

**MODIFIKASI KULIT SALAK (*Salacca zalacca*) SEBAGAI ADSORBEN
KROMIUM DALAM LIMBAH PENYAMAKAN KULIT**

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi
Sebagian Persyaratanguna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains**



**Oleh
Wijayanti
NIM. 11307141033**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2016

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Modifikasi Kulit Salak (*Salacca zalacca*) Sebagai Adsorben Kromium Dalam Limbah Penyamakan Kulit” yang disusun oleh Wijayanti, NIM. 11307141033 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Disetujui pada tanggal :

01 September 2016

Yogyakarta, September 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kimia

Jaslin Ikhsan, Ph.D

NIP. 19680629 199303 1 001

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Endang Widjajanti L.F.X

NIP. 19621203 198601 2 001

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wijayanti
NIM : 11307141033
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Modifikasi Kulit Salak (*Salacca zalacca*)
Sebagai Adsorben Kromium Dalam Limbah
Penyamakan Kulit

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi atau data yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan studi pada universitas atau institut lain, kecuali pada bagian-bagian yang telah dinyatakan dalam teks.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta,

Yang menyatakan,


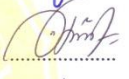



Wijayanti

NIM. 11307141033

PENGESAHAN

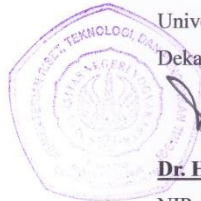
Skripsi yang berjudul “Modifikasi Kulit Salak (*Salacca zalacca*) Sebagai Adsorben Kromium Dalam Limbah Penyamakan Kulit” yang disusun oleh Wijayanti, NIM. 11307141033 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 09 September 2016 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI			
Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Prof. Dr. Endang W.L.F.X.</u> NIP. 19621203 198601 2 001	Ketua Penguji		19-9-2016
<u>Marfuatun, M. Si.</u> NIP. 19840406 200604 2 001	Sekretaris Penguji		16-9-2016
<u>Dr. Crys Fajar P., M. Si.</u> NIP. 19631230 198901 1 001	Penguji I (Utama)		15-9-2016
<u>Jaslin Ikhsan, Ph. D.</u> NIP. 19680629 199303 1 001	Penguji II (Pendamping)		13-9-2016

Yogyakarta, 20 September 2016

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”
(Q.S. Al-Insyirah : 6)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?”
(Q.S. Ar-Rahmaan : 28)

\

PERSEMBAHAN

“...Skripsi ini saya persembahkan untuk keluarga, sahabat, dan teman-teman yang selalu memotivasi...”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Modifikasi Kulit Salak (*Salacca zalacca*) Sebagai Adsorben Kromium Dalam Limbah Penyamakan Kulit”. Tak lupa sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang syafaatnya senantiasa kita nantikan di hari akhir kelak.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapat bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA UNY yang telah memberikan izin untuk mengadakan penelitian.
2. Jaslin Ikhsan, Ph.D selaku Ketua Jurusan Pendidikan Kimia yang telah memberikan izin untuk mengadakan penelitian dan memberikan arahan kepada penulis.
3. Siti Marwati, M. Si. Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan berlangsung.
4. Prof. Dr. Endang Widjajanti L.F.X selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan saran hingga diselesaikannya skripsi ini.
5. Dr. Crys Fajar P., M. Si, Jaslin Ikhsan, Ph. D, dan Marfuatun, M. Si. selaku anggota Dewan Penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk penulisan skripsi ini.

6. Semua pihak dari laboratorium Politeknik ATK Yogyakarta yang telah membantu kelancaran penelitian dan penulisan skripsi ini.
7. Orang tua, keluarga, dan sahabat yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Program Studi Kimia pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Yogyakarta,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTARLAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Perumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5

BAB II KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori	6
1. Kulit Salak.....	6
2. Penyamakan Kulit	8
3. Adsorpsi	11
4. Isoterm Adsorpsi	12
5. Adsorben	15
6. Kromium	16
7. Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	17
8. Spektroskopi Inframerah	19
9. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	21
B. Penelitian yang Relevan	23
C. Kerangka Berpikir	24

BAB III METODE PENELITIAN

A. Subyek dan Obyek Penelitian	27
1. Subyek Penelitian.....	27
2. Obyek Penelitian	27
B. Variabel Penelitian.....	27
1. Variabel Bebas.....	27
2. Variabel Terikat	27
C. Alat dan Bahan	27
1. Alat	27
2. Bahan.....	27
D. Prosedur Kerja.....	28

1. Preparasi Adsorben Kulit Salak.....	28
2. Pembuatan Larutan Baku Kromium 100 mg/L.....	28
3. Pembuatan Larutan Baku Kromium 10 mg/L.....	28
4. Pembuatan Kurva Standar.....	28
5. Adsorpsi pada Variasi Waktu.....	29
6. Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium.....	29
7. Penerapan Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit.....	29
E. Teknik Perolehan Data.....	30
1. Data Kualitatif.....	30
2. Data Kuantitatif.....	30
F. Analisis Data.....	30
1. Penentuan Daya Adsorpsi.....	30
2. Isoterm Adsorpsi.....	31
3. Efisiensi Adsorpsi.....	31

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	32
1. Preparasi Adsorben Kulit Salak.....	32
2. Karakterisasi Adsorben.....	32
a. Spektroskopi Inframerah (FT-IR).....	32
b. Karakterisasi SEM-EDS.....	34
3. Adsorpsi pada Variasi Waktu.....	36
4. Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium.....	37
5. Penentuan Isoterm Adsorpsi.....	37
6. Penerapan Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit.....	38

B. Pembahasan.....	39
1. Preparasi Adsorben Kulit Salak.....	39
2. Karakterisasi Adsorben	40
a. Spektroskopi Inframerah (FT-IR)	40
b. Karakterisasi SEM-EDS.....	41
3. Adsorpsi pada Variasi Waktu	43
4. Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium.....	44
5. Penentuan Isoterm Adsorpsi.....	46
6. Penerapan Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Hasil Adsorpsi pada Variasi Waktu	36
Tabel 2. Data Hasil Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium	37
Tabel 3. Data Adsorpsi Isoterm Langmuir	38
Tabel 4. Data Adsorpsi Isoterm Freundlich.....	38
Tabel 5. Hasil Adsorpsi Kromium Limbah Penyamakan Kulit.....	39
Tabel 6. Interpretasi Gugus Fungsi	41
Tabel 7. Parameter Isoterm Adsorpsi	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kulit Salak.....	6
Gambar 2. Struktur Selulosa	7
Gambar 3. Ilustrasi Skema Prinsip Kerja SSA.....	18
Gambar 4. Kurva Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi	19
Gambar 5. Spektra IR Selulosa	20
Gambar 6. Diagram SEM.....	22
Gambar 7. Kulit Salak.....	32
Gambar 8. Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Asam	32
Gambar 9. Spektra Inframerah Adsorben Sebelum Adsorpsi	33
Gambar 10. Spektra Inframerah Adsorben Setelah Adsorpsi.....	33
Gambar 11. Hasil SEM Adsorben Sebelum Adsorpsi (350 kali).....	34
Gambar 12. Hasil SEM Adsorben Setelah Adsorpsi (350 kali).....	34
Gambar 13. Spektrum EDS Sebelum Adsorpsi.....	35
Gambar 14. Spektrum EDS Setelah Adsorpsi.....	35
Gambar 15. Kurva Hubungan Daya Adsorpsi dengan Variasi Waktu.....	43
Gambar 16. Kurva Hubungan Daya Adsorpsi dengan Konsentrasi Awal.....	45
Gambar 17. Kurva Isoterm Langmuir	47
Gambar 18. Kurva Isoterm Freundlich	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pembuatan Larutan	56
Lampiran 2. Pembuatan Larutan Standar Krom	58
Lampiran 3. Perhitungan Data Adsorpsi pada Variasi Waktu	60
Lampiran 4. Perhitungan Data Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal	63
Lampiran 5. Perhitungan Isoterm Adsorpsi	66
Lampiran 6. Perhitungan Efisiensi Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit	69
Lampiran 7. Hasil Uji Kandungan Selulosa dalam Kulit Salak	70
Lampiran 8. Hasil Uji SSA Variasi Waktu	71
Lampiran 9. Hasil Uji SSA Variasi Konsentrasi	73
Lampiran 10. Hasil Uji SSA Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit	77
Lampiran 11. Spektra Inframerah Adsorben Sebelum Adsorpsi	78
Lampiran 12. Spektra Inframerah Adsorben Setelah Adsorpsi	79
Lampiran 13. Hasil Uji SEM Adsorben Sebelum dan Setelah Adsorpsi	80
Lampiran 14. Spektra EDS Adsorben Sebelum dan Setelah Adsorpsi	81

MODIFIKASI KULIT SALAK (*Salacca zalacca*) SEBAGAI ADSORBEN KROMIUM DALAM LIMBAH PENYAMAKAN KULIT

Oleh

Wijayanti

NIM. 11307141033

Pembimbing : Prof. Dr. Endang Widjajanti L.F.X

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu kontak dan konsentrasi awal kromium ketika adsorpsi mencapai kesetimbangan serta untuk mengetahui pola isoterm dan efisiensi adsorpsi kromium dalam limbah penyamakan kulit.

Kulit salak didelignifikasi menggunakan NaOH 0,1 M selama 12 jam kemudian diaktivasi dengan HCl 1 M selama 24 jam. Karakterisasi adsorben dilakukan dengan FTIR dan SEM-EDS. Proses adsorpsi untuk menentukan kondisi setimbang dilakukan pada variasi waktu kontak dan konsentrasi awal kromium. Konsentrasi kromium dalam larutan ditentukan dengan SSA. Daya adsorpsi ditentukan dengan membandingkan konsentrasi kromium sebelum dan sesudah adsorpsi. Data waktu kontak dalam keadaan setimbang yang diperoleh digunakan untuk melakukan adsorpsi terhadap limbah penyamakan kulit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak optimum ketika adsorpsi mencapai kesetimbangan adalah 90 menit sedangkan konsentrasi awal kromium yang memberikan daya adsorpsi paling besar dalam kondisi setimbang adalah 28,265 mg/L. Adsorpsi ini mengikuti pola isoterm Freundlich dan efisiensi adsorpsi kromium dalam limbah penyamakan kulit adalah 59,8173%.

Kata kunci: kulit salak, adsorpsi, kromium.

**MODIFICATION OF SALACCA PEELS (*Salacca zalacca*) AS AN
ADSORBENT FOR CHROMIUM REMOVAL IN TANNERY
WASTEWATER**

By

Wijayanti

NIM. 11307141033

Supervisor : Prof. Dr. Endang Widjajanti L.F.X

ABSTRACT

The aims of this research were to find out optimum condition of contact time and initial concentration when adsorption reached equilibrium state. The other aims were to determine isotherm model and adsorption efficiency of chromium removal in tannery wastewater.

Salacca peels was delignified by NaOH 0.1 M for 12 hours and soaked in HCl 1 M for 24 hours. The adsorbent was characterized using FTIR and SEM-EDS. The adsorption process to determine equilibrium condition was done on variation of contact time and initial concentration of chromium. Chromium concentration was determined by AAS. Adsorption capacity was determined by comparing the concentration of chromium before and after adsorption. Contact time data in equilibrium condition was used to perform the adsorption in tannery wastewater.

The result showed that optimum contact time when reached equilibrium state was 90 minutes and initial concentration of chromium that gives greatest adsorption capacity in equilibrium condition was 28.265 mg/L. This chromium adsorption followed Freundlich isotherm model and adsorption efficiency of chromium removal in tannery wastewater was 59.8173 %.

Keywords: Salacca peels, adsorption, chromium

BAB I PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Industri penyamakan kulit adalah salah satu industri yang cukup banyak ditemukan di masyarakat. Kegiatan utama dalam industri ini berupa proses pengawetan kulit binatang dengan menggunakan berbagai bahan kimia sehingga kulit tersebut dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan produk *fashion* dan kerajinan. Bahan baku kulit yang digunakan adalah kulit binatang.

Menurut Foliatini dan Hanafi (2007), dalam proses penyamakan kulit dibutuhkan zat kimia (*tanning agent*) yang berfungsi untuk mengubah kulit mentah menjadi kulit tersamak. Jumlah dan jenis zat penyamak yang digunakan tergantung pada jenis bahan mentah serta karakteristik produk yang diinginkan. Zat penyamak tersebut berperan dalam menstabilkan struktur kulit. Dengan cara tersebut, kulit diproses menjadi material yang tahan terhadap degradasi fisik dan kimia.

Secara garis besar, proses penyamakan kulit dimulai dengan perendaman kulit. Perendaman dalam air dilakukan untuk menghilangkan darah dan kotoran serta perendaman dalam air kapur [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] dan natrium sulfida (Na_2S) (*liming*) untuk menghilangkan sisa bulu atau rambut. Proses berikutnya adalah penghilangan sisa jaringan daging dan penghilangan sisa kapur dari proses *liming*. Kulit yang sudah bersih dan siap disamak kemudian diawetkan dengan asam formiat (HCOOH). Setelah proses tersebut, kulit

disamak dengan garam krom. Proses ini dilakukan untuk menstabilkan jaringan protein kulit. Garam krom digunakan sebagai zat penyamak karena memiliki daya kerja yang cukup baik dan ekonomis dari segi biaya. Namun, penggunaan krom sebagai zat penyamak telah menimbulkan masalah. Pada proses penyamakan tidak semua garam krom yang digunakan akan terikat pada kulit karena hanya sekitar 15 % yang efektif sedangkan sisanya di buang menjadi limbah (Foliatini dan Hanafi, 2007). Limbah penyamakan ini mengandung krom trivalen (Cr^{3+}) dan krom heksavalen (Cr^{6+}) yang apabila dibuang langsung hingga melebihi ambang batas dapat mencemari lingkungan dan dapat membahayakan makhluk hidup karena karsinogenik (Foliatini dan Hanafi, 2007). Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat terjangkau oleh industri kecil dalam mengolah limbah tersebut, sehingga dapat mengantisipasi pencemaran. Metode tersebut diharapkan dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan akibat krom dalam limbah penyamakan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengatasi limbah krom ini yaitu adsorpsi, oksidasi, pertukaran ion, dan pemisahan dengan membran.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah logam berat yang berbahaya bagi lingkungan. Adsorben yang digunakan dalam adsorpsi dapat menjerap berbagai polutan baik senyawa organik maupun anorganik termasuk logam berat. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah limbah pertanian. Menurut penelitian Johnson (2008) beberapa limbah pertanian dapat dijadikan

alternatif adsorben diantaranya adalah kulit apel, kulit kacang tanah, tempurung kelapa, dan kulit singkong yang mampu mengadsorb logam berat. Hasil penelitian Hasrianti (2012) menunjukkan bahwa kulit singkong dapat menyerap ion Cr^{6+} sebanyak 12,82 mg/g. Sementara itu, biji asam dapat dijadikan karbon aktif untuk mengadsorb Cr(VI) dan menunjukkan 21,71% kromium terserap dari limbah *tanning* penyamakan kulit (Sulistiowati, 2012). Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah pertanian yang mengandung selulosa dapat diolah lebih lanjut sebagai adsorben dan diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah limbah pertanian.

Salah satu limbah pertanian yang berpotensi dijadikan adsorben adalah kulit salak. Kulit salak biasanya langsung dibuang dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif untuk mengatasi limbah krom dari penyamakan kulit dengan memanfaatkan kulit salak. Kulit salak tersebut dimodifikasi sehingga dapat mengadsorpsi krom dari limbah penyamakan kulit melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi pada dasarnya dipengaruhi oleh waktu kontak, konsentrasi awal adsorbat, dan pH. Daya adsorpsi akan meningkat seiring bertambahnya waktu dan konsentrasi awal adsorbat hingga mencapai kondisi setimbang kemudian pada waktu tertentu daya adsorpsi akan turun (Odeh *et.al*, 2015). pH menentukan muatan permukaan suatu adsorben sehingga akan mempengaruhi interaksi ion logam dengan adsorben. pH yang rendah akan menyebabkan ion logam sebagai adsorbat berkompetensi dengan H^+ sehingga menurunkan jumlah ion logam yang teradsorp (Afrizal, 2008).

Proses adsorpsi pada penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu dan konsentrasi awal kromium. Kondisi optimum proses adsorpsi yang diperoleh akan diaplikasikan pada limbah penyamakan kulit.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, yaitu,

1. Limbah penyamakan kulit mengandung senyawa krom yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan sehingga memerlukan pengolahan.
2. Terdapat bahan alam yang berpotensi digunakan sebagai adsorben.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi diantaranya adalah waktu kontak dan konsentrasi awal adsorbat.

C. PEMBatasan MASALAH

Berdasarkan identifikasi masalah diperoleh batasan masalah yaitu,

1. Pengolahan limbah penyamakan kulit dilakukan dengan teknik adsorpsi.
2. Adsorben yang digunakan adalah adsorben kulit salak termodifikasi.
3. Adsorpsi dilakukan pada variasi waktu kontak dan konsentrasi awal kromium.

D. PERUMUSAN MASALAH

1. Berapa waktu kontak dan konsentrasi awal kromium saat tercapai kesetimbangan pada proses adsorpsi kromium oleh adsorben kulit salak?
2. Bagaimana pola isoterm adsorpsi kromium oleh adsorben kulit salak?
3. Berapa efisiensi adsorpsi kromium dalam limbah penyamakan kulit menggunakan adsorben kulit salak?

E. TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui waktu kontak dan konsentrasi awal kromium saat tercapai kesetimbangan pada proses adsorpsi kromium oleh adsorben kulit salak
2. Untuk mengetahui pola isoterm adsorpsi kromium oleh adsorben kulit salak.
3. Untuk mengetahui efisiensi adsorpsi kromium dalam limbah penyamakan kulit menggunakan adsorben kulit salak.

F. MANFAAT PENELITIAN

1. Mengetahui waktu kontak dan konsentrasi awal kromium saat tercapai kesetimbangan pada proses adsorpsi kromium oleh adsorben kulit salak
2. Mengetahui pola isoterm yang dihasilkan pada adsorpsi kulit salak terhadap kromium.
3. Penelitian adsorpsi kromium menggunakan kulit salak diharapkan menjadi salah satu solusi alternatif dalam mengolah limbah penyamakan kulit yang mengandung logam kromium.
4. Menambah nilai guna kulit salak.

BAB II KAJIAN TEORI

A. DESKRIPSI TEORI

1. Kulit Salak

Salak (*Salacca zalacca* (Gaert.) Voss.) adalah tanaman asli Indonesia, termasuk famili *Palmae* serumpun dengan kelapa, kelapa sawit, aren (enau), palem, serta pakis yang bercabang rendah dan tegak (Nazaruddin dan Kristiawati dalam Fahrizan, 2008). Menurut Tjitrosoepomo (Herwin Suskendriyati, 2000) tanaman salak dapat diklasifikasikan sebagai berikut,

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Klas	: <i>Monocotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Principes</i>
Familia	: <i>Palmae</i>
Genus	: <i>Salacca</i>
Spesies	: <i>Salacca zalacca</i> (Gaert.) Voss.
Sinonim	: <i>Salacca edulis</i> Reinw

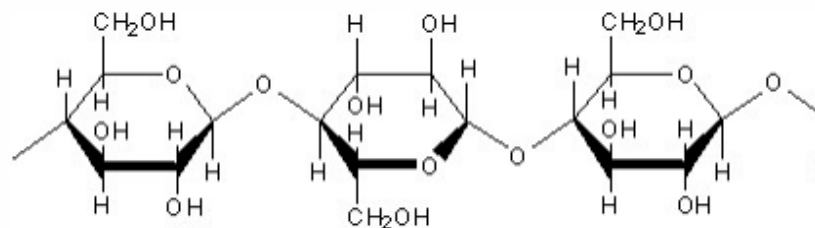
Buah Salak terdiri dari kulit luar, kulit dalam, daging buah, dan biji.



Gambar 1. Kulit Salak

Salak termasuk *angiospermae* yaitu tumbuhan berbiji tertutup yang memiliki struktur dinding sel yang kaku dan terusun dari selulosa (Aji dan Kurniawan, 2012). Selulosa merupakan komponen utama pembentukan dinding sel dan senyawa yang paling berlimpah termasuk terdapat dalam kulit salak.

Selulosa merupakan senyawa polisakarida dengan bobot molekul tinggi dan memiliki struktur teratur. Selulosa merupakan polimer linear terdiri dari unit ulangan β -D-Glukopiranos. Sifat selulosa sebagai polimer tercermin dari bobot molekul rata-rata, polidispersitas, dan konfigurasi rantainya. Struktur kimia selulosa terdiri atas unsur C, O, H yang membentuk rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$, dengan ikatan hidrogen yang sangat erat.



Gambar 2. Struktur Selulosa (sumber: <http://www.rsc.org>)

Selulosa mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi logam berat. Menurut Afrizal (2008), selulosa, lignin, hemiselulosa, dan komponen kayu lainnya telah banyak digunakan dalam industri penjernihan air untuk menghilangkan logam berat seperti Cu(II), Pb(II), Cd(II), dan Cr(III). Oleh karena itu, kulit salak yang mengandung selulosa berpotensi mampu menyerap logam berat yang terdapat dalam air limbah.

2. Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang mengolah kulit hewan seperti sapi, domba, kambing, kelinci, kuda, reptil, ikan, dan lain-lain menjadi kulit tersamak (*leather*). Proses penyamakan terdiri dari 3 proses utama, yaitu proses pengerjaan basah (*beam house*), proses penyamakan (*tanning*), dan proses *finishing* (diakses dari <http://www.kelair.bppt.go.id>).

a. Proses Beam House

1) Perendaman (*Soaking*)

Perendaman bertujuan untuk mengembalikan kadar air dalam kulit yang hilang sewaktu pengawetan hingga mendekati kadar air kulit hewan segar. Bahan kimia yang digunakan adalah bahan-bahan yang mampu mempercepat penyerapan air dalam kulit seperti surfaktan, enzim, serta bahan-bahan untuk mencegah pembusukan.

2) Pembuangan bulu (*Unhairing*) dan pengapuran (*Liming*)

Komponen protein keratin seperti bulu dan akar rambut dihilangkan dengan garam sulfida atau dengan pasta yang terbuat dari kapur [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], NaOH, dan Na_2S . Kulit yang telah dihilangkan bulu kasarnya biasanya masih meninggalkan sisa bulu halus yang melekat pada kulitnya. Untuk membersihkannya biasanya dilakukan proses *scudding* yaitu dengan dikerok menggunakan pisau lengkung.

3) Pembuangan daging (*Fleshing*)

Fleshing dilakukan dengan menggunakan pisau seset atau mesin *fleshing*. Tujuan proses ini adalah untuk menghilangkan jaringan daging dan

lemak yang menempel pada bagian kulit dalam. Apabila jaringan daging dan lemak tersebut tidak dihilangkan, dapat menyebabkan hambatan penetrasi bahan penyamak.

4) Pembelahan (*Splitting*)

Proses pembelahan dilakukan untuk mengatur ketebalan kulit agar sama di semua bagian kulit.

5) Pembuangan kapur (*deliming*)

Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan kapur yang ada di dalam kulit. Bahan kimia yang digunakan diantaranya adalah ammonium sulfat, ammonium klorida, asam format, natrium bisulfit, dan asam-asam lemah.

6) *Bating*

Bating merupakan proses enzimatik untuk menghilangkan sebagian protein non kolagen.

7) Pembuangan lemak (*Degreasing*)

Proses ini dilakukan untuk menghilangkan lemak natural yang berlebihan pada kulit.

Apabila tidak dihilangkan lemak natural dapat bereaksi dengan bahan penyamak krom sehingga terbentuk sabun krom.

8) Pengasaman (*Pickling*)

Proses pengasaman bertujuan untuk menyiapkan kulit masuk pada proses penyamakan dan untuk pengawetan. Bahan kimia yang digunakan

untuk pengasaman adalah natrium klorida, asam sulfat, asam format, dan anti jamur.

b. Penyamakan (*Tanning*)

Proses *tanning* bertujuan agar serat kolagen menjadi stabil sehingga kulit tidak lagi mengalami pembusukan oleh mikroorganisme, kulit menjadi lebih tahan terhadap bahan kimia tertentu, dan kulit lebih tahan panas. Ada beberapa jenis bahan penyamak yang digunakan, diantaranya adalah bahan penyamak nabati, aldehida, mineral seperti garam krom, dan lain-lain. Kulit yang disamak dengan garam krom memiliki ketahanan panas paling tinggi, yaitu antara 100°C-120°C.

c. Pasca Penyamakan

Proses pasca penyamakan dibagi menjadi beberapa tahapan proses, yang meliputi proses fisik (pemeraman, pemerahan, pengetaman, pencucian) dan proses kimia (netralisasi, pemucatan, peminyakan, pewarnaan). Secara umum, dalam proses pasca penyamakan ini ditambahkan bahan-bahan yang akan memberikan sifat khas pada kulit agar sesuai dengan peruntukannya.

Dari proses-proses tersebut, limbah penyamakan kulit mengandung beberapa bahan organik maupun anorganik, diantaranya adalah kapur, logam krom, minyak, lemak, dan lain-lain.

Limbah penyamakan kulit yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah dari proses *tanning* yang mengandung senyawa kromium.

3. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu fenomena fisik yang terjadi antara molekul-molekul fluida (gas atau cair) yang dikontakkan dengan suatu permukaan padatan (Noor A. Kundari dan Slamet Wiyunati, 2008). Adsorpsi merupakan proses interaksi antara zat penjerap dengan suatu permukaan penjerap. Pada peristiwa adsorpsi terjadi pengeluaran kalor (eksoterm).

Menurut kekuatan interaksinya, ada 2 tipe adsorpsi yaitu adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi).

a. Adsorpsi fisik (fisisorpsi)

Adsorpsi fisik melibatkan gaya molekul yang relatif lemah yang terjadi secara fisik tanpa disertai perubahan kimia. Adsorpsi fisik bergantung pada sifat-sifat fisika adsorbat. Banyaknya zat yang teradsorpsi dalam adsorpsi fisik akan makin kecil dengan naiknya suhu.

b. Adsorpsi kimia (kemisorpsi)

Terjadi apabila terdapat interaksi kimia antara molekul zat yang teradsorpsi dengan molekul adsorben. Adsorpsi ini melibatkan pertukaran elektron antara molekul yang diadsorpsi dengan permukaan adsorben.

Daya adsorpsi merupakan ukuran kemampuan suatu adsorben menarik sejumlah adsorbat. Proses adsorpsi tergantung pada luas spesifik padatan atau luas permukaan adsorben, konsentrasi keseimbangan zat terlarut atau tekanan adsorpsi gas, temperatur pada saat proses berlangsung dan sifat adsorbat atau adsorben. Semakin besar luas permukaan, maka daya adsorpsi akan semakin kuat. Sifat adsorpsi pada permukaan zat padat sangat selektif artinya pada

campuran zat hanya satu komponen yang diadsorpsi oleh zat padat tertentu (Endang W. Laksono, 2002).

Daya adsorpsi suatu adsorben dapat diukur menggunakan berbagai alat, mulai dari yang paling sederhana hingga yang canggih seperti teknik spektroskopi. Pada instrumen sederhana pengukuran dilakukan dengan membandingkan konsentrasi adsorbat sebelum dan sesudah adsorpsi. Saat ini spektroskopi yang banyak digunakan adalah spektroskopi fotoelektron sinar-X, atau spektroskopi inframerah refleksi - adsorpsi.

4. Isoterm Adsorpsi

Menurut Hasrianti (2012) isoterm adsorpsi menunjukkan adanya hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi terlarut pada temperatur tertentu. Isoterm adsorpsi menunjukkan hubungan kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat dalam fluida dan dalam permukaan adsorben pada suhu tetap. Kesetimbangan terjadi pada saat laju pengikatan adsorben terhadap adsorbat sama dengan laju pelepasannya. Pada penelitian ini, persamaan yang digunakan untuk menjelaskan data percobaan adsorpsi adalah isoterm Langmuir dan Freundlich.

a. Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir mendefinisikan bahwa daya adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben. Model isoterm ini mengasumsikan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding terhadap

luas permukaan adsorben, sehingga bila situs aktif pada permukaan adsorben telah jenuh, maka penambahan konsentrasi tidak akan meningkatkan daya adsorpsi. Menurut Murni Handayani dan Eko Sulistiyono (2009), pendekatan Langmuir meliputi,

1. Gas yang teradsorpsi berkelakuan ideal dalam fase uap.
2. Gas yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan monolayer.
3. Permukaan adsorben homogen atau memiliki afinitas yang sama.
4. Tidak ada interaksi lateral antar molekul adsorbat.
5. Molekul adsorbat terlokalisasi.

Daya adsorpsi maksimal dapat ditentukan dari kurva hubungan $\frac{C}{x/m}$

terhadap C dengan persamaan :

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{q_{max} \cdot k_L} + \frac{1}{q_{max}} C \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

$\frac{x}{m}$ = jumlah adsorbat yang teradsorpsi per satuan bobot adsorben (mg/g)

C = konsentrasi kesetimbangan adsorbat setelah adsorpsi (mg/L)

q_{max} = daya adsorpsi maksimum

k_L = konstanta isoterm Langmuir

b. Isoterm Freundlich

Model isoterm Freundlich merupakan persamaan empiris yang menggambarkan proses adsorpsi pada adsorbat dengan konsentrasi rendah (Al-Sou'od, 2012). Menurut Harry Budiman (2014) isoterm Freundlich mendeskripsikan adsorpsi komponen tunggal pada permukaan adsorben yang

heterogen berdasarkan adanya gugus fungsi pada permukaan adsorben tersebut. Oleh karena itu, interaksi antara adsorben dan adsorbat terjadi pada afinitas yang berbeda. Adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben.

Isoterm Freundlich dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut,

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

$\frac{x}{m}$ = Jumlah adsorbat terjerap per satuan bobot adsorben (mg/g).

C = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat setelah adsorpsi (mg/L)

k, n = Konstanta empiris

Konstanta n menyatakan adsorpsi terjadi secara *favorable* atau tidak. Nilai $1/n$ antara 0-1 menunjukkan heterogenitas permukaan adsorben. Apabila nilai $1/n$ mendekati 0, maka permukaan adsorben tersebut memiliki heterogenitas yang tinggi. Semakin heterogen permukaan suatu adsorben, maka semakin *favorable* adsorpsi tersebut mengikuti model isoterm Freundlich (Harry Budiman, 2014).

Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa pada semua sisi permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi di bawah kondisi yang diberikan. Isoterm Freundlich tidak mampu memperkirakan adanya sisi-sisi pada permukaan yang mampu mencegah adsorpsi pada saat kesetimbangan tercapai, dan hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Jason, 2004).

5. Adsorben

Adsorben merupakan zat yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas di dalamnya. Adsorben terbagi menjadi dua macam, yaitu adsorben polar atau hidrofilik dan adsorben nonpolar atau hidrofobik. Karakter fisik yang paling utama dalam adsorben adalah karakter permukaannya yang meliputi luas permukaan dan pori-pori. Semakin luas permukaannya, maka kemampuan adsorpsi semakin meningkat. Buekens dan Zyaykina (2014) mengemukakan karakteristik adsorben yang dibutuhkan dalam proses adsorpsi diantaranya adalah,

1. Memiliki luas permukaan yang besar.
2. Mampu menghasilkan efisiensi adsorpsi yang besar dalam berbagai konsentrasi adsorbat.
3. Memiliki kestabilan termal yang tinggi
4. Memiliki tekanan yang rendah selama proses adsorpsi
5. Tidak mengalami perubahan volume selama proses adsorpsi

Sementara itu, Bhatnagar dan Minocha (2006) menambahkan bahwa adsorben yang baik harus memiliki porositas yang besar dengan situs aktif yang spesifik. Selain itu, adsorben juga harus mampu menghasilkan efisiensi adsorpsi yang tinggi dengan waktu kesetimbangan sedikit mungkin.

Untuk mendapatkan daya adsorpsi yang baik, tidak jarang dilakukan modifikasi pada adsorben. Modifikasi adsorben bertujuan meningkatkan daya dan efisiensi penjerapan. Modifikasi dapat dilakukan dengan memberi perlakuan kimia maupun fisika (Aprilia Susanti, 2009).

Pada penelitian ini digunakan adsorben dari kulit salak. Kulit salak mengandung selulosa yang memiliki gugus aktif yang berpotensi mengikat ion logam.

6. Kromium

Kromium adalah logam yang dilambangkan dengan Cr serta mempunyai nomor atom 24 dan mempunyai massa 51,996 gram/mol. Logam krom digunakan dalam industri metalurgi dan industri berbasis kimia diantaranya adalah industri cat, baja, tekstil, semen, keramik, penyamakan kulit, dan kertas. Kromium termasuk logam berat yang beracun dan berbahaya. Oleh karena itu, apabila limbah industri yang mengandung krom dibuang langsung ke dalam lingkungan tanpa melalui pengolahan lebih dulu, dapat mengakibatkan penambahan jumlah ion logam pada air lingkungan (ATSDR, 2008).

Senyawa Cr dengan bilangan oksidasi +6 adalah senyawa yang paling toksik, yang pada umumnya membentuk senyawa dengan oksigen sebagai kromat (CrO_4^{2-}) dan dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Kromium (III) kurang toksik dibanding kromium (VI) namun berikatan dengan bahan organik dalam tanah dan lingkungan perairan sehingga dapat masuk ke sistem makhluk hidup. Pengaruh konsentrasi kromium dalam fisiologi tumbuhan bergantung pada spesies tanaman dan logamnya yang berperan terhadap mobilisasi Cr, termasuk penyerapan dan keracunan pada sistem tumbuhan (Panda dan Choudhury, 2005). Jika konsentrasi krom dalam tubuh makhluk hidup sudah melampaui ambang batas, maka akan menimbulkan berbagai macam

penyakit, seperti borok krom pada kuku dan tulang jari. Akibat lain yang sering ditemukan adalah terjadinya iritasi pada paru-paru yang pada akhirnya akan menyebabkan polip hingga kanker (ATSDR, 2008).

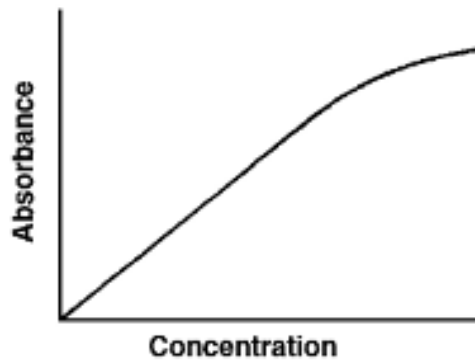
Dalam industri penyamakan kulit, hanya sekitar 15% garam krom yang akan terikat efektif pada kulit yang disamak, sisanya dibuang sebagai limbah. Logam ini merupakan salah satu parameter dalam baku mutu air limbah industri penyamakan kulit. Nilai baku mutu krom total menurut Kep. Men. Neg. LH No. KEP-51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri adalah 0,6 mg/L air limbah (diakses dari <https://www.kelair.bppt.go.id>). Dalam penelitian ini digunakan limbah penyamakan kulit yang mengandung logam krom kemudian diadsorpsi menggunakan adsorben kulit salak agar memenuhi baku mutu.

7. Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Peristiwa serapan atom pertama kali diamati oleh Fraunhofer, kemudian pada tahun 1955 prinsip serapan atom diterapkan dalam bidang analisis. Prinsip penentuan pada metode ini didasarkan pada penyerapan energi radiasi oleh atom-atom netral pada keadaan dasar, dengan panjang gelombang tertentu yang menyebabkan tereksitasi dalam berbagai tingkat energi. Keadaan eksitasi ini tidak stabil dan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan sebagian atau seluruh energi dalam bentuk radiasi. Sumber radiasi yang digunakan dalam SSA adalah lampu katoda cekung (Beatty dan Kerber, 1993).

b = panjang jalannya sinar

c = konsentrasi



Gambar 4. Kurva Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi (sumber: Beaty dan Kerber, 1993)

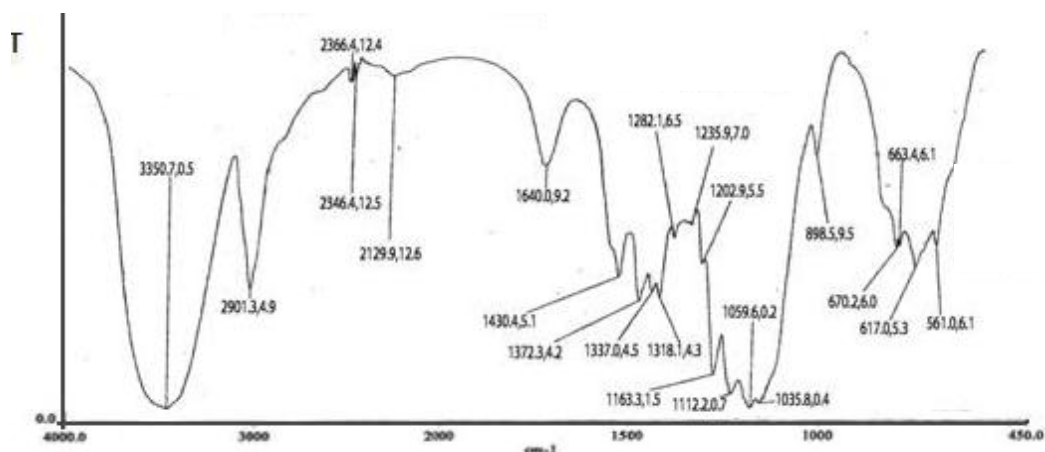
Kurva di atas menggambarkan hubungan konsentrasi dengan absorbansi berdasarkan hukum Beer. Kalibrasi akan menghasilkan garis lurus, namun pada peningkatan konsentrasi dan absorbansi, akan menghasilkan kurva yang melengkung dan menyebabkan deviasi. Melalui kurva kalibrasi, maka dapat ditentukan konsentrasi larutan yang tidak diketahui (Beaty dan Kerber, 1993).

8. Spektroskopi Inframerah (*Fourier Transform Infrared*)

Spektroskopi inframerah merupakan metode analisis kimia berdasarkan penyerapan sinar inframerah (IR) yang diradiasikan pada molekul senyawa. Apabila sinar inframerah diradiasikan pada cuplikan senyawa organik, maka sejumlah frekuensi diserap sedang frekuensi yang lain diteruskan tanpa diserap. Kurva antara persen absorbansi atau persen transmitansi terhadap frekuensi akan menghasilkan suatu spektra.

Transisi yang terjadi di dalam serapan inframerah berkaitan dengan perubahan-perubahan vibrasi di dalam molekul. Oleh karena itu, spektroskopi inframerah merupakan spektroskopi vibrasi. Ikatan-ikatan yang berbeda dalam suatu molekul mempunyai vibrasi yang berbeda dan dapat diidentifikasi frekuensi-frekuensi karakteristiknya sebagai pita serapan dalam spektrum inframerah.

Teknik *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) memberikan informasi struktur dan konformasional pada senyawa. Sensitivitas FT-IR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar. Bassler menjelaskan pada FT-IR digunakan suatu interferometer sebagai pengganti monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram (Budi Gunawan, 2010). Informasi yang keluar dari detektor diubah dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferogram yang lengkap (*fourier transform*), kemudian sinyal diubah menjadi spektrum IR.



Gambar 5. Spektra IR Selulosa (Risfidian Mohadi, 2014)

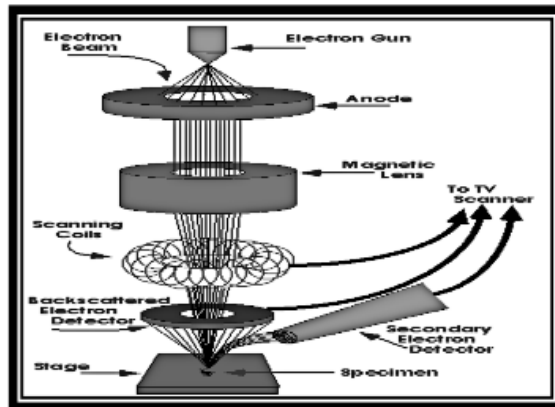
Spektra inframerah selulosa pada gambar di atas menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang $3350,7 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur dari gugus hidroksil (-OH). Bilangan gelombang $2901,3 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi -CH dari gugus alkil yang merupakan kerangka pembangun struktur selulosa. Bilangan gelombang 1640 cm^{-1} dan 1430 cm^{-1} menunjukkan gugus alkil (C-C). Hal ini diperkuat pula oleh vibrasi ulur gugus eter (C-O) yang terletak dalam daerah sidik jari pada bilangan gelombang 1282 cm^{-1} – 1035 cm^{-1} yang merupakan penghubung rantai karbon dalam senyawa selulosa (Risfidian Mohadi, 2014).

9. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

SEM terdiri dari sebuah senapan elektron yang memproduksi berkas elektron pada tegangan 2 – 30 Kv. Berkas elektron tersebut dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan *image* berukuran $<10 \text{ nm}$ (Trewin dalam Nuha, 2008).

SEM digunakan untuk mengamati permukaan material dengan perbesaran 20 – 500.000 kali. Sebelum melalui lensa elektromagnetik terakhir, *scanning raster* mendefleksikan berkas elektron untuk melakukan *scanning* pada permukaan sampel. Hasil *scan* tersinkronisasi dengan tabung sinar katoda dan gambar sampel akan tampak pada area yang di-*scan*. Ketika berkas elektron menumbuk permukaan sampel, sejumlah elektron direfleksikan sebagai *backscattered electron* (BSE) dan yang lain membebaskan energi rendah *secondary electron* (SE). Elektron BSE dan SE yang direfleksikan dan dipancarkan sampel dikumpulkan oleh sebuah

scintillator yang memancarkan cahaya pada elektron yang datang yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diperbesar oleh *photomultiplier*. Setelah melalui proses perbesaran, sinyal tersebut dikirim ke bagian *grid* tabung sinar katoda (Nuha, 2008).



Gambar 6. Diagram SEM (sumber: <http://www.microscopy.ethz.ch/sem.htm>)

Untuk keperluan analisis struktur atom, SEM dikompilasi dengan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Prinsip kerja SEM-EDS adalah SEM membentuk suatu gambar dengan menembakkan sinar elektron berenergi tinggi, kemudian melewati sampel dan mendeteksi *secondary electron* dan *backscattered electron* yang dikeluarkan. Elektron yang dekat dengan inti ketika terkena tumbukan energi tinggi akan menyebabkan adanya emisi sinar-X yang karakteristik bagi masing-masing atom unsur.

Analisis dengan SEM-EDS dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan material dengan resolusi yang tinggi yang kemudian dikomputasikan untuk menganalisis komponen material tersebut secara kualitatif dan kuantitatif.

Analisis SEM-EDS dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui gambaran dan komposisi permukaan adsorben kulit salak sebelum dan sesudah proses adsorpsi.

G. PENELITIAN YANG RELEVAN

Penelitian yang dilakukan oleh Aji B.K. dan Kurniawan (2012) menunjukkan bahwa adsorben dari serbuk biji salak dapat mengadsorb 0,59 mg/g ion Cr (VI) pada kondisi optimum waktu kontak 60 menit dengan ukuran partikel 125 μm dan konsentrasi ion logam 100 mg/L. Adsorpsi ini dilakukan dengan metode batch dan kolom.

Hasrianti (2012) dalam penelitiannya yang berjudul “Adsorpsi ion Cd^{2+} dan Cr^{6+} pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong” mengungkapkan bahwa adsorpsi ion Cd^{2+} lebih sesuai dengan isoterm Freundlich dengan nilai $k = 0,0423 \text{ mg/g}$, sedangkan adsorpsi ion Cr^{6+} lebih sesuai dengan isoterm Langmuir dengan daya adsorpsi maksimum 12,82 mg/g. Kondisi optimum dalam penelitian tersebut adalah 3 jam perendaman dengan pH optimum 6,1.

Sirilamduan (2011) telah melakukan penelitian adsorpsi menggunakan kulit salak sebagai adsorben logam tembaga. Kulit salak tersebut dimodifikasi dengan CaCl_2 . Kondisi optimum adsorpsi dicapai pada pH 5 dan mengikuti model kinetika *pseudo second order*.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Nurhasni (2010) menunjukkan bahwa sekam padi dapat mengadsorpsi logam Cr^{6+} hingga efisiensi 71,55 %.

Adsorpsi tersebut dilakukan dengan metode batch dengan pH optimum untuk penjerapan Cr adalah 6.

Rane dan Sapkal (2014) melakukan adsorpsi krom (VI) dengan kulit jeruk dan mendapatkan bahwa proses adsorpsi berjalan baik di bawah kondisi dosis adsorben 2 mg per 100 mL larutan dengan suhu 30 °C pada pH 1,25. Sementara itu, Aravind (2015) melaporkan bahwa kondisi optimum untuk adsorpsi krom (VI) adalah pada konsentrasi awal 20 mg/L dan mengikuti model isotherm Freundlich.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Mekonnen (2015) tentang adsorpsi krom dengan adsorben kulit pepaya menghasilkan kondisi optimum pada suhu 30 °C dan mengikuti model kinetika *pseudo-second-order*.

Dari penelitian-penelitian tersebut diketahui bahwa limbah pertanian atau perkebunan yang mengandung selulosa seperti kulit singkong, sekam padi, dan serbuk biji salak dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat kromium.

H. KERANGKA BERPIKIR

Kromium merupakan salah satu logam berat yang apabila mencemari lingkungan dapat membahayakan makhluk hidup. Proses penyamakan kulit yang menggunakan krom akan menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat kromium. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi kromium dalam limbah penyamakan kulit. Metode ini dipilih karena prosesnya yang sederhana, efektif, ekonomis, dan efisien. Ekonomis karena adsorben yang dipakai

berasal dari limbah pertanian/perkebunan yang cukup mudah diperoleh dan belum dimanfaatkan secara maksimal.

Bahan alam yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah selulosa. Selulosa merupakan senyawa polisakarida yang banyak terdapat di tanaman. Selulosa terbentuk dari glukosa yang merupakan bentuk paling sederhana dan paling umum karbohidrat yang ditemukan dalam tanaman untuk membangun dinding sel tanaman. Sudah banyak penelitian yang menggunakan limbah pertanian seperti kulit singkong, kulit kacang tanah, sekam padi yang mengandung selulosa untuk mengadsorpsi logam berat krom yang dihasilkan dari proses penyamakan kulit. Selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai adsorben karena gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Menurut Adisesa (Aji dan Kurniawan, 2012) adanya gugus OH pada selulosa menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben tersebut. Selulosa lebih kuat mengadsorpsi zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar.

Salah satu bahan alam yang mengandung selulosa adalah kulit salak. Kulit salak adalah salah satu limbah pertanian yang kurang dimanfaatkan. Salah satu penelitian telah memanfaatkan limbah pertanian yaitu menggunakan kulit salak untuk menjerap logam tembaga (Sirilamduan *et.al*, 2011). Penelitian tentang potensi kulit salak sebagai adsorben kromium hingga saat ini belum diteliti.

Sebagai adsorben, kulit salak memerlukan perlakuan awal yaitu penghilangan pengotor dan senyawa yang tidak diperlukan dalam proses

adsorpsi seperti lignin secara fisika dan kimia. Sedangkan untuk memperluas permukaan adsorben digunakan HCl 1 M. Karakterisasi adsorben ditentukan dari spektra inframerah dan SEM.

Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu kontrak dan konsentrasi awal kromium. Selanjutnya ditentukan pola isoterm, orde reaksi, dan efisiensi adsorpsi dalam limbah penyamakan kulit. Daya adsorpsi ditentukan dengan membandingkan konsentrasi kromium sebelum dan sesudah adsorpsi. Konsentrasi kromium dalam limbah ditentukan menggunakan SSA.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. SUBJEK DAN OBJEK PENELITIAN

1. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah adsorben dari kulit salak.

2. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah daya adsorpsi kulit salak terhadap kromium.

B. VARIABEL PENELITIAN

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu kontak adsorben dengan kromium dan konsentrasi awal kromium.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar kromium sebelum dan sesudah adsorpsi.

C. ALAT DAN BAHAN

1. Alat

Spektrofotometer Serapan Atom (Perkin Elmer AAnalyst 200), Spektrofotometer Inframerah (Perkin Elmer FTIR U-ATR), SEM-EDS (Dynatec SNE4500M), neraca analitik, pH meter, *stopwatch*, *magnetic stirrer*, ayakan 50 *mesh*, kertas saring, oven, dan peralatan gelas.

2. Bahan

Kulit salak, larutan induk krom 1000 mg/L (MERCK), akuades, NaOH p.a. (MERCK), dan larutan HCl p.a. (MERCK).

D. PROSEDUR KERJA

1. Preparasi Adsorben Kulit Salak

Kulit salak dicuci dengan air mengalir hingga bersih kemudian direndam dengan NaOH 0,1 M selama 12 jam. Setelah itu, kulit salak dibilas dengan akuades kemudian dikeringkan dalam oven. Kulit salak yang telah kering kemudian dihaluskan hingga ukuran 50 *mesh*. Langkah selanjutnya adalah merendam serbuk kulit salak dalam HCl 1 M selama 24 jam. Setelah itu, dibilas hingga netral untuk menghilangkan kelebihan asam. Adsorben ini kemudian dikeringkan pada suhu 60°C. Adsorben kulit salak siap dipakai.

2. Pembuatan Larutan Baku Kromium 100 mg/L

Larutan baku kromium 100 mg/L dibuat dengan cara memipet 25 mL larutan induk kromium 1000 mg/L kemudian diencerkan hingga 250 mL dengan akuades dalam labu takar.

3. Pembuatan Larutan Baku Kromium 10 mg/L

Larutan baku kromium 10 mg/L dibuat dengan cara memipet 100 mL larutan baku kromium 100 mg/L kemudian diencerkan hingga 1000 mL dengan akuades dalam labu takar.

4. Pembuatan Kurva Standar

Kurva standar dibuat dengan cara membuat larutan kerja kromium dengan konsentrasi 0 mg/L, 2 mg/L ; 0,5 mg/L ; 1 mg/L ; 2 mg/L ; 3 mg/L ; 4 mg/L; 5 mg/L ; 10 mg/L. Larutan kerja ini dibuat dengan memipet larutan baku kromium 10 mg/L masing-masing 2 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, dan 50 mL kemudian diencerkan hingga 100 mL.

5. Adsorpsi pada Variasi Waktu

Sebanyak 0,5 gram adsorben dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi 100 mL larutan kromium 5 mg/L. Setelah itu dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 2 menit, kemudian disaring dan diukur konsentrasi kromium setelah proses adsorpsi menggunakan SSA pada panjang gelombang 357,87 nm. Langkah kerja diulangi untuk variasi waktu 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 60, 90, dan 240 menit.

6. Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium

Sebanyak 0,5 gram adsorben dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi 100 mL larutan kromium 5 mg/L. Setelah itu dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama waktu kontak optimum yang diperoleh pada adsorpsi variasi waktu, kemudian disaring dan diukur konsentrasi kromium setelah proses adsorpsi. Langkah kerja diulangi untuk variasi konsentrasi 6 mg/L, 8 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 35 mg/L, dan 45 mg/L.

7. Penerapan Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit

Sebanyak 100 mL limbah penyamakan kulit disaring untuk menghilangkan pengotor yang terdapat di dalam limbah kemudian diukur konsentrasi kromiumnya menggunakan SSA. Langkah selanjutnya adalah menambahkan 0,5 gram adsorben ke dalam limbah dan diaduk selama waktu kontak optimum. Limbah kemudian disaring dan diukur konsentrasi kromium setelah adsorpsi.

E. TEKNIK PEROLEHAN DATA

Data yang diperoleh dari penelitian berupa data kualitatif dan data kuantitatif.

1. Data kualitatif

Data kualitatif diperoleh dari spektra IR untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada adsorben sebelum dan sesudah adsorpsi dan SEM-EDS untuk mengetahui permukaan adsorben sebelum dan sesudah adsorpsi.

2. Data kuantitatif

Data kuantitatif diperoleh dari hasil SSA. Banyaknya kromium yang teradsorpsi oleh adsorben kulit salak diukur dari selisih kandungan kromium sebelum dan sesudah proses adsorpsi.

F. ANALISIS DATA

1. Penentuan Daya Adsorpsi

$$Q = \frac{C_0 - C_a}{m} \times V \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

Q = Daya adsorpsi per massa adsorben (mg/g adsorben)

V = Volume larutan (mL)

C₀ = Konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_a = Konsentrasi akhir larutan (mg/L)

m = Massa adsorben (gram)

2. Isoterm Adsorpsi

a. Isoterm Freundlich

$$\frac{x}{m} = k C^{1/n} \dots\dots\dots (5)$$

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

$\frac{x}{m}$ = Jumlah adsorbat teradsorp per-satuan massa adsorben (mg/g adsorben)

C = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L)

n, k = konstanta empiris

b. Isoterm Langmuir

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{q_{max} \cdot k_L} + \frac{1}{q_{max}} C \dots\dots\dots (7)$$

$\frac{x}{m}$ = Jumlah adsorbat teradsorp per-satuan massa adsorben (mg/g adsorben)

C = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat setelah adsorpsi (mg/L)

q_{max} = Daya adsorpsi maksimum (mg/g adsorben)

K_L = Konstanta Langmuir

3. Efisiensi Adsorpsi

$$\frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (8)$$

C_0 = Konsentrasi kromium sebelum proses adsorpsi (mg/L)

C_a = Konsentrasi kromium setelah proses adsorpsi (mg/L)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

1. Preparasi Adsorben Kulit Salak

Preparasi adsorben dilakukan dengan cara mencuci kulit salak dengan air bersih kemudian direndam dengan NaOH 0,1 M selama 12 jam. Selanjutnya, adsorben dibilas dengan akuades dan dikeringkan dengan oven. Adsorben kemudian dihaluskan dan diayak hingga ukuran 50 *mesh*. Langkah berikutnya adalah adsorben direndam dalam HCl 1 M selama 24 jam. Setelah itu, adsorben dicuci dengan akuades hingga netral kemudian dikeringkan. Adsorben kulit salak termodifikasi asam ini berbentuk serbuk, berwarna kecoklatan, dan memiliki bau yang khas.



Gambar 7. Kulit Salak



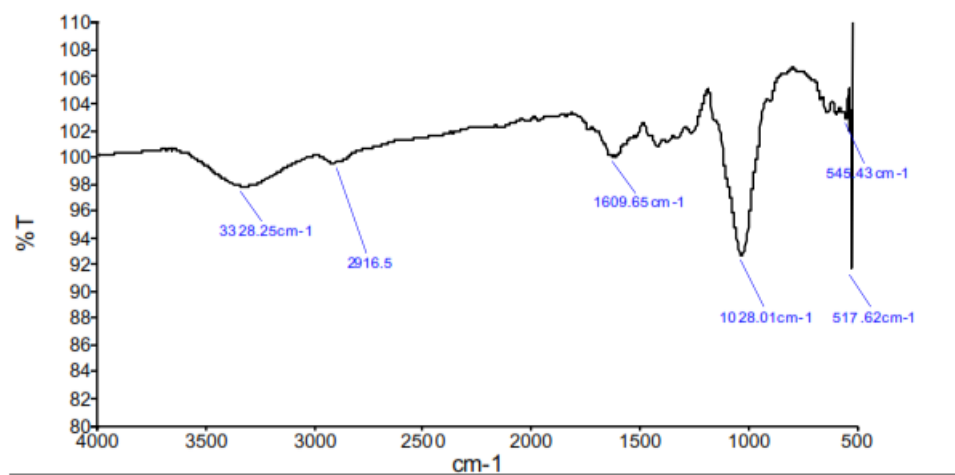
Gambar 8. Adsorben Kulit Salak
Modifikasi Asam

2. Karakterisasi Adsorben

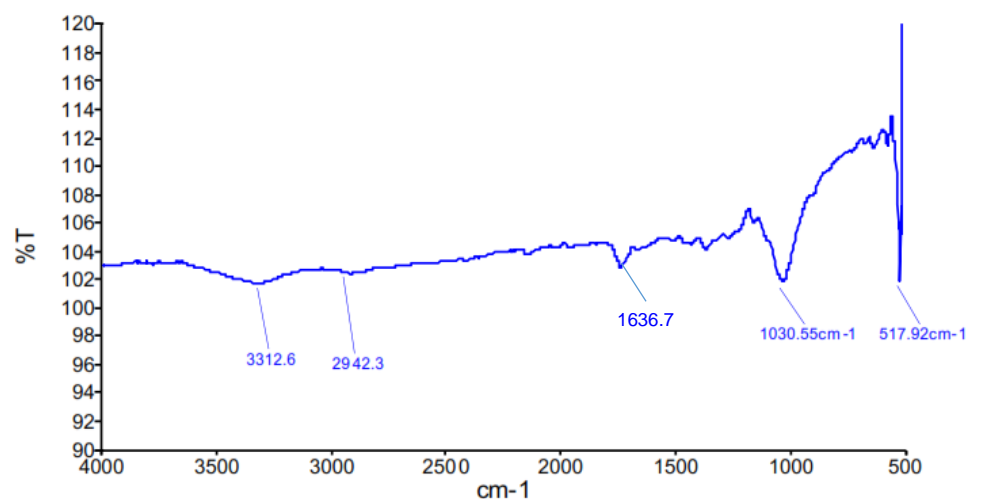
a. Spektroskopi Inframerah (FT-IR)

Karakterisasi ini untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben kulit salak, serta mengetahui gugus fungsi yang terlibat

dalam proses adsorpsi. Hal ini dapat digunakan untuk menentukan kemungkinan mekanisme interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Hasil spektrum inframerah dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Puncak-puncak yang muncul pada spektra kemudian diinterpretasikan berdasarkan karakteristik gugus fungsi yang muncul pada bilangan gelombang tertentu.



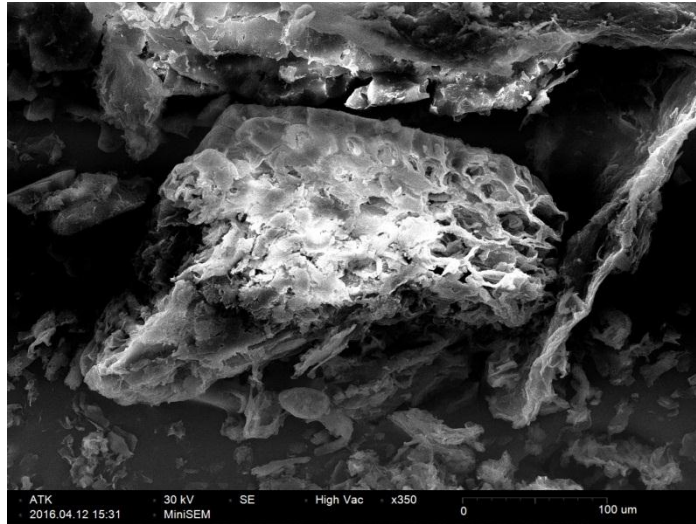
Gambar 9. Spektrum Inframerah Adsorben Sebelum Adsorpsi



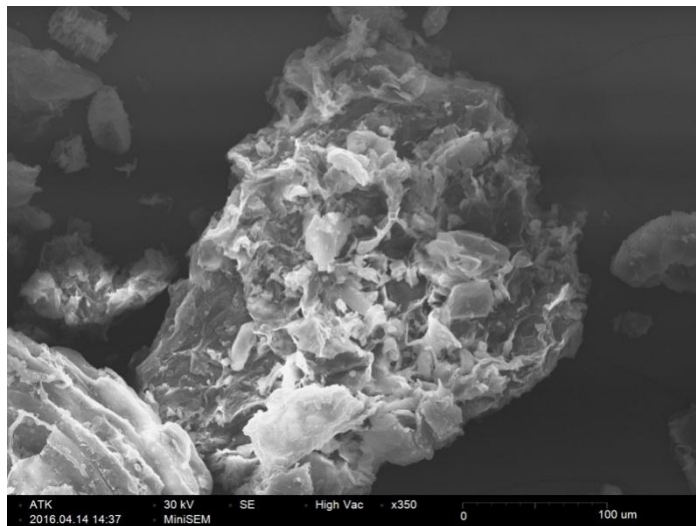
Gambar 10. Spektrum Inframerah Adsorben Setelah Adsorpsi

b. Karakterisasi SEM-EDS

Adsorpsi logam dalam berbagai adsorben khususnya biosorben dapat dilihat dari pengamatan morfologi permukaan adsorben sebelum dan sesudah adsorpsi. Pengamatan morfologi permukaan ini dilakukan dengan SEM-EDS.



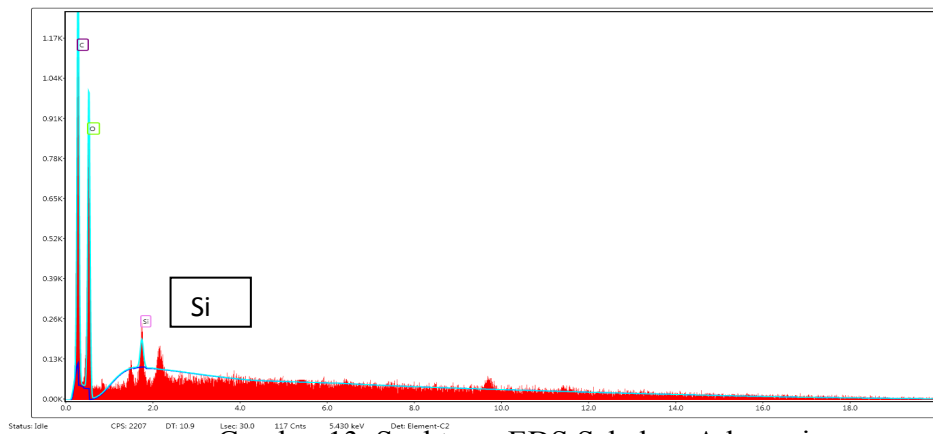
Gambar 11. Hasil SEM Adsorben Sebelum Adsorpsi (350 kali)



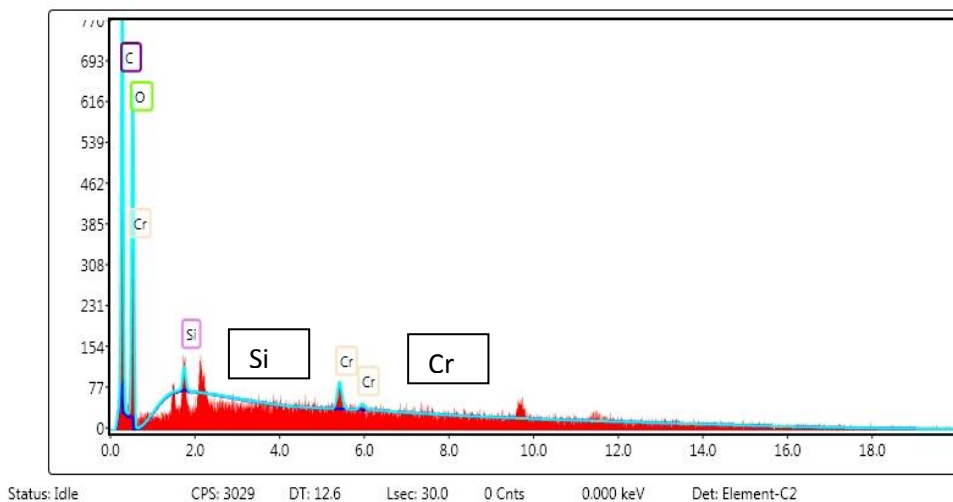
Gambar 12. Hasil SEM Adsorben Setelah Adsorpsi (350 kali)

Gambar 11 menunjukkan bahwa adsorben sebelum proses adsorpsi memiliki rongga yang memungkinkan terjadinya adsorpsi. Sedangkan Gambar 12 menunjukkan perubahan permukaan adsorben setelah adsorpsi menjadi lebih tidak beraturan dan terdapat lapisan yang menempel pada permukaan.

Karakterisasi dilanjutkan dengan analisis *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) sehingga akan muncul spektrum yang khas untuk masing-masing atom unsur.



Gambar 13. Spektrum EDS Sebelum Adsorpsi



Gambar 14. Spektrum EDS Setelah Adsorpsi

Spektrum pada Gambar 13 menunjukkan unsur yang terkandung dalam adsorben kulit salak sebelum adsorpsi sedangkan spektrum pada Gambar 14 menunjukkan unsur yang terkandung dalam adsorben setelah digunakan untuk proses adsorpsi. Puncak unsur Cr tampak pada spektrum Gambar 14 yang mengindikasikan bahwa kromium teradsorpsi dalam adsorben.

3. Adsorpsi pada Variasi Waktu

Adsorpsi pada variasi waktu kontak dilakukan dengan menggunakan massa adsorben sebanyak 0,5 gram dengan konsentrasi larutan kromium 5 mg/L sebanyak 100 mL. Variasi waktu yang digunakan adalah 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 60, 90, dan 240 menit. Konsentrasi yang terukur setelah adsorpsi digunakan untuk menghitung daya adsorpsi sehingga dapat ditentukan pengaruh variasi waktu terhadap adsorpsi. Data hasil adsorpsi disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Adsorpsi pada Variasi Waktu

No	Waktu (menit)	C _{awal} (mg/L)	C _{akhir} (mg/L)	Q (mg/g adsorben)
1.	2	4,829	4,604	0,045
2.	4	4,829	4,579	0,050
3.	6	4,829	4,513	0,063
4.	8	4,829	4,284	0,109
5.	10	4,829	4,195	0,127
6.	15	4,829	3,719	0,222
7.	20	4,829	3,633	0,239
8.	30	4,829	3,346	0,297
9.	60	4,829	2,930	0,379
10.	90	4,829	2,928	0,380
11.	240	4,829	2,830	0,399

4. Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium

Massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gram setiap 100 mL larutan. Konsentrasi awal kromium yang digunakan adalah 5, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 35, dan 45 mg/L. Konsentrasi yang terukur setelah adsorpsi digunakan untuk menentukan daya adsorpsi sehingga diketahui pengaruh variasi konsentrasi awal kromium terhadap adsorpsi. Data hasil adsorpsi disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium

No	C _{awal} (mg/L)	C _{akhir} (mg/L)	Q (mg/g adsorben)
1.	4,615	3,240	0,275
2.	5,480	3,645	0,367
3.	7,770	5,250	0,504
4.	9,339	6,684	0,531
5.	14,305	9,360	0,989
6.	18,890	13,160	1,146
7.	28,265	22,240	1,205
8.	35,090	29,130	1,192
9.	45,270	41,025	0,849

5. Penentuan Isoterm Adsorpsi

Model isoterm adsorpsi yang digunakan adalah Langmuir dan Freundlich. Data yang digunakan adalah data adsorpsi pada berbagai konsentrasi. Konsentrasi akhir yang diperoleh setelah adsorpsi kemudian diolah menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich.

Tabel 3. Data Adsorpsi Isoterm Langmuir

C_{awal} (mg/L)	C_{akhir} (Ce) (mg/L)	x/m	$\frac{C_e}{x/m}$
4,62	3,24	2,75	1,178182
5,48	3,65	3,67	0,993188
7,77	5,25	5,04	1,041667
9,34	6,68	5,31	1,258757
14,31	9,36	9,89	0,946411
18,89	13,16	11,46	1,148342
28,27	22,24	12,05	1,845643
35,09	29,13	11,92	2,443792
45,27	39,61	11,32	3,499117

Tabel 4. Data Adsorpsi Isoterm Freundlich

C_{awal} (mg/L)	C_{akhir} (Ce) (mg/L)	x/m	$\log C_e$	$\log x/m$
4,62	3,24	2,75	0,510545	0,439333
5,48	3,65	3,67	0,561698	0,564666
7,77	5,25	5,04	0,720159	0,702431
9,34	6,68	5,31	0,825036	0,725095
14,31	9,36	9,89	0,971276	0,995196
18,89	13,16	11,46	1,119256	1,059185
28,27	22,24	12,05	1,347135	1,080987
35,09	29,13	11,92	1,46434	1,076276
45,27	39,61	11,32	1,597805	1,053846

6. Penerapan Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit

Adsorpsi menggunakan limbah penyamakan kulit dilakukan dengan waktu kontak 90 menit. Massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gram dengan volume larutan 100 mL. Sebelumnya dilakukan penentuan konsentrasi krom dalam limbah sebelum proses adsorpsi. Hasil adsorpsi limbah penyamakan kulit dengan adsorben kulit salak tersaji dalam Tabel 6.

Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan efisiensi adsorpsi kromium oleh adsorben kulit salak.

Tabel 5. Hasil Adsorpsi Krom dalam Limbah Penyamakan Kulit

Kondisi	Konsentrasi Cr (mg/L)
Sebelum adsorpsi (C_0)	0,219
Setelah adsorpsi (C_a)	0,088
Efisiensi (%)	59,8173%

B. PEMBAHASAN

1. Preparasi Adsorben Kulit Salak

Penelitian ini menggunakan kulit salak sebagai adsorben. Kulit salak dipilih karena keberadaanya yang cukup melimpah ketika panen raya dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Di dalam kulit salak mengandung selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Penelitian awal yang dilakukan menunjukkan bahwa kulit salak mengandung 25,766% selulosa. Preparasi adsorben dilakukan untuk menghilangkan pengotor serta melarutkan senyawa kimia lain, sehingga diperoleh selulosa yang mempunyai gugus aktif untuk proses adsorpsi. Selulosa mempunyai potensi yang cukup besar dijadikan adsorben karena mengandung gugus OH yang dapat berikatan dengan adsorbat (Adisesa dalam Aji dan Kurniawan, 2012).

Pembuatan adsorben kulit salak diawali dengan mencuci kulit salak menggunakan akuades kemudian direndam dalam NaOH 0,1 M. Perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor dan memisahkan lignin dari selulosa. Kadar NaOH yang terlalu tinggi akan mengakibatkan selulosa mudah mengalami degradasi sehingga mengurangi rendemen hasil ekstraksi

selulosa yang diperoleh (Nurwihadi Lisin, 2015). Oleh karena itu, NaOH yang dipakai dalam konsentrasi 0,1 M. Adanya lignin disamping selulosa dapat menghambat proses adsorpsi karena fungsi lignin untuk mengikat antarsel selulosa. Oleh karena itu, lignin dipisahkan dengan cara dilarutkan dengan NaOH.

Adsorben diaktivasi menggunakan HCL 1 M. Selain sebagai aktivator, aktivasi menggunakan HCl dapat menghilangkan zat pengotor sehingga pori-pori lebih banyak terbentuk dan proses adsorpsi menjadi lebih maksimal. Hal ini disebabkan karena aktivator asam klorida dapat bereaksi dengan mineral-mineral yang ada membentuk senyawa yang menghasilkan garam. Garam tersebut dapat berfungsi sebagai *dehydrating agent* dan membantu menghilangkan pengotor. Semakin banyak HCl yang digunakan, semakin tinggi larutan mineral yang terlarut dari pori-pori sehingga meningkatkan ukuran pori. Meningkatnya ukuran pori akan meningkatkan kemampuan adsorpsi (Herlin Alfiany, 2013).

2. Karakterisasi Adsorben

a. Spektroskopi Inframerah (FT-IR)

Karakterisasi menggunakan spektrofotometer inframerah digunakan untuk mengetahui gugus-gugus yang terdapat dalam adsorben kulit salak sebelum dan sesudah adsorpsi. Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 yang terdapat dalam halaman 33 maka dapat diinterpretasikan gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben.

Tabel 6. Interpretasi Gugus Fungsi

Adsorben sebelum adsorpsi		Adsorben setelah adsorpsi	
ν (cm^{-1})	Gugus fungsi	ν (cm^{-1})	Gugus fungsi
3328,25	Regangan –OH	3312,6	Regangan -OH
2916,5	C-H alifatik	2942,3	C-H alifatik
1609,65	C-C	1636,7	C-C
1028,01	Si-O dan C-O-C	1030,55	Si-O dan C-O-C

Berdasarkan tabel di atas pada kolom adsorben sebelum adsorpsi, terdapat *peak* melebar pada bilangan gelombang 3328,25 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus –OH. Adanya C-H alifatik dibuktikan dengan serapan yang muncul pada 2916,5 cm^{-1} . Puncak serapan dari regangan C-O-C muncul pada bilangan gelombang 1028,01 cm^{-1} yang *overlap* dengan puncak dari Si-O. Serapan pada daerah 1609,65 cm^{-1} diinterpretasikan sebagai serapan C-C alkil. Hasil spektra pada adsorben setelah adsorpsi menunjukkan adanya serapan gugus –OH pada bilangan gelombang 3312,2 cm^{-1} yang berarti mengalami pergeseran bilangan gelombang dari spektra pada adsorben sebelum adsorpsi. Hal ini dimungkinkan karena telah terjadi pengikatan Cr pada gugus –OH akibat adsorpsi.

b. Karakterisasi SEM-EDS

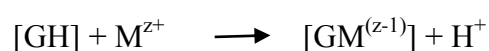
Adsorpsi logam pada suatu adsorben dapat diketahui dari morfologi permukaan adsorben sebelum dan sesudah adsorpsi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

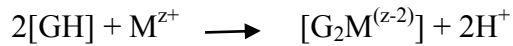
Gambar 11 pada halaman 34 adalah hasil *scanning* permukaan adsorben sebelum proses adsorpsi dengan perbesaran 350 kali. Gambar menunjukkan bahwa permukaan adsorben memiliki rongga seperti pori-pori yang

memungkinkan terjadinya adsorpsi logam. Sedangkan Gambar 12 adalah permukaan adsorben dengan perbesaran 350 kali yang telah digunakan untuk proses adsorpsi. Pada gambar tersebut tampak perubahan morfologi permukaan adsorben menjadi lebih tidak beraturan dan terdapat lapisan yang menempel pada adsorben. Lapisan ini dapat diindikasikan sebagai adsorbat yang teradsorp.

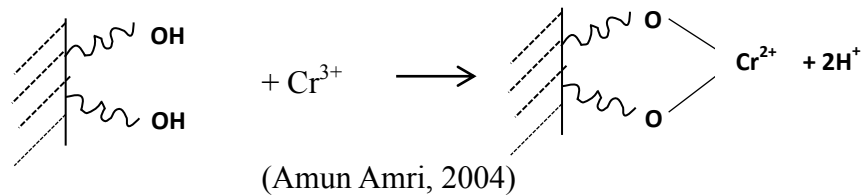
Gambar 13 pada halaman 35 menunjukkan spektra EDS yang menunjukkan komposisi adsorben kulit salak sebelum digunakan untuk adsorpsi. Dari gambar tersebut muncul puncak yang menunjukkan adanya unsur Si, sehingga dapat dikatakan bahwa kulit salak selain mengandung selulosa juga mengandung Si. Sedangkan Gambar 14 menunjukkan selain unsur Si, terdapat puncak unsur Cr. Hal ini menunjukkan adsorben setelah proses adsorpsi mengandung unsur Cr yang membuktikan bahwa Cr teradsorpsi dalam adsorben.

Adsorpsi krom terjadi karena struktur kimia selulosa dan hemiselulosa mengandung gugus -OH yang mempunyai pasangan elektron bebas dan membentuk kompleks koordinasi dengan ion logam (Shinta dan Indah, 2012). Terada (Amun Amri, 2004) mengemukakan bahwa ikatan kimia yang terjadi antara gugus aktif pada molekul organik dengan ion logam dapat dijelaskan dengan interaksi asam-basa Lewis yang menghasilkan kompleks pada permukaan padatan. Adsorpsi logam oleh selulosa mengikuti mekanisme di bawah ini,





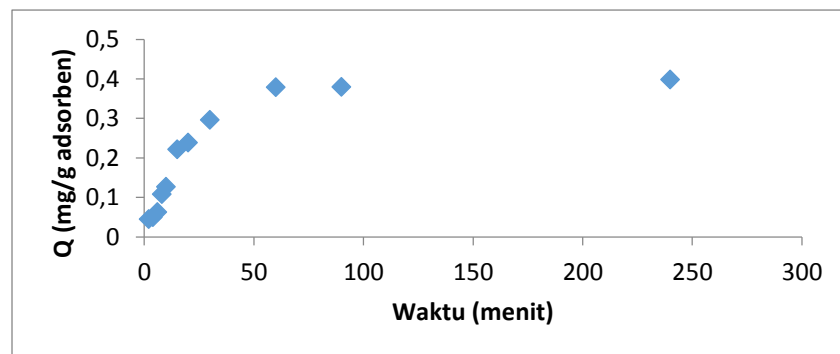
GH adalah gugus fungsional yang terdapat dalam molekul organik, dan M adalah ion logam bervalensi z.



Pelepasan H^+ pada proses adsorpsi didukung oleh data perubahan pH sebelum dan sesudah adsorpsi yang cenderung menjadi lebih rendah, yaitu dari pH 4,7 menjadi pH 4 setelah adsorpsi. Pada karakterisasi menggunakan SEM-EDS diketahui bahwa terdapat unsur Si yang dapat berupa gugus silanol atau gugus siloksan di dalam kulit salak. Hal ini menyebabkan adanya kemungkinan gugus tersebut juga berperan dalam proses adsorpsi kromium.

3. Adsorpsi pada Variasi Waktu

Waktu merupakan salah satu parameter dalam proses adsorpsi. Waktu adsorpsi adalah waktu yang digunakan adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat. Waktu adsorpsi sering disebut waktu kontak yang memiliki pengaruh terhadap daya adsorpsi.



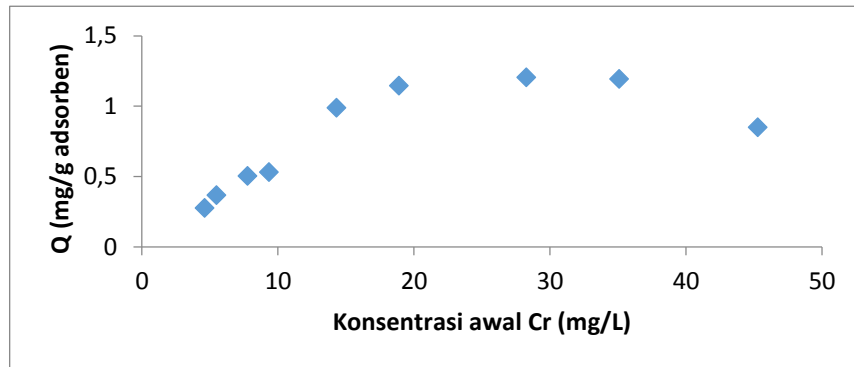
Gambar 15. Kurva Hubungan Daya Adsorpsi dengan Waktu Kontak

Kurva di atas menunjukkan terjadinya kenaikan daya adsorpsi seiring bertambahnya waktu. Daya adsorpsi menit ke-2 dan ke-4 tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan adsorben belum berinteraksi dengan adsorbat secara maksimal. Kenaikan yang cukup signifikan terjadi mulai menit ke-6 hingga ke-60 yang disebabkan oleh situs aktif dan permukaan adsorben yang kosong mulai berinteraksi dengan adsorbat. Sementara itu, daya adsorpsi cenderung konstan dari menit ke-60 hingga ke-240. Keadaan ini disebabkan karena adsorben sudah dalam keadaan jenuh dan tidak memiliki situs aktif yang kosong (Idris *et.al*, 2011). Kondisi tersebut menggambarkan adsorpsi telah mencapai kesetimbangan antara konsentrasi kromium dengan lingkungannya sehingga adsorpsi pada waktu kontak 60 menit hingga 240 menit cenderung konstan. Hal ini menyebabkan daya adsorpsi yang dihasilkan pada menit ke-60 hingga menit ke-240 hampir sama yaitu 0,379 mg/g adsorben, 0,380 mg/g adsorben, dan 0,399 mg/g adsorben. Dengan demikian, waktu kesetimbangan untuk proses adsorpsi kromium menggunakan adsorben kulit salak ini adalah 90 menit yaitu waktu yang dianggap telah terjadi kondisi kesetimbangan. Hasil ini sejalan penelitian Raghuvanshi (2004) yang menyatakan semakin lama waktu kontak maka daya adsorpsi akan meningkat sampai titik tertentu dan pada waktu tertentu akan mengalami penurunan.

4. Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal Kromium

Adsorpsi pada variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi maksimum kromium yang dapat diadsorp oleh adsorben.

Adsorpsi dilakukan dengan waktu kontak 90 menit, massa adsorben 0,5 gram, dan volume larutan 100 mL.



Gambar 16. Kurva Hubungan Daya Adsorpsi dengan Konsentrasi Awal Kromium

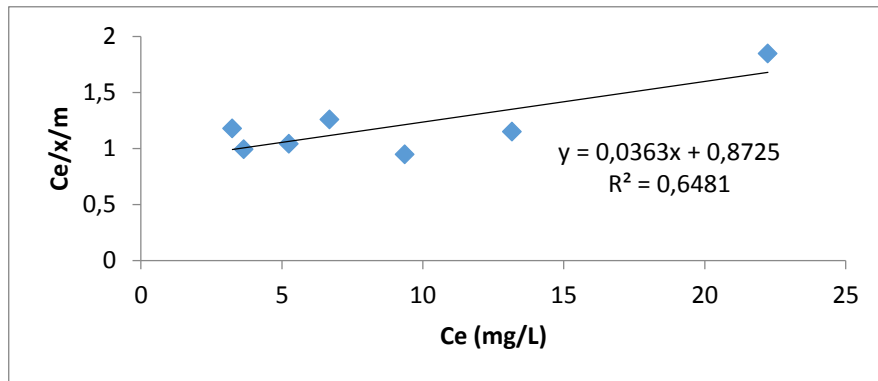
Gambar 16 menunjukkan peningkatan jumlah adsorbat yang teradsorpsi berbanding lurus dengan naiknya konsentrasi awal. Menurut Gopinath dan Venugopal (2012), hal tersebut disebabkan oleh semakin banyaknya molekul adsorbat yang berinteraksi dengan adsorben sehingga adsorpsi semakin meningkat. Peningkatan daya adsorpsi terjadi dari konsentrasi 4,615 mg/L hingga 18,89 mg/L. Kondisi tersebut terjadi karena permukaan adsorben belum mengalami kejenuhan sehingga adsorpsi masih berjalan optimal. Kemudian pada konsentrasi awal 28,265 mg/L hingga 35,09 mg/L tidak terjadi peningkatan daya adsorpsi yang signifikan. Hal ini dikarenakan permukaan adsorben telah mengalami kejenuhan. Oleh karena itu, mulai konsentrasi awal 18,89 mg/L hingga 35,09 mg/L nilai daya adsorpsi cenderung sama, yaitu 1,146 mg/g adsorben, 1,205 mg/g, dan 1,192 mg/g. Sedangkan pada konsentrasi awal 45,27 mg/L terjadi penurunan daya adsorpsi menjadi hanya sekitar 0,849 mg/g adsorben akibat terjadinya desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat yang telah teradsorb.

Vincent Liem (2015) menyatakan bahwa pada proses adsorpsi, perbedaan konsentrasi antara adsorbat pada fasa larutan dan konsentrasi adsorbat pada permukaan adsorben akan terus berlangsung hingga permukaan adsorben jenuh dan tidak ada lagi adsorbat yang terikat pada adsorben. Keadaan inilah yang disebut dengan keadaan setimbang.

5. Penentuan Isoterm Adsorpsi

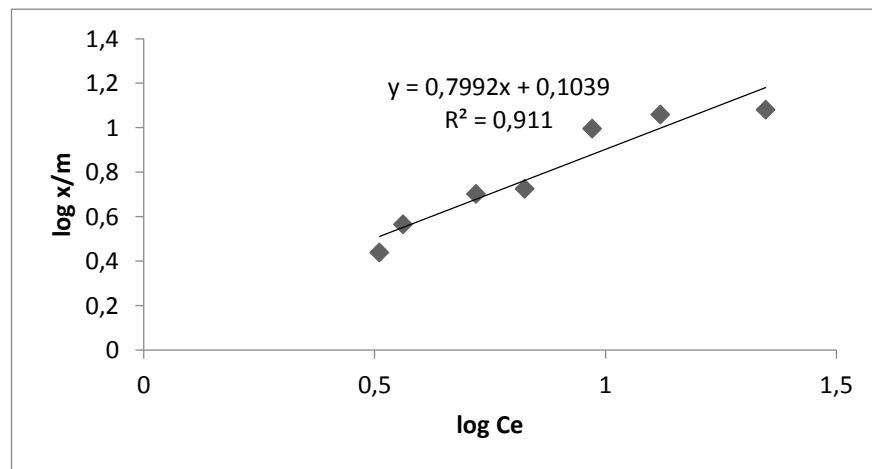
Penentuan model isoterm adsorpsi diperoleh dari data adsorpsi pada berbagai variasi konsentrasi kromium. Isoterm adsorpsi menggambarkan distribusi kesetimbangan adsorpsi dengan perbedaan konsentrasi adsorben dalam larutan. Kondisi yang sering terjadi adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben meningkat seiring naiknya konsentrasi (Kusmiyati, Puspita A. Lystanto, dan Kunthi Pratiwi, 2012).

Isoterm Langmuir menggambarkan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan dan setiap situs aktif hanya dapat menjerap satu molekul (Siti Sulastri dkk., 2014). Pola isoterm Langmuir diperoleh dengan mengkalibrasi C_e terhadap $\frac{C_e}{x/m}$ kemudian Q_{maks} diperoleh dari kemiringan kurva dan konstanta (k) diperoleh dari intersep kurva.



Gambar 17. Kurva Isoterm Langmuir

Sementara itu, isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa proses adsorpsi nonideal pada permukaan yang heterogen. Kurva diperoleh dengan mengalurkan $\log Ce$ dengan $\log \frac{x}{m}$ kemudian harga konstanta (k) diperoleh dari intersep dan harga $1/n$ diperoleh dari kemiringan kurva.



Gambar 18. Kurva Isoterm Freundlich

Persamaan garis yang diperoleh pada Gambar 17 dan Gambar 18 kemudian diinterpretasikan pada masing-masing persamaan, sehingga diperoleh parameter isoterm seperti yang tersaji dalam Tabel 8.

Tabel 7. Parameter Isoterm Adsorpsi

Parameter Isoterm	Isoterm Langmuir	Isoterm Freundlich
q_{\max} (mg/g)	27,5482	-
k	0,04160	1,2703
1/n	-	0,7992
n	-	1,2513
R^2	0,6481	0,911

Dari tabel di atas, diketahui bahwa harga koefisien korelasi (R^2) pada isoterm Freundlich lebih besar daripada harga R^2 pada isoterm Langmuir. Oleh karena itu, besar kemungkinan adsorpsi pada penelitian ini mengikuti model isoterm Freundlich. Model isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa adsorbat teradsorp pada permukaan adsorben yang heterogen melalui adsorpsi multilayer (Aravind *et.al.*, 2015) dan dipengaruhi oleh adanya gugus fungsi pada permukaan adsorben (Harry dan Oman, 2014). Oleh karena itu, interaksi antara adsorbat dan adsorben terjadi pada afinitas yang berbeda. Nilai n pada isoterm Freundlich merupakan faktor heterogenitas suatu permukaan yang menyatakan ukuran intensitas adsorpsi. Nilai n untuk proses adsorpsi yang *favorable* yaitu 1-10. Semakin mendekati 0 maka semakin heterogen suatu permukaan adsorben yang artinya proses adsorpsi berjalan menguntungkan. Menurut Pandey (2010) kondisi tersebut menggambarkan adanya interaksi yang kuat antara adsorben dan adsorbat. Pada penelitian ini diperoleh harga n 1,2513 yang mengindikasikan bahwa permukaan adsorben cukup heterogen dan proses adsorpsi cukup *favorable* (Chaudry, 2016).

6. Penerapan Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit

Aplikasi adsorben kulit salak dilakukan pada limbah penyamakan kulit. Volume limbah yang digunakan adalah 100 mL dengan massa adsorben 0,5 gram. Adsorpsi dilakukan dengan waktu kontak 90 menit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi krom dalam limbah penyamakan kulit sebelum dilakukan adsorpsi adalah 0,219 mg/L. Setelah dilakukan adsorpsi, terjadi penurunan konsentrasi krom yaitu menjadi 0,088 mg/L. Hal ini berarti bahwa telah terjadi adsorpsi kromium dengan efisiensi 59,8173%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Waktu kontak ketika mencapai kesetimbangan pada penelitian ini adalah 90 menit dengan daya adsorpsi 0,380 mg/g. Sedangkan konsentrasi awal kromium optimum ketika mencapai kesetimbangan adalah 28,265 mg/L yang menghasilkan daya adsorpsi 1,205 mg/g.
2. Adsorpsi kromium menggunakan adsorben kulit salak mengikuti model isotherm Freundlich dengan nilai koefisien korelasi 0,911.
3. Efisiensi adsorpsi kromium dalam limbah penyamakan kulit ketika diadsorpsi dengan adsorben kulit salak adalah 59,8173%.

B. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut,

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang kemampuan adsorpsi adsorben kulit salak terhadap kromium dengan variasi pH.
2. Perlu dilakukan penelitian daya adsorpsi adsorben kulit salak terhadap limbah yang mengandung logam berat lain.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait mekanisme adsorpsi kromium oleh gugus aktif Si di dalam kulit salak.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal. (2008). Selulosa Bakterial Nata de Coco sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III). *Jurnal Gradien*. 4(1). Hlm. 308-313.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2008). *Chromium Toxicity*. Diakses dari <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/chromium> pada tanggal 10 April 2016 pukul 15:14 WIB.
- Ahalya, N., R. D Kanamadi, & T. V. Ramachandra. (2007). Cr(VI) and Fe(III) Removal using *Cajanus cajan* Husk. *J. Environ. Biol.* 28(4). Hlm. 765-769. ISSN: 0254 – 8704.
- Aji B.K dan Kurniawan. (2012). Pemanfaatan Serbuk Biji Salak (*Salacca zalacca*) sebagai Adsorben Cr(VI) dengan Metode Batch dan Kolom. *Jurnal Sains Pomits*. 1(1). Hlm. 1-6.
- Al-Sou'ud, Khaldoun. (2012). Adsorption Isotherm Studies of Chromium(VI) from Aqueous Solutions Using Jordanian Pottery Materials. *Procedia APCBEE*. Vol. 1. Hlm. 116-125.
- Amun Amri, Supranto, & M. Fahrurrozi. (2004). Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolite Alam Terimpregnasi Z-Merkapto Benzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 6. No. 2. Hlm. 111-117. ISSN: 1410 – 9379.
- Anita Imawati dan Adhitiyawarman. (2015). Daya Adsorpsi Maksimum Ion Pb(II) Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl dan H₃PO₄. *JKK*. 4(2). Hlm. 50-61. ISSN: 2303-1077.
- Anita Mei Wulandari dan Amaria. (2014). Kinetika Adsorpsi Ion Logam Ni(II) Oleh Hibrida Amino Silika dalam Larutan yang Mengandung Ion Logam Pesaing Cr(III). *Journal of Chemistry*. 3(1). Hlm. 15-21.
- Aravind, J., G. Sudha, P. Kanmani, A.J. Devisri, S. Dhivyalaksmi, & M. Raghavprasad. (2015). Equilibrium and Kinetics Study on Chromium(VI) Removal from Simulated Wastewater using Goosberry Seeds as A Novel Biosorbent. *Global Journal Environmental Science Manage*. 1(33). Hlm. 233-244. ISSN: 2383 – 3572.
- Beaty, Richard D. & Jack D. Kerber. (1993). *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*. Norwalk: The Perkin-Elmer Corporation.
- Bhatti, A.A, S. Memon, N. Memon, Ashfaque A. Bhatti, & I.B. Solangi. (2013). Evaluation of Chromium (VI) Sorption Efficiency of Modified Amberlite XAD-Resin. *Arabian Journal of Chemistry*. 1(20). Hlm. 1-8.

- Budi Gunawan dan Citra Dewi Azhari. (2010). Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor GAS dari Bahan Polimer Poly Etylen Glikol (PEG). *Repositori*, diakses dari http://eprints.umk.ac.id/91/1/KARAKTERISASI_SPEKTROFOTOMETRI_I_I_R.pdf pada tanggal 2 Mei 2016 pukul 10.00 WIB.
- Buekens, A & N. N Zyaykina. (2014). Adsorbents and Adsorption Processes for Pollution Control. *Pollution Control Technologies – Encyclopedia of Life System*. 2. Diakses dari <http://www.eolss.net/sample-chapters/c09/e4-14-02-03.pdf> pada tanggal 2 Mei 2016 pukul 21.00 WIB.
- Chaudry, Saif A., Tabrez A. Khan, & Imran Ali. (2016). Adsorptive Removal of Pb(II) and Zn(II) from Water onto Manganese Oxide-Coated Sand: Isotherm, Thermodynamic, and Kinetic Studies. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*. Vol. 3. Hlm. 287 – 300.
- Endang Widjajanti Laksono. (2002). Analisis Daya Adsorpsi Suatu Adsorben. *Makalah*, kegiatan PPM Universitas Negeri Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia.
- Fahrizan Manda Sahputra. (2008). Potensi Ekstrak Kulit dan Daging Buah Salak sebagai Antidiabetes. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Foliatini dan Hanafi. (2007). Pengolahan Limbah Kromium dari Industri Penyamakan Kulit. *Jurnal Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit Kementerian Perindustrian*. Hlm. 1-17 . ISSN: 1411 – 7703.
- Gopinath, Rajesh & Nandini Venugopal. (2012). Isotherm Studies for Adsorption of Cr(VI) Using Activated Carbon. *Ultra Chemistry*. 8(3). Hlm. 333-340.
- Guertin, J., James A. Jacobs, & Cynthia P. Avakian. (2004). *Chromium (VI) Handbook*. New York: CRC Press.
- Harry Budiman & Oman Zuas. (2014). Adsorption Isotherm Studies on Acid Orange-10 Dye Removal Using Cerium Dioxide Nanoparticles. *Indo. J. Chem*. 14(3). Hlm. 226-232.
- Hasrianti. (2012). Adsorpsi Ion Cd²⁺ dan Cr⁶⁺ pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong. *Tesis*. Universitas Hassanuddin: Program Pasca Sarjana.
- Herlin Alfiany, Syaiful Bahri, dan Nurakhirawati. (2013). Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Nature Science*. 2(3). Hlm. 75-86. ISSN: 2338 – 0950.
- Herwin Suskendriyati, Arta Wijayati, Nur Hidayah, dan Dewi Cahyuningdari. (2000). Studi Morfologi dan Hubungan Kekerbatan Varietas Salak Pondoh (*Salacca zalacca (Gaert.) Voss.*) di Dataran Tinggi Sleman. *Biodiversitas*. 1(2). Hlm. 59-64. ISSN: 1412-033X.

- Ho, Y.S. & G. McKay. (1999). Pseudo-Second-Order Model for Sorption Process. *Process Biochemistry*. Vol. 34. Hlm. 451-465.
- Idris, S., Y.A. Iyaka, M.M. Ndamitso, E.B. Mohammed, & M.T. Umar. (2011). Evaluation of Kinetics Models of Copper and Lead Uptake from Dye Wastewater by Activated Prude of Barbados Shell. *American Journal of Chemistry*. 1(2). Hlm. 47-51.
- Inter-Organization Programme for The Sound Management of Chemicals World Health Organization. (2013). *Inorganic Chromium (VI) Compounds*. Diakses dari <http://www.inchem.org> pada tanggal 10 April 2016 pukul 15:20 WIB.
- Jason, P.P. (2004). *Activated Carbon and Some Applications for The Remediation Soil and Ground Water Pollution*. Diakses dari <http://www.ce.edu/programareas> pada tanggal 12 April 2016 pukul 20:08 WIB.
- Johnson, Thomas Anish, Niveta Jain, Joshi, & S. Prasad. (2008). Agricultural and Agro-Processing Wastes as Low Cost Adsorbents for Metal Removal from Wastewater: A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*. Vol 67. Hlm. 647 – 658.
- Kep. Men. LH No. Kep-51/MENLH/10/1995. (1995). *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*. Diakses dari <http://www.kelair.bppt.go.id> pada tanggal 10 April 2016 pukul 19:22 WIB.
- Kumari, H.J., P. Khrisnamoorthy, & T.K. Arumugam. (2015). Kinetics, Thermodynamics, and Isotherm Studies on the Removal of Chromium by *Typha latifolia* Bioremediator Stem Carbon. *Journal Material Environment Science*. 6(6). Hlm. 1532 – 1541. ISSN: 2028 – 2508.
- Kusmiyati, Puspita Adi Lystanto, dan Kunthi Pratiwi. (2012). Pemanfaatan Karbon Aktif Arang Batubara (KAAB) untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Berat Cu^{2+} dan Ag^+ pada Limbah Cair Industri. *Jurnal Reaktor*. 14(1). Hlm. 51-60.
- Li, Huai, Jianzheng Li, Zifang Chi, & Weishi Ke. (2012). Kinetic and Equilibrium Studies of Chromium(III) Removal from Aqueous Solution By IRN-77 Cation Exchange Resin. *Procedia Environmental Sciences*. Vol. 16. Hlm. 646-655.
- Li, Wenxin & Yuxuan Ye. (2015). Modified Wool as Adsorbent for the Removal Of Ce(III) from Aqueous Solutions: Adsorption Properties, Isotherm, and Kinetics. *Res. Chem. Intermed*. Vol. 41. Hlm. 803-812.
- Mekonnen, E., M. Yitbarek., & T. R. Soreta. (2015). Kinetics and Thermodynamics Studies of the Adsorption of Cr(VI) onto Some Selected Local Adsorbents. *South African Journal of Chemistry*. Vol. 68. Hlm. 45-52.

- Murni Handayani dan Eko Sulistiyono. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. *Prosiding, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. PTNBN – BATAN Bandung.
- Noor Anis Kundari dan Slamet Wiyunati. (2008). Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit. *Makalah, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. STTN BATAN Yogyakarta.
- Nuha Desi Anggraeni. (2008). Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite. *Makalah, Seminar Nasional-VIII ITENAS Bandung*. Diakses dari <https://www.lib.itenas.ac.id> pada tanggal 10 April 2016 pukul 20:45 WIB.
- Nurwihadi Lisin, Gatot S. Hutomo, dan Syahraeni Kadir. (2015). Hidrolisis Selulosa dari *Pod Husk* Kakao Menggunakan Asam Sulfat. *E-j Agrotekbis*. 3(4). Hlm. 482 – 490.
- Odeh, L., Imad Odeh, M. Khamis, M. Khatib, M. Qurie, Z. Shakhser, & M. Qutob. (2015). Hexavalent Chromium Removal and Reduction to Cr(III) by Polystyrene Tris(2-aminoethyl)amine. *American Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 6. Hlm. 26-37.
- Panda, S.K. & Choudhury. (2005). Toxic Metals in Plants. *Brazilian Plant Physiol.* 17(1). Hlm. 95-102.
- Pandey, P. K., S. K. Sharma, & S. S. Sambhi. (2010). Kinetics and Equilibrium Study of Chromium Adsorption on ZeoliteNaX. *International Journal Science and Technology*. 7(2). Hlm. 395 – 404. ISSN: 1735 – 1472.
- Puji Kurniawati, Bayu Wiyantoko, Angga Kurniawan dan Tri Esti Purbaningtias. (2013). ic Study of Cr(VI) Adsorption on Hydrotalcite Mg/Al with Molar Ratio 2:1. *Eksakta*. 13(1-2). Hlm. 11-21.
- Radnia, Hamideh, A. A. Ghoreyshi, & H. Younesi. (2011). Isotherm and Kinetics of Fe(II) Adsorption onto Chitosan in a Batch Process. *Iranica Journal of Energy & Environment*. 2(3). Hlm. 250 – 257. ISSN: 2079 – 2115.
- Raghuvanshi, S.P., Singh R., & Kaushik C.P. (2004). Kinetics Study of Methylene Blue Dye Bioadsorption on Bagasse. *Applied Ecology and Enviromental Research*. 2(2). Hlm. 35-43. ISSN: 1589 – 1623.
- Rane, Nitin M. & R. S. Sapkal. (2014). Chromium(VI) Removal by Using Orange Peel Powder in Batch Adsorption. *International Journal of Chemical Sciences and Appllications*. 5(2). Hlm. 22 – 29. ISSN: 0976 – 2590.
- Risfidian Mohadi, Adi Saputra, Nurlisa Hidayati, dan Aldes Lesbani. (2014). Studi Interaksi Ion Logam Mn²⁺ dengan Selulosa dari Serbuk Kayu. *Jurnal Kimia*. 8(1). Hlm. 1 – 8. ISSN: 1907 – 9850.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. (2007). *Spektroskopi (Edisi Ketiga)*. Yogyakarta: Liberty.

- Serly J. Sekewael, Hellna Tehubijuluw, dan Delvika R. W. (2013). Kinetic Study and Isoterm Adsorption of Pb Metal in Ouw Village Clay Activated Ammonium Nitrate Salt. *Ind. J. Chem. Res.* 1. Hlm. 38-46.
- Shinta Dewi dan Indah Nurhayati (2012). Sabut Kelapa sebagai Penyerap Cr(VI) dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Waktu.* 10(1). Hlm. 23-27. ISSN: 1412 – 1867.
- Sirilamduan, Chadrudee, C. Umpuch, & P. Kaewsrn. (2011). Removal of Copper From Aqueous by Adsorption Using Modify *Zalacca edulis* Peel Modify. *Songklanakar Journal of Science and Technology.* 33(6). Hlm. 725 – 732.
- Siti Sulastri, Nuryono, Indriana Kartini, dan Eko Sri Kunarti. (2014). Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium (III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Saintek.* 19(2). Hlm. 33-44.
- Sulistiowati dan Ita Ulfin. (2012). Pemanfaatan Karbon Aktif Biji Asam (*Tamarindus indica L*) untuk Penurunan Kadar Cr(VI) Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Teknik Pomits.* 1(1) . Hlm. 1-4.
- Vincent Liem, Aditya Putranto, dan Arenst Andreas. (2015). Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adsorpsi Zat Warna Metilen Blue. *Prosiding, Seminar Nasional Teknik Kimia.* UPN Veteran Yogyakarta. ISSN: 1693 – 4393.
- Y. C. Danarto. (2007). Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr(VI) dengan Adsorben Pasir yang Dilapisi Besi Oksida. *Ekulibrium.* 6(2). Hlm. 65-70.
- <http://www.rsc.org/Education/Teachers/Resources/cfb/carbohydrates.htm> diakses pada tanggal 24 Maret 2016 pukul 09.15 WIB.
- <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuDaurUlangIndustriKulit/Bab3-ProsesProduksiIndustriPenyamakanKulit.pdf> diakses pada tanggal 06 April 2016 pukul 20.05 WIB.

Lampiran 1

Pembuatan Larutan

1. Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M

$$M = \frac{n}{V}$$

$$0,1 = \frac{n}{1}$$

$$0,1 \text{ mol} = n$$

Untuk menentukan massa NaOH yang ditimbang,

$$\text{Massa} = n \times \text{BM NaOH}$$

$$\text{Massa} = 0,1 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Massa} = 4 \text{ gram}$$

Pembuatan larutan NaOH 0,1 M dilakukan dengan melarutkan NaOH sebanyak 4 gram ke dalam 100 mL akuades kemudian ditepatkan volumenya hingga 1000 mL.

2. Pembuatan Larutan HCl 1 M

Untuk menentukan volume HCl pekat yang diambil :

$$V_{HCl} = \frac{M.V.BM}{10.n.k.l}$$

Keterangan :

M = Molaritas HCl yang akan dibuat

V = Volume larutan HCl akan dibuat

BM = Berat Molekul HCl (36,5 gr/mol)

n = valensi

k = kadar HCl pekat (37%)

l = berat jenis HCl pekat (1,19 g/mL)

$$V_{HCl} = \frac{M.V.BM}{10.n.k.l}$$

$$= \frac{1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L} \cdot 36,5 \text{ g/mol}}{10 \cdot 1 \cdot 37\% \cdot 1,19 \text{ g/mL}} = 8,289 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan HCl 1 M dilakukan dengan mengencerkan 8,289 mL HCl pekat hingga volume 1000 mL.

3. Pembuatan Larutan Baku Krom 100 mg/L

Larutan baku krom 100 mg/L dibuat dari larutan induk krom 1000 mg/L. Perhitungan pengambilan volume larutan induk :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 = 250 \times 100$$

$$V_1 = \frac{500 \times 100}{1000}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

Pembuatan dilakukan dengan mengencerkan 100 mL larutan induk menjadi 250 mL dengan akuades.

4. Pembuatan Larutan Baku Krom 10 mg/L

Larutan baku krom 10 mg/L dibuat dari larutan induk krom 100 mg/L.

Pembuatan dilakukan dengan mengencerkan 100 mL larutan induk menjadi 250 mL dengan akuades. Perhitungan pengambilan volume larutan induk :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 250 \times 10$$

$$V_1 = \frac{250 \times 10}{100}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

Lampiran 2

Pembuatan Larutan Standar Krom

Larutan standar krom dibuat dengan mengencerkan larutan baku krom 10 mg/L. Konsentrasi larutan standar yang dibuat adalah 0,2 mg/L; 0,5 mg/L; 1 mg/L ; 2 mg/L ; 3 mg/L ; 4 mg/L; 5 mg/L ; 10 mg/L dalam 100 mL larutan. Perhitungan pengambilan volume larutan baku :

(konsentrasi 0,2 mg/L)

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 10 = 100 \times 0,2$$

$$V_1 = \frac{0,2 \times 100}{10}$$

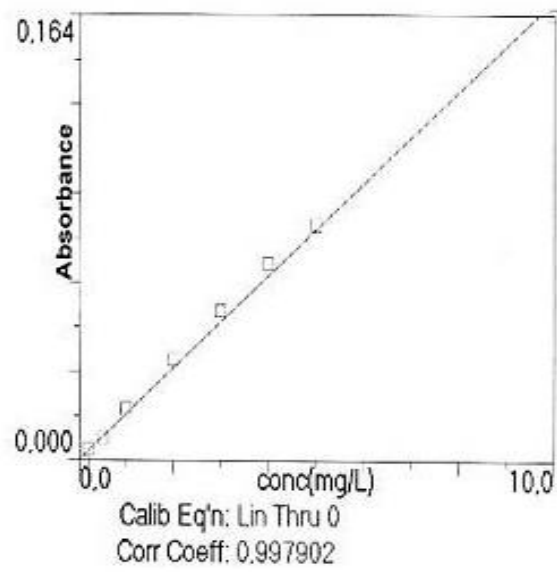
$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan dilakukan dengan mengambil 2 mL larutan baku krom 10 mg/L kemudian diencerkan hingga 100 mL dengan akuades. Pembuatan larutan standar konsentrasi 0,5 mg/L; 1 mg/L ; 2 mg/L ; 3 mg/L ; 4 mg/L; 5 mg/L ; 10 mg/L dilakukan dengan cara dan perhitungan yang sama.

Tabel 1. Perhitungan Pembuatan Larutan Standar Krom

No.	Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Volume Larutan Baku yang Diambil (mL)
1.	0,2	2
2.	0,5	5
3.	1,0	10
4.	2,0	20
5.	3,0	30
6.	4,0	40
7.	5,0	50

Cr 357.87



Grafik 1. Kurva Standar

Lampiran 3

Perhitungan Data Adsorpsi pada Variasi Waktu

Adsorpsi pada variasi waktu kontak digunakan larutan krom 5 mg/L. Larutan krom 5 mg/L dibuat dengan mengencerkan larutan baku krom 100 mg/L hingga volume 1000 mL.

Perhitungan,

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 1000 \times 5$$

$$V_1 = \frac{1000 \times 5}{100}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

Volume larutan baku krom 100 mg/L yang diambil adalah 50 mL kemudian diencerkan hingga volume 1000 mL.

Sedangkan daya adsorpsi ditentukan dengan rumus :

$$Q = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{m \text{ adsorben}} \times \text{volume larutan}$$

(Untuk data waktu 2 menit)

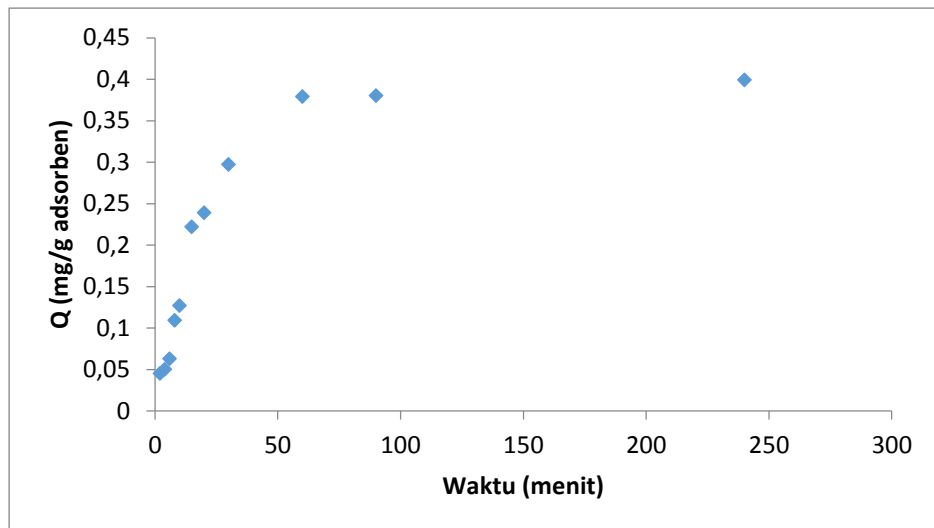
$$Q = \frac{(4,829 - 4,604) \text{ mg/L}}{0,5 \text{ g}} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,045 \text{ mg/g}$$

Perhitungan untuk variasi waktu yang lain dilakukan dengan cara yang sama, sehingga diperoleh data sebagai berikut,

Tabel 2. Data Adsorpsi pada Variasi Waktu Kontak (Ulangan 1)

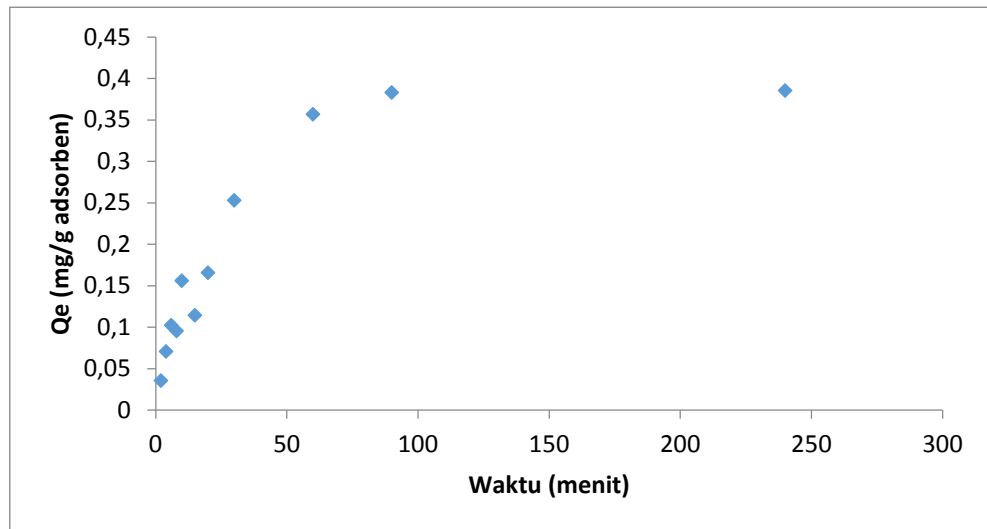
No	Waktu (menit)	C_{awal} (mg/L)	C_{akhir} (mg/L)	Q (mg/g adsorben)
1.	2	4,829	4,604	0,045
2.	4	4,829	4,579	0,050
3.	6	4,829	4,513	0,063
4.	8	4,829	4,284	0,109
5.	10	4,829	4,195	0,127
6.	15	4,829	3,719	0,222
7.	20	4,829	3,633	0,239
8.	30	4,829	3,346	0,297
9.	60	4,829	2,930	0,379
10.	90	4,829	2,928	0,380
11.	240	4,829	2,830	0,399



Gambar 2. Grafik Hubungan Daya Adsorpsi dengan Waktu (Ulangan1)

Tabel 3. Data Adsorpsi pada Variasi Waktu Kontak (Ulangan 2)

No	Waktu (menit)	C_{awal} (mg/L)	C_{akhir} (mg/L)	Q (mg/g adsorben)
1.	2	4,960	4,783	0,0354
2.	4	4,960	4,607	0,0706
3.	6	4,960	4,448	0,1024
4.	8	4,960	4,484	0,0952
5.	10	4,960	4,181	0,1558
6.	15	4,960	4,389	0,1142
7.	20	4,960	4,132	0,1656
8.	30	4,960	3,697	0,2526
9.	60	4,960	3,178	0,3564
10.	90	4,960	3,045	0,383
11.	240	4,960	3,035	0,385



Gambar 3. Grafik Hubungan Daya Adsorpsi dengan Waktu (Ulangan2)

Lampiran 4

Perhitungan Data Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal

Pada adsorpsi variasi konsentrasi digunakan larutan krom konsentrasi 5, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 35, dan 45 mg/L. Larutan tersebut dibuat dengan mengencerkan larutan baku krom 100 mg/L.

Perhitungan :

(untuk konsentrasi 5 mg/L)

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 100 \times 5$$

$$V_1 = \frac{100 \times 5}{100}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan standar konsentrasi 6, 8, 10, 15, 20, 30, 35, dan 45 mg/L dilakukan dengan cara dan perhitungan yang sama yang diencerkan hingga 100 mL.

Tabel 4. Perhitungan Pembuatan Larutan untuk Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi

No.	Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Volume Larutan Baku yang Diambil (mL)
1.	6	6
2.	8	8
3.	10	10
4.	15	15
5.	20	20
6.	35	35
7.	45	45

Sedangkan daya adsorpsi ditentukan dengan rumus :

$$Q = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{m \text{ adsorben}} \times \text{volume larutan}$$

(Untuk data konsentrasi 5 mg/L)

$$C_{awal} = C_{terbaca} \times \text{faktor pengenceran}$$

$$= 4,615 \times 1$$

$$= 4,615 \text{ mg/L}$$

$$C_{akhir} = C_{terbaca} \times \text{faktor pengenceran}$$

$$= 3,240 \times 1$$

$$= 3,240 \text{ mg/L}$$

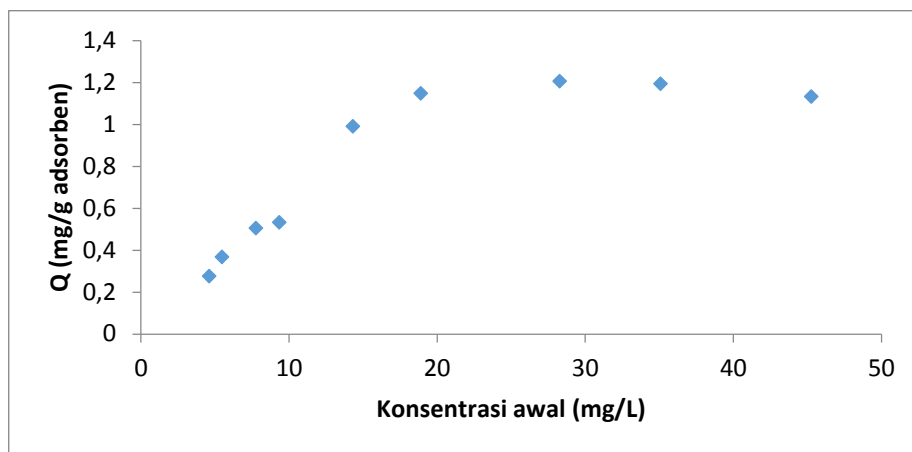
$$Q = \frac{(4,615 - 3,240) \text{ mg/L}}{0,5 \text{ g}} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,275 \text{ mg/g}$$

Perhitungan untuk variasi konsentrasi yang lain dilakukan dengan cara yang sama, sehingga diperoleh data sebagai berikut,

Tabel 5. Data Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi (Ulangan 1)

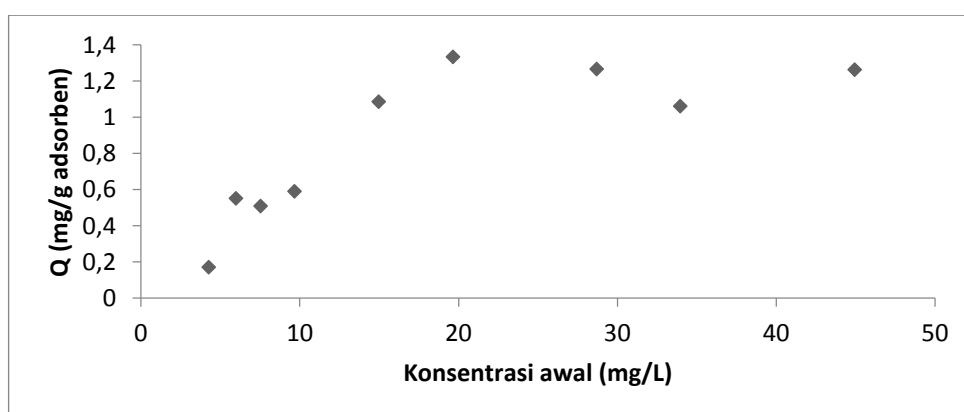
No	C _{awal} terbaca (mg/L)	FP	C _{awal} (mg/L)	C _{akhir} terbaca (mg/L)	FP	C _{akhir} (mg/L)	Q (mg/g adsorben)
10	4,615	1	4,615	3,240	1	3,240	0,275
11	5,480	1	5,480	3,645	1	3,645	0,367
12	7,770	1	7,770	5,250	1	5,250	0,504
13	9,339	1	9,339	6,684	1	6,684	0,531
14	2,861	5	14,305	1,872	5	9,360	0,989
15	3,778	5	18,890	2,632	5	13,160	1,146
16	5,653	5	28,265	4,448	5	22,240	1,205
17	7,018	5	35,090	5,826	5	29,130	1,192
18	9,054	5	45,270	7,922	5	41,025	0,849



Gambar 4. Grafik Hubungan Daya Adsorpsi dengan Konsentrasi Awal (Ulangan 1)

Tabel 6. Data Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi (Ulangan 2)

No	C _{awal} terbaca (mg/L)	FP	C _{awal} (mg/L)	C _{akhir} terbaca (mg/L)	FP	C _{akhir} (mg/L)	Q (mg/g adsorben)
1.	4,278	1	4,278	3,421	1	3,421	0,1714
2.	5,987	1	5,987	3,23	1	3,23	0,5514
3.	7,542	1	7,542	4,997	1	4,997	0,509
4.	9,678	1	9,678	6,728	1	6,728	0,59
5.	2,994	5	14,970	1,908	5	9,540	1,086
6.	3,932	5	19,660	2,599	5	12,995	1,333
7.	5,741	5	28,705	4,475	5	22,375	1,266
8.	6,795	5	33,975	5,734	5	28,670	1,061
9.	8,992	5	44,960	7,730	5	38,650	1,262



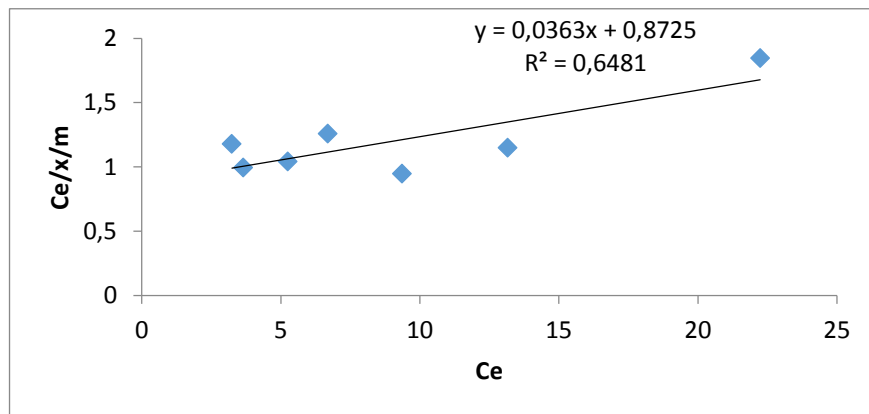
Gambar 5. Grafik Hubungan Daya Adsorpsi dengan Konsentrasi Awal (Ulangan 2)

Lampiran 5
Perhitungan Isoterm Adsorpsi

1. Isoterm Langmuir

Tabel 7. Data Isoterm Langmuir

C_{awal}	C_e	x/m	$C_e/x/m$
4,615	3,24	2,75	1,178182
5,48	3,645	3,67	0,993188
7,77	5,25	5,04	1,041667
9,339	6,684	5,31	1,258757
14,305	9,36	9,89	0,946411
18,89	13,16	11,46	1,148342
28,265	22,24	12,05	1,845643



Gambar 6. Grafik Isoterm Langmuir

$$\text{Persamaan : } \frac{C}{x/m} = \frac{1}{q_{max} \cdot k_L} + \frac{1}{q_{max}}$$

Dari persamaan garis linier diperoleh:

$$Y = a x + b$$

$$Y = 0,0363 x + 0,8725$$

q_{max} diperoleh dari slope,

$$a = \frac{1}{q_{max}}$$

$$0,0363 = \frac{1}{q_{max}}$$

$$q_{max} = 27,5482$$

k_L diperoleh dari intersep,

$$b = \frac{1}{q_{max} \cdot k_L}$$

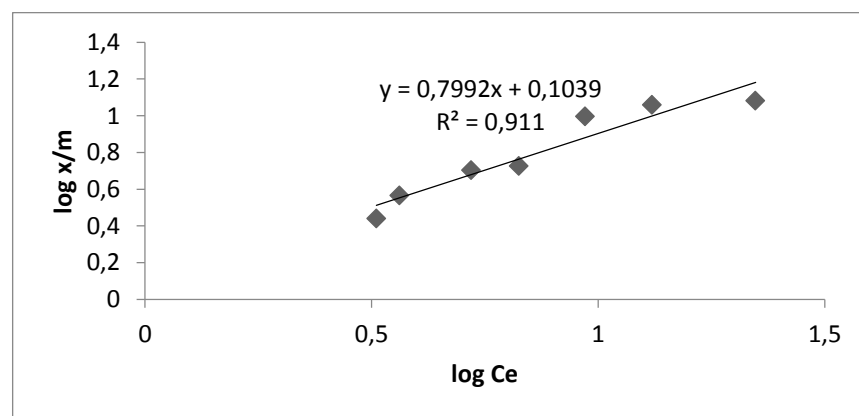
$$0,8725 = \frac{1}{27,5482 \cdot k_L}$$

$$k_L = 0,04160$$

2. Isoterm Freundlich

Tabel 8. Data Isoterm Freundlich

Co	Ce	x/m	log Ce	log x/m
4,615	3,24	2,75	0,510545	0,439333
5,48	3,645	3,67	0,561698	0,564666
7,77	5,25	5,04	0,720159	0,702431
9,339	6,684	5,31	0,825036	0,725095
14,305	9,36	9,89	0,971276	0,995196
18,89	13,16	11,46	1,119256	1,059185
28,265	22,24	12,05	1,347135	1,080987



Gambar 7. Grafik Isoterm Freundlich

$$\log \frac{x}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C$$

Dari grafik diperoleh persamaan,

$$Y = a x + b$$

$$Y = 0,7992 x + 0,1039$$

k diperoleh dari intersep,

$$b = \log k$$

$$0,1039 = \log k$$

$$k = 1,2703$$

konstanta n diperoleh dari slope,

$$a = 1/n$$

$$0,7992 = 1/n$$

$$n = 1,2513$$

Lampiran 6

Perhitungan Efisiensi Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit

Efisiensi penjerapan krom dihitung dengan persamaan,

$$\%E = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100 \%$$

C_0 = Konsentrasi kromium sebelum proses adsorpsi (mg/L)

C_a = Konsentrasi kromium setelah proses adsorpsi (mg/L)

Tabel 13. Hasil Uji Konsentrasi Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit (U1)

Kondisi	Konsentrasi Cr terbaca (mg/L)	FP	Konsentrasi Cr (mg/L)
Sebelum adsorpsi	0,0219	10	0,219
Sesudah adsorpsi	0,0088	10	0,088

$$\begin{aligned}\%E &= \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100 \% \\ &= \frac{0,219 - 0,088}{0,219} \times 100 \% \\ &= 59,8173 \%\end{aligned}$$


Tabel 14. Hasil Uji Konsentrasi Kromium dalam Limbah Penyamakan Kulit (U2)

Kondisi	Konsentrasi Cr terbaca (mg/L)	FP	Konsentrasi Cr (mg/L)
Sebelum adsorpsi	0,0219	10	0,219
Sesudah adsorpsi	0,0093	10	0,093

$$\begin{aligned}\%E &= \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100 \% \\ &= \frac{0,219 - 0,093}{0,219} \times 100 \% = 57,5342 \%\end{aligned}$$

Lampiran 7

Hasil Uji Kandungan Selulosa dalam Kulit Salak




Lab. Chem-Mix Pratama

HASIL ANALISA
Nomor: 018/CMP/04/2016
Laboratorium Pengujian : Laboratorium Chem-Mix Pratama
Tanggal Pengujian : 7 April 2016

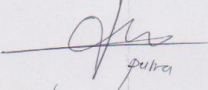
No	Kode Sample	Analisa	Ulangan 1	Ulangan 2
	1 Sampel Kulit Salak	Selulosa	25.8483 %	25.6837 %

Diperiksa oleh penyelia,



Slamet Rahardjo

Analisis



(.....)

Laboratorium : Kretek, Jambidan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta
Telp. 085 100 116 832

Lampiran 8

Hasil Uji SSA Variasi Waktu (Ulangan 1)

SampleID	Time	Analyte	Mean	Sample2
blank		Cr 357,87		blank
		Cr 357,87		
Awal		Cr 357,87	4,829 mg/L	awal
2m		Cr 357,87	4,604 mg/L	2m
4m		Cr 357,87	4,579 mg/L	4m
6m		Cr 357,87	4,513 mg/L	6m
8m		Cr 357,87	4,284 mg/L	8m
10m		Cr 357,87	4,195 mg/L	10m
15m		Cr 357,87	3,719 mg/L	15m
20m		Cr 357,87	3,633 mg/L	20m
30m		Cr 357,87	3,346 mg/L	30m
60m		Cr 357,87	2,930 mg/L	60m
blank		Cr 357,87		blank
		Cr 357,87		
90m		Cr 357,87	2,928 mg/L	90m
240m		Cr 357,87	2,830 mg/L	240m

Hasil Uji SSA Variasi Waktu (Ulangan 2)

SampleID	Analisis Cr (Variasi Waktu 2)	
	Analyte	Mean
blank	Cr 357,87	
	Cr 357,87	
Awal	Cr 357,87	4,960 mg/L
2m	Cr 357,87	4,783 mg/L
4m	Cr 357,87	4,607 mg/L
6m	Cr 357,87	4,448 mg/L
8m	Cr 357,87	4,484 mg/L
10m	Cr 357,87	4,181 mg/L
15m	Cr 357,87	4,389 mg/L
20m	Cr 357,87	4,132 mg/L
30m	Cr 357,87	3,697 mg/L
60m	Cr 357,87	3,178 mg/L
blank	Cr 357,87	
	Cr 357,87	
90m	Cr 357,87	3,045 mg/L
240m	Cr 357,87	3,035 mg/L

12:15:25 15/04/2016

Wijaya

ATK Yogyakarta

Lampiran 9
Hasil Uji SSA Variasi Konsentrasi (Ulangan 1)
(Konsentrasi awal)

SampleID	Analisis Cr Konsentrasi	
	Analyte	Mean
blank	Cr 357,87	
	Cr 357,87	
5a	Cr 357,87	4,615 mg/L
6a	Cr 357,87	5,480 mg/L
8a	Cr 357,87	7,770 mg/L
10a	Cr 357,87	9,339 mg/L
15a	Cr 357,87	2,861 mg/L
20a	Cr 357,87	3,778 mg/L
30a	Cr 357,87	5,653 mg/L
35a	Cr 357,87	7,018 mg/L
45a	Cr 357,87	9,054 mg/L

12:36:54 15/04/2016 Wijaya ATK Yogyakarta

Hasil Uji SSA Variasi Konsentrasi (Ulangan 1)
(Konsentrasi akhir)

SampleID	Analisis Cr Konsentrasi	Analyte	Mean
blank	Cr 357,87		
	Cr 357,87		
5	Cr 357,87		3,240 mg/L
6	Cr 357,87		3,645 mg/L
8	Cr 357,87		5,250 mg/L
10	Cr 357,87		6,684 mg/L
15	Cr 357,87		1,872 mg/L
20	Cr 357,87		2,632 mg/L
30	Cr 357,87		4,448 mg/L
35	Cr 357,87		5,826 mg/L
45	Cr 357,87		7,922 mg/L

12:36:54 15/04/2016 Wijaya ATK Yogyakarta

Hasil Uji SSA Variasi Konsentrasi (Ulangan 2)
(Konsentrasi awal)

SampleID	Variasi Konsentrasi	
	Analyte	Mean
blank	Cr 357,87	
	Cr 357,87	
5 p	Cr 357,87	4,278 mg/L
6 p	Cr 357,87	5,987 mg/L
8 p	Cr 357,87	7,542 mg/L
10 p	Cr 357,87	9,678 mg/L
15 p	Cr 357,87	2,994 mg/L
20 p	Cr 357,87	3,932 mg/L
30 p	Cr 357,87	5,741 mg/L
35 p	Cr 357,87	6,795 mg/L
45 p	Cr 357,87	8,992 mg/L

29/03/2016

Wijaya

ATK Yogyakarta

Hasil Uji SSA Variasi Konsentrasi (Ulangan 2)
(Konsentrasi akhir)

SampleID	Variasi Konsentrasi	
	Analyte	Mean
blank	Cr 357,87	
	Cr 357,87	
5 b	Cr 357,87	3,421 mg/L
6 b	Cr 357,87	3,230 mg/L
8 b	Cr 357,87	4,997 mg/L
10 b	Cr 357,87	6,728 mg/L
15 b	Cr 357,87	1,908 mg/L
20 b	Cr 357,87	2,599 mg/L
30	Cr 357,87	4,475 mg/L
35 b	Cr 357,87	5,734 mg/L
45 b	Cr 357,87	7,730 mg/L

29/03/2016

Wijaya

ATK Yogyakarta

Lampiran 10

Hasil Uji SSA Efisiensi Adsorpsi pada Limbah Penyamakan Kulit

SampleID	Adsorpsi Limbah Penyamakan	
	Analyte	Mean
blank	Cr 357,87	
	Cr 357,87	
Limbah awal		
L1	Cr 357,87	0,0219 mg/L
L2	Cr 357,87	0,0088 mg/L
	Cr 357,87	0,0093 mg/L

27/04/2016 Wijaya ATK Yogyakarta

Lampiran 11

Spektra Inframerah Adsorben Sebelum Adsorpsi

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00
Friday, February 26, 2016 11:51 AM

Report Details

Report Location C:\pel_data\reports\Samples View 1_Ads awal 26-02-16_2.rtf
Report Creator Administrator
Report Date Friday, February 26, 2016 11:51 AM

Sample Details

Sample Name Ads awal 26-02-16
Sample Description Sample 061 By Administrator Date Friday, February 26 2016
Analyst Administrator
Creation Date 2/26/2016 11:21:32 AM
X-Axis Units cm-1
Y-Axis Units %T

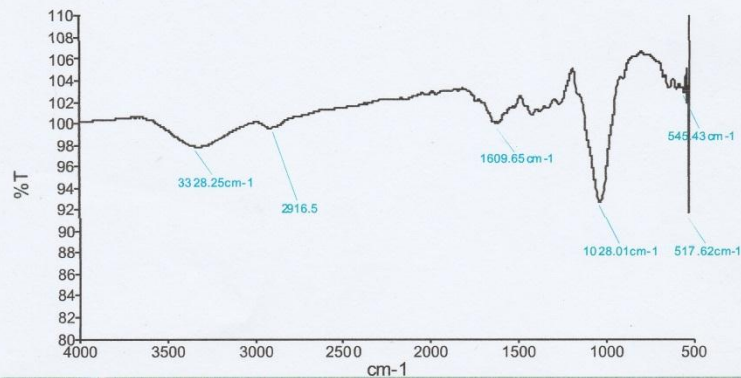
Instrument Details

Instrument Model Frontier FT-IR
Instrument Serial Number 96600
Software Revision CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
Number of Scans 4
Resolution 16

Accessory

Manufacturer PE
Part Number L1250240
Serial Number 35120
Description DATR 1 bounce Diamond/ZnSe
Default Scan Range / cm-1 4000 650
Force Applied / N 124
Accessory Type Universal ATR
UATR Crystal Combination Diamond/ZnSe
UATR Number of Bounces 1
UATR Option Not Specified

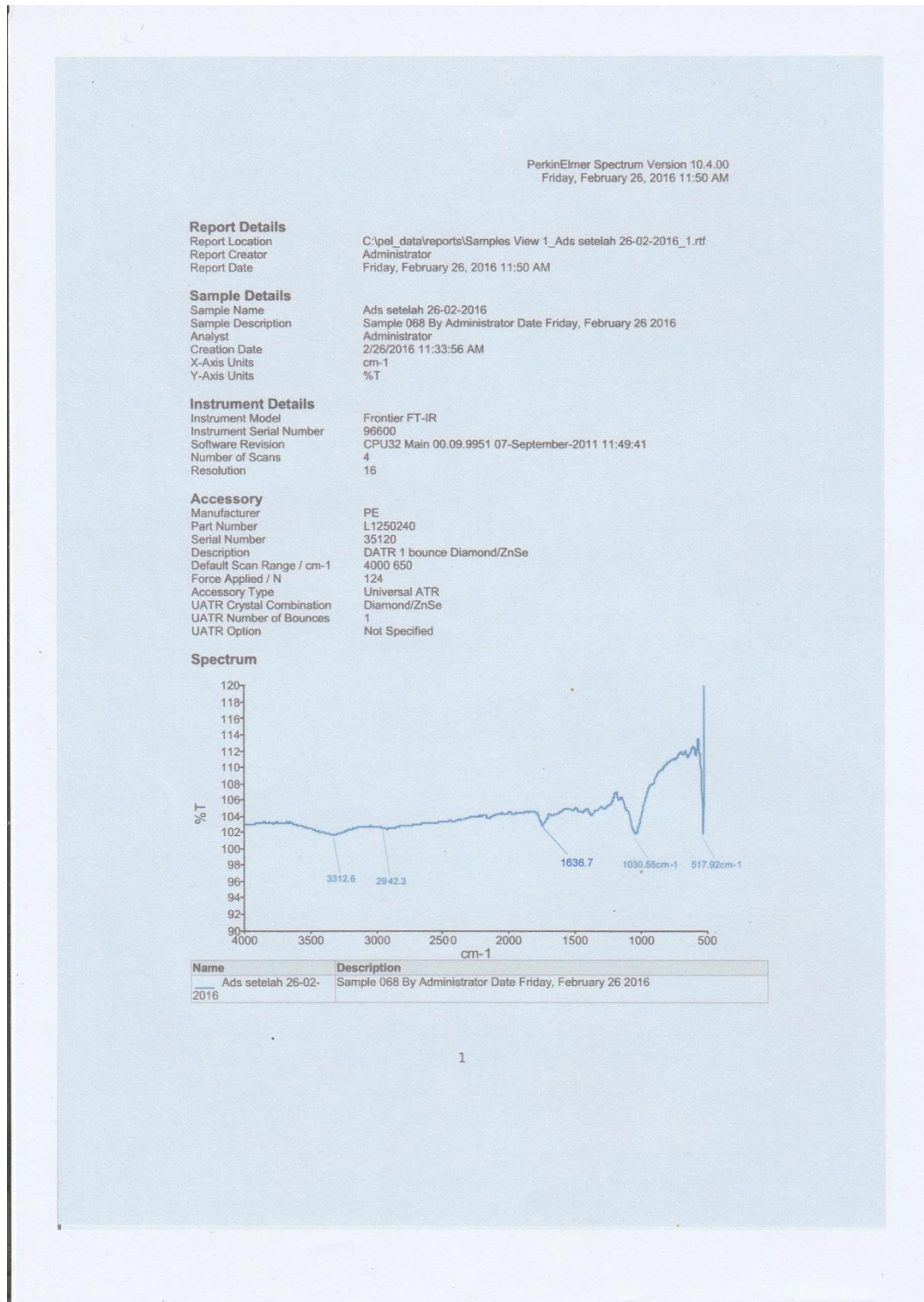
Spectrum



Name	Description
Ads awal 26-02-16	Sample 061 By Administrator Date Friday, February 26 2016

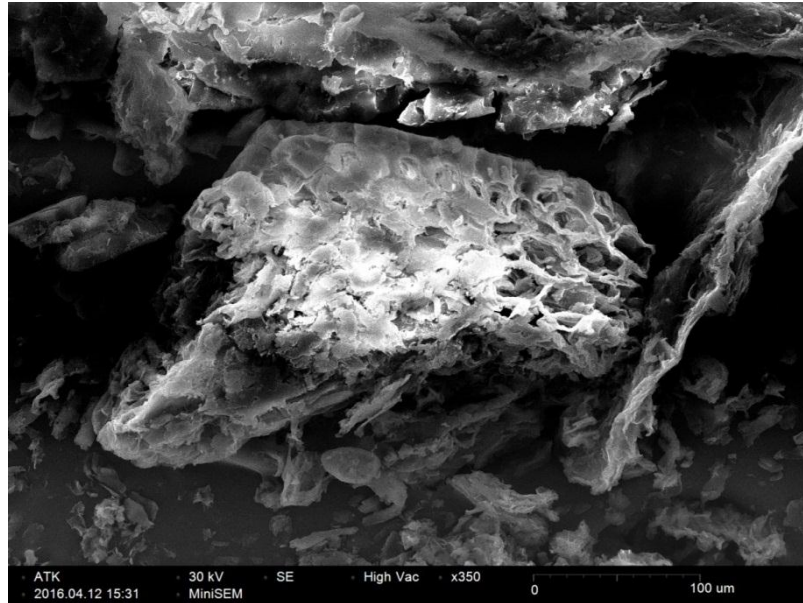
Lampiran 12

Spektra Inframerah Adsorben Setelah Adsorpsi

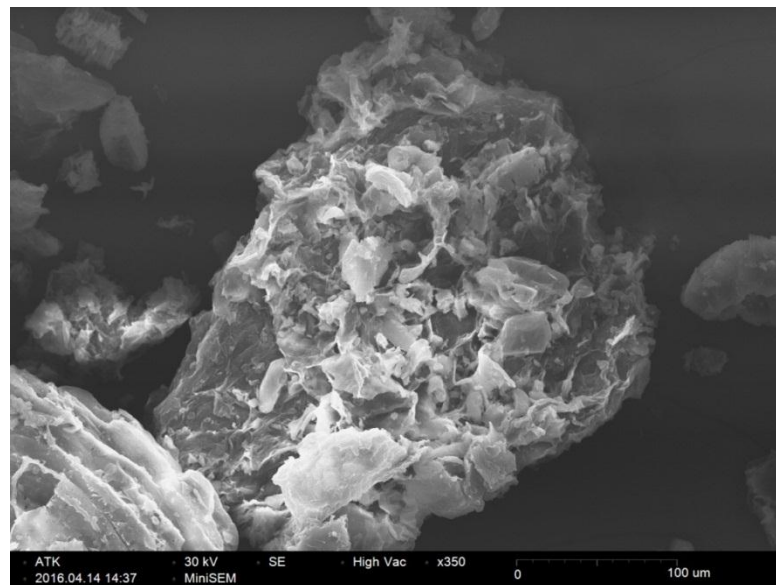


Lampiran 13

Hasil Uji SEM Adsorben Sebelum Adsorpsi

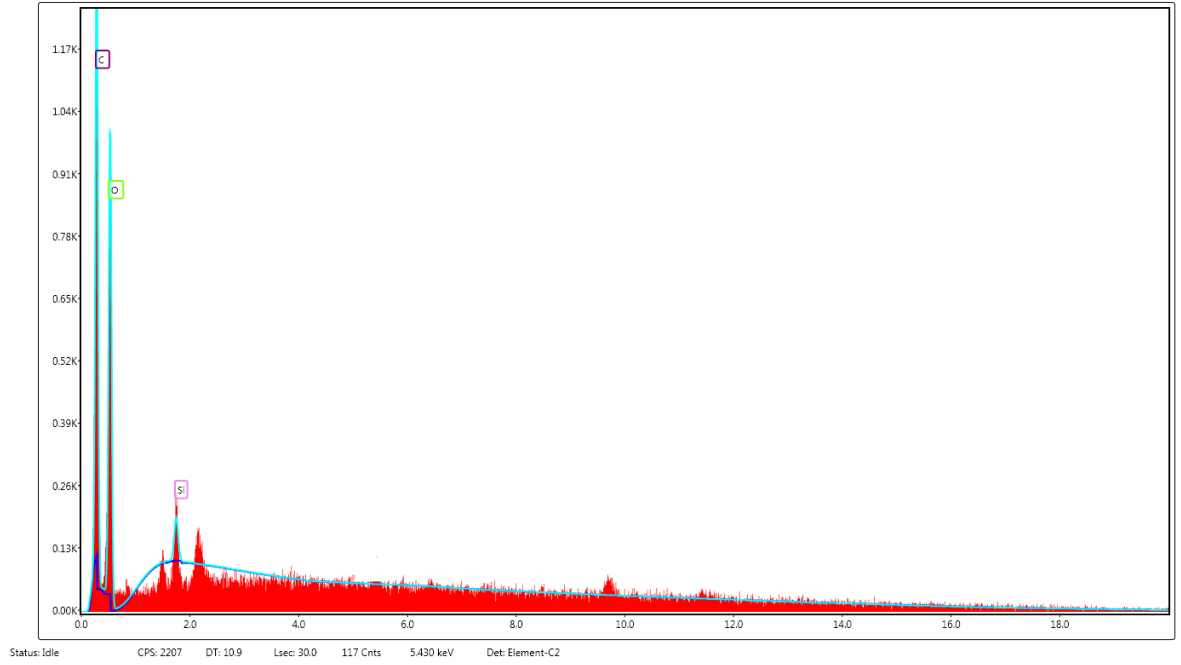


Hasil Uji SEM Adsorben Setelah Adsorpsi



Lampiran 14

Spektra EDS Adsorben Sebelum Adsorpsi



Spektra EDS Adsorben Setelah Adsorpsi

