisa Laboratorium, 2009

2.3 Pelletisasi Kompos

Menurut Lenhart, *et al.* (2002) kompos yang matang bisa memiliki karakteristik permeabilitas yang rendah, dan perlu diproses menjadi media yang memiliki karakter permeabilitas yang seragam. Dengan merubah kompos menjadi bentuk granular yang seragam (pellet) bisa meningkatkan permeabilitasnya. Selain itu media yang sudah dalam bentuk pellet akan lebih mudah dalam penanganannya. Akan tetapi perlu diteliti sejauh mana proses pelletisasi ini berpengaruh pada efektifitas kompos sebagai media penukar ion.

Pelletisasi kompos dapat dilakukan dengan penambahan *pellet binder* yang berfungsi sebagai pengikat antar komponen bahan baku sehingga tidak mudah terurai. Bahan *pellet binder* yang biasanya digunakan adalah tepung kanji/*starch*.

Tepung kanji (*starch*) adalah polisakarida yang terdiri dari monomer-monomer glukosa, berwarna putih, berbentuk serbuk yang tak berasa, bahan kimia organik yang diproduksi oleh semua jenis tumbuhan hijau dan tidak larut dalam air dingin, alkohol, atau jenis pelarut lainnya. Struktur kimia dasar dari *starch* adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. Menurut Gita (2007) pelletisasi kompos dengan bahan pellet binder menggunakan tepung kanji dan ukuran diameter pellet > 6,35 mm dapat digunakan sebagai media penukar ion pada sistem kontinyu.

LIBRARY
JTL

Adapun karakter Kompos Bratang yang dibentuk pellet dengan bahan campuran kanji, dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel. 2.3 Karakteristik Pellet Kompos Bratang

No	Karakteristik	Besaran
Kandungan Unsur Makro		%
1	C organik	19.40
2	N	2.29
3	P	0.66
4	K	1.67
5	C/N	8
Kandungan Unsur Mikro		%
6	Mg	0.30
7	Ca	2.75
8	Na	3.09
		ppm
9	Hg ²⁺	0.074
10	Cr ³⁺	0.53
11	H ⁺	0.22

Sumber: Analisa Laboratorium, 2009

2.4 Uji Permeabilitas Kompos

Braja (1985) menyatakan semua macam tanah terdiri dari butir-butir dengan ruangan-ruangan yang disebut pori (*voids*) antara butir-butir tersebut. Pori-pori ini selalu berhubungan satu dengan yang lain sehingga air dapat mengalir melalui ruangan pori tersebut. Proses ini disebut rembesan (*seepage*) dan kemampuan tanah untuk dapat dirembes air disebut daya rembesan (*permeability*). Jumlah air yang merembes melalui tanah dalam waktu tertentu adalah menurut Darcy, yaitu:

$$Q = k.i.A.t \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

Q = jumlah air dalam waktu t (cm³)

i = gradient hidrolik yaitu selisih ketinggian air (h) dibandingkan

dengan jarak antara dua titik pada media dimana kehilangan tekanan terjadi (L)

A = luas penampang (cm^2)

t = waktu (detik)

k = koefisien daya rembesan (cm/detik)

Koefisien rembesan mempunyai satuan yang sama dengan satuan kecepatan. Koefisien rembesan tanah adalah tergantung pada beberapa faktor, yaitu: kekentalan cairan, distribusi ukuran pori, distribusi ukuran butir, angka pori, kekasaran permukaan butiran tanah dan derajat kejenuhan tanah.

Flowrate dalam hubungannya dengan permeabilitas adalah debit atau banyaknya air yang mengalir dalam waktu tertentu, sehingga dapat diketahui bahwa permeabilitas media juga berpengaruh kepada *flowrate* karena jika permeabilitas suatu media rendah maka kecepatan air pada suatu kolom akan berkurang dan debit *effluent* nya juga akan turun.

Uji permeabilitas dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah. Untuk menentukan nilai k (koefisien daya rembesan) dapat dengan mengukur banyaknya air yang masuk dan keluar dari sebuah contoh tanah dalam jangka waktu tertentu, dengan memberikan tegangan air konstan pada contoh tanah. Percobaan ini disebut percobaan dengan tegangan tetap (*constant head permeability test*). Contoh tanah yang hendak diperiksa dipasang di dalam wadah yang berbentuk silinder, dan air dibiarkan mengalir melalui contoh tersebut. Banyaknya air yang keluar dari contoh ditentukan dengan cara menimbang atau dengan memakai gelas ukur.

Nilai k dihitung dari rumus:

$$k = \frac{Q.L}{A.h.t} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana Q adalah jumlah air yang keluar dalam jangka waktu t . L merupakan tinggi media pada tabung silinder, h merupakan tinggi muka air pada *head* sampai muka air output, A adalah luas penampang silinder dan t lama waktu yang ditentukan dalam

pengukuran. Cara ini dapat dipakai asal cukup banyak air dapat merembes contoh dalam waktu yang tidak terlalu lama.

2.5 Logam Berat

2.5.1 Pengertian Logam Berat

Palar (2004) menjelaskan logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang tubuh organisme hidup. Istilah logam berat sebetulnya telah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah. Sebagai suatu istilah yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Karakteristik dari logam berat adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki spesifikasi graviti yang sangat besar (lebih dari 4)
- b. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida
- c. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup

Logam berat adalah komponen yang secara alami ada di kerak bumi. Dalam jumlah kecil logam berat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum dan udara pernafasan. Hal ini sangat berbahaya karena cenderung mengalami bioakumulasi. Logam berat masuk ke dalam air melalui buangan limbah baik industri maupun domestik atau akibat adanya hujan asam yang bisa melepaskan kandungan logam berat dalam tanah sehingga terbawa ke aliran air masuk ke sungai, danau maupun air tanah (Lenntech, 2005).

2.5.2 Merkuri (Hg)

2.5.2.1 Umum

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia *hydragyrum* yang berarti perak cair. Logam merkuri dilambangkan dengan Hg, pada tabel periodeka unsur-unsur kimia menempati urutan (NA) 80 dan mempunyai bobot atom (BA) 200,59. Merkuri (Hg) adalah material yang dapat ditemukan

secara alami di semua tempat. Penyebaran logam ini ke lingkungan disebabkan oleh kegiatan manusia pada umumnya merkuri ditemukan di alam dalam bentuk gabungan dengan elemen lainnya dan jarang ditemukan dalam bentuk terpisah. (Fardiaz dalam Feni, 2007).

2.5.2.2 Sifat Merkuri

Menurut Palar (2004) secara umum logam merkuri memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Berwujud cair pada suhu kamar (25°C) dengan titik beku paling rendah sekitar -39°C
2. Masih berwujud cair pada suhu 396°C . Pada temperatur 396°C ini telah terjadi pemuaiian secara menyeluruh
3. Merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam-logam yang lain
4. Tahanan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga menempatkan merkuri sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan daya listrik
5. Dapat melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk alloy yang disebut juga dengan amalgam
6. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi semua makhluk hidup baik itu dalam bentuk unsur tunggal (logam) ataupun dalam bentuk persenyawaan

2.5.2.3 Dampak Pencemaran Merkuri Terhadap Manusia

Toksisitas merkuri dapat dibedakan menjadi dua, yaitu toksisitas merkuri anorganik dan toksisitas merkuri organik.

A. Toksisitas Merkuri Anorganik

Logam merkuri termasuk ke dalam kelompok merkuri anorganik. Dalam bentuk logamnya, merkuri berbentuk cair, dengan titik didih yang tidak begitu tinggi, sehingga sangat mudah untuk menguap. Uap logam merkuri merupakan yang paling berbahaya. Ini disebabkan karena sebagai uap, merkuri tidak terlihat dan dengan sangat mudah akan terhisap seiring

kegiatan pernafasan yang dilakukan. Pada saat terpapar oleh logam merkuri, sekitar 80% dari logam merkuri akan terserap alveoli paru-paru dan jalur-jalur pernafasan untuk kemudian ditransfer ke dalam darah. Merkuri anorganik mempunyai kemampuan untuk terkumpul di dalam jaringan hati, ginjal, dan otak dalam waktu retensi yang rendah.

Senyawa-senyawa merkuri anorganik lainnya, seperti merkuri nitrat, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, merkuri klorida, HgCl_2 , dan merkuri oksida, HgO .

B. Toksisitas Merkuri Organik

Senyawa-senyawa merkuri organik telah lama menjadi sangat akrab dengan kehidupan manusia, yang paling terkenal di antaranya adalah senyawa alkil-merkuri. Beberapa senyawa alkil-merkuri yang sering digunakan adalah metil merkuri klorida (CH_3HgCl) dan etil merkuri klorida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$). Senyawa-senyawa tersebut digunakan sebagai pestisida dalam pertanian. Sekitar 80% dari peristiwa keracunan merkuri bersumber dari senyawa-senyawa alkil-merkuri. Keracunan yang bersumber dari senyawa ini adalah melalui pernafasan.

Metil merkuri pada umumnya terakumulasi pada sistem jaringan syaraf pusat. Akumulasi paling tinggi ditemukan pada bagian *cortex* dan *cerebellum*, yaitu merupakan bagian-bagian dari organ otak. Lebih lanjut hanya sekitar 10% merkuri tersebut ditemukan dalam sel otak.

Pada wanita hamil yang terpapar oleh senyawa alkil merkuri dapat menyalurkan senyawa tersebut pada janin. Senyawa alkil merkuri tersebut masuk bersama makanan melewati plasenta karena dibawa oleh peredaran darah ke janin. Kontaminasi yang disebabkan oleh alkil merkuri ini dapat merusak otak janin, sehingga pada saat lahir, bayi menjadi cacat.

2.5.2.4 Standar Konsentrasi Hg dalam Air

Nilai konsentrasi Hg dalam air mengacu pada himpunan peraturan tentang pengendalian pencemaran air di Kota Surabaya, yang disajikan pada Tabel 2.4, 2.5 berikut.

Tabel 2.4 Standar konsentrasi Hg dalam Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lain

INDUSTRI/KEGIATAN USAHA	KADAR MAKSIMUM (mg/l)
Industri baterai kering	0.01 ^{a)} / 0.001 ^{b)}
Industri cat	0.01
Industri peleburan tembaga	0.01

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2004
(Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur)
Keterangan: a) Baterai alkali mangan b) Baterai karbon seng

Tabel 2.5 Standar konsentrasi Hg dalam Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
Hg	mg/l	0.001	0.002	0.002	0.005

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2004
(Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 Tentang Pengelolaan kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air)

Keterangan:

Kelas I : Air yang digunakan untuk bahan baku air minum atau peruntukkan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama.

Kelas II : Air yang digunakan untuk budidaya ikan dan peternakan atau peruntukkan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama.

Kelas III : Air yang digunakan untuk sarana rekreasi air atau peruntukkan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama.

Kelas IV : Air yang digunakan untuk pertamanan atau peruntukkan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama.

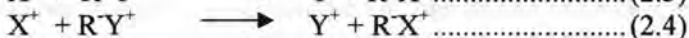
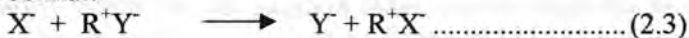
2.6 Pertukaran Ion

2.6.1 Pengertian Pertukaran Ion

Pertukaran ion (*ion exchange*) menurut Benefield (1982) didefinisikan sebagai sebuah proses dimana materi tak terlarut mengikat ion bermuatan positif atau negatif dari larutan elektrolit dan melepaskan ion lain dengan muatan sama kedalam larutan dalam jumlah yang ekuivalen secara kimia. Menurut Montgomery (1985) pertukaran ion digambarkan sebagai proses fisik-kimia dimana ion-ion ditransfer dari fase solid ke fase liquid dan sebaliknya. Proses pertukaran ion secara umum diklasifikasikan sebagai proses sorpsi. Sementara adsorpsi dibahas dalam batasan hubungan termodinamik akibat perubahan tegangan permukaan zat terlarut oleh adsorbat, pertukaran ion bisa dibedakan dari adsorpsi dengan potensial kimia dan elektrik yang mengontrol pertukaran ion-ion bergerak antara solid (media) dan zat larutan (Montgomery, 1985).

Menurut Metcalf Eddy (2003) pemanfaatan proses pertukaran ion yang banyak digunakan adalah pelunakan air buangan domestik, dimana ion sodium dari resin pertukaran kation menggantikan zat kapur dan ion magnesium dalam air terolah, sehingga mengurangi kesadahan. Aplikasi pertukaran ion dalam pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kadar nitrogen, logam berat, dan *total dissolved solid*. Proses pertukaran ion dapat dioperasikan dalam sistem *batch* maupun kontinyu. Pada sistem *batch*, resin digerakkan oleh air olahan dalam suatu reaktor hingga reaksi yang berlangsung selesai. Sedangkan pada sistem kontinyu, resin penukar ion diletakkan di dalam kolom kemudian air dimasukkan ke dalam kolom, melewati resin tersebut.

Reaksi secara umum untuk menukar ion X dengan Y adalah sebagai berikut:



dimana:

X = ion yang akan dihilangkan dari larutan

Y = ion yang menggantikan ion X (pada padatan/media penukar ion)

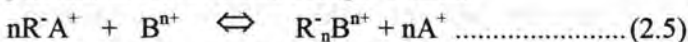
R = bagian ionik/gugus fungsional pada media penukar ion

Secara umum ada dua macam mekanisme pertukaran yang terjadi, yaitu:

1. Pertukaran anion, pada reaksi (2.3), yaitu apabila ion-ion yang dipertukarkan bermuatan negatif.
2. Pertukaran kation, pada reaksi (2.4), yaitu apabila ion-ion yang dipertukarkan bermuatan positif.

2.6.2 Keseimbangan Sistem Pertukaran Ion

Keseimbangan metode pertukaran ion dapat diterangkan melalui persamaan reaksi kimia sebagai berikut:



Dari persamaan reaksi tersebut dapat dirumuskan konstanta kesetimbangan yang terjadi adalah:

$$K_{A^+}^{B^{n+}} = \frac{(R_n^-B^{n+})_R (A^+)_S^n}{(R^-A^+)_R^n (B^{n+})_S} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana: $(R_n^-B^{n+})_R$ = aktivitas ion B di resin
 $(A^+)_S$ = aktivitas ion A di larutan
 $(R^-A^+)_R$ = aktivitas ion A di resin
 $(B^{n+})_S$ = aktivitas ion B di larutan

Konstanta kesetimbangan secara teoritis seperti di atas seringkali tidak sama dengan konstanta kesetimbangan yang benar terjadi dari suatu reaksi kimia. Secara aktual konstanta kesetimbangan teoritis tidak konstan, hal ini sangat bergantung pada kondisi percobaan. Konstanta kesetimbangan aktual dapat didekati dengan menggunakan besaran yang dinyatakan sebagai "koefisien selektivitas". Dengan berdasarkan pada persamaan untuk konstanta kesetimbangan, koefisien selektivitas dapat

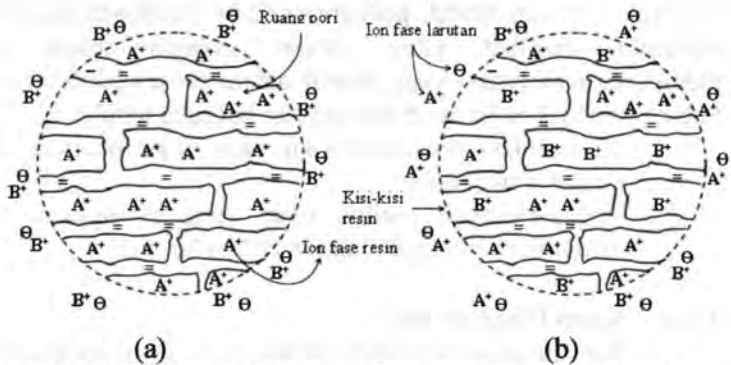
dinyatakan dalam bentuk persamaan (2.6). Koefisien selektivitas memiliki manfaat yang sangat menguntungkan untuk memperkirakan reaksi yang terjadi dalam proses pertukaran ion. Secara prinsip koefisien selektivitas ini berguna untuk:

- Menentukan ion mana yang akan dipertukarkan dalam jumlah yang sesuai
- Memperkirakan jumlah resin yang dibutuhkan untuk menghilangkan sejumlah ion dalam larutan

2.6.3 Resin Penukar Ion

Banyak produk-produk sintesis dan alami menunjukkan kemampuan pertukaran ion. Diantaranya yang utama adalah resin penukar ion, batubara penukar ion, mineral penukar ion, dan penukar ion inorganik sintetik. Kelas penukar ion yang paling penting adalah resin penukar ion organik (Helfferich, 1962).

Resin penukar ion tersusun dari tiga bagian, yaitu *framework* (matriks), grup ionik, dan grup fungsi. *Framework* atau sering disebut matrik, merupakan *network* tak beraturan, makromolekular, tiga dimensi rantai karbon (Helfferich, 1962). Matrik mengikat grup ionik tertentu, disebut juga grup *fixed ionic* (Helfferich, 1962), grup fungsi atau grup aktif (Benefield, 1982), atau *site* reaktif (Reynolds, 1982). Grup ionik ini bersifat terlarut (Benedfield, 1982) dan akan mengikat ion dengan muatan yang berlawanan yang disebut *counter ion*. *Counter ion* ini bebas bergerak dalam *framework* dan bisa digantikan atau dipertukarkan dengan ion lain (Helfferich, 1962). Gambar 2.4 adalah skema resin penukar kation menurut Montgomery (1985).



Gambar 2.4 Diagram skematis framework resin penukar kation dengan *fixed exchange site* sebelum dan sesudah reaksi pertukaran

(a) kondisi awal sebelum reaksi pertukaran dengan kation B^+

(b) kondisi kesetimbangan sesudah reaksi pertukaran dengan kation B^+

Afinitas resin terhadap ion memenuhi kaidah umum sebagai berikut:

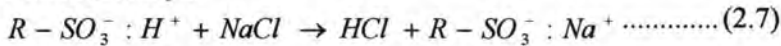
- Ion dengan valensi tinggi lebih disukai daripada ion dengan valensi rendah (Benefield, 1982, Montgomery, 1985, Helfferich, 1962).
- Untuk ion dengan valensi sama tingkat reaksi pertukaran bertambah seiring dengan menurunnya radius terhidrasi dan meningkatnya nilai atom (Benefield, 1982).
- Ion dengan volume terlarut kecil (Helfferich, 1962, Reynolds, 1982).
- Ion dengan kemampuan untuk polarisasi lebih besar (Helfferich, 1962, Reynolds, 1982).
- Ion yang bereaksi kuat dengan *site* pertukaran ion dari media penukar ion (Helfferich, 1962, Reynolds, 1982).
- Ion yang kurang berpartisipasi dalam pembentukan kompleks dengan ion lain (Helfferich, 1962, Reynolds, 1982).
- Untuk larutan dengan total konsentrasi ionik yang tinggi, derajat reaksi pertukaran tidak mengikuti aturan umum dan seringkali terbalik (Benefield, 1982).

Klasifikasi resin penukar ion yang diberikan oleh Benefield (1982) adalah sebagai berikut:

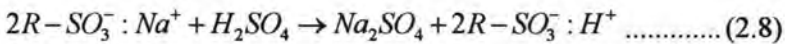
1. Resin penukar kation (mengandung kation yang bisa ditukar)

a. Resin asam kuat

Resin ini memisah garam netral dan merubahnya menjadi bentuk asamnya.

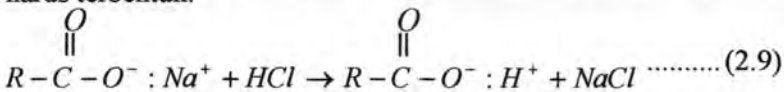


Resin ini bisa diregenerasi dengan asam kuat seperti H_2SO_4 atau HCl

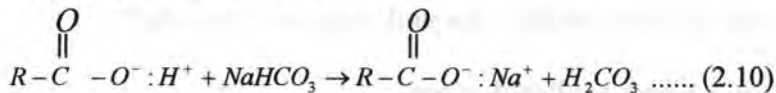


b. Resin asam lemah

Resin ini tidak bisa memecah garam netral tetapi bisa mengikat kation penyebab alkalinitas air untuk membentuk asam karbonat. Dengan kata lain, agar reaksi pertukaran bisa berlangsung maka asam yang lebih lemah dari gugus fungsional harus terbentuk.



Resin ini bisa diregenerasi dengan semua asam yang lebih kuat dari gugus fungsionalnya



Efisiensi regenerasi dari resin ini mendekati 100%. Akan tetapi, penggunaan resin ini dibatasi untuk air dengan pH lebih besar dari 7 dan mengandung alkalinitas tinggi.

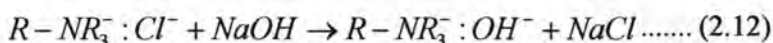
2. Resin penukar anion (mengandung anion yang bisa ditukar)

a. Resin basa kuat

Resin ini memecah garam netral dan merubahnya menjadi bentuk basanya.



Bisa diregenerasi dengan NaOH dengan efisiensi 30-50%

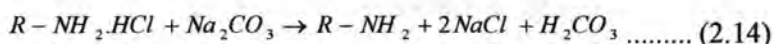


b. Resin basa lemah

Resin ini tidak bisa memisah garam netral tetapi bisa mengikat asam kuat dengan adsorpsi.



Resin ini bisa diregenerasi dengan melarutkan asam yang teradsorp dengan basa seperti NaOH, Na₂CO₃, dan NH₄OH.



Regenerasi resin ini mendekati 100%, akan tetapi penggunaannya dibatasi pada air dengan pH kurang dari 7.

2.6.4 Kapasitas Penukar Ion

Media penukar ion dikarakterisasikan secara kuantitatif berdasarkan kapasitasnya, dimana dalam penggunaan secara umum didefinisikan sebagai jumlah ekuivalen *counter ion* dalam sejumlah tertentu media (Helfferich, 1962). Kapasitas ini disebut sebagai kapasitas total (kapasitas teoritis atau kapasitas *ultimate*). Namun, kapasitas pertukaran ion biasanya dinyatakan dalam

kapasitas operasinya (Benefield, 1982) yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$X = \frac{C_o V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^n (Y_i V_i) \dots \dots \dots (2.15)$$

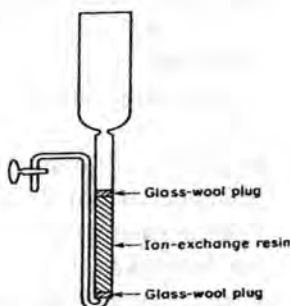
Dimana:

- X = kapasitas operasi (meq./ml)
- C_o = konsentrasi awal influen ion dimaksud (meq./ml)
- Y_i = nilai *leakage* untuk sejumlah penambahan tertentu
- V_i = pertambahan volume yang melewati media pada interval dimaksud [(V)_{i+1} - (V)_i] (l)
- V_{op} = volume yang melewati media ketika service run dihentikan (l)
- V_r = volume kolom resin (ml)

Kapasitas operasi penukar ion adalah ukuran sebenarnya dari resin dalam menukar ion dari larutan yang mengalir melalui *fixed bed* partikel resin di bawah kondisi tertentu, disebut pula kapasitas *breakthrough*. Untuk menghitung kapasitas operasi media penukar ion menggunakan persamaan 2.15 diperlukan data kurva *breakthrough*, yang merupakan hubungan antara jumlah volume terolah dengan rasio konsentrasi akhir dan konsentrasi awal ion dimaksud, dari operasi kontinyu kolom penukar ion (Benefield, 1982). Data kurva *breakthrough* digunakan untuk menentukan nilai $\sum_{i=1}^n Y_i V_i$ dengan n merupakan bilangan titik terjadi *breakthrough*.

2.7 Kolom Penukar Ion

Hampir semua operasi pertukaran ion, baik di laboratorium maupun pada skala besar dilakukan dalam kolom (Helfferich, 1962, Montgomery, 1985), dimana larutan yang akan diolah dilewatkan sebuah kolom yang berisi media penukar ion. Gambar 2.5 adalah kolom penukar ion sederhana untuk keperluan laboratorium (Helfferich, 1962).



Gambar 2.5 Kolom Penukar Ion Skala Laboratorium

Operasi kolom dalam laboratorium dengan kolom berdiameter kecil bisa dilakukan untuk mendapatkan data proses apabila dijalankan dengan benar. Karena permasalahan utama adalah pertukaran dan difusi fisik-kimiawi ion, kolom dengan diameter dalam 1-3 inchi bisa *discale-up* langsung menjadi desain akhir apabila digunakan kedalaman sebenarnya (Montgomery, 1985). Pertimbangan hidrolis, seperti pengaruh dinding kolom tidak memainkan peran penting sebagaimana pada filtrasi dimana operasi skala penuh tidak bisa sepenuhnya dimodelkan dengan kolom skala kecil. Apabila tidak mungkin menerapkan kedalaman sebenarnya dalam percobaan kolom, maka kedalaman minimal sebesar 2-3 ft bisa dipakai (Montgomery, 1985).

$$\text{Volume Resin Dibutuhkan (ft}^3\text{)} = \frac{\text{Flowrate air diolah (gpm)}}{\text{Volume flowrate (gpm / ft}^3\text{)}} \dots\dots\dots (2.16)$$

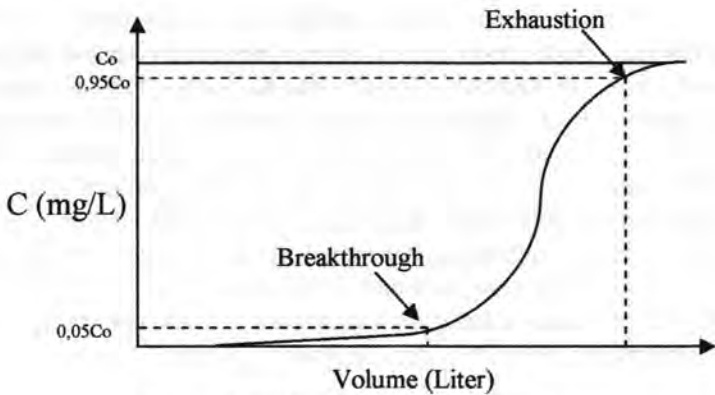
Ketika resin telah mengalami kejenuhan sesudah pemakaian, maka resin dicuci dengan regeneran secara berlebih untuk merubah kembali menjadi bentuk ionik yang diinginkan. Regenerasi bisa dilakukan secara *cocurrent*, yaitu regeneran dialirkan dengan arah yang sama dengan aliran larutan yang diolah, atau secara *countercurrent* dengan mengalirkan regeneran dengan arah berlawanan dengan air yang diolah (Montgomery, 1985). Dengan melakukan regenerasi secara *countercurrent* maka jumlah regeneran yang dibutuhkan lebih kecil, yaitu sebesar 125-150 persen teori, dibanding regenerasi dengan *cocurrent* yang membutuhkan 200-400 persen regeneran teoritis.

2.8 Keketimbangan Adsorpsi

Kurva *breakthrough* untuk kolom penukar ion dan kolom kolom adsorpsi adalah identik, dan teknik pengontakannya juga hampir sama. Sehingga, prosedur untuk desain kolom adsorpsi bisa dipakai untuk kolom penukar ion (Reynolds, 1985).

Panjang kolom dimana terjadi adsorpsi disebut *sorption zone* (Z_s). Larutan pada zone ini akan mengalami perpindahan massa pada fase cair ke fase padat, zone ini disebut juga *mass transfer zone*. Proses transfer massa ini akan mencapai kesetimbangan antara fase cair dengan penyerapannya pada fase padat yang secara ideal digambarkan sebagai kurva berbentuk "S" sebagai hubungan antara konsentrasi efluen dan volume terolah.

Dari kurva tersebut dapat diketahui titik C_B (*breakthrough point*) dan C_E (*exhaustion point*). *Breakthrough point* adalah titik dimana kemampuan adsorben dalam kolom berubah memburuk hingga menaikkan konsentrasi efluen. *Exhaustion point* adalah titik dimana terjadi kejenuhan pada kolom, ditandai dengan konsentrasi efluen yang mendekati influen. Kurva yang menghubungkan C_B dan C_E disebut kurva *breakthrough*, dengan kondisi ideal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kurva Breakthrough

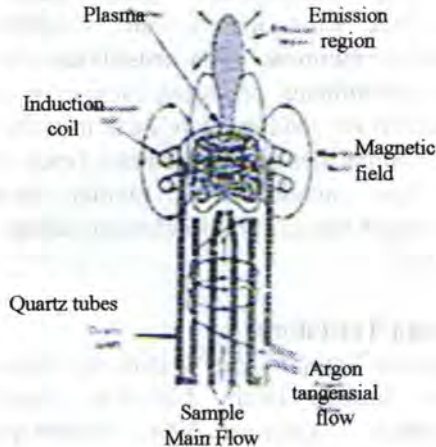
2.9 ICPS (Inductively Coupled Plasma Spectrometer)

Prinsip kerja ICPS (Inductively Coupled Plasma Spectrometer) secara sederhana adalah sebagai berikut: setiap unsur akan memberikan nyala pada gas pembakar. Energi panas dari gas pembakar tersebut merupakan eksitasi untuk mengubah sampel padat, cair, dan gas menjadi plasma atom, ion atau molekul yang kemudian tereksitasi dalam spektroskopi emisi (Christian, 1986). Radiasi emisi yang dipancarkan oleh suatu unsur sifatnya khas, inilah yang menjadi prinsip perbedaan ICPS dengan AAS, yang berprinsip pada pengukuran absorbansi cahaya oleh atom pada panjang gelombang tertentu yang tergantung dari sifat unsurnya. Prinsip ICPS adalah pengukuran radiasi yang dipancarkan oleh atom/molekul tereksitasi yang kembali ke tingkat yang lebih rendah (Williard, 1988)

Perbedaan antara ICPS dan AAS adalah nebulizer yang digunakan, perbedaannya pada ICPS punya lubang pemancar yang lebih sempit, sehingga harus diperhatikan kemungkinan adanya penyumbatan. Temperatur pada ICPS adalah 9000-10000 K (Robinson, 1995). Suhu plasma yang tinggi akan mengeksitasi atom secara efisien, kepekaan ICPS lebih besar dari AAS karena temperatur yang dicapai lebih tinggi. ICPS juga sesuai untuk

elemen-elemen yang sukar dianalisis dengan AAS seperti Boron (B), Aluminium (Al), dan Fosfor (P) karena bentuk molekul yang stabil pada temperatur nyala (Skoog, 1992)

Salah satu bagian dari ICPS yang disebut *torch* terdiri dari tiga tabung kuarsa. Skema dari *torch* ICPS dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Skema torch ICPS

Tabung pertama dan tabung kedua mengalirkan argon dengan kecepatan antara 11 sampai 17 L/menit. Argon yang mengalir pada tabung pertama berfungsi untuk melindungi kuarsa dari suhu tinggi atau sebagai pendingin. Aliran argon yang kedua berfungsi untuk membawa sampel menuju pusat penyembur dengan jalan membentuk lintasan efektif untuk sampel agar dapat sampai pada pusat penyemburan dan pemanasannya sempurna. Untuk argon kedua ini dibutuhkan sekitar 1L, sedangkan untuk argon pertama dibutuhkan sekitar 15L. Sedangkan tabung yang ketiga untuk membentuk sampel menjadi plasma atom. Tabung terbesar diameternya 2,5 cm. Di sekitar bagian atas dari tabung terdapat kumparan induksi yang

diberikan kekuatan oleh sebuah generator dengan frekuensi radio sehingga mampu menghasilkan energi sebesar 6 kW pada frekuensi sebesar 27 MHz (Christian, 1986).

2.9.1 ICPS Fisons ARL 3410+

ICPS Fisons ARL 3410+ adalah rangkaian sistem ICPS kinerja tinggi untuk menganalisis elemen secara rutin dengan pemecahan analitik yang memberikan stabilitas yang baik, kepercayaan dan kemampuan serta sensitivitas yang tinggi pada semua panjang gelombang, sehingga menjamin ketelitian, juga baik pada konsentrasi rendah, dan keakuratannya juga masih terjamin untuk sampel dengan konsentrasi besar (Skoog, 1992). Alat ini juga dapat mendeteksi 20 elemen secara bersamaan dalam sebuah sampel (analisis multi elemen) dalam waktu singkat (Robinson, 1996)

2.10 Penelitian Terdahulu

Penggunaan kompos UDPK Bratang sebagai resin dalam pengolahan air limbah telah dilakukan dengan parameter kandungan surfaktan (Nurhayati, 2006). Sistem yang digunakan adalah sistem batch dan kontinyu. Pada proses ini, hasil terbaik dicapai oleh kompos dengan ukuran butiran kompos 40 mesh.

Menurut Nurhayati (2006) merubah bentuk media menjadi bentuk pellet menjadi sangat penting dalam hal ini karena penerapan proses pertukaran ion adalah secara kontinyu yang dilakukan pada kolom penukar ion dimana permeabilitas media sangat menentukan. Namun, media yang dipellet dengan *pellet binder* mempunyai efektivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan media yang dipellet tanpa *pellet binder*. Menurut Gita (2007), pellet kompos dengan *pellet binder* menggunakan tepung kanji berdiameter $> 6,35$ mm cocok diterapkan dalam sistem kontinyu. Menurut Feni (2007) kompos UDPK Bratang dengan diameter media ukuran 16/40 mesh dan pemakaian berulang media sebanyak 3 kali menghasilkan removal logam Hg tertinggi sebesar 87,5 %.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Berdasarkan suatu penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, bahwa kompos UDPK Bratang dibuktikan mempunyai kemampuan sebagai media penukar ion, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kemampuan tukar kation kompos Bratang dalam mereduksi Hg^{2+} dalam air limbah buatan pada reaktor kontinyu, khususnya dengan variasi diameter kolom, kedalaman media dan bentuk media kompos, sehingga dapat dicari alternatif media dan desain kolom penukar ion yang dapat digunakan untuk reaktor kontinyu.

Pada penelitian ini, digunakan limbah buatan dari larutan Hg yang dibuat dari senyawa $HgSO_4$ yang dilarutkan dalam asam nitrat dan aquadest. Media penukar ion yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kompos Bratang dengan ukuran 16/40 yang dibentuk pellet dan campuran kompos Bratang dengan pasir kuarsa. Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah analisa permeabilitas, untuk mendapatkan rasio pencampuran kompos dan pasir kuarsa yang diinginkan yaitu 1:1, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1, dan dilakukan *leaching* pada semua media kompos dengan menggunakan larutan HCl dengan konsentrasi 0,1 N, sehingga diharapkan semua ion-ion di dalam kompos dapat tergantikan oleh ion H^+ . Penelitian tahap kedua, yaitu percobaan secara kontinyu yang menggunakan reaktor kolom penukar ion. Variabel penelitian ini adalah bentuk dari media kompos, kedalaman media kompos dalam reaktor, dan diameter kolom penukar ion.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik resin penukar ion yang ideal dalam kompos daun, serta pengujian keefektifan kinerja kompos sebagai media penukar ion dalam bentuk pellet diameter $> 6,35$ mm dan media tercampur dengan menggunakan pasir kuarsa pada sistem

kontinyu. Untuk mencapai tujuan-tujuan tersebut, kerangka penelitian yang digunakan adalah merumuskan ide studi, melakukan peninjauan pada pustaka yang ada, melakukan penelitian di laboratorium, menganalisa hasil penelitian, dan menarik simpulan.

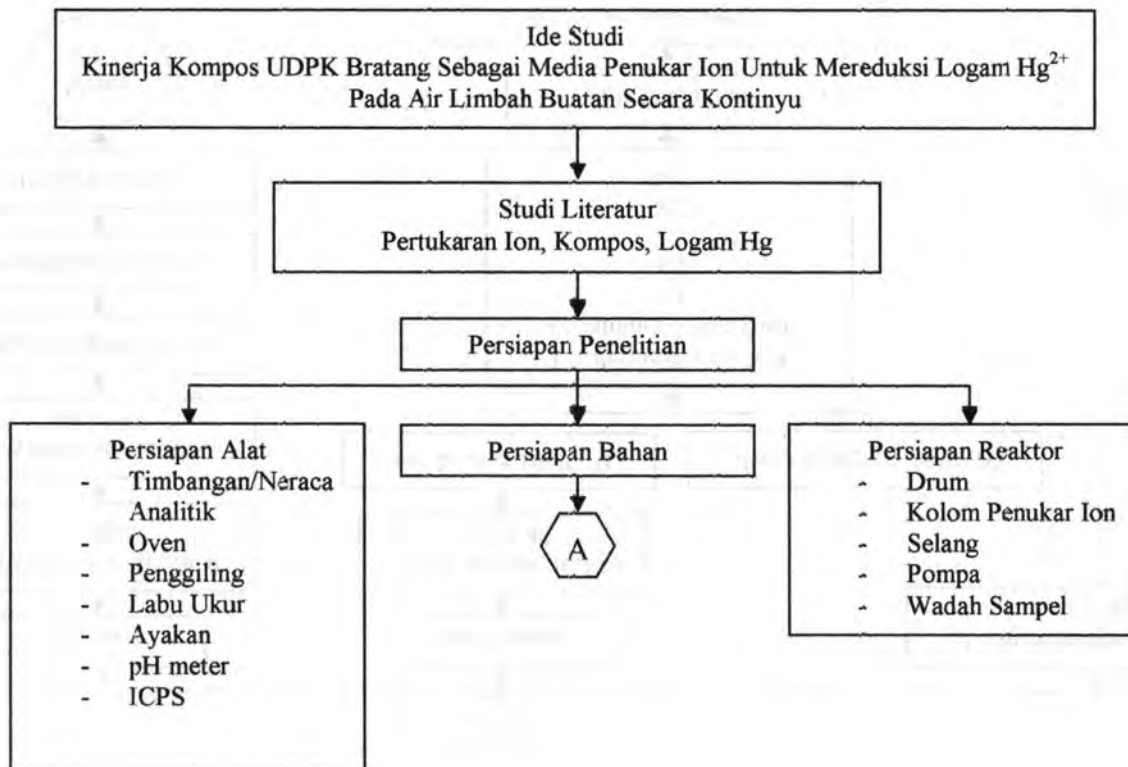
Secara ringkas, uraian tersebut diatas dapat dilihat pada Gambar 3.1.

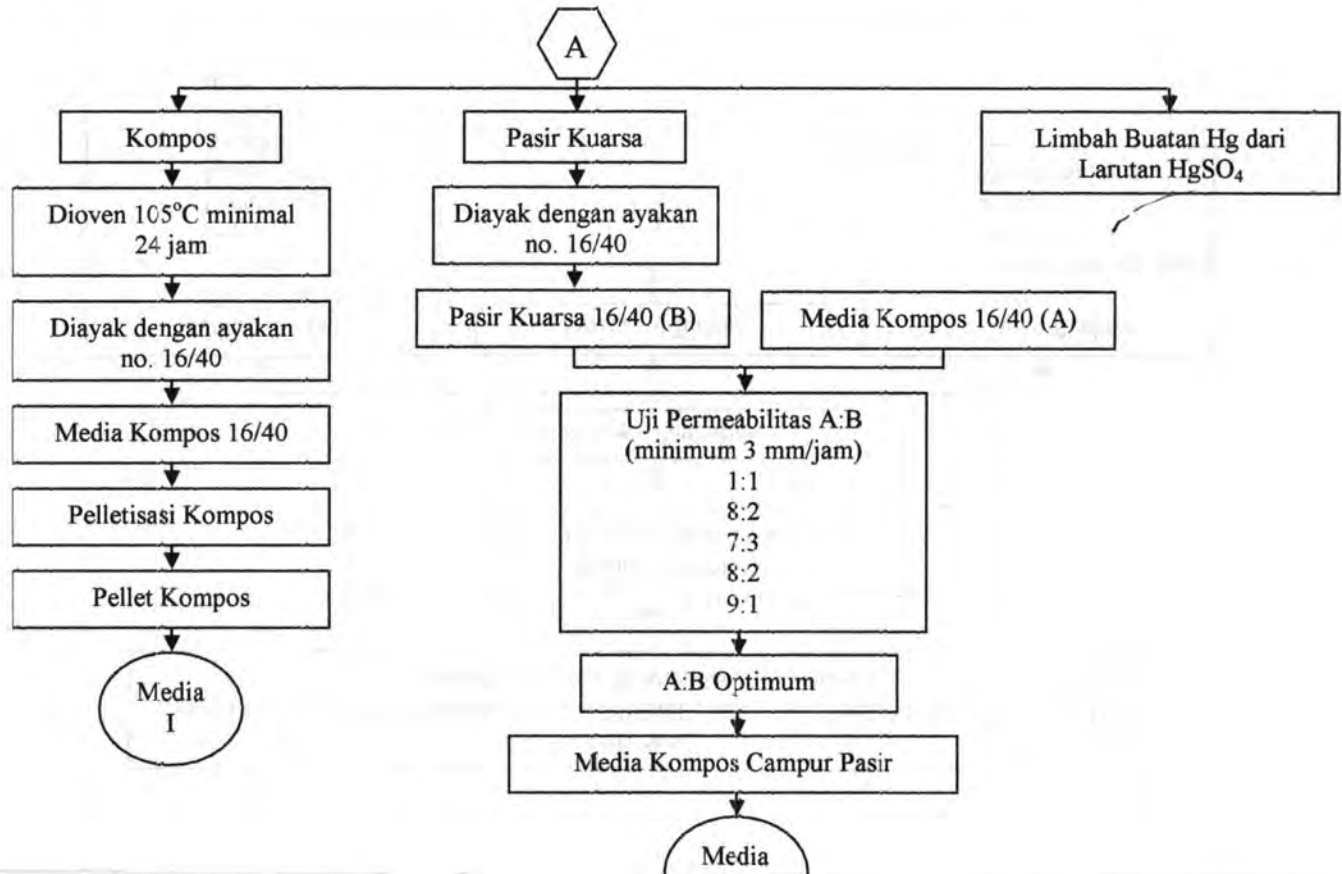
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

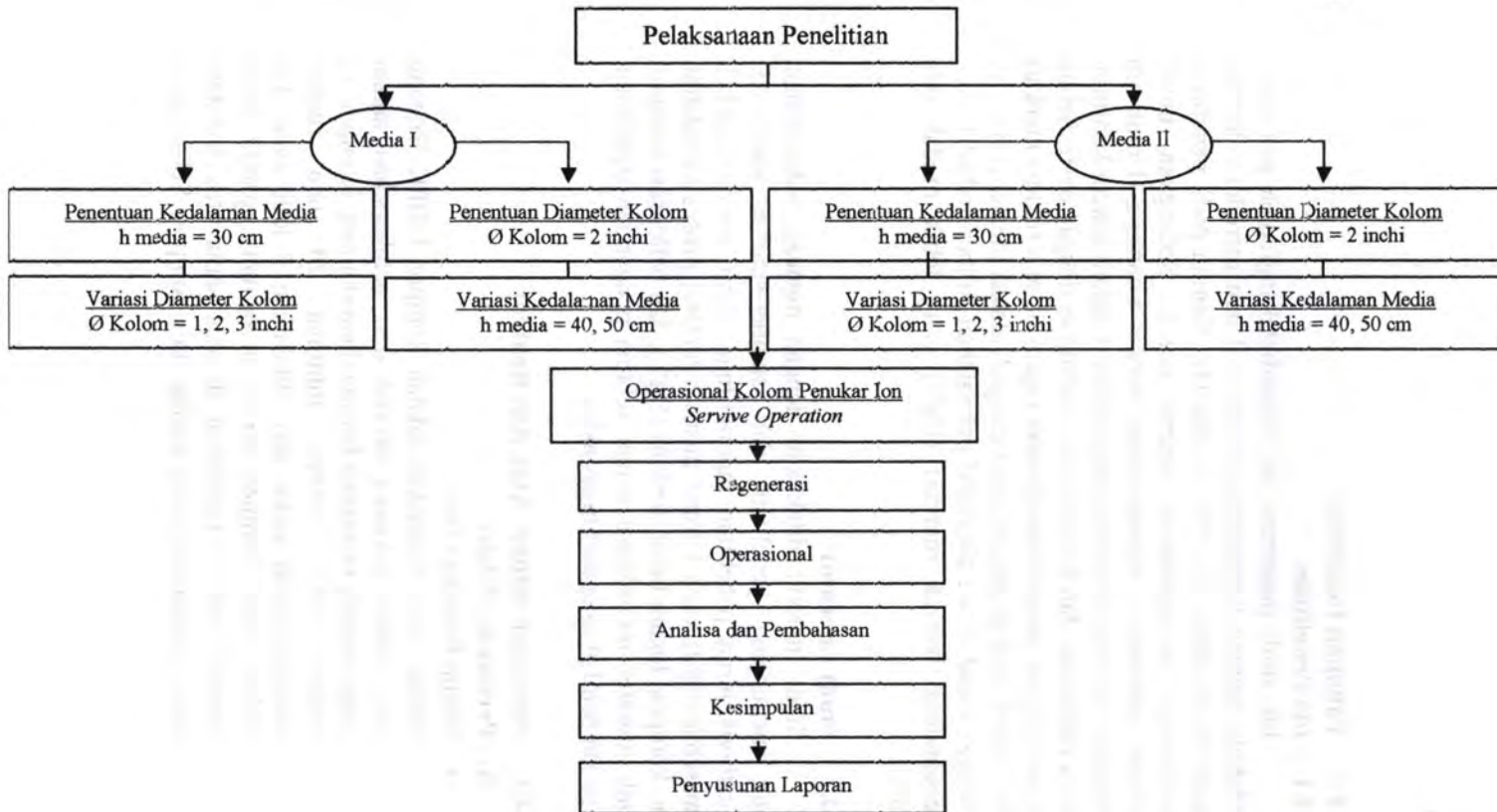
Penelitian mengenai “Kinerja Kompos UDPK Bratang Sebagai Media Penukar Ion Untuk Mereduksi Logam Berat Hg^{2+} Pada Air Limbah Buatan Secara Kontinyu” ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS, Laboratorium Fakultas Pertanian UPN untuk analisa karakteristik, KTK Kompos, dan Laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Surabaya untuk analisa konsentrasi Hg^{2+} dengan ICPS (*Inductively Coupled Plasma Spectrometer*).

3.3 Kerangka Penelitian

Penyusunan kerangka penelitian dilakukan untuk mengetahui tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian dan untuk dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian sehingga diharapkan akan mempermudah dalam pelaksanaan penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Ide Penelitian

Ide studi penelitian ini dilatarbelakangi oleh penelitian terdahulu tentang kemampuan kompos dalam mereduksi limbah logam berat seperti Cu, Pb, Cr dan Hg. Namun pada penelitian sebelumnya menggunakan sistem *batch*. Sedangkan untuk aplikasi sebenarnya menggunakan sistem kontinyu. Untuk itu dilakukan uji kinerja media yang aplikatif dalam sistem kontinyu antara pelletisasi dan kompos yang dicampur dengan pasir. Selain itu, pentingnya pengelolaan limbah logam berat terutama merkuri (Hg^{2+}) hasil limbah industri juga menjadi alasan ide penelitian ini, sehingga dapat dicari alternatif pengolahan limbah industri yang mengandung banyak merkuri (Hg^{2+}) yang lebih mudah dan murah.

3.4.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan yang menunjang penelitian dari sumber-sumber yang ada (*Textbook*, jurnal penelitian, laporan tugas akhir, internet, artikel, dan sebagainya) yang berupa pustaka tentang proses pertukaran ion, kompos, logam berat merkuri (Hg^{2+}), dan pelletisasi kompos. Studi literatur ini sebagai acuan selama pengerjaan penelitian, data dan pembahasan dari tugas akhir.

3.4.3 Persiapan Bahan, Alat, dan Reaktor

A. Persiapan Bahan

• Media Penukar Ion

Media yang digunakan adalah kompos UDPK Bratang yang bahan bakunya berasal dari pembersihan taman yang sampah utamanya berupa daun-daunan. Kompos ini dioven 105°C selama minimal 24 jam (untuk menghilangkan kadar air), dilakukan 3 kali oven dan diukur berat kompos setiap perlakuan, apabila berat kompos pada 3 perlakuan di atas sama atau konstan, maka didapatkan berat kering dari kompos. Selanjutnya

kompos diayak dengan ayakan ukuran 16/40 (berdasarkan penelitian sebelumnya), lolos pada ayakan nomor 16 dan tertahan pada ayakan nomor 40. Hasil ayakan kompos tersebut dilakukan:

- Pelletisasi dengan ukuran diameter pellet kompos > 6,35 mm. Pembuatan pellet kompos dilakukan dengan mencampurkan kompos dan air 100 : 80 dan kanji sebanyak 3 %. Kemudian digiling dengan menggunakan alat penggiling (Gambar 3.2) dan dibentuk bulat-bulat kecil (Gambar 3.3). Setelah itu bulatan kompos dibiarkan kering dan dioven selama 24 jam pada suhu oven 105°C agar kandungan airnya berkurang dan memperkeras fisik pellet.
- Pencampuran dengan pasir kuarsa yang telah diayak ukuran 16/40 dengan rasio yang optimum (mencapai permeabilitas 3 mm/jam) dari komposisi kompos dan pasir (1:1 ; 6:4 ; 7:3 ; 8:2 ; 9:1).



Gambar 3.2 Alat Penggiling



Gambar 3.3 Pelet kompos

- **Limbah Buatan**

Bahan-bahan yang diperlukan adalah :

- Senyawa HgSO_4 , digunakan sebagai senyawa yang dipakai untuk membuat larutan Hg^{2+} .
- Pembuatan larutan Hg^{2+} 1000 mg/L adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang senyawa HgSO_4 yang berbentuk serbuk berwarna putih sebanyak 1,478 gram.

$$\begin{aligned} \text{HgSO}_4 &= \frac{BM \text{ HgSO}_4}{BA \text{ Hg}} \\ &= \frac{200,59 + 32 + 64}{200,59} \\ &= 1,478 \text{ gram} \end{aligned}$$

- b. Menambahkan larutan asam nitrat 12,5 mL. Penambahan larutan asam nitrat ini bertujuan untuk melarutkan serbuk HgSO_4 agar lebih homogen.

- c. Melarutkan senyawa HgSO_4 tersebut dengan aquadest hingga volume larutan 1000 mL.

Dalam larutan tersebut konsentrasi Hg^{2+} sebesar 1000 mg/L.

- Pembuatan larutan Hg^{2+} konsentrasi 5 mg/L adalah sebagai berikut:

Konsentrasi awal larutan Hg yang diinginkan sebesar 5 mg/L, volume yang akan digunakan sebanyak 25 liter. Dengan menggunakan persamaan:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 \dots \dots \dots (3.1)$$

dimana:

M_1 = Konsentrasi larutan induk sebesar 1000 mg/L

V_1 = Volume larutan induk yang ditambahkan (mL)

M_2 = Konsentrasi larutan induk yang diinginkan (mg/L)

V_2 = Volume larutan Hg^{2+} yang diinginkan (mL)

Dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 5 \text{ mg/L} \times 25000$$

$$V_1 = 125 \text{ mL}$$

Jadi untuk membuat 25 L larutan Hg^{2+} konsentrasi 5 mg/L, dibutuhkan pengenceran larutan Hg^{2+} 1000 mg/L sebanyak 125 mL. Kemudian larutan tersebut dianalisa dengan ICPS untuk mengetahui konsentrasi Hg^{2+} yang terukur.

B. Persiapan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- Timbangan, digunakan untuk menimbang berat kompos yang akan digunakan
- Oven, digunakan untuk mengeringkan kompos
- Ayakan, digunakan untuk menghomogenkan ukuran kompos dan pasir
- Alat penggiling, digunakan untuk membuat kompos dalam bentuk pellet
- Labu ukur, digunakan dalam pengenceran larutan Hg^{2+}
- Pengaduk, digunakan untuk menghomogenkan larutan Hg^{2+}
- Pipet tetes, digunakan untuk mengambil larutan
- pH meter, digunakan untuk mengukur pH
- ICPS (*Inductively Coupled Plasma Spectrometer*), digunakan untuk menganalisa kandungan logam berat Hg^{2+} dalam limbah buatan. Dalam penelitian ini alat ICPS yang digunakan adalah ICPS Fisons ARL 3410+. Alat ini memiliki sensitivitas yang tinggi pada semua panjang gelombang, sehingga menjamin ketelitian, juga baik pada konsentrasi rendah, dan keakuratannya juga masih terjamin untuk sampel dengan konsentrasi besar. Panjang gelombang yang dipilih untuk logam Hg adalah 253,652 nm. Pemilihan panjang gelombang ditentukan berdasarkan sensitivitas alat dan kemungkinan interferensi antar logam-logam tersebut (Robinson, 1996).

C. Persiapan Reaktor

Alat-alat yang dibutuhkan untuk membuat reaktor sebagai berikut:

- Drum, digunakan untuk menampung air *influent* dan *effluent*.
- Selang Plastik, digunakan untuk mengalirkan air dari *influent* dan *effluent*.
- Pompa, digunakan untuk mengalirkan air dari drum limbah buatan ke influen.
- Kolom kaca, digunakan sebagai kolom media penukar ion.
- Wadah Sampel, digunakan untuk menampung *effluent*.

Tabel 3.1 Variasi Kolom Penukar Ion

Kolom	Media	Diameter Kolom (inci)	Kedalaman Kolom (cm)
1	Pellet	1	30
2	Kompos : Pasir	1	30
3	Pellet	2	30
4	Kompos : Pasir	2	30
5	Pellet	3	30
6	Kompos : Pasir	3	30
7	Pellet	2	40
8	Kompos : Pasir	2	40
9	Pellet	2	50
10	Kompos : Pasir	2	50

Sumber : Eksperimen, 2009

3.4.4 Penelitian Pendahuluan

3.4.4.1 Uji Permeabilitas

Penelitian pendahuluan tahap pertama yaitu analisa permeabilitas media kompos yang dicampur dengan pasir kuarsa. Uji permeabilitas dilakukan untuk menentukan rasio pencampuran yang optimum kompos dengan pasir kuarsa. Komposisi kompos : pasir yang akan diuji dalam penelitian ini adalah 1:1, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1. Metode uji permeabilitas yang digunakan adalah metode *Constant Head Permeability Test*. Kompos yang akan diukur nilai daya rembesannya (k), dipasang dalam suatu wadah silinder dan air dibiarkan mengalir melalui kompos tersebut. Banyaknya air yang keluar dari kompos ditentukan dengan cara menimbang atau memakai tempat pengukur.

Nilai k dihitung dengan rumus:

$$k = \frac{Q.L}{A.h.t}$$

Dimana :

- Q = jumlah air yang keluar dalam jangka waktu t (cm^3)
- A = luas penampang silinder (cm^2)
= $\frac{1}{4} \pi D^2$
- L = tinggi media pada tabung silinder (cm)
- h = tinggi muka air pada *head* sampai muka air output (cm)
- t = lama waktu yang ditentukan pada pengukuran (s)

3.4.4.2 Leaching Media Kompos

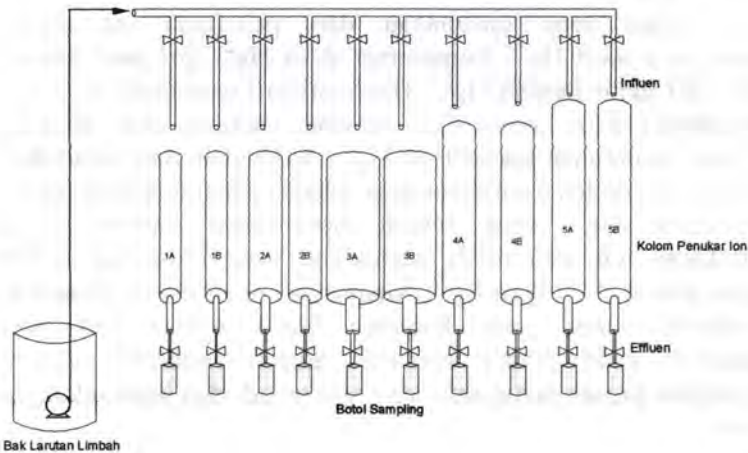
Penelitian pendahuluan tahap kedua yaitu melakukan *leaching* media dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N. Proses peleachingan ini dilakukan untuk menggantikan semua kandungan ion-ion yang terdapat di dalam kompos UDPK Bratang dengan ion H^+ . Berikut merupakan prosedur *leaching* media yang dilakukan pada penelitian ini:

- a. Menuang HCl 0,1 N secukupnya ke dalam setiap kolom yang berisi media hingga terendam sempurna selama minimum 2 jam.
- b. Menyaring larutan hasil proses *leaching* dengan menggunakan saringan dan menampung filtratnya ke dalam beaker glass.
- c. Dilakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N terhadap filtrat tersebut untuk mengetahui apakah dalam larutan tersebut telah jenuh ion H^+ atau belum. Apabila larutan filtrat belum jenuh ion H^+ maka dilakukan kembali perlakuan a-b. Berikut prosedur titrasi dengan NaOH 0,1 N:
 - Diambil 10 mL larutan filtrat
 - Ditambahkan 3 tetes indikator PP
 - Ditrasi dengan 10 mL NaOH 0,1 NApabila larutan berubah warna menjadi merah muda untuk yang pertama kalinya pada volume titrasi 10 mL NaOH 0,1 N maka dapat dipastikan larutan tersebut telah jenuh ion H^+ , sehingga dapat dipastikan pula semua ion-ion yang terdapat dalam media telah tergantikan seluruhnya oleh ion H^+ .
- d. Media yang telah dilakukan *leaching* H^+ dibilas dengan menggunakan aquadest.

3.4.5 Penelitian Proses Kontinyu

Percobaan dilakukan dengan menggunakan reaktor kontinyu (*fixed bed column*) untuk memperoleh kurva *breakthrough* (Reynolds, 1982). Dari data operasi kontinyu dapat diketahui kapasitas operasi (Benefield, 1985), kondisi kesetimbangan dan model adsorpsi isotermis proses pertukaran ion yang terjadi. Gambar 3.4 adalah sketsa reaktor percobaan.

Kolom penukar ion terbuat dari acrylic. Menurut Helfferich (1962), kaca biasa adalah penukar ion, walaupun dengan kapasitas dan laju pertukaran yang sangat rendah, sehingga tidak seharusnya digunakan baik untuk penyimpanan maupun pengukuran. Diameter kolom 1 in atau 2.54 cm (1-3 in menurut Montgomery, 1985), kedalaman media 30 cm, 40 cm, dan 50 cm (Clark, *et al.*, 1997).



Gambar 3.4 Sketsa Rangkaian Reaktor

Masing-masing kolom berisikan media pellet dan kompos yang dicampur pasir kuarsa dioperasikan selama 3 jam 45 menit. Dilakukan pengambilan sampel semua kolom setiap 15 menit dengan waktu sampling 10 menit, kemudian sampel dilakukan analisa konsentrasi akhir Hg^{2+} dengan menggunakan alat ICPS (*Inductively Coupled Plasma Spectrometer*).

Selanjutnya adalah percobaan regenerasi. Sebelum diregenerasi, kolom terlebih dulu *dibackwash* selama 5-15 menit. Regenerasi dilakukan secara *cocurrent* yang membutuhkan 200-400% regeneran teoritis (Montgomery, 1985). karena menurut Benefield, 1982, operasi regenerasi *countercurrent* kurang menguntungkan jika diaplikasikan pada resin ionik lemah. Setelah regenerasi, dilakukan *slow rinse* (pencucian lambat) dilanjutkan *fast rinse* (pencucian cepat) dengan *flowrate* sebesar *flowrate* pengolahan menggunakan aquades selama 10-30 menit (Montgomery, 1985). Baru kemudian dilakukan operasi kolom seperti semula.

3.4.6 Analisa dan Pembahasan

Data yang didapatkan dari penelitian ini adalah konsentrasi awal Hg^{2+} , konsentrasi akhir Hg^{2+} , pH awal larutan Hg^{2+} , pH akhir larutan Hg^{2+} . Berdasarkan konsentrasi awal dan konsentrasi akhir larutan Hg^{2+} tersebut nantinya akan dihitung efisiensi penurunan konsentrasi Hg^{2+} . Sedangkan data perubahan pH yang diperoleh akan digunakan sebagai penguji apakah proses penyisihan Hg^{2+} yang terjadi benar-benar karena proses pertukaran ion atau tidak, pertukaran yang dimaksud adalah antara kation H^+ dengan Hg^{2+} . Analisa dan pembahasan dilakukan berdasarkan data yang diperoleh. Hasil analisa data yang diperoleh pada proses kontinu adalah kapasitas operasi, prosentase proses pertukaran ion yang terjadi dan kesetimbangan media.

Kapasitas Operasi

$$X = \frac{C_o V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^n (Y_i V_i)$$

3.4.7 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian yang menjawab perumusan masalah penelitian. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.



BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Media Kompos Bratang

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompos yang berasal dari UDPK Bratang. Bahan baku kompos Bratang ini sebagian besar berupa daun-daunan dan sisa-sisa tanaman yang berasal dari pembersihan Kebun Bibit Surabaya. Kandungan material humus yang besar pada kompos daun berpotensi untuk pertukaran ion (Lenhart, *et al.*, 2002 dan Clark, *et al.*, 1997).

4.1.1 Media Penukar Ion

Pada penelitian ini, ukuran partikel media yang digunakan mengacu pada hasil penelitian terdahulu (Feni, 2007) yaitu media kompos dengan ukuran 16/40 mesh yaitu lolos ayakan 16 mesh dan tertahan 40 mesh. Ukuran media tersebut merupakan diameter optimum yang dapat digunakan dalam proses pertukaran ion. Selanjutnya hasil ayakan kompos tersebut dibagi menjadi dua bentuk media yang merupakan salah satu variabel dari penelitian ini. Bagian pertama yang kemudian dinamakan Media I adalah kompos 16/40 mesh yang dilakukan pelletisasi dengan ukuran diameter > 6,35 mm, dengan tujuan merubah kompos menjadi bentuk granular yang seragam (pellet) bisa meningkatkan permeabilitasnya (Lenhart, *et al.*, 2002).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan uji permeabilitas terhadap pellet kompos ukuran diameter > 6,35 mm yang dapat digunakan dalam sistem kontinyu (Gita, 2007). Namun pellet tersebut belum dilakukan uji efektivitas sebagai penukar ion untuk mereduksi logam Hg²⁺.

Selain itu, perlu dilakukan analisa perbandingan terhadap media yang tidak dilakukan pelletisasi yaitu media kompos yang dicampurkan pasir kuarsa yang kemudian dinamakan Media II. Pencampuran dengan pasir ini diharapkan dapat menaikkan permeabilitas seperti halnya pelletisasi. Pencampuran dilakukan

dengan rasio komposisi kompos dan pasir kuarsa yang berbeda-beda sebagai berikut:

- Kompos (9) : Pasir (1)
- Kompos (8) : Pasir (2)
- Kompos (7) : Pasir (3)
- Kompos (6) : Pasir (4)
- Kompos (1) : Pasir (1)

Berdasarkan ARC (2003) konduktivitas hidrolis minimum untuk infiltrasi *stormwater* mencapai 3 mm/jam, maka dari itu dari rasio pencampuran di atas diharapkan nilai permeabilitas minimal 3 mm/jam dapat tercapai dengan komposisi pasir kuarsa paling sedikit agar keberadaan pasir tersebut tidak mengganggu proses pertukaran ion yang akan terjadi.



Gambar 4.1 Media (a) kompos 16/40 ; (b) kompos campur pasir ; (c) pellet kompos

4.1.2 Analisa Kandungan Kompos

Analisa kandungan kompos dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terdapat dalam media I dan II. Hasil analisa kandungan tersebut dicantumkan pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Kandungan Media Kompos

Karakter	Satuan	Kompos 16/40	Media I	Media II
Mg	%	0,45	0,30	0,66
Ca		2,70	2,75	2,40
Na		3,09	3,04	3,29
Fe		1,5	1,4	1,4
Zn		0,013	0,012	0,011
Cu		0,006	0,006	0,005
Mn		0,05	0,03	0,02

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Tabel 4.2 Unsur Esensial Bagi Sebagian Besar Tumbuhan Tingkat Tinggi

Unsur	Lambang kimia	Bentuk yang tersedia bagi tumbuhan ^a	Bobot atom	Konsentrasi pada jaringan kering		Jumlah atom dibandingkan dengan molibdenum
				Mg/kg	(%)	
Molibdenum	Mo	MoO ₄ ²⁻	95,95	0,1	0,00001	1
Nikel ^b	Ni	Ni ²⁺	58,71	-	-	-
Tembaga	Cu	Cu ⁺ , Cu ²⁺	63,54	6	0,0006	100
Seng	Zn	Zn ²⁺	65,38	20	0,0020	300
Mangan	Mn	Mn ²⁺	54,94	50	0,0050	1.000
Boron	B	H ² BO ₃ ^c	10,82	20	0,002	2.000
Besi	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	55,85	100	0,010	2.000
Klorin	Cl	Cl ⁻	35,46	100	0,010	3.000
Belerang	S	SO ₄ ²⁻	32,07	1.000	0,1	30.000
Fosfor	P	H ₂ PO ₄ ⁺ , HPO ₄ ²⁻	30,98	2.000	0,2	60.000
Magnesium	Mg	Mg ²⁺	24,32	2.000	0,2	80.000
Kalsium	Ca	Ca ²⁺	40,08	5.000	0,5	125.000
Kalium	K	K ⁺	39,10	10.000	1,0	250.000
Nitrogen	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	14,01	15.000	1,5	1.000.000
Oksigen	O	O ₂ , H ₂ O	16,00	450.000	45	30.000.000
Karbon	C	CO ₂	12,01	450.000	45	35.000.000
Hidrogen	H	H ₂ O	1,01	60.000	6	60.000.000

Sumber: Salisbury, 1995

Dari hasil analisa di atas, kandungan unsur pada media I dan media II relatif tidak berbeda jauh. Pada dasarnya penambahan perekat (kanji) pada media I dan pecampuran pasir kuarsa pada media II tidak terlalu mempengaruhi kandungan kompos.

Berdasarkan Tabel 4.1 yang disesuaikan dengan Tabel 4.2 dapat dilihat unsur-unsur yang terdapat dalam kompos yang

nantinya potensial dipertukarkan dengan Hg^{2+} dalam air. Unsur-unsur tersebut haruslah kation dengan muatan sama atau lebih kecil dari Hg^{2+} . Jika memiliki muatan yang sama maka kation itu harus memiliki nomor atom yang lebih kecil untuk bisa diambil alih posisinya oleh Hg^{2+} . Total dari unsur tersebut sekitar 10 % dari berat kering kompos, dan selebihnya merupakan unsur makrohara seperti karbon, nitrogen, fosfor, kalium dan unsur yang tak terukur dalam analisa kandungan kompos ini. Unsur makrohara tersebut bukan merupakan kation yang bisa dipertukarkan dengan Hg^{2+} .

4.1.3 Pengukuran KTK Teoritis

KTK kompos teoritis menggambarkan kemampuan maksimal kompos sebagai media penukar ion dalam mereduksi kandungan logam. Untuk mengukur KTK teoritis dilakukan dengan metode *Ammonium Replacement*. Metode ini merupakan salah satu metode standar yang sering digunakan dalam mengukur KTK tanah (Cooper, 2005) dan bahan yang berasal dari tanaman (organik). Prosedur pengukuran nilai KTK teoritis dengan metode *Ammonium Replacement* dengan menggunakan Asam Acetat dapat dilihat pada lampiran B. Prinsip pengukuran metode ini adalah menggantikan posisi kation dalam *cation exchange sites* tanah dengan amonium, kemudian dilakukan *leaching* pada amonium tersebut dan mengukur konsentrasinya dalam larutan.

Pada penelitian ini, media yang digunakan akan dilakukan *leaching* dengan larutan HCl 0,1 N, Oleh karena itu pengukuran KTK teoritis semua media dilakukan baik sebelum dan setelah media dilakukan *leaching*. Hasil pengukuran KTK teoritis untuk Media I, II sebelum dan setelah dilakukan *leaching* terangkum dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai KTK teoritis media

No	Media	Nilai KTK Teoritis	
		Sebelum leaching (meq/100 gr)	Setelah leaching (meq/100 gr)
1	Media I	30,07	33,58
2	Media II	30,14	33,82

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Berdasarkan Tabel 4.3 di atas dapat dilihat bahwa nilai KTK teoritis untuk kedua media setelah dilakukan leaching mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan kation-kation dalam kompos telah mengalami proses *leaching* yaitu telah tergantikan posisinya dengan ion H^+ , karena menurut Reynolds, (1982), dalam deret volta, ion H^+ menempati urutan nilai selektivitas yang paling lemah, sehingga mudah tergantikan posisinya oleh kation lain.

Nilai KTK teoritis antara media I dan media II terdapat perbedaan, tetapi tidak terlalu besar. Nilai KTK media I lebih kecil dibandingkan nilai KTK media II. Menurut Gita, (2007) pelletisasi dapat menyebabkan penurunan nilai KTK berkaitan dengan *surface area* reaksi. Media pellet memiliki luas permukaan reaksi yang kecil, sehingga akan berpengaruh pada reaksi pertukaran ion yang terjadi.

4.1.4 Pengukuran Asam Humat dan Asam Fulvat

Analisa asam humat dan asam fulvat juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan kompos dalam menukar kation logam berat. Kompos memiliki kandungan humus yang terdiri dari *humic acid*, *fulvic acid*, dan *humin* yang mempunyai kemampuan untuk membentuk kompleks logam melalui pertukaran kation (Lenhart, *et al*, 2002). Asam humat mempunyai peran yang lebih besar daripada asam fulvat dalam proses pertukaran ion karena bobot molekul AH lebih tinggi daripada berat molekul AF (Chen dalam Gita, 2007). Struktur hipotesis AH mengandung grup OH fenolik terikat dan bebas, struktur *quinone*, nitrogen dan oksigen

sebagai unit jembatan dan grup $-COOH$ bervariasi mengambil tempat pada cincin aromatik. Grup karboksil ($-COOH$) pada humus inilah yang nantinya akan berikatan dengan kation. Struktur organis AH secara alami teroksidasi, sehingga bermuatan negatif. Pada sisi inilah ion positif (mikronutrien dan mikroflora) akan tertarik dan terjadi ikatan. AH bisa mengikat ion positif pada suatu kondisi dan ketika kondisi berubah AH akan melepaskan ion ini (Bio Ag Technologies International, 1999). Potensi inilah yang bisa dimanfaatkan untuk menyisihkan logam berat dalam air melalui mekanisme pertukaran ion. Berdasarkan penjelasan di atas, maka kandungan asam humat dan asam fulvat pada kompos sangat penting untuk diketahui.

Seperti pada pengukuran nilai KTK teoritis, analisa asam humat dan asam fulvat ini juga dilakukan pada media sebelum dan setelah leaching. Hasil analisa asam humat dan asam fulvat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Analisa Asam Humat dan Asam Fulvat

No	Media	Asam Humat		Asam Fulvat	
		Sebelum leaching (%)	Setelah leaching (%)	Sebelum leaching (%)	Setelah leaching (%)
1	Media I	0,37	0,35	0,10	0,11
2	Media II	0,30	0,49	0,10	0,06

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Tabel 4.4 menjelaskan bahwa terdapat perbedaan antara nilai asam humat dan asam fulvat sebelum *leaching* dan setelah *leaching*. Nilai asam humat sebelum *leaching* pada media I sebesar 0,37%, namun setelah *leaching* mengalami penurunan menjadi 0,35% dikarenakan asam humat dalam kompos mengalami pelarutan. Sedangkan nilai asam humat media II mengalami peningkatan dari 0,30% menjadi 0,49%. Peningkatan nilai asam humat ini dikarenakan proses *leaching* yang mengakibatkan terjadinya deprotonasi. Menurut Swift dalam Feni

(2007), deprotonasi gugus fungsional asam humat akan menurunkan kemampuan pembentukan ikatan hidrogen, baik antar molekul ataupun sesama molekul dan meningkatkan jumlah muatan negatif gugus fungsional asam humat, sehingga gaya tolak menolak antar gugus dalam molekul asam humat semakin meningkat. Kedua hal tersebut akan menyebabkan permukaan partikel-partikel koloid asam humat bermuatan negatif semakin meningkat dan akan menyebabkan peningkatan kemampuan membentuk kompleks dengan ion logam, dan nilai asam humat menjadi meningkat.

Nilai asam fulvat sebelum *leaching* pada media I dan media II sebesar 0,10%. Namun asam fulvat setelah *leaching* pada media I mengalami kenaikan menjadi 0,11%, sedangkan pada media II mengalami penurunan menjadi 0,06%, dikarenakan asam fulvat dalam kompos mengalami pelarutan. Peningkatan asam fulvat pada media I ini hanya sedikit sekali, sehingga dapat disimpulkan *leaching* yang dilakukan pada media I dan II tidak mempengaruhi nilai asam fulvat secara signifikan.

4.2 Penelitian Pendahuluan

4.2.1 Leaching Media Kompos

Menurut Helferich (1962), Selektivitas atau preferensi beberapa kation yang sering digunakan dalam proses *ion exchange* terangkum seperti di bawah ini:

Ba^{2+} (BA : 137,33) > Pb^{2+} (BA : 207,20) > Sr^{2+} (BA : 87,62) > Ca^{2+} (BA : 40,08) > Ni^{2+} (BA : 58,69) > Cd^{2+} (BA : 112,44) > Cu^{2+} (BA : 63,55) > Co^{2+} (BA : 58,93) > Zn^{2+} (BA : 65,39) > Mg^{2+} (BA : 24,31) > Ag^+ (BA : 107,87) > Cs^+ (BA : 132,91) > K^+ (BA : 39,10) > Na^+ (BA : 22,99) > H^+ (1,01)

Dalam urutan selektivitas di atas, Hg^{2+} tidak dapat diketahui tingkat preferensinya, tetapi berdasarkan muatan dan berat atom Hg (BA : 200,59) diperkirakan kation Hg^{2+} berada di antara Ba^{2+} dan Sr^{2+} . Dalam penelitian ini dilakukan proses proses *leaching* terhadap media kompos, untuk menggantikan posisi kation dalam kompos dengan kation H^+ karena kation H^+ merupakan kation

yang paling lemah, sehingga diharapkan akan lebih mudah untuk digantikan posisinya oleh logam Hg^{2+} dalam proses reduksi logam berat dengan metode pertukaran ion.

Pada penelitian ini, proses *leaching* media kompos yang dilakukan menggunakan larutan HCl 0,1 N. Gambar media yang telah dilakukan *leaching* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Perhitungan besarnya kation dalam kompos yang potensial dipertukarkan dengan kation H^+ berdasarkan data dari Tabel 4.1 terangkum pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Jumlah Kation dalam Kompos Potensial yang Dipertukarkan dengan Kation H^+

Kation	Bobot Atom	Valensi	Media I	Media II
			(meq/100gram)	(meq/100gram)
Na	22,99	1	132,231	143,106
Ca	40,08	2	137,226	119,760
Mg	24,31	2	24,681	54,299
Fe	55,85	2	50,134	50,134
Zn	65,39	2	0,367	0,366
Cu	63,55	2	0,189	0,157
Mn	54,94	2	1,092	0,728
Total			345,92	368,521

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Contoh perhitungan:

kandungan Na (meq/100 gr) = 3,04 gr/100 gr (Tabel 4.1)

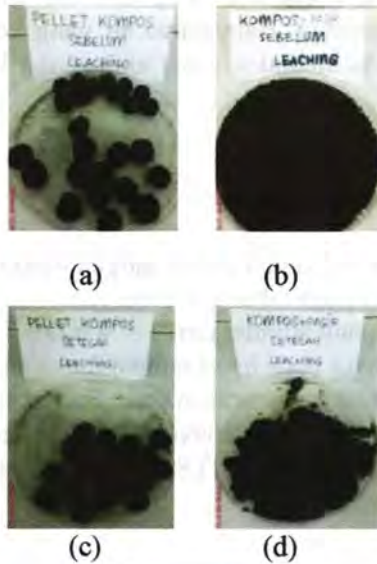
Ar Na = 22,99

Valensi Na = 1

$$Na = \frac{\text{massa (gr / 100gr)}}{\text{Ar. Na (gr / mol)} / \text{valensi Na}^+ \text{ (eq / mol)}} \times 1000$$

$$Na = \frac{3,04(\text{gr} / 100\text{gr})}{22,99(\text{gr} / \text{mol}) / 1(\text{eq} / \text{mol})} \times 1000$$

$$Na = 132,231 \text{ meq} / 100\text{gram}$$



Gambar 4.2 Media Sebelum *Leaching* (a) media I ; (b) media II dan Media Setelah *Leaching* (c) media I ;(d) media II

4.2.2 Uji Permeabilitas (Menentukan Rasio Kompos:Pasir Optimum)

Uji permeabilitas dilakukan untuk menentukan rasio pencampuran kompos dan pasir yang memiliki nilai permeabilitas optimum, yaitu mencapai permeabilitas minimal 3 mm/jam, dengan komposisi pasir kuarsa yang paling kecil agar pencampuran pasir tersebut tidak berpengaruh terhadap

kemampuan kompos dalam proses pertukaran ion. maka rasio pencampuran kompos : pasir yang dilakukan uji pertama kali adalah kompos : pasir (9:1).

Perhitungan nilai permeabilitas dilakukan dengan metode *Constant Head Permeability Test*. Media yang akan diukur nilai daya rembesannya (k), dipasang dalam suatu tempat yang berbentuk silinder (Gambar 4.3) dan air dibiarkan mengalir melalui media tersebut. Banyaknya air yang keluar dari kompos ditentukan dengan memakai gelas ukur. Nilai k dihitung dengan rumus:

$$k = \frac{Q.L}{A.h.t}$$

Dimana:

Q = jumlah air yang keluar dalam jangka waktu t (cm^3)

L = tinggi media pada tabung silinder (cm)

A = luas penampang silinder (cm^2) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$

h = tinggi muka air pada *head* sampai muka air output (cm)

t = lama waktu yang ditentukan pada pengukuran (s)

Uji permeabilitas ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FTSP ITS dengan menggunakan reaktor seperti pada Gambar 4.4



Gambar 4.3 Wadah Silinder Media



Gambar 4.4 Reaktor Constant Head Permeability Test

Hasil percobaan kemudian dikalkulasi dan terangkum pada Tabel 4.6.

Contoh perhitungan:

$$k = \frac{Q.L}{A.h.t}$$

$$k = \frac{190\text{cm}^3 . 6,8\text{cm}}{\left(\frac{1}{4} . \pi . 6,2^2\right) . 51.60}$$

$$k = 0,01399 \text{ cm / s}$$

Tabel 4.6 Perhitungan Permeabilitas Media Kompos : Pasir (9:1)

Media	Volume Air yang Mengalir (cm ³)	Waktu (detik)	k (cm/s)	k (mm/jam)
Kompos	1,5	60	0,00011	3,98
	2,0	120	0,00007	2,65
	2,5	240	0,00005	1,66
	3,0	360	0,00004	1,33

Tabel 4.6 Perhitungan Permeabilitas Media Kompos : Pasir (9:1) (Lanjutan)

Media	Volume Air yang Mengalir (cm ³)	Waktu (detik)	k (cm/s)	k (mm/jam)
Kompos	3,5	480	0,00003	1,16
	4,0	960	0,00002	0,66
k rata-rata				1,91
Kompos : Pasir (9:1)	190	60	0,01399	503,72
	270	120	0,00994	357,91
	420	240	0,00773	278,37
	570	360	0,00699	251,86
	660	480	0,00608	218,72
	380	960	0,00635	228,66
	k rata-rata			

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Dari Tabel 4.6 di atas dapat diketahui bahwa rasio pencampuran kompos dan pasir (9:1) sudah memenuhi permeabilitas optimum dengan nilai k sebesar 306,54 mm/jam, dan rasio tersebut memiliki komposisi pasir yang paling sedikit. Sehingga untuk selanjutnya media yang digunakan sebagai media II adalah media kompos yang dicampur pasir kuarsa dengan rasio 9 : 1.

4.3 Percobaan Kontinyu

Percobaan kontinyu dilakukan dengan menggunakan reaktor kolom penukar ion yang ukuran diameter dan kedalaman medianya berbeda. Media yang digunakan adalah media I (pellet yang dibuat dari kompos 16/40) dan media II (kompos 16/40 dicampurkan dengan pasir kuarsa 16/40). Tabel 4.7 memberikan

gambaran variasi kolom penukar ion yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 4.7 Variasi Kolom Penukar Ion

Kolom	Media	Diameter Kolom (inchi)	Kedalaman Media (cm)
1A	Pellet	1	30
1B	Kompos : Pasir	1	30
2A	Pellet	2	30
2B	Kompos : Pasir	2	30
3A	Pellet	3	30
3B	Kompos : Pasir	3	30
4A	Pellet	2	40
4B	Kompos : Pasir	2	40
5A	Pellet	2	50
5B	Kompos : Pasir	2	50

Sumber: Eksperimen, 2009

Masing-masing kolom diisi media I dan II dengan massa yang berbeda, ekuivalen dengan volume kolom yang akan terisi media. Massa media yang digunakan setiap kolom penukar ion terangkum dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Massa media yang digunakan

Kolom	Media	Massa Media (gram)
1A	Pellet	152
1B	Kompos : Pasir	152
2A	Pellet	608
2B	Kompos : Pasir	608
3A	Pellet	1367

Tabel 4.8 Massa media yang digunakan (Lanjutan)

Kolom	Media	Massa Media (gram)
3B	Kompos : Pasir	1367
4A	Pellet	810
4B	Kompos : Pasir	810
5A	Pellet	1013
5B	Kompos : Pasir	1013

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Dalam penelitian ini, seharusnya massa media yang dihitung adalah jumlah kompos pada media I dan media II. Jumlah kompos pada masing-masing media didapatkan sebagai berikut:

Media I (Pellet kompos):

Kompos 97% dan kanji 3%, maka jumlah kompos dalam media I pada kolom 1A (total massa media 152 gram) sebanyak 147,4 gram.

Media II (Kompos dicampurkan pasir):

Kompos : Pasir = 9 : 1, maka jumlah kompos dalam media II pada kolom 1B (total massa media 152 gram) sebanyak 136,8 gram.

Perhitungan jumlah kompos pada masing-masing media setiap kolom terangkum dalam Tabel 4.9

Tabel 4.9 Jumlah Kompos dalam Media

Kolom	Media	Jumlah Kompos (gram)
1A	Pellet	147,4
1B	Kompos : Pasir	136,8

Tabel 4.9 Jumlah Kompos dalam Media (Lanjutan)

Kolom	Media	Jumlah Kompos (gram)
2A	Pellet	589,8
2B	Kompos : Pasir	547,2
3A	Pellet	1325,9
3B	Kompos : Pasir	1230,3
4A	Pellet	785,7
4B	Kompos : Pasir	729,0
5A	Pellet	982,6
5B	Kompos : Pasir	911,7

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Dari Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa jumlah kompos yang digunakan sebagai media penukar ion belum seimbang antara media I dan media II, sehingga tidak menggambarkan perbandingan kondisi kinerja kompos antara media I dengan media II. Hal ini menjadi pertimbangan untuk penelitian lanjutan agar menggunakan perbandingan jumlah kompos yang sama pada setiap media yang akan digunakan.

Percobaan kontinyu dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama dilakukan untuk mengetahui *operating capacity* media. Tahap kedua adalah proses regenerasi yang dilakukan secara *cocurrent*. Percobaan ketiga untuk mengetahui kapasitas media setelah diregenerasi. Konsentrasi Hg awal yang digunakan 5,196 mg/l dan pH sekitar 5.

Percobaan kontinyu dilakukan selama 3 jam 45 menit, dengan volume larutan Hg yang digunakan sekitar 25 liter, serta direncanakan waktu kontak media dalam kolom sekitar 2 jam. Violeta *et.al* (2007) menerangkan dalam penelitiannya bahwa larutan Hg 9,86 meq/L dengan pH sekitar 5,2 (interval 3-6)

kontak dengan resin penukar ion efektif diremoval sebesar 81 % dengan waktu kontak pertama 2 jam. Penelitian lain dilakukan Feni (2007) menggunakan larutan Hg dengan konsentrasi 5 mg/l kontak dengan kompos UDPK Bratang 16/40 diremoval sebesar 87,5 %. Chun Lin, *et.al* (2006) melakukan reduksi konsentrasi Cu^{2+} dan Zn^{2+} dengan resin penukar ion, dan pertukarannya terjadi sempurna pada 120-200 menit pada awal operasi.

Debit influen yang direncanakan untuk setiap kolom berbeda-beda. Perhitungan debit influen terangkum dalam Tabel 4.10. Sampling dilakukan setiap 15 menit sekali (Montgomery, 1985).

Tabel 4.10 Debit Influen Kolom Penukar Ion

Kolom	Media	Debit Influen (ml/menit)
1A	Pellet	1,27
1B	Kompos : Pasir	1,27
2A	Pellet	5,06
2B	Kompos : Pasir	5,06
3A	Pellet	11,4
3B	Kompos : Pasir	11,4
4A	Pellet	6,75
4B	Kompos : Pasir	6,75
5A	Pellet	8,44
5B	Kompos : Pasir	8,44

Sumber: Eksperimen, 2009

Percobaan kontinyu yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengalirkan larutan Hg pada saat kontak pertama tanpa melakukan pengaturan level air dalam kolom atau perendaman media selama proses kontinyu dengan tujuan operasional kolom mudah dilakukan. Tetapi ternyata hal ini mempengaruhi kinerja media dalam proses pertukaran ion. Hasil yang diperoleh dengan

cara aliran seperti ini ternyata belum optimal, karena belum menggambarkan proses kontinyu yang terjadi. Hal ini menjadi pertimbangan untuk penelitian lanjutan agar melakukan pengaturan level air dalam kolom untuk mendukung proses pertukaran ion dalam sistem kontinyu.

4.4 Percobaan Pengaruh Peletisasi dan Pencampuran Media dengan Pasir Kuarsa Terhadap Removal Hg Pada Proses Kontinyu

Menurut Nurhayati (2006), peletisasi menjadi sangat penting dalam penerapan proses pertukaran ion secara kontinyu karena merubah media menjadi bentuk pellet akan menaikkan permeabilitas sehingga dapat mengalirkan air dalam jumlah yang diinginkan. Tetapi peletisasi ini malah mengurangi efektivitas media dalam mereduksi kandungan Cu. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mencari alternatif media lain non-peletisasi yang efektif diterapkan dalam proses kontinyu untuk mereduksi logam Hg.

Penelitian ini menggunakan media pellet dan media kompos yang dicampur pasir kuarsa untuk mereduksi konsentrasi logam Hg pada proses kontinyu. Pengaruh peletisasi dan pencampuran dengan pasir terhadap efisiensi removal Hg dapat dilihat dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Pengaruh Peletisasi dan Pencampuran Media dengan Pasir Kuarsa terhadap Efisiensi Removal

Kolom	Media	Kons. Hg Awal (mg/l)	Kons. Hg Akhir (mg/l)	Efisiensi Removal (%)
1A	Pellet	5,196	2,266	56,40
1B	Kompos : Pasir	5,196	0,733	85,89
2A	Pellet	5,196	1,742	66,47
2B	Kompos : Pasir	5,196	0,456	91,22

Tabel 4.11 Pengaruh Pelletisasi dan Pencampuran Media dengan Pasir Kuarsa terhadap Efisiensi Removal (Lanjutan)

Kolom	Media	Kons. Hg Awal (mg/l)	Kons. Hg Akhir (mg/l)	Efisiensi Removal (%)
3A	Pellet	5,196	1,809	65,19
3B	Kompos : Pasir	5,196	0,464	91,07
4A	Pellet	5,196	4,176	9,23
4B	Kompos : Pasir	5,196	0,374	92,81
5A	Pellet	5,196	3,027	41,74
5B	Kompos : Pasir	5,196	0,430	91,72

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Berdasarkan Tabel 4.11 di atas dapat dilihat perbedaan efisiensi removal media pellet dengan media yang dicampur pasir kuarsa. Dengan melihat jumlah kompos pada media pellet lebih banyak daripada jumlah kompos pada media yang tercampur pasir, seharusnya efisiensi removal pada media pellet lebih besar. Tetapi pada hasil penelitian ini memberikan gambaran yang berbeda, efisiensi removal pada media pellet ternyata lebih kecil dibandingkan dengan media yang tercampur pasir. Pelletisasi terbukti dapat mengurangi efektivitas media dalam mereduksi kandungan Hg. Hal ini diketahui pula dari nilai KTK teoritis pada media II lebih besar daripada media I, sehingga kemampuan media II menukar ion dalam hal mereduksi konsentrasi logam Hg lebih baik daripada media I.

4.5 Pengaruh Diameter Kolom dan Kedalaman Media Terhadap Efisiensi Removal

Penelitian ini menggunakan variasi ukuran diameter kolom dan kedalaman media. Menurut Montgomery (1985), desain kolom yang bisa digunakan dalam sistem kontinyu yaitu diameter

kolom 1-3 inchi, dan kedalaman yang bisa dipakai minimal 30-50 cm. Desain kolom penukar ion ini nanti akan digunakan untuk operasi skala lapangan. Diameter kolom dan kedalaman media akan menentukan banyak media yang digunakan. Dengan demikian pengaruh diameter kolom dan kedalaman media terhadap removal Hg yaitu semakin besar diameter dan kedalaman media maka semakin besar pula removal Hg yang terjadi. Hubungan pengaruh tersebut dirangkum dalam Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Pengaruh Diameter Kolom dan Kedalaman Media Terhadap Efisiensi Removal Hg

Kolom	Diameter Kolom (inchi)	Kedalaman Media (cm)	Jumlah Kompos (gram)	Efisiensi Removal (%)	Efisiensi (% per gram)
1A	1	30	147,4	56,40	0,383
1B	1	30	136,8	85,89	0,628
2A	2	30	589,8	66,47	0,113
2B	2	30	547,2	91,22	0,167
3A	3	30	1325,9	65,19	0,049
3B	3	30	1230,3	91,07	0,074
4A	2	40	785,7	9,23	0,012
4B	2	40	729,0	92,81	0,127
5A	2	50	982,6	41,74	0,043
5B	2	50	911,7	91,72	0,100

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Contoh perhitungan:

Kolom 1A

$$\text{Efisiensi Removal (\%)} = \frac{5,196 - 2,266}{5,196} \times 100\%$$

$$= 56,40 \%$$

$$\text{Jumlah Kompos} = 147,4 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi (\% per gram)} &= \frac{56,40\%}{147,4} \\ &= 0,383 \text{ \% per gram} \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.12 di atas dapat dilihat bahwa efisiensi removal Hg pada kolom yang berisikan media I (pellet) yang dihasilkan lebih kecil daripada kolom yang berisikan media II (kompos campur pasir). Hal ini dikarenakan *surface area* reaksi atau kontak larutan dengan media pellet sangat kecil, sehingga penyisihan Hg belum maksimal.

Berdasarkan asumsi semakin besar diameter kolom dan kedalaman media, seharusnya removal terbesar diperoleh kolom dengan ukuran paling maksimum. Kolom yang dimaksud adalah kolom dengan ukuran diameter terbesar atau kedalaman media terbesar. Namun tabel 4.12 menunjukkan efisiensi terbesar diperoleh pada kolom 4B (92,81%) sedangkan kolom dengan ukuran diameter terbesar (3 inchi) mencapai efisiensi 91,07 % dan kolom dengan kedalaman media terbesar (50 cm) mencapai 91,72 %. Hal ini dikarenakan flowrate pada kolom 5 terlalu besar, sehingga kontak larutan dengan media belum optimum dan mempengaruhi efisiensi removal Hg. Flowrate setiap kolom dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 Flowrate Setiap Kolom

Kolom	Media	Flowrate (ml/menit)
1A	Pellet	1,0
1B	Kompos : Pasir	1,0
2A	Pellet	2,0
2B	Kompos : Pasir	3,0
3A	Pellet	4,0
3B	Kompos : Pasir	2,0
4A	Pellet	3,0
4B	Kompos : Pasir	3,0

Tabel 4.13 Flowrate Setiap Kolom (Lanjutan)

Kolom	Media	Flowrate (ml/menit)
5A	Pellet	5,0
5B	Kompos : Pasir	4,0

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Dalam penelitian ini menentukan ukuran kolom yang optimum digunakan dalam sistem kontinyu berdasarkan efisiensi % per gram kompos. Dari Tabel 4.12 dapat dilihat efisiensi % per gram terbesar diperoleh kolom 1B dengan nilai efisiensi 0,628 % per gram. Sehingga dalam penelitian ini tetap ditentukan desain kolom yang bisa digunakan untuk sistem kontinyu yaitu diameter 1 inchi dan kedalaman media 30 cm.

4.6 Kapasitas Operasi

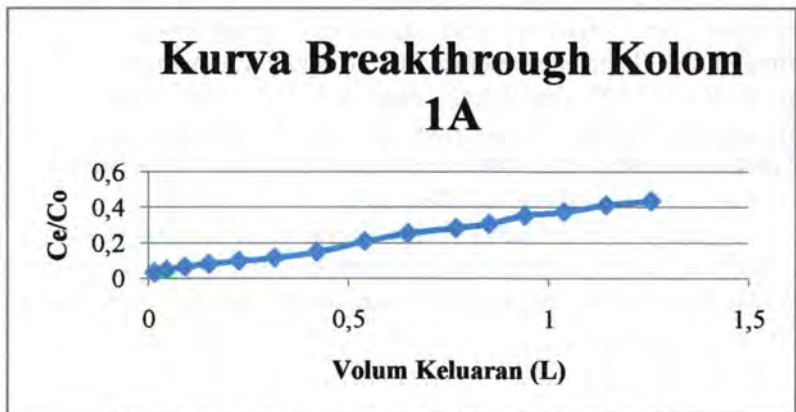
Al Anber, *et.al.* (2007) menyatakan distribusi keseimbangan ion logam antara sorben dan cairan merupakan hal yang penting dalam menentukan kapasitas penyerapan maksimum. Menurut Benefield (1982) kapasitas operasi penukar ion adalah ukuran resin sebenarnya dalam menukar ion dari larutan yang mengalir melalui *fixed bed* di bawah kondisi tertentu, dan disebut pula kapasitas *breakthrough*. Untuk menghitung kapasitas operasi media penukar ion menggunakan persamaan 2.15 diperlukan data kurva *breakthrough*, yang merupakan hubungan antara jumlah volume terolah dengan rasio konsentrasi akhir dan konsentrasi awal ion yang dimaksud, dari operasi kontinyu kolom penukar ion.

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan kapasitas operasi setiap kolomnya. Berikut ini disediakan tabel kapasitas operasi mulai tabel 4.14 sampai 4.23 dan kurva *breakthrough* setiap kolom operasi.

Tabel 4.14 Operasi Kolom 1A

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,015	0,0018	0,0340	96,60
2	0,045	0,0026	0,0496	95,04
3	0,090	0,0035	0,0670	93,30
4	0,150	0,0043	0,0835	91,65
5	0,225	0,0052	0,1004	89,96
6	0,315	0,0061	0,1178	88,22
7	0,420	0,0078	0,1515	84,85
8	0,540	0,0109	0,2103	78,97
9	0,648	0,0132	0,2555	74,45
10	0,768	0,0148	0,2850	71,50
11	0,851	0,0160	0,3088	69,12
12	0,941	0,0184	0,3557	64,43
13	1,038	0,0194	0,3753	62,47
14	1,143	0,0214	0,4134	58,66
15	1,256	0,0226	0,4360	56,40

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

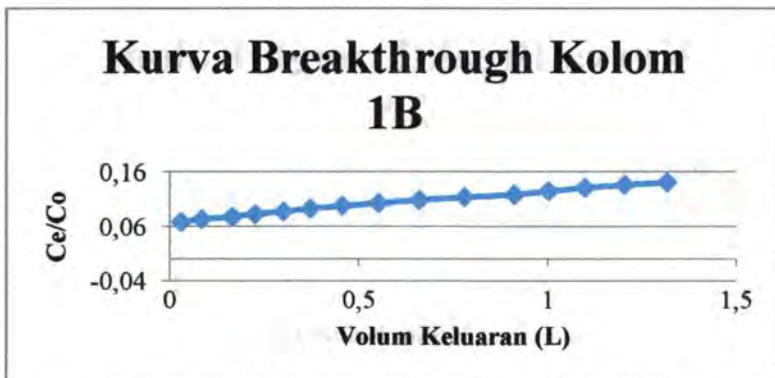


Gambar 4.5 Kurva Breakthrough Kolom 1A

Tabel 4.15 Operasi Kolom 1B

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,030	0,0036	0,0688	93,12
2	0,084	0,0038	0,0732	92,68
3	0,165	0,0040	0,0780	92,20
4	0,225	0,0043	0,0829	91,71
5	0,300	0,0045	0,0878	91,22
6	0,372	0,0048	0,0928	90,72
7	0,456	0,0051	0,0984	90,16
8	0,552	0,0054	0,1035	89,65
9	0,660	0,0056	0,1087	89,13
10	0,780	0,0059	0,1139	88,61
11	0,912	0,0062	0,1188	88,12
12	1,002	0,0065	0,1252	87,48
13	1,100	0,0068	0,1311	86,89
14	1,205	0,0071	0,1366	86,34
15	1,317	0,0073	0,1411	85,89

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

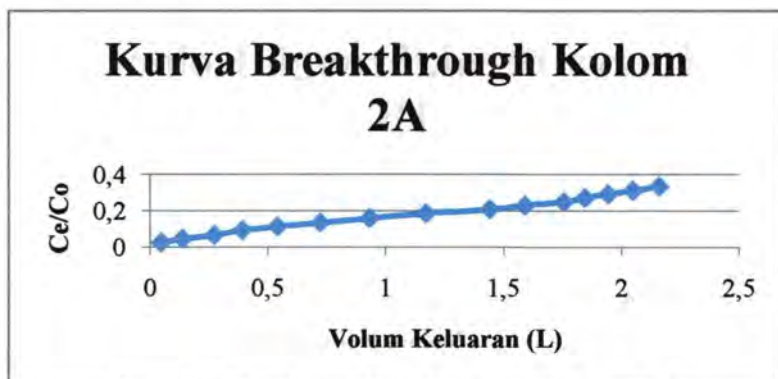


Gambar 4.6 Kurva Breakthrough Kolom 1B

Tabel 4.16 Operasi Kolom 2A

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,045	0,0014	0,0275	97,25
2	0,135	0,0024	0,0461	95,39
3	0,270	0,0036	0,0690	93,10
4	0,390	0,0049	0,0939	90,61
5	0,540	0,0060	0,1154	88,46
6	0,720	0,0070	0,1357	86,43
7	0,930	0,0083	0,1607	83,93
8	1,170	0,0097	0,1871	81,29
9	1,440	0,0109	0,2099	79,01
10	1,590	0,0120	0,2321	76,79
11	1,755	0,0130	0,2514	74,86
12	1,845	0,0142	0,2740	72,60
13	1,943	0,0152	0,2943	70,57
14	2,048	0,0162	0,3135	68,65
15	2,160	0,0174	0,3353	66,47

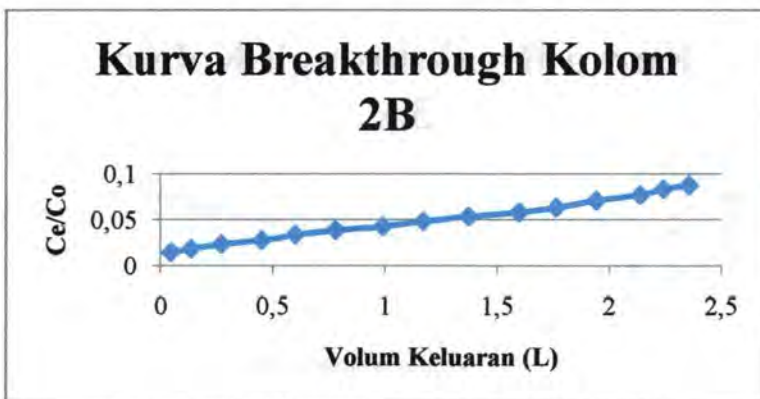
Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

**Gambar 4.7 Kurva Breakthrough Kolom 2A**

Tabel 4.17 Operasi Kolom 2B

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,045	0,0008	0,0150	98,50
2	0,135	0,0010	0,0188	98,12
3	0,270	0,0012	0,0239	97,61
4	0,450	0,0015	0,0282	97,18
5	0,600	0,0018	0,0339	96,61
6	0,780	0,0020	0,0389	96,11
7	0,990	0,0022	0,0433	95,67
8	1,170	0,0025	0,0489	95,11
9	1,373	0,0028	0,0538	94,62
10	1,598	0,0030	0,0587	94,13
11	1,763	0,0033	0,0639	93,61
12	1,943	0,0037	0,0714	92,86
13	2,138	0,0040	0,0776	92,24
14	2,243	0,0043	0,0838	91,62
15	2,355	0,0046	0,0878	91,22

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

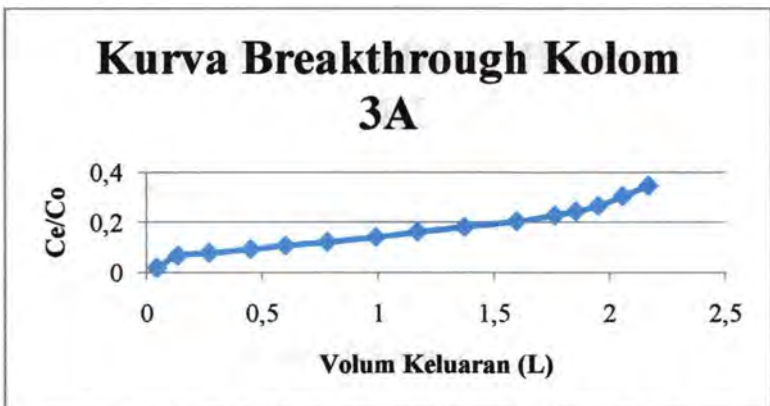


Gambar 4.8 Kurva Breakthrough Kolom 2B

Tabel 4.18 Operasi Kolom 3A

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,045	0,0010	0,0202	97,98
2	0,135	0,0036	0,0690	93,10
3	0,270	0,0041	0,0794	92,06
4	0,450	0,0049	0,0944	90,56
5	0,600	0,0056	0,1089	89,11
6	0,780	0,0064	0,1236	87,64
7	0,990	0,0074	0,1428	85,72
8	1,170	0,0085	0,1631	83,69
9	1,373	0,0095	0,1829	81,71
10	1,598	0,0107	0,2060	79,40
11	1,763	0,0119	0,2298	77,02
12	1,853	0,0127	0,2456	75,44
13	1,950	0,0138	0,2672	73,28
14	2,055	0,0159	0,3064	69,36
15	2,168	0,0180	0,3481	65,19

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

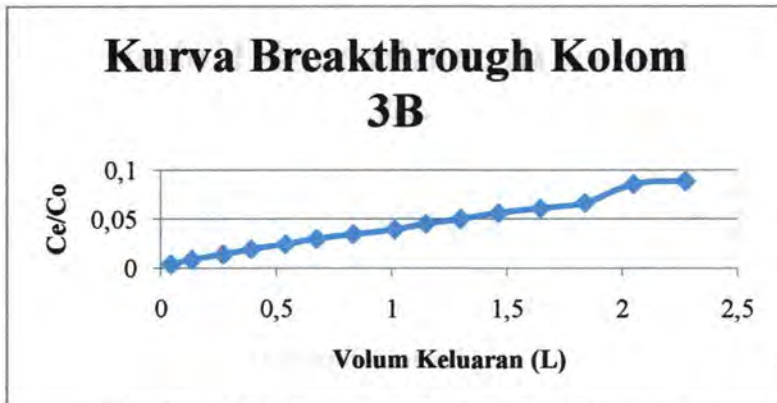


Gambar 4.9 Kurva Breakthrough Kolom 3A

Tabel 4.19 Operasi Kolom 3B

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,045	0,0002	0,0042	99,58
2	0,135	0,0005	0,0091	99,09
3	0,270	0,0007	0,0144	98,56
4	0,390	0,0010	0,0197	98,03
5	0,540	0,0013	0,0250	97,50
6	0,675	0,0016	0,0303	96,97
7	0,833	0,0018	0,0350	96,50
8	1,013	0,0021	0,0398	96,02
9	1,148	0,0024	0,0456	95,44
10	1,298	0,0026	0,0504	94,96
11	1,463	0,0029	0,0566	94,34
12	1,643	0,0032	0,0616	93,84
13	1,838	0,0035	0,0670	93,30
14	2,048	0,0045	0,0862	91,38
15	2,273	0,0046	0,0893	91,07

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

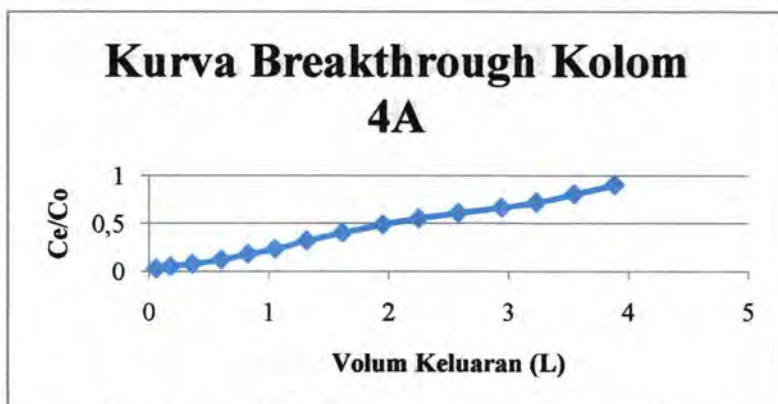


Gambar 4.10 Kurva Breakthrough Kolom 3B

Tabel 4.20 Operasi Kolom 4A

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,060	0,0015	0,0292	97,08
2	0,180	0,0029	0,0552	94,48
3	0,360	0,0041	0,0791	92,09
4	0,600	0,0064	0,1234	87,66
5	0,825	0,0095	0,1842	81,58
6	1,050	0,0122	0,2351	76,49
7	1,313	0,0167	0,3227	67,73
8	1,613	0,0210	0,4055	59,45
9	1,950	0,0255	0,4921	50,79
10	2,250	0,0287	0,5547	44,53
11	2,580	0,0317	0,6124	38,76
12	2,940	0,0346	0,6684	33,16
13	3,233	0,0375	0,7232	27,68
14	3,548	0,0419	0,8097	19,03
15	3,885	0,0470	0,9077	9,23

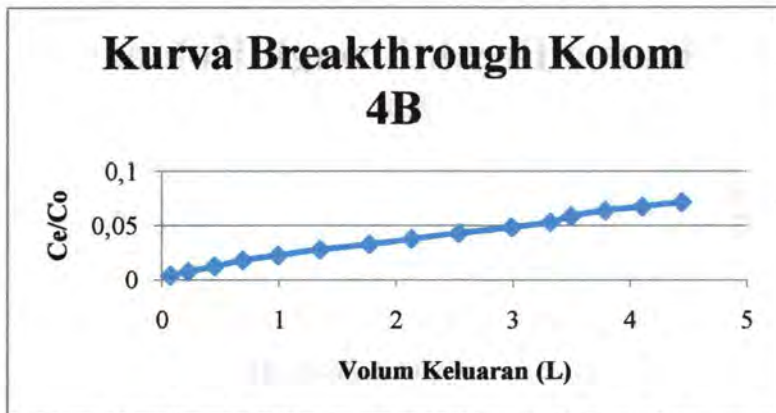
Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

**Gambar 4.11 Kurva Breakthrough Kolom 4A**

Tabel 4.21 Operasi Kolom 4B

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,075	0,0002	0,0042	99,58
2	0,225	0,0004	0,0079	99,21
3	0,450	0,0007	0,0129	98,71
4	0,690	0,0009	0,0182	98,18
5	0,990	0,0012	0,0229	97,71
6	1,350	0,0015	0,0281	97,19
7	1,770	0,0017	0,0331	96,69
8	2,130	0,0020	0,0379	96,21
9	2,535	0,0022	0,0434	95,66
10	2,985	0,0025	0,0488	95,12
11	3,315	0,0028	0,0536	94,64
12	3,495	0,0031	0,0591	94,09
13	3,788	0,0033	0,0644	93,56
14	4,103	0,0035	0,0679	93,21
15	4,440	0,0037	0,0719	92,81

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

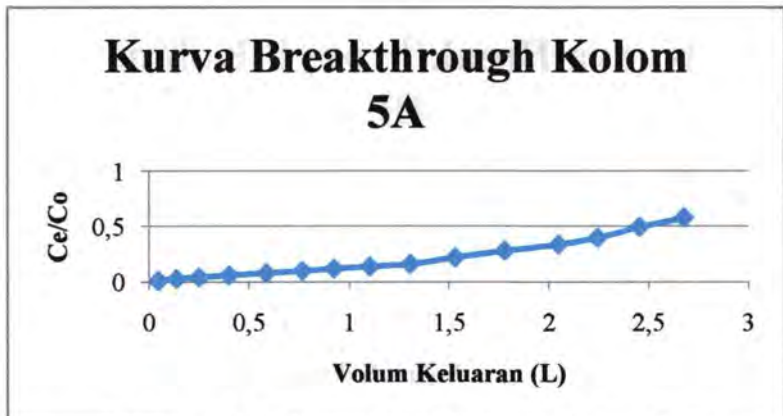


Gambar 4.12 Kurva Breakthrough Kolom 4B

Tabel 4.22 Operasi Kolom 5A

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,045	0,0006	0,0125	98,75
2	0,135	0,0015	0,0296	97,04
3	0,248	0,0023	0,0442	95,58
4	0,398	0,0032	0,0625	93,75
5	0,585	0,0042	0,0819	91,81
6	0,765	0,0053	0,1020	89,80
7	0,923	0,0063	0,1211	87,89
8	1,103	0,0073	0,1407	85,93
9	1,305	0,0084	0,1627	83,73
10	1,530	0,0115	0,2219	77,81
11	1,778	0,0147	0,2828	71,72
12	2,048	0,0175	0,3383	66,17
13	2,243	0,0207	0,3996	60,04
14	2,453	0,0257	0,4968	50,32
15	2,678	0,0302	0,5826	41,74

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

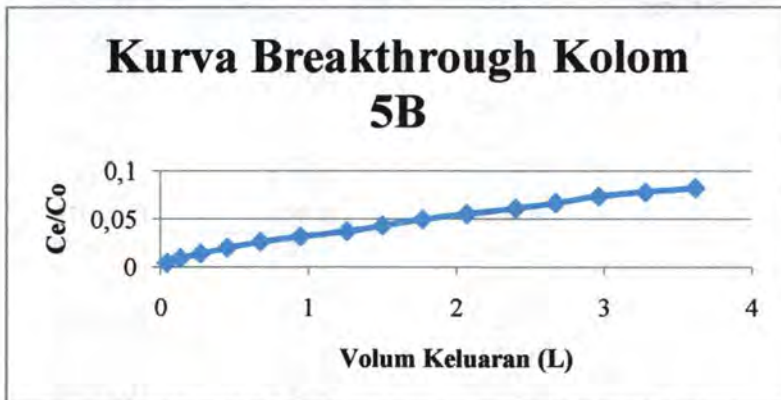


Gambar 4.13 Kurva Breakthrough Kolom 5A

Tabel 4.23 Operasi Kolom 5B

Urutan Sampling	Throughput Volume (L)	Konsentrasi Hg Akhir (Ce) (meq/l)	Ce/Co	Removal (%)
1	0,045	0,0002	0,0048	99,52
2	0,135	0,0005	0,0095	99,05
3	0,270	0,0008	0,0146	98,54
4	0,450	0,0011	0,0204	97,96
5	0,675	0,0014	0,0267	97,33
6	0,945	0,0017	0,0325	96,75
7	1,260	0,0020	0,0379	96,21
8	1,500	0,0023	0,0438	95,62
9	1,770	0,0026	0,0505	94,95
10	2,070	0,0029	0,0558	94,42
11	2,400	0,0032	0,0617	93,83
12	2,670	0,0035	0,0674	93,26
13	2,963	0,0038	0,0742	92,58
14	3,278	0,0041	0,0788	92,12
15	3,615	0,0043	0,0828	91,72

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009



Gambar 4.14 Kurva Breakthrough Kolom 5B

Dari Tabel 4.14 sampai Tabel 4.23 dan pada kurva *breakthrough* yang disajikan di atas dapat dilihat bahwa ternyata penelitian yang telah dilakukan ini belum mencapai kondisi *breakthrough* dikarenakan kesulitan menentukan kondisi *breakthrough* pada setiap kolom penukar ion yang berbeda-beda dalam satu rangkaian operasional. Selain itu, terdapat kendala dalam mengetahui konsentrasi logam Hg *effluent* secara langsung, karena harus menggunakan alat ICPS untuk mengukurnya dan analisa yang dilakukan relatif lama. Sehingga konsentrasi logam Hg *effluent* yang seharusnya dapat dijadikan indikator kondisi *breakthrough* tidak diketahui dalam penelitian ini.

Maka dari itu, dalam penelitian ini tetap dilakukan perhitungan kapasitas operasi untuk mengetahui perbandingan efektivitas dari masing-masing media dalam kemampuan mereduksi konsentrasi logam Hg. Hanya saja kapasitas operasi tersebut belum menggambarkan secara pasti ukuran resin sebenarnya dalam menukar ion dari larutan. Perhitungan kapasitas operasi disajikan pada Tabel 4.24 sampai Tabel 4.33.

Tabel 4.24 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 1A

Urutan Sampling	Y_t	V_t (Liter)	$Y_t \times V_t$
1	0,0170	0,015	0,00026
2	0,0078	0,030	0,00023
3	0,0087	0,045	0,00039
4	0,0083	0,060	0,00050
5	0,0085	0,075	0,00063
6	0,0087	0,090	0,00078
7	0,0168	0,105	0,00177
8	0,0294	0,120	0,00353
9	0,0226	0,108	0,00244
10	0,0148	0,120	0,00177
11	0,0119	0,083	0,00098
12	0,0234	0,090	0,00211

Tabel 4.24 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 1A (Lanjutan)

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
13	0,0098	0,097	0,00096
14	0,0191	0,105	0,00200
15	0,0113	0,113	0,00128
Jumlah			0,01962

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$$

$$V_{op} = 1,256 \text{ liter (Throughput Volume)}$$

$$V_r = 152 \text{ ml (Volume resin atau media)}$$

Dengan

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Maka, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $4,213 \cdot 10^{-4} \text{ meq/ml}$.

Tabel 4.25 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 1B

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0344	0,030	0,00103
2	0,0022	0,054	0,00012
3	0,0024	0,081	0,00019
4	0,0025	0,060	0,00015
5	0,0025	0,075	0,00018
6	0,0025	0,072	0,00018
7	0,0028	0,084	0,00023
8	0,0026	0,096	0,00025
9	0,0026	0,108	0,00028
10	0,0026	0,120	0,00031

Tabel 4.25 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 1B (Lanjutan)

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
11	0,0024	0,132	0,00032
12	0,0032	0,090	0,00029
13	0,0030	0,097	0,00029
14	0,0027	0,105	0,00029
15	0,0023	0,113	0,00025
Jumlah			0,00437

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$$

$$V_{op} = 1,317 \text{ liter (Throughput Volume)}$$

$$V_r = 152 \text{ ml (Volume resin atau media)}$$

Dengan

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Maka, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $4,465 \cdot 10^{-4}$ meq/ml.

Tabel 4.26 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 2A

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0137	0,045	0,00062
2	0,0093	0,090	0,00084
3	0,0114	0,135	0,00154
4	0,0124	0,120	0,00149
5	0,0107	0,150	0,00161
6	0,0102	0,180	0,00183
7	0,0125	0,210	0,00262
8	0,0132	0,240	0,00317

Tabel 4.26 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 2A (Lanjutan)

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
9	0,0114	0,270	0,00308
10	0,0111	0,150	0,00166
11	0,0096	0,165	0,00159
12	0,0113	0,090	0,00102
13	0,0102	0,097	0,00099
14	0,0096	0,105	0,00100
15	0,0109	0,113	0,00123
Jumlah			0,02430

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$

$V_{op} = 2,160 \text{ liter (Throughput Volume)}$

$V_r = 608 \text{ ml (Volume resin atau media)}$

Dengan

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Maka, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $1,819 \cdot 10^{-4} \text{ meq/ml}$.

Tabel 4.27 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 2B

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0075	0,045	0,00034
2	0,0019	0,090	0,00017
3	0,0025	0,135	0,00034
4	0,0022	0,180	0,00039
5	0,0029	0,150	0,00043
6	0,0025	0,180	0,00045

Tabel 4.27 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 2B (Lanjutan)

Urutan Sampling	Y _t	V _t (Liter)	Y _t x V _t
7	0,0022	0,210	0,00045
8	0,0028	0,180	0,00051
9	0,0025	0,203	0,00050
10	0,0025	0,225	0,00055
11	0,0026	0,165	0,00042
12	0,0038	0,180	0,00068
13	0,0031	0,195	0,00060
14	0,0031	0,105	0,00033
15	0,0020	0,113	0,00023
Jumlah			0,00639

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$$

$$V_{op} = 2,355 \text{ liter (Throughput Volume)}$$

$$V_r = 608 \text{ ml (Volume resin atau media)}$$

Dengan

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Maka, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $1,99 \cdot 10^{-4}$ meq/ml.

Tabel 4.28 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 3A

Urutan Sampling	Y _t	V _t (Liter)	Y _t x V _t
1	0,0101	0,045	0,00046
2	0,0244	0,090	0,00220
3	0,0052	0,135	0,00070
4	0,0075	0,180	0,00135

Tabel 4.28 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 3A (Lanjutan)

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
5	0,0073	0,150	0,00109
6	0,0074	0,180	0,00133
7	0,0096	0,210	0,00201
8	0,0102	0,180	0,00183
9	0,0099	0,203	0,00200
10	0,0115	0,225	0,00260
11	0,0119	0,165	0,00196
12	0,0079	0,090	0,00071
13	0,0108	0,097	0,00105
14	0,0196	0,105	0,00206
15	0,0209	0,113	0,00235
Jumlah			0,02369

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$$

$$V_{op} = 2,168 \text{ liter (Throughput Volume)}$$

$$V_r = 1367 \text{ ml (Volume resin atau media)}$$

Dengan

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Maka, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $8,201 \cdot 10^{-5} \text{ meq/ml}$.

Tabel 4.29 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 3B

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0021	0,045	0,00009
2	0,0025	0,090	0,00022

Tabel 4.29 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 3B (Lanjutan)

Urutan Sampling	Y _t	V _t (Liter)	Y _t x V _t
3	0,0026	0,135	0,00035
4	0,0027	0,120	0,00032
5	0,0027	0,150	0,00040
6	0,0026	0,135	0,00035
7	0,0024	0,158	0,00037
8	0,0024	0,180	0,00043
9	0,0029	0,135	0,00039
10	0,0024	0,150	0,00035
11	0,0031	0,165	0,00051
12	0,0025	0,180	0,00045
13	0,0027	0,195	0,00053
14	0,0096	0,210	0,00201
15	0,0016	0,225	0,00035
Jumlah			0,00715

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$$

$$V_{op} = 2,273 \text{ liter (Throughput Volume)}$$

$$V_r = 1367 \text{ ml (Volume resin atau media)}$$

Dengan

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Maka, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $8,583 \cdot 10^{-5} \text{ meq/ml}$.

Tabel 4.30 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 4A

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0146	0,060	0,00088
2	0,0130	0,120	0,00156
3	0,0120	0,180	0,00215
4	0,0221	0,240	0,00531
5	0,0304	0,225	0,00684
6	0,0254	0,225	0,00572
7	0,0438	0,263	0,01151
8	0,0414	0,300	0,01242
9	0,0433	0,338	0,01460
10	0,0313	0,300	0,00940
11	0,0288	0,330	0,00952
12	0,0280	0,360	0,01007
13	0,0274	0,293	0,00802
14	0,0432	0,315	0,01361
15	0,0490	0,338	0,01655
Jumlah			0,12817

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$$

$$V_{op} = 3,885 \text{ liter (Throughput Volume)}$$

$$V_r = 810 \text{ ml (Volume resin atau media)}$$

Dengan

$$X = \frac{C_o V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Maka, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $2,39 \cdot 10^{-4}$ meq/ml.



Tabel 4.31 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 4B

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0021	0,075	0,00016
2	0,0019	0,150	0,00028
3	0,0025	0,225	0,00055
4	0,0027	0,240	0,00064
5	0,0024	0,300	0,00071
6	0,0026	0,360	0,00094
7	0,0025	0,420	0,00103
8	0,0024	0,360	0,00087
9	0,0028	0,405	0,00112
10	0,0027	0,450	0,00122
11	0,0024	0,330	0,00078
12	0,0028	0,180	0,00050
13	0,0027	0,293	0,00078
14	0,0018	0,315	0,00055
15	0,0020	0,338	0,00068
Jumlah			0,01081

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$$

$$V_{op} = 4,44 \text{ liter (Throughput Volume)}$$

$$V_r = 810 \text{ ml (Volume resin atau media)}$$

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Jadi, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $2,83 \cdot 10^{-4}$ meq/ml.



Tabel 4.32 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 5A

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0063	0,045	0,00028
2	0,0085	0,090	0,00077
3	0,0073	0,113	0,00082
4	0,0092	0,150	0,00138
5	0,0097	0,188	0,00182
6	0,0100	0,180	0,00181
7	0,0095	0,158	0,00150
8	0,0098	0,180	0,00177
9	0,0110	0,203	0,00223
10	0,0296	0,225	0,00665
11	0,0305	0,248	0,00754
12	0,0278	0,270	0,00750
13	0,0306	0,195	0,00597
14	0,0486	0,210	0,01021
15	0,0429	0,225	0,00966
Jumlah			0,05990

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

$C_o = 0,0518 \text{ meq/l}$

$V_{op} = 2,678 \text{ liter (Throughput Volume)}$

$V_r = 1013 \text{ ml (Volume resin atau media)}$

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Jadi, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $1,338 \cdot 10^{-4} \text{ meq/ml}$.

Tabel 4.33 Perhitungan Kapasitas Operasi Kolom 5B

Urutan Sampling	Yt	Vt (Liter)	Yt x Vt
1	0,0024	0,045	0,00011
2	0,0024	0,090	0,00021
3	0,0025	0,135	0,00034
4	0,0029	0,180	0,00052
5	0,0032	0,225	0,00071
6	0,0029	0,270	0,00077
7	0,0027	0,315	0,00086
8	0,0030	0,240	0,00071
9	0,0033	0,270	0,00090
10	0,0027	0,300	0,00080
11	0,0030	0,330	0,00098
12	0,0028	0,270	0,00076
13	0,0034	0,293	0,00100
14	0,0023	0,315	0,00073
15	0,0020	0,338	0,00068
Jumlah			0,01008

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Diketahui:

C_o = 0,0518 meq/l

V_{op} = 3,615 liter (Throughput Volume)

V_r = 1013 ml (Volume resin atau media)

$$X = \frac{C_o \cdot V_{op}}{V_r} - \frac{C_o}{V_r} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i) \cdot (V_i)$$

Jadi, kapasitas operasi kolom penukar ion tersebut sebesar $1,845 \cdot 10^{-4}$ meq/ml.

Untuk memudahkan analisa data kapasitas operasi setiap kolom di atas, maka disajikan Tabel 4.34 tentang rekapan data tersebut berikut ini.

Tabel 4.34 Kapasitas Operasi Kolom

Media I		Media II	
Kolom	Kapasitas Operasi (meq/ml)	Kolom	Kapasitas Operasi (meq/ml)
1A	$4,213.10^{-4}$	1B	$4,465.10^{-4}$
2A	$1,819.10^{-4}$	2B	$1,990.10^{-4}$
3A	$8,201.10^{-5}$	3B	$8,583.10^{-5}$
4A	$2,390.10^{-4}$	4B	$2,830.10^{-4}$
5A	$1,338.10^{-4}$	5B	$1,845.10^{-4}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Dari tabel 4.34 dapat diketahui bahwa kapasitas operasi media II (kompos yang dicampurkan pasir) relatif lebih besar daripada kapasitas operasi media I (pellet kompos). Hal ini juga digambarkan dari nilai KTK media II yang lebih besar daripada nilai KTK media I. Kapasitas operasi media I yang paling besar adalah $4,213.10^{-4}$ meq/ml pada kolom 1A dan kapasitas operasi terkecil adalah $8,201.10^{-5}$ meq/ml pada kolom 3A. Kapasitas operasi media II yang paling besar adalah $4,465.10^{-4}$ meq/ml pada kolom 1B dan kapasitas operasi terkecil adalah $8,583.10^{-5}$ meq/ml pada kolom 3B.

4.7 Kesetimbangan Pertukaran Ion Yang Terjadi

Hasil dari media kompos Bratang (media II) yang digunakan dalam removal logam Hg^{2+} sejauh ini sangat memuaskan. Tetapi pertanyaannya adalah proses removal yang terjadi apakah benar-benar proses pertukaran ion sebagaimana yang diperkirakan atau proses lain yang mungkin terjadi. Karena menurut Helfferich (1962) pada dasarnya proses pertukaran ion merupakan proses seperti sorpsi dimana zat terlarut diserap oleh

media padatan. Demikian halnya, Montgomery (1985) menyatakan proses pertukaran ion adalah sama dengan proses sorpsi, yang berbeda adalah proses pertukaran ion terjadi stoikiometris, ion yang hilang digantikan dengan ion lain yang bermuatan sama dalam jumlah yang ekuivalen. Sedangkan sorpsi tidak digantikan dengan zat lain.

Oleh karena itu, pada penelitian ini, jumlah ekuivalen ion Hg^{2+} yang diserap media harus identik dengan jumlah ekuivalen ion H^+ (dari media yang telah dilakukan *leaching* H^+) agar proses dapat dikatakan sebagai proses pertukaran ion. Hasil pengukuran ion H^+ yang terlepas ke larutan pada setiap kolom terangkum dalam Tabel 4.35.

Contoh Perhitungan:

Media I (Pellet)

Kolom 1A (\emptyset kolom = 1 inchi ; kedalaman media = 30 cm)

$$\begin{aligned} H^+ \text{ media (Hasil analisa media setelah leaching per 100 gram)} \\ &= 0,21 \text{ ppm} \\ &= \left(\frac{0,21 \text{ mg}}{10^6 \text{ mg}} \times 10^5 \right) \\ &= 0,021 \text{ mg } H^+ \end{aligned}$$

Massa media kolom 1A = 152 gram, maka H^+ media yang terkandung dalam kompos yang akan digantikan oleh Hg^{2+} pada pertukaran ion adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H^+ &= \frac{0,021 \text{ mg } H^+}{100 \text{ gram}} \times 152 \text{ gram} \\ &= 0,03192 \text{ mg} \\ &= \frac{0,03192 \text{ mg } H^+}{\frac{1(\text{gr/mol})}{1(\text{eq/mol})}} \\ &= 0,03192 \text{ meq} \end{aligned}$$

Secara teoritis, H^+ media akan ekuivalen dipertukarkan dengan Hg^{2+} . Maka dari itu, dapat dihitung Hg^{2+} sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Hg}^{2+} &= \frac{0,03192 \text{ meq}}{152 \text{ gram}} \times \left(\frac{200,59}{2} \right) \text{ gram / eq} \\ &= \frac{3,2014 \text{ mg}}{152 \text{ gr media}} \end{aligned}$$

Pada kenyataannya, Hg yang tereduksi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Hg awal} &= 5,196 \text{ mg/l} \\ \text{Hg akhir} &= 2,266 \text{ mg/l} \\ \text{Volume} &= 1,25 \text{ Liter} \\ \text{Hg}^{2+} &= (5,196 - 2,266) \text{ mg/l} \times 1,25 \text{ L} \\ &= 3,66 \text{ mg} \end{aligned}$$

Dari jumlah Hg^{2+} teoritis dengan Hg^{2+} tereduksi dapat ditentukan rasio dengan perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rasio reduksi } \text{Hg}^{2+} \text{ dengan } \text{Hg}^{2+} \text{ teoritis} &= \frac{3,66 \text{ mg}}{3,2014 \text{ mg}} \\ &= 1,14 \end{aligned}$$

Media II (Kompos dicampurkan Pasir)

Kolom 1B (\emptyset kolom = 1 inchi ; kedalaman media = 30 cm)

$$\begin{aligned} \text{H}^+ \text{ media (Hasil analisa media setelah leaching per 100 gram)} &= 0,26 \text{ ppm} \\ &= \left(\frac{0,26 \text{ mg}}{10^6 \text{ mg}} \times 10^5 \right) \\ &= 0,026 \text{ mg H}^+ \end{aligned}$$

Massa media kolom 1B = 152 gram, maka H^+ media yang terkandung dalam kompos yang akan digantikan oleh Hg^{2+} pada pertukaran ion adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{H}^+ &= \frac{0,026 \text{ mg H}^+}{100 \text{ gram}} \times 152 \text{ gram} \\ &= 0,03965 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,03952 \text{ mg } H^+}{\frac{1(\text{gr/mol})}{1(\text{eq/mol})}}$$

$$= 0,03952 \text{ meq}$$

Secara teoritis, H^+ media akan ekuivalen dipertukarkan dengan Hg^{2+} . Maka dari itu, dapat dihitung Hg^{2+} sebagai berikut:

$$Hg^{2+} = \frac{0,03952 \text{ meq}}{152 \text{ gram}} \times \left(\frac{200,59}{2}\right) \text{ gram/eq}$$

$$= \frac{3,964 \text{ mg}}{152 \text{ gr media}}$$

Pada kenyataannya Hg yang tereduksi adalah sebagai berikut:

$$Hg \text{ awal} = 5,196 \text{ mg/l}$$

$$Hg \text{ akhir} = 0,733 \text{ mg/l}$$

$$\text{Volume} = 1,317 \text{ Liter}$$

$$Hg^{2+} = (5,196 - 0,733) \text{ mg/l} \times 1,317 \text{ L}$$

$$= 5,87 \text{ mg}$$

Dari jumlah Hg^{2+} teoritis dengan Hg^{2+} tereduksi dapat ditentukan rasio dengan perhitungan:

$$\text{Rasio reduksi } Hg^{2+} \text{ dengan } Hg^{2+} \text{ teoritis} = \frac{5,87 \text{ mg}}{3,964 \text{ mg}}$$

$$= 1,48$$

Tabel 4.35 Rasio Reduksi Hg^{2+} dengan Hg^{2+} teoritis

Kolom	Rasio Reduksi Hg^{2+} dengan Hg^{2+} teoritis
1A	1,14
1B	1,48
2A	0,58
2B	0,70
3A	0,26
3B	0,30
4A	0,23
4B	1,01

Tabel 4.35 Rasio Reduksi Hg^{2+} dengan Hg^{2+} teoritis (Lanjutan)

Kolom	Rasio Reduksi Hg^{2+} dengan Hg^{2+} teoritis
5A	0,27
5B	0,65

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Rasio Hg yang terangkum pada Tabel 4.35 menggambarkan proses yang terjadi dalam removal Hg adalah murni pertukaran ion atau diikuti proses lain seperti adsorpsi. Perhitungan rasio tersebut didapatkan dari perbandingan jumlah ekuivalen H^+ media dengan jumlah ekuivalen Hg^{2+} larutan.

Rasio lebih dari 1 artinya jumlah Hg^{2+} yang tereduksi lebih banyak daripada jumlah Hg^{2+} teoritis yang ekuivalen dengan jumlah H^+ media, sehingga reduksi Hg yang terjadi sebagian karena pertukaran ion dan sebagian lagi karena proses lain, yaitu adsorpsi. Dari Tabel 4.33 dapat dilihat bahwa kolom 1A, 1B, dan 4B ternyata diikuti proses adsorpsi. Sedangkan pada kolom yang lain, rasio yang dicapai kurang dari 1 artinya jumlah Hg^{2+} teoritis atau ekuivalen dengan jumlah H^+ media tersedia lebih banyak daripada jumlah Hg^{2+} yang tereduksi, sehingga kemungkinan yang terjadi dalam reduksi Hg tersebut adalah pertukaran ion dengan H^+ media.

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa proses yang terjadi dalam removal Hg dengan menggunakan Kompos UDPK Bratang ini adalah proses pertukaran ion. Kation yang ditukarkan adalah H^+ yang terdapat dalam media, yang dilakukan *leaching* HCl, dengan Hg^{2+} yang dilepas larutan. Dari fenomena pertukaran ion Hg^{2+} dengan H^+ media maka dapat dilihat pula perbedaan pH larutan awal dan akhir akibat H^+ media yang berpindah ke dalam larutan menjadikan pH larutan pada effluen menurun. Tetapi pada penelitian ini yang terjadi adalah pH effluen naik. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.36 sampai dengan 4.45.

Kenaikan pH larutan pada saat operasi disebabkan oleh beberapa faktor antara lain terkait afinitas media terhadap H^+ yang menyebabkan terjadinya kompetisi antara kation Hg^{2+} dengan H^+ larutan untuk menempati *sites* dalam media dan bertukar tempat dengan kation H^+ media yang telah menggantikan kation-kation media kompos. Jadi selain menyerap Hg, media juga mengambil H^+ dari larutan dalam mencapai kestabilannya, karena itulah pH akhir larutan cenderung naik. Selain itu diduga adanya pengaruh reaksi larutan Hg yang dibuat dari senyawa $HgSO_4$ saat dikontakkan dengan kompos yang masih mengandung logam-logam penyebab basa seperti Mg, Ca, Na, dan K yang menyebabkan kenaikan pH. Namun pada penelitian ini belum ditentukan persamaan reaksi yang terjadi.

Tabel 4.36 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 1A

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	8,44
2	5,03	8,46
3	5,03	8,48
4	5,03	8,5
5	5,03	8,54
6	5,03	8,58
7	5,03	8,61
8	5,03	8,68
9	5,03	8,69
10	5,03	8,78
11	5,03	8,92
12	5,03	8,93
13	5,03	9,03
14	5,03	9,38
15	5,03	9,4

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.37 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 1B

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	7,13
2	5,03	7,22
3	5,03	7,34
4	5,03	7,37
5	5,03	7,43
6	5,03	7,54
7	5,03	7,59
8	5,03	7,66
9	5,03	7,74
10	5,03	7,8
11	5,03	7,95
12	5,03	7,97
13	5,03	7,42
14	5,03	7,74
15	5,03	8,49

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.38 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 2A

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	7,75
2	5,03	7,78
3	5,03	7,81
4	5,03	7,83
5	5,03	7,91
6	5,03	7,98
7	5,03	7,99
8	5,03	8,02
9	5,03	8,3

Tabel 4.38 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 2A (Lanjutan)

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
10	5,03	8,12
11	5,03	8,22
12	5,03	8,38
13	5,03	8,91
14	5,03	8,84
15	5,03	9,03

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.39 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 2B

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	7,75
2	5,03	7,75
3	5,03	7,79
4	5,03	7,75
5	5,03	7,81
6	5,03	7,86
7	5,03	7,81
8	5,03	7,96
9	5,03	7,96
10	5,03	7,96
11	5,03	8,01
12	5,03	8,01
13	5,03	8,04
14	5,03	8,18
15	5,03	8,26

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.40 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 3A

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	7,72
2	5,03	7,75
3	5,03	8,03
4	5,03	8,13
5	5,03	8,13
6	5,03	8,24
7	5,03	8,31
8	5,03	8,32
9	5,03	8,36
10	5,03	8,45
11	5,03	8,54
12	5,03	8,65
13	5,03	8,71
14	5,03	8,82
15	5,03	9

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.41 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 3B

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	6,97
2	5,03	7,04
3	5,03	7,09
4	5,03	7,11
5	5,03	7,14
6	5,03	7,17
7	5,03	7,21
8	5,03	7,31
9	5,03	7,24

Tabel 4.41 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 3B (Lanjutan)

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
10	5,03	7,26
11	5,03	7,36
12	5,03	7,46
13	5,03	8,19
14	5,03	8,39
15	5,03	8,42

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.42 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 4A

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	7,77
2	5,03	7,79
3	5,03	7,82
4	5,03	7,88
5	5,03	7,82
6	5,03	7,87
7	5,03	7,83
8	5,03	7,88
9	5,03	7,89
10	5,03	7,93
11	5,03	7,98
12	5,03	7,92
13	5,03	8,4
14	5,03	8,39
15	5,03	8,56

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.43 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 4B

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	6,96
2	5,03	7,18
3	5,03	7,3
4	5,03	7,27
5	5,03	7,27
6	5,03	7,28
7	5,03	7,33
8	5,03	7,37
9	5,03	7,45
10	5,03	7,49
11	5,03	7,5
12	5,03	7,52
13	5,03	7,87
14	5,03	7,87
15	5,03	8,06

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.44 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 5A

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	7,71
2	5,03	7,76
3	5,03	7,79
4	5,03	7,8
5	5,03	7,84
6	5,03	7,86
7	5,03	7,96
8	5,03	7,93
9	5,03	8,03

Tabel 4.44 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 5A (Lanjutan)

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
10	5,03	8,07
11	5,03	8,12
12	5,03	8,58
13	5,03	8,79
14	5,03	8,85
15	5,03	9,24

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.45 Fenomena Perubahan pH Akibat Proses Pertukaran Ion Pada Kolom 5B

Urutan Sampling	pH awal	pH akhir
1	5,03	8,03
2	5,03	8,08
3	5,03	8,16
4	5,03	8,16
5	5,03	8,14
6	5,03	8,17
7	5,03	8,2
8	5,03	8,23
9	5,03	8,25
10	5,03	8,25
11	5,03	8,34
12	5,03	8,4
13	5,03	8,52
14	5,03	8,52
15	5,03	8,65

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

4.8 Operasi Setelah Regenerasi Media

Setelah operasi yang pertama, media dilakukan regenerasi. Media penukar ion dapat dikategorikan resin asam lemah yang bisa diregenerasi dengan semua asam yang lebih kuat dari gugus fungsionalnya. Pada penelitian ini, regenerasi dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N secara berlebih, dan kemudian dioperasikan kembali untuk mengetahui perubahan efisiensi removal oleh media. Perbandingan efisiensi removal logam Hg oleh media setiap kolom operasi sebelum dan setelah regenerasi dapat dilihat pada Tabel 4.46 sampai Tabel 4.55.

Tabel 4.46 Perbandingan Operasi Kolom 1A Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
15	0,177	0,448	96,59	91,38
120	1,093	0,860	78,96	83,45
150	1,481	1,068	71,50	79,45
165	1,604	1,343	69,13	74,15
210	2,148	1,51	58,66	70,94

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.47 Perbandingan Operasi Kolom 1B Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
15	0,358	0,448	93,11	91,38
105	0,511	0,477	90,16	90,82
165	0,617	0,515	88,13	90,09
210	0,710	0,869	86,34	83,28

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.48 Perbandingan Operasi Kolom 2A Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
15	0,143	1,001	97,24	80,74
75	0,600	1,895	88,45	63,53
135	1,091	2,471	79,00	52,44
165	1,306	3,056	78,87	41,19
210	1,629	3,618	68,65	30,37

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.49 Perbandingan Operasi Kolom 2B Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
15	0,078	2,543	98,50	51,06
60	0,146	2,569	97,19	50,56
105	0,225	2,598	95,67	50
120	0,254	2,623	95,11	49,52
210	0,436	2,653	91,61	48,94

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.50 Perbandingan Operasi Kolom 3A Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
15	0,105	1,605	97,98	69,11
30	0,359	4,050	93,09	22,06
60	0,490	4,823	90,57	7,18

Tabel 4.50 Perbandingan Operasi Kolom 3A Sebelum dan Setelah Regenerasi (Lanjutan)

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
135	0,950	4,908	81,72	5,54
180	1,276	4,843	75,44	6,79
210	1,592	4,363	69,36	16,03

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.51 Perbandingan Operasi Kolom 3B Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
15	0,022	0,026	99,58	99,48
105	0,182	0,053	96,50	98,98
120	0,207	0,078	96,02	98,50
150	0,262	0,105	94,96	97,98
210	0,448	0,133	91,38	97,44

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.52 Perbandingan Operasi Kolom 4A Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
30	0,287	4,849	94,48	6,68
45	0,411	0,786	92,09	84,87
90	1,221	2,538	76,50	51,15
105	1,677	4,920	67,73	5,31
120	2,107	3,176	59,45	38,88

Tabel 4.52 Perbandingan Operasi Kolom 4A Sebelum dan Setelah Regenerasi (Lanjutan)

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
135	2,557	4,723	50,79	9,10
180	3,473	3,930	33,16	24,36
210	4,207	1,083	19,03	79,16

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.53 Perbandingan Operasi Kolom 4B Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
30	0,041	0,027	99,21	99,48
90	0,146	0,053	97,19	98,98
120	0,197	0,078	96,21	98,50
135	0,278	0,105	94,65	97,98
210	0,353	0,134	93,20	97,44

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.54 Perbandingan Operasi Kolom 5A Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
45	0,229	0,311	95,60	94,01
120	0,731	0,191	85,93	96,32
180	1,758	4,232	66,17	18,55
210	2,581	3,566	50,33	31,37

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Tabel 4.55 Perbandingan Operasi Kolom 5B Sebelum dan Setelah Regenerasi

Operasi Menit Ke-	Ce (mg/l)		Efisiensi Removal (%)	
	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi	Operasi Pertama	Operasi Setelah Regenerasi
30	0,05	0,031	99,04	99,40
90	0,169	0,061	96,75	98,83
120	0,228	0,091	95,61	98,25
150	0,290	0,115	94,42	97,79
210	0,410	0,145	92,11	97,21

Sumber: Hasil Perhitungan, 2009

Dari Tabel 4.46 sampai dengan 4.55, dapat dilihat bahwa perbandingan efisiensi removal media pada operasi sebelum dan setelah regenerasi untuk media I (pellet) relatif menurun. Media ini tidak mampu menukar kation secara optimum setelah regenerasi. Hal ini dikarenakan proses regenerasi yang dilakukan tidak dapat mengembalikan kondisi media seperti semula, selain itu kemungkinan media setelah regenerasi masih mengikat logam Hg sehingga kemampuan penyisihan konsentrasi Hg menjadi tidak optimal.

Sedangkan efisiensi removal media II pada operasi sebelum dan setelah regenerasi relatif meningkat. Proses regenerasi yang dilakukan dapat mengembalikan kondisi media pada keadaan optimal, dan dapat digunakan untuk media penukar ion pada operasi selanjutnya. Dengan demikian operasi regenerasi yang dilakukan secara *cocurrent* cocok untuk media II.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan dari penelitian ini, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Kolom penukar ion yang dapat digunakan dalam sistem kontinyu adalah kolom dengan diameter 1 inchi dan kedalaman media 30 cm (Kolom I).
2. Media yang optimum dalam sistem kontinyu yaitu media II, kompos dicampurkan pasir (9:1) yang mencapai removal optimum 92,81%.

5.2 Saran

Saran-saran yang perlu untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Dilakukan penelitian lanjutan tentang kemampuan media kompos yang dicampurkan pasir sebagai media penukar ion dalam sistem kontinyu dengan kondisi tertentu yang disesuaikan dengan kondisi lapangan terkait besarnya debit aliran.
2. Dilakukan penelitian lanjutan tentang kajian kesetimbangan reaksi kimia dalam proses pertukaran ion yang terjadi, terkait dengan penyebab kenaikan pH saat effluen.
3. Dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jumlah kompos yang seimbang antara media pelletisasi dan media campuran dengan pasir kuarsa.
4. Dilakukan penelitian lanjutan dengan menerapkan proses kontinyu secara benar (dilakukan pengaturan level muka air pada kolom).

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2002. **Standard Specification for Compost for Erosion/Sediment Control (Filter Berms) Designation: MP-9**. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington. USA.
- Al Anber, *et al.* 2007. **Utilization of Natural Zeolite as Ion Exchange and Sorbent Material In The Removal of Iron**.
<URL:<http://www.elsevier.com/locate/desal.html>>
- Andriani, Feni. 2007. **Uji Kemampuan Kompos UDPK Bratang Sebagai Media Penukar Ion Untuk Menurunkan Konsentrasi Merkuri (Hg^{2+}) dengan Variasi Diameter Media dan Frekuensi Pemakaian Berulang Media Pada Reaktor Batch**. Laporan Tugas Akhir (S1). Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- Bio Ag Technologies International. 1999. **Humic Acid Structure and Properties**. Bio Ag Technologies International. California. USA.
- Benefield. 1982. **Process Chemistry for Water and Waste Water Treatment**. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Chun Lin, *et al.* 2006. **Ion Exchange Kinetics of Cu (II) and Zn (II) From Aqueous Solutions With Two Chelating Resins**.
<URL:<http://www.elsevier.com/locate/cej.html>>
- Christian. 1986. **Instrumental Analysis**. Second Edition. Allyn and Bacon Inc. Massachosett

- Clark & Pitt. 2001. **Effect of Anaerobiosis on Filter Media Pollutant Retention**, Proc. Engineering Foundation and the American Society of Civil Engineers: Conference on Information & Monitoring Needs for Evaluating the Mitigation Effects of BMPs. August 2001. Snowmass. CO.
- Cooper. 2005. **Cation Exchange and Cation Exchange Capacity**. University of Minnesota.
- Das, Braja M. 1998. **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Diterjemahkan oleh Endah, N.M. dan B., Indrasurya. Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya. 2004. **Himpunan Peraturan tentang Pengendalian Pencemaran Air di Kota Surabaya**.
- Helfferich. 1962. **Ion Exchange**. Shell Development Company University of California. McGraw-Hill. New York.
- Lenhart, *et al.* 2002. **Removal of Soluble Heavy Metals from Non-Point Source Runoff Originating from Industrial Sources By Leaf Compost Media**.
<URL:<http://www.stormwaterinc.com/water.html>>
- Lenntech. 2005. **Lenntech Water treatment & Air Purification Holding B.V**
<URL:<http://www.lenntech.com/lenntarticl.html>>
- Manujung, Gita D.F. 2007. **Karakterisasi dan Uji Pelletisasi Kompos Sebagai Media Penukar Ion**. Laporan Tugas Akhir (S1). Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.

- Montgomery. 1985. **Water Treatment Principle and Design**. John Wiley and Sons Inc. Canada.
- Nurhayati, Ervin. 2006. **Kinerja Kompos Produksi UDPK Bratang Sebagai Media Penukar Ion Untuk Mereduksi Logam Berat Cr Dalam Air Limbah Buatan**. Laporan Thesis (S2). Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS. Surabaya.
- Palar, H. 1994. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Jakarta : Rineka Cipta.
- Perminova, *et al.* 2005. **Remediation Chemistry of Humic Substances : Theory and Implications For Technology**
- Reynolds. 1982. **Unit Operation and Processes in Environmental Engineering**. Texas A&M University. Brook/Cole Engineering Division. California.
- Robinson, James W. 1996. **Atomic Spectroscopy**. Second Edition. Revised and Expanded. Marcel Dekker Inc. New York.
- Skoog, DA. 1992. **Principles of Instrumental Analysis**. 4th edition. Sanders College Publishing. New York.
- Violeta, *et al.* 2007. **Unconventional Ion Exchange Resins and Their Retention Properties For Hg²⁺ Ion**.
- Williard, HH. 1988. **Instrumental Methods of Analysis**. Sixth Edition. Wadworth Publishing Company. Belmont California

LAMPIRAN

LAMPIRAN A HASIL ANALISA LABORATORIUM

1. Analisa (I) Kandungan Logam Hg-UBAYA



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
Telepon: (031) 2981115, Faksimili: (031) 2981113
Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
Hasil Analisis : (2)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	16	253,652
3	17	19,305
4	18	135,018
5	19	24,542
6	20	88,849
7	21	24,542
8	22	90,018
9	23	26,113
10	24	118,835
11	25	27,160
12	26	53,869
13	27	25,589
14	28	124,295
15	29	26,113
16	30	75,447

Surabaya, 16 April 2009
Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,

Dr. R. Soedjarmoko Soedman, M.Si.
NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (3)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	31	25,589
3	32	85,869
4	33	22,447
5	34	129,364
6	35	27,684
7	36	77,800
8	37	27,684
9	38	229,886
10	39	30,303
11	40	95,288
12	41	25,589
13	42	87,894
14	43	29,779
15	44	111,602
16	45	27,684

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soedatmoko Soediman, M.S.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimili (031) 2981113
 Email farmasi@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (4)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	46	75,404
3	47	24,542
4	48	316,108
5	49	32,921
6	50	101,018
7	51	26,113
8	52	90,531
9	53	26,113
10	54	105,725
11	55	27,160
12	56	76,614
13	57	27,160
14	58	264,268
15	59	29,779
16	60	104,248

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
 FAKULTAS FARMASI
 PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A. A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (5)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	61	24,542
3	62	174,866
4	63	22,447
5	64	129,808
6	65	24,542
7	66	99,546
8	67	25,589
9	68	455,552
10	69	28,208
11	70	99,116
12	71	26,637
13	72	305,783
14	73	29,255
15	74	137,389
16	75	25,066

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
 FAKULTAS FARMASI
 PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2951115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (6)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	76	105,716
3	77	25,066
4	78	430,132
5	79	30,826
6	80	102,134
7	81	27,160
8	82	234,496
9	83	25,589
10	84	118,471
11	85	30,303
12	86	102,786
13	87	28,731
14	88	449,675
15	89	34,492
16	90	114,292

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan.



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (7)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	91	27,160
3	92	153,411
4	93	25,589
5	94	115,294
6	95	24,542
7	96	119,942
8	97	27,160
9	98	325,734
10	99	27,684
11	100	307,223
12	101	25,066
13	102	123,479
14	103	26,637
15	104	100,115
16	105	24,542

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soedjatmoko Soedman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungcut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimie (031) 2981113
 Email farmasi@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (8)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	106	123,432
3	107	24,542
4	108	299,798
5	109	30,826
6	110	316,671
7	111	33,445
8	112	243,646
9	113	39,397
10	114	117,604
11	115	32,397
12	116	82,302
13	117	28,731
14	118	290,651
15	119	29,255
16	120	288,509

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (9)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	121	30,826
3	122	101,943
4	123	31,874
5	124	105,482
6	125	26,113
7	126	112,417
8	127	27,684
9	128	285,012
10	129	35,540
11	130	318,200
12	131	28,208
13	132	197,974
14	133	32,397
15	134	99,341
16	135	28,208

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soedman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimil (031) 2981113
 Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 130409 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (10)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (ppb)
1	Awal	5196,178
2	136	203,508
3	137	18,257
4	138	449,078
5	139	24,018
6	140	505,003
7	141	23,494
8	142	117,799
9	143	20,876
10	144	113,303
11	145	16,163
12	146	216,808
13	147	20,876
14	148	509,605
15	149	20,876
16	150	446,170

Surabaya, 16 April 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011



2. Analisa (II) Kandungan Logam Hg-UBAYA



UNIVERSITAS SURABAYA FAKULTAS FARMASI PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
Telepon (031) 2981115; Faksimie (031) 2981113
Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
Nomor Sampel : 160509 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
Hasil Analisis : (1)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (Mercurium)	
		ppm	ppb
1	0	5,196	X
2	1	4,962	X
3	2	0,448	X
4	3	2,543	X
5	4	1,001	x
6	5	x	26,113
7	6	1,065	X
8	7	4,050	x
9	8	x	26,637
10	9	4,849	
11	10	x	30,826
12	11	0,194	x
13	12	0,786	x
14	13	0,311	x
15	14	x	26,113
16	15	4,823	

Surabaya, 22 Mei 2009
Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan.

Drs. R. Soediatmoko Soedman, M.Si.
NPK: 182011





UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2981115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmas@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 160509 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (2)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (Mercurium)	
		ppm	ppb
1	0	5,196	x
2	16	0,894	x
3	17	0,855	x
4	18	x	26,637
5	19	2,538	x
6	20	x	29,779
7	21	x	28,731
8	22	x	28,731
9	23	x	26,637
10	24	4,920	x
11	25	4,362	x
12	26	0,218	x
13	27	x	25,066
14	28	x	24,542
15	29	x	25,066
16	30	3,176	x

Surabaya, 22 Mei 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60263
 Telepon (031) 2981115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmasi@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 160509 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (3)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (Mercurium)	
		ppm	ppb
1	0	5,196	x
2	31	x	29,779
3	32	0,191	x
4	33	0,576	x
5	34	4,908	x
6	35	4,723	x
7	36	0,208	x
8	37	x	27,160
9	38	x	24,542
10	39	x	37,634
11	40	0,275	x
12	41	0,585	x
13	42	x	26,113
14	43	4,843	x
15	44	3,930	x
16	45	4,232	x

Surabaya, 22 Mei 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011



UNIVERSITAS SURABAYA
FAKULTAS FARMASI
PUSAT ANALISIS OBAT dan MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
 Telepon (031) 2991115, Faksimili (031) 2981113
 Email: farmasi@ubaya.ac.id

Lampiran : LAPORAN ANALISIS
 Nomor Sampel : 160509 (SDRI VIEKA A.A dkk., ITS, SBY.)
 Hasil Analisis : (3)

No.	Kode Sampel	Kadar Hg (Mercurium)	
		ppm	ppb
1	0	5,196	x
2	31	x	29,779
3	32	0,191	x
4	33	0,576	x
5	34	4,908	x
6	35	4,723	x
7	36	0,208	x
8	37	x	27,160
9	38	x	24,542
10	39	x	37,634
11	40	0,275	x
12	41	0,585	x
13	42	x	26,113
14	43	4,843	x
15	44	3,930	x
16	45	4,232	x

Surabaya, 22 Mei 2009
 Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si.
 NPK: 182011

3. Analisa Karakteristik, KTK, Asam Humat, dan Asam Fulvat Kompos Bratang-UPN Surabaya



LABORATORIUM ILMU TANAH

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI – FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR

Jl. Raya Rungkut Madya Gungur Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-4780653, HP: 081534378643, Fax: 031-4789653

HASIL ANALISA

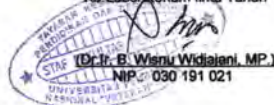
Lab. No. : Lab/12-InhV/2009
 Prinsipal : Vieka Ariestiyani A.
 Contoh yang disampaikan oleh prinsipal untuk dianalisa sbb.:
 Nama Contoh : Kompos
 Jumlah contoh : 6 contoh,
 Analisa/uji : Karakteristik kimia kompos dan Fraksionasi Humus

Hasil analisa/uji :

No	Macam Analisa	Satuan	Kompos No Leaching	Pelet No Leaching	Kompos +Pelet No Leaching	Kompos Leaching	Pelet Leaching	Kompos +Pelet Leaching
1.	C organik	%	17.07	19.40	19.85	17.46	17.93	18.99
2.	N – Total	%	2.46	2.29	2.50	2.30	2.41	2.62
3.	C/N		7	8	8	8	7	7
4.	Bahan Organik	%	29.53	33.56	34.34	30.21	31.01	32.85
5.	P (HNO ₃ +HClO ₄)	%	0.61	0.66	0.63	0.71	0.73	0.80
6.	K (HNO ₃ +HClO ₄)	%	1.82	1.67	1.89	1.49	1.32	1.54
7.	Ca (HNO ₃ +HClO ₄)	%	2.70	2.75	2.40	2.68	2.46	2.25
8.	Na (HNO ₃ +HClO ₄)	%	3.09	3.04	3.29	0.48	0.43	0.50
9.	Mg (HNO ₃ +HClO ₄)	%	0.46	0.30	0.66	1.26	0.70	0.91
10.	KTK (NH ₄ OAc 1 N)	me/100 g	33.43	30.07	30.14	34.04	33.58	33.82
11.	Cr ⁺³	ppm	0.40	0.53	0.27	6.24	5.72	6.91
12.	Hg ⁺²	ppm	0.05	0.07	0.04	2.43	4.35	1.59
13.	H ⁺	ppm	0.15	0.22	0.21	0.23	0.21	0.26
14.	Asam Humat	%	0.46	0.37	0.30	0.44	0.35	0.49
15.	Asam Fulvat	%	0.24	0.10	0.10	0.10	0.11	0.08

Surabaya, 12 Mei 2009

Ka. Laboratorium Ilmu Tanah



4. Analisa Kandungan Fe, Mn, Zn, dan Cu dalam Media Kompos – Universitas Surabaya



UNIVERSITAS SURABAYA FAKULTAS FARMASI PUSAT ANALISIS OBAT DAN MAKANAN

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293
Telepon (031) 2981115; Faksimili (031) 2981113
Email: farmasi@ubaya.ac.id

LAPORAN ANALISIS *)

Nomor Sampel	100709-1	Sampel	Kompos
Tanggal Penerimaan	10 Juli 2009	Nomor/Kode	Med. I dan II
Tanggal Analisis	16 Juli 2009	Nomor Ijin	-
Tanggal Selesai Analisis	22 Juli 2009	Pemilik/Asal Sampel	Sdri. Vieka A dan Absvadhianita Y.
Penganalisis	Sdm./Ike	-	-

Hasil Analisis:

No.	Sampel	Parameter Uji			
		Fe	Mn	Zn	Cu
1.	Media I	1,40 %	0,03 %	0,012 %	0,006 %
2.	Media II	1,40 %	0,03 %	0,011 %	0,005 %

*) Hasil ini hanya berlaku untuk sampel yang dianalisis

File E:\My Documents\Moko\Lain-lain\TANPA KOP

Surabaya, 24 Juli 2009
Kepala Pusat Analisis Obat dan Makanan,



Drs. R. Soediatmoko Soediman, M.Si
NPK: 182011

LAMPIRAN B

PROSEDUR ANALISA KTK

1. Timbang 0.5 g contoh tanaman atau 1 g contoh tanah, masukkan ke dalam tabung plastic sebesar 25 ml
2. Tambahkan ke dalam tabung larutan NH_4OAc pII 7 sebanyak 10 ml
3. Kocok dengan mesin pengocok listrik selama 60 menit
4. Sentrifuge selama 10 menit, saring dengan kertas saring, filtrat ditampung dalam suatu wadah
5. Tambahkan ke dalam tabung, larutan NH_4Oac pH 7 sebanyak 10 ml, rotap dan kemudian disentrifuge selama 10 menit. Filtrat ditampung kembali ke dalam wadah no. 4
6. Tambahkan ke dalam tabung 10 ml larutan NH_4Oac pH 7 yang mengandung NH_4Cl 1 N (900 ml NH_4Oac pH 7 + 100 ml NH_4Cl 1 N), rotap, sentrifuge selama 10 menit, filtrat ditampung lagi ke dalam wadah no 4
7. Unsur-unsur dalam filtrat selanjutnya ditetapkan sebagai berikut :

Na	→	fotometer nyala
K	→	fotometer nyala
Ca	→	Titrasi EDTA
Mg	→	Titrasi EDTA / AAS

8. Endapan tanah/ tanaman dipindahkan ke dalam labu Kjeldahl dengan air suling lebih kurang 100 ml, ditambahkan 20 ml NaOH 40% lalu disulingkan dengan segera. Hasil sulingan ditampung dengan 15 ml H_2SO_4 0.1 N yang telah ditambah 4 tetes indikator Conway. Titrasi dihentikan setelah volume dalam erlenmeyer \pm 50 ml

Catatan: Tanah / Tanaman dalam tabung sentrifuge dicuci dengan alkohol 96 % 4x (10 ml alkohol dirotap lalu disentrifuge)

9. Hasil destilasi dititrasi dengan larutan NaOH yang telah diketahui normalitasnya.
10. Dikerjakan juga untuk blanko (air suling)

Perhitungan :

$$\text{me KTK /100 g} = (\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times \text{N NaOH} \times \frac{100}{0.5} \times \frac{100 + \% \text{ KA}}{100}$$

Catatan : kalau contoh tanah, pembagi adalah 1

11. Timbang 0.5 g contoh tanaman atau 1 g contoh tanah, masukkan ke dalam tabung plastic sebesar 25 ml
12. Tambahkan ke dalam tabung larutan NH_4Oac pH 7 sebanyak 10 ml
13. Kocok dengan mesin pengocok listrik selama 60 menit
14. Sentrifuge selama 10 menit, saring dengan kertas saring, filtrat ditampung dalam suatu wadah
15. Tambahkan ke dalam tabung, larutan NH_4Oac pH 7 sebanyak 10 ml, rotap dan kemudian disentrifuge selama 10 menit. Filtrat ditampung kembali ke dalam wadah no. 4
16. Tambahkan ke dalam tabung 10 ml larutan NH_4Oac pH 7 yang mengandung NH_4Cl 1 N (900 ml NH_4Oac pH 7 + 100 ml NH_4Cl 1 N), rotap, sentrifuge selama 10 menit, filtrat ditampung lagi ke dalam wadah no 4
17. Unsur-unsur dalam filtrat selanjutnya ditetapkan sebagai berikut :

- Na → fotometer nyala
 K → fotometer nyala
 Ca → Titiasi EDTA
 Mg → Titiasi EDTA / AAS

18. Endapan tanah/ tanaman dipindahkan ke dalam labu Kjeldahl dengan air suling lebih kurang 100 ml, ditambahkan 20 ml NaOH 40% lalu disulingkan dengan segera. Hasil sulingan ditampung dengan 15 ml H₂SO₄ 0.1 N yang telah ditambah 4 tetes indikator Conway. Titiasi dihentikan setelah volume dalam erlenmeyer ± 50 ml

Catatan: Tanah / Tanaman dalam tabung sentrifuge dicuci dengan alkohol 96 % 4x (10 ml alkohol dirotap lalu disentrifuge)

19. Hasil destilasi dititiasi dengan larutan NaOH yang telah diketahui normalitasnya

20. Dikrjakan juga untuk blanko (air suling)

Perhitungan :

$$\text{me KTK /100 g} = (\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times \text{N NaOH} \times \frac{100}{0.6} \times \frac{100 + \% \text{ KA}}{100}$$

Catatan : kalau contoh tanah, pembagi adalah 1



**PENETAPAN KANDUNGAN AH & AF
(KORONOVA, 1961)**

1. Contoh tanah di ekstrak dg larutan campuran Na pirofosfat & NaOH, didiamkan semalam, kemudian disaring.
2. Ekstrak diambil beberapa ml dan ditambah H₂SO₄ pekat. Kemudian ditetapkan kadar C humus total dg metode Kurmis dan diukur dg spektrofotometer pd panjang gelombang 561 nm dg menggunakan deret standar glukosa 0-250 ppm C.
3. Ekstrak lalu diambil lagi beberapa ml dan ditambah H₂SO₄ pekat hingga pH mencapai 2, lalu dipanaskan lagi pd penangas apr pd suhu 80°C selama 30 menit dan didiamkan semalam. Kemudian disaring dengan kertas saring yang elah dibasahi larutan encer sehingga asam humat dan asam fulfatnya terpisah. Endapan yang terbentuk adalah asam humat, sedang yang larut adalah asam fulvat.
4. Asam humat dilarutkan dengan NaOH panas hingga larut semua dan ditetapkan kadar C asam humat dengan metode Kurmis. Sedangkan kadar C asam fulfat didapat dari selisih kadar C total humus dengan kadar C asam humat

$$\%C = \frac{\text{Absorban contoh}}{\text{Absorban s tan dar}} \times \text{konsentrasi s tan dar} \times 0.04 \times \text{faktor koreksi}$$

CARA KERJA ANALISA KANDUNGAN MAKRO DAN MIKRO KOMPOS

Penetapan Kadar

1. Ditimbang dengan seksama lebih kurang 1-2 gram sampel kering yang homogen atau sampel basah yang telah diketahui konversinya terhadap sampel kering.
2. Dimasukkan ke dalam *beaker glass* 250 ml.
3. Ditambahkan 10 ml 50% HNO_3 p.a, campurkan.
4. *Beaker glass* ditutup dengan kaca arloji.
5. Larutan di refluks selama 10-15 menit pada suhu 95°C .
6. Diambil dan biarkan hasil digesti sampai dingin.
7. Ditambahkan 5 ml HNO_3 p.a
8. Kaca arloji diambil/diangkat.
9. Larutan kembali direfluks lagi selama 30 menit pada suhu 95°C .
10. Larutan diambil dan dibiarkan menjadi dingin.
11. Ditambahkan 5 ml HNO_3 p.a
12. Larutan diuapkan sampai tersisa ± 5 ml (biarkan sampel di bagian bawah *beaker glass* mengering).
13. Larutan diambil dan dibiarkan menjadi dingin.
14. Ditambahkan 2 ml aquadest / aquademineralisata / pelarut yang sesuai dan 3 ml 30% H_2O_2 p.a.
15. *Beaker glass* ditutup kembali dengan kaca arloji
Larutan dipanaskan pelan-pelan (hindarkan "percikan" akibat reaksi yang berlebihan) sampai reaksi oksidasi dimulai.
16. Pemanasan dilanjutkan sampai semua buih habis.
17. Pemanasan dihentikan.
18. Larutan dibiarkan dingin kembali.
19. Ditambahkan 7 ml 30% H_2O_2 p.a secara bertahap, setiap kali 1 ml sambil dihangatkan.
20. *Beaker glass* diambil dan dibiarkan larutan dingin kembali,

21. Ditambahkan 5 ml HCl p.a dan 10 ml akuabides / akuademineralisata / pelarut yang sesuai.
22. *Beaker glass* ditutup kembali dengan kaca arloji.
23. Larutan direfluks kembali selama 15 menit (jangan sampai mendidih).
24. *Beaker glass* diambil dan dibiarkan larutan dingin kembali.
25. Partikel-partikel yang masih ada dalam larutan hasil digesti dihilangkan dengan cara: disaring, di-sentrifugasi, atau diendapkan.
26. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml.
27. Diencerkan dengan akuabides / akuademineralisata / pelarut yang sesuai sampai batas tanda.
28. Diamati intensitasnya pada ICPS pada panjang gelombang terpilih masing-masing logam.

Perhitungan

Dengan memasukkan nilai intensitas masing-masing logam ke dalam persamaan regresi dari baku kerja logam bersangkutan, maka dapat diketahui kadar logam dalam sampel, atau menggunakan hasil perhitungan secara matematis berdasarkan perhitungan:

$$Y = bX + a$$

Dimana:

- a : titik potong persamaan garis dengan sumbu Y
 b : kemiringan persamaan garis (*slope* = $\text{tg } \alpha$)
 Y : intensitas logam berat pada panjang gelombang terpilih
 X : kadar logam berat

Catatan: satuan kadar logam tergantung dari satuan kadar yang digunakan pada larutan baku kerja (ppb, ppm, dan sebagainya).

PENETAPAN KEMASAMAN DAPAT DITUKAR (H^+)

Dasar penetapan

Kemasaman dapat ditukar terdiri atas Al^{3+} dan H^+ pada koloid tanah. Al^{3+} dan H^+ ini dapat ditukar oleh K^+ dari pengekstrak KCl 1 M. Al^{3+} dan H^+ dalam larutan dapat dititar dengan larutan NaOH baku menghasilkan endapan $Al(OH)_3$ dan air. Untuk penetapan Al-dd, $Al(OH)_3$ direaksikan dengan NaF yang menghasilkan OH^- yang dapat dititar dengan larutan HCl baku.

Peralatan

- ◆ Neraca analitik
- ◆ Buret 10 ml
- ◆ Mesin kocok
- ◆ Botol kocok 100 ml
- ◆ Erlenmeyer 50 ml
- ◆ Sentrifuse atau kertas saring
- ◆ Dispenser 50 ml
- ◆ Pipet 10 ml

Pereaksi

- ◆ KCl 1M. Timbang 74,6 g KCl, dilarutkan dengan air bebas ion dalam labu ukur 1 liter, kemudian diimpitkan.
- ◆ Indikator phenolphtalin (pp) 0,1% Larutkan 100 mg phenolphtalin dalam 100 ml etanol 96%.
- ◆ NaF 4%. Larutkan 40 g NaF dengan air bebas ion dalam labu ukur 1 l, kemudian diimpitkan.
- ◆ Larutan baku NaOH 0,020N. Pipet 20 ml NaOH 1N (Titrisol), diencerkan dan diimpitkan dengan air bebas ion dalam labu ukur 1 l.

- ♦ Larutan baku HCl 0,020 N. Pipet 20 ml HCl 1N (Titrisol), diencerkan dan diimpitkan dengan air bebas ion dalam labu ukur 1 l.

Cara kerja

Timbang 5,00 g tanah <2 mm ke dalam botol kocok 100 ml, ditambah 50 ml KCl 1N. Campuran dikocok dengan mesin kocok selama 30 menit kemudian disaring atau disentrifuse. Ekstrak jernih dipipet 10 ml ke dalam erlenmeyer, dibubuhi indikator PP kemudian dititar dengan NaOH baku sampai warna merah jambu (T1). Tambahkan sedikit larutan penitar HCl agar warna merah jambu tepat hilang. Tambah 2 ml NaF 4% (warna ekstrak akan merah kembali). Kemudian dititar dengan HCl baku sampai warna merah tepat hilang. Kerjakan analisis blanko.

Perhitungan

Kemasaman dapat ditukar (dd)

$$\text{Al-dd dan H-dd (m.e 100 g-1)} = (T1 - Tb1) \times N \text{ NaOH} \times 50/10 \times 100/5 \times \text{fk}$$

$$(T1 - Tb1) \times N \text{ NaOH} \times 100 \times \text{fk}$$

Al-dd

$$\text{Al-dd (m.e 100 g-1)} = (T2 - Tb2) \times N \text{ HCl} \times 50/10 \times 100/5 \times \text{fk}$$

$$(T2 - Tb2) \times N \text{ HCl} \times 100 \times \text{fk}$$

H-dd

$$\text{H-dd (m.e. 100 g-1)} = \text{kemasaman-dd} - \text{Al-dd}$$

Keterangan:

Tb1 = blanko pada T1

Tb2 = blanko pada T2

N HCl = normalitas HCl

N NaOH = normalitas NaOH

50/10 = konversi dari 10 ml ke 50 ml ekstrak

100/5 = konversi dari 5 g ke 100 g contoh

Faktor koreksi kadar air (fk) = $100 / (100 - \% \text{ kadar air})$

DAFTAR ACUAN

- Rayment, G.E. and F.R. Higginson. 1992. **Australian laboratory handbook of soil and water chemicals methods.** Australian soil and land survey handbook. Inkata Press. Melbourne. Sydney
- Sudjadi, M., I.M. Widjick S. dan M. Soleh. 1971. **Penuntun Analisa Tanah.** Publikasi No.10/71, Lembaga Penelitian Tanah, Bogor.
- Van Reeuwijk, L.P. 1993. **Procedures for Soil Analysis.** 4th ed. Technical Paper. International Soil Reference and Information Centre. Wageningen. TheNetherlands.




PRINSIP KERJA PENGUJIAN LOGAM BERAT DENGAN ALAT ICPS

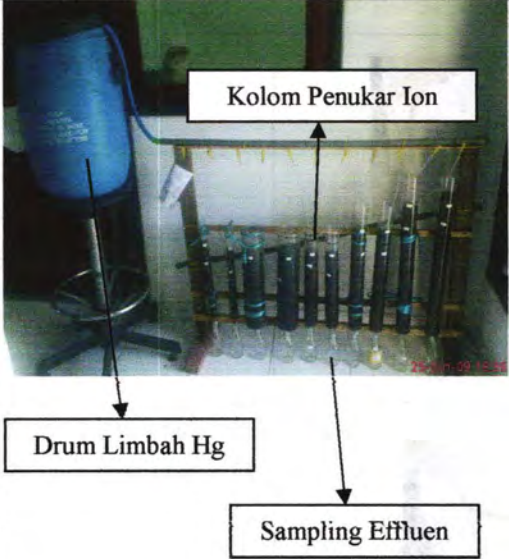
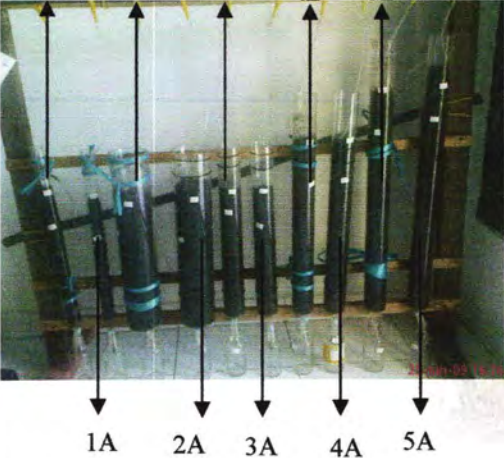
1. Persiapan sampel. Sampel diharapkan berupa serbuk untuk mempermudah penguraian. Serbuk dari sampel tadi akan dibakar (destruksi) untuk menghilangkan zat-zat organik pengotor.
2. Prinsip kerja ICPS selama proses berjalan adalah sebagai berikut:
 - Serbuk sampel yang sudah bersih dari zat-zat organik pengotor dilarutkan di dalam larutan asam nitrat.
 - Larutan tadi akan dihisap ke atas, memasuki ruang bakar dimana terjadi pembakaran dengan gas argon.
 - Pembakaran tadi akan mengakibatkan ion-ion sampel akan terurai.
 - Ion-ion tersebut akan ditangkap oleh detektor, dan akan diteruskan berupa signal-signal yang akan diterjemahkan menjadi bentuk grafik oleh komputer.




LAMPIRAN C
FOTO PENELITIAN



Gambar	Keterangan
	Kompos UDPK Bratang ukuran 16/40
	Pasir Silika 16/40
	Tepung Kanji

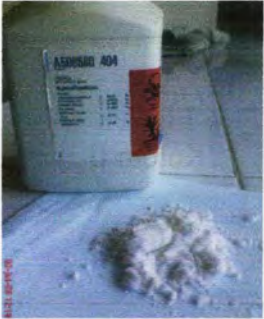




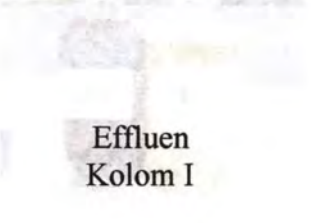
Gambar	Keterangan
	Pellet Kompos $\text{\O} > 6,35 \text{ mm}$ "Media I"
	Kompos:Pasir (9:1) "Media II"
	Ayakan 16/40







Gambar	Keterangan
	<p>Reaktor Permeabilitas</p>
	<p>Leaching H^+</p>
	<p>Alat Penggiling untuk Pelletisasi</p>


Gambar	Keterangan
 <p data-bbox="329 284 619 331">Kolom Penukar Ion</p> <p data-bbox="147 635 395 683">Drum Limbah Hg</p> <p data-bbox="370 721 623 769">Sampling Effluen</p>	Reaktor Kontinyu
 <p data-bbox="178 865 209 890">1B</p> <p data-bbox="267 865 298 890">2B</p> <p data-bbox="356 865 387 890">3B</p> <p data-bbox="445 865 476 890">4B</p> <p data-bbox="534 865 565 890">5B</p> <p data-bbox="229 1321 261 1347">1A</p> <p data-bbox="319 1321 350 1347">2A</p> <p data-bbox="408 1321 439 1347">3A</p> <p data-bbox="497 1321 528 1347">4A</p> <p data-bbox="586 1321 617 1347">5A</p>	Kolom Penukar Ion

Gambar	Keterangan
 A photograph of an analytical balance scale. It features a circular weighing pan on a platform, a vertical column with a weighing mechanism, and a digital display on the right side. The scale is positioned on a light-colored surface, possibly a laboratory bench, with a window and greenery visible in the background.	Neraca Analitik
 A photograph of a laboratory oven. It is a rectangular metal cabinet with two glass doors, revealing several shelves inside. The oven has a control panel at the top with various knobs and buttons. It is situated on a laboratory bench.	Oven
 A photograph of a pH meter. The device is a light-colored rectangular unit with a green display screen and several buttons. A glass pH electrode is connected to the meter and is partially submerged in a beaker of liquid. The setup is on a white laboratory bench.	pH Meter

Gambar	Keterangan
	ICPS
	Torch ICPS

Gambar	Keterangan
 	 <p>Larutan Hg (Limbah Buatan)</p> 
 <small>06-Apr-08 18:24</small>	 <p>Effluen Kolom I</p>

Gambar	Keterangan
 <p>06-Apr-09 10:24</p>	 <p>Effluen Kolom II</p>
 <p>06-Apr-09 10:24</p>	 <p>Effluen Kolom III</p>
 <p>06-Apr-09 10:24</p>	 <p>Effluen Kolom IV</p>

Gambar	Keterangan
 <p>The image shows two glass bottles, labeled 5B and 5A, containing a dark, opaque liquid. The bottles are placed on a white surface. A small red timestamp '05-Apr-09 10:25' is visible at the bottom right of the image.</p>	<p>Effluen Kolom V</p>



BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 23 Maret 1988 dengan nama Viekha Ariestyani Antari, merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Pendidikan formal yang telah penulis tempuh yaitu di TK Kebon Baru Jakarta, SDN Lagoa 05 Jakarta, SDN Kedurus III/430 Surabaya, SLTP Al-Falah Surabaya dan SMU Negeri 6 Surabaya, dan kemudian melanjutkan studi di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya dan terdaftar dengan NRP 3305 100 017.

Penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Pertamina EP Region Jawa Area Cepu yang dilaksanakan pada tanggal 30 juni - 8 Agustus 2008 dan mendapat tugas khusus tentang studi pengolahan limbah cair terproduksi PT. Pertamina EP Region Jawa Area Cepu. Penulis melakukan penelitian untuk Tugas Akhir dengan judul "Kinerja Kompos UDPK Bratang Sebagai Media Penukar Ion Untuk Mereduksi Logam Hg^{2+} Pada Air Limbah Buatan Secara Kontinyu".

Penulis aktif di beberapa kegiatan yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS dan menjadi Staff Departemen Wira Usaha HMTL periode 2006-2007 dan periode 2007-2008, serta pernah menjadi Asisten Praktikum Kimia Lingkungan I pada Tahun 2007.

Contact Person : 0856-45113936
viekha.ariestyani@gmail.com