



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

29/06/11/07



RSL
620.257
Jan
21-1
2007

FINAL PROJECT - PL 1603

**THE ABILITY TEST OF COMPOST PRODUCED BY
UDPK BRATANG AS AN ION EXCHANGER MEDIA IN
REMOVING Cu WITH VARYING CONCENTRATION
AND pH VALUES AT BATCH REACTOR**

ROUDHATUL JANNAH
NRP 3302 100 057

Supervisor
Ir. Joni Hermana, MSc., PhD.

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	28-2-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	728106

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty Of Civil Engineering And Planning
Institute Of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2007

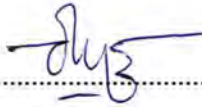
**UJI KEMAMPUAN KOMPOS PRODUKSI UDPK
BRATANG SEBAGAI MEDIA PENUKAR ION UNTUK
MEREDUKSI LOGAM BERAT Cu DENGAN VARIASI
KONSENTRASI DAN pH PADA REKTOR BATCH**

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:
ROUDHATUL JANNAH
NRP. 3302 100 057

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Joni Hermana Budhi, MSc.ES., PhD. 



SURABAYA, MARET, 2007



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

ABSTRAK

UJI KEMAMPUAN KOMPOS PRODUKSI UDPK BRATANG SEBAGAI MEDIA PENUKAR ION UNTUK MEREDUKSI LOGAM BERAT Cu DENGAN VARIASI KONSENTRASI DAN pH PADA REAKTOR BATCH

Nama Mahasiswa : ROUDHATUL JANNAH
NRP : 3302 100 057
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. JONI HERMANA, MSc.ES., PhD.

Abstrak

Kompos mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) yang berasal dari kandungan materi-materi humus di dalamnya. Logam berat Cu merupakan salah satu pencemar badan air yang berbahaya. Salah satu alternatif metode pengolahan air limbah adalah pertukaran ion. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinerja kompos produksi UDPK Bratang sebagai media penukar ion untuk mereduksi Cu dalam air limbah buatan.

Kompos yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompos produksi UDPK Bratang (kompos Bratang) dengan ukuran lolos ayakan no. 40/60. Pengukuran KTK kompos secara teoritis dilakukan dengan metode Ammonium Replacement. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal (C_0) dan pH larutan Cu terhadap efisiensi penyisihan Cu pada proses batch, dengan variasi C_0 larutan Cu; 5, 15, 25, 35, dan 45 mg/L dan variasi pH larutan Cu; 2, 4, 6, 7, 8, dan 10. Sistem batch dilakukan dengan menggunakan waktu pengadukan selama 120 menit, kecepatan pengadukan sebesar 80 rpm, dosis kompos sebesar 5 g/L.

Kompos mempunyai KTK teoritis sebesar 56,607 meq/100 g. Pada proses batch didapatkan hasil optimum, yaitu konsentrasi awal larutan Cu sebesar 15 mg/L dan pH larutan Cu didapat pada pH sekitar 4. Pada kondisi tersebut, KTK media sebesar 7,889 meq/100 g.

Kata kunci : Kompos, humus, kapasitas tukar kation, pertukaran ion, tembaga.

THE ABILITY TEST OF COMPOST PRODUCED BY UDPK BRATANG AS AN ION EXCHANGER MEDIA IN REMOVING Cu WITH VARYING CONCENTRATION AND pH VALUES AT BATCH REACTOR

Name : ROUDHATUL JANNAH
ID No. : 3302 100 057
Departement : Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering and Planning, Institute of Technology Sepuluh Nopember
Supervisor : Ir. JONI HERMANA, MSc.ES., PhD.

Abstract

Compost has a cation exchange capacity (CEC) that is derived from the humic contents. Cu is one of the river pollutants that dangerous. One of alternative wastewater treatment methods is ion exchange. The objective of this research is to investigate the compost performance in removing Cu from artificial wastewater.

Compost that was used in this research is produced by UDPK Bratang which has size to get through of sieve number's 40/60. The CEC is theoretically measured by using Ammonium Replacement methods. In this research, the batch experiments were initially conducted by varying initial Cu concentration; 5, 15, 25, 35, and 45 mg/L and pH values; 2, 4, 6, 7, 8, and 10; to determine their effect on removal capacity. The batch system was conducted by using 120 minutes for the mixing time, 80 rpm for mixing velocity, and 5 g/L for compost dose.

Compost measured to have theoretical CEC 56,607 meq/100 g. At batch process, the optimum initial Cu concentration was 15 mg/L and optimum pH was approximately 4. At that condition, the compost has CEC in the value of 7,889 meq/100 g.

Key words : *Compost, humic substances, cation exchange capacity, ion exchange, copper.*



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

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 **“Uji Kemampuan Kompos Produksi UDPK Bratang sebagai Media Penukar Ion untuk Mereduksi Logam Berat Cu dengan Variasi Konsentrasi dan pH pada Reaktor Batch”**. Tidak lupa saya ingin mengucapkan terima kasih kepada kepada semua pihak yang telah banyak memberikan kontribusi terhadap Tugas Akhir ini, diantaranya adalah:

1. Ir. Joni Hermana sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang dengan sabar telah membimbing saya hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Ir. M. Razif MM., Ir. Didiék B.S., MT., dan A. F. Assomadi, SSi., MT., selaku dosen penguji atas saran dan masukan.
3. Dosen-dosen pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan ITS atas segenap ilmu dan pengetahuan yang telah diberikan.
4. Seluruh laboran, karyawan TU, dan ruang baca Teknik Lingkungan, FTSP-ITS Surabaya.
5. Bapak Moch. Mu'alif, Ibu Suhartini, M. Andy R., Fitria N. A, serta keluarga dirumah untuk segala doa dan semangatnya.
6. Ervin N., ST., MT., Lamhot, Cicek, Kadek, David, *“Choc Orange”*, dan C. Aria Novan, serta teman-teman angkatan 2002 yang telah memberikan semangat.

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, Februari 2007

Penyusun



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompos	5
2.1.1 Kapasitas tukar kation (KTK) dalam kompos daun ..	5
2.1.2 Pengaruh pH dan C_0 dalam proses pertukaran ion	8
2.2 Pertukaran ion	8
2.2.1 Pengertian pertukaran ion	8
2.2.2 Resin pertukaran ion	9
2.2.3 Kapasitas pertukaran ion	12
2.3 Logam Berat Copper/Cuprum/Tembaga/Cu	12
2.3.1 Standar konsentrasi Cu dalam air	14
2.3.2 Kandungan Cu dalam air limbah industri	16
2.3.3 Teknologi pengolahan tembaga	16
2.4 AAS (<i>Atomic Adsorption Spectrophotometer</i>) atau Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	16
2.5 Kompos produksi UDPK Bratang	19
2.6 Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum.....	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.3 Kerangka Penelitian	24
3.4 Tahapan penelitian	26

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Media Kompos Bratang	35
4.2 Penelitian Pendahuluan	38
4.2.1 Pengukuran KTK teoritis.....	38
4.2.2 Pengaruh penambahan asam – basa	41
4.2.3 Penentuan waktu pengadukan	42
4.2.4 Penentuan kecepatan pengadukan	44
4.3 Percobaan Batch.....	46
4.3.1 Pengaruh C_0 larutan Cu dengan efisiensi removal ...	46
4.3.2 Pengaruh pH dengan efisiensi removal	49
4.4 Verifikasi terjadinya pertukaran ion.....	52
4.5 Afinitas media terhadap jenis kation	59

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63

Daftar Pustaka	65
-----------------------------	-----------

Lampiran	69
-----------------------	-----------



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Model Struktur Asam Humat.....	7
Gambar 2.2	Molekul Asam Humat Teroksidasi	7
Gambar 2.3	Skema Resin Penukar Kation.....	9
Gambar 2.4	Hubungan pH dan Konsentrasi Logam Berat Terlarut.....	14
Gambar 2.5	Skema AAS.....	18
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	26
Gambar 4.1	Kompos Bratang Hasil Ayakan No. 40/60.....	37
Gambar 4.2	Kurva Kalibrasi $\text{NH}_4\text{-N}$ <i>Spektrofotometer</i> <i>Genesys</i>	40
Gambar 4.3	Grafik Hasil Variasi Waktu Pengadukan	43
Gambar 4.4	Grafik Hasil Variasi Kecepatan Pengadukan	45
Gambar 4.5	Grafik Hasil Variasi C_0 Cu.....	47
Gambar 4.6	Perbandingan KTK Teoritis Media dengan Jumlah Cu yang Hilang.....	48
Gambar 4.7	Grafik Hasil Variasi pH Cu.....	50
Gambar A.1	pH meter.....	69
Gambar A.2	Neraca analitis.....	69
Gambar A.3	Oven	69
Gambar A.4	Ayakan nomor 40 – 60	69
Gambar A.5	Vacuum filter	70
Gambar A.6	Jartest Apparatus.....	70
Gambar A.7	Kompos Bratang dalam Kemasan.....	70
Gambar A.8	Kompos setelah ditaruh di oven.....	70
Gambar A.9	AAS.....	71
Gambar A.10	Spektrofotometer Genesys	71
Gambar A.11	Data Hasil Analisa AAS dari BBLK.....	72
Gambar B.1	Prosedur Penyediaan Kompos	73
Gambar B.2	Model ayakan nomor 40 – 60	74
Gambar B.3	Hasil ayakan pada no 40/60	74



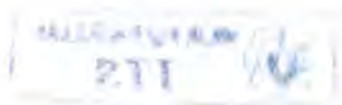
ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar konsentrasi Cu dalam Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lain	15
Tabel 2.2	Standar konsentrasi Cu dalam Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air	15
Tabel 2.3	Standar konsentrasi Cu dalam Baku Mutu Limbah Cair (Termasuk Pengolah Limbah Terpusat / Kawasan Industri)	16
Tabel 2.4	Kisaran Konsentrasi Untuk AAS	17
Tabel 2.5	Karakteristik Kompos Bratang	20
Tabel 3.1	Prosedur Percobaan untuk C_0 Cu Optimum	31
Tabel 3.2	Prosedur Percobaan untuk pH Cu Optimum	32
Tabel 4.1	Unsur Esensial bagi Sebagian Besar Tumbuhan Tingkat Tinggi dan Konsentrasi-Dalam yang Dianggap Memadai	36
Tabel 4.2	Prosentase kompos yang diayak	36
Tabel 4.3	Kandungan Kompos Bratang	37
Tabel 4.4	Jumlah Kation Potensial Dipertukarkan dalam Media	38
Tabel 4.5	Kalibrasi NH_4-N Spektrofotometer Genesys	39
Tabel 4.6	KTK Media Kompos Bratang dengan Metode <i>Ammonium Replacement</i>	40
Tabel 4.7	Pengaruh Penambahan Asam-Basa	41
Tabel 4.8	Pengaruh Variasi Waktu Pengadukan Terhadap Logam Berat Cu	43
Tabel 4.9	Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Logam Berat Cu	44
Tabel 4.10	Pengaruh Variasi C_0 Larutan Cu Terhadap Efisiensi Penurunan Logam Berat Cu	46
Tabel 4.11	Pengaruh Variasi pH Larutan Cu Terhadap Efisiensi Penurunan Logam Berat Cu	49

Tabel 4.12	Kation-Kation yang Dilepas Media Kompos Bratang pada Kondisi C_0 Optimum dan pH Optimum.....	54
Tabel 4.13	Kation-Kation yang Dilepas oleh Aquades	55
Tabel 4.14	Jumlah Cu yang Hilang dari Larutan pada Kondisi C_0 Optimum dan pH Optimum	56
Tabel 4.15	Jumlah Kation yang Lepas ke Larutan pada Kondisi C_0 Optimum dan pH Optimum	56
Tabel 4.16	Selisih Kation yang Dilepaskan Media pada Kondisi Optimum dengan Aquades	57
Tabel B.1	Ukuran Ayakan Standar di Amerika Serikat.....	75
Tabel D.1	Prosedur Percobaan untuk C_0 Cu Optimum	84
Tabel D.2	Prosedur Percobaan untuk pH Cu Optimum	86
Tabel E.1	Analisa Cu dengan AAS	89





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

- Foto Penelitian 69
- Hasil Analisa AAS dari Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Surabaya 72

LAMPIRAN B

- Persiapan Media Kompos Bratang 73

LAMPIRAN C

- Pengukuran KTK Teoritis Media Kompos Bratang 77
- Pengaruh Penambahan Asam-Basa 78
- Penentuan Waktu Pengadukan Optimum 80
- Penentuan Kecepatan Pengadukan Optimum 81

LAMPIRAN D

- Penentuan C_0 Limbah Cu Buatan Optimum 83
- Penentuan pH Limbah Cu Buatan Optimum 84

LAMPIRAN E

- Cara Kerja AAS 87

LAMPIRAN F

- SNI : Cara Uji Tembaga dengan AAS 91



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Ilmu pengetahuan yang semakin berkembang, menyebabkan berkembangnya industri-industri. Dengan banyaknya industri maka limbah yang dihasilkan tentunya jumlahnya akan bertambah banyak pula, termasuk air limbah yang berbahaya. Akibatnya, lingkungan menjadi sasaran pencemaran, terutama perairan yang sudah pasti terganggu oleh adanya air limbah industri.

Salah satu pencemaran pada badan air adalah masuknya logam berat. Peningkatan kadar logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar zat tersebut dalam organisme air (terjadi bioakumulasi). Pemanfaatan organisme ini sebagai bahan makanan akan membahayakan kesehatan manusia. Penyisihan logam dari air memang merupakan kegiatan yang mahal dan seringkali memberatkan kalangan industri. Aplikasi pertukaran ion sebagai salah satu metode pengolahan logam berat dengan efisiensi yang sangat menjanjikan terbentur kendala mahalnya resin penukar ion.

Kompos yang terbuat dari daun-daunan yang gugur, didalamnya mempunyai kandungan material humus yang besar. Kapasitas kompos sebagai penukar ion dikarenakan adanya material humus tersebut (Lenhart, *et al.*, 2002 dan Clark, *et al.*, 1997). Potensi kompos sebagai penukar ion dapat dimanfaatkan dalam kegiatan pengendalian kualitas air khususnya untuk mereduksi logam berat dalam air.

Air limbah yang mengandung senyawa Cu merupakan air limbah yang berbahaya karena termasuk air limbah logam berat. Senyawa Cu walaupun merupakan logam berat beracun tetapi masih dibutuhkan manusia meskipun dalam jumlah yang sedikit (sesuai ketentuan WHO/FAO yaitu sebesar 800 – 1200 ppb). Air limbah yang mengandung logam berat Cu banyak dihasilkan oleh

industri cat sebagai antifouling, industri insektisida dan fungisida, industri electroplating, dan lain-lain.

Pada penelitian ini, kompos akan diuji kegunaannya sebagai media penukar ion untuk mereduksi logam berat Cu dalam air limbah buatan. Reduksi kompos dipengaruhi oleh pH dan konsentrasi awal polutan (C_0) sehingga dengan diketahui C_0 dan pH larutan Cu yang optimum maka akan didapatkan alternatif pengolahan limbah industri yang lebih ekonomis. Penggunaan kompos yang murah dan tersedia secara lokal sebagai alternatif media penukar ion akan mengurangi biaya kegiatan pengolahan logam berat. Disisi lain, hal ini akan menambah daftar manfaat dari kompos sehingga minat kegiatan pengomposan yang menjadi tulang punggung reduksi sampah, khususnya di Surabaya -yang masih sangat kecil- dapat meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah :

- Bagaimana kemampuan tukar kation kompos Bratang sebagai media untuk mereduksi logam berat Cu pada proses batch.
- Bagaimana pengaruh konsentrasi awal (C_0) larutan Cu terhadap proses reduksi logam berat Cu dalam air limbah buatan dengan media kompos Bratang.
- Bagaimana pengaruh pH larutan Cu terhadap proses reduksi logam berat Cu dalam air limbah buatan dengan media kompos Bratang.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Menentukan kemampuan tukar kation kompos Bratang dalam mereduksi logam berat Cu pada proses batch.
- Menentukan C_0 larutan Cu yang optimum dan pH larutan Cu yang optimum dalam mereduksi logam berat Cu dalam air limbah buatan dengan media kompos Bratang.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang membatasi dalam penelitian ini adalah :

- Media penukar ion yang digunakan adalah kompos produksi UDPK Bratang. Metode penyeragaman ukuran partikel kompos dilakukan dengan metode pengayakan, yaitu lolos ayakan nomor 40 dan tertahan pada nomor 60.
- Percobaan dengan prinsip reduksi ini dilaksanakan dalam skala laboratorium dengan menggunakan sistem batch.
- Limbah buatan berasal dari larutan Cu.
- Percobaan dilakukan dengan dua tahap, yaitu :
 - + Percobaan pendahuluan,
 - Media kompos Bratang
 - Pengukuran KTK teoritis kompos Bratang
 - Penelitian pengaruh penambahan asam – basa
 - Menentukan lama waktu pengadukan
 - Menentukan kecepatan pengadukan
 - Dosis kompos Bratang yang dipakai selama penelitian adalah sebanyak 5 g/L.
 - + Percobaan batch,
 - Variasi C_0 larutan Cu antara 5 – 45 mg/L (5, 15, 25, 35, dan 45 mg/L)
 - Variasi pH larutan Cu antara 2 – 10 (pH 2, 4, 6, 7, 8, 10)
 - + Kontrol pH dengan menggunakan larutan NaOH dan HCl.
- Analisa Cu dilakukan dengan menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometer*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan alternatif media penukar ion yang murah dan tersedia secara lokal sehingga mudah dalam mendapatkannya, disamping itu juga memberikan alternatif pemanfaatan kompos untuk memotivasi kegiatan pengomposan yang kurang diminati akibat terbatasnya pasar produk kompos.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompos

AASHTO (2002) menyebutkan bahwa kompos adalah produk yang dihasilkan dari dekomposisi biologis terkontrol material-material organik, yang terjadi dalam kondisi aerobik, yang telah mengalami disinfeksi dengan proses yang menghasilkan panas, serta telah distabilisasi sehingga cocok untuk digunakan sesuai kebutuhan. Kompos dapat berasal dari berbagai bahan buangan, termasuk dari pertanian, hutan, makanan, industri, biosolid (lumpur air buangan terolah), daun dan pemetongan kebun, kotoran hewan (pupuk kandang), kayu, sampah (baik terpisah maupun tercampur).

Kompos dapat dibuat dengan bahan baku hampir semua tipe zat organik, tetapi jika kompos akan dimanfaatkan sebagai media penunjang ion, kompos dari daun-daun yang berguguran mempunyai keunggulan. Kompos dari daun secara alami mempunyai tingkat kandungan N, P dan logam mikronutrien seperti Fe dan Zn yang lebih rendah karena pohon yang menggugurkan daunnya telah mentranslokasikan nutrien dari daun ke batang sebagai cadangan untuk musim tumbuh berikutnya (Lenhart, *et al.*, 2002). Daun-daun yang telah rontok pada umumnya mengandung selulosa dan lignin. Lenhart, *et al.*(2002), juga menyatakan bahwa proses dekomposisi pada awalnya terjadi akibat aktifitas bakteri termofilik dan kemudian dilanjutkan oleh fungi dan actinomycetes, yang mengurai dedaunan menjadi materi humus yang sangat stabil.

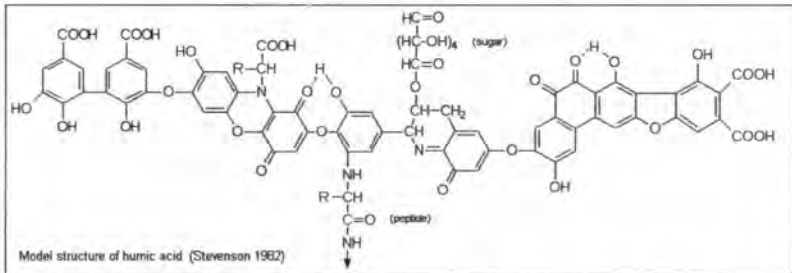
2.1.1 Kapasitas Tukar Kation (KTK) dalam Kompos Daun

Kompos daun yang telah matang mempunyai kemampuan untuk menyisihkan logam berat terlarut melalui proses pertukaran kation, hal tersebut ditunjukkan oleh beberapa penelitian yang telah dilakukan (Lenhart, *et al.*, 2002). Clark dan Pitt (2001)

menyebutkan bahwa kompos dengan bahan baku sampah kebun, terutama dedaunan, telah terbukti memiliki kemampuan yang tinggi mengadsorb logam berat, minyak, lemak, nutrisi, dan zat organik berbahaya dari air karena kandungan humusnya yang tinggi serta besarnya area permukaan penyerapannya.

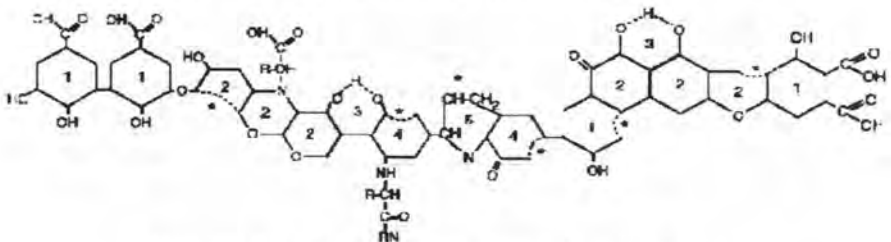
Kompos mempunyai kandungan humus yang terdiri dari *humic acid*, *fulvic acid* dan *humin*, humus tersebut mempunyai kemampuan untuk membentuk kompleks logam melalui pertukaran kation, pembentukan *chelate* dan pembentukan ikatan elektrostatis (Lenhart, *et al.*, 2002). Selanjutnya, Lenhart, *et al.* (2002) menyatakan bahwa penyisihan logam terlarut utamanya adalah melalui proses pertukaran kation dimana "logam ringan" yang tidak begitu toksik seperti K, 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.

Asam Humat (AH) atau *Humic Acid* secara umum dapat ditemukan dalam pupuk kandang, tanah gemuk, batu bara muda, dan leonardite. Leonardite adalah bentuk materi organik yang telah sangat teroksidasi (Bio Ag Technologies International, 1999). Tidak ada rumus struktur tunggal yang bisa dianggap cukup mewakili humus karena humus terdiri dari campuran heterogen dari berbagai bahan. AH diperkirakan sebagai kompleks makromolekul aromatik dengan asam amino, gula amino, peptida, bahan alifatik bergabung dengan ikatan antar grup aromatik. Pada Gambar 2.1 ditunjukkan struktur hipotetis AH. AH mengandung grup OH fenolik terikat dan bebas, struktur *quinone*, nitrogen dan oksigen sebagai unit jembatan dan grup karboksil ($-\text{COOH}$) bervariasi mengambil tempat pada cincin aromatik.



Gambar 2.1 Model Struktur Asam Humat

Pada Gambar 2.2 ditunjukkan struktur organis dari AH yang telah secara alami teroksidasi, yang ditandai dengan tanda asterisk (Bio Ag Technologies International, 1999), sehingga bermuatan negatif. Terjadinya ikatan yaitu pada sisi ini, dimana ion positif (mikronutrien dan mikroflora) akan tertarik. 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 2.2 Molekul Asam Humat Teroksidasi

Adanya grup karboksil ($-\text{COOH}$) pada humus yang bisa berikatan dengan kation, maka kompos dapat dikategorikan sebagai penukar kation asam lemah (*weak acid cation*)

exchanger). KTK kompos daun matang berkisar 70 meq/100 g tergantung bahan dan proses pengomposan (Lenhart, *et al.*, 2002).

2.1.2 Pengaruh pH dan C_0 dalam Proses Pertukaran Ion

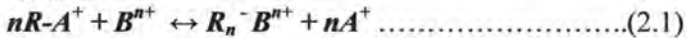
Faktor yang mempengaruhi kompos dalam menukar ion adalah pH dan konsentrasi awal polutan (C_0). Pengaruh pH pada proses pertukaran ion terkait dengan *apparent capacity* dari kompos sebagai media penukar ion. *Apparent capacity*, yang mengindikasikan berapa banyak ion yang bisa diambil oleh penukar ion pada kondisi tertentu, dinyatakan dalam kandungan ion yang bisa dipertukarkan (*exchangeable ion*). Lain dengan resin asam kuat yang *apparent capacity*-nya konstan, *apparent capacity* resin asam lemah tergantung pada pH (Hellfferich, 1962). Konsentrasi awal sangat menentukan proses pertukaran ion karena mempengaruhi laju difusi. Proses difusi film cenderung pada kondisi konsentrasi rendah, sebaliknya difusi pori akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi larutan (Montgomery, 1985).

2.2 Pertukaran Ion

2.2.1 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).

Reaksi secara umum untuk menukar ion A dengan B adalah sebagai berikut:

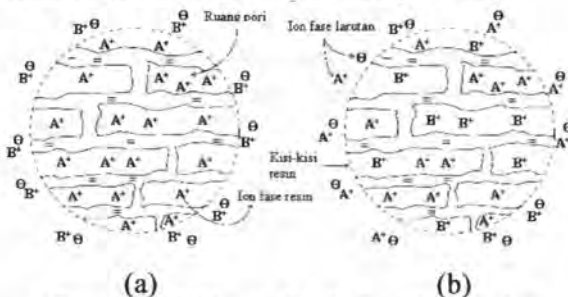


dimana R^- adalah grup anionik yang terlekat pada resin penukar ion, A^+ dan B^{n+} adalah ion dalam larutan.

2.2.2 RESIN PENUKAR ION

Kemampuan pertukaran ion banyak ditunjukkan oleh produk-produk sintesis dan alami. 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 (Helfferrich, 1962).

Resin penukar ion tersusun dari tiga bagian. *Framework* atau sering disebut matrik, merupakan *network* tak beraturan, makromolekular, tiga dimensi rantai karbon (Helfferrich, 1962). Matrik mengikat grup ionik tertentu, disebut juga grup *fixed ionic* (Helfferrich, 1962), grup fungsi atau grup aktif (Benefield, 1982), atau *site* reaktif (Reynolds, 1982). Grup ionik ini bersifat terlarut (Benefield, 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 (Helfferrich, 1962). Gambar 2.3 adalah skema resin penukar kation menurut Montgomery (1985).



Gambar 2.3 Skema Resin Penukar Kation

Diagram skematis *framework* resin penukar kation dengan *fixed exchange site* sebelum dan sesudah reaksi pertukaran (a) kondisi

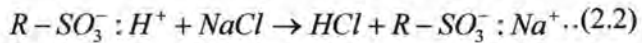
awal sebelum reaksi pertukaran dengan kation B^+ (**b**) kondisi kesetimbangan sesudah reaksi pertukaran dengan kation B^+ .

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

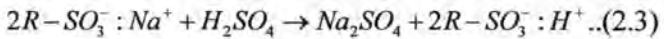
1. Resin penukar kation (mengandung kation yang bisa ditukar)

- a. Resin asam kuat

Resin ini memisah garam netral dan merubahnya menjadi bentuk asamnya.

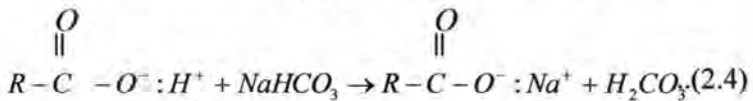


Resin ini bisa diregenerasi dengan asam kuat seperti H_2SO_4 atau HCl

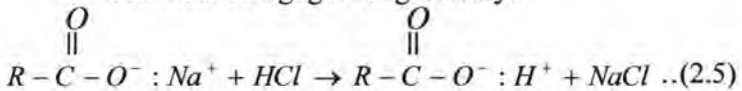


- b. Resin asam lemah

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

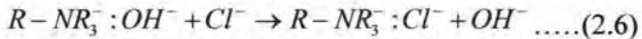


Efisiensi regenerasi dari resin ini mendekati 100%. Akan tetapi, penggunaan resin ini dibatasi untuk air dengan pH lebih besar dari 7 dan mengandung alkalinitas tinggi.

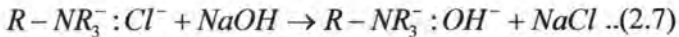
2. Resin penukar anion (mengandung anion yang bisa ditukar)

a. Resin basa kuat

Resin ini memecah garam netral dan merubahnya menjadi bentuk basanya.

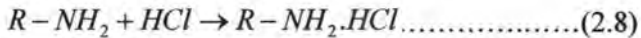


Bisa diregenerasi dengan NaOH dengan efisiensi 30 - 50 %.

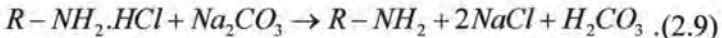


b. Resin basa lemah

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

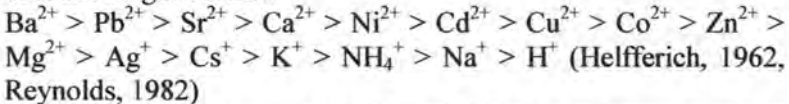


Resin ini bisa diregenerasi dengan melarutkan asam yang teradsorpsi dengan basa seperti NaOH, Na_2CO_3 , dan NH_4OH .

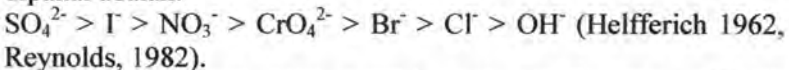


Regenerasi resin ini mendekati 100%, akan tetapi penggunaannya dibatasi pada air dengan pH kurang dari 7.

Urutan selektifitas atau preferensi beberapa kation yang sering dipakai dalam penggunaan penukar kation secara umum adalah sebagai berikut:



Sementara itu urutan preferensi beberapa anion yang sering dipakai adalah:



Resin dengan *sites* reaktif kuat seperti grup sulfonik ($-SO_3H$) atau resin asam kuat, urutan preferensi kationnya seperti yang diatas. Untuk resin asam lemah, yaitu resin dengan *sites* reaktif lemah seperti grup karboksil ($-COOH$), posisi H^+ akan

berada lebih ke kiri tergantung kekuatan dari *site* reaktif resin. Begitu juga dengan urutan preferensi anion di atas, hanya berlaku untuk resin basa kuat dengan *site* reaktif kuat seperti grup *quarternary* amonium. Untuk resin basa lemah, dengan *site* reaktif grup *secondary* atau *tertiary* amin, OH⁻ berada lebih jauh ke kiri tergantung kekuatan grup reaktifnya.

2.2.3 Kapasitas Pertukaran Ion

Karakterisasi media penukar ion secara kuantitatif didasarkan pada 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)

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* (Benefield, 1982).

2.3 Logam Berat Copper/Cuprum/Tembaga/Cu

Tembaga adalah unsur kimia berbentuk logam kemerahan dengan karakteristik :

Massa atom relatifnya : 63,546

Lambang kimia : Cu

Golongan : I B

Valensi : I dan 2

Jari-jari atom : 1,18 Å

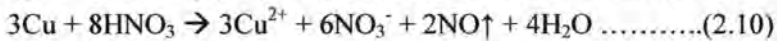
Rapatan (berat jenis) : 8,96 gr/ml

Titik leleh : 1083 °C

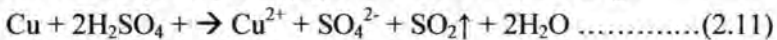
Titik didih : 2595 °C

Sifat kimia, listrik, termal, dan mekanismenya menyebabkan tembaga penting dalam industri dan kehidupan sehari-hari. Vogel (1979) menyatakan bahwa tembaga adalah logam merah muda, yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Karena potensi elektroda

standarnya positif (+0,34 V untuk pasangan Cu/Cu²⁺), Cu tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen Cu bisa larut sedikit. Asam nitrat dengan kepekatan sedang (8M) dengan mudah melarutkan tembaga:



Asam sulfat pekat panas juga bisa melarutkan tembaga



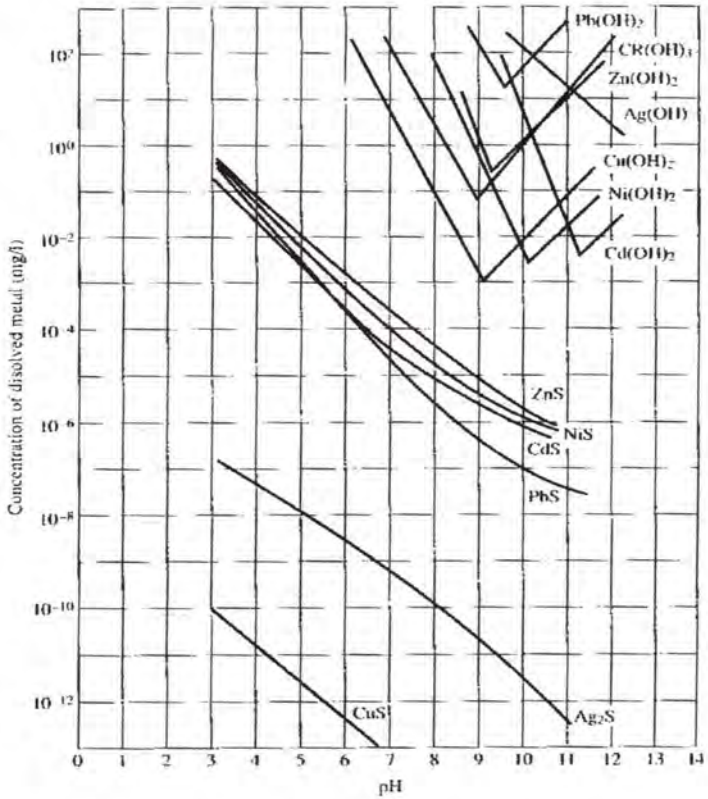
Tembaga mudah pula larut dalam air raja



Kebanyakan senyawa tembaga mengendap dan terikat dalam sedimen air atau partikel tanah. Tembaga dalam bentuk terlarut merupakan ancaman terbesar bagi kesehatan manusia. Konsentrasi Cu dalam udara sangat kecil sehingga bisa diabaikan (Lenntech, 2005). Tembaga tidak bisa terurai di alam, karena itu terakumulasi dalam tubuh tanaman dan hewan.

Sebagai logam berat, tembaga (Cu) berbeda dengan logam berat lainnya, karena Cu digolongkan ke dalam logam berat yang esensial artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun tetapi unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meskipun dalam jumlah sedikit. Tubuh manusia dewasa membutuhkan kandungan Cu kurang lebih 30 µg Cu/kg berat badan, sedangkan pada anak-anak membutuhkan kurang lebih 40 µg Cu/kg berat badan. Dan pada bayi membutuhkan kurang lebih 80 µg Cu/kg berat badan. Konsumsi tembaga yang baik bagi manusia adalah 2,5 mg/kg berat badan/hari bagi orang dewasa dan 0,05 mg/kg berat badan/hari bagi anak-anak dan bayi (Palar, 1994).

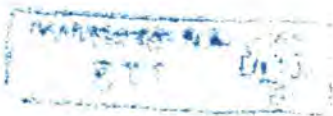
Tembaga bisa terpresipitasi baik dalam bentuk hidroksida maupun sulfida pada kondisi pH yang berbeda. Gambar 2.4 menunjukkan grafik hubungan antara pH dan Cu(OH)₂ serta CuS terlarut.



Gambar 2.4 Hubungan pH dan Konsentrasi Logam Berat Terlarut

2.3.1 Standar Konsentrasi Cu dalam Air

Nilai konsentrasi Cu dalam air mengacu pada himpunan peraturan tentang pengendalian pencemaran air di Kota Surabaya, yang disajikan pada Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.



Tabel 2.1 Standar konsentrasi Cu dalam Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lain

INDUSTRI/KEGIATAN USAHA	KADAR MAKSIMUM (mg/L)
Industri pulp dan kertas	-
Industri kertas	-
Industri electroplating	0,6
Industri kaustik soda	1
Industri accumulator (baterai basah) ^{a)}	0,6
Industri baterai kering ^{b)}	-
Industri cat	0,8
Industri pestisida	1 ^{c)}
Industri karton box	-
Industri keramik	-
Industri peleburan tembaga ^{d)}	2
Industri galvanis, perabot enamel dan logam dengan pembersihan karat (pickling)	1 ^{e)} 1 ^{f)} 1 ^{g)}
Industri korek api	-

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 alkalin mangan
- b) Baterai karbon seng
- c) Pembuatan pestisida teknis
- d) Untuk industri ini terdapat catatan bahwa semua air hujan dari lingkungan industri harus diolah dalam unit pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan.
- e) Galvanis
- f) Perabot enamel
- g) Pembersihan karat (*pickling*)

Tabel 2.2 Standar konsentrasi Cu dalam Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
Cu	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air secara konvensional Cu < 1mg/L

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



Tabel 2.3 Standar konsentrasi Cu dalam Baku Mutu Limbah Cair (Termasuk Pengolah Limbah Terpusat / Kawasan Industri)

Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair (mg/L)			
		I	II	III	IV
Cu	mg/L	1	2	3	5

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)

2.3.2 Kandungan Cu dalam Air Limbah Industri

Menurut Patterson (1985) kandungan Cu dalam air limbah dari industri Cu primer dan sekunder rata-rata bervariasi dari 0,26 mg/L sampai 2,450 mg/L. Sementara dari air limbah proses industri konsentrasi Cu bervariasi tergantung dari prosesnya, rata-rata berkisar antara 0 – 900 mg.

2.3.3 Teknologi Pengolahan Tembaga

Proses pengolahan berfungsi untuk mengurangi tembaga terlarut dalam air limbah dengan pengendapan, atau pembuangan dari lumpur yang dihasilkan, atau proses *recovery* seperti pertukaran ion, adsorpsi, evaporasi dan elektrolisis. Modifikasi dari teknologi pencucian pelapisan logam dengan menambahkan sistem *countercurrent* atau *cascading* meningkatkan konsentrasi kontaminan, akan tetapi menurunkan volume limbah. Pertukaran ion dapat digunakan jika air limbah mengandung konsentrasi tembaga kurang dari 200 mg/L, pengendapan dapat digunakan jika air limbah mengandung konsentrasi tembaga 1,0 – 1000 mg/l, elektrolisis dapat digunakan jika air limbah mengandung konsentrasi tembaga di atas 10.000 mg/L (Dean dkk, 1972).

2.4 AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometer*) atau Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Atomic Adsorption Spectrophotometer (AAS) sangat tepat digunakan untuk menganalisa zat pada konsentrasi rendah. AAS menggunakan prinsip spektrofotometri yang mengukur jauhnya penyerapan (adsorpsi) energi cahaya oleh suatu atom sebagai

fungsi dari panjang gelombang tertentu tergantung dari sifat unsurnya (Day and Underwood, 1992; Khopkar, 1990). Dari nilai absorban yang didapat akan diketahui konsentrasi contoh tersebut. Berikut ini merupakan Tabel 2.4 kisaran konsentrasi untuk AAS.

Tabel 2.4 Kisaran Konsentrasi Untuk AAS

Elemen	Panjang Gelombang (nm)	Nyala Api	Batas Deteksi (mg/L)	Sensitivitas (mg/L)	Kisaran Konsentrasi (mg/L)
Ag	328,1	A-Ac	0,01	0,06	0,1 – 4
Al	309,3	N-Ac	0,1	1	5 – 100
Au	242,8	A-Ac	0,01	0,25	0,5 – 20
Ba	553,6	N-Ac	0,03	0,4	1 – 20
Ca	422,7	A-Ac	0,003	0,08	0,2 – 20
Cd	228,8	A-Ac	0,002	0,025	0,05 – 2
Co	240,7	A-Ac	0,03	0,2	0,5 – 10
Cr	357,9	A-Ac	0,02	0,1	0,2 – 10
Cs	852,1	A-Ac	0,02	0,3	0,5 – 15
Cu	324,7	A-Ac	0,01	0,1	0,2 – 10
Fe	248,3	A-Ac	0,02	0,12	0,3 – 10
K	766,5	A-Ac	0,005	0,04	0,1 – 2
Li	670,8	A-Ac	0,002	0,04	0,1 – 2
Mg	285,2	A-Ac	0,0005	0,007	0,02 – 2
Mn	279,5	A-Ac	0,01	0,05	0,1 – 10
Pb	283,3	A-Ac	0,1	0,05	1 – 20

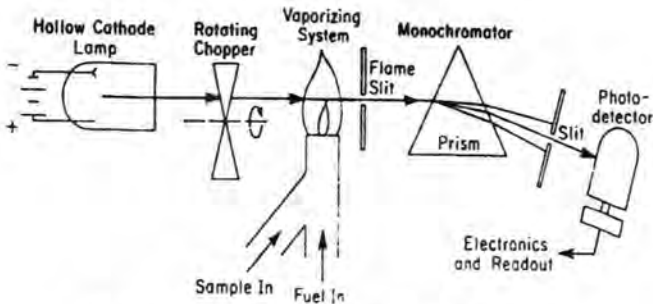
Keterangan : A-Ac = Udara-Asetilen, N-Ac = Nitrogen oksida-Asetilen

Sumber : ASTM dalam APHA-AWWA-WPCF, 1995.

Berdasarkan Tabel 2.4 dapat diketahui bahwa untuk menganalisa kadar logam Cu digunakan panjang gelombang 324,7 nm, dengan sumber nyala yang digunakan berasal dari udara-asetilen, kisaran konsentrasi maksimum yang dapat dianalisa 0,2 – 10 mg/L.

Sensitivitas dan batas deteksi merupakan parameter yang penting. Sensitivitas adalah konsentrasi suatu unsur dalam larutan air ($\mu\text{g/mL}$) yang mengabsorpsi 1 % dari intensitas radiasi yang

datang. Umumnya 1 % absorbansi setara dengan 99 % transmitansi yang berarti nilai absorbansinya 0,004. Sedangkan batas deteksi adalah konsentrasi suatu unsur dalam larutan yang memberikan signal setara dengan dua kali standar deviasi dari suatu seri pengukuran standar yang konsentrasinya mendekati blanko (Khopkar, 1990). Skema diagram AAS ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Skema AAS (Tinsley, 1979)

Setiap alat AAS mempunyai tiga komponen utama yaitu unit atomisasi, sumber radiasi dan sistem pengukur fotometrik (Christian, 1994 dan Khopkar, 1990). Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom tersebut akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu. Cara kerja dari peralatan AAS seperti pada Gambar 2.5. adalah penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas.

Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur yang akan dianalisa. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya.

Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runtu, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinannya untuk menentukan

konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu. Ketiga, sebelum pengukuran tidak selalu perlu memisahkan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan unsur lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia (Khopkar, 1990).

Analisa dengan menggunakan AAS berdasarkan pada hukum Bouguer (Lambert) dan hukum Beer. Hukum Bouguer menyatakan hubungan antara serapan radiasi dan panjang jalan melewati medium yang menyerap. Hukum Beer menyatakan hubungan antara konsentrasi spesies penyerap dan tingkat absorpsinya. Biasanya kedua hukum tersebut digabung menjadi Hukum Beer-Lambert, yaitu:

$$A = a \times b \times c \text{ gram/liter atau } A = \epsilon \times b \times c \text{ mol/l} \dots\dots\dots(2.13)$$

Bila c dalam g/l , tetapan ini disebut absorptivitas, dengan lambang a . Bila c dalam $mol/liter$, tetapan ini adalah absorptivitas molar, dengan notasi $\epsilon = a \times MW$, dengan MW mengacu pada bobot molekul zat penyerap dalam larutan itu. Transmittan, $T = \frac{P}{P_0}$, merupakan fraksi daya masuk yang diteruskan oleh contoh.

Transmittan per sen, $\% T = \frac{P}{P_0} \times 100$. Jika $A = \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$ dan $T =$

$$\frac{P}{P_0} \text{ maka } A = \log \left(\frac{1}{T} \right) \text{ (Day and Underwood, 1992).}$$

2.5 Kompos Produksi UDPK Bratang

Kompos Bratang diproduksi dengan bahan baku sampah yang berasal dari kegiatan pembersihan Kebun Bibit Surabaya dan sampah Pasar Bratang. Kedua jenis sampah ini bahan 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 sebagaimana tercantum dalam kemasannya bisa dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Karakteristik Kompos Bratang

No	Karakteristik	Besar
	Kandungan Unsur Makro	%
1	C	31,99 ± 0,86
2	N	7,15 ± 0,75
3	P	1,06 ± 0,11
4	K	0,11 ± 0,01
5	C/N	4,48
	Kandungan Unsur Mikro	%
6	Mg	1,66 ± 2,33
7	Ca	3,07 ± 0,15
8	Fe	0,02 ± 0,00
9	S	0,06 ± 0,01
10	CC	0,82 ± 0,03
11	pH	6,55 ± 0,24
12	Kadar air	70% ± 0,00

Sumber: Kemasan Kompos Bratang

2.6 Penelitian yang telah Dilakukan Sebelumnya

Penelitian mengenai reduksi Cu dalam air limbah sebelumnya telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti lain. Namun, penelitian mengenai kemampuan kompos sebagai media penukar ion masih jarang dilakukan.

Penelitian tentang kemampuan kompos daun dilakukan pada tahun 1997, Hart Crowser melakukan *treatability study* skala laboratorium terhadap *stormwater* dari beberapa daerah galangan kapal di wilayah Puget Sound. Filtrasi dengan media kompos daun (CFS *Humic Filter Media*) terbukti mampu mengurangi sampai 97 dan 94 persen Cu dan Zn terlarut berturut-turut, tetapi kemampuan sesungguhnya sangat tergantung pada *solid loading* (Kellems, *et al.*, 2003).

Reduksi Cu dengan kompos sebagai media penukar ion sebelumnya telah dilakukan oleh Nurhayati (2006). Proses reduksi Cu dilakukan secara batch dengan variasi kondisi larutan mulai pH 2 sampai pH 10 dan konsentrasi awal Cu dari 2 mg/L

sampai 10 mg/L. Dosis kompos yang digunakan sebesar 5 mg/L, waktu pengadukan 60 menit, dan kecepatan pengadukan 90 rpm. Analisa konsentrasi Cu menggunakan ICPS (*Inductively Coupled Plasma Spectrometer*). Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pH optimum untuk operasi pertukaran ion adalah sekitar 6 dan sekitar 10, sementara untuk kisaran konsentrasi yang dilakukan (konsentrasi terhitung 2 – 10 mg/L atau terukur mulai 0,805 mg/L sampai sekitar 6,876 mg/L) tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi penyisihan. Variasi ukuran partikel kompos yang digunakan adalah lolos ayakan no. 10 tertahan ayakan no 16, lolos ayakan no. 16 tertahan no. 40, dan kompos lolos ayakan no. 40. KTK terbesar terdapat pada media kompos Bratang dengan ukuran partikel $\leq 0,425$ mm (lolos ayakan no 40). KTK media tersebut sebesar 1,6 meq/g diukur dengan metode titrasi pH dan 15,86 meq/100 g diukur dengan metode *Ammonium Replacement*.

Fransiscus (1997) melakukan penelitian reduksi Cu dengan menggunakan resin sintetik sebagai media penukar ion. Resin yang digunakan adalah resin DIA ION SK-1B. Konsentrasi Cu sebesar 50 ppm. Analisa Cu menggunakan alat spektrofotometer. Dalam percobaan batch, efisiensi penurunan kadar Cu terbesar pada pH 4 – 6 dengan efisiensi sebesar 98 – 99 %, pada pH lebih besar dari 7, efisiensi penurunan kadar Cu hanya sebesar 10 – 30 %.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB III
METODE PENELITIAN

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Kompos mempunyai kemampuan sebagai media penukar ion. Kemampuan tukar ion kompos, terutama kompos Bratang, terhadap logam berat Cu belum banyak digunakan dalam perindustrian. Hal tersebut yang mendasari perlu dilakukannya penelitian mengenai kemampuan tukar kation kompos Bratang dalam mereduksi Cu dalam air limbah buatan pada reaktor batch, khususnya dengan variasi konsentrasi awal (C_0) dan pH larutan Cu, sehingga dapat dicari alternatif media penukar ion yang murah dan tersedia secara lokal.

Pada penelitian ini, digunakan limbah buatan dari larutan induk Cu yang berasal dari senyawa $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Penelitian di laboratorium dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama adalah penelitian pendahuluan yaitu karakterisasi media, pengukuran kapasitas kompos atau KTK teoritis kompos Bratang, percobaan pengaruh penambahan asam – basa, dan percobaan untuk memperoleh kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan optimum. Kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan optimum yang sudah didapat pada penelitian tahap pertama digunakan pada penelitian tahap kedua, yaitu percobaan batch (jar test) dengan variasi konsentrasi awal (C_0) dan pH larutan Cu. Penelitian tahap kedua bertujuan untuk menentukan C_0 dan pH larutan Cu yang optimum. Variabel penelitian ini adalah pH awal dan konsentrasi awal. Parameter yang diukur selama percobaan adalah penyisihan logam berat Cu dari larutan. Sebagai verifikasi terjadinya proses pertukaran ion, diukur pula konsentrasi kation-kation yang dilepas oleh kompos untuk dipertukarkan dengan Cu, antara lain K, Na, Ca, dan Fe. Variasi konsentrasi limbah buatan yang digunakan adalah 0, 5, 15, 25, 35, dan 45 mg/L. Konsentrasi limbah 0 mg/L digunakan sebagai kontrol. Untuk variasi pH limbah buatan digunakan pH 2, 4, 6, 7, 8, dan 10. Dosis kompos

yang digunakan selama penelitian adalah sebesar 5 g/L. Pengukuran kandungan logam berat Cu dan konsentrasi kation-kation menggunakan AAS, nitrat diukur dengan menggunakan *spektrofotometer genesys*, pH dengan alat pH meter digital.

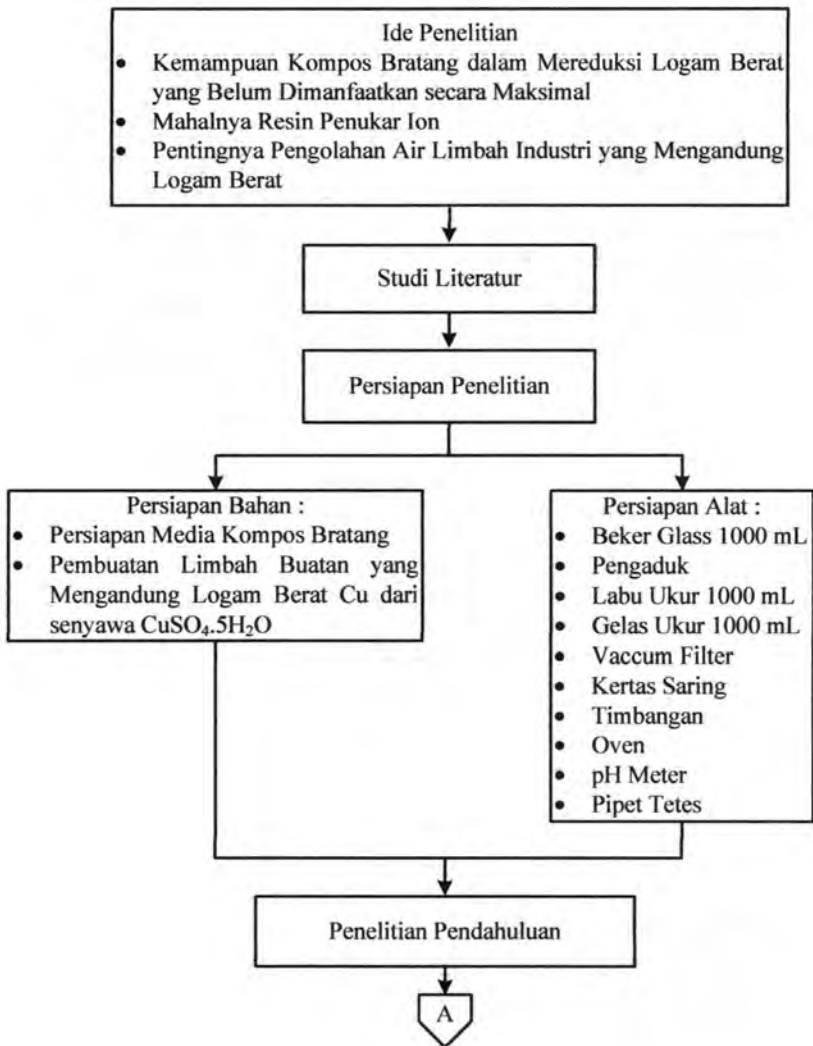
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

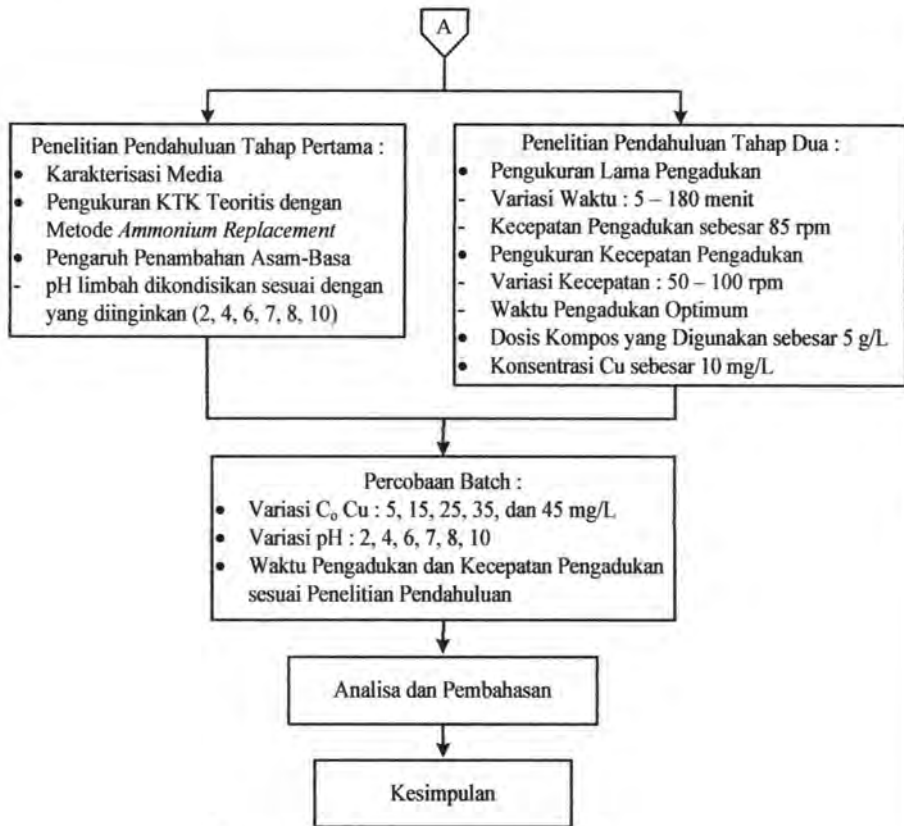
Penelitian mengenai “Uji Kemampuan Kompos Produksi UDPK Bratang Sebagai Media Penukar Ion Untuk Mereduksi Logam Berat Cu Dengan Variasi Konsentrasi Dan pH Pada Reaktor Batch” ini akan dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan ITS dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya untuk melakukan uji AAS.

Penelitian ini akan dikerjakan kurang lebih selama 4 bulan dan dapat dilakukan kapan saja karena tidak tergantung oleh musim atau faktor-faktor lain yang mengharuskan penelitian dilakukan pada waktu tertentu.

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

Penjelasan mengenai tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ide Penelitian

Ide penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya kemampuan kompos Bratang dalam mereduksi logam berat yang belum dimanfaatkan secara maksimal, mahalnya resin penukar ion, serta pentingnya pengelolaan limbah logam berat terutama Cu hasil limbah industri. Reduksi kompos dipengaruhi oleh C_0 dan pH

polutan, dengan diketahui C_0 larutan Cu yang optimum dan pH larutan Cu yang optimum maka akan didapatkan alternatif pengolahan limbah industri yang mengandung banyak logam berat Cu yang lebih ekonomis.

2. Studi Literatur

Penelitian tentang penggunaan kompos Bratang sebagai media penukar ion untuk menurunkan kandungan logam berat Cu dalam limbah buatan ini didukung studi literatur yang terkait dengan tujuan penelitian, baik yang bersumber pada buku, majalah, jurnal ilmiah, internet, serta penelitian-penelitian sebelumnya. Literatur dapat berupa pustaka mengenai pertukaran ion, logam berat, tembaga (Cu), kompos, dan sebagainya. Studi literatur ini dilakukan sebelum maupun selama pengerjaan penelitian dari tugas akhir.

3. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan sebelum memasuki inti penelitian. Pada tahap persiapan penelitian ini akan dilakukan persiapan bahan yaitu persiapan media kompos Bratang, pembuatan limbah buatan yang mengandung logam berat Cu, dan persiapan alat yang berupa reaktor batch (jar test).

a. Persiapan Bahan

- + Media yang digunakan adalah kompos Bratang dengan ukuran media 40/60 (lolos ayakan nomor 40 dan tertahan pada ayakan nomor 60), variabel ini didasarkan pada hasil penelitian Nurhayati (2006). Kompos yang lolos ayakan siap dipakai sebagai media penukar ion. Selanjutnya dilakukan analisa karakterisasi media dengan mengukur kandungan unsur makro dan unsur mikro. Prosedur persiapan media dapat dilihat pada Lampiran B.
- + Pembuatan limbah yang mengandung logam berat Cu
Bahan-bahan yang diperlukan adalah :
 - Larutan induk Cu 1000 mg/L, digunakan larutan induk Cu dengan menggunakan CuSO_4 karena senyawa ini banyak

digunakan dalam bidang pertanian, peternakan, industri petroleum, dan lain-lain (Palar, 1994).

Untuk membuat larutan induk Cu 1000 mg/L sesuai dengan perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} &= \frac{BM \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{BA \text{ Cu}} \times 1000 \text{ mg/L} \\
 &= \frac{BA \text{ Cu} + BA \text{ S} + 4 \cdot BA \text{ O} + 10 \cdot BA \text{ H} + 5 \cdot BA \text{ O}}{BA \text{ Cu}} \times 1000 \text{ mg/L} \\
 &= \frac{63,5 + 32 + 4 \cdot 16 + 10 \cdot 1 + 5 \cdot 16}{63,5} \times 1000 \text{ mg/L} \\
 &= \frac{249,5}{63,5} \times 1000 \text{ mg/L} \\
 &= 3921,26 \text{ mg/L} \\
 &\approx 3,921 \text{ gr CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ dilarutkan dalam} \\
 &\quad 1000 \text{ mL air.}
 \end{aligned}$$

- Aquades, digunakan sebagai pengencer untuk membuat larutan Cu sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan.

Konsentrasi awal limbah buatan Cu sebesar 5, 15, 25, 35 dan 45 mg/L diatur dengan cara menyiapkan larutan induk Cu 1000 mg/L sebanyak 1 liter yang kemudian diencerkan dengan aquades 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 harus ditambahkan
 M_2 = Konsentrasi CuSO_4 yang diinginkan
 V_2 = Volume CuSO_4 yang diinginkan

Kemudian larutan Cu tersebut dianalisa dengan AAS untuk mengetahui berapa konsentrasi Cu yang terukur.

b. Persiapan Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah (gambar peralatan yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran A) :

- Beker glass
- Erlenmeyer
- Pengaduk
- Labu ukur
- *Vaccum filter*
- Ayakan ukuran nomor 40/60 (60/100 mesh)
- Kertas saring Whatman no. 42
- Neraca analitik
- Oven
- Flokulator (Jar Test Apparatus)
- pH meter
- Pipet tetes, pipet volumetrik, pipet ukur, propipet
- *Spektrofotometer Genesys*
- AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometer*)
- Wadah plastik
- Botol plastik *polyetilen* sebagai tempat sampel

4. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dibagi dalam dua tahap. Tahap pertama yaitu karakterisasi media, pengukuran KTK teoritis, dan pengaruh penambahan asam-basa dan tahap kedua yaitu penentuan kecepatan dan waktu pengadukan. Karakterisasi media dilakukan dengan menguji seberapa besar kandungan unsur makro dan unsur mikro yang terdapat dalam media kompos. Pengukuran terhadap kapasitas teoritis dilakukan dengan metode *Ammonium Replacement* yang merupakan salah satu metode standar dalam pengukuran KTK tanah. Prosedur pengukuran KTK teoritis dapat dilihat pada lampiran C.

Penambahan asam-basa saat penentuan pH pada larutan Cu dimungkinkan mengubah konsentrasi Cu, sehingga perlu diteliti seberapa besar pengaruh penambahan asam-basa tersebut.

Percobaan tersebut dilakukan dengan menguji setiap penambahan asam-basa sesuai pH yang dibutuhkan dengan menggunakan uji AAS. Prosedur percobaan pada Lampiran C.

Penelitian pendahuluan tahap kedua bertujuan untuk menentukan kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan optimum berdasarkan kurva breakthrough. Dalam penelitian ini parameter yang diukur adalah konsentrasi akhir larutan Cu. Hasil penelitian ini akan dipakai selama percobaan secara batch. Dosis kompos yang digunakan selama percobaan adalah sebesar 5 g/L. Untuk mendapatkan waktu pengadukan, dilakukan percobaan pada konsentrasi larutan Cu dan kecepatan pengadukan tetap (10 mg/L, 85 rpm) dengan variasi waktu pengadukan mulai 5 menit sampai 180 menit (5, 20, 40, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit). Sementara untuk mendapatkan kecepatan pengadukan dilakukan dengan melakukan variasi kecepatan pengadukan mulai 50 rpm sampai 100 rpm (50, 60, 70, 80, 90, dan 100 rpm) pada konsentrasi larutan dan waktu pengadukan optimum yang tetap (10 mg/L, x jam). Prosedur percobaan kecepatan dan waktu pengadukan optimum dapat dilihat pada Lampiran C. Analisa Cu dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) atau Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

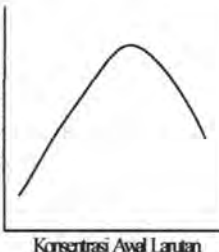






5. Penelitian Proses Batch

Percobaan batch dilakukan dengan percobaan untuk mendapatkan konsentrasi awal optimum terlebih dahulu baru kemudian dilakukan percobaan untuk mendapatkan pH optimum. Dilakukan terhadap media yang lolos ayakan no. 40/60, pH divariasi mulai 2 sampai 10 (2, 4, 6, 7, 8, 10) dan konsentrasi divariasi dari 5 mg/L sampai 45 mg/l (5, 15, 25, 35, dan 45 mg/L). Waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan yang digunakan adalah waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan optimum (sesuai dengan hasil yang didapat pada penelitian pendahuluan). Analisa Cu dilakukan dengan menggunakan

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) atau Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Prosedur percobaan untuk mendapatkan konsentrasi awal Cu optimum dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini (prosedur lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran D) :

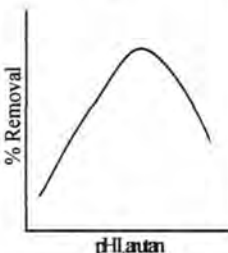






Tabel 3.1 Prosedur Percobaan untuk C_0 larutan Cu Optimum

Pengadukan pada kecepatan dan waktu pengadukan optimum, dosis kompos 5 g/L						Plot grafik 
Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	
						
C_0 : 5 mg/L	C_0 : 15 mg/L	C_0 : 25 mg/L	C_0 : 35 mg/L	C_0 : 45 mg/L	C_0 : 0 mg/L (kontrol)	
Parameter yang diukur : Konsentrasi akhir Cu (C_e)						

Berdasarkan konsentrasi akhir Cu tersebut nantinya akan dihitung efisiensi penurunan kadar Cu. Dari efisiensi penurunan kadar Cu dibuat kurva breakthroughnya. Dari kurva tersebut akan diketahui konsentrasi awal larutan Cu yang optimum. Setelah didapatkan C_0 larutan Cu optimum, selanjutnya C_0 larutan Cu optimum tersebut digunakan dalam percobaan berikutnya, yaitu percobaan untuk mendapatkan pH Cu optimum. Analisa kandungan kation-kation (K, Na, Ca, dan Fe) yang dilepas oleh kompos untuk dipertukarkan dengan Cu, hanya dilakukan pada C_0 larutan Cu yang optimum.

Prosedur percobaan untuk mendapatkan pH Cu Optimum dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini (prosedur lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran D) :

Tabel 3.2 Prosedur Percobaan untuk pH larutan Cu Optimum

Kecepatan dan waktu optimum, dosis kompos 5 g/L, C ₀ optimum						Plot grafik 
Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	
						
pH : 2	pH : 4	pH : 6	pH : 7	pH : 8	pH : 10	
Parameter yang diukur : Konsentrasi akhir Cu (C _e), pH akhir Cu						

Berdasarkan konsentrasi akhir Cu tersebut nantinya akan dihitung efisiensi penurunan kadar Cu. Dari efisiensi penurunan kadar Cu dibuat kurva breakthroughnya. Dari kurva tersebut akan diketahui pH larutan Cu yang optimum. Analisa kandungan kation-kation (K, Na, Ca, dan Fe) yang dilepas oleh kompos untuk dipertukarkan dengan Cu, hanya dilakukan pada pH larutan Cu yang optimum.

6. Analisa dan Pembahasan

Data yang didapatkan dari penelitian ini adalah konsentrasi awal Cu, konsentrasi akhir Cu, pH awal larutan Cu, pH akhir larutan Cu, dan konsentrasi kation-kation yang dipertukarkan dengan Cu. Berdasarkan konsentrasi awal dan konsentrasi akhir larutan Cu tersebut nantinya akan dihitung efisiensi penurunan kadar Cu. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung persentase penurunan konsentrasi Cu dalam sampel adalah.

$$\eta C = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana :

ηC = persentase penurunan konsentrasi Cu

C_0 = konsentrasi logam Cu awal dalam limbah buatan (mg/L)

C_1 = konsentrasi logam Cu akhir pada filtrat (mg/L)

Dari efisiensi penurunan kadar Cu dibuat kurva breakthroughnya. Dari kurva tersebut akan diketahui konsentrasi awal Cu yang optimum dan pH yang optimum dalam menurunkan kadar logam berat Cu dalam limbah buatan dengan menggunakan kompos Bratang sebagai media penukar ion. Konsentrasi kation-kation yang dipertukarkan, data yang diperoleh akan digunakan sebagai penguji apakah proses penyisihan Cu yang terjadi benar-benar karena proses pertukaran ion. Analisa dan pembahasan dilakukan berdasarkan data yang diperoleh.

7. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian yang menjawab perumusan masalah penelitian.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB IV
HASIL DAN
PEMBAHASAN

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Media Kompos Bratang

Kandungan kompos yang berperan dalam proses pertukaran ion dapat diketahui dengan melakukan karakterisasi media. Ion-ion yang terkandung dalam kompos dapat dipertukarkan dengan ion Cu dalam air sehingga terjadi reduksi logam Cu. Bahan baku kompos Bratang berasal dari pembersihan Kebun Bibit Surabaya dan Pasar Bratang yang ada di dekat lokasi pengomposan, dimana utamanya tersusun dari daun-daunan dan sisa-sisa tanaman. Berdasarkan bahan baku tersebut maka dapat diperkirakan ion-ion apa saja yang potensial berada dalam Kompos Bratang. Unsur-unsur yang kemungkinan ada dalam kompos adalah unsur-unsur yang esensial bagi tanaman.

Ada 17 unsur yang esensial bagi tumbuhan (Salisbury, 1992). Delapan unsur yang pertama dalam daftar sering disebut mikrohara sementara sembilan unsur berikutnya adalah makrohara. Unsur-unsur tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1. Jenis-jenis kation yang nantinya potensial dipertukarkan dengan Cu dalam air ditentukan diantara unsur-unsur tersebut dan dijadikan parameter yang diukur dalam proses penelitian. Kation-kation yang nantinya potensial dipertukarkan dengan Cu dalam air haruslah kation dengan muatan sama atau lebih kecil dari Cu. Jika memiliki muatan yang sama, maka kation itu harus memiliki nomor atom yang lebih kecil untuk bisa posisinya diambil alih oleh Cu.

Tabel 4.1. Unsur Esensial bagi Sebagian Besar Tumbuhan Tingkat Tinggi dan Konsentrasi-Dalam yang Dianggap Memadai

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 ³ BO ₃	10,82	20	0,002	2.000
Besi	Fe	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	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

a Yang lebih lazim dipakai di antara kedua bentuk itu dituliskan tebal.

b Darf Brown dkk, 1987.

Sumber: Stout, 1961, yang telah diperbaiki.

Pada penelitian ini, media yang digunakan adalah media kompos Bratang kering dengan ukuran ayakan nomor 40/60, atau lolos ayakan nomor 40 dan tertahan pada ayakan nomor 60. Dari satu kilogram kompos Bratang diperoleh prosentase kompos yang lolos dan tertahan seperti pada tabel 4.2. berikut :

Tabel 4.2. Prosentase kompos yang diayak

Ayakan ke-	Lolos nomor 40 tertahan nomor 60	Prosentase
I	92,9865 g	9,30 %
II	77,0529 g	7,71 %

Sumber : Hasil analisa, 2006

Sehingga diperoleh rata-rata prosentase kompos yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 8,5 %. Hasil ayakan dapat dilihat dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kompos Bratang Hasil Ayakan No. 40/60

Hasil ayakan kemudian dilakukan analisa ayakan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terdapat dalam media. Hasil analisa kandungan beberapa unsur makro dan mikro dalam kompos dicantumkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Kandungan Kompos Bratang

Kandungan	Besar
Unsur Makro	mg/kg
N	3.050,00
P	17.080,00
K	1.765,23
Mg	764,50
Ca	6.537,75
Unsur Mikro	mg/kg
Zn	5,610
Cu	26,96
Fe	1654,00
Mn	59,34
Na	875,33

Sumber: Hasil Analisa, 2006

Kation logam berat Cu nantinya akan dipertukarkan dengan kation dalam kompos sehingga terjadilah proses pertukaran ion. Kation dalam kompos yang nantinya akan dipertukarkan dengan kation logam berat Cu adalah kation yang mempunyai afinitas lebih rendah dari Cu. Berdasarkan kandungan kation yang ada dalam kompos Bratang, maka kemungkinan yang akan dipertukarkan dengan kation Cu adalah kation K, Na, Ca, dan Fe. Besarnya kation potensial untuk dipertukarkan yang terdapat dalam media kompos Bratang dijelaskan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Jumlah Kation Potensial Dipertukarkan dalam Media

Kation	Jumlah Kation meq/100 g
K	4,51
Na	3,81
Ca	32,62
Fe	5,92
Total	46,86

Sumber : Hasil Analisa, 2006

Ket :

Contoh perhitungan

$$K = 1.765,23 \text{ mg/kg}$$

$$= \frac{\text{mg/kg}}{BA \text{ K}} \times \text{valensi K} \times \frac{100 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}}$$

$$= \frac{1.765,23 \text{ mg/kg}}{39,098} \times 1 \times \frac{100 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}}$$

$$= 4,51 \text{ meq/100 g}$$

4.2. Penelitian Pendahuluan

4.2.1 Pengukuran KTK Teoritis

Kemampuan kompos Bratang sebagai media penukar ion dalam mereduksi kandungan logam berat didapat dari besarnya nilai KTK kompos secara teoritis. Pengukuran KTK teoritis

kompos Bratang dilakukan dengan metode *Ammonium Replacement*. Menurut Cooper (2005) metode ini merupakan salah satu metode standar yang sering digunakan dalam mengukur KTK tanah. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada pertimbangan sifat kompos yang cukup dekat dengan tanah.

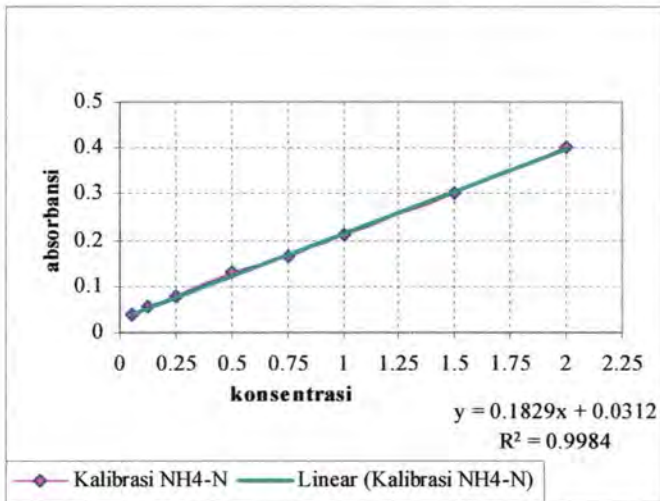
Metode Ammonium Replacement

Metode untuk mengukur KTK yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode *Amonium Replacement*. Prinsip pengukuran metode ini adalah dengan menggantikan posisi kation dalam *cation exchange sites* tanah dengan amonium, kemudian melepaskan (*leaching*) amonium tersebut dan mengukur konsentrasinya dalam larutan. Pengukuran amonium menggunakan alat *spektrofotometer genesys* yang terdapat pada laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan, nilai absorbansi yang didapat diplotkan pada kurva kalibrasi alat untuk mengetahui konsentrasi amonium dalam larutan. Kalibrasi *spektrofotometer genesys* dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.2. Selain itu dianalisa juga kation yang berhasil terekstrak dari media. Pengukuran KTK untuk media kompos Bratang dengan menggunakan metode *Amonium Replacement* terangkum dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Kalibrasi $\text{NH}_4\text{-N}$ *Spektrofotometer Genesys*

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0,05	0,038
0,125	0,056
0,25	0,079
0,5	0,13
0,75	0,163
1	0,21
1,5	0,3
2	0,403

Sumber : Laboratorium Teknik Lingkungan, 2006



Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi $\text{NH}_4\text{-N}$ Spektrofotometer Genesys

Tabel 4.6 KTK Media Kompos Bratang dengan Metode *Ammonium Replacement*

	MEDIA
Konsentrasi Amonium (mg/L)	317
CEC (meq/100g)	56,607
<i>Extractable Cation</i> (meq/100g)	
Ca	38,386
Mg	6,138
K	4,406
Na	3,515
Kation-kation lainnya (Fe, Mn, dll)	4,162
Total	56,607

Sumber: Hasil Analisa, 2006

Ket :

Perhitungan CEC dari konsentrasi Ammonium dapat dilihat pada Lampiran C.



Hasil menunjukkan bahwa KTK yang terukur dari konsentrasi amonium yang terikat dalam *cation exchange sites* dengan kation yang seharusnya posisinya digantikan oleh amonium adalah sebesar 56,607 meq/100g.

Lenhart (2002) menyebutkan bahwa besarnya KTK terukur tergantung pada bahan baku dan proses pengomposan, untuk kompos daun KTK-nya sekitar 70 meq/100 gram. Kompos yang dimaksudkan oleh Lenhart (2002) murni terbuat dari daun-daunan kering yang gugur yang memang kaya akan lignin dan selulosa sehingga KTK-nya besar. Lignin dan selulosa inilah yang selama proses pengomposan akhirnya akan terurai menjadi materi humus yang stabil.

4.2.2 Pengaruh Penambahan Asam – Basa

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan asam – basa terhadap konsentrasi logam berat Cu. Apakah logam berat Cu yang tersisihkan memang berasal dari pertukaran ion dengan media kompos Bratang ataukah penyisihan tersebut berasal dari penambahan asam – basa. Hasil percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengaruh Penambahan Asam-Basa

pH	Cu awal (mg/L)	Cu akhir (mg/L)	selisih Cu (mg/L)
2	12,044	13,386	-1,342
4	12,044	12,487	-0,443
6	12,044	11,662	0,382
7	12,108	4,790	7,318
8	12,108	1,967	10,141
10	12,108	0,882	11,226

Sumber : Hasil Analisa, 2006

Pada pH 2 dan pH 4, konsentrasi Cu setelah ditambahkan HCl (untuk mendapatkan pH 2 dan pH 4) mengalami kenaikan konsentrasi. Hal tersebut disebabkan pada pH 2 dan pH 4, Cu mempunyai kelarutan yang tinggi, sesuai dengan Gambar 2.4



(halaman 14). Kelarutan Cu yang tinggi pada pH 2 dan pH 4, menyebabkan terlarutnya Cu yang belum terlarut. Pada percobaan ini, konsentrasi Cu yang terhitung adalah 15 mg/L, tetapi setelah dianalisa AAS, konsentrasi Cu yang terukur adalah 12,044 mg/L. Penambahan HCl saat menurunkan nilai pH, memungkinkan Cu yang belum terlarut menjadi terlarut. Hal inilah yang menyebabkan nilai konsentrasi Cu akhir setelah penambahan HCl mengalami kenaikan konsentrasi.

Sebaliknya, saat penambahan NaOH atau pH basa untuk mendapatkan pH sesuai dengan kebutuhan, konsentrasi Cu akhir selalu mengalami penurunan. Pada penambahan NaOH untuk memperoleh pH basa, Cu bereaksi dengan NaOH membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang terbentuk adalah berupa endapan. Persamaan reaksinya adalah :



Gambar 2.4 menjelaskan bahwa Cu mempunyai nilai kelarutan yang paling kecil pada pH sekitar 9. Setelah pH sekitar 9, Cu kembali terlarut. Pada percobaan ini, nilai konsentrasi Cu akhir pada pH 10 nilainya lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai konsentrasi Cu akhir pada pH 8. Penyebabnya adalah karena pada pH 10 kelarutan Cu memang lebih kecil jika dibandingkan dengan kelarutan Cu pada pH 8, meskipun pada pH lebih besar dari 9 Cu mengalami kelarutan kembali. Hal ini yang menjadi penyebab mengapa nilai konsentrasi Cu akhir pada pH 10 lebih kecil dibandingkan dengan nilai konsentrasi Cu akhir pada pH 8.

4.2.3 Penentuan Waktu Pengadukan

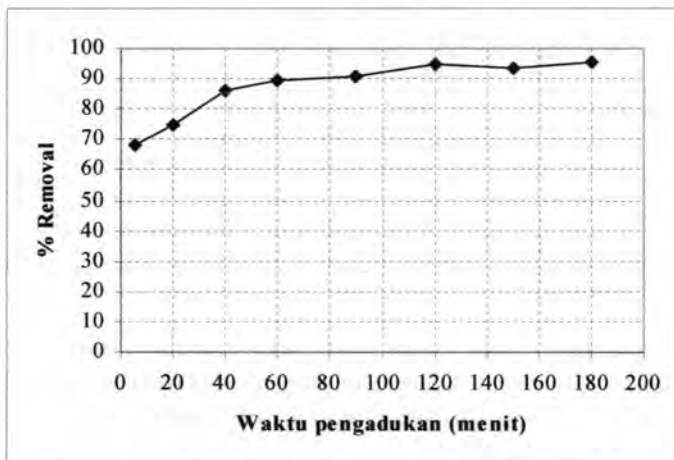
Penentuan waktu pengadukan digunakan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak antara media kompos Bratang dengan logam berat Cu terhadap efisiensi penurunan konsentrasi logam berat Cu. Penentuan waktu pengadukan dilakukan dengan menggunakan dosis kompos sebesar 5 g/L, konsentrasi Cu sebesar 10 mg/L, dengan variasi waktu pengadukan antara 5 – 180 menit (5, 20, 40, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.3.

Konsentrasi terhitung hasil pelarutan sejumlah tertentu kristal CuSO_4 dalam aquades yang diharapkan mendapatkan konsentrasi yang diinginkan ternyata hasil terukur memberikan hasil yang berbeda dan cukup bervariasi. Adapun nilai-nilai yang dipakai sebagai data adalah nilai terukur (bukan nilai terhitung atau nilai yang direncanakan).

Tabel 4.8 Pengaruh Variasi Waktu Pengadukan terhadap Logam Berat Cu

Waktu (menit)	Cu awal (mg/L)	Cu akhir (mg/L)	% Removal
5	7,952	2,532	68,16
20	7,548	1,885	75,03
40	7,237	1,028	85,80
60	7,755	0,820	89,43
90	8,042	0,738	90,82
120	8,100	0,451	94,43
150	7,966	0,535	93,28
180	8,041	0,356	95,57

Sumber: Hasil Analisa, 2006



Gambar 4.3 Grafik Hasil Variasi Waktu Pengadukan

Dari Tabel 4.8 dan Gambar 4.3 tersebut dapat diketahui bahwa semakin lama waktu pengadukan, maka efisiensi penurunan logam Cu juga semakin besar. Akan tetapi pada waktu 120 menit dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan logam Cu yang terjadi sudah cukup optimal dan sudah mencapai kesetimbangan. Sehingga pada percobaan selanjutnya digunakan waktu pengadukan selama 120 menit. Waktu kontak yang sesuai akan dapat memberi kesempatan bagi media kompos Bratang untuk menukarkan kationnya dengan logam berat Cu.

4.2.4 Penentuan Kecepatan Pengadukan

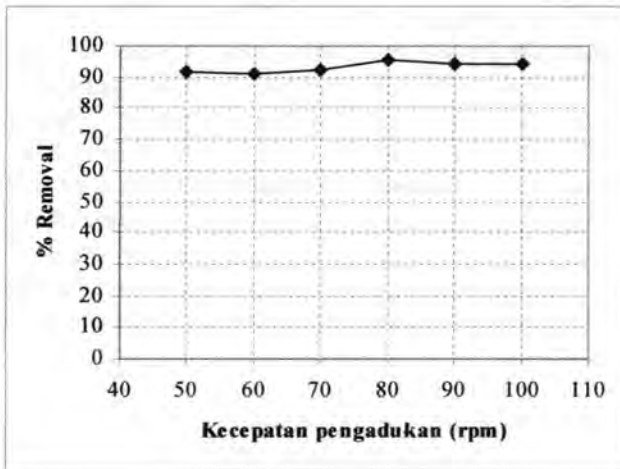
Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan pengadukan kita melakukan percobaan dengan menggunakan konsentrasi awal limbah sebesar 10 mg/L dan dosis kompos 5 g/L. Pengadukan dilakukan selama 120 menit sesuai percobaan sebelumnya dan dilakukan variasi kecepatan pengadukan antara 50 – 100 rpm (50, 60, 80, 90, dan 100 rpm). Adapun hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan terhadap Logam Berat Cu

Kecepatan (rpm)	Cu awal (mg/L)	Cu akhir (mg/L)	% Removal
50	7,404	0,601	91,88
60	7,358	0,663	90,99
70	7,966	0,613	92,30
80	8,059	0,335	95,84
90	7,744	0,467	93,97
100	7,237	0,425	94,13

Sumber: Hasil Analisa, 2006

Kemudian dari data di atas dibuat grafik yang menghubungkan antara kecepatan pengadukan dengan persentase penurunan konsentrasi logam berat Cu sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Variasi Kecepatan Pengadukan

Dari Tabel 4.9 dan Gambar 4.4 tersebut terlihat bahwa pada kecepatan pengadukan sebesar 80 rpm menghasilkan efisiensi penurunan Cu sebesar 95,84 % (penurunan tertinggi). Oleh karena itu, dipilih kecepatan pengadukan sebesar 80 rpm. Jika kecepatan pengadukan terlalu lambat, proses pertukaran ion tidak berlangsung maksimal karena ada sebagian kation media kompos Bratang yang belum bertukar dengan kation logam berat Cu. Kecepatan pengadukan ini akan mempengaruhi proses pertukaran ion yang terjadi. (Sundstrom and Klei, 1979).

Pada penentuan kecepatan pengadukan ini harus diperhatikan juga tipe pengaduk yang digunakan, apakah menggunakan blade, impeler atau propeler. Dikarenakan tipe pengaduk yang digunakan juga berpengaruh pada kecepatan yang dihasilkan. Pengaduk yang berbentuk blade dengan W/D yang berbeda akan menghasilkan kecepatan yang berbeda pula. Pada percobaan ini digunakan pengaduk tipe two blade. Waktu pengadukan 120 menit dan didapatkan kecepatan pengadukan optimum 80 rpm.

4.3. Percobaan Batch

Berdasarkan hasil percobaan pendahuluan, proses batch dilakukan dengan alat Jarrest dengan kecepatan pengadukan 80 rpm selama 120 menit untuk setiap percobaan. Variasi pada percobaan ini adalah variasi C_0 larutan Cu dan variasi pH.

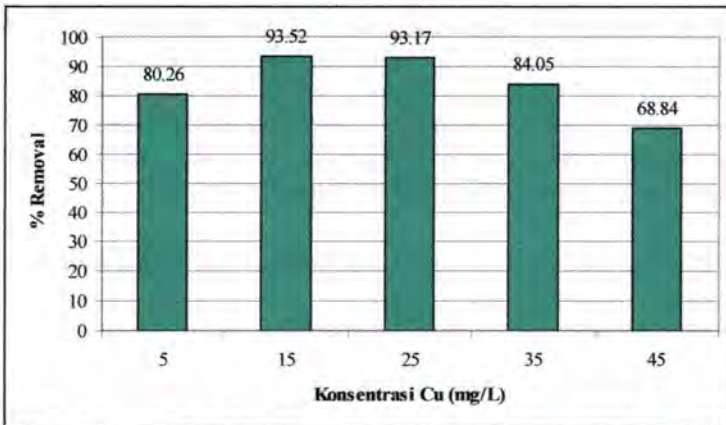
4.3.1. Pengaruh C_0 Larutan Cu Dengan Efisiensi Removal

Pengaruh C_0 larutan Cu pada efisiensi penurunan logam berat Cu dapat dilihat pada hasil analisa percobaan yang telah dilakukan. Hasil analisa terdapat dalam Tabel 4.10. Berdasarkan Tabel 4.10 dibuat grafik antara % removal Cu dengan C_0 larutan Cu (Gambar 4.5).

Tabel 4.10 Pengaruh Variasi C_0 Larutan Cu terhadap Efisiensi Penurunan Logam Berat Cu

Konsentrasi (mg/L)	Cu awal (mg/L)	Cu akhir (mg/L)	Cu yang hilang		% Removal
			mg/L	meq/100g	
0	0	0	0	0	0
5	3,713	0,733	2,980	1,876	80,26
15	12,324	0,799	11,525	7,255	93,52
25	19,488	1,332	18,156	11,429	93,17
35	34,327	5,474	28,853	18,162	84,05
45	37,902	11,812	26,090	16,423	68,84

Sumber : Hasil Analisa, 2006



Gambar 4.5 Grafik Hasil Variasi C_0 Larutan Cu

Tabel 4.10 dan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada C_0 larutan Cu 15 mg/L menghasilkan efisiensi penurunan logam berat Cu yang tertinggi, yaitu 93,52 %. Sedangkan dengan semakin meningkatnya konsentrasi larutan dengan dosis kompos Bratang yang sama, dapat diketahui adanya kecenderungan menurunnya efisiensi penurunan logam Cu. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya konsentrasi logam Cu maka kation-kation Cu yang terlepas semakin banyak, sedangkan kation-kation dalam kompos yang dipertukarkan jumlahnya tetap sehingga mengakibatkan jumlah Cu yang tidak tertukarkan semakin banyak.

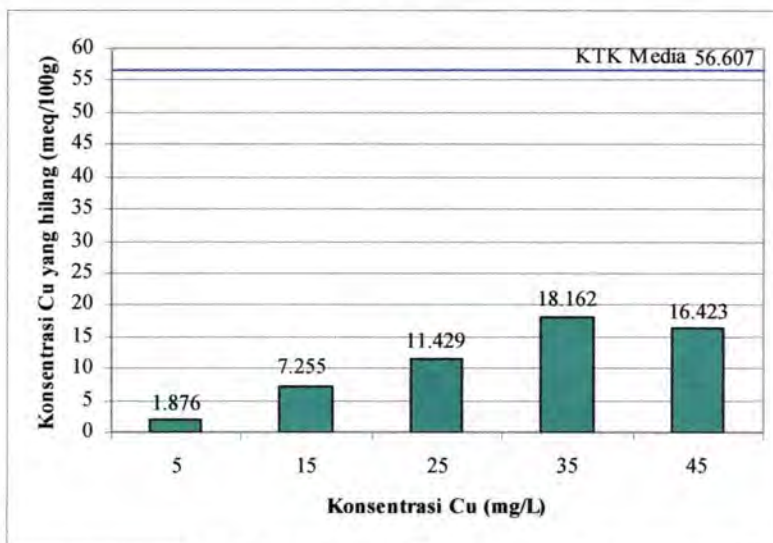
Berdasarkan besarnya Cu yang hilang, media hanya mampu menyerap Cu sebesar 18,162 meq/100 g (nilai tertinggi), pada larutan Cu dengan konsentrasi awal 35 mg/L. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.6. Berdasarkan KTK kompos Bratang (56,607 meq/100 g) besarnya Cu yang dapat diserap kompos dengan dosis 2,5 g/0,5 L adalah sebesar 89,93 mg Cu/L. Jadi seharusnya jika jumlah Cu yang terdapat dalam larutan dibawah 89,93 mg/L, Cu dalam larutan dapat seluruhnya terserap oleh media. Dalam penelitian ini, hal tersebut tidak terbukti. Adanya faktor pengganggu, misalnya keadaan media yang

terdapat bermacam-macam kation sehingga proses pertukaran kation atau penyerapan Cu tidak maksimal. Jadi ada baiknya sebelum digunakan, media kompos terlebih dahulu dikondisikan jenuh asam agar penyerapan Cu dapat maksimal. Berdasarkan Cu yang hilang dibandingkan dengan KTK teoritis media, tidak didapatkan konsentrasi larutan Cu yang optimum.

Perhitungan jumlah Cu yang dapat terserap oleh media kompos dengan dosis 2,5 g/0,5 L.

KTK teoritis kompos = 56,607 meq/100 g.

$$\begin{aligned} \text{Cu yang terserap} &= \text{meq/100g} \times \frac{BA_{Cu}}{\text{valensiCu}} : L_{\text{sampel}} : \frac{100 \text{ g}}{\text{g media}} \\ &= 56,607 \times (63,546/2) : 0,5 : (100 \text{ g}/2,5 \text{ g}) \\ &= 89,93 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Perbandingan KTK Teoritis Media dengan Cu yang hilang

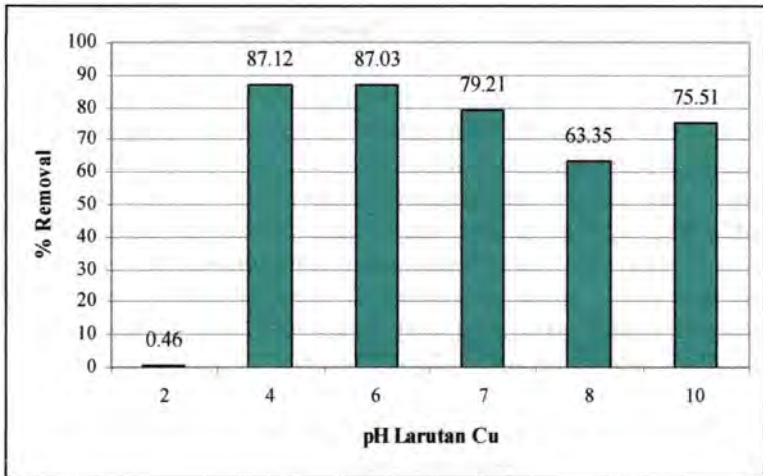
4.3.2. Pengaruh pH dengan Efisiensi Removal

Percobaan dilakukan dengan menggunakan hasil percobaan sebelumnya. Percobaan dioperasikan dengan alat Jar test, dosis kompos Bratang sebesar 5 g/L, waktu pengadukan 120 menit, kecepatan pengadukan 80 rpm, konsentrasi awal Cu 15 mg/L, dan variasi pH yang digunakan adalah mulai pH 2 sampai pH 10 (2, 4, 6, 7, 8, dan 10). Selama percobaan, pengaturan pH tidak selalu tepat pada angka yang diinginkan. Misalnya larutan dimaksudkan untuk dikondisikan menjadi pH 2 maka yang didapat adalah pH $2 \pm 0,1$. pH asli larutan Cu adalah sekitar 6. Hasil percobaan disajikan dalam Tabel 4.11 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.11 Pengaruh Variasi pH Larutan Cu terhadap Efisiensi Penurunan Logam Berat Cu

pH	pH awal	pH akhir	Cu awal (mg/L)	Cu akhir (mg/L)	% Removal
2	2,05	2,32	13,386	13,325	0,46
4	4,04	6,35	12,487	1,608	87,12
6	5,98	6,88	11,662	1,512	87,03
7	6,94	7,34	4,790	0,996	79,21
8	8,01	8,13	1,967	0,721	63,35
10	9,93	8,84	0,882	0,216	75,51

Sumber: Hasil Analisa, 2007

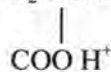


Gambar 4.7 Grafik Hasil Variasi pH Larutan Cu

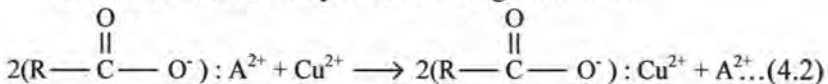
Pada percobaan ini teramati kejadian naiknya pH akhir secara konsisten pada semua titik percobaan kecuali pada pH awal sekitar 10. Pada pH awal sekitar 10, pH akhir mengalami penurunan. Perubahan nilai pH secara jelas terlihat menunjukkan peran yang signifikan dalam efisiensi penyisihan media. Pada pH sekitar 2, Cu mengalami penyisihan yang sangat kecil, efisiensi penyisihan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan pH, pada pH 4 – 7 penyisihan tergolong stabil, dengan adanya selisih penyisihan yang kecil. Pada pH sekitar 8, efisiensi penyisihan turun dan naik kembali pada pH sekitar 10. Penyisihan terbesar pada pH sekitar 4 (pH 4,04) yaitu sebesar 87,12 %, sedangkan penyisihan terkecil adalah sebesar 0,46 % yang terjadi pada pH sekitar 2 (pH 2,05).

Kecilnya angka penyisihan media pada pH 2 disebabkan oleh sifat media yang berfungsi sebagai penukar ion jenis asam lemah yang terdisosiasi secara lemah dan mempunyai afinitas yang tinggi terhadap H^+ (Helfferich, 1962).

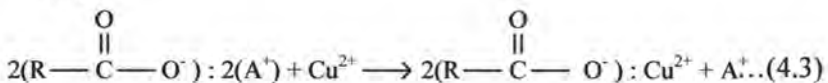
Resin asam lemah karboksilik mempunyai tipikal konfigurasi sebagai berikut : $--CH_2 CH CH_2--$



Posisi H^+ dalam kompos yang mempunyai fungsi sebagai kation yang dipertukarkan ditempati oleh K, Na, Ca, dan Fe. Nantinya Cu dalam larutan akan bertukar tempat dengan kation-kation tersebut. Model reaksinya adalah sebagai berikut :

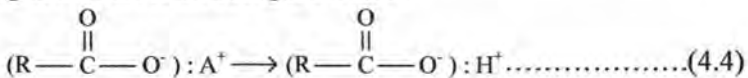


atau,



dimana A mewakili kation K, Na, Ca, dan Fe.

Akan tetapi, pada pH asam dimana H^+ berada dalam jumlah berlimpah, resin asam lemah yang mempunyai afinitas yang tinggi terhadap H^+ cenderung mempertukarkan kation yang diikatnya dengan H^+ sebelum mempertukarkan dengan Cu^{2+} , dengan model reaksi sebagai berikut :



Hal tersebut merupakan penyebab kecilnya penyisihan Cu pada pH sekitar 2. Karena hal itu jugalah untuk percobaan dengan pH larutan awal dibawah 10, pH akhir larutan selalu naik sebagai akibat hilangnya H^+ dari larutan.

Fenomena kenaikan pH tersebut mengkonfirmasi hasil percobaan yang dilakukan Clark, *et al.* (1997), yang melaporkan terjadinya kenaikan pH pada efluen *stormwater* filter yang memakai media campuran kompos pasir dari pH awal sekitar 3,2 hingga mendekati normal.

Montgomery (1985) menyebutkan bahwa resin penukar ion asam lemah hanya bisa dipakai pada pH diatas 4 dan 5 pada air

yang kaya alkalinitas karbonat. Menurut Benefield (1982), pemakaian media jenis asam lemah dibatasi pada pH diatas 7 dan pada kondisi alkalinitas tinggi.

Berdasarkan pernyataan diatas, pada pH 8 efektivitas penyisihan media seharusnya tinggi, tetapi pada penelitian ini, penyisihan Cu justru menurun. Hal ini dikarenakan pada pH 8, Cu terlarut-bentuk Cu yang bisa direduksi dengan proses pertukaran ion-berkurang jumlahnya dalam larutan. Penyebabnya adalah penambahan OH^- (dari NaOH) ke dalam larutan untuk menaikkan pH sampai mencapai 8 mendorong terbentuknya $\text{Cu}(\text{OH})_2$ yang cenderung terpresipitasi. Keenan, Kleinfelter dan Wood (1984) menyebutkan bahwa seluruh senyawa hidroksida logam tidak larut dalam air kecuali Na^+ , K^+ , Ba^{2+} , Sr^{2+} dan Ca^{2+} . Sehingga, keberadaan Cu^{2+} terlarut (sebagai CuSO_4) berkurang. Jumlah logam terlarut pada berbagai kondisi pH dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada range pH 2 – 10, pH optimum untuk penyisihan Cu dalam larutan adalah sekitar 4.

4.4. Verifikasi Terjadinya Pertukaran Ion

Kemampuan penyisihan logam Cu yang ditunjukkan oleh media kompos Bratang sejauh ini hasilnya cukup memuaskan. Namun apakah proses penyisihan yang terjadi benar-benar akibat proses pertukaran ion sebagaimana yang diperkirakan ataukah proses penyisihan akibat proses lain.

Berdasarkan atas pertanyaan tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan pengukuran kation K, Na, Ca, dan Fe yang diperkirakan merupakan kation-kation yang akan terlepas dari media karena bertukar posisi dengan Cu dari larutan. Jika proses yang terjadi benar-benar proses pertukaran ion, konsekuensinya adalah pelepasan kation-kation tersebut dari media juga terjadi untuk menggantikan posisi Cu dalam larutan. Mengenai hal ini dari percobaan yang dilakukan memang terukur sejumlah kation dimaksud terlepas kedalam larutan setiap kali

dilakukan kontak dengan media kompos. Se jauh ini, peristiwa pelepasan kation-kation ini mengindikasikan bahwa pertukaran ion terjadi.

Menurut Helfferich (1962), dan Montgomery (1985), proses pertukaran ion pada satu sisi menyerupai proses sorpsi dimana jenis terlarut diambil oleh media padatan. Dengan adanya kesamaan ini, banyak yang mengklasifikasikan pertukaran ion sebagai proses sorpsi (Montgomery, 1985). Karakteristik yang membedakan keduanya adalah bahwa proses pertukaran ion merupakan proses stoikiometris dimana setiap ion yang hilang dari larutan digantikan dengan jenis ionik lain dengan muatan yang sama dalam jumlah yang ekuivalen. Sementara itu, pada proses sorpsi, zat terlarut baik elektrolit maupun non elektrolit, diambil tanpa digantikan dengan jenis lain (Helfferich, 1962). Montgomery (1985) menyatakan bahwa adsorpsi berkaitan dengan hubungan termodinamik akibat perubahan pada tekanan permukaan zat terlarut oleh adsorbat dan sifat hidrofobik adsorbat tertentu. Perbedaan pertukaran ion dari adsorpsi adalah dengan adanya potensial listrik dan kimiawi yang mengendalikan pertukaran ion-ion bergerak antara zat terlarut dan media padat.

Oleh karena itulah, jumlah ekuivalen kation Cu yang hilang dari larutan harus identik dengan jumlah ekuivalen kation K, Na, Ca, dan Fe yang terlepas ke larutan agar proses sempurna dikatakan sebagai proses pertukaran ion. Pengukuran kation K, Na, Ca, dan Fe dilakukan hanya pada kondisi C_0 optimum, pH optimum dan aquades sebagai kontrol. Hasil percobaan yang telah dilakukan disajikan dalam Tabel 4.12 dan Tabel 4.13. Perbandingan kation-kation yang dilepaskan pada kondisi optimum dan aquades terdapat dalam Tabel 4.14 dan Tabel 4.15. Selisih kation yang dilepaskan media pada kondisi optimum dengan aquades dapat dilihat dalam Tabel 4.16.

Tabel. 4.12 Kation-Kation yang Dilepas Media Kompos Bratang pada Kondisi C₀ Optimum dan pH Optimum

Cu awal (mg/L)	pH awal	Kation terlepas				
		K	Na	Ca	Fe	Total
		mg/L				
		meq/L				
		meq/100 gram				
13,530	4,09	0,930	2,640	11,420	0,490	
		0,024	0,115	0,570	0,018	0,726
		0,476	2,297	11,397	0,351	14,521
12,585	5,98	4,820	2,770	9,930	0,170	
		0,123	0,120	0,496	0,006	0,745
		2,466	2,410	9,910	0,122	14,907

Sumber : Hasil Analisa, 2007

Ket :

Contoh perhitungan :

$$K = 0,930 \text{ mg/L}$$

$$= \frac{\text{mg/L}}{\text{BA K}} \times \text{valensi K}$$

$$= \frac{0,930 \text{ mg/L}}{39,098} \times 1$$

$$= 0,024 \text{ meq/L}$$

$$K = 0,930 \text{ mg/L}$$

$$= \frac{\text{mg/L}}{\text{BA K}} \times \text{val K} \times \text{Vol sampel (L)} \times \frac{100 \text{ gram}}{\text{g media yang digunakan}}$$

$$= \frac{0,930 \text{ mg/L}}{39,098} \times 1 \times 0,5 \text{ L} \times \frac{100 \text{ gram}}{2,5 \text{ gram}}$$

$$= 0,476 \text{ meq/100 gram}$$

Tabel. 4.13 Kation-Kation yang Dilepas oleh Aquades

Blanko	pH awal	Kation terlepas				
		K	Na	Ca	Fe	Total
		mg/L				
		meq/L				
		meq/100 gram				
Aquades pH 4	4,04	0,039	0,700	5,940	0,105	
		0,001	0,030	0,296	0,004	0,332
		0,020	0,609	5,928	0,075	6,632
Aquades	6,98	1,440	0,940	6,190	0,042	
		0,037	0,041	0,309	0,002	0,388
		0,737	0,818	6,178	0,030	7,762

Sumber : Hasil Analisa, 2007

Ket :

Contoh perhitungan :

K = 0,039 mg/L

$$= \frac{\text{mg/L}}{BA K} \times \text{valensi K}$$

$$= \frac{0,039 \text{ mg/L}}{39,098} \times 1$$

$$= 0,001 \text{ meq/L}$$

K = 0,039 mg/L

$$= \frac{\text{mg/L}}{BA K} \times \text{val K} \times \text{Vol sampel (L)} \times \frac{100 \text{ gram}}{\text{g media yang digunakan}}$$

$$= \frac{0,039 \text{ mg/L}}{39,098} \times 1 \times 0,5 \text{ L} \times \frac{100 \text{ gram}}{2,5 \text{ gram}}$$

$$= 0,020 \text{ meq/100 gram}$$

Tabel 4.14 Jumlah Cu yang Hilang dari Larutan pada Kondisi
C_o Optimum dan pH Optimum

Cu awal (mg/L)	Cu akhir (mg/L)	Cu awal – Cu akhir		% Removal	Keterangan
		(meq/L)	(meq/100 g)		
13,530	0,902	0,397	7,949	93,33	pH optimum
12,585	1,060	0,363	7,255	91,58	C _o optimum

Sumber : Hasil Analisa, 2007

Tabel 4.15 Jumlah Kation yang Lepas ke Larutan pada Kondisi
C_o Optimum dan pH Optimum

pH awal	pH akhir	H ⁺ uptake (meq/L)	Total Kation Terlepas		Keterangan
			(meq/L)	(meq/100 g)	
4,09	6,32	$8,08 \cdot 10^{-5}$	0,726	14,521	pH optimum (pH 4)
5,98	7,13	$9,73 \cdot 10^{-7}$	0,745	14,907	C _o optimum (pH 6)
4,04	7,12	$9,11 \cdot 10^{-5}$	0,332	6,632	Aquadest pH 4
6,98	7,87	$9,12 \cdot 10^{-8}$	0,388	7,762	Aquadest

Sumber : Hasil Analisa, 2007

Ket :

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 H^+ \text{ uptake} &= 10^{-\text{pH awal}} - 10^{-\text{pH akhir}} \\
 &= 10^{-4,09} - 10^{-6,32} \\
 &= 8,08 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Selisih Kation yang Dilepaskan Media pada Kondisi Optimum dengan Aquades

Total Kation yang Dilepaskan (meq/100 g)		Selisih Kation yang Dilepaskan (meq/100 g)
Konsentrasi Awal Larutan Cu 15 mg/L	Aquades	
14,907	7,762	7,145
pH Larutan Cu sekitar 4	Aquades pH 4	
14,521	6,632	7,889

Sumber : Hasil Analisa, 2007

Nurhayati (2006), menyatakan bahwa berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, besarnya kation yang dilepaskan oleh media kompos Bratang ternyata tidak sejalan (tidak berbanding lurus) dengan besarnya penyisihan Cu yang terjadi. Dimana pada saat penyisihan terjadi kecil, kation justru terlepas dalam jumlah besar.

Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 membuktikan pernyataan tersebut, yaitu besarnya kation yang dilepaskan berbanding terbalik dengan besarnya penyisihan Cu yang terjadi. Untuk percobaan C₀ larutan Cu optimum, jumlah kation yang terlepas sebesar 0,745 meq/L, penyisihan Cu 0,363 meq/L. Sedangkan pada percobaan pH optimum, jumlah kation yang terlepas menurun yaitu sebesar 0,726 meq/L, penyisihan Cu mengalami kenaikan yaitu 0,397 meq/L. Perbandingan antara jumlah kation yang dilepaskan oleh media pada larutan dengan konsentrasi Cu 15 mg/L dan aquades, pada pH yang sama (pH sekitar 4) hampir setengahnya (Tabel 4.16), selisihnya adalah 7,889 meq/100 g. Selisih tersebut besarnya hampir mendekati jumlah Cu yang hilang dari larutan (7,949 meq/100 g). Jadi pada kondisi aquades dengan pH 4, kation-kation yang terlepas dari media ditukarkan dengan H⁺. Jumlah kation yang terlepas pada kondisi aquades pH 4 dengan jumlah Cu yang hilang, jumlahnya hampir mendekati

jumlah kation yang terlepas pada saat kondisi larutan Cu dengan pH 4. Pada kondisi aquades tanpa pH, total kation yang terlepas jumlahnya lebih kecil, penyebabnya adalah pada aquades tidak ditambahkan larutan apapun. Jadi pada kondisi tersebut, media hanya melepaskan kation saja, tidak ada ion-ion yang menggantikan kation yang terlepas dari media. Sama halnya pada kondisi pH optimum, pada perbandingan antara jumlah kation yang dilepaskan oleh media pada media pada larutan dengan konsentrasi Cu 15 mg/L dan aquades, pada pH asli larutan, juga hampir setengahnya (Tabel 4.16), selisihnya adalah 7,145 meq/100 g. Selisih tersebut besarnya hampir mendekati jumlah Cu yang hilang dari larutan (7,255 meq/100 g).

Jumlah equivalen Cu sama sekali tidak identik dengan total jumlah equivalen kation K, Na, Ca, dan Fe. Tapi bukan berarti proses yang terjadi serta merta gagal disebut sebagai proses pertukaran ion. Faktor-faktor lain harus diperhatikan terkait dengan sifat media dan kondisi selama proses berlangsung. Media kompos Bratang yang digunakan tergolong sebagai resin penukar ion kategori asam lemah karena grup fungsional kompos adalah karboksil. Menurut Helfferich (1962), kinerja resin penukar ion kategori asam lemah tergantung pada pH larutan.

Afinitas media terhadap H^+ menyebabkan terjadinya kompetisi antara kation Cu dengan H^+ untuk menempati *sites* dalam media dan bertukar tempat dengan K, Na, Ca, dan Fe. Jadi selain menyerap Cu, media juga mengambil H^+ dari larutan, yang mengakibatkan pH akhir larutan cenderung naik pada setiap akhir percobaan. Kemungkinan karena hal inilah kenapa jumlah equivalen Cu yang hilang dari larutan tidak sama dengan jumlah equivalen kation-kation yang dilepaskan media. Hal tersebut juga mengakibatkan naiknya konsentrasi Cu akhir pada pH larutan sama dengan 2. Pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 dijelaskan perbandingan antara besarnya penyisihan Cu dengan kondisi pH awal percobaan, besarnya H^+ yang di *uptake* oleh media serta jumlah total equivalen kation yang lepas ke larutan yang diperoleh pada percobaan terhadap media kompos yang

digunakan. Sedangkan pada Tabel 4.16 tercantum selisih antara jumlah kation yang dilepaskan media pada kondisi optimum dengan aquades.

Dari perubahan pH yang terjadi besarnya H^+ dapat dihitung, dimana pH pada dasarnya adalah fungsi negatif dari log konsentrasi H^+ . Di sini diasumsikan bahwa perubahan pH semata-mata diakibatkan oleh transport ion H^+ dari larutan ke media dan sebaliknya. Negatif log pH awal adalah konsentrasi H^+ awal di larutan, dan negatif log pH akhir adalah konsentrasi H^+ akhir dalam larutan. Selisih konsentrasi H^+ awal dan akhir adalah nilai yang diambil sebagai pendekatan jumlah H^+ uptake.

Jumlah ekivalen H^+ uptake dan penyisihan Cu tetap tidak bisa secara kuantitatif identik dengan jumlah total kation yang dilepaskan media. Hal ini dikarenakan jumlah H^+ uptake hanyalah pendekatan, dan dihitung dari selisih pH awal dan pH akhir, dengan mengacu bahwa pH adalah fungsi negatif log dari konsentrasi H^+ . Perlu diperhatikan bahwa pengukuran pH yang dilakukan dengan elektroda gelas (*glass electrode*) bukanlah konsentrasi molar H^+ yang terukur melainkan *activity* ion hidrogen (Sawyer, McCarty dan Parkin, 1994).

Jumlah kation yang dilepaskan oleh aquades dengan kondisi yang sama dengan kondisi optimum larutan Cu dan penyisihan Cu secara kuantitatif hampir identik dengan jumlah total kation yang dilepaskan media.

Data-data yang disajikan secara kuantitatif dapat membuktikan adanya proses pertukaran antara ion Cu dengan ion dari media. Terjadinya proses pertukaran ion diperlihatkan dari fenomena kenaikan pH, besarnya uptake H^+ , tingkat penyisihan Cu, dan total kation yang dilepaskan oleh media.

4.5. Afinitas Media terhadap Jenis Kation

Kompos berperan sebagai media penukar ion dalam mereduksi Cu dari larutan. Struktur kompos akan mengikat Cu dan melepaskan kation-kation K, Na, Ca, dan Fe. Kation-kation yang semula terikat dalam strukturnya akan lepas kedalam larutan

menggantikan Cu. Kompos sebagai media penukar ion mempunyai preferensi untuk jenis ion apa yang akan lebih diikatnya atau akan lebih dilepasnya.

Ion dengan valensi tinggi lebih disukai daripada ion dengan valensi rendah (Benefield, 1982, Montgomery, 1985, Helfferich, 1962). Sementara untuk ion dengan tingkat valensi sama, reaksi pertukaran bertambah seiring dengan menurunnya radius terhidrasi dan meningkatnya nomor atom (Benefield, 1982).

Dari pernyataan diatas, maka urutan *counter ion* yang akan dilepaskan jika media hendak mengikat ion Cu adalah sebagai berikut :



Ion dengan muatan monovalen, yaitu ion Na dan K menjadi prioritas pertama untuk dipertukarkan. Nomor atom Na lebih kecil dari nomor atom K menyebabkan Na menjadi prioritas pertama sebelum K. Baru selanjutnya kation dengan muatan divalen akan dilpas oleh media. Urutan pelepasan kation divalen berdasarkan nomor atom paling kecil, sehingga Ca akan terlebih dulu dilepas baru kemudian yang terakhir Fe.

Kation-kation yang dilepaskan oleh media kompos Bratang pada kondisi C_0 optimum dan pH optimum dapat dilihat pada Tabel 4.12 (halaman 54). Untuk kation-kation yang dilepaskan oleh aquades dijelaskan pada Tabel 4.13 (halaman 55). Tabel 4.12 menjelaskan bahwa pada kondisi pH optimum (pH sekitar 4) media kompos paling banyak melepaskan ion Ca untuk mengikat Cu, baru kemudian diikuti oleh pelepasan ion Na, K, dan Fe. Pada kondisi C_0 optimum (pH asli larutan sekitar 6), media kompos paling banyak melepas ion Ca, kemudian K, Na, dan Fe. Semakin banyak suatu ion dilepaskan oleh media, maka menandakan semakin besar peran ion tersebut dalam pertukaran ion dengan Cu.

Tabel 4.13 menjelaskan bahwa baik pada kondisi aquades pH optimum (pH sekitar 4) maupun aquades saja, media kompos paling banyak melepaskan ion Ca untuk mengikat Cu. Pada kondisi aquades dengan pH 4, kation yang dilepaskan berikutnya

adalah Na, dan Fe, kemudian kation K dalam jumlah yang kecil sekali. Saat kondisi aquades tanpa penambahan apapun, setelah ion Ca kation yang dilepas berikutnya adalah K, Na, dan Fe.

Jadi dapat disimpulkan bahwa kation yang berperan paling dominan dalam bertukar posisi dengan ion Cu adalah ion Ca. Urutan ion yang dilepaskan oleh media tidak sejalan dengan kaidah afinitas media yang telah dijelaskan. Ion Na dan K yang seharusnya lebih mudah bertukar dengan Cu karena ion Na dan K adalah ion monovalen (bermuatan +1) ternyata keberadaannya dalam larutan masih dibawah Ca. Hal ini dikarenakan kandungan Na dan K dalam media memang lebih kecil. Sedangkan ion Ca walaupun ion divalen (bermuatan +2) ternyata perannya dominan dalam pertukaran ion ini karena dalam media terdapat dalam jumlah yang banyak. Data besarnya jumlah kation potensial untuk dipertukarkan yang terkandung dalam media bisa dilihat kembali pada Tabel 4.4 pada (Media Kompos Bratang).

Afinitas media kompos yang digunakan, sesuai dengan hasil percobaan yang didapat, peran *counter ion* dalam kompos untuk bertukar dengan ion Cu yang seharusnya berjalan dengan urutan $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Fe}^{2+}$, karena pengaruh jumlah ion-ion tersebut dalam kompos, maka yang terjadi adalah Cu lebih banyak bertukar tempat dengan ion berdasarkan urutan $\text{Ca}^{2+} - \text{K}^+ - \text{Na}^+ - \text{Fe}^{2+}$.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BAB V
KESIMPULAN
DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

1. Kapasitas Tukar Kation (KTK) teoritis kompos Bratang adalah sebesar 56,607 meq/100g dengan menggunakan metode *Ammonium Replacement*.
2. Dari proses batch, hasil yang optimum adalah sebagai berikut :
 - Konsentrasi awal larutan Cu sebesar 15 mg/L.
 - pH larutan Cu adalah pH sekitar 4.
3. Verifikasi terjadinya pertukaran ion
 - Pada keadaan optimum (konsentrasi awal larutan Cu 15 mg/L dan pH Cu optimum sekitar 4), KTK media sebesar 7,889 meq/100 g media.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai tindak lanjut dari penelitian ini antara lain:

1. Pada proses batch percobaan penelitian dengan variasi konsentrasi awal dan pH larutan perlu dilakukan secara paralel sehingga dapat diketahui kondisi konsentrasi awal dan pH mana yang paling optimum dalam menyisihkan Cu.
2. Sebelum dilakukan pengayakan media, sebaiknya media kompos ditumbuk/ dihaluskan terlebih dahulu.
3. Ukuran media yang digunakan dalam penelitian, ukurannya lebih kecil, misalnya lolos ayakan no. 60 tertahan no. 80.
4. Sebelum kompos Bratang digunakan sebagai media penukar ion, ada baiknya media dikondisikan dalam keadaan jenuh asam (penggantian kation-kation dalam media kompos dengan H^+) sehingga proses pertukaran ion dapat maksimal.

5. Diperlukan penelitian lebih lanjut yaitu dengan proses kontinyu sehingga aplikasi secara langsung dapat diketahui.
6. Penelitian mengenai kemampuan diregenerasi media kompos Bratang perlu dilakukan.
7. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan air limbah asli, karena kemampuan kompos Bratang untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cu cukup tinggi.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DAFTAR PUSTAKA

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.
- Anonim. 2004. **Standar Nasional Indonesia (SNI 06-6989.6-2004)**, <URL:<http://www.sisni.bsn.go.id/sni.html>>.
- APHA-AWWA-WPCF. 1995. **Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater**. 19th Edition. Washington D.C : American Public Health Association.
- 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.
- Christian, G.D. 1994. **Analytical Chemistry**. Fifth Edition. John Willey and Sons Inc. New York
- 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.
- Day, R.A, and Underwood, A.L. 1992. **Analisis Kimia Kuantitatif**. Edisi kelima. Jakarta : Erlangga.
- Dean, J.G., F.L. Bosqui, dan K.H. Lanouette,. "Removing Heavy Metal from Waste Water", **Environ. Sci. Technol** 6 (1972): 518-522.
- Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya. 2004. **Himpunan Peraturan tentang Pengendalian Pencemaran Air di Kota Surabaya**.
- Fransiscus, Y. 1997. **Studi Kemampuan Metoda Penukaran Ion (Ion Exchange) Untuk Menurunkan Kandungan Tembaga Dengan Menggunakan Media Resin DIA ION SK-1B**. Laporan Tugas Akhir (S1). Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS. Surabaya
- Helfferrich. 1962. **Ion Exchange**. Shell Development Company University of California. McGraw-Hill. New York.
- Kellems, *et al.* **Design of Emerging Technologies for Control and Removal of Stormwater Pollutants**. Hart Crowser, Inc. Submitted for Presentation at Water World & Environmental Resources Congress. June 2003. Philadelphia.
- Khopkar, S. M. 1990. **Konsep Dasar Kimia Analitik**. Jakarta : Universitas Indonesia Press.

- 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>>
- Montgomery. 1985. **Water Treatment Principle and Design.**
John Wiley and Sons Inc. Canada.
- Nurhayati, E. 2006. **Kinerja Kompos Produksi UDPK Bratang Sebagai Media Penukar Ion Untuk Mereduksi Logam Berat Cu Dalam Air Limbah Buatan.** Laporan Thesis (S2). Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS. Surabaya.
- Palar, H. 1994. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat.**
Jakarta : Rineka Cipta.
- Patterson. 1985. **Industrial Wastewater Treatment Technology.** Second edition. Butterworth Publisher. Stoneham.
- Reynolds. 1982. **Unit Operation and Processes in Environmental Engineering.** Texas A&M University. Brook/Cole Engineering Division. California.
- Salisbury. 1995. **Fisiologi Tumbuhan.** Jilid 2. Penerbit ITB Bandung
- Sundstrom, D. W. and Klei, H. E. 1979. **Wastewater Treatment.** Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall Inc.

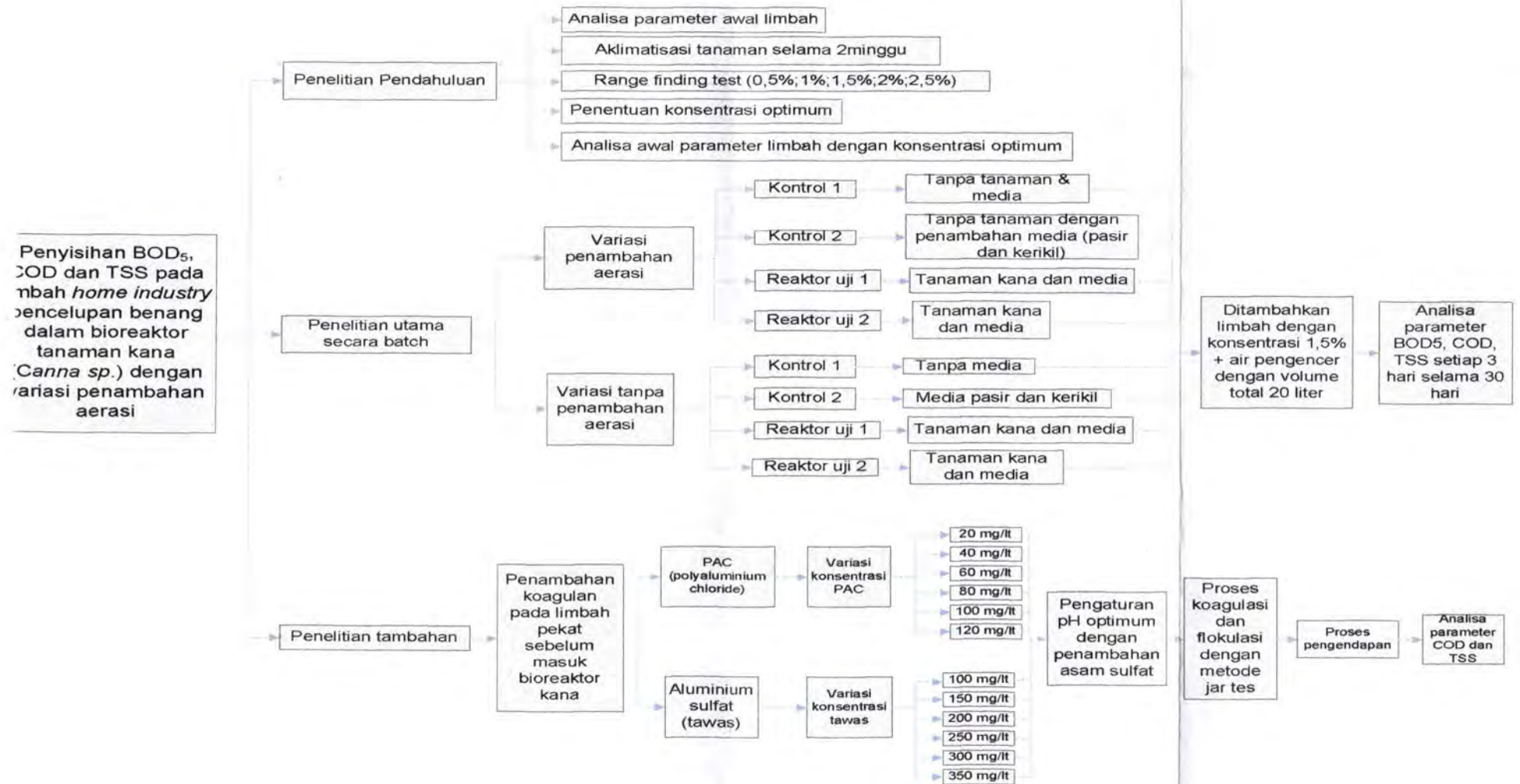
Tinsley, Ian. J. 1979. **Chemical Concepts in Pollutant Behavior**. New York : John Wiley & Sons.

Vogel. 1979. **Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro**. Bagian I. Kalman Media Pustaka. Jakarta.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LAMPIRAN



Gambar 3.3. Skema Pelaksanaan Penelitian

LAMPIRAN A

Foto Alat-alat, Bahan-bahan yang digunakan selama Penelitian, dan Hasil Analisa AAS dari Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Surabaya



Gambar A.1 pH meter



Gambar A.2 Neraca Analitis



Gambar A.3 Oven



Gambar A. 4 Ayakan no. 40 – 60



Gambar A.5 Vacuum Filter Apparatus



Gambar A.6 Jar test



Gambar A.7 Kompos Bratang dalam Kemasan



Gambar A.8 Kompos setelah ditaruh di oven



Gambar A.9 AAS



Gambar A.10 Spektrofotometer Genesys



DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

Jl. Karangmenjangan No. 18 Surabaya 60285

Telp. Kepala Lab 031-5020708 - TU 031-5021451- Fax 031-5020388, 5021452 - E-mail blksb@idola.net



72

REPORT (Laboratory Test Result)

Surabaya, 24 Januari 2007

Nama: RHOUDATUL JANNAH

NRP: 3302100057

Jurusan : Teknik Lingkungan ITS

Tanggal	Logam	Kode	Konsentrasi (mg/L)	
13-Nov-06	Cu	5', A	7,952	
	Cu	20', A	7,548	
	Cu	40', A	7,237	
	Cu	60', A	7,755	
	Cu	90', A	8,042	
	Cu	120', A	8,100	
	Cu	150', A	7,966	
	Cu	180', A	8,041	
	Cu	5', B	2,532	
	Cu	20', B	1,885	
	Cu	40', B	1,028	
	Cu	60', B	0,820	
	Cu	90', B	0,738	
	Cu	120', B	0,451	
	Cu	150', B	0,555	
	Cu	180', B	0,356	
	21-Nov-06	Cu	50 rpm, A	7,404
		Cu	60 rpm, A	7,358
Cu		70 rpm, A	7,966	
Cu		80 rpm, A	8,059	
Cu		90 rpm, A	7,744	
Cu		100 rpm, A	7,237	
Cu		50 rpm, B	0,601	
Cu		60 rpm, B	0,663	
Cu		70 rpm, B	0,613	
Cu		80 rpm, B	0,335	
Cu		90 rpm, B	0,467	
Cu		100 rpm, B	0,425	

Tanggal	Logam	Kode	Konsentrasi (mg/L)	
15-Des-06	Cu	0, A	0,000	
	Cu	5, A	3,713	
	Cu	15, A	12,324	
	Cu	25, A	19,488	
	Cu	35, A	34,327	
	Cu	45, A	37,902	
	Cu	0, B	0,000	
	Cu	5, B	0,733	
	Cu	15, B	0,799	
	Cu	25, B	1,332	
	Cu	35, B	5,474	
	Cu	45, B	11,812	
	29-Des-06	Cu	pH, 1	12,044
		Cu	pH, 2	12,108
		Cu	2, A	13,386
Cu		4, A	12,487	
Cu		6, A	11,662	
Cu		7, A	4,790	
Cu		8, A	1,967	
Cu		10, A	0,882	
Cu		2, B	13,325	
Cu		4, B	1,608	
Cu	6, B	1,512		
Cu	7, B	0,996		
Cu	8, B	0,721		
Cu	10, B	0,216		

Tanggal	Logam	Kode	Konsentrasi (mg/L)
4-Jan-06	Cu	4, A	13,530
	Cu	6, A	12,585
	Cu	4, B	0,902
	Cu	6, B	1,060
	K	Opt, 4	0,930
	Na	Opt, 4	2,640
	Cu	Opt, 4	11,420
	Fe	Opt, 4	0,490
	K	Opt, 6	4,820
	Na	Opt, 6	2,770
	Ca	Opt, 6	9,930
	Fe	Opt, 6	0,170
8-Jan-07	K	Bik, 4	0,039
	Na	Bik, 4	0,700
	Ca	Bik, 4	5,780
	Fe	Bik, 4	0,105
	Cu	Bik, 4	0,066
	K	Bik	2,840
	Na	Bik	0,980
	Ca	Bik	7,820
Bik	Bik	0,042	
Cu	Bik	0,034	



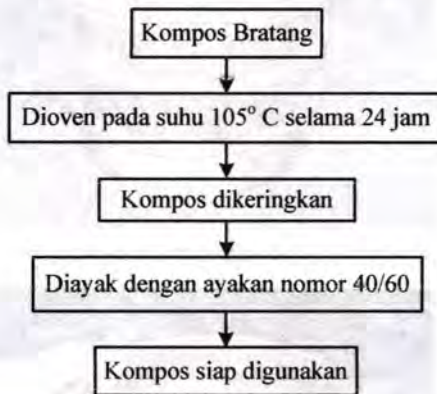
KASILAB. KESEHATAN MASYARAKAT

NANANG SOFYAN
NIP. 140142653

LAMPIRAN B

Persiapan Media Kompos Bratang

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompos Bratang dengan ukuran lolos ayakan nomor 40/60 (lolos nomor 40 dan tertahan pada nomor 60). Persiapan media kompos Bratang dilakukan dengan cara meletakkan kompos yang akan digunakan dalam oven pada suhu 105° selama 24 jam agar kadar air dalam kompos Bratang dapat dihilangkan. Kemudian kompos tersebut dikeringkan, proses selanjutnya yaitu pengayakan, kemudian kompos diayak dengan ayakan nomor 40/60. Kompos yang lolos ayakan siap dipakai sebagai media penukar ion. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar B.1 berikut ini :



Gambar B.1 Prosedur Penyediaan Kompos

Proses pengayakan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Ukuran nomor ayakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan nomor 40/60, variabel ini didasarkan pada hasil penelitian Nurhayati (2006).

Ayakan nomor 40/60 mempunyai arti bahwa ukuran media kompos Bratang yang nantinya akan digunakan dalam penelitian

adalah dalam range ayakan nomor 40 sampai ayakan nomor 60 (lolos ayakan nomor 40 tetapi tertahan pada ayakan nomor 60). Sedangkan arti dari ayakan nomor 40 adalah ukuran serbuk media yang lolos adalah 0,425 mm, atau dalam ukuran mesh adalah 60 mesh yaitu dalam 1 inchi kuadrat (inch^2) pada ayakan terdapat 60 lubang, jadi bisa diketahui ukuran tiap lubang yaitu $1/60 = 0,0167 \text{ inch} = 0,424 \text{ mm}$. Untuk ayakan nomor 60 adalah ukuran serbuk 0,25 mm, dalam ukuran mesh adalah 100 mesh, yang berarti ukuran tiap lubangnya adalah $1/100 = 0,01 \text{ inch} = 0,254 \text{ mm}$.

Adapun ayakan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar B.2 berikut.



Gambar B.2 Model ayakan nomor 40 – 60



Gambar B.3 Hasil ayakan pada no 40/60

STI

Dari perhitungan di atas dapat diartikan bahwa media kompos Bratang dengan ukuran lolos ayakan nomor 40 tetapi tertahan pada ayakan nomor 60, ukurannya adalah 60/100 mesh. Berikut ini adalah Tabel B.1 mengenai ukuran ayakan standar di Amerika Serikat yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP-ITS.

Tabel B.1 Ukuran Ayakan Standar di Amerika Serikat

Ayakan no.	Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,425
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

Sumber: Das, dkk (1998)

LAMPIRAN C

Prosedur Penelitian Pendahuluan

C.1. Pengukuran KTK Teoritis Media Kompos Bratang

Pengukuran KTK teoritis media kompos Bratang menggunakan metode *Ammonium Replacement*. Prosedur penelitian tersebut adalah :

- **Metode *Ammonium Replacement***

Metode ini melibatkan proses penjujukan media dengan Ammonium, penyetimbangan, removal kelebihan ammonium dengan etanol, *replacement*, dan *leaching exchangeable ammonium* dengan proton dari HCl.

Reagen yang dibutuhkan:

- Ammonium Acetate 1N
- Ethanol 95%
- HCl 0,1 N

Langkah Percobaan:

1. Timbang 10 g media kering, letakkan dalam erlenmeyer 250 mL, tambahkan 50 mL larutan ammonium acetate. Letakkan dalam shaker 180 *oscillation* per menit selama 30 menit .
2. Siapkan perangkat penyaringan; pompa vacuum, *buchner funnel* dan kertas saring
3. Masukkan sampel di no 1 kedalam *buchner funnel*, saring. Lanjutkan dengan *leaching* menggunakan 175 mL Amonium Acetate.
 - Dari ekstrak tersebut bisa dianalisa extractable K, Ca, Mg dan Na.
4. Cuci kelebihan ammonium dengan meleachingkannya menggunakan Etanol. Masukkan etanol secara bertahap dan perlahan sampai total 200 mL larutan digunakan.
5. Ganti *suction flask* dengan yang bersih, *leaching* media dengan menggunakan HCl 0,1N 225 mL. *Leaching*kan

lebih lanjut dengan aquades sampai volume dalam *suction flask* mencapai 250 mL.

6. Analisa kandungan $\text{NH}_4\text{-N}$ dalam *leachate*.

CEC dalam meq per 100 g sampel

$$= \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{NH}_4\text{-N dalam leacheate} \right) \times \left(\frac{\text{Volume HCl + aquades (L)}}{\text{BM N}} \right) \times \left(\frac{100}{\text{g media}} \right)$$

$$= (\text{mg/L NH}_4\text{-N dalam leacheate}) \times ((0,25/14) \times (100 / 10))$$

C.2. Pengaruh Penambahan Asam – Basa

Penambahan asam-basa saat penentuan pH pada larutan Cu dimungkinkan mengubah konsentrasi Cu, sehingga perlu diteliti seberapa besar pengaruh penambahan asam-basa tersebut. Percobaan tersebut dilakukan dengan menguji setiap penambahan asam-basa sesuai pH yang dibutuhkan dengan menggunakan uji AAS.

❖ Alat dan Bahan yang digunakan:

- Beker glass 1000 mL
- Labu ukur 1000 mL
- Labu ukur 500 mL
- Pipet volumetrik 10 mL
- Pipet ukur 50 mL
- Propipet
- Batang pengaduk
- Pipet tetes
- pH meter
- Larutan induk Cu
- Aquadest
- HCl dan NaOH

❖ **Prosedur Percobaan:**

1. Pembuatan limbah Cu (15 mg/L):
 - Larutan induk Cu = 1000 mg/L
 - pH yang dibutuhkan adalah pH 2, 4, 6, 7, 8, dan 10. Limbah Cu sebanyak 2 liter digunakan untuk tiga variasi pH, misalnya pH 2, 4, dan 6, dibuat dalam satu wadah.
 - Diambil 15 mL larutan induk Cu kemudian diencerkan dalam labu ukur 1000 mL.
 - Larutan yang telah diencerkan dimasukkan dalam ember plastik.
 - Diambil lagi 15 mL larutan induk Cu kemudian diencerkan dalam labu ukur 1000 mL
 - Larutan yang telah diencerkan dimasukkan jadi satu dalam ember plastik dengan limbah buatan yang telah dibuat sebelumnya.
 - Diaduk dengan batang pengaduk supaya larutan menjadi homogen.
 - Diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*) untuk dianalisa AAS sebagai konsentrasi awal.
2. pH larutan awal diukur dengan pH meter
3. Ditambahkan HCl atau NaOH dengan pipet tetes untuk memperoleh pH sesuai dengan kebutuhan.
4. Diaduk dengan batang pengaduk supaya larutan menjadi homogen.
5. pH larutan diukur dengan pH meter
6. Jika pH yang dibutuhkan sudah didapat, diambil sebanyak 500 mL dengan menggunakan labu ukur 500 mL dan dimasukkan dalam beker glas 1000 mL untuk digunakan dalam variasi pH, dan diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*) untuk dianalisa AAS.
7. Sisa larutan ditambahkan HCl atau NaOH lagi dengan pipet tetes untuk memperoleh pH sesuai dengan kebutuhan berikutnya.

8. Diaduk dengan batang pengaduk agar larutan homogen.
9. pH larutan diukur dengan pH meter
10. Jika pH yang dibutuhkan sudah didapat, diambil sebanyak 500 mL dengan menggunakan labu ukur 500 mL dan dimasukkan dalam beker gelas 1000 mL untuk digunakan dalam variasi pH, dan diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*) untuk dianalisa AAS.
11. Hasil

C.3. Penentuan Waktu Pengadukan Optimum

❖ Alat dan Bahan yang digunakan:

- Beker glass 1000 mL
- Labu ukur 1000 mL
- Labu ukur 500 mL
- Pipet volumetrik 10 mL
- Pipet ukur 50 mL
- Kertas saring Whatman No. 42 (Ukurannya; 2,5 μm)
- Propipet
- Pipet tetes
- Jar-Test
- *Vaccum filter*
- Media kompos Bratang lolos ayakan nomor 40/60
- Larutan induk Cu
- Aquadest

❖ Prosedur Percobaan:

1. Pembuatan limbah Cu (10 mg/L):
 - Larutan induk Cu = 1000 mg/L
 - Diambil 10 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 1000 mL.
 - Limbah Cu buatan dengan konsentrasi 10 mg/L dibuat dalam jumlah yang banyak untuk keperluan percobaan berikutnya (limbah Cu buatan dengan konsentrasi 10 mg/L juga digunakan untuk penentuan kecepatan pengadukan optimum).

- Larutan yang telah diencerkan dimasukkan dalam ember plastik.
- Diaduk dengan batang pengaduk supaya larutan menjadi homogen.
- Diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*) untuk dianalisa AAS sebagai konsentrasi awal.
- Diambil sebanyak 500 mL dengan menggunakan labu ukur 500 mL dan dimasukkan dalam beker gelas 1000 mL.
- 2. Ditambahkan serbuk media kompos Bratang sebesar 2,5 g (dosis kompos Bratang yang digunakan adalah 5 g/L)
- 3. Pengadukan dengan alat Jar-Test, dengan kecepatan 85 rpm.
- 4. Divariasikan waktu pengadukannya (5, 20, 40, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit)
- 5. Didiamkan selama 15 menit.
- 6. Disaring dengan *vacuum filter*, diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*), dianalisa AAS sebagai konsentrasi akhir limbah Cu.
- 7. Hasil

C.4. Penentuan Kecepatan Pengadukan Optimum

- ❖ **Alat dan Bahan yang digunakan:**
 - Beker glass 1000 mL
 - Labu ukur 500 mL
 - Pipet ukur 50 mL
 - Kertas saring Whatman No. 42 (Ukurannya: 2,5 μ m)
 - Propipet
 - Pipet tetes
 - Jar-Test
 - *Vaccum filter*
 - Media kompos Bratang lolos ayakan nomor 40/60
 - Larutan Cu
 - Aquadest

❖ **Prosedur Percobaan:**

1. Pembuatan limbah Cu (10 mg/L):
 - Limbah Cu buatan dengan konsentrasi 10 mg/L yang digunakan adalah limbah Cu sisa percobaan terdahulu.
 - Diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*) untuk dianalisa AAS sebagai konsentrasi awal.
 - Diambil sebanyak 500 mL dengan menggunakan labu ukur 500 mL dan dimasukkan dalam beker gelas 1000 mL.
2. Ditambahkan serbuk media kompos Bratang sebesar 2,5 g (dosis kompos Bratang yang digunakan adalah 5 g/L)
3. Pengadukan dengan alat Jar-Test, dengan waktu 120 menit (sesuai hasil percobaan terdahulu).
4. Divariasikan kecepatan pengadukannya (50, 60, 70, 80, 90, dan 100 rpm)
5. Didiamkan selama 15 menit.
6. Disaring dengan *vacuum filter*, diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*), dianalisa AAS sebagai konsentrasi akhir limbah Cu.
7. Hasil

LAMPIRAN D

Prosedur Penelitian Batch

D.1. Penentuan C_0 Limbah Cu Buatan Optimum

❖ **Alat dan Bahan yang digunakan:**

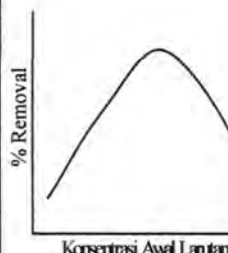






- Beker glass 1000 mL
- Labu ukur 1000 mL
- Labu ukur 500 mL
- Pipet volumetrik 10 mL
- Pipet ukur 50 mL
- Kertas saring Whatman No. 42 (Ukurannya: 2,5 μ m)
- Propipet
- Pipet tetes
- Jar-Test
- *Vaccum filter*
- Media kompos Bratang lolos ayakan nomor 40/60
- Larutan induk Cu
- Aquadest
- Botol sampel (plastik *polyetilen*)

❖ **Prosedur Percobaan:**

- Volume = 500 mL per beker glass
- Konsentrasi Cu = variasi
Tiap konsentrasi yang dibuat, larutan Cu diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan botol sampel (plastik *polyetilen*), dianalisa AAS sebagai konsentrasi awal Cu yang terukur.
- Dosis kompos = 5 g/L
- Waktu pengadukan = optimum (120 menit, sesuai hasil percobaan pendahuluan)
- Kecepatan pengadukan = optimum (80 rpm, sesuai hasil percobaan pendahuluan)

Prosedur percobaan untuk mendapatkan konsentrasi awal Cu optimum dapat dilihat pada Tabel D.1 berikut ini :

Tabel D.1 Prosedur Percobaan untuk C_0 Cu Optimum

Pengadukan pada kecepatan 80 rpm dan waktu 120 menit, dosis kompos 5 g/L						Plot grafik 
Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	
						
C_0 : 5 mg/L	C_0 : 15 mg/L	C_0 : 25 mg/L	C_0 : 35 mg/L	C_0 : 45 mg/L	C_0 : 0 mg/L (kontrol)	
Parameter yang diukur : Konsentrasi akhir Cu (C_e)						

- Setelah dilakukan pengadukan, didiamkan selama 15 menit.
- Disaring dengan *vacuum filter*, diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*), dianalisa AAS sebagai konsentrasi akhir limbah Cu.
- Hasil.

D.2. Penentuan pH Limbah Cu Buatan Optimum

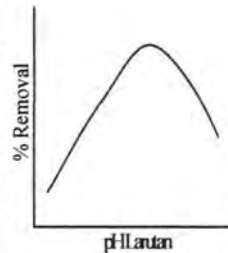






❖ Alat dan Bahan yang digunakan:

- Beker glass 1000 mL
- Labu ukur 1000 mL
- Labu ukur 500 mL
- Pipet volumetrik 10 mL
- Pipet ukur 50 mL
- Kertas saring Whatman No. 42 (Ukurannya: 2,5 μm)
- Propipet
- Pipet tetes
- Batang pengaduk
- Jar-Test
- pH meter

- *Vaccum filter*
- Ember plastik
- Media kompos Bratang lolos ayakan nomor 40/60
- Larutan induk Cu
- Aquadest
- Botol sampel (plastik *polyetilen*)
- ❖ **Prosedur Percobaan:**
- Volume = 500 mL per beker glass
- Konsentrasi Cu = optimum (15 mg/L, sesuai hasil percobaan sebelumnya)
Limbah Cu dibuat dengan jumlah sebanyak empat liter. Tiap dua liter diletakkan dalam ember plastik yang berbeda.
- Dosis kompos = 5 g/L
- pH limbah Cu = variasi (2, 4, 6, 7, 8, dan 10)
Variasi pH dilakukan dengan menambahkan HCl atau NaOH untuk mendapatkan nilai pH yang sesuai dengan kebutuhan. Tiap variasi pH yang dibuat, larutan Cu diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan botol sampel (plastik *polyetilen*), dianalisa AAS sebagai konsentrasi awal Cu yang terukur.
- Waktu pengadukan = optimum (120 menit, sesuai hasil percobaan pendahuluan)
- Kecepatan pengadukan = optimum (80 rpm, sesuai hasil percobaan pendahuluan)

Prosedur percobaan untuk mendapatkan konsentrasi awal Cu optimum dapat dilihat pada Tabel D.2 berikut ini :

Tabel D.2 Prosedur Percobaan untuk pH Cu Optimum

C _o Cu 15 mg/L, kecepatan 80 rpm, waktu 120 menit, dosis kompos 5 g/L,						Plot grafik 
Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	Media Kompos	
						
pH : 2	pH : 4	pH : 6	pH : 7	pH : 8	pH : 10	
Parameter yang diukur : Konsentrasi akhir Cu (C _e), pH akhir Cu						

- Setelah dilakukan pengadukan, didiamkan selama 15 menit.
- Diukur nilai pH akhir Cu dengan menggunakan alat pH meter.
- Disaring dengan *vacuum filter*, diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan dalam botol sampel (plastik *polyetilen*), dianalisa AAS sebagai konsentrasi akhir limbah Cu.
- Hasil.

LAMPIRAN E

CARA KERJA AAS

Cara Kerja AAS

1. Cek awal pada alat AAS
 - Tombol display pada posisi *check*
 - Tombol *scan speed* pada posisi manual
 - *Expansion knob* pada posisi 1,00 (x1)
 - *AA Zero Control* pada posisi 10,00
 - *Fe Zero Control* pada posisi *Clock Wise Limit*
 - Tombol *mode* pada posisi Fe
 - Tombol **aliran lampu** pada posisi 0
2. Cek untuk gas
 - Pilih gas yang sesuai dengan gas yang akan digunakan
 - Kendorkan tombol **kontrol tekanan gas**
 - Nyalakan tombol *pressure monitor*
 - Nyalakan tombol *flame monitor*
 - Pilih *flame* sesuai dengan gas yang dipakai
 - Sesuaikan *burner head slot* sesuai dengan Tabel
3. Cara menyalakan lampu Hallow Cathode
 - Nyalakan tombol *Power*
 - Nyalakan tombol **aliran lampu** sedikit demi sedikit (naikkan setiap penambahan ampere dengan selisih waktu yang agak lama)
 - Sesuaikan dengan maksimum aliran lampu
4. Mengeset *slit width* dan panjang gelombang
 - Atur tombol *response* pada posisi 1
 - Atur *slit width*, sesuai Tabel untuk logam-logam yang akan dianalisa

- Atur **AA Zero Control** pada posisi 3,00 – 5,00
 - **Fe Zero Control** sampai pembacaan dibawah 100 atau sampai lampu *zero* monitor mati
 - Atur dengan perlahan panjang gelombang kemudian sampai pada pembacaan tertinggi, kemudian kunci pengatur panjang gelombang
5. Cara menyalakan *flame*
- Atur *gas pressure* pada *flow rate* dari AAS sesuai Tabel
 - Tekan tombol ***ignite***, maka akan ada nyala *flame*
6. Pengukuran
- Putar tombol ***mode*** dari Fe ke AA
 - Tombol display dalam keadaan check, atur ***AA Zero Control*** sampai pembacaan < 100, atau **lampu monitor (*zero monitor light*)** sampai mati
 - Putar tombol display ke *average 1*, kemudian tekan ***zero set***, pembacaan 0000 pada *redistilled* yang telah bebas logam berat yang akan dianalisa
 - Pengukuran atau pembacaan analisa sampel standar
 - Larutan standar diperiksa, tekan tombol ***aver start***, tunggu sampai lampu *aver start* menyala, kemudian lihat pembacaannya
7. Cara mematikan alat AAS
- Tutup stop kran pada tabung gas
 - Tutup stop kran pada kompresor
 - Biarkan ***flame*** menyala terus sampai sisa gas yang ada habis
 - Matikan lampu *Hallow Cathode*
 - Kembalikan display ke *check*
 - ***AA Zero Control*** kembali ke 10,00
 - Matikan ***pressure monitor*** dan ***flame monitor***
 - Matikan tombol ***Power***

Tabel E.1 Analisa Cu dengan AAS

Jenis Pengukuran	Logam Cu
Analysis Line Wavelength (Å) (10 nm)	3247
Lamp Current (mA)	4
Fuel Gas Flow	2,6 (udara - C ₂ H ₂)
Slit Width (Å)	3,8
Absorbansi Sensitivity	0,07
Burner Height (mm)	4

Sumber : BBLK

Alat AAS yang digunakan dalam penelitian ini adalah AAS dengan merk VARIAN, Spectr AA - 55.

LAMPIRAN F
Standar Nasional Indonesia SNI 06-6989.6-2004
Air dan Air Limbah-Bagian 6 : Cara Uji Tembaga (Cu)
Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

1. Ruang Lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam tembaga, Cu dalam air dan air limbah secara Spektrofotometri Serapan Atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Cu 0,2 mg/L sampai dengan 4,0 mg/L dan panjang gelombang 324,8 nm.

2. Acuan Normatif

JIS.K.0102.2.2.2002. *Testing methods for industrial wastewater.*

3. Istilah dan definisi

3.1 Larutan induk logam tembaga, Cu

Larutan yang mempunyai kadar logam tembaga, Cu 1000 mg/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah.

3.2 Larutan baku logam tembaga, Cu

Larutan induk logam tembaga, Cu yang diencerkan dengan air suling sampai kadar tertentu.

3.3 Larutan kerja logam tembaga, Cu

Larutan baku logam tembaga, Cu yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar Cu 0,0 mg/L; 0,2 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L; 4,0 mg/L.

3.4 Larutan blanko

Air suling yang diasamkan/perlakuannya sama dengan contoh uji.

3.5 Larutan pengencer

Larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air suling sampai pH 2.

3.6 Kurva kalibrasi

Grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi masuk yang merupakan garis lurus.

4. Cara Uji

4.1 Prinsip

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

4.2 Bahan

- air suling
- asam nitrat, HNO_3
- larutan standar logam tembaga, Cu; dan
- gas asetilen, C_2H_2 .

4.3 Peralatan

- SSA
- Lampu hollow katoda Cu
- Gelas piala 250 mL
- Pipet ukur 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; dan 40 mL;
- Labu ukur 100 mL;
- Corong gelas
- Pemanas listrik
- Kertas saring whatman 40, dengan ukuran pori θ 0,42 μm dan labu semprot.

4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisa maka contoh uji diawetkan dengan penambahan HNO_3 sampai pH kurang dari 2 dengan waktu penyimpanan maksimal 6 bulan.

4.5 Persiapan pengujian

4.5.1 Persiapan contoh uji

- a. Masukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen ke dalam gelas piala.
- b. Tambahkan 5 mL asam nitrat.
- c. Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.
- d. Ditambahkan 50 mL air suling, masukkan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

4.5.2 Pembuatan larutan baku logam tembaga, Cu 100 mg/L

- a. Pipet 10 mL larutan induk logam tembaga, Cu 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL.
- b. Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tera.

4.5.3 Pembuatan larutan baku logam tembaga, Cu 10 mg/L

- a. Pipet 50 mL larutan standar tembaga, Cu 100 mg/L ke dalam labu ukur 500 mL.
- b. Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

4.5.4 Pembuatan larutan kerja logam tembaga, Cu

- a. Pipet 0 mL; 2 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; dan 40 mL.
Larutan baku tembaga, Cu 10 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
- b. Tambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam Cu 0,0 mg/L; 0,2 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L; dan 4,0 mg/L.

4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

- a. Optimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
- b. Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 324,8 nm.

- c. Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
- d. Larutan dengan pengukuran contoh uji yang sudah dipersiapkan.

4.7 Perhitungan

Konsentrasi logam tembaga, Cu (mg/L) = C x fp

dengan pengertian:

C adalah konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L)

Fp adalah faktor pengenceran

Persen temu balik (% *recovery*, %)

$$\% R = \frac{A - B}{C} \times 100\%$$

Dengan pengertian:

A adalah kadar contoh uji yang di *spike*

B adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*

C adalah kadar standar yang diperoleh (*target value*)



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tuban, 26 Juni 1984, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK ABA I Tuban, SDN Kutorejo III Tuban, SLTP Negeri 1 Tuban, dan SMUN 1 Tuban. Setelah lulus dari SMU tahun 2002, Penulis diterima di jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS tahun 2002 melalui jalur SPMB dan terdaftar dengan NRP 3302100057.

Di Jurusan Teknik Lingkungan, Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) dan pernah menjadi Asisten Praktikum Kimia Lingkungan I pada tahun 2006.

