

TA/TL/2006/0077

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HADIAH/DELI	
TGL. TERIMA :	6 Juli 2006
NO. JUDUL :	002022
NO. DIV. :	51200002022001
NO. INDEK. :	

TUGAS AKHIR

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT KHROM (Cr) OLEH
TANAMAN AIR KIAPU (*Pistia stratiotes*)**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Sebagai Persyaratan Memperoleh Derajat
Sarjana Strata 1 (satu) Teknik lingkungan

DEBACA DI PERPUSTAKAAN
TEKNIK LINGKUNGAN



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT KHROM (Cr) OLEH
TANAMAN AIR KIAPU (*Pistia stratiotes*)**

Disusun oleh :

NAMA : NURUL AGUSTINA
NIM : 00513017
PROGRAM STUDI : TEKNIK LINGKUNGAN

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

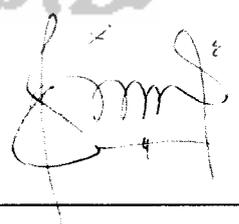
IR. H. KASAM, MT

Dosen Pembimbing I

Tanggal :  10-5-06

EKO SISWOYO, ST

Dosen Pembimbing II

Tanggal :  10-5-06

MOTTO

"Tuhan tidak meninggalkan kamu dan tidak (pula) benci kepadamu."

(QS : Ad Duka : 3)

"Kembalilah kepada Tuhanmu dengan hati yang puas lagi diridai-Nya."

(QS : Al Fajr : 28)

"Apa saja yang disisimu akan sirna, dan apa-apa yang disisi Allah adalah kekal, dan sesungguhnya (Allah) akan memberi balasan kepada orang-orang yang sabar dengan pahala yang lebih besar daripada apa-apa yang telah mereka kerjakan."

(QS : An Nahl : 96)

"Pengetahuan tidaklah cukup, kita harus mengamalkannya."

"Niat tidaklah cukup, kita harus melakukannya"

"Tetaplah kau tersenyum menjalani hidup ini, karena sebuah senyuman kau menghapus derita di hatimu."

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Karya Kecil Ini Kepada :

*Allah SWT Tuhan Semesta Alam serta
Nabi Muhammad SAW yang menjadi panutan kita*

*Orang-orang yang sangat aku cintai dan sayangi :
Bapakku "Sumargiyono" dan Ibu "Ismiyati"*

Adeku "Projo Bayu Aji"

Dua sejoli :

"Hesti Dwi Astuti dan Shodiq Prasetyo Jati"

"Sahabat-sahabatku"

*"Belahan jiwaku yang kan kembali mendampingi hidupku
selamanya"*

"Almameterku"

Nurul Thank's to :

Bapak n' Ibu yang telah berharap besar dan tak pernah lelah mendoakan aku agar menjadi orang sukses. Matur nuwun atas cinta n' kasih sayangmu yang tulus,serta semangat n' pengorbanan kalian sehingga aku bisa menjadi seperti saat ini....aku bangga pada kalian... jangan pernah berhenti memarahi aku....

De' Bayu....yang selalu menghidupkan suasana rumah n' menjadi patner perang mulutku, jadilah yang terbaik buat bapak n ibu yah.... jangan seperti mbakmu ini.

De' Hesti....thank banget buat semua yang telah kau berikan untukku, perhatian n' kasih sayangmu. Jangan sampai ego n' materi membuatmu melupakan orang-orang yang pernah berkorban untukmu.

Ade' iparku Shodiq....thank untuk semua kebaikanmu n' maaf yah klo sering ngrepotin.... Keluarga besarku di sleman matur nuwun atas semangat, perhatian, serta bantuan yang telah kalian berikan.

For my Gank : "Asti Dwi Ningsih", "Noni Harfiyanti", "Dian Susanti"...thanks buat pesahabatan ini n' semua pengorbanan kalian untukku, semua itu sangat berarti untukku. Takkan pernah ku lupakan saat-saat bersama kalian.

Persahabatan ini akan menjadi lembaran cerita dalam hidupku.....

My pathner : "Irma Tania"Akhimya qta bisa lalui semua ini....Perjuangan Qta sampai detik ini bukanlah hal yang mudah, suka duka qta hanyalah qta yang merasakannya....SEMANGAT..!!!!

Buat sahabat sejatiku "Eko"thanks untuk semua perhatian, pengertian, kasih sayang n' udah dengerin keluh kesahku. Teruslah bersemangat menjalani hidupmu.....

Buat "Adhi-Civil", thanks with your attention n' your spirit... walaupun hanya sekejap semua itu sangat berarti untukku. Semangat yah kuliahnya....

Temen2 ku TL'00 yang udah jalanin susah senang bareng :

"Ervan Nur Wahid", yang suka jahilin aku...thanks buat komputernya juga kebaikanmu n' sorry klo sering ngrepotin kamu??? Semangat ngerjain TAnyah yah....

"Arif Budianto", yang udah sering aku bikin repot n' udah bantuin aku ngerjain lap.TA, thanks for semua yang udah kamu lakuin untukku..Nasehat, semangat n' waktumu buat dengerin keluh kesahku...Semua itu sangat berarti untukku, jangan kapok yah temenan ama aku!! Kamu juga semangat ngerjain TAnyah yah..!!!!

"Ismail Hidayat" thanks for nasehat2nya n' udah ngurusin limbahnya.... "Bahrun Fitri Amin", Thanks buat semangat n' lap.TAnyah.

Buat "Zainal", "Hakim", "Aldi", "Adi", "Dudy", "Anton", "Hendra", "Ririn", 'Ika", "Amir", "Rini", "Fachri"... Yang bikin kuliah jadi rame...Thanks banget atas pertemanan kalian, kapan maen bareng lagi???

Buat kakakku "Aulia Rahman", thanks untuk semua waktumu uda dengerin keluh kesahku n' semua nasehat, perhatian yang udah aya' berikan....Ayo semangat kuliah ojo mbojo wae..!!!!

Temen2 ku TL'01 :

"Selyana Febriyanti", yang setia nemenin aku ngalor ngidul n' nglembur, ayo cel semangat ngerjain TAnyah jo merasa kesepian terus...

"Idep" yang selalu bikin aku ketawa.. I miss U...thanks buat foto+scannya.

Trio pintar : "Agung Triyono", Adi Nugroho Sanusa Putra", "Bayu Eko Prabowo"...Thanks buat contoh Anovanya.

"Wisnu" buat semangatmu...sukses yang TAny...
Yang tak pernah putus asa... "Mas Yoen-Arch", thanks buat semua perhatian n' semangatnya...ayo berjuang terusssss!!!! Cepet lulus yo mas....

"Mbak Endang" n' "Mbak Tami"...thanks udah capek-capek nemenin aku ke semarang n' buat bantuannya, aku gak akan melupakan semua itu. Cepet marry yo mbakyu, nanti kedisikan ade mu iki loh...!!!

Buat Bosnya Kafe-17 "Mas Iwan", thanks for semangatnya, kamu juga cepet cari pendamping hidup yo mas jo Cuma sibuk ngurusin bisnismu doang...!!!

"Adi Nugroho Kurniawan"... thanks buat kesabaran n' nasehatnya, juga buat literatur Kiapunya.

Temenku "Danu" thanks buat semua waktu n' semua yang udah kamu lakukan untukku. Tetaplah semangat menjalani hidup meski kau tak bisa mendapatkan yang kau harapkan...

"Fajar", thanks for all.

Cewek2 badung "Mela n' Piet".... Aku kangen bergadang ama kalian....

Anak Statistik "Agus", thanks banget udah ngerjain Anovaku.

"Ramdan-UGM", thanks udah bantuin aku cari laboratorium

Komunitas "JAFA"... aku yang belum sempat bermatur thankyu ama kalian...thanks buat pertemanannya, tetep kompak yah n' jangan berlama-lama tinggal di Jogja.

Orang yang pernah singgah di hatiku...selamat tinggal masa itu, semoga semua itu kan menjadi sesuatu yang bisa dijadikan kenangan.

Supra-ku AB4354WY yang selalu setia nemenin aku wira-wiri n' komputerku yang kini kecapekan..

Temen-temenku diFTSP yang tak bisa aku sebutin satu persatu yang telah membuat hari-hari di kampus jadi rame... aku pasti bakal kangen ama kalian semua!!!

"Kalian semua adalah orang-orang yang pernah hadir dimasa tersubit dalam kelidupanku"

FITOREMEDIASI LOGAM BERAT KHROM (Cr) OLEH TANAMAN

AIR KIAPU (*Pistia stratiotes*)

Oleh : Nurul Agustina (00513017)

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan judul Fitoremediasi logam berat Cr oleh tanaman air Kiapu (*Pistia stratiotes*). Fitoremediasi merupakan metode pemulihan yang mengandalkan peran tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan memobilisasikan pencemar baik logam berat maupun senyawa organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penyerapan logam Cr oleh tanaman Kiapu yang dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam dan waktu kontak terhadap kemampuan penyerapan logam Cr oleh tanaman Kiapu, distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman dan mengetahui kapasitas serapan logam Cr terbesar pada morfologi tanaman Kiapu (daun dan akar).

Untuk mengetahui kemampuan penyerapan logam Cr oleh Kiapu dilakukan melalui pengamatan terhadap konsentrasi awal logam, konsentrasi logam setelah waktu kontak dan konsentrasi logam pada morfologi tanaman. Penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan eksperimen dalam ember yang berisi limbah penyamakan kulit dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dengan tanaman dan tanpa tanaman serta variasi waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan logam Cr oleh tanaman dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam, waktu kontak dan media tumbuhan. Sedangkan untuk efisiensi serapan logam terbesar oleh tanaman didapat pada konsentrasi 25% pada ulangan II yaitu sebesar 96.44%, efisiensi serapan logam terkecil oleh tanaman didapat pada konsentrasi limbah 100% pada ulangan II yaitu sebesar 34.50%.

Kata kunci : Fitoremediasi, logam khrom (Cr), pH, Kiapu, Waktu kontak.

FITOREMEDIASI HEAVY METAL KHROM (Cr)
BY WATER PLANTS OF *KIAPU (Pistia Statiotes)*

Abstract

By Nurul Agustina

The research have been conducted with title of Fitoremediasi heavy metal of Cr by water plants of *Kiapu (Pistia Statiotes)*. Fitoremediasi represent cure method relying on role of crop to permeate, degradation, and transformation, mobilization of dirty material of heavy metal and also organic compound. The objective research to know absorbtion efektifitas metal of Cr by water plant of *Kiapu* which is influence by early time concentration and ability absorbtion contact of metal Cr by water plants of *Kiapu*, accumulate distribution metal of Cr at part of plants and know biggest capacities absorption metal of Cr by water plants morphology of *Kiapu* (root and leaf).

To know absorbtion ability metal of Cr by *Kiapu* through early perception to concentration metal, time after contact metal concentration and plants morphology metal concentration . This research is done by using experiment in containing pail of leather tanning waste with waste concentration variation of 0%, 25%, 50%, 75%, 100% with plants and without plants and also time variation contact 4, 6, 8, 10 day.

Indicated result of research the absorbtion effectiveness of metal Cr by early concnertration metal influenced plant, time contact and plant media. While for the biggest efficiency of metal absorption by plants concentration is 25% at repetition of 2 that is 96.44%, smallest metal absorption efficiency by plants waste concentration 100% repetition of 2 that is 34.50%.

Keyword : Fitoremediasi, metal of khrom (Cr), pH, *Kiapu*, Time Contact.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “*Fitoremediasi Logam Berat Khrom (Cr) Oleh Tanaman Air Kiapu (Pistia stratiotes)*” ini dapat diselesaikan dengan baik.

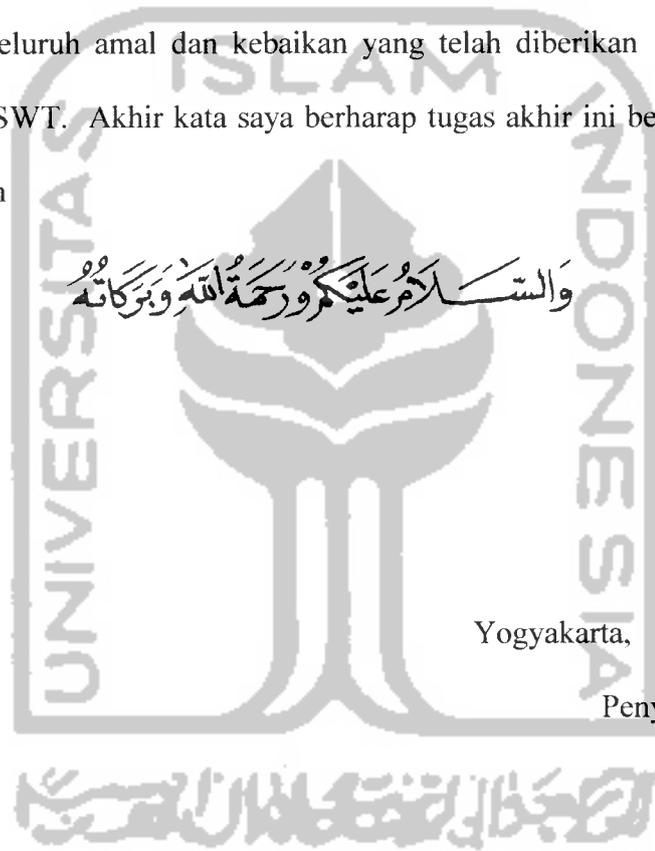
Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan Strata 1 pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan sekaligus selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.

5. Bapak Bapak Hudori, ST dan Bapak Andik Yulianto, ST yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan kepada saya.
6. Bapak Pribadi Prasetyo, Bapak Zamroni, Bapak Munandar Hasan yang telah membantu penelitian di laboratorium Kimia Analitik UGM.
7. Mas Agus, Pak Sam, Mas Tasyono yang telah banyak membantu saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

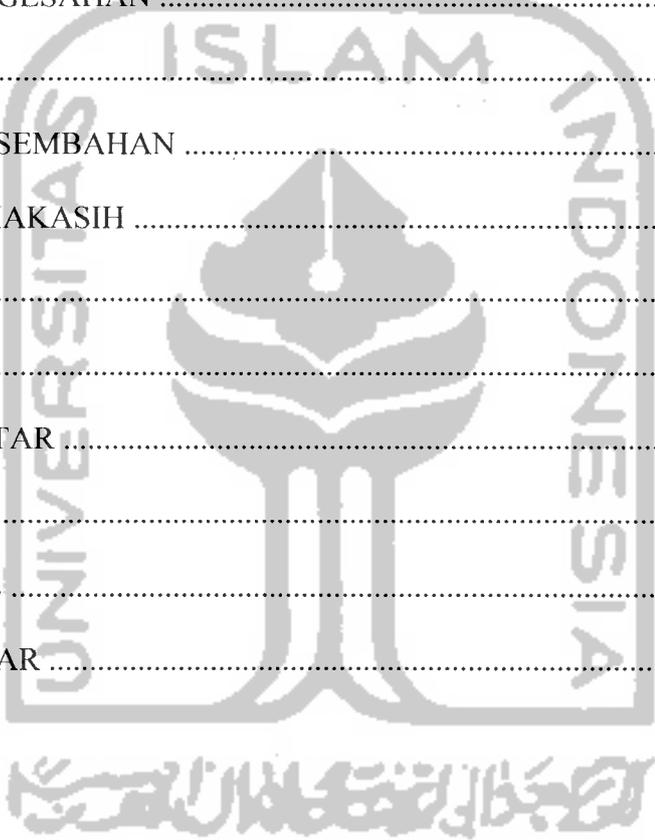
Semoga seluruh amal dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan ridho dari Allah SWT. Akhir kata saya berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin



Yogyakarta, April 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

	HAL
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
UCAPAN TERIMAKASIH	v
ABSTRAKS	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
	
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Definisi	6
2.2 Pengertian Air Limbah	7
2.2.1 Pencemaran Terhadap Badan Air	9
2.2.2 Pengolahan Air Limbah Atau Air Buangan.....	10
2.3 Logam Berat	14
2.4 Chromium (Cr)	16
2.4.1 Khromium Dalam Lingkungan	19
2.4.2 Kegunaan Khromium Dalam Lingkungan	20
2.4.3 Keracunan Khromium	21
2.4.4 Prinsip Analisa Logam Khromium	22
2.5 Konsentrasi Ion Hidrogen (pH)	24
2.6 Penyamakan Kulit	24
2.6.1 Bahan Baku Proses Penyamakan Kulit	25
2.6.2 Bahan Penyamakan Kulit	26
2.6.3 Proses Penyamakan Kulit	28
2.6.4 Limbah Industri Penyamakan Kulit	34
2.6.5 Sumber Limbah Industri Penyamakan Kulit	35
2.6.6 Karakteristik Limbah Industri Penyamakan Kulit	37
2.7 Prinsip-Prinsip Fitoremediasi	38
2.8 Tanaman Air Yang Digunakan Dalam Fitoremediasi	41
2.8.1 Tanaman Kiapu (<i>Pistia stratiotes</i>)	41
2.9 Mekanisme Penyerapan Logam Oleh Tanaman	46
2.10 Hipotesa	49

BAB III : METODE PENELITIAN	50
3.1 Lokasi Penelitian	50
3.2 Waktu Penelitian	50
3.3 Parameter Penelitian	50
3.4 Variabel Penelitian	50
3.5 Operasional Penelitian	51
3.6 Bahan dan Alat Penelitian	51
3.7 Pelaksanaan Penelitian	52
3.8 Analisa Data	55
3.9 Sistematika Kerja	58
 BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	 59
4.1 Hasil Penelitian.....	59
4.1.1 Konsentrasi Awal Logam Cr Dalam Limbah Penyamakan Kulit	59
4.1.2 Konsentrasi Awal Logam Dalam Tanaman Kiapu	60
4.1.3 Hasil Pemeriksaan Kandungan Cr pada Limbah Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan	61
4.1.4 Hasil Pemeriksaan pH pada Limbah Cair Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan	65
4.1.5 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Kiapu	70
4.1.6 Konsentrasi Logam Cr pada Morfologi Tanaman Kiapu	68

4.1.7	Kapasitas Serapan Logam Khrom Oleh Tanaman Kiapu Pada ulangan	74
4.1.8	Efisiensi Serapan Logam Khrom Oleh Tanaman Kiapu	75
4.1.9	Pengolahan Data Dengan Metode Statistik ANOVA ...	77
4.2	Pembahasan	84
4.2.1	Proses Penurunan	84
4.2.2	Distribusi Logam Khrom pada Bagian Tanaman Kiapu	85
4.2.3	Pengaruh Konsentrasi Limbah Pada Tanaman	86
4.2.4	Fitotoksisitas	87
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN		93
5.1	Kesimpulan	93
5.2	Saran	94
DAFTAR PUSTAKA		95

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2.1 Beberapa sifat fisik logam khromium	17
2.2 Sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit	35
3.1 Konsentrasi kandungan khrom pada uji pendahuluan	53
3.2 Parameter pengamatan pertumbuhan tanaman	54
3.3 Uji statistik	56
3.4 Daftar analisa varians	57
4.1 Hasil pemeriksaan kandungan khrom dalam limbah cair penyamakan kulit	60
4.2 Hasil pemeriksaan kandungan khrom dalam akar tanaman Kiapu	60
4.3 Hasil pemeriksaan kandungan khrom dalam daun tanaman Kiapu	61
4.4 Hasil pemeriksaan kandungan khrom dalam limbah penyamakan kulit setelah perlakuan tanpa tanaman	61
4.5 Hasil pemeriksaan kandungan khrom dalam limbah penyamakan kulit setelah perlakuan dengan tanaman	63
4.6 Hasil pemerikasaan pH dalam limbah cair penyamakan kulit setelah perlakuan tanpa tanaman	65
4.7 Hasil pemerikasaan pH dalam limbah cair penyamakan kulit setelah perlakuan dengan tanaman	67
4.8 Hasil penelitian pertumbuhan tanaman Kiapu selama 10 hari	69
4.9 Hasil penelitian kandungan khrom dalam akar Kiapu	71

4.10 Hasil penelitian kandungan khrom dalam daun Kiapu	72
4.11 Hasil Pengukuran Serapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan I	74
4.12 Hasil Pengukuran Serapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan II	75
4.13 Efisiensi Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan I	76
4.14 Efisiensi Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan I	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1 Skema proses penyamakan kulit dan sumber limbah yang dikeluarkan	36
3.1 Kiapu dalam ember desilasi	53
3.2 Diagram alir penelitian	58
4.1 Grafik penurunan kandungan khrom setelah perlakuan tanpa tanaman ..	62
4.2 Grafik penurunan kandungan khrom setelah perlakuan dengan tanaman pada ulangan I	64
4.3 Grafik penurunan kandungan khrom setelah perlakuan dengan tanaman pada ulangan II	64
4.4 Grafik hubungan pH dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak setelah perlakuan tanpa tanaman	66
4.5 Grafik hubungan pH dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak setelah perlakuan dengan tanaman ulangan I	67
4.6 Grafik hubungan pH dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak setelah perlakuan dengan tanaman ulangan II	68
4.7 Grafik Kandungan Khrom Dalam Tanaman Kiapu Pada Ulangan I	72
4.8 Grafik Kandungan Khrom Dalam Tanaman Kiapu Pada Ulangan II	73
4.9 Grafik Efisiensi (%) Penyerapan Khrom Pada Ulangan I	76
4.10 Grafik Efisiensi (%) Penyerapan Khrom Pada Ulangan II	77
4.11 Kondisi Kiapu pada hari ke-4	88
4.12 Kondisi Kiapu pada hari ke-10	88

4.13	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 25% hari ke-4	89
4.14	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 25% hari ke-10	89
4.15	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 50% hari ke-4	90
4.16	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 50% hari ke-10	90
4.17	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 75% hari ke-4	91
4.18	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 75% hari ke-10	91
4.19	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 100% hari ke-4	92
4.20	Kondisi Kiapu pada konsentrasi 100% hari ke-10	92



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin pesatnya pertumbuhan industri yang beraneka ragam sudah barang tentu akan semakin beraneka ragam pula hasil buangan sampingnya. Dari berbagai macam kegiatan industri tersebut, membutuhkan air di dalam proses produksinya dan mengeluarkan air buangan dalam jumlah yang besar pula yang dapat mencemari lingkungan.

Dengan adanya industri penyamakan kulit memberikan dampak positif antara lain dalam hal penyediaan lapangan tenaga kerja terutama bagi penduduk sekitarnya dan meningkatkan produktivitas dalam negeri dengan mengolah bahan kulit mentah menjadi barang jadi.

Disamping dampak positif di atas, kegiatan industri penyamakan kulit juga memberikan dampak negatif terutama yang disebabkan oleh limbah. Limbah tersebut (Sugiharto, 1987) dapat berupa padat (*solid waste*), limbah cair (*liquid waste*), limbah gas (*gaseous waste*).

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu jenis industri di Indonesia yang potensi pencemarannya cukup tinggi. Ditinjau dari proses pengolahan kulit mentah menjadi kulit termasak disamping menggunakan air yang cukup banyak, juga menggunakan bahan-bahan kimia yang sebagian akan ikut keluar bersama-sama dengan limbah yang dibuang. Jumlah limbah yang dihasilkan cukup besar,

misalnya limbah padat, cair dan gas yang merupakan penghasil bau yang mengganggu sehingga perlu pengolahan an pengelolaan secara baik dan benar.

Pabrik kulit disamping menghasilkan produk kulit yang siap untuk digunakan juga menghasilkan limbah. Limbah pabrik kulit menghasilkan bahan organik yang tinggi, bersifat asam dan juga mengandung logam berat Cr.

Jika limbah tersebut dibuang begitu saja tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan masalah. Bahan organik yang tinggi akan menyebabkan jumlah bakteri semakin banyak, DO menurun dan BOD naik. Logam berat akan menyebabkan pencemaran yang sangat berbahaya apabila tidak ditangani. Karena itu limbah penyamakan kulit perlu diperlakukan terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan (Ginting, 1992).

Untuk mencegah terjadinya pencemaran terhadap lingkungan maka dicari alternatif yang dapat mengurangi atau menghilangkan unsur-unsur logam berat khrom yang membahayakan dari air buangan itu. Salah satu cara pengolahan air limbah itu dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi fitoremediasi, yaitu menggunakan atau memanfaatkan tanaman air. Dimana pada tanaman air memiliki kelompok mikroba *rhizosfera* yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penguraian terhadap benda-benda organik maupun anorganik yang terdapat dalam air buangan, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air buangan.

Dengan menggunakan tanaman air, yaitu tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai pengolahan air limbah secara fitoremediasi, sehingga kandungan khrom yang terdapat di dalam air buangan dapat diturunkan sampai tingkat tertentu, mengingat berat logam khrom sangat berbahaya bagi manusia.

Tanaman Kiapu yang mempunyai daya tahan yang tinggi, daya berkecambah yang tinggi, daya regenerasi yang tinggi, tidak peka terhadap sinar matahari, tingkat adsorpsi dan penggunaan unsure hara atau air yang besar dan daya penyesuaian yang tinggi terhadap iklim. Sesuai dengan ciri-ciri tersebut memungkinkan tanaman Kiapu dapat dimanfaatkan untuk menyerap logam berat Cr yang berada dalam limbah penyamakan kulit.

Berdasarkan pemeriksaan awal laboratorium parameter Cr dari sample limbah penyamakan kulit sebelum melalui pengolahan mengandung Cr sebesar 2118.3 ppm (UGM, 2005), sedangkan kadar maksimum untuk air golongan IV sebesar 2 ppm. Data di atas menunjukkan bahwa kandungan Cr dalam limbah penyamakan kulit melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Sehingga apabila limbah tersebut dibuang langsung ke sungai tanpa pengolahan lanjutan maka air sungai tersebut akan beracun bagi biota yang ada maupun makhluk hidup sekitarnya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka dapat di simpulkan beberapa rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

- a. Apakah efektifitas penyerapan dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam Cr dan waktu kontak terhadap kemampuan penyerapan logam Cr oleh tanaman Kiapu.
- b. Bagaimanakah distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman Kiapu.
- c. Di manakah kapasitas serapan logam terbesar pada morfologi tanaman kiapu (akar dan daun).

1.3. Tujuan Penelitian

- a. Mempelajari efektifitas penyerapan logam Cr oleh tanaman Kiapu yang dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam Cr dan waktu kontak terhadap kemampuan penyerapan logam Cr oleh tanaman Kiapu.
- b. Mengetahui distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman.
- c. Mengetahui kapasitas serapan logam Cr terbesar pada morfologi tanaman Kiapu (daun dan akar).

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Memberi informasi tentang efektifitas penyerapan yang dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam Cr dan waktu kontak.
- b. Memberikan informasi tentang distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman.
- c. Memberikan informasi kapasitas daya serap terbesar kiapu terhadap logam Cr (akar dan daun).

1.5. Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang telah ditentukan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium.
- b. Tanaman yang digunakan berupa tanaman Kiapu.
- c. Kandungan yang di analisa adalah logam Khrom.

- d. Variasi konsentrasi limbah yang digunakan yaitu : 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.
- e. Pengamatan dilakukan pada hari ke 4, 6, 8, 10.
- f. Pengamatan kandungan logam khrom pada tanaman dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-10.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi

Air merupakan bahan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari baik bagi manusia maupun bagi mikroorganisme lainnya, karena itu air harus dijaga dari terjadinya pencemaran. Pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Anonim, 1997).

Menurut Sugiharto (1987) sumber dan asal air limbah dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

1. Air limbah rumah tangga

Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Adapun sumber lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah daerah perkantoran atau lembaga serta daerah fasilitas rekreasi.

2. Air limbah industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari daerah industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan

tangki penahan dan bak pengaman. Untuk memperkirakan jumlah air yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan 50 m³/ha/hari. Sebagai patokan dapat digunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut menggunakan kembali air limbahnya maka jumlahnya akan lebih kecil.

3. Air limbah rembesan dan tambahan

Apabila turun hujan di suatu daerah, maka air yang turun secara cepat akan mengalir masuk kedalam saluran pengering atau saluran hujan. Apabila saluran ini tidak mampu menampungnya, maka limpasan air hujan akan digabung dengan saluran air limbah, dengann demikian akan merupakan tambahan yang sangat besar. Oleh karena itu perlu diketahui curah hujan yang ada sehingga banyak air yang akan ditampung melalui saluran air hujan atau saluran pengering dan saluran air limbah dapat diperhitungkan.

Selain air yang masuk melalui limpahan, maka terdapat air hujan yang menguap, diserap oleh tumbuh-tumbuhan dan ada yang merembes ke dalam tanah. Air yang merembes ini akan masuk ke dalam tanah yang akhirnya menjadi air tanah.

2.2. Pengertian Air Limbah

Air limbah diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat,

padar tersuspensi, terlarut, koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo,1995).

Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi tergantung jenis air dan pencemarnya atau komponen yang mengakibatkan pencemaran. Tanda-tanda pencemaran air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis pencemar yang berbeda-beda. Untuk mengetahui secara jelas apakah suatu air tercemar atau tidak maka diperlukan pengujian untuk menentukan sifat-sifat air sehingga diketahui apakah terjadi penyimpangan dari batasan-batasan pencemaran air (Suriwiria,1989).

Badan air yang telah terkena pencemaran baik fisik, kimia, maupun biologi pada umumnya akan mengalami pemurnian air secara alami. Pemurnian dari bahan harus memerlukan waktu dan panjang aliran tertentu dengan derajat pencemaran yang terjadi. Apabila suatu limbah ditampung dan dibuang begitu saja tanpa mengalami pengolahan ataupun pemurnian secara alami, akibat lain adalah adanya perembesan limbah yang sudah tercemar tersebut kedalam air tanah atau perairan sekitarnya apabila kolam penampung limbah tidak terbuat dari bahan kedap air (Pramiyati,1992)

Manusia tidak mungkin dapat mencegah dihasilkannya bahan limbah, yang dapat diusahakan hanyalah mengurangi bahan limbah yang dihasilkannya. Dengan demikian maka manusia harus mencari akal bagaimana cara pengolahan bahan limbah yang paling efisien (Djajadiningrat, 1992).

2.2.1. Pencemaran Terhadap Badan Air

Pencemaran air khususnya air sungai terutama disebabkan oleh air buangan industri, karena tidak diolah atau kurang tepat di dalam pengolahan air limbah. Air buangan diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas kedalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut sebagai koloit, emulsi yang menyebabkan air dimaksud dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan (Tjokrokusumo, 1995).

Air merupakan substrat yang paling parah akibat berbagai pencemaran.

Berbagai pencemaran baik yang berasal dari :

- a. Sumber domestik (rumah tangga, perkampungan, kota, pasar, jalan dan sebagainya).
- b. Sumber non domestik (pabrik, industri pertanian, peternakan, perikanan, sert sumber lainnya)

banyak memasuki badan air, serta langsung maupun tidak langsung pencemaran tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas air, baik untuk keperluan industri maupun keperluan lainnya. Berbagai cara dan usaha telah banyak dilakukan agar kehadiran pencemar terhadap air dapat dihindari, dikurangi atau minimal dapat dikendalikan.

Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi tergantung jenis air dan pencemarannya atau komponen yang menyebabkan pencemaran. Sebagai contoh air minum yang tercemar mungkin rasanya akan berubah meskipun perubahan baunya sukar dideteksi. Kehidupan air akan berkurang pada air sungai yang tercemar berat. Tanda-tanda pencemaran air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis pencemaran yang berbeda-beda. Untuk

mengetahui secara jelas apakah suatu air tercemar atau tidak tercemar maka diperlukan pengujian untuk menemukan sifat-sifat air sehingga diketahui apakah terjadi penyimpangan dari batasan- batasan pencemaran air (Suriawiria, 1989).

2.2.2. Pengolahan Air Limbah atau Air Buangan

Pengolahan air buangan adalah suatu pekerjaan atau mengurangi konsentrasi masing-masing polutan dalam air buangan sehingga aman dibuang ke badan air penerima. Pengolahan adalah usaha memperbaiki kualitas air buangan yang bertujuan melindungi kesehatan masyarakat menghindari gangguan terhadap badan air dan menghindari kerusakan-kerusakan lainnya.

Terhadap suatu limbah industri sebelum diolah atau diperlakukan perlu diketahui terlebih dahulu jenis-jenis bahan baku yang digunakan serta komposisinya, hal itu meliputi :

- a. Bahan baku yang digunakan secara kimia, jenis produk antara dan produk akhir.
- b. Jenis produk sisa yang sangat menentukan limbah industri.
- c. Jenis pembersih yang akan digunakan untuk menggunakan alat-alat pabrik secara umum (Riyadi, 1984).

Akibat yang ditimbulkan oleh kandungan air buangan proses penyamakan kulit akan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Tingginya kadar organik merupakan hal yang perlu dikurangi, bertambah banyaknya bahan organik menyebabkan semakin meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Dalam melakukan aktivitas tersebut mikroorganisme membutuhkan oksigen, sehingga

menyebabkan oksigen terlarut dalam air menjadi berkurang atau habis. Bekerjanya mikroorganisme anaerobik akan menghasilkan bau yang tidak sedap.

Secara umum akibat dari limbah kulit yang jelas dirasakan oleh lingkungan adalah bau yang tidak sedap, warna air sungai yang dialiri menjadi keruh karena bahan pencemar organik mengandung protein dan penyamak nabati.

Air buangan pada penyamakan kulit dapat mempengaruhi air yang menerimanya, baik secara fisik, kimia, maupun biologi. Kadar khlorida yang tinggi pada air buangan menyebabkan kualitas air menurun karena rasa, bau dan warna. Adanya zat-zat tersuspensi seperti kapur, bulu, sisa daging dan sebagainya mempengaruhi kehidupan aquatic, juga adanya zat terlarut yang mengakibatkan kekeruhan pada air tersebut (Oetoyo, et el, 1981).

Di dalam pengolahan air limbah harus diketahui sifat-sifat atau karakteristik air buangan /air limbah. Kualitas air limbah dapat dibedakan atas tiga karakteristik, yaitu :

1. Karakteristik fisik

Karakteristik fisik yang penting dari air limbah adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau, warna dan temperatur.

2. Karakteristik kimia

Kandungan bahan kimia yang ada dalam air limbah dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan organik yang terlarut dapat menghabiskan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap pada penyediaan air bersih. Selain itu akan lebih berbahaya apabila bahan tersebut merupakan bahan yang beracun. Adapun

bahan kimia yang penting di dalam air limbah pada umumnya antara lain bahan organik, protein, karbohidrat, lemak, minyak dan gemuk, deterjen atau surfactant, fenol, bahan anorganik, pH, klorida, kebasaan, silfur, zat beracun, logam berat, metan, nitrogen, fosfat dan gas.

3. Karakteristik Biologis

Pemeriksaan biologis di dalam air dan air limbah untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri pathogen berada di dalam air limbah. Keterangan biologis diperlukan untuk mengukur kualitas air serta untuk menafsirkan tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air.

Untuk mengurangi atau menghilangkan zat pencemar dari air limbah industri diperlukan satu unit pengolahan air limbah sebelum dibuang ke perairan umum. Pengolahan air limbah terdiri dari satu atau lebih proses pengolahan. Berbagai teknik pengolahan air limbah bertujuan untuk menurunkan kadar zat pencemar yang terkandung dalam air limbah sampai memenuhi persyaratan effluen yang berlaku (Djajadiningrat, 1992).

Tujuan dari pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

- a. Ditinjau dari segi kesehatan adalah untuk menghindari penyakit menular, karena air merupakan media terbaik untuk kelangsungan mikroba menular.
- b. Ditinjau dari estetika adalah untuk melindungi air terhadap bau dan warna yang tidak menyenangkan atau tidak diharapkan.
- c. Ditinjau dari segi kelangsungan kehidupan dan dalam air.

Berdasarkan karakteristik air, pengolahan air buangan telah dikembangkan dengan berbagai teknik yaitu :

1. Pengolahan secara fisik

Pengolahan secara fisik dimaksudkan untuk bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap atau bahan-bahan terapung disisihkan terlebih dahulu. Pengolahan yang dilakukan antara lain : penyaringan kasar (*screen*), pencampuran (*mixing*), flokulasi (*flocculation*), pengendapan (*sedimentation*), pengapungan (*flotation*), penyaringan (*filtration*) merupakan proses pendahuluan untuk menyisihkan bahan tersuspensi dari air limbah.

2. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia bertujuan untuk menghilangkan partikel yang tidak mudah mengendap. Pengolahan ini memerlukan bahan kimia untuk menyisihkan bahan polutan. Hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika.

3. Pengolahan secara biologi

Pengolahan secara biologi memanfaatkan mikroorganisme yang berada dalam air untuk memisahkan bahan-bahan polutan. Dalam hal ini terjadi konversi bahan polutan menjadi sel mikroorganisme yang terbentuk.

Dari ketiga pengolahan yang ada, peneliti memilih pengolahan secara biologis. Pengolahan secara biologis akhir-akhir ini dipandang sebagai pengolahan yang paling efisien dan murah. Dalam beberapa dasawarsa berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan berbagai modifikasinya.

Akhir-akhir ini banyak dicoba penjernihan air yang telah tercemar melalui fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan air yang selama ini dikenal sebagai gulma yang merugikan. Pengolahan secara biologi yang peneliti gunakan adalah dengan cara fitoremediasi, yaitu menggunakan tanaman sebagai penyaring dari kandungan bahan pencemar yang terdapat dalam air limbah, baik yang berupa bahan organik maupun anorganik. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) didalam menurunkan kandungan logam berat terutama Cr dari air limbah penyamakan kulit.

2.3. Logam Berat

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Industri logam berat tersebut seharusnya mendapat pengawasan yang ketat sehingga tidak membahayakan bagi pekerja-pekerjanya maupun lingkungan sekitarnya. Penggunaan logam berat tersebut dalam berbagai keperluan sehari-hari berarti telah secara langsung maupun tidak langsung atau sengaja tidak sengaja telah mencemari lingkungan melebihi ambang batas yang berbahaya bagi kehidupan lingkungan. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama Hg, Pb, As, Cd, Cu, Cr dan No. logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul dalam jangka waktu lama sebagai racun terakumulasi.

Dalam perairan logam-logam dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Yang terlarut adalah ion logam bebas air dan logam yang membentuk kompleks dengan

senyawa organik dan anorganik. Tidak terlarut adalah terdiri dari partikel yang berbentuk koloid dan senyawa racun terakumulasi.

Air limbah yang mengandung logam berat dan bahan toksik tidak hanya mengganggu kesehatan lingkungan dan kesejahteraan manusia, tetapi juga dapat mengubah system kerja biologis. Air limbah yang mengandung logam-logam berat seperti Hg, Co, No, As, Cr baik secara sendiri-sendiri maupun dalam bentuk kombinasi dapat bersifat toksik bagi kehidupan organisme aquatis dan mempunyai dampak yang besar pada seluruh komunitas air.

Karakteristik logam berat sebagai berikut (Palar,1994) :

1. Memiliki spesifikasi gravity yang sangat besar (lebih dari 4)
2. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktanida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Besarnya bahwa limbah tersebut bersifat racun terhadap badan penerima, unsur kimia ini bervariasi tingkat bahayanya dari daya pencemarnya. (Bowen,1966) membagi unsur-unsur kimia tersebut menjadi empat kelas, yaitu :

1. Berdaya pencemar sangat tinggi, seperti : Ag, Cd, Cr, Hg, Cu, Sb, Cn, Fe, Ar, Zn.
2. Berdaya pencemar tinggi, seperti : Ba, Ca, Bi, Mn, P, Ti, U.
3. Berdaya pencemar menengah, seperti : Al, As, Bo, Cl, Co, F, B, Li, Na, dan N.
4. Berdaya pencemar rendah, seperti : Ga, La, Ms, I, Si, Nd, Sr, Ta, Zr

2.4. Khromium (Cr)

Kromium berasal dari bahasa Yunani yaitu *chroma* yang berarti warna. Logam kromium ditemukan pertama kali oleh Vaqueline, seorang ahli kimia Perancis pada tahun 1797. Logam ini merupakan logam kristalin yang putih keabu-abuan dan tidak begitu liat.

Salah satu logam transisi yang paling penting adalah kromium (Cr). Sepuhan kromium (*chrome plating*) banyak digunakan pada peralatan sehari-hari, pada mobil dan sebagainya, karena lapisan kromium ini sangat indah, keras dan melindungi logam lain dari korosi. Kromium juga penting dalam paduan logam dan digunakan dalam pembuatan "*stainless steel*". (Achmad, H, 1992)

Senyawa kromium mempunyai warna yang sangat menarik dan digunakan sebagai pigmen seperti kuning khrom (timbal(II)kromat) dan hijau khrom (kromium(III)oksida). Kromium dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). Berdasarkan sifat kromium dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

Lambang	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relatif (Ar)	51,996
Konfigurasi elektron	3d ⁵ 4s ¹
Jari-jari atom(nm)	0,117
Jari-jari ion m ³⁺ (nm)	0,069
Keelektronegatifan	1,6
Energi ionisasi (I) kJ mol ⁻¹	659
Kerapatan (g cm ⁻³)	7,19
Titik leleh (°C)	1890
Titik didih (°C)	2475
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
potensial elektroda (V)	
$M^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow M_{(s)}$	-0,56
$M^{3+}_{(aq)} + e \rightarrow M^{2+}_{(aq)}$	-0,41

(Sumber : Achmad, H, 1992 kimia unsur dan radio kimia)

Dalam bidang industri kromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu kromium murni dan aliansi besi-kromium yang disebut ferokromium sedangkan logam kromium murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagai bahan mineral kromium banyak ditemukan dalam bentuk *chromite* (FeOCr₂O₃). Kadang-kadang dalam bahan mineral *chromite* juga ditemukan logam-logam magnesium (mg), aluminium (Al) dan senyawa silikat (SiO₂). Logam-logam dan senyawa silikat tersebut dalam mineral *chromite* bukan merupakan penyusun *chromite*, tetapi berperan sebagai pengotor (*impurities*).

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, logam kromium dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3 dan +6. logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, bahkan pada proses pemanasan, cairan logam teroksidasi

dalam jumlah yang sangat sedikit, tetapi dalam udara yang mengandung karbondioksida (CO₂) dalam konsentrasi tinggi logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk Cr₂O₃. kromium merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan hidrogen, karbon, silika dan boron. (Palar,1994)

Senyawa-senyawa yang dapat dibentuk oleh kromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam Cr²⁺ akan bersifat basa, dalam larutan air kromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi di udara menjadi senyawa kromium (III) dengan reaksi :



Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau Cr³⁺ bersifat amforter dan merupakan ion yang paling stabil diantara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai [Cr(H₂O)₆]³⁺ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr⁶⁺ akan bersifat asam. Cr³⁺ dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Khrom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8,5-9,5 tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam. Cr⁶⁺ sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr⁶⁺ menjadi Cr³⁺. (Palar,1994)

Kromium dengan bilangan oksidasi +6 mudah membentuk senyawa oksidator dengan unsur lain karena memiliki sifat oksidasi yang kuat, maka Cr⁶⁺ mudah tereduksi menjadi Cr³⁺ dan kromium (IV) kebanyakan bersifat asam.

2.4.1. Khromium (Cr) dalam Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Logam Cr yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta mobilisasi bahan bakar.

Masuknya Cr ke lapisan udara berasal dari pembakaran, mobilisasi batubara dan minyak bumi. Pada pembakaran batubara akan terlepas Cr sebesar 10 ppm ke udara, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan terlepas Cr sebesar 0,3 ppm. Keadaan ini dapat diartikan bahwa setiap tahunnya akan dilepas sebanyak 1400 ton Cr ke udara dari proses pembakaran batubara dan 50 ton Cr dari proses pembakaran minyak bumi. (Palar, 1994)

Logam khrom (Cr) di udara ditemukan dalam bentuk debu dan partikulat, seperti logam-logam berat lainnya. Debu atau partikulat khrom dalam udara tersebut dapat masuk kedalam tubuh hewan ataupun manusia melalui pernafasan (*respirasi*). Partikel atau debu khrom yang terhirup manusia lewat rongga hidung, mengikuti jalur-jalur respirasi sampai ke paru-paru untuk kemudian berikatan dengan darah di paru-paru sebelum dibawa darah ke seluruh tubuh. (Palar, 1994)

Logam khrom dalam perairan akan mengalami proses kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi (redoks), yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau sedimentasi logam khrom didasar perairan. Proses kimiawi yang berlangsung dalam badan air juga dapat mengakibatkan terjadinya reduksi dari senyawa-senyawa Cr^{6+} yang sangat beracun menjadi Cr^{3+} yang kurang beracun. Peristiwa

reduksi ini dapat berlangsung apabila kondisi air bersifat asam. Untuk perairan dengan kondisi basa, ion-ion Cr^{3+} akan mengendap di dasar perairan.

2.4.2. Kegunaan Khrom (Cr) Dalam Lingkungan

Khromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Dalam industri *metallurgy*, logam ini banyak digunakan dalam penyepuhan logam (*Chromium plating*) yang memberikan dua sifat, yaitu *dekoratif* dan sifat kekerasan yang mana *chromium plating* ini banyak digunakan pada macam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke alat transportasi (Breck, W. G and Brown, R. C, 1997).

Khromium dapat pula digunakan dalam alat penganalisa nafas, yang mana alat ini digunakan oleh polisi untuk menangkap peminum alkohol yang mengemudi mobil. Dalam bidang kesehatan, khromium dapat digunakan sebagai orthopedi, radioisotope khromium dalam bentuk Cr 51 yang dapat menghasilkan sinar gamma digunakan untuk penandaan sel-sel darah merah serta sebagai penjinak tumor tertentu (Palar,1994). Dalam industri kimia khrom digunakan sebagai :

1. Cat pigment (*dying*), dapat bewarna merah, kuning, orange dan hijau.
2. *Elektroplating (chrome plating)*
3. Penyamakan kulit
4. *Treatment woll*

Dari aktivitas atau kegiatan di atas merupakan kontributor/sumber utama terjadinya pencemaran khrom ke air dan limbah padat dari sisa proses penyamakan kulit juga dapat menjadi sumber kontaminasi air tanah.

2.4.3. Keracunan Khromium

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr (VI) merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, dibandingkan ion-ion Cr(II) dan Cr(III). Sifat racun yang dibawa logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_3Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan yang fatal. (Palar, 1994)

Dampak kelebihan Cr pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan hati. Efek pada kulit disebabkan karena asam kromit, dikromat dan Cr(VI) lain di samping iritan yang kuat juga.

Pengaruh terhadap pernapasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu Cr dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis, polyp kronis. Gejala lain dari keracunan akut Cr(VI) adalah vertigo, haus, muntah, shock, koma dan mati. Kromium merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat dengan cepat merusak protein.

Kontaminasi logam Kromium dapat terjadi melalui :

1. Penghisapan udara tercemar

Dengan menghisap udara yang tercemar khromium akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Pengaruh gangguan pada pernafasan, yaitu iritasi akibat menghirup debu khrom (Cr) dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis. Pada pekerja *chrome-planting* dan industri penyamakan kulit sering terjadi kasus luka pada *mocusa* hidung.

2. Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak dengan kromat pada kulit, dan luka akan membengkak bernanah selama beberapa minggu. Selain itu, karakter luka kontak dengan khromat dapat pula luka pada lubang hidung, lalu merambat ke selaput lendir sehingga saluran pernafasan akan terganggu.

3. Makanan dan minuman

Khromium yang masuk ke dalam jaringan tubuh melalui air minum akan tertimbun di lever, limpa dan ginjal secara bersamaan, dalam waktu yang panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker (Palar, 1994).

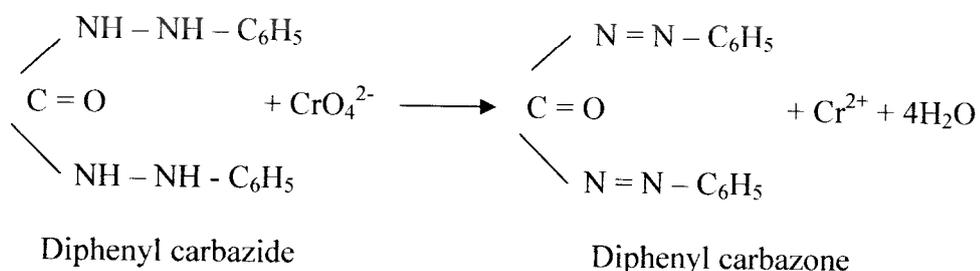
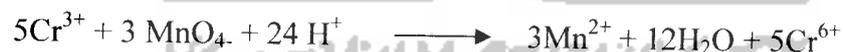
2.4.4. Prinsip Analisis Logam Khromium

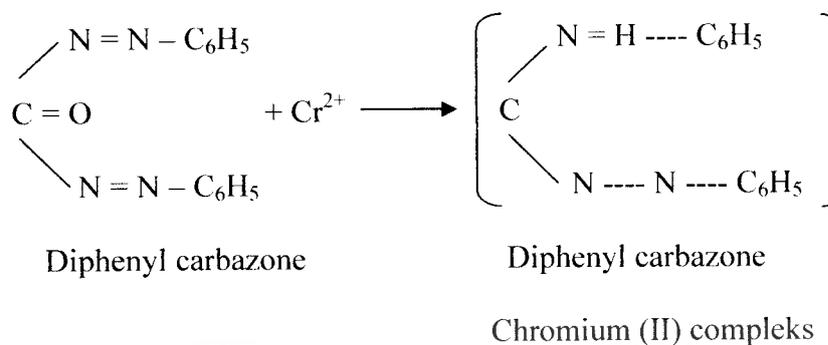
Khromium terdapat dalam beberapa susunan, baik dalam bentuk ion valensi 3 maupun valensi 6. Untuk mengenal sifat dari khromium mudah berubah dari khrom valensi 3 ke khrom valensi 6. Hal ini terbukti dari kebanyakan terjadi dalam khrom valensi 6 sebagai khromat (CrO_4^{-2}) dan dikhromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$). Sifat lain dari khrom adalah mengikat molekul air, sehingga di dalam industri sering

digunakan sebagai bahan campuran pendingin, hal ini bertujuan untuk mencegah korosi terhadap alat yang digunakan.

Khrom valensi 3 dapat mengendap dalam bentuk hidroksidanya. Pada khrom hidroksida ini tidak larut dalam air, optimalnya pada kondisi pH = 8,5 – 9,5. khrom hidroksida ini melarut lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau asam. Khrom valensi 6 ulit dalam pengendapannya, sehingga dalam penanannya diperlukan zat pereduksi, yaitu dari khrom valensi 6 menjadi valensi 3. mereduksi khrom valensi 6 menjadi valensi 3 pada cairan pH = 3 atau di bawahnya dengan asam sulfat (H₂SO₄). zat pereduksinya dapat digunakan sulfur dioksida, natrium bisulfit, meta bisulfit, hidro sulfit atau fero sulfit.

Didalam pengolahannya dilakukan secara bertahap, yaitu mereduksi khrom valensi 6 menjadi khrom valensi 3 dan kemudian pengendapan khrom dengan penambahan hidroksida dengan cara penaikan pH sampai di atas netral. Analisis logam khrom dalam air limbah dapat ditentukan dengan kolorimetri menggunakan spektrofotometer. Kemudian absorbansi diukur pada spektrofotometer, pada panjang gelombang 540 nm.





(Svehla, 1982)

2.5. Konsentrasi Ion Hidrogen (pH)

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas dari air maupun dari air limbah. Adapun kadar yang baik adalah kadar di mana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam.

2.6. Penyamakan Kulit

Penyamakan kulit pada prinsipnya adalah upaya memasukkan bahan tertentu yang disebut penyamak ke dalam jaringan serat kulit, sehingga terjadi ikatan kimia antara bahan penyamak dengan serat kulit. Hal tersebut akan mengakibatkan sifat fisik kulit berubah menjadi lebih baik dibandingkan dengan kulit mentahnya. Sifat tersebut antara lain kelemasannya. Salah satu bahan

penyamak paling penting adalah garam khrom (Sarpphouse, 1971; Thornstesen, 1985; Wehling et al,1989).

Penyamakan khrom dimulai dengan pH rendah, atau keadaan asam, yaitu 2 s/d 3, proses penyamakan khrom biasanya memerlukan waktu 4 sampai 8 jam. Waktu tersebut bukanlah standar, tetapi masih tergantung tebal tipisnya kulit. Selesai proses penyamakan, kemasakan kulit diuji dengan air mendidih selama 2 menit untuk melihat pengerutannya. Jika pengerutannya kurang dari 10% maka kulit tersebut dianggap masak. (Iswahyuni dkk,2001). Limbah dari proses penyamakan khrom diketahui bersifat sangat asam, dengan nilai pH antara 2,6-3,2 dan berwarna kehijauan. Limbah ini juga mengandung khrom yang sangat tinggi.

2.6.1. Bahan baku proses penyamakan kulit

Menurut Anonim (2001) bahan baku proses penyamakan kulit terdiri dari :

1. Bahan baku utama : kulit sapi, domba, dll.
2. Bahan pendukung :
 - a. Garam dapur (NaCl)
 - b. Asam sulfat (H_2SO_4)
 - c. Anti septic dan fungisida
 - d. Kapur ($Ca(OH)_2$)
 - e. Bahan pencuci (Hostapol)
 - f. Soda kue ($NaHCO_3$)
 - g. Ammonium sulfide (Na_2S)
 - h. Natrium format (HCOOH)
 - i. Khrom oksida (Cr_2O_3)

- j. *Solvent* (pelarut)
- k. Sodium asetat

2.6.2. Bahan Penyamak Kulit

Bahan penyamak khrom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantara bahan penyamak mineral seperti bahan penyamak aluminium dan bahan penyamak *zirconium*. Hal ini dikarenakan adanya sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh bahan penyamak khrom yang berhubungan dengan struktur molekul atom khrom itu sendiri. Ada dua valensi atom khrom yang dikenal dalam penyamakan kulit yaitu khrom bervalensi 6^+ (Cr^{6+}) dan khrom yang bervalensi 3^+ (Cr^{3+}). Khrom dengan valensi 6^+ tidak mempunyai kemampuan untuk bereaksi atau penyamakan kulit sebelum direduksi menjadi khrom bervalensi 3^+ .

Bahan penyamak khrom yang digunakan adalah garam yang mengandung atom-atom yang bervalensi +3 (garam khrom trivalen) sebagai chromium oksida (Cr_2O_3) di pasaran kadarnya 25%. Garam yang trivalen ini dapat membentuk ikatan dengan asam-asam amino cabang dalam struktur protein yang reaktif (Purnomo, 1994). Terjadinya ikatan antara bahan penyamak khrom dalam hal ini khrom bervalensi 3^+ dengan protein kulit adalah melalui jembatan gugus-gugus hidroksida (OH). Jika gugus hidroksida (OH) berikatan dengan atom bervalensi 3^+ (Cr^{3+}) serta berikatan dengan gugus asam amino sehingga merupakan jembatan.

Jembatan-jembatan yang terbentuk ini disebut juga ikatan silang (*cross linked*). Ikatan silang yang terbentuk selama penyamakan yang menyebabkan kulit mentah berubah sifatnya menjadi kulit termasak dengan sifat-sifat tertentu baik secara fisika maupun kimia. Jika dibanding dengan khrom yang bervalensi 6^+

(Cr⁶⁺) dengan khrom yang bervalensi 3⁺ (Cr³⁺), maka khrom yang bervalensi 3⁺ lebih bersifat stabil dan mudah terdispersi didalam air.

Bahan untuk penyamakan kulit terbagi menjadi empat golongan besar, yaitu :

1. Bahan penyamak nabati

Adalah bahan penyamak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan baik kulit kayu, buah atau daun-daun seperti : kulit kayu, pinang, mahoni, dll.

2. Bahan penyamak sintesis

Adalah bahan penyamak yang terdiri dari bahan-bahan phenol yang telah dibesarkan molekulnya dengan mele`bihi kondensasi dan sulfonasi. Dalam perdagangan telah merupakan bahan penyamak yang siap dipakai dengan naman antara lain : irgantone, tanigan, dll yang mana jenis ini banyak digunakan untuk penyamakan kulit reptil yang membutuhkan warna asli dari kulit tersebut.

3. Bahan penyamak minyak

Adalah bahan yang biasanya berasal dari minyak ikan hiu atau lainnya, yang dalam perdagangannya disebut minyak ikan kasar.

4. Bahan penyamak khrom

Adalah bahan penyamak khrom dengan dua valensi atom khrom, yaitu valensi +3 dan valensi +6. bahan ini digunakan untuk menyamak jaket, kulit box, dsb. Bahan penyamak khrom dalam perdagangan dikenal dengan *chromium powder*, *chrom alunin*, dsb.

2.6.3. Proses Penyamakan Kulit

Kulit binatang terdiri dari sejumlah protein kompleks yang berbeda. Kulit binatang dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian : epidermis, derma/korium dan daging. Epidermis merupakan lapisan kulit terluar dan sebagian besar terdiri dari protein karatin. Derma atau korium adalah bagian pembentuk kulit tersamak dan mengandung keratin. Daging merupakan lapisan tipis dan sebagian besar terdiri dari jaringan adipose.

Proses yang terpenting dalam penyamakan kulit adalah :

1. Pemeliharaan Kulit

Kulit dapat membusuk dengan cepat, oleh karena itu beberapa metode pemeliharaan telah digunakan untuk menahan aksi bakteri dan disintegrasi bagian-bagian kulit, antara lain dengan menggunakan garam natrium sulfat. Metode ini memerlukan waktu 3-4 minggu pada suhu 13⁰C. Kulit kehilangan kelembaban karena dehidrasi dan bertambah berat melalui adsorpsi garam. Metode pemeliharaan yang lain adalah penyaringan udara dan kombinasi penggaraman dan pengeringan udara.

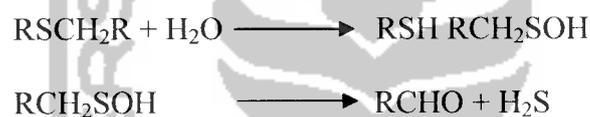
2. Preparasi Kulit untuk Penyamakan

Langkah pertama proses penyamakan adalah pemeriksaan kerusakan-kerusakan kulit karena kotoran, garam, pencucian dan perendaman. Pencucian dan perendaman kulit merupakan langkah yang cukup penting. Sejumlah natrium polisulfida dan zat aktif permukaan ditambahkan untuk mempercepat perendaman. Perendaman kulit yang baik mengandung lebih kurang 65% air.

3. Pengapuran

Pengapuran berat pelepasan dan penghilangan jaringan epidermis dan rambut pada kulit. Kulit diamati dengan visual secara bersamaan dan diletakkan dalam wadah yang mengandung air 10% berat kulit dalam kapur dan 2% berat kapur dalam natrium sulfida yang berperan sebagai zat pemercepat. Epidermis dan rambut sebagian besar disusu oleh keratin. Keratin merupakan protein yang mengandung residu. Sistem yang mudah diserang oleh alkali. Kapur menyerang rantai disulfide dalam kerati dan melunakkan rambut serat memindahkan epidermis.

Reaksinya adalah sebagai berikut :



Setelah mengalami pengapuran, kulit biasanya dimasukkan kedalam air hangat untuk menyusutkan dan memudahkan penghilangan rambut dan epidermis.

4. Penghilangan Kapur

Proses penghilangan kapur dilakukan untuk memurnikan pH kulit. Larutan yang digunakan pada proses ini adalah amonium sulfat karena larutan tersebut mampu menahan penurunan pH secara drastis sehingga dapat mengurangi pengembangan kulit akibat penurunan pH. Dalam proses ini dihasilkan amoniak sebagai produk sampingannya.



Proses selanjutnya adalah pengikisan protein dengan menggunakan amonium sulfat untuk menghilangkan sisa-sisa akar bulu, pigmen, lemak

dan kapur. Untuk menghentikan pengikisan protein, menghilangkan flek-flek kulit, penyesuaian pH kulit dan pH penyamakan dilakukan proses pengemasan kulit dengan menggunakan asam asetat, asam oksalat atau asam sulfat.

5. Penyamakan Kulit

Proses penyamakan kulit ada dua macam yaitu penyamakan nabati dan khrom. Penyamakan khrom biasanya dibagi dalam dua proses. Proses pertama menggunakan khrom, asam sulfat dan proses kedua menggunakan natrium bikarbonat. Larutan khrom untuk proses pertama biasanya diperoleh dari reduksi natrium bikarbonat dengan penambahan perlahan-lahan larutan glukosa atau SO_2 sampai reduksi berlangsung sempurna.



Secara umum proses penyamakan kulit ada 4 macam, yaitu :

a. Penyamakan nabati

Proses ini menggunakan penyamakan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan proses yang dijalankan terutama kulitnya yang tebal.

b. Penyamakan khrom

Proses ini menggunakan bahan penyamak dari senyawa khrom dan dijalankan untuk kulit yang tipis.

c. Penyamakan sintesis

Bahan yang digunakan adalah zat-zat penyama dari sintesis, dijalankan untuk kulit binatang melata (reptil)

d. Penyamakan minyak

Proses ini digunakan bahan-bahan penyamak minyak, dijalankan bila diinginkan kulit tahan air.

Dalam melaksanakan proses penyamakan, ada beberapa tahapan-tahapan tersebut untuk tipe/jenis kulit akan berbeda tergantung dari kulit tersamak yang diinginkan. Selain pertimbangan-pertimbangan ekonomi termasuk pula pertimbangan-pertimbangan tipe bahan dasar kulit mentah, obat-obatan yang digunakan dan penggunaan hasil akhir dari kulit tersamak. Adapun proses-proses penyamakan meliputi :

a. Pengawetan

Pengawetan dilakukan untuk pengawetan sementara agar kulit tidak busuk dengan garam dapur (NaCl).

b. Perendaman atau *soaking*

Kulit dalam keadaan basah dimasukkan kedalam larutan perendam yang berisi air deterjen sebanyak 0,3% sampai 1% dari berat kulit. Kemudian didiamkan selama 24 jam untuk menghilangkan garam dan mengembalikan kadar air pada kulit sehingga dapat dengan mudah diproses.

c. Pengapuran (*Liming*)

Kulit yang sudah direndam kemudian dicuci dan dimasukkan ke dalam drum yang berisi larutan antara lain Natrium sulfat (Na_2S) sebanyak 5% dari berat kulit, Kapur tohor ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sebanyak 6% dari berat kulit. Kemudian drum yang berisi kulit serta larutan tersebut diputar selama 1

jam untuk merontokkan bulu dan membuang lapisan kulit yang paling atas.

d. Pembuangan Daging (*Flestring*)

Flestring ini bertujuan untuk membuang sisa daging yang masih melekat pada kulit. Caranya daging pada kulit dihilangkan dengan mesin pembuang daging. Pada proses ini terjadi penurunan berat kulit 20% dari berat semula.

e. Pengapuran Ulang

Caranya kulit direndam larutan yang terdiri dari air dan larutan kapur sebanyak 20% dari berat kulit selama 10 jam dengan maksud menyempurnakan bulu-bulu halus.

f. Pembelahan (*Splitting*)

Kulit yang sudah bersih dari daging yang melekat dibelah menjadi dua bagian dengan menggunakan mesin pembelah daging. Pembelahan ini dilakukan untuk meratakan ketebalan kulit.

g. Pengasaman (*Picking*)

Pengasaman dilakukan dengan memasukkan kulit ke dalam drum yang berisi air, garam dapur (NaCl) sebanyak 15% dari berat kulit serta asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 1% dari berat kulit kemudian diputar selama 10 jam. Pada proses ini terjadi penurunan berat kulit sebanyak 10% dari berat kulit semula. Pengasaman ini bertujuan agar kulit dapat menyesuaikan dengan pH bahan penyamak dan untuk mengawetkan kulit serta menyeleksi baik buruknya kulit.

h. Penyamakan (*Tanning*)

Proses selanjutnya adalah penyamakan, dimaksudkan untuk mengubah kulit mentah yang bersifat stabil terhadap pengaruh mikroorganisme dan pengaruh alam lainnya. Proses penyamakan ini dikerjakan dalam drum yang berisi larutan air, khrom oksida (Cr_2O_3) sebanyak 7% sampai 8% dari berat kulit setelah pengasaman, sodium format (HCOONa) sebanyak 1% dari berat kulit. Kemudian drum tersebut diputar selama 8 jam sampai kulit yang diputar bewarna biru.

i. Pengecatan (*Drying*)

Proses ini dilakukan setelah proses pemerahan, pengetaman, pencucian, pengecatan dasar. Tujuannya adalah memberikan warna terhadap kulit sesuai dengan yang diinginkan.

j. Perataan Permukaan (*Setting out*)

Proses ini menghaluskan permukaan dan mengeluarkan air, dengan demikian kulit siap disempurnakan dalam finishing. Pemerahan dan penghalusan permukaan ini dengan menggunakan mesin (*setting out machine*).

k. Pengeringan (*Hanging/Drying*)

Proses ini dilakukan dalam mesin pengering atau digantung dalam ruangan pengeringan, maksudnya agar kulit kering.

l. Pelemasan Awal (*Milling*)

Proses ini dilakukan untuk pelemasan awal. Dilakukan dalam drum yang tanpa diberi apapun.

m. Peregangan (*Staking*)

Proses ini untuk melemaskan kulit, dengan mesin perenggang (*staking tangan/staking wheel* atau *vibrator staking machine*).

n. Pementangan (*Togghing*)

Untuk membuka kulit, membuat pit, menambah luas dan ukuran simetris, dilakukan dengan mesin tangle.

o. Pengerjaan Akhir (*Spraying/Finishing*)

Proses ini bertujuan untuk memberi tampilan warna yang dikehendaki sehingga tampak menarik. Proses ini dikerjakan dengan spray tangan.

Limbah yang ditimbulkan dari proses penyamakan kulit terjadi dari hasil proses reduksi yang bahan-bahannya merupakan zat-zat kimia. Dengan demikian limbahnya merupakan limbah kimia yang harus diolah lebih dahulu sebelum dibuang keperairan.

2.6.4. Limbah Industri Penyamakan Kulit

Limbah industri penyamakan kulit digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu: limbah padat dan limbah cair. Untuk limbah cair dihasilkan oleh proses penyamakan kulit diantaranya air kotor yang berasal dari perendaman amoniak, bekas cuci kulit, tetesan serta tumpahan. Parameter-parameter yang digunakan untuk mendefinisikan daya pencemar dari kegiatan penyamakan kulit meliputi BOD, COD, TSS, Chrom total, Nitrogen total, Sulfida, Minyak dan lemak serta pH. Sedangkan untuk limbah padat dihasilkan dari proses penyembelihan hewan, bulu, sisa-sisa bahan organik, kulit kayu untuk penyamakan serta lumpur dari hasil pengolahan limbah.

2.6.5. Sumber Limbah Industri Penyamakan Kulit

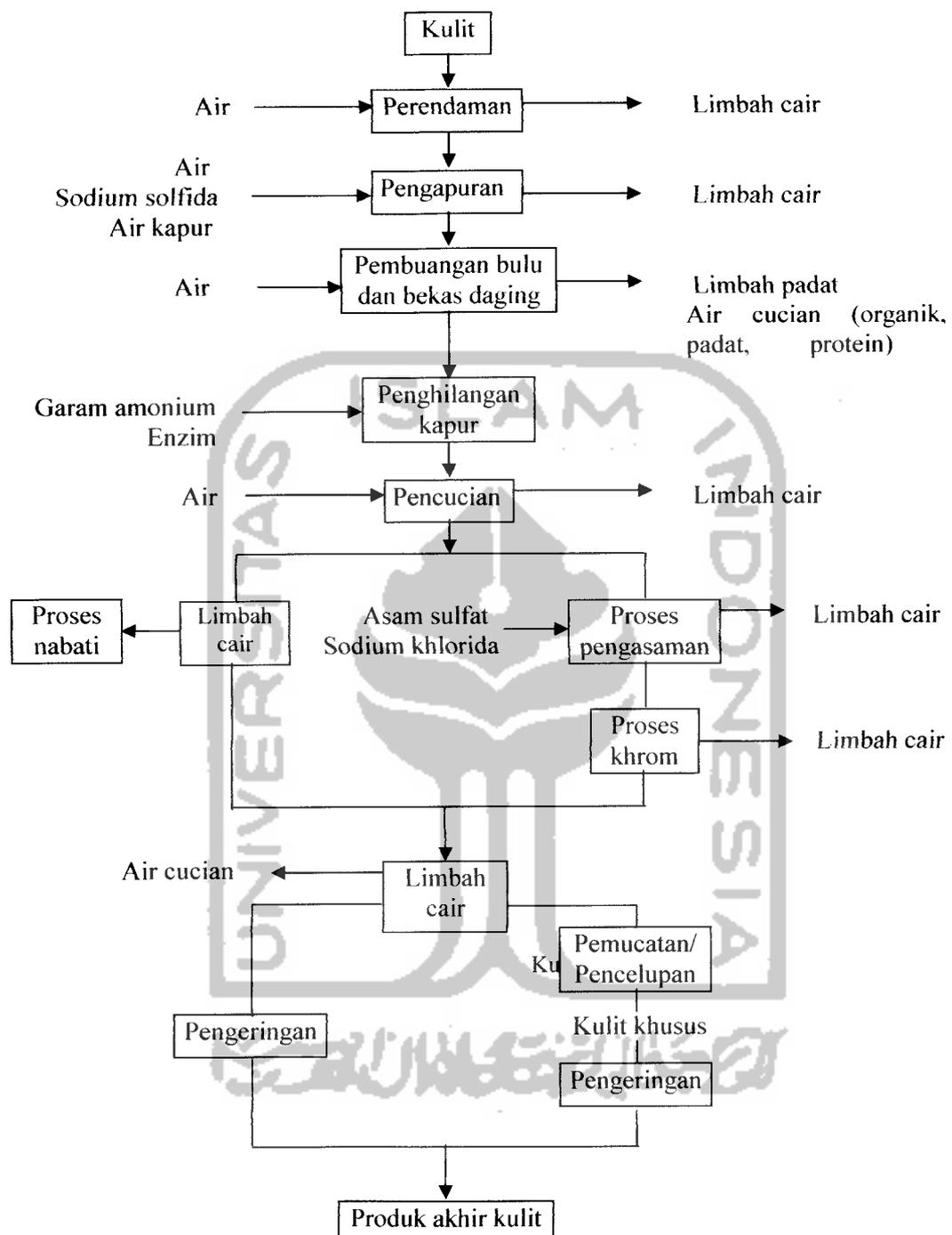
Sumber limbah cair maupun limbah padat industri penyamakan kulit berasal dari larutan yang digunakan pada unit pemrosesan yaitu : perendaman air, perendaman bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman dengan ammonia, pengasaman, penyamak, pemucatan sampai penghilangan warna. Penghilangan bulu menggunakan kapur dan sulfide merupakan penyumbang /kontributor terbesar beban pencemar pada industri penyamakan kulit. Menurut Oetoyo (1981) sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit yang ada adalah :

Tabel 2.2 : Sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit

Proses	Jenis Buangan
Perendaman	Detergen, Antiseptik, NaCl
Pengapuran bulu	Bulu, Protein, Ca(OH) ₂ , Sulfat
Pembuangan kapur	Asam format (HCOOH), NaCl
Pengasaman	H ₂ SO ₄ , NaCl, HCOOH
Penyamakan	Cr, HCOON, Natrium bikarbonat

(Sumber : Oetoyo, etal “ Pola Penangan Limbah Industri Penyamakan Kulit Karet dan Plastik “, Yogyakarta).

Selain limbah cair dari industri penyamakan kulit juga dihasilkan limbah padat, diantaranya bulu, daging, serta darah. Sebagian besar limbah padat lainnya meliputi sisa-sisa bahan organik, total nabati dan kulit kayu untuk penyamakan, lumpur dari pengolahan limbah. Untuk lebih jelasnya mengenai sumber air limbah industri penyamakan kulit dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1. Skema Proses Penyamakan Kulit Dan Sumber Limbah Yang Dikeluarkan. (Sumber : Anonim, *Limbah Cair Berbagai Industri*,1994)

2.6.6. Karakteristik Limbah Industri Penyamakan Kulit

Untuk mengetahui karakteristik limbah harus mengetahui terlebih dahulu bahan-bahan yang digunakan dalam proses penyamakan kulit. Adapun bahan-bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. Bahan penyamak

Ada dua bahan penyamak yang digunakan :

a. Bahan penyamak mineral

Bahan penyamak mineral yang banyak dipakai adalah bahan penyamak khrom.

b. Bahan penyamak nabati

Bahan penyamak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.

2. Bahan pembantu

a. Air, merupakan bahan pembantu yang banyak digunakan dalam proses.

b. Antiseptik, digunakan dalam proses perendaman.

c. Pengapuran, untuk menghindari kulit dari perusakan bakteri.

d. *Wetting Agent*, digunakan dalam proses pengapuran.

e. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan Na_2S digunakan untuk proses pengapuran.

f. H_2SO_4 , HCL, HCOOH, digunakan pada proses pembuangan kapur, pengasaman kulit, fiksasi dan proses penggemukan kulit serta pemucatan kulit samak nabati.

g. NaCL, digunakan dalam proses penyamakan dan pengawetan sebelum diproses.

- h. NH_2CO_3 dan NaHCO_3 , digunakan dalam proses netralisasi pada kulit yang disamakkan dengan bahan penyamak Cr.
- i. Deekaltal, untuk proses pembuangan kapur.
- j. Oropon, untuk membuka pori-pori.
- k. Cat dasar, berfungsi untuk memberi warna pada kulit yang sudah termasak.
- l. Minyak/gemuk untuk melemaskan kulit.
- m. Perekat, memberi daya rekat larutan cat tutup nerf kulit yang akan dihasilkan.
- n. Pelunak, untuk memberi sifat lunak pada larutan cat tutup agar tidak pecah sebelum kering.
- o. Brilliant, untuk memberi sifat mengkilat pada cat tutup.

Ditinjau dari bahan baku pembantu yang digunakan dalam industri penyamakan kulit, maka limbahnya mempunyai karakteristik yang bersifat bau anyir dan bau busuk dari proses perendaman, akibat pembusukan daging dan gas hidrogen sulfida yang berasal dari natrium sulfida. Sedangkan zat asam berasal dari proses pengasaman sampai terakhir bewarna hijau kebiru-biruan yang menandakan adanya khrom. Hal ini menjadikan zat padat tersuspensi tinggi (Anonim, 1984).

2.7. Prinsip-Prinsip Fitoremediasi

Istilah fitoremediasi berasal dari kata inggris *phytoremediation*, kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata yaitu *phyto* yang berasal dari kata yunani *phyton* yang berarti tumbuhan atau tanaman (*plant*) dan *remediation* yang berasal

dari kata latin *remediaum* yaitu memperbaiki atau menyembuhkan atau membersihkan sesuatu dalam hal ini berarti juga menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan atau kekurangan.

Dengan demikian fitoremediasi merupakan suatu sistem di mana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang/tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Atau bisa didefinisikan juga sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar, baik senyawa organik maupun senyawa anorganik.

Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar yang berada di sekitarnya, yaitu :

1. *Phytoaccumulation (Phytoextraction)*

Yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini disebut *Hyperaccumulation*.

2. *Rhizofiltration (Rhizo = akar)*

Adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radioaktif di Chernobyl Ukraina.

3. *Phytostabilization*

Yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air pada media.

4. *Rhizodegradation*

Disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation, or plant-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan misalnya ragi, fungi dan bakteri.

5. *Phytodegradation (Phytotransformation)*

Yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.

6. *Phytovolatilization*

Yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer.

2.8. Tanaman Air Yang Digunakan Dalam Fitoremediasi

Tanaman air adalah tanaman yang tumbuh subur di dalam badan air, yang kadang dapat menimbulkan masalah jika pertumbuhannya cepat dan banyak. Tanaman ini dapat mengotori saluran-saluran air sehingga mengurangi potensi penggunaan suatu mata air.

2.8.1. Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Kiapu merupakan tumbuhan air yang mengambang di permukaan air dan jenis tanaman daerah tropis. Tanaman kiapu juga digolongkan atau dikelompokkan ke dalam gulma air, baik di sawah-sawah maupun di perairan lainnya. Gulma ini dapat menyebabkan gangguan tumbuhan padi akibat adanya kompetisi pengambilan unsur-unsur hara.

Pertumbuhan tanaman ini tidak dikehendaki oleh para petani karena dianggap dapat menghambat pertumbuhan padi dan dapat mengurangi hasil panennya, sehingga biasanya dibuang begitu saja oleh para petani dan kadang-kadang tanaman Kiapu ditanam di dalam kolam ikan.

Morse (2002) menyebutkan bahwa Kiapu mempunyai kedudukan taksonomi sebagai berikut :

Division	: <i>Spermatophyta</i>
Kelas	: <i>Monokotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Aricales</i>
Famili	: <i>Araceae</i>
Genus	: <i>Pistia</i>
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i>

- Nama familia : *Araceae*
- Nama local : Kayu apu (Indonesia), Ki apu (Jawa), *Water lettuce tropical duck weed* (Inggris)

Diskripsi :

- Perawakan : Herba mengapung, diameter dapat mencapai 6 inch.
- Akar : Serabut dan menggantung di badan air, mempunyai banyak rambut-rambut akar, bewarna putih kehujauan.
- Daun : Tunggal, letak lebar, bentuk helaian daun bervariasi, bentuk pasak, sudip atau lidah. Ukuran daunnya 7 – 10 cm dengan lebar 2 – 5 cm. Umumnya bentuk pasak, panjang dan meruncing tepi rata atau bertoreh, ujung membulat, pertulangan sejajar, warna hijau, mempunyai alat tumbuh beberapa papilla di kedua permukaan, terutama bawah bagian basal.
- Bunga : Susunan bunga majemuk tongkol (*Spadix*), terletak di ketiak daun (*Aksiler*), panjang dapat mencapai ½ inch, jauh lebih pendek dari daun, bunga dilindungi selundang (*spatha*) warna hijau kekuningan dan berambut, *spadix* lebih pendek dan sebagian berdekatan dengan *spatha* pada bagian basal, dengan satu bunga betina di bagian bawah 2-8 bunga jantan di bagian atas, bunga *unisexual* (berkelamin satu) berumah satu (alat kelamin jantan dan betina terdapat pada 1 individu tanaman), tidak mempunyai perhiasan bunga (bunga telanjang), bunga

jantan dengan dua stamen, bunga betina mempunyai ovarium bentuk tabung.

Asal-usul : Berasal dari daerah spatropikal tersebar di eluruh daerah tropis dan sub tropis.

Habitat : Makrofit air tawar, mengapung bebas, tak terpancang di tanah.

Distribusi : Air tawar yang tenang atau berarus seperti sawah atau danau.

Perkembangan : Penyerbukan terutama dibantu serangga, berkembang biak mengandalkan cara vegetatif yaitu geragih (stolon), sering dikelompokka dalam gulma air karena kemampuan pertumbuhan sangat cepat, cepat berbunga terutama pada cuaca sangat panas tetapi kadang-kadang berbunga sepanjang tahun.

Manfaat : Dipercaya oleh beberapa orang mempunyai khasiat pelembut dan penyejuk, menjadi obat yang baik untuk disentri dan haematurie atau kemih berdarah. Di India juga digunakan untuk antiseptic, insektisida dan obat asma. Kemanpuan tumbuhan untuk mencengkram Lumpur dengan berkas-berkas akarnya kadang-kadang dimanfaatkan juga dalam pembersihan air sungai yang sangat kotor, untuk maksud-maksud industrial dengan cara menanamnya pada kolam-kolam pengendapan.

Tumbuhan ini juga banyak ditanam di kolam ikan untuk pakan ikan dan bebek.

A. Syarat Hidup Tanaman Kiapu

Tanaman Kiapu merupakan kelompok gulma air yang memiliki syarat hidup sebagai berikut :

1. Hidup pada daerah tropis
2. Hidup dari daratan rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 1600 meter di atas permukaan laut.
3. Hidup pada suhu 22°C - 30°C .
4. Hidup pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat.

B. Keunggulan Tanaman Kiapu

Tanaman Kiapu mempunyai keunggulan seperti :

1. Daya berkecambah tinggi
2. Tahan terhadap gangguan tempat hidup
3. Pertumbuhan cepat
4. Tidak peka terhadap sinar matahari
5. Tingkat absorpsi/penyerapan unsur hara dan air yang besar
6. Daya adaptasi yang tinggi terhadap musim

C. Fisiologi Tanaman Kiapu

1. Proses fotosintesis

Proses fotosintesis merupakan kemampuan tumbuhan untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk diubah menjadi bahan organik serta diasimilasikan di dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini hanya berlangsung

jika ada cukup cahaya. Pada proses foto sintesis, zat-zat organik H_2O dan CO_2 oleh klorofil diubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan sinar matahari.

2. Proses transpirasi

Transpirasi adalah proses penguapan air yang terjadi pada makhluk hidup terutama pada tumbuhan. Tumbuhan mutlak melakukan transpirasi, karena proses transpirasi selalu berkaitan dengan unsur hara. Dalam proses transpirasi ini dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor luar maupun faktor dalam.

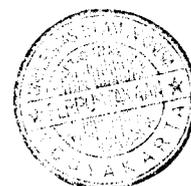
Faktor-faktor dalam adalah besar kecilnya daun, tebal-tipisnya daun, berlapiskan lilin atau tidaknya permukaan daun, banyak-sedikitnya bulu pada permukaan daun, banyak-sedikitnya stomata serta bentuk dan lokasi stomata. Sedangkan faktor-faktor luar seperti radiasi, temperatur, kelembapan udara, tekanan udara, angin dan keberadaan air di dalam tanah.

3. Proses respirasi

Respirasi yaitu proses pembongkaran di mana energi yang disimpan ditimbulkan kembali untuk menyelenggarakan proses-proses kehidupan.

4. Pengangkutan unsur hara

Dalam proses pengangkutan unsur hara dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah pengangkutan secara horizontal yang dilakukan oleh jaringan yang ada dalam tumbuhan. Jaringan tumbuhan yang melakukan pekerjaan tersebut adalah korteks, bulu-bulu akar dan akhirnya sampai di pembuluh kayu (*xylem*).



Pengangkutan tahap kedua dilakukan secara vertical, yaitu pengangkutan unsur hara dari bawah ke atas. Dalam pengangkutan secara vertikal dikenal beberapa teori, yaitu:

1. Teori vital, teori yang mengemukakan bahwa pengangkutan unsur hara dan air dimula dari bawah ke atas (secara vertikal) oleh tumbuhan yang bersangkutan dan dilakukan karena adanya pertolongan sel-sel hidup.
2. Teori adhesi, teori yang menyatakan bahwa air dan unsur hara dapat terangkut ke atas karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul-molekul air yang terdapat pada tumbuhan tersebut.
3. Teori kapilaritas, teori pengangkutan yang menyatakan bahwa air dan unsure hara yang terdapat di dalamnya akan tersangkut ke atas dikarenakan adanya gaya tarik-menarik antara molekul air yang terdapat dalam dinding *xylem* tumbuhan. (Dwijoseputro,1992)

2.9. Mekanisme Penyerapan Logam Oleh Tanaman

Semua tanaman mempunyai kemampuan mekanisme penyerapan yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel, terutama nitrat dan ammonium, fosfat, K, Ca, sulfat, Mg, Mn, Fe, Co, Bo, Cl, Zn dan Mo. Tambahan pula kisaran amat luas dari unsur lain dari yang berlimpah Al, Na, sampai unsure yang tersembunyi seperti zircovon titanium dan unsur – unsur yang sama diakumulasi oleh tanaman.

Terdapat dua sifat pengambilan tanaman yaitu faktor konsentrasi, di mana kemampuan tanaman untuk mengakumulasi ion sampai satu konsentrasi yang kadang – kadang beberapa tingkat lebih besar dari pada dalam medium, dan faktor

perbedaan kuantitatif yang ada diantara spesies tanaman dan kebutuhan terhadap hara yang berbeda. (Fither dan Hay, 1992)

Seluruh substansi yang terdapat dalam larutan pada tanah atau benda air, diserap oleh akar tumbuhan seperti layaknya spon menyerap suatu cairan dan apa-apa yang terkandung didalamnya tanpa seleksi. Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tubuh lain, dan lokasi logam pada bagian tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut.

Penyerapan logam berat oleh tumbuhan akuatik menimbulkan keuntungan dan kerugian, antara lain :

- a. Proses absorpsi merupakan keuntungan karena pengambilan logam-logam berat karena ekstraksi lebih mudah dilakukan oleh tumbuhan.
- b. Proses absorpsi merupakan hal yang merugikan apabila logam-logam tersebut terbawa kedalam rantai makanan hewan dan manusia.

(Tjitrosoedirdjo dan Sastroutomo, 1985)

A. Penyerapan Oleh Akar

Pada umumnya tumbuhan akan menyerap unsur hara yang larut dalam air maupun dari tanah melalui akar-akarnya. Terdapat dua cara penyerapan ion ke dalam akar tanaman, yaitu :

1. Aliran massa, ion dalam air bergerak menuju akar ke gradien potenseial yang disebabkan oleh transpirasi.
2. Difusi, gradien konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar. (Fitter dan Hay, 1991)

Berdasarkan komponen yang diserap oleh Kiapu dari limbah cair maka penyerapan tersebut dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Penyerapan nutrient

Beberapa faktor yang secara potensial berpengaruh terhadap penyerapan nutrient adalah sejumlah variabel konsentrasi nutrient dalam jaringan dan tersedianya nutrient. Demikian juga tentang umur tanaman, tempat, musim dan posisi tumbuhannya.

2. Penyerapan logam berat

Analisa jaringan tanaman dari sumber yang berbeda menunjukkan bahwa kiapu mengakumulasi beberapa macam logam berat dari lingkungan seperti halnya : Fe, Mn, Zn dan Cu. Kecepatan dan banyaknya penyerapan unsur dari dalam air oleh tanaman Kiapu dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain jenis zat yang tercampur, unsur dan ukuran tanaman.

B. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Beragai molekul khelat yang berfungsi untuk mengikat loga dihasilkan oleh tumbuhan.

C. Lokasi logam pada tumbuhan

Untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi. Misalnya dengan penimbunan logam di dalam organ tertentu seperti akar.

2.10. Hipotesa

Berdasarkan tujuan maka dapat dikemukakan sebagai berikut :

1. Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Kiapu dapat menurunkan kandungan khrom.
2. Konsentrasi awal logam Cr dan waktu kontak berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan Kiapu pada logam tersebut.
3. Terjadi akumulasi logam Cr pada morfologi tanaman Kiapu (akar dan daun).
4. Kapasitas serapan logam terbanyak terdapat di akar.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Turi, Sleman, Yogyakarta. Sedangkan pemeriksaan sampel dan tanaman dilakukan di laboratorium Kimia Analitik MIPA UGM.

3.2. Waktu Penelitian

Penelitian dimulai bulan Desember 2005 – Januari 2006.

3.3. Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah :

1. Konsentrasi awal logam.
2. Pengaruh konsentrasi logam dan waktu kontak terhadap kemampuan penyerapan logam oleh tanaman.
3. Perubahan pH pada masing-masing konsentrasi.
4. Distribusi akumulasi logam Cr pada bagian tanaman.
5. Kapasitas serapan terbesar logam pada tanaman (akar dan daun).

3.4. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas (berpengaruh) dalam penelitian ini adalah jenis tanaman yang digunakan, yaitu tanaman Kiapu yang mempunyai panjang akar, jumlah daun dan lebar daun yang sama.

2. Variabel terikat

Variabel terikat (terpengaruh) dalam penelitian ini adalah kandungan logam khrom dan pH.

3.5. Operasional Penelitian

1. Sampel yang digunakan sesuai dengan uji ketahanan hidup tanaman kiapu (*Pistia stratiotes*) pada limbah cair penyamakan kulit.
2. Tanaman yang digunakan diupayakan sama dalam hal panjang akar, panjang daun dan lebar daun.
3. Variasi yang digunakan adalah variasi konsentrasi limbah yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, 100% tanpa tanaman sebagai kontrol dan 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dengan tanaman sebagai perlakuan dengan dua kali pengulangan.
4. Variasi pengambilan sampel yaitu pada hari ke 4, 6, 8 dan 10.

3.6. Bahan dan Alat Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dan tanaman. (Lampiran alat dan bahan)
2. Alat dan bahan analisa laboratorium. (Lampiran alat dan bahan)

3.7. Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Tahap penyediaan lahan

Mempersiapkan lahan guna menempatkan ember-ember percobaan. Ember tersebut ditempatkan di tempat yang intensitas sinar matahari sedang atau ternaungi tumbuhan lain agar tanaman tetap dapat melakukan proses metabolisme secara normal.

2. Tahap persiapan tanaman

Tanaman dipilih berdasarkan keseragaman, dipindahkan dari habitat alami ke dalam ember agar diperoleh daya adaptasi yang baik sebelum diperlakukan. Dipilih tanaman yang relatif sama, baik panjang akar, panjang daun dan lebar daun.



Gambar 3.1. Kiapu pada Kondisi Penyesuaian

3. Tahap uji pendahuluan

Dimana uji pendahuluan ini dilakukan pada konsentrasi kandungan khrom sebagai berikut :

Tabel 3.1. Konsentrasi kandungan khrom pada uji pendahuluan

Kandungan Khrom	Konsentrasi
2118,3 ppm	0%, 25%, 50%, 75%, 100%
1000 ppm	0%, 25%, 50%, 75%, 100%
100 ppm	0%, 25%, 50%, 75%, 100%

Pada tahap pendahuluan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tanaman kiapu dipilih berdasarkan keseragaman panjang daun, lebar daun dan panjang akar.
 - b. Akar tanaman kiapu dibersihkan dari tanah yang melekat dengan air bersih yang mengalir.
 - c. Tanaman kiapu kemudian dimasukkan ke dalam ember yang berisi limbah sesuai dengan konsentrasinya sebanyak 5 liter dan aklimatisasikan selama 10 hari.
 - d. Dari uji ketahanan di atas maka dipilih kandungan khrom yang paling baik tumbuhnya tanaman kiapu.
4. Media tanaman
- a. Media tanam berupa ember dengan volume 10 liter sebanyak 15 ember, 5 ember sebagai kontrol dan 10 ember untuk perlakuan dengan variasi konsentrasi limbah.
 - b. Limbah penyamakan kulit sesuai konsentrasinya dipindahkan ke dalam ember.

5. Tahap pelaksanaan

a. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 15 ember masing-masing bervolume 10 liter yang dibagi sebanyak 6 kelompok dan diberi label dengan tahap sebagai berikut :

- 5 ember sebagai kontrol tanpa tanaman dengan konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.
- 2 ember ditanami tanaman Kiapu dengan konsentrasi limbah 0%.
- 2 ember ditanami tanaman Kiapu dengan konsentrasi limbah 25%.
- 2 ember ditanami tanaman Kiapu dengan konsentrasi limbah 50%.
- 2 ember ditanami tanaman Kiapu dengan konsentrasi limbah 75%.
- 2 ember ditanami tanaman Kiapu dengan konsentrasi limbah 100%.

b. Pengaliran limbah pada ember dilakukan selama 10 hari kemudian dilakukan analisa laboratorium pada variasi waktu 4, 6, 8, 10 hari.

c. Parameter tanaman yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari :

Tabel 3.2. Parameter pengamatan pertumbuhan tanaman

No	Parameter	Frekuensi Pengamatan
1	Akar	0, 4, 6, 8, 10
2	Panjang daun	0, 4, 6, 8, 10
3	Lebar daun	0, 4, 6, 8, 10
4	Kandungan khrom dalam akar dan daun	0 dan 10

6. Tahap Pemeriksaan

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap analisa kualitas air limbah di laboratorium dengan pengukuran parameter-parameter yang diuji. Tahap-tahap dalam analisa laboratorium yaitu :

- a. Analisa awal, dilakukan pada saat pengambilan limbah penyamakan kulit sebagai data awal konsentrasi limbah.
- b. Analisa terhadap variasi waktu, dilakukan sebanyak 4 kali pengambilan sampel yaitu pada hari ke 4, 6, 8 dan 10 hari, sedang untuk pengambilan sampel pada tanaman dilakukan pada hari ke 0 dan 10. Setiap sampel dilakukan tiga kali pengujian laboratorium (*tripel*).

3.8. Analisa data

Setelah data diperoleh selanjutnya diolah dan dianalisa dengan uji Anava (*Analysis of Variance*), untuk acak lengkap guna mengetahui pengaruh variasi konsentrasi limbah dan pengaruh waktu pengambilan sampel yang berbeda terhadap penurunan kandungan khrom pada limbah cair penyamakan kulit. Tabel uji Anava dapat dilihat pada tabel 3.3 dan 3.4 di bawah ini :

Tabel 3.3. Uji Statistik

Ulangan	Perlakuan				Jumlah
	1	2	3k	
1	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	Y_{k1}	
2	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	Y_{k2}	
3	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{k3}	
n	Y_{1n}	Y_{2n}	Y_{3n}	Y_{kn}	
Jumlah	J_1	J_2	J_3	J_k	$J = \sum_{i=1}^k J_i$
Banyak pengamatan	n_1	n_2	n_3	n_k	$\sum_{i=1}^k n_i$
Rata-rata	Y_1	Y_2	Y_3	Y_k	$Y = J / \sum_{i=1}^k n_i$

Sumber : Sujana, 1992

Keterangan :

J_i = Jumlah nilai pengamatan untuk tiap perlakuan

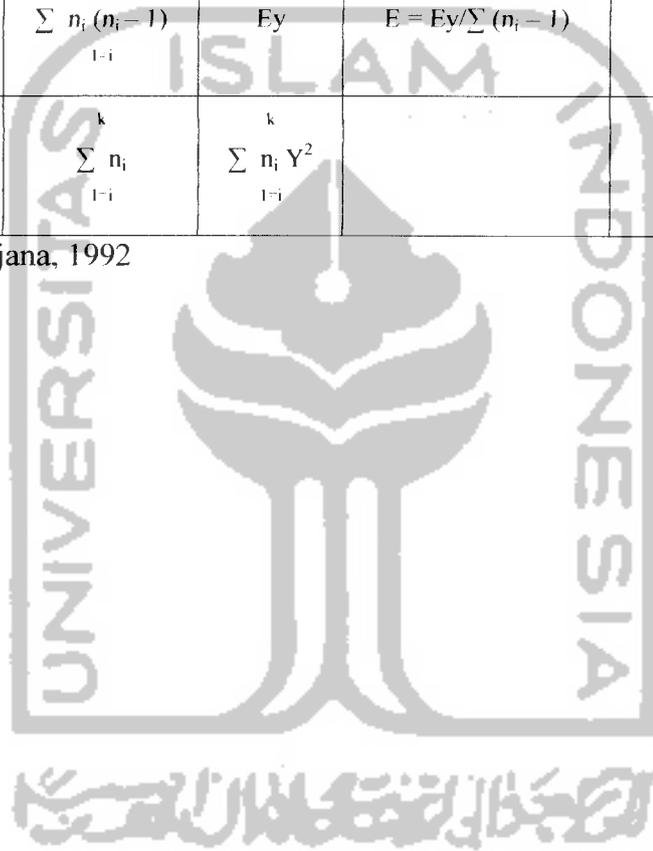
n_i = Banyak pengamatan

Y = Rata-rata seluruh nilai pengamatan

Tabel 3.3. Daftar Analisa Varians

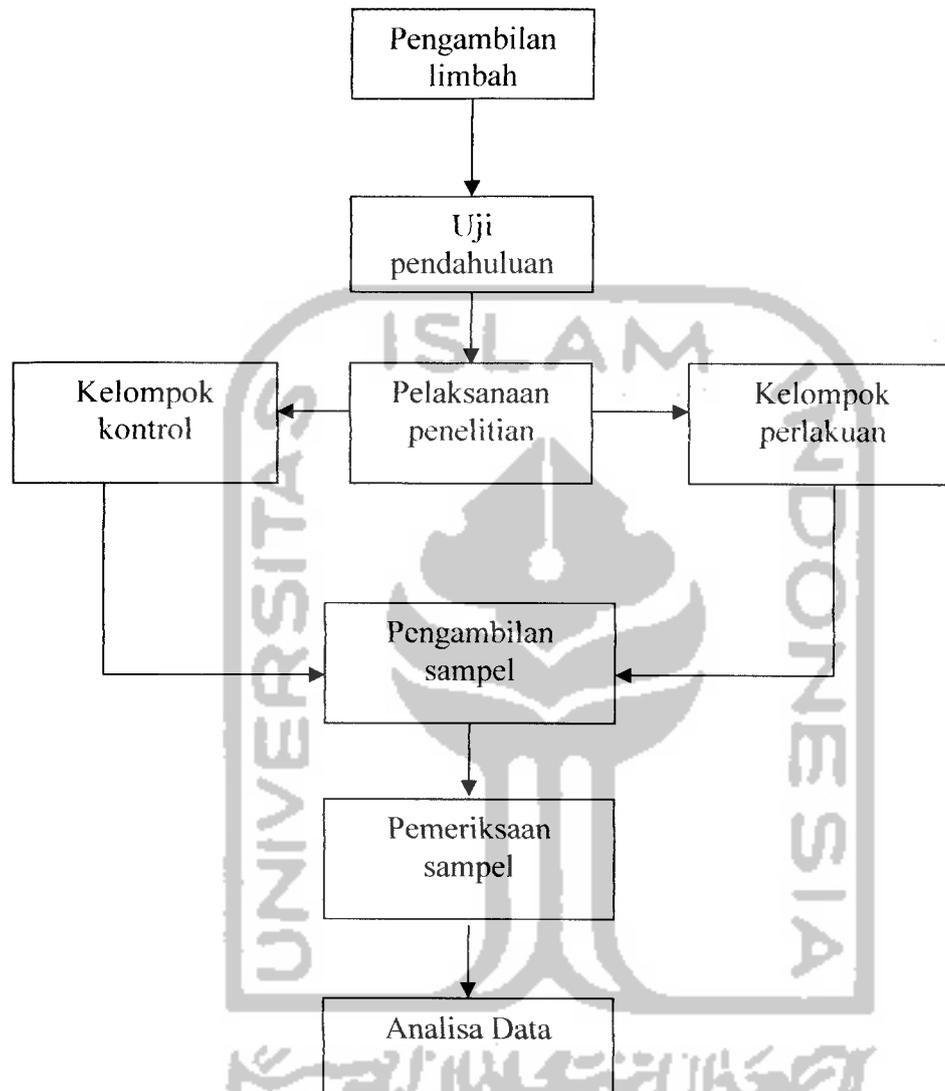
Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (DK)	Jumlah Kuadrat (KT)	Kuadrat Tengah (KT)	F_{hitung}	F_{tabel}
Rata-rata	1	R_y	$R - R_y$	P/E	5%
Antar perlakuan	$K - 1$	P_y	$P = P_y / (k - 1)$		
Dalam perlakuan	$\sum_{i=1}^k n_i (n_i - 1)$	E_y	$E = E_y / \sum (n_i - 1)$		
Jumlah	$\sum_{i=1}^k n_i$	$\sum_{i=1}^k n_i Y^2$			

Sumber : Sujana, 1992



3.9. Sistematika Kerja

Sistematika kerja pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram berikut ini :



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1 Konsentrasi Awal Logam Khrom Dalam Limbah Cair Penyamakan

Kulit

Konsentrasi awal logam merupakan konsentrasi yang menunjukkan kemampuan daya serap tanaman sampai konsentrasi logam yang tidak menimbulkan kematian pada tanaman. Sedangkan waktu kontak merupakan waktu untuk melihat paparan terlama tanaman dalam menyerap logam berat sampai tanaman menjadi mati. Penelitian konsentrasi kandungan logam khrom sebesar 100 ppm dan variasi konsentrasinya 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%, sedangkan waktu kontaknya 4, 6, 8 dan 10 hari.

Hasil pemeriksaan awal pada limbah cair penyamakan kulit dilakukan di laboratorium Kimia Analitik, UGM, Yogyakarta menunjukkan kandungan khrom sebesar 2118,3 ppm. Apabila dibandingkan dengan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia no.51 th. 1995 nilai kandungan Cr dalam limbah cair penyamakan kulit melebihi ambang batas. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Kandungan Khrom Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit

Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran			Rata-Rata
		I	II	III	
Khrom (Cr)	µg/ml	2078,562	2142,176	2134,224	2118,3

Sumber : Data primer 2005

Dalam penelitian ini kiapu ditanam pada media tanam berupa limbah cair penyamakan kulit dengan konsentrasi kandungan khrom sebesar 100 ppm sebanyak 5 liter. Penentuan konsentrasi kandungan khrom ini berdasar uji pendahuluan, bahwa tanaman Kiapu yang dapat hidup dengan konsentrasi kandungan khrom 100 ppm pada limbah cair penyamakan kulit. Sedang pada konsentrasi kandungan khrom sebesar 2118,3 ppm dan 1000 ppm Kiapu tidak dapat hidup.

4.1.2 Konsentrasi Awal Logam Khrom Dalam Tanaman Kiapu

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Kiapu sebelum ditanam pada media tanam telah mengandung logam khrom. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Kandungan Khrom Dalam Akar Tanaman Kiapu

Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran			Rata-Rata
		I	II	III	
Khrom (Cr)	µg/g	450,211	431,540	425,207	435,625

Sumber : Data primer 2005

Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Kandungan Khrom Dalam Daun Tanaman Kiapu

Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran			Rata-Rata
		I	II	III	
Khrom (Cr)	$\mu\text{g/g}$	621,152	632,435	644,780	632,789

Sumber : Data primer 2005

4.1.3 Hasil Pemeriksaan Kandungan Khrom Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan

Dari hasil pemeriksaan laboratorium kandungan khrom yang dilakukan di laboratorium Kimia Analitik UGM terhadap limbah penyamakan kulit dengan konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100% setelah mengalami perlakuan tanpa tanaman sebagai kontrol dan dengan tanaman pada waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Khrom Dalam Limbah Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan Tanpa Tanaman

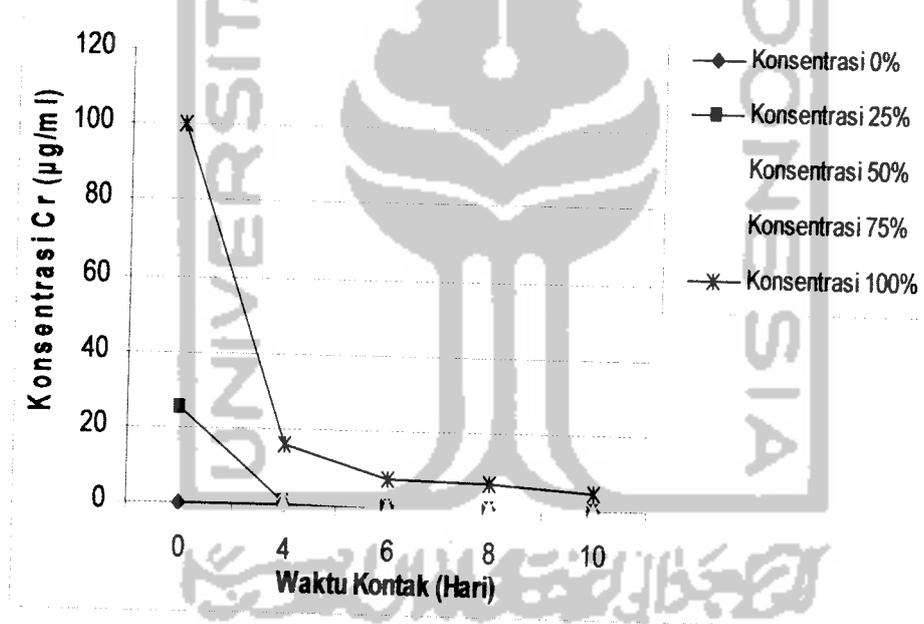
Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Satuan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
		0	4	6	8	10
0	$\mu\text{g/ml}$	0	ttd	ttd	ttd	ttd
25	$\mu\text{g/ml}$	25	0,443	0,116	0,099	0,091
50	$\mu\text{g/ml}$	50	0,677	0,093	0,089	0,087
75	$\mu\text{g/ml}$	75	3,572	0,408	0,298	0,266
100	$\mu\text{g/ml}$	100	15,724	7,063	6,927	4,652

Sumber : Data primer 2006

Pada Tabel 4.4 di atas menunjukkan hasil pemeriksaan kandungan khrom pada limbah cair penyamakan kulit tanpa tanaman Kiapu pada ember dengan

variasi konsentrasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dan variasi waktu kontak 4, 6, 8 dan 10 hari sebanyak 5 liter.

Berdasarkan tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara penurunan kandungan khrom dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak setelah proses pengolahan. Dari grafik ini dapat dilihat bahwa kecil konsentrasi limbah penyamakan kulit dan semakin lama waktu kontak pada limbah penyamakan kulit maka penurunan kandungan khrom dalam limbah tersebut akan semakin besar. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini :



Gambar 4.1. Penurunan Kandungan Khrom Setelah Perlakuan Tanpa Tanaman

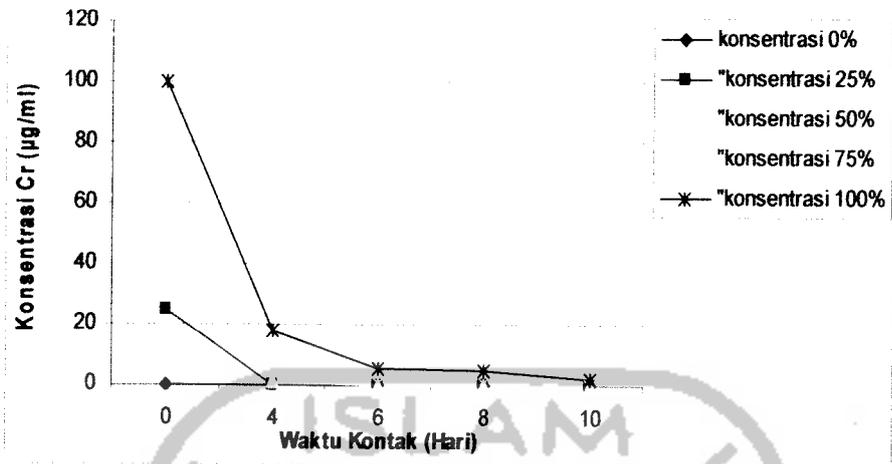
Pada Tabel 4.5 di bawah ini menunjukkan hasil pemeriksaan kandungan khrom pada limbah cair penyamakan kulit dengan tanaman Kiapu pada ember ulangan I dan ulangan II dengan variasi konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dan variasi waktu kontak 4, 6, 8 dan 10 hari sebanyak 5 liter.

Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Khrom Dalam Limbah Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan Dengan Tanaman Kiapu

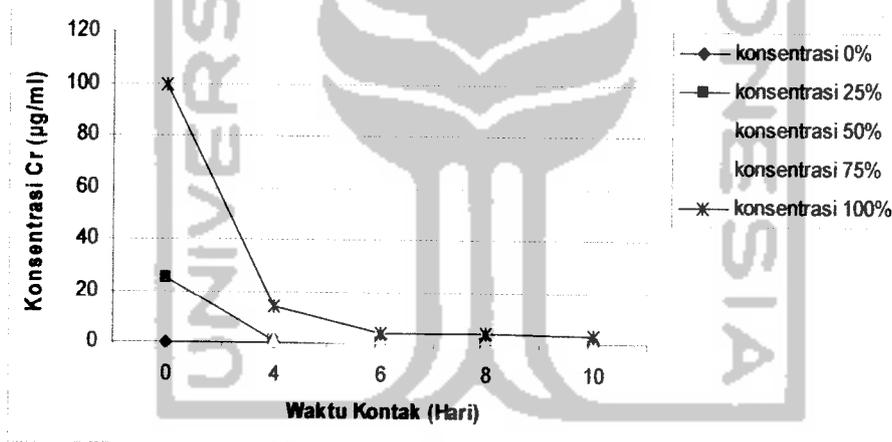
Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Satuan	Ulangan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)				
			0	4	6	8	10
0	gμ/ml	I	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
		II	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
25	μg/ml	I	25	0,302	0,093	0,053	0,048
		II	25	0,502	0,172	0,104	0,068
50	μg/ml	I	50	1,064	0,321	0,155	0,076
		II	50	0,795	0,161	0,150	0,077
75	μg/ml	I	75	4,897	0,938	0,399	0,155
		II	75	4,510	2,463	2,387	0,182
100	μg/ml	I	100	18,138	5,173	4,652	2,006
		II	100	13,919	4,250	3,656	3,218

Sumber : data primer 2006

Berdasarkan tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak setelah proses pengolahan pada ulangan I dan ulangan II. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3 di bawah ini :



Gambar 4.2. Penurunan Kandungan Khrom Setelah Perlakuan Dengan Tanaman Pada Ulangan I



Gambar 4.3. Penurunan Kandungan Khrom Setelah Perlakuan Dengan Tanaman Pada Ulangan II

Dari Gambar 4.2 dan 4.3 di atas dapat dilihat bahwa semakin kecil konsentrasi limbah dan semakin lama waktu kontak pada limbah penyamakan kulit maka tingkat penurunan khrom akan semakin besar.

4.1.4 Hasil Pemeriksaan pH Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan

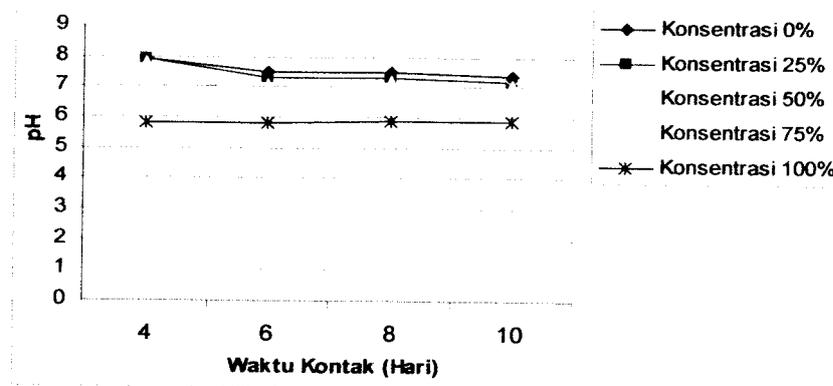
Hasil pemeriksaan pH pada limbah penyamakan kulit setelah perlakuan tanpa tanaman dan dengan tanaman dengan tanaman dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.6. Hasil Pemeriksaan pH Dalam Limbah Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan Tanpa Tanaman

Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)			
	4	6	8	10
0	7,9	7,5	7,5	7,4
25	7,9	7,3	7,3	7,2
50	7,8	7,1	7,2	7,1
75	7,5	6,7	6,7	7,1
100	5,8	5,8	5,9	5,9

Sumber : data primer 2006

Pada Tabel 4.6 di atas menunjukkan hasil pemeriksaan pH pada limbah penyamakan kulit setelah perlakuan tanpa tanaman dan variasi waktu kontak 4, 6, 8 dan 10 hari. Berdasarkan tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak dengan pH. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4. Hubungan pH Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Waktu Kontak Setelah Perlakuan Tanpa Tanaman

Pada Gambar 4.4 di atas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi limbah maka nilai pH-nya semakin kecil hal ini menunjukkan bahwa air limbah penyamakan kulit bersifat asam.

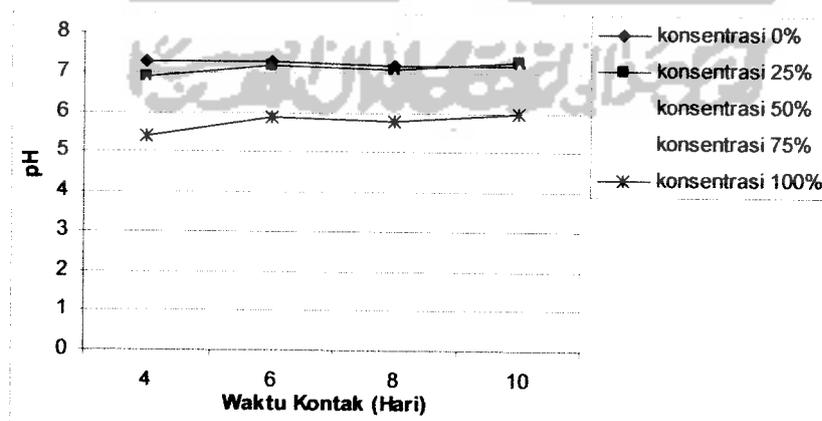
Pada Tabel 4.7 di bawah menunjukkan hasil pemeriksaan pH pada limbah penyamakan kulit setelah mengalami perlakuan dengan tanaman dan variasi waktu kontak 4, 6, 8 dan 10 hari.

Tabel 4.7. Hasil Pemeriksaan pH Dalam Limbah Penyamakan Kulit Setelah Perlakuan Dengan Tanaman

Variasi Konsentrasi Air Limbah (%)	Ulangan	Variasi Pengambilan Sampel (Hari)			
		4	6	8	10
0	I	7,3	7,3	7,2	7,2
	II	7,3	7,5	7,3	7,3
25	I	6,9	7,2	7,1	7,3
	II	7,3	7,3	7,2	7,4
50	I	6,7	6,9	6,9	7,1
	II	7,1	7,1	7,3	7,2
75	I	6,2	6,3	6,2	6,5
	II	6,8	6,0	6,1	6,3
100	I	5,4	5,9	5,8	6,0
	II	6,0	5,8	5,8	6,1

Sumber : data primer 2006

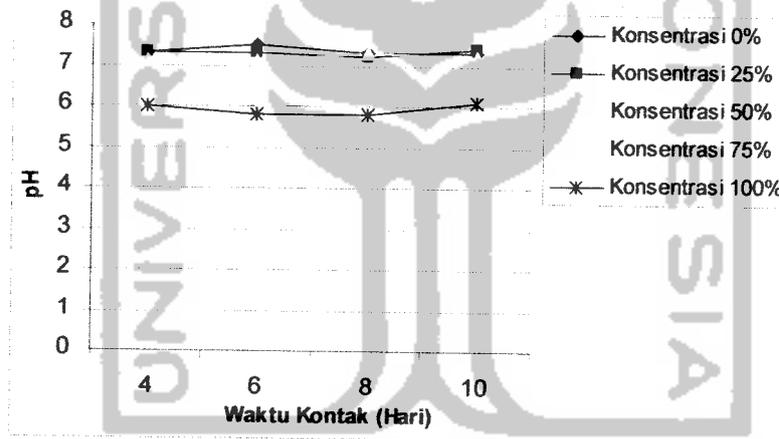
Berdasarkan tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak dengan pH. Hubungan ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5. Hubungan pH Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak pada Ulangan I

Pada Gambar 4.5 di atas menunjukkan hubungan antara pH dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak pada limbah setelah perlakuan dengan tanaman pada ulangan I. Semakin besar konsentrasi limbahnya maka pH-nya semakin kecil, ini menunjukkan bahwa air limbah pada penyamakan kulit bersifat asam.

Sedangkan pada Gambar 4.6 di bawah ini menunjukkan hubungan antara pH dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu pada limbah penyamakan kulit setelah perlakuan dengan tanaman Kiapu pada ulangan II. Pada grafik ini juga terlihat bahwa semakin besar konsentrasi limbah maka nilai pH-nya semakin kecil, hal ini berarti bahwa limbah pada penyamakan kulit bersifat asam.



Gambar 4.6. Hubungan pH Dengan Variasi Konsentrasi Limbah dan Variasi Waktu Kontak pada Ulangan II

4.1.5 Hasil Penelitian Terhadap Fisik Tanaman Kiapu

Sedang pertumbuhan Kiapu yang diamati selama 10 hari yang meliputi panjang akar, jumlah daun, lebar daun, warna daun, warna akar dan pertambahan jumlah daun. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8 di bawah ini :

Tabel 4.8. Hasil Penelitian Pertumbuhan Tanaman Kiapu Selama 10 Hari

Fisik	Konsentrasi Limbah (%)	Sebelum Penelitian		Setelah Penelitian	
		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan I	Ulangan II
Panjang Akar (cm)	0	10	10	25	24
	25	10	10	22	22
	50	10	10	19	17
	75	10	10	19	18
	100	10	10	15	14
Panjang Daun (cm)	0	5,5	5,5	9	8
	25	5,5	5,5	6	7
	50	5,5	5,5	7	7
	75	5,5	5,5	6	7
	100	5,5	5,5	6	6,5
Lebar Daun (cm)	0	4	4	5	5
	25	4	4	5	5
	50	4	4	5	5
	75	4	4	5	4,5
	100	4	4	4,5	5
Warna Daun	0	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau
	25	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau terdapat bintik kuning, ujungnya mulai layu
	50	Hijau	Hijau	Hijau terdapat bintik kuning	Hijau terdapat bintik kuning
	75	Hijau	Hijau	Hijau pinggir daun mulai layu	Hijau terdapat bintik kuning
	100	Hijau	Hijau	Hijau kekuningan, pinggir daun mulai layu	Hijau kekuningan, pinggir daun mulai layu
Warna Akar	0	Putih kehijauan	Putih kehijauan	Putih kehijauan	Putih kehijauan
	25	Putih kehijauan	Putih kehijauan	Kuning kehijauan terdapat partikel hijau khrom	Kuning kehijauan terdapat partikel hijau khrom
	50	Putih kehijauan	Putih kehijauan	Kuning kehijauan terdapat partikel hijau khrom	Kuning kehijauan terdapat partikel hijau khrom
	75	Putih kehijauan	Putih kehijauan	Kuning kehijauan terdapat	Kuning kehijauan terdapat

	100	Putih kehijauan	Putih kehijauan	partikel hijau khrom	partikel hijau khrom
				Kuning kehijauan terdapat partikel hijau khrom	Kuning kehijauan terdapat partikel hijau khrom
Pertambahan Jumlah Daun (buah)	0	7	7	11	10
	25	9	8	12	10
	50	10	9	12	12
	75	10	10	13	14
	100	8	10	10	13

Sumber : Data primer, 2006

Dari tabel di atas terlihat bahwa pertumbuhan tanaman Kiapu pada masing-masing konsentrasi terjadi pertumbuhan yang berbeda-beda pada setiap tanaman, ini dapat dilihat dari perubahan panjang akar, daun, lebar daun dan penambahan jumlah daun pada tanaman Kiapu. Hal ini disebabkan karena setiap tanaman memiliki tingkat kemampuan untuk tumbuh yang berbeda-beda setelah tanaman tersebut menyerap logam berat khrom.

4.1.6 Konsentrasi Logam Cr Dalam Morfologi Tanaman Kiapu

Untuk mengetahui konsentrasi logam pada bagian tanaman dilakukan pengukuran kapasitas serapan logam khrom pada bagian akar dan daun. Pengukuran kapasitas serapan logam Cr pada sampel tidak dapat langsung dianalisis, karena sampel berbentuk padatan yaitu akar dan daun. Maka sebelum dianalisis sampel didestruksi terlebih dahulu, destruksi yang digunakan adalah destruksi basah dengan penambahan HNO_3 pekat. Mula-mula sampel akar yang sudah kering dipotong kecil-kecil kemudian ditimbang dalam krusibel. Gram sampel yang sudah diketahui dimasukkan ke dalam gelas beker 100 ml dan ditambahkan $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (1:1) sebanyak 3 ml, kemudian ditutup rapat dan

diamkan selama 48 jam. Setelah itu suspensi dipanaskan sambil diaduk dengan magnetik stirrer pada suhu 66⁰C dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam. Lalu suspensi didinginkan pada suhu kamar, kemudian ditambah dengan 25 ml aquadest. Kemudian dipanaskan kembali sambil diaduk selama 5 menit. Kandungan suspensi disaring dengan kertas whatman 41. larutan yang telah jernih dimasukkan kedalam gelas beker dan dipanaskan diatas kompor listrik sehingga volume larutan tersisa 10 ml, larutan yang tersisa 10 ml tadi dimasukkan ke dalam labu ukur 25 ml dan ditambah aquadest sampai tanda batas. Kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca dan ditutup rapat simpan pada suhu 4⁰C untuk dianalisis. (Sastre, dkk, 2002)

Dari hasil pemeriksaan laboratorium kandungan khrom terhadap tanaman Kiapu yaitu pada akar dan daun, pada konsentrasi limbah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% setelah 10 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.9. Hasil Penelitian Kandungan Khrom Dalam Akar Kiapu

Akar Dalam Konsentrasi Limbah (%)	Hasil Pengukuran (µg/g)		Rata-tata (µg/g)
	ulangan I	ulangan II	
0	421,181	421,181	421,181
25	36747,840	26295,097	31521,469
50	11179,493	13391,672	12285,583
75	8359,027	10486,754	9422,891
100	4052,711	5120,444	4586,578

Sumber : Data Primer 2006

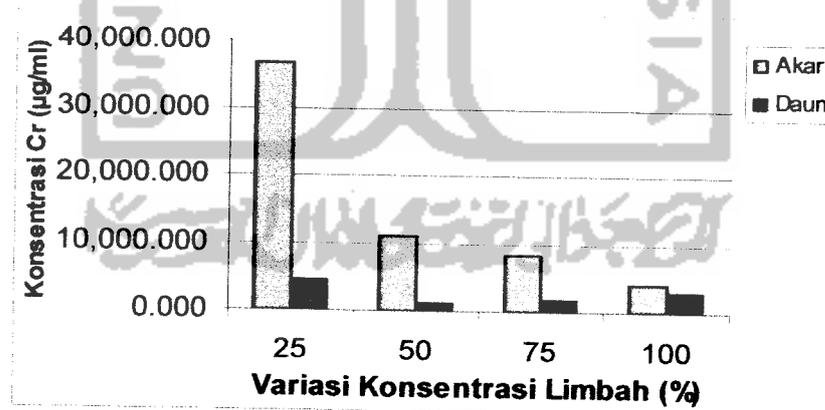
Tabel 4.10. Hasil Penelitian Kandungan Khrom Dalam Daun Kiapu

Daun dalam konsentrasi limbah (%)	Hasil pengukuran ($\mu\text{g/g}$)		Rata-rata ($\mu\text{g/g}$)
	Ulangan I	Ulangan II	
0	737,790	734,790	736,290
25	4493,066	12385,660	8439,376
50	1285,090	3930,099	2607,620
75	1773,499	5614,127	3,693,851
100	3115,025	7325,257	5220,191

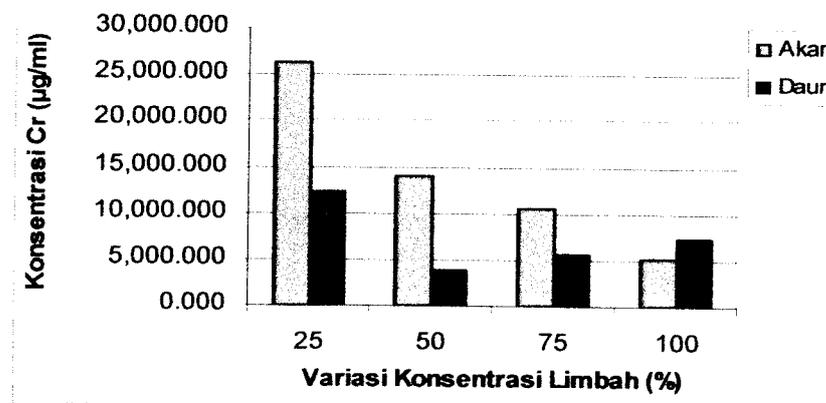
Sumber : Data Primer 2006

Pada Tabel 4.9 dan 4.10 di atas menunjukkan besarnya kandungan khrom dalam akar Kiapu dan daun Kiapu setelah ditanaman dalam limbah penyamakan kulit dengan variasi konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% sebanyak 5 liter.

Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik rata-rata kapasitas serapan logam Cr pada bagian tanaman seperti pada Gambar 4.7 dan 4.8 di bawah ini :



Gambar 4.7. Kandungan Khrom Dalam Kiapu Pada Ulangan I



Gambar 4.8 Kandungan Khrom Dalam Kiapu Pada Ulangan II

Gambar di atas menunjukkan bahwa kapasitas serapan logam Cr pada akar dan daun kapasitas serapan terbesar adalah pada akar, ini dikarenakan akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam khrom. Kapasitas serapan logam Cr dalam akar pada masing-masing konsentrasi adalah, pada ulangan I : 25% (36747,840 µg/g ± 14,699 mg/ml); 50% (11179,493 µg/g ± 28,820 µg/ml); 75% (8359,027 µg/g ± 31,229 µg/ml); 100% (4052,710 µg/g ± 19,412 µg/ml), pada ulangan II : 25% (27020,479 µg/g ± 13,564 µg/ml); 50% (13931,671 µg/g ± 28,866 µg/ml); 75% (10486,75 µg/g ± 26,278 µg/ml); 100% (5120,444 µg/g ± 22,202 µg/ml). Sedang kapasitas serapan logam dalam daun pada masing-masing konsentrasi adalah, pada ulangan I : 25% (4493,065 µg/g ± 10,244 µg/ml); 50% (1285,090 µg/g ± 12,503 µg/ml); 75% (1773,498 µg/g ± 17,022 µg/ml); 100% (3115,025 µg/g ± 21.549µg/ml), pada ulangan II : 25% (12385,660 µg/g ± 11,345 µg/ml); 50% (3930,099 µg/g ± 19,854 µg/ml); 75% (5614,127 µg/g ± 23,972 µg/ml); 100% (7325,257 µg/g ± 39,219 µg/ml). Dari hasil di atas terlihat bahwa kemampuan tanaman dalam menyerap logam Cr berbeda-beda pada setiap variasi konsentrasi limbah, hal ini disebabkan oleh kondisi fisik tanaman yang berbeda

antara tanaman yang satu dengan tanaman yang lain. Konsentrasi kadar Cr dalam tanaman akan menjadi lebih besar dibandingkan kadar Cr dalam air limbah, ini terjadi karena kadar Cr yang terserap dalam tanaman akan mengalami pemekatan. Semakin kecil volume tanaman maka kadar Cr dalam tanaman tersebut akan semakin besar/semakin pekat.

Penyerapan logam pada konsentrasi 75% dan 100% mengalami penurunan, karena mengalami kejenuhan tanaman sehingga sehingga tanaman tidak mampu lagi menyerap cemarannya.

4.1.7 Kapasitas Serapan Logam Cr Oleh Tanaman Kiapu

Dari hasil penelitian diatas maka dapat dicari besarnya serapan logam khrom pada limbah cair penyamakan kulit setelah perlakuan dengan tanaman Kiapu dengan cara yang dapat dilihat pada lampiran 3 dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.11. Hasil Pengukuran Serapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan I

Sampel	Konsentrasi Limbah %	Hasil Pengukuran awal ($\mu\text{g/g}$)	Hasil Pengukuran Hari ke-10 ($\mu\text{g/g}$)	Serapan Logam Pada Tanaman ($\mu\text{g/g}$)	Serapan Logam Pada Tanaman ($\mu\text{g/ml}$)
Akar	25	435.625	36747.840	36312.215	14.524
	50	435.625	11179.493	10743.868	27.697
	75	435.625	8359.027	7923.402	29.601
	100	435.625	4052.710	3617.085	17.325
Daun	25	632.789	4493.065	3860.276	8.801
	50	632.789	1285.09	652.301	6.346
	75	632.789	1773.498	1140.709	10.948
	100	632.789	3115.025	2482.236	17.172

Sumber : Data Primer

Tabel 4.12. Pengukuran Serapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan II

Sampel	Konsentrasi limbah (%)	Hasil Pengukuran awal ($\mu\text{g/g}$)	Hasil Pengukuran Hari ke-10 ($\mu\text{g/g}$)	Serapan Logam Pada Tanaman ($\mu\text{g/g}$)	Serapan Logam Pada Tanaman ($\mu\text{g/ml}$)
Akar	25	435.625	27020.479	26584.854	13.345
	50	435.625	13931.671	13496.046	27.963
	75	435.625	10486.750	10051.125	25.188
	100	435.625	5120.444	4684.819	20.313
Daun	25	632.789	12385.66	11752.871	10.765
	50	632.789	3930.099	3297.31	16.658
	75	632.789	5614.127	4981.338	21.27
	100	632.789	7325.257	6692.468	40.275

Sumber : Data Primer

Dari tabel di atas terlihat bahwa tidak semua Cr yang ada dalam limbah penyamakan kulit terserap oleh tanaman. Hal ini dikarenakan oleh kondisi tanaman yang sudah tidak mampu lagi menyerap logam karena setiap jaringan tanaman mempunyai kapasitas maksimal untuk menyerap logam yang berbeda-beda. Selain karena proses penyerapan oleh tanaman, penurunan logam Cr juga terjadi karena proses pengendapan. Hal ini dikarenakan logam khrom yang digunakan dalam penelitian ini termasuk khrom valensi 3, yang mana Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida.

4.1.8 Efisiensi Serapan Logam Cr Oleh Tanaman Kiapu

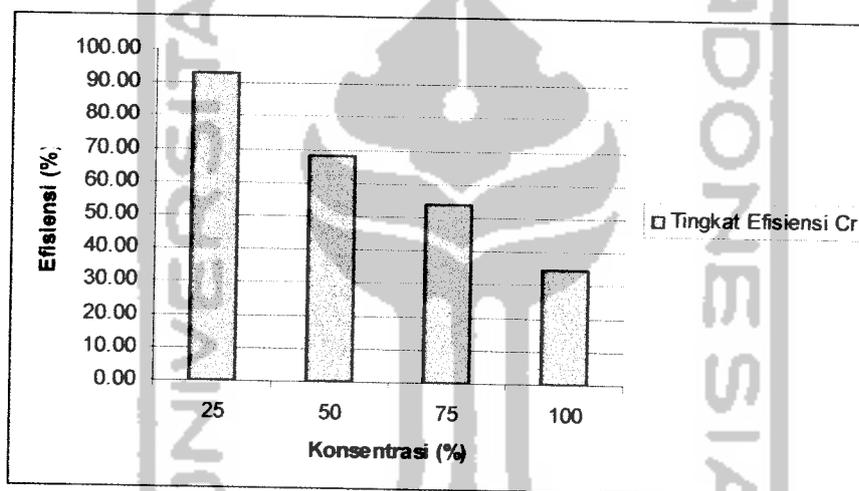
Dari hasil penelitian besarnya serapan logam Cr oleh tanaman maka dapat dicari efisiensinya dengan cara yang dapat dilihat pada lampiran 3 dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.13. Efisiensi Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan I

Konsentrasi limbah (%)	Konsentrasi Cr pada akar ($\mu\text{g/ml}$)	Konsentrasi Cr pada daun ($\mu\text{g/ml}$)	Total Cr pada tanaman ($\mu\text{g/ml}$)	Efisiensi Penyerapan (%)
25	14.524	8.801	23.325	93.30
50	27.697	6.346	34.043	68.09
75	29.601	10.948	40.549	54.07
100	17.325	17.172	34.497	34.50

Sumber : Data Primer

Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik efisiensi penyerapan logam khrom oleh tanaman Kiapu yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah ini :



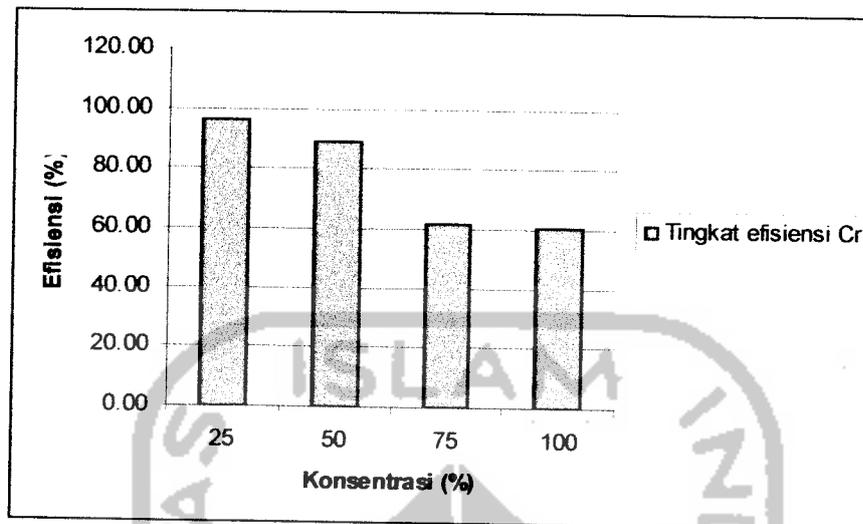
Gambar 4.9 Grafik efisiensi (%) penyerapan Krom pada ulangan I

Tabel 4.14. Efisiensi Penyerapan Logam Khrom Oleh Tanaman Pada Ulangan II

Konsentrasi limbah (%)	Konsentrasi Cr Pada Akar ($\mu\text{g/ml}$)	Konsentrasi Cr pada daun ($\mu\text{g/ml}$)	Total Cr pada Tanaman ($\mu\text{g/ml}$)	Efisiensi Penyerapan (%)
25	13.345	10.765	24.11	96.44
50	27.963	16.658	44.621	89.24
75	25.188	21.27	46.458	61.94
100	20.313	40.275	60.588	60.59

Sumber : Data Primer

Dari tabel di atas maka dapat dibuat grafik efisiensi penyerapan logam khrom oleh tanaman Kiapu yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 di bawah ini :



Gambar 4.10 Grafik efisiensi (%) penyerapan Krom pada ulangan II

Dari Gambar 4.9 dan 4.10 di atas dapat dilihat bahwa efisiensi serapan logam khrom oleh tanaman efisien terbesar adalah pada konsentrasi 25%. Hal ini dikarenakan semakin kecil konsentrasi limbah maka daya serap tanaman semakin besar.

4.1.9 Pengolahan Data Dengan Metode Statistik ANOVA

Analisis data dengan metode ANOVA ini digunakan untuk menguji apakah penyerapan logam Cr pada semua variasi memiliki perbedaan yang signifikan atau tidak signifikan. Berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran 4 maka dapat diketahui perbedaan pada masing-masing variasi.

1. Uji Hipotesis pada Ulangan I
 - a. Analisis satu faktor

Uji hipotesis antar variasi konsentrasi limbah :

Analisis satu faktor ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75% dan 100%.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 5097.497 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman adalah berbeda.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman terdapat perbedaan yang signifikan.

Uji hipotesis antar variasi waktu kontak :

Analisis satu faktor ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman dengan menggunakan variasi waktu kontak, yaitu 4, 6, 8 dan 10 hari.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 2722.290 dengan probabilitas

0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman dengan variasi waktu kontak adalah berbeda.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman dengan variasi waktu kontak terdapat perbedaan yang signifikan.

b. Analisis dua faktor

Analisis dua faktor ini digunakan untuk melihat apakah ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ulangan I dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 1183.452 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

2. Uji Hipotesis pada Ulangan II

a. Analisis satu faktor

Uji hipotesis antar variasi konsentrasi limbah :

Analisis satu faktor ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75% dan 100%.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 11300.718 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman adalah berbeda.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman terdapat perbedaan yang signifikan.

Uji hipotesis antar variasi waktu kontak :

Analisis satu faktor ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman dengan menggunakan variasi waktu kontak, yaitu 4, 6, 8 dan 10 hari.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas

$F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 4570.931 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman dengan variasi waktu kontak adalah berbeda.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman dengan variasi waktu kontak terdapat perbedaan yang signifikan.

b. Analisis dua faktor

Analisis dua faktor ini digunakan untuk melihat apakah ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ulangan II dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 1940.470 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa ada interaksi atau hubungan antara penurunan

kadar Cr pada ulangan II perlakuan dengan tanaman dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

3. Uji Hipotesis pada Kontrol

a. Analisis satu faktor

Uji hipotesis antar variasi konsentrasi limbah :

Analisis satu faktor ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada kontrol perlakuan tanpa tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75% dan 100%.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 5956.761 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau rata-rata penurunan kadar Cr pada ulangan I perlakuan dengan tanaman adalah berbeda.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar Cr pada kontrol perlakuan tanpa tanaman terdapat perbedaan yang signifikan.

Uji hipotesis antar variasi waktu kontak :

Analisis satu faktor ini digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada kontrol perlakuan

tanpa tanaman dengan menggunakan variasi waktu kontak, yaitu 4, 6, 8 dan 10 hari.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 1073.500 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau rata-rata penurunan kadar Cr pada kontrol perlakuan tanpa tanaman dengan variasi waktu kontak adalah berbeda.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar Cr pada kontrol perlakuan dengan tanaman dengan variasi waktu kontak terdapat perbedaan yang signifikan.

b. Analisis dua faktor

Analisis dua faktor ini digunakan untuk melihat apakah ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada kontrol dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$ maka H_0 ditolak jika probabilitas $F < 0.05$ dan H_0 diterima jika probabilitas $F > 0.05$. Berdasar hasil uji statistik dengan memakai uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 446.021 dengan probabilitas 0,000. Karena nilai probabilitas < 0.05 , maka H_0 ditolak atau ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada kontrol

perlakuan tanpa tanaman dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

Jadi dengan tingkat kepercayaan 5% dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada kontrol perlakuan tanpa tanaman dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan pada proses pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan tanaman Kiapu dengan berbagai variasi limbah dan waktu pengambilan sampel, menunjukkan adanya penurunan kandungan khrom pada limbah penyamakan kulit. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu pengambilan sampel dapat mempengaruhi penurunan kandungan khrom dalam limbah cair penyamakan kulit.

4.2.1 Proses Penurunan

Proses penurunan kadar khrom disamping terjadi karena proses penyerapan dan adsorpsi juga terjadi karena proses pengendapan. Hal ini dapat diketahui pada kelompok perlakuan tanpa tanaman terjadi penurunan kadar logam khrom pada masing-masing konsentrasi dari 25 – 0.091 $\mu\text{g/ml}$; 50 – 0.087 $\mu\text{g/ml}$; 75 – 0.266 $\mu\text{g/ml}$; 100 – 4.652 $\mu\text{g/ml}$ karena selama penelitian ember didiamkan, sehingga dapat diketahui bahwa dalam hal ini telah terjadi proses pengendapan khrom secara alami. Proses penyerapan dan adsorpsi yang terjadi pada proses

penurunan kadar khrom pada penelitian dengan menggunakan Kiapu dengan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100% dan variasi waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari berturut-turut pada ulangan I dari 25 – 0,048 $\mu\text{g/ml}$; 50 – 0,076 $\mu\text{g/ml}$; 75 – 0,155 $\mu\text{g/ml}$; 100 – 2,006 $\mu\text{g/ml}$, sedang pada ulangan II dari 25 – 0,068 $\mu\text{g/ml}$; 50 – 0,077 $\mu\text{g/ml}$; 75 – 0,182 $\mu\text{g/ml}$; 100 – 3,218 $\mu\text{g/ml}$.

Penurunan kadar khrom karena proses penyerapan dan transpirasi dipengaruhi oleh luas permukaan daun dan jumlah akar yang dimiliki Kiapu. Proses transpirasi karena adanya proses penguapan air dari permukaan sel misofil yang basah dan uapnya akan dikeluarkan melalui stomata yang terdapat dua belah permukaan daun. Proses transpirasi yang tinggi akan diikuti proses penyerapan yang tinggi pula oleh akar-akar Kiapu.

4.2.2 Distribusi Logam Khrom Pada Bagian Tanaman Kiapu

Pada waktu kontak 4 hari logam khrom mulai diserap oleh akar tanaman yang kemudian logam akan naik kebagian tanaman lain melalui floem dan xylem. Pada waktu kontak ini sudah mulai terganggu fungsi fisiologi pada akar dan daun. Ada akar dapat dilihat dengan adanya serabut/bulu akar yang mulai rontok, sedangkan pada daun dapat dilihat adanya bintik kuning pada daun dan perbedaan pertumbuhan antara tanaman yang satu dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi logam yang telah terakumulasi pada bagian-bagian tanaman mempengaruhi fisiologi dan perkembangan tanaman selanjutnya. Ion logam sudah terlalu banyak masuk ke dalam tubuh tumbuhan, maka metabolisme terganggu akibat toksisitas logam tersebut sehingga kemampuan penyerapan dapat berkurang.

Logam berlebih yang tertimbun pada bagian tanaman akan mengganggu metabolisme tanaman. Berkurangnya serapan logam disebabkan oleh jaringan tanaman yang sudah tidak dapat menyimpan zat-zat dari luar, karena setiap jaringan tanaman mempunyai kapasitas maksimal untuk menyimpan zat-zat dari luar. Penyerapan logam khrom oleh Kiapu banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanaman, umur tanaman, media, konsentrasi limbah dan lamanya waktu perlakuan. (Page, dkk, 1981)

4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Limbah Pada Tanaman Kiapu

1. Pengaruh Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit Terhadap Daya Serap Akar tanaman.

Pengaruh konsentrasi air limbah terhadap pertumbuhan dan daya serap akar secara umum memberikan dampak negatif, dibandingkan dengan pertumbuhan akar tanaman yang tidak diberi air limbah. Hal ini terjadi dikarenakan kandungan khrom pada air limbah relatif tinggi yaitu dari 25 ppm – 100 ppm yang mana pengaruh keberadaan khrom akan mematikan tanaman ataupun mikroorganisme air. Pada penelitian awal limbah penyamakan kulit dengan konsentrasi kandungan khrom sebesar 2118,3 ppm dan konsentrasi 1000 ppm akan mampu melumpuhkan tanaman yang ada dalam air limbah tersebut dalam waktu 24 jam.

Efisiensi daya serap akar tanaman terhadap air limbah penyamakan kulit ini sangat tergantung dari tingkat konsentrasi air limbah yang digunakan, di mana semakin kecil konsentrasi air limbah penyamakan kulit yang digunakan maka semakin besar daya serap akar terhadap kandungan zat organik pada limbah.

Pengaruh konsentrasi air limbah pada akar terlihat dari perubahan warna dan kesegaran akar tanaman. Akar tanaman Kiapu yang normal berwarna putih kehijauan, sedangkan pada penelitian ini pada waktu kontak 6 hari untuk konsentrasi 50%, 75% dan 100% akar tanaman berwarna kuning kehijauan.

2. Pengaruh Konsentrasi Air Limbah Penyamakan Kulit Terhadap Pertumbuhan Daun.

Adanya air limbah penyamakan kulit membarikan dampak negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun Kiapu. Hal ini terlihat selama proses penanaman Kiapu yaitu selama 10 hari proses penelitian, pertumbuhan daun Kiapu dari setiap variasi waktu tidak mengalami pertumbuhan yang baik dibandingkan dengan tanaman yang ditanam pada ember tanpa air limbah penyamakan kulit. Pengaruh konsentrasi air limbah pada Kiapu sangat tinggi, yaitu untuk konsentrasi 50%, 75% dan 100% pertumbuhan Kiapu menjadi terhambat sedangkan pada konsentrasi air limbah 25% hanya sedikit mempengaruhi pertumbuhan Kiapu. Bentuk fisik perubahan dari daun Kiapu dapat dilihat pada tabel 4.10 hasil penelitian pertumbuhan tanaman Kiapu selama 10 hari.

Terhambatnya pertumbuhan Kiapu ini dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut, tingginya kandungan racun khrom air limbah penyamakan kulit yang menghambat pertumbuhan dari akar Kiapu sehingga berpengaruh pada pertumbuhan daunnya

4.2.4 Fitotoksisitas

Kemampuan Kiapu dalam menyerap logam berat terbatas, karena semakin banyak ion logam menumpuk dalam jaringan tumbuhan semakin tinggi pula daya toksisitasnya sehingga mengganggu proses metabolisme yang dilakukan oleh tumbuhan tersebut. (Handi kris, 2005)

Indikator yang menunjukkan toksisitas pada morfologi tanaman adalah :

1. Pada bagian akar tanaman, rambut akar terlihat jarang dan bewarna kuning kehijauan dan sebagian bulu akar rontok.
2. Pengaruh toksisitas dapat juga terlihat pada daun terlihat dari warna daun hijau kekuningan . daun yang bewarna hijau terlihat ujung-ujungnya pucat , layu. Kuncup daun tidak dapat berkembang dengan baik.

Fitotoksisitas ini dialami oleh tanaman pada tiap konsentrasi dengan gejala-gejala sebagai berikut :

1. Tanaman pada konsentrasi 0% (Kontrol)

Pada konsentrasi 0% ini tidak terjadi keracunan logam pada tanaman, ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.11.

Kondisi Kiapu pada hari ke-4



Gambar 4.12.

Kondisi Kiapu pada hari ke-10

2. Tanaman pada konsentrasi 25%

Pada konsentrasi 25% ini pada waktu kontak 4 hari belum tampak gejala-gejala keracunan logam. Ini dilihat pada daun yang masih berwarna hijau, demikian juga pada akar yang berwarna putih kehijauan. Sedang pada waktu kontak 10 hari tampak gejala-gejala keracunan logam, yang dapat dilihat dengan adanya perubahan pada daun terdapat bintik kuning serta ujungnya mulai layu dan pada akar terjadi perubahan warna akar menjadi kuning kehijauan.



Gambar 4.13 Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 25% hari ke-4



Gambar 4.14. Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 25% hari ke-10

3. Tanaman pada konsentrasi 50%

Pada konsentrasi 50% ini pada waktu kontak 4 hari belum tampak gejala-gejala keracunan logam, akar yang berwarna putih kehijauan namun pada daun terdapat bintik kuning. Sedangkan pada waktu kontak 10 hari tampak gejala-gejala keracunan logam, yang dapat dilihat dengan adanya perubahan pada daun terdapat bintik kuning serta ujungnya mulai layu dan pada akar terjadi perubahan warna akar menjadi kuning kehijauan serta terdapat rambut akar yang mulai rontok.



Ulangan I



Ulangan II

Gambar 4.15. Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 50% hari ke-4



Ulangan I



Ulangan II

Gambar 4.16. Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 50% hari ke-10

4. Tanaman pada konsentrasi 75%

Pada konsentrasi 75% ini sudah mulai tampak gejala keracunan logam pada waktu kontak 4 hari yaitu dengan munculnya bintik kuning pada daun, namun pada akar masih berwarna putih kehijauan. Sedang pada waktu kontak 10 hari pada ujung daun mulai layu dan akar berwarna kuning kehijauan serta terdapat rambut akar yang mulai rontok.



Ulangan I



Ulangan II

Gambar 4.17. Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 75% hari ke-4



Ulangan I

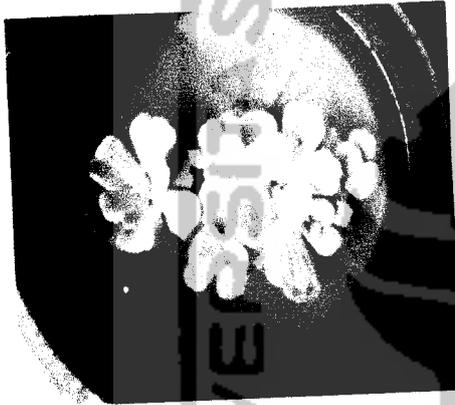


Ulangan II

Gambar 4.18. Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 75% hari ke-10

5. Tanaman pada konsentrasi 100%

Pada konsentrasi limbah 100% ini pada waktu kontak 4 hari telah terjadi gejala keracunan logam yaitu pada daun yang terdapat bintik kuning namun akar masih tetap bewarna putih kehijauan. Sedang pada waktu kontak 10 hari pada ujung daun mulai layu dan akar bewarna kuning kehijauan serta terdapat rambut akar yang rontok.



Ulangan I



Ulangan II

Gambar 4.19. Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 100% hari ke-4



Ulangan I



Ulangan II

Gambar 4.20. Kondisi Kiapu pada Konsentrasi 100% hari ke-10

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses penyerapan logam khrom dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam Cr, jenis tanaman dan waktu kontak. Semakin lama waktu kontaknya maka penyerapan logam Cr akan semakin banyak.
2. Distribusi logam Cr ini terjadi pada seluruh bagian tanaman ini dapat dilihat dari hasil penelitian bahwa pada akar dan daun tanaman kiapu terdapat logam Cr.
3. Kapasitas serapan logam terbesar terdapat pada akar, hal di karenakan akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam Cr.
4. Semakin lama waktu kontak maka efisien penurunan logam Cr semakin meningkat. Nilai efisiensi kadar Cr rata-rata pada waktu kontak 4, 6, 8 dan 10 hari mempunyai tingkat efisien penurunan yang tertinggi pada waktu kontak 10 hari.
5. Proses penurunan kadar Cr berkaitan erat dengan proses dekomposisi bahan-bahan organik maupun anorganik yang terdapat didalam limbah penyamakan kulit oleh mikroorganism *rhizosfera* yang hidup pada akar tanaman Kiapu.
6. Proses penurunan kadar Cr disamping terjadi karena proses penyerapan dan adsorpsi, juga terjadi karena proses pengendapan.

5.2. Saran

Dari penelitian yang dilakukan dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Hal-hal lain yang perlu diperhatikan dalam penelitian dengan memanfaatkan tanaman Kiapu adalah :
 - a. Pengaruh pH terhadap pertumbuhan tanaman Kiapu dan penurunan kadar Cr pada limbah industri penyamakan kulit.
 - b. Pengaruh waktu kontak dan konsentrasi limbah terhadap penurunan kadar Cr dalam limbah industri penyamakan kulit.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang kemampuan tanaman Kiapu dalam penyerapan logam-logam lainnya maupun untuk menyerap logam organik.
3. Bagi masyarakat yang bergerak di bidang industri penyamakan kulit agar lebih memperhatikan terhadap kemungkinan pencemaran yang dihasilkan oleh hasil buangan industrinya. Dan kiranya hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dan masukan dalam mengolah air buangannya.
4. Untuk penelitian selanjutnya, mengenai pemanfaatan Kiapu agar menggunakan variasi waktu kontak yang lebih lama dan dengan menggunakan tanaman yang lebih banyak pula untuk menyempurnakan pengolahan limbah cair terhadap kandungan Cr. Selain itu pemanfaatan Kiapu ini dapat digunakan untuk penelitian logam berat yang lainnya selain Cr.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1984, Titian Paket 10/1984, Dinas Penerangan Amerika Serikat, Jakarta.
- Anonim, 1991, Makrophyta Akuatika Mengatasi Polusi Air, Dalam aku Tahu Nomor 103, Yayasan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Jakarta.
- Anonim, 1994, Limbah Cair Berbagai Industri, BAPEDAL, Jakarta.
- Arifin. Z, 1996, *Pembudidayaan dan Pemanfaatan Azolla*.
- Achmad, H, 1992. "Kimia Unsur Dan Radio Kimia", UI Press, Jakarta.
- Anastasia, S, 2000, "Pemanfaatan Kayu Apu Dalam Upaya perbaikan Kualitas Air Buangan Limbah Penyamakan Kulit Ditinjau Dari Parameter Khrom", STTL, Yogyakarta.
- Bachrun, F A, 2005, "Uji Penggunaan Elektroda Membran Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Khrom Pada Limbah Penyamakan Kulit". Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII, Yogyakarta.
- Bendoriccho, G. ,Dal Cin,L. And Perssonj, 2000, *Guidelines For Free Water Surface Wetland Design*, Ecosys Bd.
- Clitton Potter, M Soeparwadi, Gani Aulia, 1994, *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber, Pengendalian dan Baku Mutu*, EMDI, Dalhousie University Canada.

- Cook, C. D. K, 1996, *Aquatic and Wetland Plant of India*, Oxford University Press, Oxford, P. GS.
- Djajadiningrat, D., 1992, *Pengendalian Pencemaran Limbah Industri*, ITB, Bandung.
- Dwi R, A, 2004, "Fitoremediasi Logam Berat Cd Oleh Tanaman Air Kiapu (*Pistia stratiotes*)". Jurusan Kimia, FMIPA, UII, Yogyakarta
- Dwidjoseputro, D., 1986, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Hendi, K, 2005, "Fitoremediasi Logam Cr Oleh Tanaman Kangkung Air (*Ipomoe aquatic forsk*)", Jurusan Kimia, FMIPA, UII, Yogyakarta.
- Hakim L; dkk, 2000, *Modul Praktikum Laboratorium Lingkungan 1 dan II*, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, UII, Jogjakarta.
- Heyne, K, 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid I*
- Juhud, E. A . M., 1994, *Pelestarian Pemanfaatan Keanekaragaman Tumbuhan Obat Hutan Tropical Indonesia*, Editor Haryanto, Jurusan KSDH, Fakultas Kehutanan, IPB dan Lembaga Alam Tropika Indonesia (LATIN), Indonesia.
- Jumin, 1989, *Ekologi Tanaman*, Rajawali Press Jakarta.
- Lovales, A. R., 1987, *Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropis*, Gramedia, Jakarta.

- Morse, C., 2002, *Ekology and Evoluting of Conecticut*, [http: // Flora www. Eeb. Unconn, Edu](http://Flora.ww. Eeb.Unconn, Edu).
- Metcalf & Eddy, 1993, *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse*, Mc Graw – Hill Comp.
- Merz, S.K, 2000, *Guidelines for : Using Free Water Surface Constructed Wetlands to Treat Municipal Sewage*, Departement of Natural Resources, Birsbone.
- Nurhabibah, N, 2002, “ Penurunan Kandungan Argentum Pada Limbah Cair Kerajinan Perak Dengan Tanaman kiapu (*Pistia stratiotes*)”, STTL, Yogyakarta.
- Oetoyo, etal, 1981, “Pola Penangan Limbah Industri Penyamakan Kulit Karet dan Plastik”, Yogyakarta.
- Pallar. H, 1994, “Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat”, Rineke Cipta, Jakarta.
- Sastre J., shuquillo, A., Vidal, M., and Rauret, G.. 2002, *Determinatiaon of Cd, Cu, Pb and Zn in Environmental Samples : Mikrowave – Assisted Total Degestion Versus Aqua Regia and Nitris Acid Extraktion*, Anal Chem., Acta, 462, 59-72.
- Soemirat, Juli, 1994, “Kesehatan Lingkungan”, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Suriawiria, U., 1993, Mikrobiologi Air, Alumni, Bandung.

Suriawiria, U., 1989, Pengantar Mikrobiologi Umum, Angkasa, Bandung.

Siswoyo, E. 2002. Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan untuk Menunjang Pembangunan Berkelanjutan, PPLH – UII, Yogyakarta.

Sugiharto, 1987. “Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah”, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Tjitrosoedirjo, S. S. and SS Sastroutomo, 1985, The Potential Up Take of Land and Cadmium by Waterhyacinth (*Eichornia Crassipes*), Workshop on the Ecology and Management of Aquatic Weed, SEAMEO – BIOTROP, Bogor, Indonesia.

U.S. Environmental Protection Agency : 1999, *Manual : Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater*, EPA / 625 / R – 99 / 010, Nation Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Ohio 45268.

[www. Menlh. go.id / usaha – kecil](http://www.Menlh.go.id/usaha-kecil), *Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah*.



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Nurul Agustina	0513017	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Fitoremediasi logam Berat Khrom (CR) Oleh Tamnaman Air Kiapu (Pistia Statiotes)

PERIODE : III
TAHUN : 2005/2005

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar proposal		■				
5	Konsultasi Penyusunan TA			■	■	■	■
6	Sidang - sidang					■	■
7	Pendadaran						■

DOSEN PEMBIMBIG I
DOSEN PEMBIMBIG II
DOSEN PEMBIMBIG III

Jr. H. Kasam, MT
Eko Siswoyo, ST

Yogyakarta, 9 Desember 2005
Koordinator TA



[Handwritten signature and stamp area]

Catatan

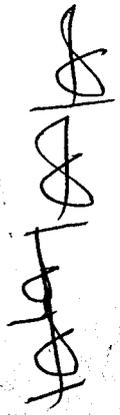
Seminar
Sidang
Pendadaran



Lampiran 2
Hasil Analisis

وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزِينَ لَكُمْ

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1 -		Hasil dan pembatasan dilengkapi		
2 -				
3.		Perhitungan Serapan Logam pada tanaman + tabel ..		
4.	25/4/06	Revisi ke-3 yg sudah sudah diperbaiki dan siap di seminar kan . Belajar !!!		

LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

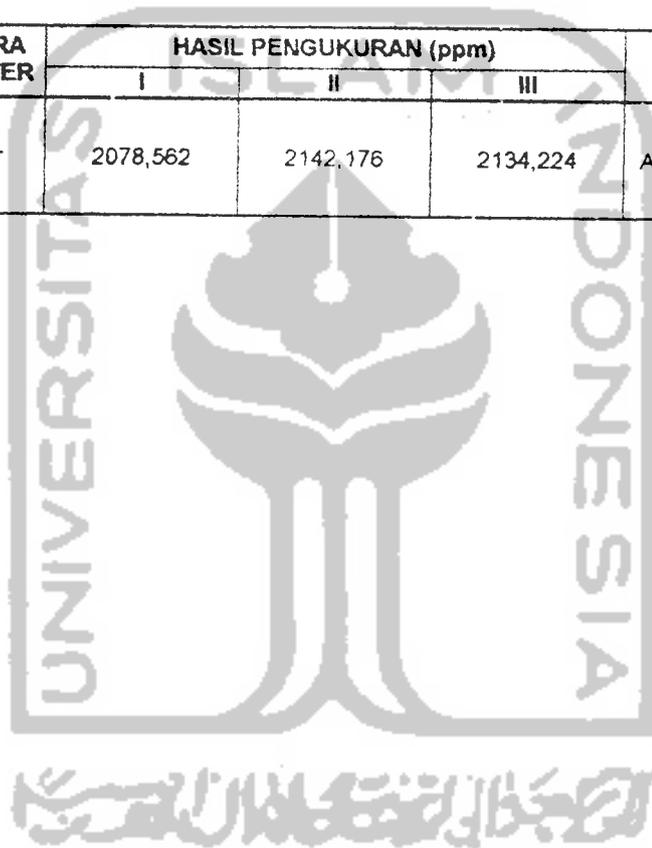
LABORATORIUM KIMIA
 FISIKA MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Sekip Utara PO Box B
 Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 902740, 545188 pe-
 Faks. 0274-5

LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

No. : 1079/HA-KA/12/05
 Pengirim : **Nurul Agustina**, FMIPA Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
 Jumlah sampel : 1
 Penentuan : **Kadar Cr dalam sampel limbah penyamakan kulit.**
 Tgl. Analisis : 26 Desember 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Limbah	Cr	2078,562	2142,176	2134,224	Atomic Absorption Spect.

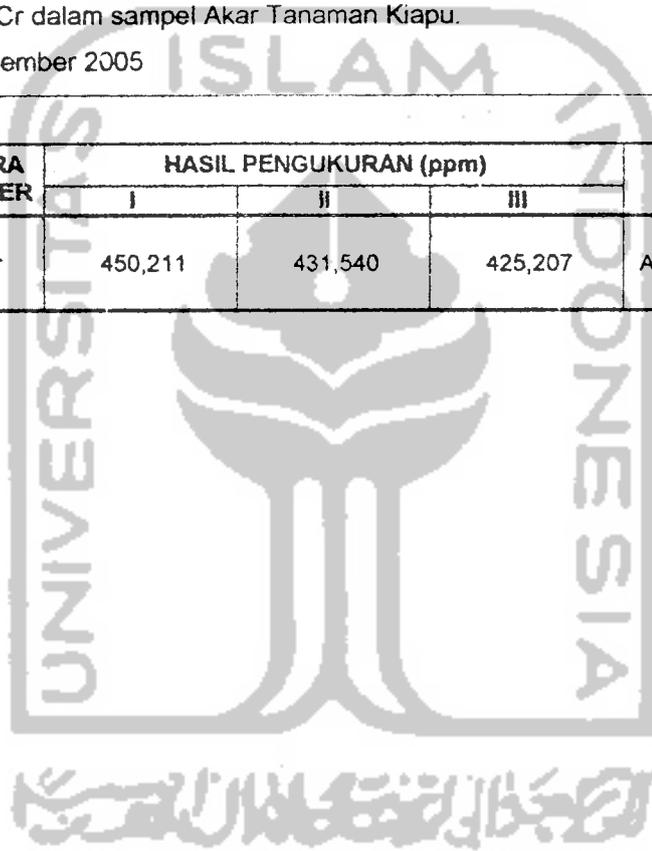


LABORATORIUM ANALISIS

No. : 1113a/HA-KA/01/06
 Pengirim : **Nurul Agustina**, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 1
 Penentuan : Kadar Cr dalam sampel Akar Tanaman Kiapu.
 Tgl. Analisis : 26 Desember 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Akar	Cr	450,211	431,540	425,207	Atomic Absorption Spect.

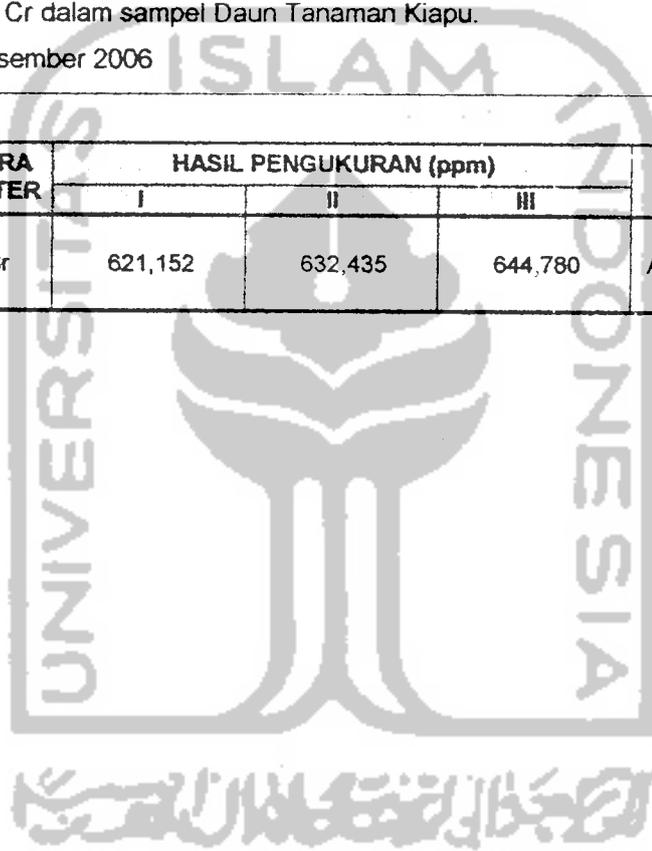
Keterangan:
 Basis sampel - Kering



No. : 1113b/HA-KA/01/06
 Pengirim : **Nurul Agustina**, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 1
 Penentuan : Kadar Cr dalam sampel Daun Tanaman Kiapu.
 Tgl. Analisis : 26 Desember 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Daun	Cr	621,152	632,435	644,780	Atomic Absorption Spect.

Keterangan:
 Basis sampel = Kering



LABORATORIUM ANALISIS

No. : 1097/HA-KA/01/06
 Pengirim : **Nurul Agustina**, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 15
 Penentuan : Kadar Cr dan pH dalam sampel air limbah penyamakan kulit.
 Tgl. Analisis : 17 Januari 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	1A 0%	Cr	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	Atomic Absorption Spect.
2.		pH	7,3			Potensiometri
3.	1A 25%	Cr	0,338	0,302	0,267	Atomic Absorption Spect.
4.		pH	6,9			Potensiometri
5.	1A 50%	Cr	1,111	1,076	1,006	Atomic Absorption Spect.
6.		pH	6,7			Potensiometri
7.	1A 75%	Cr	4,979	4,979	4,733	Atomic Absorption Spect.
8.		pH	6,2			Potensiometri
9.	1A 100%	Cr	18,186	18,537	17,693	Atomic Absorption Spect.
10.		pH	5,4			Potensiometri
11.	1B 0%	Cr	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	Atomic Absorption Spect.
12.		pH	7,3			Potensiometri
13.	1B 25%	Cr	0,478	0,478	0,549	Atomic Absorption Spect.
14.		pH	7,3			Potensiometri
15.	1B 50%	Cr	0,795	0,795	0,795	Atomic Absorption Spect.
16.		pH	7,1			Potensiometri
17.	1B 75%	Cr	4,592	4,627	4,311	Atomic Absorption Spect.
18.		pH	6,8			Potensiometri
19.	1B 100%	Cr	13,826	14,248	13,685	Atomic Absorption Spect.
20.		pH	6,0			Potensiometri
21.	II 0%	Cr	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	<i>ttd</i>	Atomic Absorption Spect.
22.		pH	7,9			Potensiometri
23.	II 25%	Cr	0,267	0,373	0,689	Atomic Absorption Spect.
24.		pH	7,9			Potensiometri
25.	II 50%	Cr	0,759	0,654	0,619	Atomic Absorption Spect.
26.		pH	7,8			Potensiometri
27.	II 75%	Cr	3,502	3,572	3,643	Atomic Absorption Spect.
28.		pH	7,5			Potensiometri
29.	II 100%	Cr	16,076	15,513	15,724	Atomic Absorption Spect.
30.		pH	5,8			Potensiometri

Keterangan:

Kode IA = Limbah dengan tanaman Kiayu perlakuan I
 Kode IB = Limbah dengan tanaman Kiayu perlakuan II
 Kode LA = Limbah tanpa tanaman
ttd = tidak terdeteksi di bawah limit deteksi alat.

No. : 1107/HA-KA/01/06
 Pengirim : **Nurul Agustina**, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 15
 Penentuan : Kadar Cr dan pH dalam sampel air limbah penyamakan kulit.
 Tgl. Analisis : 18 Januari 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	1A 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
2.		pH	7,3			Potensiometri
3.	1A 25%	Cr	0,099	0,099	0,082	Atomic Absorption Spect.
4.		pH	7,2			Potensiometri
5.	1A 50%	Cr	0,321	0,321	0,321	Atomic Absorption Spect.
6.		pH	6,9			Potensiometri
7.	1A 75%	Cr	0,881	0,984	0,949	Atomic Absorption Spect.
8.		pH	6,3			Potensiometri
9.	1A 100%	Cr	5,116	5,184	5,219	Atomic Absorption Spect.
10.		pH	5,9			Potensiometri
11.	1B 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
12.		pH	7,5			Potensiometri
13.	1B 25%	Cr	0,184	0,167	0,167	Atomic Absorption Spect.
14.		pH	7,3			Potensiometri
15.	1B 50%	Cr	0,150	0,167	0,167	Atomic Absorption Spect.
16.		pH	7,1			Potensiometri
17.	1B 75%	Cr	2,520	2,418	2,452	Atomic Absorption Spect.
18.		pH	6,0			Potensiometri
19.	1B 100%	Cr	4,160	4,296	4,296	Atomic Absorption Spect.
20.		pH	5,8			Potensiometri
21.	II 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
22.		pH	7,5			Potensiometri
23.	II 25%	Cr	0,116	0,133	0,099	Atomic Absorption Spect.
24.		pH	7,3			Potensiometri
25.	II 50%	Cr	0,065	0,082	0,133	Atomic Absorption Spect.
26.		pH	7,1			Potensiometri
27.	II 75%	Cr	0,475	0,509	0,458	Atomic Absorption Spect.
28.		pH	6,7			Potensiometri
29.	II 100%	Cr	7,097	6,995	7,097	Atomic Absorption Spect.
30.		pH	5,8			Potensiometri

Keterangan:

Kode IA = Limbah dengan tanaman Kiapu perlakuan I
 Kode IB = Limbah dengan tanaman Kiapu perlakuan II
 Kode II = Limbah tanpa tanaman
 ttd = tidak terdeteksi di bawah limit deteksi alat.

NASIL ANALISIS

No. : 1108/HA-KA/01/06
 Pengirim : Nurul Agustina, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 15
 Penentuan : Kadar Cr dan pH dalam sampel air limbah penyamakan kulit.
 Tgl. Analisis : 20 Januari 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	1A 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
2.		pH	7,2			Potensiometri
3.	1A 25%	Cr	0,065	0,065	0,031	Atomic Absorption Spect.
4.		pH	7,1			Potensiometri
5.	1A 50%	Cr	0,167	0,167	0,133	Atomic Absorption Spect.
6.		pH	6,9			Potensiometri
7.	1A 75%	Cr	0,489	0,355	0,255	Atomic Absorption Spect.
8.		pH	6,2			Potensiometri
9.	1A 100%	Cr	4,638	4,331	4,740	Atomic Absorption Spect.
10.		pH	5,8			Potensiometri
11.	1B 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
12.		pH	7,3			Potensiometri
13.	1B 25%	Cr	0,133	0,082	0,099	Atomic Absorption Spect.
14.		pH	7,2			Potensiometri
15.	1B 50%	Cr	0,167	0,133	0,150	Atomic Absorption Spect.
16.		pH	7,3			Potensiometri
17.	1B 75%	Cr	2,439	2,353	2,370	Atomic Absorption Spect.
18.		pH	6,1			Potensiometri
19.	1B 100%	Cr	3,668	3,668	3,634	Atomic Absorption Spect.
20.		pH	5,8			Potensiometri
21.	II 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
22.		pH	7,5			Potensiometri
23.	II 25%	Cr	0,116	0,082	0,099	Atomic Absorption Spect.
24.		pH	7,3			Potensiometri
25.	II 50%	Cr	0,088	0,082	0,098	Atomic Absorption Spect.
26.		pH	7,2			Potensiometri
27.	II 75%	Cr	0,270	0,287	0,338	Atomic Absorption Spect.
28.		pH	6,7			Potensiometri
29.	II 100%	Cr	7,017	6,814	6,951	Atomic Absorption Spect.
30.		pH	5,9			Potensiometri

Keterangan:

- Kode IA = Limbah dengan tanaman Kiapa perlakuan I
- Kode IB = Limbah dengan tanaman Kiapa perlakuan II
- Kode II = Limbah tanpa tanaman
- ttd = tidak terdeteksi di bawah limit deteksi alat.

HASIL ANALISIS

No. : 1109/HA-KA/01/06
 Pengirim : **Nurul Agustina**, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 15
 Penentuan : Kadar Cr dan pH dalam sampel air limbah penyamakan kulit.
 Tgl. Analisis : 23 Januari 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	1A 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
2.		pH	7,2			Potensiometri
3.	1A 25%	Cr	0,055	0,045	0,045	Atomic Absorption Spect.
4.		pH	7,3			Potensiometri
5.	1A 50%	Cr	0,082	0,065	0,082	Atomic Absorption Spect.
6.		pH	7,1			Potensiometri
7.	1A 75%	Cr	0,150	0,165	0,150	Atomic Absorption Spect.
8.		pH	6,5			Potensiometri
9.	1A 100%	Cr	1,995	1,995	2,029	Atomic Absorption Spect.
10.		pH	6,0			Potensiometri
11.	1B 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
12.		pH	7,3			Potensiometri
13.	1B 25%	Cr	0,078	0,065	0,061	Atomic Absorption Spect.
14.		pH	7,4			Potensiometri
15.	1B 50%	Cr	0,083	0,071	0,077	Atomic Absorption Spect.
16.		pH	7,2			Potensiometri
17.	1B 75%	Cr	0,114	0,268	0,165	Atomic Absorption Spect.
18.		pH	6,3			Potensiometri
19.	1B 100%	Cr	3,207	3,224	3,224	Atomic Absorption Spect.
20.		pH	6,1			Potensiometri
21.	II 0%	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
22.		pH	7,4			Potensiometri
23.	II 25%	Cr	0,099	0,087	0,088	Atomic Absorption Spect.
24.		pH	7,2			Potensiometri
25.	II 50%	Cr	0,097	0,072	0,092	Atomic Absorption Spect.
26.		pH	7,1			Potensiometri
27.	II 75%	Cr	1,260	0,226	0,192	Atomic Absorption Spect.
28.		pH	7,1			Potensiometri
29.	II 100%	Cr	4,658	4,607	4,693	Atomic Absorption Spect.
30.		pH	5,9			Potensiometri

Petunjuk

Kode IA = Limbah dengan kandungan Kiayu perlakuan I
 Kode IB = Limbah dengan kandungan Kiayu perlakuan II
 Kode II = Limbah tanpa penyamakan

LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

LABORATORIUM KIMIA
 DAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Sekip Utara PO Box E
 Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 902740, 545188 pe
 Faks. 0274-5

No. : 1110a/HA-KA/01/06
 Pengirim : **Nurul Agustina**, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 9
 Penentuan : Kadar Cr dalam sampel Akar Tanaman Kiapu.
 Tgl. Analisis : 25 Januari 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Akar U1 0%	Cr	440,912	408,650	414,027	Atomic Absorption Spect.
2.	Akar U1 25%	"	35065,409	37987,526	37190,585	"
3.	Akar U1 50%	"	11607,416	11126,003	10805,060	"
4.	Akar U1 75%	"	8181,929	8341,317	8553,835	"
5.	Akar U1 100%	"	3928,012	4021,536	4208,584	"
6.	Akar U2 0%	"	440,912	408,650	414,027	"
7.	Akar U2 25%	"	26113,752	28289,897	26657,788	"
8.	Akar U2 50%	"	14050,239	13694,537	14050,239	"
9.	Akar U2 75%	"	10148,472	11163,319	10148,472	"
10.	Akar U2 100%	"	5155,516	5050,301	5155,516	"

Keterangan:

Kode U1 = Akar tanaman pada perlakuan I

Kode U2 = Akar tanaman pada perlakuan II

Basis sampel = Kering

FORMULIR ANALISIS

No. : 1110b/HA-KA/01/06
 Pengirim : Nurul Agustina, Teknik Lingkungan UII Jogjakarta.
 Jumlah sampel : 9
 Penentuan : Kadar Cr dalam sampel Daun Tanaman Kiapu.
 Tgl. Analisis : 25 Januari 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Daun U1 0%	Cr	724,141	745,439	734,790	Atomic Absorption Spect.
2.	Daun U1 25%	"	4528,584	4581,861	4368,752	"
3.	Daun U1 50%	"	1232,638	1258,864	1363,769	"
4.	Daun U1 75%	"	1826,439	1667,618	1826,439	"
5.	Daun U1 100%	"	3080,221	3158,531	3106,324	"
6.	Daun U2 0%	"	724,141	745,439	734,790	"
7.	Daun U2 25%	"	12368,265	12263,891	12524,825	"
8.	Daun U2 50%	"	3825,297	3982,500	3982,500	"
9.	Daun U2 75%	"	5649,660	5596,361	5596,361	"
10.	Daun U2 100%	"	7164,850	7485,664	7325,257	"

Keterangan:

Kode U1 = Akar tanaman pada perlakuan I

Kode U2 = Akar tanaman pada perlakuan II

Basis sampel = Kering



Data 1 (IA) Ember Ulangan I dengan Tanaman dengan variasi kosentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100%.

	i a	data
1	25%	,338
2	25%	,302
3	25%	,267
4	25%	,099
5	25%	,099
6	25%	,082
7	25%	,065
8	25%	,065
9	25%	,031
10	25%	,055
11	25%	,045
12	25%	,045
13	50%	1,111
14	50%	1,076
15	50%	1,006
16	50%	,321
17	50%	,321
18	50%	,321
19	50%	,167
20	50%	,167
21	50%	,133
22	50%	,082
23	50%	,065
24	50%	,082
25	75%	4,979
26	75%	4,979
27	75%	4,733
28	75%	,881
29	75%	,984
30	75%	,949
31	75%	489
32	75%	,355
33	75%	,255
34	75%	,150
35	75%	,165
36	75%	,150
37	100%	18,860
38	100%	18,537
39	100%	17,693
40	100%	5,116
41	100%	5,184
42	100%	5,219
43	100%	4,638
44	100%	4,331
45	100%	4,740
46	100%	1,995
47	100%	1,995
48	100%	2,029

Output:

ANOVA

DATA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	433.383	3	144.461	11.899	.000
Within Groups	534.200	44	12.141		
Total	967.583	47			

Analisis :

Uji ANOVA (Analysis of Variance) digunakan untuk menguji apakah kedua sampel mempunyai rata-rata (Mean) yang sama.

Untuk mengetahui apakah dari rata-rata dari kadar Cr pada Ember ulangan I dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100%, maka dilakukan uji hipotesis.

Uji Hipotesis :

a) Hipotesis

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan I dengan Tanaman)
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan I dengan Tanaman)

b) Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$

c) Daerah Kritis:

Dengan memakai $\alpha = 5 \%$, maka H_0 Ditolak Jika Probabilitas $F < 0.05$ Dan H_0 Diterima Jika Probabilitas $F > 0.05$

d). Statistik Uji

Dengan Memakai Uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 11.899 dengan probabilitas 0,000. karena nilai probabilitas < 0.05 . maka H_0 tolak atau Rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan I dengan tanaman adalah berbeda

e). Kesimpulan :

Dengan tingkat kepercayaan 5 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa Rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan I dengan tanaman adalah berbeda

Post Hoc Tests

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan, maka dicari bagian mana saja bagian yang berbeda dan yang tidak berbeda.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DATA

Tukey HSD

(I) 1A	(J) 1A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
25%	50%	-.27992	1.422492	.997	-4.07798	3.51815
	75%	-1.46467	1.422492	.733	-5.26273	2.33340
	100%	-7.40367*	1.422492	.000	-11.20173	-3.60560
50%	25%	.27992	1.422492	.997	-3.51815	4.07798
	75%	-1.18475	1.422492	.839	-4.98281	2.61331
	100%	-7.12375*	1.422492	.000	-10.92181	-3.32569
75%	25%	1.46467	1.422492	.733	-2.33340	5.26273
	50%	1.18475	1.422492	.839	-2.61331	4.98281
	100%	-5.93900*	1.422492	.001	-9.73706	-2.14094
100%	25%	7.40367*	1.422492	.000	3.60560	11.20173
	50%	7.12375*	1.422492	.000	3.32569	10.92181
	75%	5.93900*	1.422492	.001	2.14094	9.73706

*. The mean difference is significant at the .05 level.



Data 2 (waktu) variasi waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari

	i a	waktu	data
1	25%	hari ke-4	,338
2	25%	hari ke-4	,302
3	25%	hari ke-4	,267
4	25%	hari ke-6	,099
5	25%	hari ke-6	,099
6	25%	hari ke-6	,082
7	25%	hari ke-8	,065
8	25%	hari ke-8	,065
9	25%	hari ke-8	,031
10	25%	hari ke-10	,055
11	25%	hari ke-10	,045
12	25%	hari ke-10	,045
13	50%	hari ke-4	1,111
14	50%	hari ke-4	1,076
15	50%	hari ke-4	1,006
16	50%	hari ke-6	,321
17	50%	hari ke-6	,321
18	50%	hari ke-6	,321
19	50%	hari ke-8	,167
20	50%	hari ke-8	,167
21	50%	hari ke-8	,133
22	50%	hari ke-10	,082
23	50%	hari ke-10	,065
24	50%	hari ke-10	,082
25	75%	hari ke-4	4,979
26	75%	hari ke-4	4,979
27	75%	hari ke-4	4,733
28	75%	hari ke-6	,881
29	75%	hari ke-6	,984
30	75%	hari ke-6	,949
31	75%	hari ke-8	,489
32	75%	hari ke-8	,355
33	75%	hari ke-8	,255
34	75%	hari ke-10	,150
35	75%	hari ke-10	,165
36	75%	hari ke-10	,150
37	100%	hari ke-4	18,860
38	100%	hari ke-4	18,537
39	100%	hari ke-4	17,693
40	100%	hari ke-6	5,115
41	100%	hari ke-6	5,184
42	100%	hari ke-6	5,219
43	100%	hari ke-8	4,638
44	100%	hari ke-8	4,331
45	100%	hari ke-8	4,740
46	100%	hari ke-10	1,995
47	100%	hari ke-10	1,995
48	100%	hari ke-10	2,029

Output:

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
1A	1	25%	12
	2	50%	12
	3	75%	12
	4	100%	12
WAKTU	1	hari ke-4	12
	2	hari ke-6	12
	3	hari ke-8	12
	4	hari ke-10	12

Descriptive Statistics

Dependent Variable: DATA

1A	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N
25%	hari ke-4	.30233	.035501	3
	hari ke-6	.09333	.009815	3
	hari ke-8	.05367	.019630	3
	hari ke-10	.04833	.005774	3
	Total	.12442	.110287	12
50%	hari ke-4	1.06433	.053463	3
	hari ke-6	.32100	.000000	3
	hari ke-8	.15567	.019630	3
	hari ke-10	.07633	.009815	3
	Total	.40433	.409275	12
75%	hari ke-4	4.89700	.142028	3
	hari ke-6	.93800	.052374	3
	hari ke-8	.36633	.117411	3
	hari ke-10	.15500	.008660	3
	Total	1.58908	2.018716	12
100%	hari ke-4	18.36333	.602571	3
	hari ke-6	5.17300	.052374	3
	hari ke-8	4.56967	.212890	3
	hari ke-10	2.00633	.019630	3
	Total	7.52808	6.656481	12
Total	hari ke-4	6.15675	7.586821	12
	hari ke-6	1.63133	2.160193	12
	hari ke-8	1.28633	1.986166	12
	hari ke-10	.57150	.866262	12
	Total	2.41148	4.537276	48

Post Hoc Tests 1A

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DATA

	(I) 1A	(J) 1A	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	25%	50%	-.27992*	.068726	.002	-.46612	-.09371
		75%	-1.46467*	.068726	.000	-1.65087	-1.27846
		100%	-7.40367*	.068726	.000	-7.58987	-7.21746
	50%	25%	.27992*	.068726	.002	.09371	.46612
		75%	-1.18475*	.068726	.000	-1.37095	-.99855
		100%	-7.12375*	.068726	.000	-7.30995	-6.93755
	75%	25%	1.46467*	.068726	.000	1.27846	1.65087
		50%	1.18475*	.068726	.000	.99855	1.37095
		100%	-5.93900*	.068726	.000	-6.12520	-5.75280
	100%	25%	7.40367*	.068726	.000	7.21746	7.58987
		50%	7.12375*	.068726	.000	6.93755	7.30995
		75%	5.93900*	.068726	.000	5.75280	6.12520
Scheffe	25%	50%	-.27992*	.068726	.004	-.48267	-.07716
		75%	-1.46467*	.068726	.000	-1.66742	-1.26191
		100%	-7.40367*	.068726	.000	-7.60642	-7.20091
	50%	25%	.27992*	.068726	.004	.07716	.48267
		75%	-1.18475*	.068726	.000	-1.38750	-.98200
		100%	-7.12375*	.068726	.000	-7.32650	-6.92100
	75%	25%	1.46467*	.068726	.000	1.26191	1.66742
		50%	1.18475*	.068726	.000	.98200	1.38750
		100%	-5.93900*	.068726	.000	-6.14175	-5.73625
	100%	25%	7.40367*	.068726	.000	7.20091	7.60642
		50%	7.12375*	.068726	.000	6.92100	7.32650
		75%	5.93900*	.068726	.000	5.73625	6.14175
LSD	25%	50%	-.27992*	.068726	.000	-.41991	-.13993
		75%	-1.46467*	.068726	.000	-1.60466	-1.32468
		100%	-7.40367*	.068726	.000	-7.54366	-7.26368
	50%	25%	.27992*	.068726	.000	.13993	.41991
		75%	-1.18475*	.068726	.000	-1.32474	-1.04476
		100%	-7.12375*	.068726	.000	-7.26374	-6.98376
	75%	25%	1.46467*	.068726	.000	1.32468	1.60466
		50%	1.18475*	.068726	.000	1.04476	1.32474
		100%	-5.93900*	.068726	.000	-6.07899	-5.79901
	100%	25%	7.40367*	.068726	.000	7.26368	7.54366
		50%	7.12375*	.068726	.000	6.98376	7.26374
		75%	5.93900*	.068726	.000	5.79901	6.07899
Bonferroni	25%	50%	-.27992*	.068726	.002	-.47320	-.08664
		75%	-1.46467*	.068726	.000	-1.65795	-1.27139
		100%	-7.40367*	.068726	.000	-7.59695	-7.21039
	50%	25%	.27992*	.068726	.002	.08664	.47320
		75%	-1.18475*	.068726	.000	-1.37803	-.99147
		100%	-7.12375*	.068726	.000	-7.31703	-6.93047
	75%	25%	1.46467*	.068726	.000	1.27139	1.65795
		50%	1.18475*	.068726	.000	.99147	1.37803
		100%	-5.93900*	.068726	.000	-6.13228	-5.74572
	100%	25%	7.40367*	.068726	.000	7.21039	7.59695
		50%	7.12375*	.068726	.000	6.93047	7.31703
		75%	5.93900*	.068726	.000	5.74572	6.13228

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DATA

	(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	hari ke-4	hari ke-6	4.52542*	.068726	.000	4.33921	4.71162
		hari ke-8	4.87042*	.068726	.000	4.68421	5.05662
		hari ke-10	5.58525*	.068726	.000	5.39905	5.77145
	hari ke-6	hari ke-4	-4.52542*	.068726	.000	-4.71162	-4.33921
		hari ke-8	.34500*	.068726	.000	.15880	.53120
		hari ke-10	1.05983*	.068726	.000	.87363	1.24604
	hari ke-8	hari ke-4	-4.87042*	.068726	.000	-5.05662	-4.68421
		hari ke-6	-.34500*	.068726	.000	-.53120	-.15880
		hari ke-10	.71483*	.068726	.000	.52863	.90104
	hari ke-10	hari ke-4	-5.58525*	.068726	.000	-5.77145	-5.39905
		hari ke-6	-1.05983*	.068726	.000	-1.24604	-.87363
		hari ke-8	-.71483*	.068726	.000	-.90104	-.52863
Scheffe	hari ke-4	hari ke-6	4.52542*	.068726	.000	4.32266	4.72817
		hari ke-8	4.87042*	.068726	.000	4.66766	5.07317
		hari ke-10	5.58525*	.068726	.000	5.38250	5.78800
	hari ke-6	hari ke-4	-4.52542*	.068726	.000	-4.72817	-4.32266
		hari ke-8	.34500*	.068726	.000	.14225	.54775
		hari ke-10	1.05983*	.068726	.000	.85708	1.26259
	hari ke-8	hari ke-4	-4.87042*	.068726	.000	-5.07317	-4.66766
		hari ke-6	-.34500*	.068726	.000	-.54775	-.14225
		hari ke-10	.71483*	.068726	.000	.51208	.91759
	hari ke-10	hari ke-4	-5.58525*	.068726	.000	-5.78800	-5.38250
		hari ke-6	-1.05983*	.068726	.000	-1.26259	-.85708
		hari ke-8	-.71483*	.068726	.000	-.91759	-.51208
LSD	hari ke-4	hari ke-6	4.52542*	.068726	.000	4.38543	4.66541
		hari ke-8	4.87042*	.068726	.000	4.73043	5.01041
		hari ke-10	5.58525*	.068726	.000	5.44526	5.72524
	hari ke-6	hari ke-4	-4.52542*	.068726	.000	-4.66541	-4.38543
		hari ke-8	.34500*	.068726	.000	.20501	.48499
		hari ke-10	1.05983*	.068726	.000	.91984	1.19982
	hari ke-8	hari ke-4	-4.87042*	.068726	.000	-5.01041	-4.73043
		hari ke-6	-.34500*	.068726	.000	-.48499	-.20501
		hari ke-10	.71483*	.068726	.000	.57484	.85482
	hari ke-10	hari ke-4	-5.58525*	.068726	.000	-5.72524	-5.44526
		hari ke-6	-1.05983*	.068726	.000	-1.19982	-.91984
		hari ke-8	-.71483*	.068726	.000	-.85482	-.57484
Bonferroni	hari ke-4	hari ke-6	4.52542*	.068726	.000	4.33214	4.71870
		hari ke-8	4.87042*	.068726	.000	4.67714	5.06370
		hari ke-10	5.58525*	.068726	.000	5.39197	5.77853
	hari ke-6	hari ke-4	-4.52542*	.068726	.000	-4.71870	-4.33214
		hari ke-8	.34500*	.068726	.000	.15172	.53828
		hari ke-10	1.05983*	.068726	.000	.86655	1.25311
	hari ke-8	hari ke-4	-4.87042*	.068726	.000	-5.06370	-4.67714
		hari ke-6	-.34500*	.068726	.000	-.53828	-.15172
		hari ke-10	.71483*	.068726	.000	.52155	.90811
	hari ke-10	hari ke-4	-5.58525*	.068726	.000	-5.77853	-5.39197
		hari ke-6	-1.05983*	.068726	.000	-1.25311	-.86655
		hari ke-8	-.71483*	.068726	.000	-.90811	-.52155

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Data I_B Ember Ulangan II dengan Tanaman dan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100% dan variasi waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari.

	I_B	waktu	Data
1	25%	hari ke-4	.478
2	25%	hari ke-4	.478
3	25%	hari ke-4	.549
4	25%	hari ke-6	.184
5	25%	hari ke-6	.167
6	25%	hari ke-6	.167
7	25%	hari ke-8	.133
8	25%	hari ke-8	.082
9	25%	hari ke-8	.099
10	25%	hari ke-10	.078
11	25%	hari ke-10	.065
12	25%	hari ke-10	.061
13	50%	hari ke-4	.795
14	50%	hari ke-4	.795
15	50%	hari ke-4	.795
16	50%	hari ke-6	.150
17	50%	hari ke-6	.167
18	50%	hari ke-6	.167
19	50%	hari ke-8	.167
20	50%	hari ke-8	.133
21	50%	hari ke-8	.150
22	50%	hari ke-10	.083
23	50%	hari ke-10	.071
24	50%	hari ke-10	.077
25	75%	hari ke-4	4.592
26	75%	hari ke-4	4.627
27	75%	hari ke-4	4.311
28	75%	hari ke-6	2.520
29	75%	hari ke-6	2.418
30	75%	hari ke-6	2.452
31	75%	hari ke-8	2.439
32	75%	hari ke-8	2.353
33	75%	hari ke-8	2.370
34	75%	hari ke-10	.114
35	75%	hari ke-10	.268
36	75%	hari ke-10	.165
37	100%	hari ke-4	13.826
38	100%	hari ke-4	14.248
39	100%	hari ke-4	13.685
40	100%	hari ke-6	4.160
41	100%	hari ke-6	4.296
42	100%	hari ke-6	4.296
43	100%	hari ke-8	3.668
44	100%	hari ke-8	3.668
45	100%	hari ke-8	3.634
46	100%	hari ke-10	3.207
47	100%	hari ke-10	3.224
48	100%	hari ke-10	3.224

Output :

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
I_B	1	25%	12
	2	50%	12
	3	75%	12
	4	100%	12
waktu	1	hari ke-4	12
	2	hari ke-6	12
	3	hari ke-8	12
	4	hari ke-10	12

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Data

I_B	waktu	Mean	Std. Deviation	N
25%	hari ke-4	,50167	,040992	3
	hari ke-6	,17267	,009815	3
	hari ke-8	,10467	,025968	3
	hari ke-10	,06800	,008888	3
	Total	,21175	,180452	12
50%	hari ke-4	,79500	,000000	3
	hari ke-6	,16133	,009815	3
	hari ke-8	,15000	,017000	3
	hari ke-10	,07700	,006000	3
	Total	,29583	,303027	12
75%	hari ke-4	4,51000	,173225	3
	hari ke-6	2,46333	,051936	3
	hari ke-8	2,38733	,045545	3
	hari ke-10	,18233	,078450	3
	Total	2,38575	1,601204	12
100%	hari ke-4	13,91967	,292954	3
	hari ke-6	4,25067	,078520	3
	hari ke-8	3,65667	,019630	3
	hari ke-10	3,21833	,009815	3
	Total	6,26133	4,635789	12
Total	hari ke-4	4,93158	5,667544	12
	hari ke-6	1,76200	1,792369	12
	hari ke-8	1,57467	1,582978	12
	hari ke-10	,88642	1,407393	12
	Total	2,28867	3,435993	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	554,612 ^a	15	36,974	4338,612	,000
Intercept	251,424	1	251,424	29502,545	,000
I_B	288,918	3	96,306	11300,718	,000
waktu	116,862	3	38,954	4570,931	,000
I_B * waktu	148,832	9	16,537	1940,470	,000
Error	,273	32	,009		
Total	806,308	48			
Corrected Total	554,884	47			

a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = ,999)

➤ Analisis Satu Faktor

Untuk mengetahui apakah dari rata-rata dari kadar Cr pada Ember ulangan II dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100%, maka dilakukan uji hipotesis.

Uji Hipotesis : ULANGAN II (I_B)

a). Hipotesis

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan Tanaman)
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan I dengan Tanaman)

b). Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$

c). Daerah Kritis:

Dengan memakai $\alpha = 5 \%$, maka H_0 Ditolak Jika Probabilitas $F < 0.05$ Dan H_0 Diterima Jika Probabilitas $F > 0.05$

d). Statistik Uji

Dengan Memakai Uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 11300,718 dengan probabilitas 0,000. karena nilai probabilitas < 0.05 . maka H_0 tolak atau Rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan tanaman adalah berbeda

e). Kesimpulan :

Dengan tingkat kepercayaan 5 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa Rata-rata penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan tanaman adalah berbeda

➤ WAKTU

Uji Hipotesis :

Untuk melihat apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr dengan menggunakan variasi waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari

d) Hipotesis

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr dengan variasi waktu kontak)
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr dengan variasi waktu kontak)

e) Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$

f) Daerah Kritis:

Dengan memakai $\alpha = 5\%$, maka H_0 Ditolak Jika Probabilitas $F < 0.05$ Dan H_0 Diterima Jika Probabilitas $F > 0.05$

d). Statistik Uji

Dengan Memakai Uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 4570,931 dengan probabilitas 0,000. karena nilai probabilitas < 0.05 . maka H_0 tolak atau Rata-rata penurunan kadar Cr dengan variasi waktu kontak adalah berbeda

e). Kesimpulan :

Dengan tingkat kepercayaan 5 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa Rata-rata penurunan kadar Cr dengan variasi waktu kontak adalah berbeda

➤ Analisis DUA FAKTOR

Uji Hipotesis : I_B dengan Waktu

Untuk melihat apakah ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak

g) Hipotesis

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak)

h) Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$

i) Daerah Kritis:

Dengan memakai $\alpha = 5 \%$, maka H_0 Ditolak Jika Probabilitas $F < 0.05$ Dan H_0 Diterima Jika Probabilitas $F > 0.05$

d). Statistik Uji

Dengan Memakai Uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 1940,470 dengan probabilitas 0,000. karena nilai probabilitas < 0.05 . maka H_0 tolak atau ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak

e). Kesimpulan :

Dengan tingkat kepercayaan 5 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember ulangan II dengan Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak

Post Hoc Tests 1B

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Data

	(I) I B	(J) I B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	25%	50%	-,08408	,037688	,137	-,18619	,01803
		75%	-2,17400*	,037688	,000	-2,27611	-2,07189
		100%	-6,04958*	,037688	,000	-6,15169	-5,94747
	50%	25%	,08408	,037688	,137	-,01803	,18619
		75%	-2,08992*	,037688	,000	-2,19203	-1,98781
		100%	-5,96550*	,037688	,000	-6,06761	-5,86339
	75%	25%	2,17400*	,037688	,000	2,07189	2,27611
		50%	2,08992*	,037688	,000	1,98781	2,19203
		100%	-3,87558*	,037688	,000	-3,97769	-3,77347
	100%	25%	6,04958*	,037688	,000	5,94747	6,15169
		50%	5,96550*	,037688	,000	5,86339	6,06761
		75%	3,87558*	,037688	,000	3,77347	3,97769
Bonferroni	25%	50%	-,08408	,037688	,197	-,19007	,02191
		75%	-2,17400*	,037688	,000	-2,27999	-2,06801
		100%	-6,04958*	,037688	,000	-6,15557	-5,94359
	50%	25%	,08408	,037688	,197	-,02191	,19007
		75%	-2,08992*	,037688	,000	-2,19591	-1,98393
		100%	-5,96550*	,037688	,000	-6,07149	-5,85951
	75%	25%	2,17400*	,037688	,000	2,06801	2,27999
		50%	2,08992*	,037688	,000	1,98393	2,19591
		100%	-3,87558*	,037688	,000	-3,98157	-3,76959
	100%	25%	6,04958*	,037688	,000	5,94359	6,15557
		50%	5,96550*	,037688	,000	5,85951	6,07149
		75%	3,87558*	,037688	,000	3,76959	3,98157

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Data

	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	hari ke-4	hari ke-6	3,16958*	,037688	,000	3,06747	3,27169
		hari ke-8	3,35692*	,037688	,000	3,25481	3,45903
		hari ke-10	4,04517*	,037688	,000	3,94306	4,14728
	hari ke-6	hari ke-4	-3,16958*	,037688	,000	-3,27169	-3,06747
		hari ke-8	,18733*	,037688	,000	,08522	,28944
		hari ke-10	,87558*	,037688	,000	,77347	,97769
	hari ke-8	hari ke-4	-3,35692*	,037688	,000	-3,45903	-3,25481
		hari ke-6	-,18733*	,037688	,000	-,28944	-,08522
		hari ke-10	,68825*	,037688	,000	,58614	,79036
	hari ke-10	hari ke-4	-4,04517*	,037688	,000	-4,14728	-3,94306
		hari ke-6	-,87558*	,037688	,000	-,97769	-,77347
		hari ke-8	-,68825*	,037688	,000	-,79036	-,58614
Bonferroni	hari ke-4	hari ke-6	3,16958*	,037688	,000	3,06359	3,27557
		hari ke-8	3,35692*	,037688	,000	3,25093	3,46291
		hari ke-10	4,04517*	,037688	,000	3,93918	4,15116
	hari ke-6	hari ke-4	-3,16958*	,037688	,000	-3,27557	-3,06359
		hari ke-8	,18733*	,037688	,000	,08134	,29332
		hari ke-10	,87558*	,037688	,000	,76959	,98157
	hari ke-8	hari ke-4	-3,35692*	,037688	,000	-3,46291	-3,25093
		hari ke-6	-,18733*	,037688	,000	-,29332	-,08134
		hari ke-10	,68825*	,037688	,000	,58226	,79424
	hari ke-10	hari ke-4	-4,04517*	,037688	,000	-4,15116	-3,93918
		hari ke-6	-,87558*	,037688	,000	-,98157	-,76959
		hari ke-8	-,68825*	,037688	,000	-,79424	-,58226

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Data II Control tanpa Tanaman dan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100% dan variasi waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari.

	II	waktu	Data
1	25%	hari ke-4	.267
2	25%	hari ke-4	.373
3	25%	hari ke-4	.689
4	25%	hari ke-6	.116
5	25%	hari ke-6	.133
6	25%	hari ke-6	.099
7	25%	hari ke-8	.116
8	25%	hari ke-8	.082
9	25%	hari ke-8	.099
10	25%	hari ke-10	.099
11	25%	hari ke-10	.087
12	25%	hari ke-10	.088
13	50%	hari ke-4	.759
14	50%	hari ke-4	.654
15	50%	hari ke-4	.619
16	50%	hari ke-6	.065
17	50%	hari ke-6	.082
18	50%	hari ke-6	.133
19	50%	hari ke-8	.088
20	50%	hari ke-8	.082
21	50%	hari ke-8	.098
22	50%	hari ke-10	.097
23	50%	hari ke-10	.072
24	50%	hari ke-10	.092
25	75%	hari ke-4	3.502
26	75%	hari ke-4	3.572
27	75%	hari ke-4	3.643
28	75%	hari ke-6	.475
29	75%	hari ke-6	.509
30	75%	hari ke-6	.458
31	75%	hari ke-8	.270
32	75%	hari ke-8	.287
33	75%	hari ke-8	.338
34	75%	hari ke-10	1.260
35	75%	hari ke-10	.220
36	75%	hari ke-10	.192
37	100%	hari ke-4	16.076
38	100%	hari ke-4	15.513
39	100%	hari ke-4	15.724
40	100%	hari ke-6	7.097
41	100%	hari ke-6	6.995
42	100%	hari ke-6	7.097
43	100%	hari ke-8	7.017
44	100%	hari ke-8	6.814
45	100%	hari ke-8	6.951
46	100%	hari ke-10	4.658
47	100%	hari ke-10	4.607
48	100%	hari ke-10	4.693

Output :

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
II	1	25%	12
	2	50%	12
	3	75%	12
	4	100%	12
waktu	1	hari ke-4	12
	2	hari ke-6	12
	3	hari ke-8	12
	4	hari ke-10	12

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Data

II	waktu	Mean	Std. Deviation	N
25%	hari ke-4	,44300	,219536	3
	hari ke-6	,11600	,017000	3
	hari ke-8	,09900	,017000	3
	hari ke-10	,09133	,006658	3
	Total	,18733	,180921	12
50%	hari ke-4	,67733	,072858	3
	hari ke-6	,09333	,035388	3
	hari ke-8	,08933	,008083	3
	hari ke-10	,08700	,013229	3
	Total	,23675	,268009	12
75%	hari ke-4	3,57233	,070501	3
	hari ke-6	,48067	,025968	3
	hari ke-8	,29833	,035388	3
	hari ke-10	,55733	,608688	3
	Total	1,22717	1,441597	12
100%	hari ke-4	15,77100	,284427	3
	hari ke-6	7,06300	,058890	3
	hari ke-8	6,92733	,103549	3
	hari ke-10	4,65267	,043247	3
	Total	8,60350	4,438349	12
Total	hari ke-4	5,11592	6,554878	12
	hari ke-6	1,93825	3,094675	12
	hari ke-8	1,85350	3,061243	12
	hari ke-10	1,34708	2,020151	12
	Total	2,56369	4,208974	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	831,567 ^a	15	55,438	1673,665	,000
Intercept	315,480	1	315,480	9524,323	,000
II	591,928	3	197,309	5956,761	,000
waktu	106,674	3	35,558	1073,500	,000
II * waktu	132,964	9	14,774	446,021	,000
Error	1,060	32	,033		
Total	1148,106	48			
Corrected Total	832,627	47			

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,998)

➤ Analisis Satu Faktor (Test Of Between-subjects Effects)

Untuk mengetahui apakah dari rata-rata dari kadar Cr pada Ember kontrol tanpa tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100%, maka dilakukan uji hipotesis.

Uji Hipotesis : KONTROL TANPA TANAMAN (II)

j) Hipotesis

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol tanpa tanaman)
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol tanpa tanaman)

k) Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$

l) Daerah Kritis:

Dengan memakai $\alpha = 5 \%$, maka H_0 Ditolak Jika Probabilitas $F < 0.05$ Dan H_0 Diterima Jika Probabilitas $F > 0.05$

d). Statistik Uji

Dengan Memakai Uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 5956,761 dengan probabilitas 0,000. karena nilai probabilitas < 0.05 . maka H_0 tolak atau rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol tanpa tanaman adalah berbeda

e). Kesimpulan :

Dengan tingkat kepercayaan 5 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa Rata-rata penurunan kadar Cr rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol tanpa tanaman adalah berbeda

➤ WAKTU

Uji Hipotesis :

Untuk melihat apakah ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol dengan menggunakan variasi waktu kontak 4, 6, 8, 10 hari

m) Hipotesis

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol dengan variasi waktu kontak)
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ada perbedaan rata-rata penurunan kadar Cr Ember kontrol dengan variasi waktu kontak)

n) Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$

o) Daerah Kritis:

Dengan memakai $\alpha = 5 \%$, maka H_0 Ditolak Jika Probabilitas $F < 0.05$ Dan H_0 Diterima Jika Probabilitas $F > 0.05$

d). Statistik Uji

Dengan Memakai Uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 1073,500 dengan probabilitas 0,000. karena nilai probabilitas < 0.05 . maka H_0 tolak atau Rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol dengan variasi waktu kontak adalah berbeda

e). Kesimpulan :

Dengan tingkat kepercayaan 5 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa ada perbedaan Rata-rata penurunan kadar Cr pada Ember kontrol dengan variasi waktu kontak

➤ Analisis DUA FAKTOR

Uji Hipotesis: II (Ember Kontrol) dengan Waktu

Untuk melihat apakah ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember kontrol tanpa Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak

p) Hipotesis

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember kontrol tanpa Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak)

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember kontrol tanpa Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak)

q) Tingkat signifikansi $\alpha = 0.05$

r) Daerah Kritis:

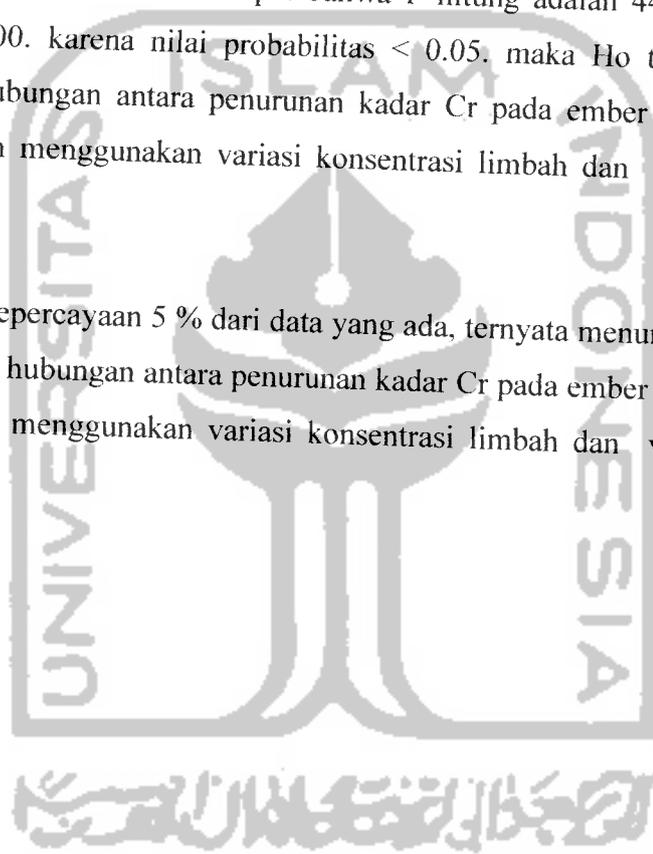
Dengan memakai $\alpha = 5 \%$, maka H_0 Ditolak Jika Probabilitas $F < 0.05$ Dan H_0 Diterima Jika Probabilitas $F > 0.05$

d). Statistik Uji

Dengan Memakai Uji F, maka didapat bahwa F hitung adalah 446,021 dengan probabilitas 0,000. karena nilai probabilitas < 0.05 . maka H_0 tolak atau ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember kontrol tanpa Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak

e). Kesimpulan :

Dengan tingkat kepercayaan 5 % dari data yang ada, ternyata menunjukkan bahwa ada interaksi atau hubungan antara penurunan kadar Cr pada ember kontrol tanpa Tanaman dengan menggunakan variasi konsentrasi limbah dan variasi waktu kontak



Post Hoc Tests II

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Data

	(I) II	(J) II	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	25%	50%	-,04942	,074301	,909	-,25072	,15189
		75%	-1,03983*	,074301	,000	-1,24114	-,83853
		100%	-8,41617*	,074301	,000	-8,61747	-8,21486
	50%	25%	,04942	,074301	,909	-,15189	,25072
		75%	-,99042*	,074301	,000	-1,19172	-,78911
		100%	-8,36675*	,074301	,000	-8,56806	-8,16544
	75%	25%	1,03983*	,074301	,000	,83853	1,24114
		50%	,99042*	,074301	,000	,78911	1,19172
		100%	-7,37633*	,074301	,000	-7,57764	-7,17503
	100%	25%	8,41617*	,074301	,000	8,21486	8,61747
		50%	8,36675*	,074301	,000	8,16544	8,56806
		75%	7,37633*	,074301	,000	7,17503	7,57764
Bonferroni	25%	50%	-,04942	,074301	1,000	-,25838	,15954
		75%	-1,03983*	,074301	,000	-1,24879	-,83087
		100%	-8,41617*	,074301	,000	-8,62513	-8,20721
	50%	25%	,04942	,074301	1,000	-,15954	,25838
		75%	-,99042*	,074301	,000	-1,19938	-,78146
		100%	-8,36675*	,074301	,000	-8,57571	-8,15779
	75%	25%	1,03983*	,074301	,000	,83087	1,24879
		50%	,99042*	,074301	,000	,78146	1,19938
		100%	-7,37633*	,074301	,000	-7,58529	-7,16737
	100%	25%	8,41617*	,074301	,000	8,20721	8,62513
		50%	8,36675*	,074301	,000	8,15779	8,57571
		75%	7,37633*	,074301	,000	7,16737	7,58529

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

WAKTU

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Data

	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	hari ke-4	hari ke-6	3,17767*	,074301	,000	2,97636	3,37897
		hari ke-8	3,26242*	,074301	,000	3,06111	3,46372
		hari ke-10	3,76883*	,074301	,000	3,56753	3,97014
	hari ke-6	hari ke-4	-3,17767*	,074301	,000	-3,37897	-2,97636
		hari ke-8	,08475	,074301	,668	-,11656	,28606
		hari ke-10	,59117*	,074301	,000	,38986	,79247
	hari ke-8	hari ke-4	-3,26242*	,074301	,000	-3,46372	-3,06111
		hari ke-6	-,08475	,074301	,668	-,28606	,11656
		hari ke-10	,50642*	,074301	,000	,30511	,70772
	hari ke-10	hari ke-4	-3,76883*	,074301	,000	-3,97014	-3,56753
		hari ke-6	-,59117*	,074301	,000	-,79247	-,38986
		hari ke-8	-,50642*	,074301	,000	-,70772	-,30511
Bonferroni	hari ke-4	hari ke-6	3,17767*	,074301	,000	2,96871	3,38663
		hari ke-8	3,26242*	,074301	,000	3,05346	3,47138
		hari ke-10	3,76883*	,074301	,000	3,55987	3,97779
	hari ke-6	hari ke-4	-3,17767*	,074301	,000	-3,38663	-2,96871
		hari ke-8	,08475	,074301	1,000	-,12421	,29371
		hari ke-10	,59117*	,074301	,000	,38221	,80013
	hari ke-8	hari ke-4	-3,26242*	,074301	,000	-3,47138	-3,05346
		hari ke-6	-,08475	,074301	1,000	-,29371	,12421
		hari ke-10	,50642*	,074301	,000	,29746	,71538
	hari ke-10	hari ke-4	-3,76883*	,074301	,000	-3,97779	-3,55987
		hari ke-6	-,59117*	,074301	,000	-,80013	-,38221
		hari ke-8	-,50642*	,074301	,000	-,71538	-,29746

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.



Lampiran 4 Perhitungan

Perhitungan Efisiensi Pengolahan

Besarnya nilai proses pengolahan dinyatakan dengan rumus :

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{Ap}{Ao} \times 100\% \\ &= \dots\dots \% \end{aligned}$$

Keterangan : Ef = Efisiensi

Ao = Konsentrasi awal

Ap = Konsentrasi dalam tanaman

Efisiensi logam Cr pada Ulangan I :

1. Konsentrasi 25%

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{23.325}{25} \times 100\% \\ &= 93.30\% \end{aligned}$$

2. Konsentrasi 50%

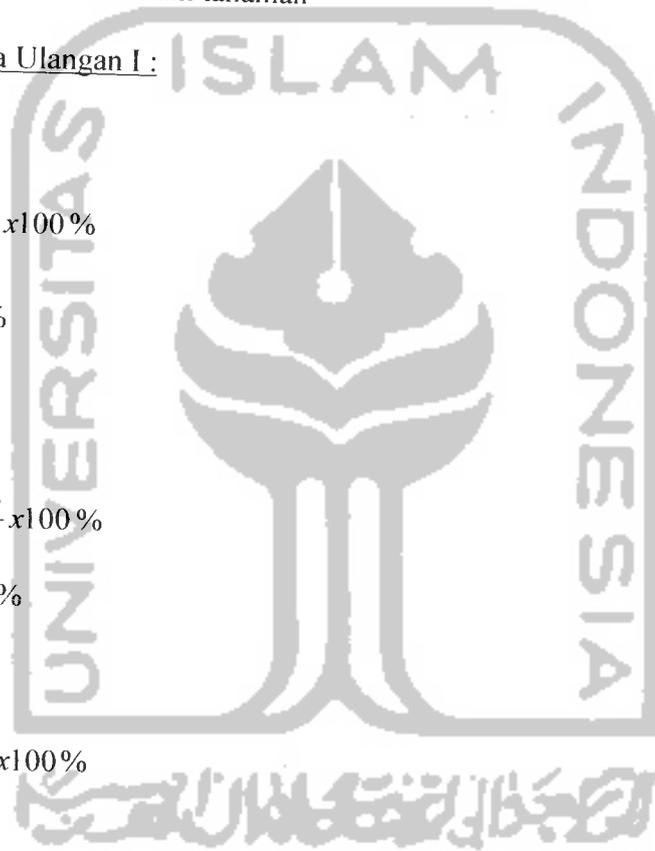
$$\begin{aligned} Ef &= \frac{34.043}{50} \times 100\% \\ &= 68.09\% \end{aligned}$$

3. Kosentrasi 75%

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{40.549}{75} \times 100\% \\ &= 54.07\% \end{aligned}$$

4. Kosentrasi 100%

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{34.497}{100} \times 100\% \\ &= 34.50\% \end{aligned}$$



Efisiensi logam Cr pada Ulangan II :

1. Konsentrasi 25%

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{24.11}{25} \times 100\% \\ &= 96.44\% \end{aligned}$$

2. Konsentrasi 50%

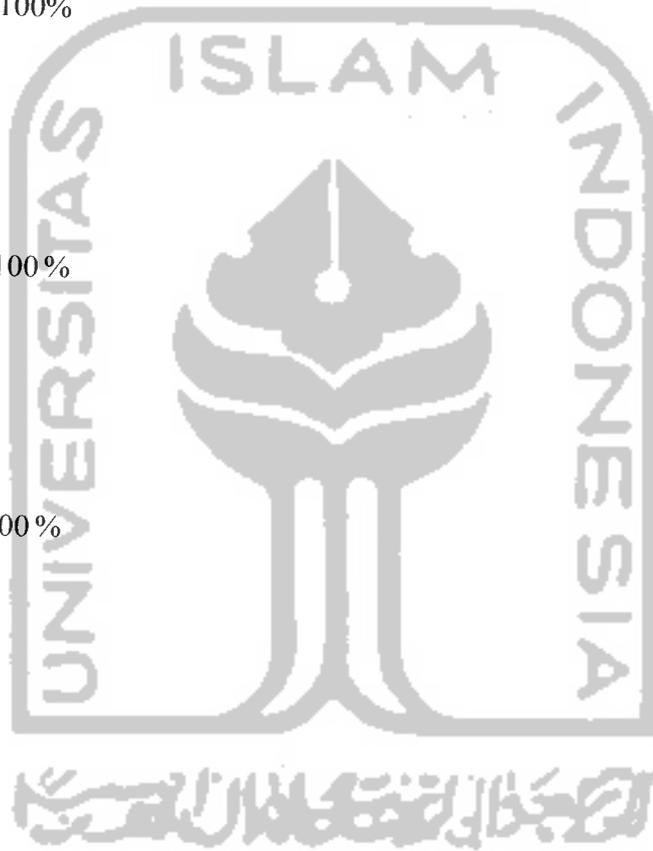
$$\begin{aligned} Ef &= \frac{44.621}{50} \times 100\% \\ &= 89.24\% \end{aligned}$$

3. Konsentrasi 75%

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{46.458}{75} \times 100\% \\ &= 61.94\% \end{aligned}$$

4. Konsentrasi 100%

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{60.588}{100} \times 100\% \\ &= 60.59\% \end{aligned}$$



Perhitungan Kadar Khrom dalam Tanaman Kiapu

I. Kadar Khrom dalam Akar Kiapu

Konsentrasi Limbah (%)	Berat Sampel Ulangan I (g)	Hasil Pengukuran ($\mu\text{g/g}$)	Kadar Cr dalam Akar (μg)	Kadar Cr dalam Akar ($\mu\text{g/ml}$)
25	2	36747.84	73495.68	14.69914
50	12.73	11179.493	142314.9	28.4629
75	18.68	8359.027	156146.6	31.22932
100	23.95	4052.71	97062.4	19.41248

Konsentrasi Limbah (%)	Berat Sampel Ulangan I (g)	Hasil Pengukuran ($\mu\text{g/g}$)	Kadar Cr dalam Akar (μg)	Kadar Cr dalam Akar ($\mu\text{g/ml}$)
25	2.51	27020.479	67821.4	13.56428
50	10.36	13931.671	144332.1	28.86642
75	12.53	10486.75	131399	26.2798
100	21.68	5120.444	111011.2	22.20225

2. Kadar Khrom dalam daun kiapu

Konsentrasi Limbah (%)	Berat Sampel Ulangan I (g)	Hasil Pengukuran ($\mu\text{g/g}$)	Kadar Cr dalam Daun (μg)	Kadar Cr dalam Daun ($\mu\text{g/ml}$)
25	11.4	4493.065	51220.94	10.24419
50	48.65	1285.09	62519.63	12.50393
75	47.99	1773.498	85110.17	17.02203
100	35.06	3115.025	109212.8	21.842

Konsentrasi Limbah (%)	Berat Sampel Ulangan I (g)	Hasil Pengukuran ($\mu\text{g/g}$)	Kadar Cr dalam Daun (μg)	Kadar Cr dalam Daun ($\mu\text{g/ml}$)
25	4.58	12385.66	56726.32	11.34526
50	25.26	3930.099	99274.3	19.85486
75	21.35	5614.127	119861.6	23.97232
100	26.77	7325.257	196097.13	39.219

Perhitungan Kapasitas Serapan Logam Cr Oleh Kiapu

Serapan Logam Cr Dalam Akar

Akar Dalam Konsentrasi Limbah (%)	Hasil Pengukuran Awal ($\mu\text{g/g}$)	Hasil Pengukuran Setelah 10 Hari		Penyerapan Logam	
		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan I	Ulangan II
25	435.625	36747.840	26295.097	36312.215	25859.472
50	435.625	11179.493	13391.672	10743.868	12956.047
75	435.625	8359.027	10468.754	7923.402	10033.129
100	435.625	4052.711	5120.444	3617.086	4684.819

Serapan Logam Cr Dalam Daun

Daun Dalam konsentrasi Limbah (%)	Hasil Pengukuran Awal ($\mu\text{g/g}$)	Hasil Pengukuran Setelah 10 Hari		Penyerapan Logam	
		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan I	Ulangan II
25	632.789	4493.066	12385.66	3860.277	11752.871
50	632.789	1285.09	3930.099	652.301	3297.31
75	632.789	1773.499	5614.127	1140.71	4981.338
100	632.789	3115.025	7325.257	2482.236	6692.468



Lampiran 5

Alat dan Bahan

ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dan tanaman.

Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian :

1. Ember plastik dengan diameter atas 35 cm, tinggi 18 cm, diameter alas 28 cm dan volume 10 liter sebanyak 15 buah.
2. Penggaris
3. Gunting dan kertas
4. Derigen volume 20 liter
5. Botol kaca

Bahan-bahan yang dibutuhkan pada penelitian :

1. Tanaman Kiapu
 2. Air bersih
 3. Limbah Penyamakan Kulit.
2. Alat dan bahan analisa laboratorium.

Alat Yang Digunakan Dalam Analisa Laboratorium :

1. Krusibel
2. Kompor listrik
3. Lempengan pemanas (Labinco L – 34)
4. Neraca digital (Sartorius BP – 410)
5. Alat fotografi
6. Kertas saring Whatman 41
7. Peralatan gelas

8. pH meter (WTW)

9. Spektrofotometer serapan otom model AA – 782 Nippon Jarell Ash

Bahan-bahan yang dibutuhkan pada analisa laboratorium :

1. HNO_3
2. HClO_4
3. Aquadest

