

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG
DARAH (*Anadara Granosa*) SEBAGAI MEDIA
ADSORBEN PENYERAP LOGAM CHROMIUM (Cr)
DI DALAM AIR**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



DWI SEPHTIANI

12 513 162

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

2016

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara Granosa*) SEBAGAI MEDIA ADSORBEN PENYERAP LOGAM CHROMIUM (Cr) DI DALAM AIR

Utilization Of Blood Shells As Adsorbent To Adsorb Metal Chromium In Water

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

Dwi Sephtiani
12513162

Disetujui oleh :

Pembimbing I


Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D

Tanggal : 21-11-2016

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII



Hudot, S.T., M.T

Tanggal : 21 Nov 2016

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara Granosa*) SEBAGAI MEDIA ADSORBEN PENYERAP LOGAM CHROMIUM(Cr) DI DALAM AIR

Utilization Of Blood Shells As Adsorbent To Adsorb Metal Chromium In Water

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

Dwi Sephtiani
12513162

Disetujui oleh :

Penguji I

Penguji II

Penguji III

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D

Puji Lestari, S.Si., M.St.

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T

Tanggal : 21-11-2016

Tanggal : 21 NOV 2016

Tanggal : 21 - 11 - 2016

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII



Hudori, S.T., M.T

Tanggal : 21 NOV 2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, November 2016

Yang membuat pernyataan,



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillah atas segala limpahan rahmat, rizki dan nikmat yang diberikan oleh Allah SWT sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Adsorben Penyerap Logam Chromium (Cr)". Laporan ini kami ajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan.

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan, motivasi, bantuan, bimbingan, do'a dan arahan serta adanya kerjasama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada :

- 1) Kedua orang tua saya, yaitu Bapak Nursalim dan Ibu Indarti, serta kepada Kakak- kakak saya, yaitu Lina Yunita dan Ahmad Naqieb Alinaksi atas do'a, semangat, motivasi, dan segala yang saya butuhkan.
- 2) Bapak Hudori, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- 3) Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingannya serta koreksi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
- 4) Bapak Dr.ing Widodo Brontowiyono sebagai dosen wali yang membantu dalam pengarahan perkuliahan.

- 5) Seluruh dosen Jurusan Teknik Lingkungan, yang telah mengamalkan ilmu yang dimiliki kepada mahasiswa.
- 6) Pak Tasyono, Mas Iwan, Mbak Dyah, Mbak Nuri, dan seluruh laboran laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII yang banyak membantu dalam pengerjaan serta arahan yang diberikan dalam melakukan pengujian ini.
- 7) Partner Tugas Akhir, yaitu Aszahra Aida Khan, atas dukungannya dan bantuannya. Serta teman-teman terdekat yaitu Woro, Indah, Rinni, Fio, dan Maya atas dukungan dan bantuannya. Terimakasih atas kenangan yang diberikan selama 4 tahun yang tak terlupakan ini. Semoga kita masih menjalin silaturahmi sampai kapanpun.
- 8) Seluruh #TeamAdsorben yang sudah seperti keluarga di Lab Kualitas Lingkungan FTSP UII, atas bantuan dan dukungan yang diberikan.
- 9) Teman-teman KKN Unit BT-41 dan BT-42, yaitu Tari, Imam, Isal, Angga, mas Putra, Arob, Woro, Iin, bang Kiki, bang Iik, bang Ari dan Kiki, Nico, Hafiz atas do'a dan dukungannya selama ini. Terimakasih atas kenangan yang tak terlupakan satu bulan di tahun 2016.
- 10) Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan (khususnya angkatan 2012) yang telah memberikan lingkungan yang positif dalam berbagi ilmu selama perkuliahan, dukungan, doa, serta motivasi yang diberikan. Terimakasih cerita 4 tahun yang tak terlupakan. Aku sangat beruntung dipertemukan Allah dengan kalian semua. See you on top ya, guys!
- 11) Seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Terimakasih atas bantuan, do'a, dan dukungan yang diberikan. Tanpa kalian semua saya bukanlah apa-apa.

Saya menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, namun saya berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan mahasiswa maupun siapa saja yang membutuhkannya dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Lingkungan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, November 2016



Penyusun

MOTTO

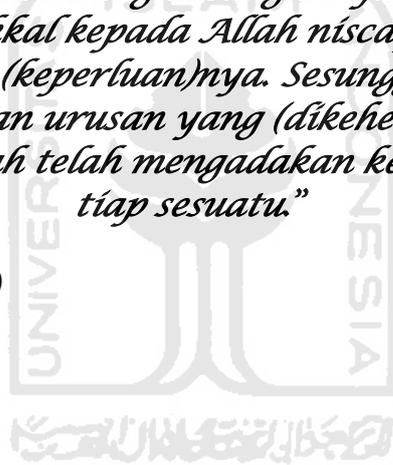
وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا (2)

وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ فَهُوَ حَسْبُهُ إِنَّ اللَّهَ

بَالِغُ أَمْرِهِ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا (3)

“Barang siapa bertakwa kepada Allah niscaya Dia akan mengadakan baginya jalan keluar. Dan memberinya rezki dari arah yang tiada disangka-sangkanya. Dan barangsiapa yang bertawakkal kepada Allah niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan yang (dikehendaki)-Nya. Sesungguhnya Allah telah mengadakan ketentuan bagi tiap-tiap sesuatu.”

(QS. Ath Tholaq: 2-3)



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, November 2016

Yang membuat pernyataan,

Dwi Sephtiani

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillah atas segala limpahan rahmat, rizki dan nikmat yang diberikan oleh Allah SWT sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Adsorben Penyerap Logam Chromium (Cr)”. Laporan ini kami ajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan.

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan, motivasi, bantuan, bimbingan, do'a dan arahan serta adanya kerjasama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada :

- 1) Kedua orang tua saya, yaitu Bapak Nursalim dan Ibu Indarti, serta kepada Kakak- kakak saya, yaitu Lina Yunita dan Ahmad Naqieb Alinaksi atas do'a, semangat, motivasi, dan segala yang saya butuhkan.
- 2) Bapak Hudori, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- 3) Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingannya serta koreksi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
- 4) Bapak Dr.ing Widodo Brontowiyono sebagai dosen wali yang membantu dalam pengarahan perkuliahan.

- 5) Seluruh dosen Jurusan Teknik Lingkungan, yang telah mengamalkan ilmu yang dimiliki kepada mahasiswa.
- 6) Pak Tasyono, Mas Iwan, Mbak Dyah, Mbak Nuri, dan seluruh laboran laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII yang banyak membantu dalam pengerjaan serta arahan yang diberikan dalam melakukan pengujian ini.
- 7) Partner Tugas Akhir, yaitu Aszahra Aida Khan, atas dukungannya dan bantuannya. Serta teman-teman terdekat yaitu Woro, Indah, Rinni, Fio, dan Maya atas dukungan dan bantuannya. Terimakasih atas kenangan yang diberikan selama 4 tahun yang tak terlupakan ini. Semoga kita masih menjalin silaturahmi sampai kapanpun.
- 8) Seluruh #TeamAdsorben yang sudah seperti keluarga di Lab Kualitas Lingkungan FTSP UII, atas bantuan dan dukungan yang diberikan.
- 9) Teman-teman KKN Unit BT-41 dan BT-42, yaitu Tari, Isal, Angga, mas Putra, Arob, Woro, Iin, bang Kiki, bang Iik, bang Ari dan Kiki, Nico, Hafiz atas do'a dan dukungannya selama ini. Terimakasih atas kenangan yang tak terlupakan satu bulan di tahun 2016.
- 10) Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan (khususnya angkatan 2012) yang telah memberikan lingkungan yang positif dalam berbagi ilmu selama perkuliahan, dukungan, doa, serta motivasi yang diberikan. Terimakasih cerita 4 tahun yang tak terlupakan. Aku sangat beruntung dipertemukan Allah dengan kalian semua. See you on top ya, guys!
- 11) Seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Terimakasih atas bantuan, do'a, dan dukungan yang diberikan. Tanpa kalian semua saya bukanlah apa-apa.

Saya menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, namun saya berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan mahasiswa maupun siapa saja yang membutuhkannya dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Lingkungan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, November 2016



Penyusun

MOTTO

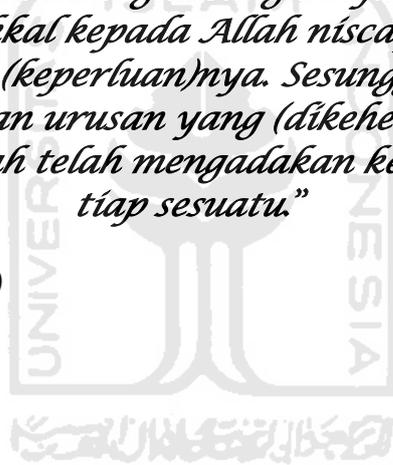
وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا (2)

وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ فَهُوَ حَسْبُهُ إِنَّ اللَّهَ

بَالِغُ أَمْرِهِ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا (3)

“Barang siapa bertakwa kepada Allah niscaya Dia akan mengadakan baginya jalan keluar. Dan memberinya rezki dari arah yang tiada disangka-sangkanya. Dan barangsiapa yang bertawakkal kepada Allah niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan yang (dikehendaki)-Nya. Sesungguhnya Allah telah mengadakan ketentuan bagi tiap-tiap sesuatu.”

(QS. Ath Tholaq: 2-3)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGANTAR	v
MOTTO	xiv
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR LAMPIRAN	5
ABSTRAK	xiv
ABSTACK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Adsorpsi	5
2.1.1 Pengertian Adsorpsi	5
2.1.2 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi	7
2.1.3 Isotermal Adsorpsi	8
2.1.4 Adsorben	11
2.2 Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	12
2.3 Unsur Logam Chromium (Cr).....	14
2.4 Aktivasi Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>).....	16
2.5 Enkapsulasi Agar	16
2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Diagram Alir Penelitian	18
3.2 Metode Pengumpulan Data dan Pengolahan Data	19
3.3 Lokasi Penelitian.....	19
3.4 Variable.....	19
3.5 Alat dan Bahan.....	19

3.6	Penelitian.....	20
3.6.1	Preparasi Adsorben	20
3.6.2	Enkapsulasi Agar	21
3.6.3	Proses Adsorpsi.....	22
3.7	Metode Pengukuran dan Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		26
4.1	Umum	26
4.2	Pembuatan Adsorben Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>)	26
4.3	Adsorben Tanpa Aktivasi.....	28
4.4	Aktivasi Adsorben	28
4.5	Karakterisasi Adsorben Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>).....	29
4.5.1	Identifikasi Gugus Fungsi	29
4.5.2	Identifikasi Morfologi Permukaan Adsorben.....	32
4.6	Pengujian Adsorpsi Logam Chromium (Cr) dengan Metode <i>Batch</i>	32
4.6.1	Variasi Suhu Adsorben Optimum	32
4.6.2	Variasi Massa Adsorben Optimum	32
4.6.3	Variasi Derajat Keasaman (pH) Adsorben Optimum	38
4.6.4	Variasi Waktu Kontak.....	38
4.6.5	Variasi Konsentrasi	40
4.7	Isotherm Adsorpsi	41
4.7.1	Isotherm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi	42
4.7.2	Isotherm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada Cangkang Kerang Darah Teraktivasi Suhu 500°C	44
4.7.3	Mekanisme Isotherm Adsorpsi Serbuk Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>)	46
4.8	Pengujian Adsorpsi Logam Chromium (Cr) dengan Enkapsulasi	47
4.8.1	Pengujian Adsorpsi Variasi Waktu Kontak dengan Enkapsulasi.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....		xv

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia.....	7
Tabel 4. 1 Hasil Uji Daya Serap Adsorben Variasi Suhu	34
Tabel 4. 2 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) Dengan Variasi Massa	36
Tabel 4. 3 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (<i>Anadara Granosa</i>) Dengan Variasi Derajat Keasaman (pH).....	37
Tabel 4. 4 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (<i>Anadara Granosa</i>) Dengan Variasi Waktu Kontak	39
Tabel 4. 5 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) Dengan Variasi Konsentrasi.....	40
Tabel 4. 6 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isoterm Langmuir Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi.....	42
Tabel 4. 7 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isoterm Freundlich Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi.....	42
Tabel 4. 8 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isoterm Langmuir Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi suhu 500°C.....	44
Tabel 4. 9 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isoterm Freundlich Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi suhu 500°C.....	44
Tabel 4. 10 Data Kapasitas Penyerapan maksimum Adsorben Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) Menggunakan Model isotherm Langmuir dan Freundlich	47
Tabel 4. 11 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) Dengan Variasi Waktu Kontak Dengan Enkapsulasi	48
Tabel 4. 12 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) Dengan Variasi Konsentrasi Dengan Enkapsulasi.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>).....	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3. 2 Diagram Persiapan Media Cangkang.....	18
Gambar 3. 3 Enkapsulasi Bubuk Cangkang Kerang menggunakan Agar.....	18
Gambar 4. 1 Serbuk Adsorben Cangkang kerang Darah 150 mesh.....	28
Gambar 4. 2 Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi.....	28
Gambar 4.3 (a) Serbuk adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi 500°C kali	28
Gambar 4. 4 Hasil FTIR Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Tanpa Aktivasi.....	29
Gambar 4. 5 Hasil FTIR Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Teraktivasi Suhu 500°C.....	30
Gambar 4. 6 (a) Morfologi Permukaan Adsorben Tanpa Aktivasi Dengan Perbesaran 5000 kali.....	32
Gambar 4. 7 EDS Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi (<i>Anadara Granosa</i>)	32
Gambar 4. 8 EDS Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi 500°C (<i>Anadara Granosa</i>)	32
Gambar 4. 9 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi suhu adsorben cangkang kerang darah.	32
Gambar 4. 10 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi massa adsorben cangkang kerang darah.	32
Gambar 4. 11 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi pH adsorben cangkang kerang darah.	38
Gambar 4. 12 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi waktu kontak adsorben cangkang kerang darah.	40
Gambar 4. 13 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi konsentrasi adsorben cangkang kerang darah.	41
Gambar 4. 14 Kurva Kalibrasi Isotherm Langmuir Adsorben Tanpa Aktivasi	43
Gambar 4. 15 Kurva Kalibrasi Isotherm Freundlich dsorben Tanpa Aktivasi.....	43
Gambar 4. 16 Kurva Kalibrasi Isotherm Langmuir Adsorpsi Teraktivasi Suhu 500°C	45
Gambar 4. 17 Kurva Kalibrasi Isotherm Freundlich Adsorpsi Teraktivasi Suhu 500°C.....	45
Gambar 4. 18 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi waktu kontak adsorben cangkang kerang darah dengan enkapsulasi.	49

Gambar 4. 19 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi konsentrasi adsorben cangkang kerang darah dengan enkapsulasi..... 50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Langkah Kerja Penelitian Adsorpsi Logam Chromium

Lampiran II Perhitungan

Lampiran III Uji Adsorben Cangkang Kerang Darah Pada Larutan Chromium



ABSTRAK

*Kontaminasi Logam Chromium dalam air terutama air limbah yang berasal dari proses industri memiliki potensi yang sangat membahayakan bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektifitas adsorben cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang berperan dalam proses adsorpsi logam Cr untuk pengolahan air dan air limbah. Adsorben cangkang kerang darah dibagi menjadi 3 perlakuan yaitu tanpa aktivasi (adsorben murni), dan adsorben yang teraktivasi pada suhu 500°C dan 800°C. Adsorben dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi, serta SEM untuk mengetahui bentuk morfologi dari adsorben. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode batch dengan variasi meliputi variasi massa adsorben, variasi pH, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi logam Cr. Pada penelitian ini adsorben cangkang kerang darah memiliki kapasitas penyerapan sebesar 37,88 mg/g pada konsentrasi 10 mg/l dengan pH larutan 4 pada massa adsorben tanpa aktivasi 100 mg dan kapasitas penyerapan sebesar 23,76 mg/g dengan massa adsorben 100 mg teraktivasi 500°C, konsentrasi larutan 10 mg/l dan pH larutan 4. Pada tahap enkapsulasi dengan adsorben tanpa aktivasi, kapasitas penyerapan sebesar 16,18 mg/g. Model Isotherm yang cocok untuk pengujian ini yaitu Model isotherm langmuir.*

Kata Kunci: *Adsorpsi, Cangkang Kerang Darah, Chromium, Metode Batch*

ABSTRACT

*Chromium metal contamination in water, especially waste water from industrial processes have the potential hazard to the environment. This research aim to examine the effectiveness of adsorbent blood shells (*Anadara granosa*) in the process of adsorption of metal Cr for water treatment and waste water. Adsorbent blood shells is divided into 3 steps treatment without activation (pure adsorbent), and adsoben activated at a temperature of 500°C and 800°C. Adsorbent is characterized using FTIR to know functional groups and SEM to find out the shape of the morphology of the adsorbent. The research was carried out using batch method with variations include variations in the mass of the adsorbent, pH variations, variations in the time of contact, and variations of the concentration of metal Cr. Blood shell adsorbent for 10mg/l of Cr, reoptimum condition were 100mg for adsorbent mass, at pH 4 and 2 hours for shaking time. The adsorbent capacity for in activated adsorbent and activated by heating at 500°C were 37,88 mg/g and 23, 76 mg/g, respectially the maximum adsorption capacity of enfapsulated adsorbent on agar was 16,18 mg/g. The adsorbent was fit to langmuir isotherm model.*

Key Words: *Adsorption, Blood Shells Powder, Chromium, Batch Method*





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Gede, merupakan kota yang terkenal akan keberadaan industri perak di dalamnya. Pada kegiatan industri perak air limbah yang dihasilkan terdapat unsur-unsur logam berat seperti *Chromium* (Cr) yang sulit didegradasi, serta bersifat racun yang sulit untuk dilakukan penanganan terhadap limbah yang dihasilkan (Anugrah dan Iriany, 2015). Apabila unsur-unsur logam berat ini masuk ke dalam badan air dapat merusak kualitas air serta mengganggu kehidupan biota air. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi unsur logam berat tersebut, salah satunya dengan cara adsorpsi. Prinsip kerja adsorpsi itu sendiri dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan adsorben akibat interaksi kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Pada dasarnya banyak media yang dapat dijadikan media adsorpsi dengan memperhatikan karakteristik dari media tersebut antara lain mempunyai luas permukaan yang besar, memiliki pori (makro pori maupun mikro pori), selektif dalam menjerap adsorbat dan dapat diregenerasi. Dalam mengurangi unsur logam ini penulis memanfaatkan Cangkang Kerang Darah (*Anadar granosa*) yang merupakan metode adsorpsi yang menarik, dimana biasanya Cangkang Kerang Darah (*Aanadar granosa*) merupakan bahan sisa produksi makanan yang cukup banyak di lingkungan. Menurut Kasi Produksi dan Pengendalian Budidaya Ikan Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Provinsi Kepulauan Babel, Winarso, saat ini pembudidayaan kerang darah hanya ada di Bangka Barat dengan produksi mencapai 445,13 ton per tahun.

Cangkang kerang darah penulis memanfaatkan sebagai media adsorpsi dengan alasan pada kerang darah kaya akan senyawa kitin. Senyawa kitin yang banyak dikembangkan adalah kitosan. Kitosan merupakan suatu amina

polisakarida hasil destilasi kitin. Selain kitin cangkang kerang darah juga memiliki kalsium karbonat (CaCO_3) yang secara fisik mempunyai pori-pori yang luas memungkinkan memiliki kemampuan mengadsorpsi atau menyerap zat-zat lain ke dalam pori-pori permukaanya (Wiyarsi dan Erfan, 2012). Kalsium yang dapat menyerap diharapkan dapat mengurangi unsur logam yang terdapat di dalam air, sehingga saat di buang ke badan air tidak mencemari lingkungan.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Afranita, dkk. (2012) mengenai pemanfaatan cangkang kerang darah, sebagai adsorben untuk menyerap ion timah putih memberikan hasil yang cukup baik, yaitu diperoleh daya serap sebesar 52,1% dengan konsentrasi optimal diperoleh pada konsentrasi 30 mg/l dengan waktu kontak selama 24 jam. Penelitian ini menjadi pengembangan dari penelitian sebelumnya, dimana cangkang kerang darah akan di haluskan kemudian di aktivasi dengan proses fisik, yaitu di panaskan pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ dan $800\text{ }^\circ\text{C}$, hal ini dikarenakan adanya proses karbonasi. Proses Karbonisasi adalah proses yang bersifat reversibel dimana proses ini merupakan pengabuan zat. Proses karbonasi dilakukan diantara suhu $400 - 900\text{ }^\circ\text{C}$ serta adanya proses kalsinasi yaitu proses untuk memperbesar ukuran dan distribusi pori dan suhu proses dilaksanakan pada $800 - 1200\text{ }^\circ\text{C}$. Cangkang yang telah teraktivasi kemudian di bandingkan karakteristiknya dengan cangkang yang tidak teraktivasi (*pure adsorben*) dengan tujuan untuk mengetahui ke efektivitas dari kedua adsorben tersebut. Pada penelitian ini logam berat yang diserap yaitu larutan *Chromium* (Cr) sintetis dalam air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang akan dikaji, yaitu:

1. Apakah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang belum teraktivasi dan yang telah teraktivasi secara fisik melalui pemanasan pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ dan $800\text{ }^\circ\text{C}$ mampu mengurangi kadar konsentrasi logam *Chromium* (Cr)?

2. Berapa massa, pH, waktu kontak serta berapa konsentrasi optimal yang diperlukan dari bubuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) yang belum teraktivasi dan yang telah teraktivasi pada suhu 500°C dan 800°C untuk proses adsorpsi logam *Chromium* (Cr)?
3. Bagaimana kemampuan daya serap dari bubuk cangkang kerang darah yang tidak di enkapsulasi dengan bubuk cangkang kerang darah yang di enkapsulasi dengan agar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah

1. Untuk menganalisis kemampuan cangkang kerang darah yang belum teraktivasi dan yang telah teraktivasi secara fisik melalui pemanasan pada suhu 500 °C dan 800 °C dalam mengurangi kadar konsentrasi logam *Chromium* (Cr).
2. Untuk mengetahui massa, pH, waktu dan berapa konsentrasi optimal yang diperlukan dari bubuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang belum teraktivasi dan yang telah teraktivasi pada suhu 500°C dan 800°C untuk proses adsorpsi logam *Chromium* (Cr).
3. Untuk mengkaji perbedaan efektifitas dari bubuk cangkang kerang darah yang belum teraktivasi dengan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang telah teraktivasi secara fisik melalui pemanasan pada suhu 500 °C dan 800 °C.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagian kerang darah (*Anadara Granosa*) yang digunakan untuk membuat bahan adsorben adalah cangkang.
2. Proses aktivasi yang digunakan yaitu proses fisik melalui pemanasan pada suhu 500 °C dan 800 °C menggunakan *Furnace*.
3. Parameter yang diuji adalah parameter kualitas air terhadap logam berat yaitu *Chromium* Cr

4. Variasi penelitian meliputi dosis adsorben (massa), pH, waktu kontak, dan konsentrasi (C) larutan *Chromium* (Cr).
5. Untuk memodelkan proses adsorpsi, isotherm yang digunakan adalah *Langmuir* dan *Freundlich*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, penulis berharap hasil dari penelitian bermanfaat dan dapat langsung diaplikasikan, sehingga pencemaran badan air dan air tanah oleh logam berat dapat dikurangi sekaligus sebagai optimalisasi pemanfaatan limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

2.1.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi (penyerapan) merupakan suatu proses pemisahan dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben) (Tinsley, 1979). Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terjerap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap (Weber, 1972).

Prinsip kerja adsorpsi itu sendiri dapat digambarkan sebagai proses di mana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan adsorben akibat interaksi kimia dan fisika (Reynolds, 1982). Partikel pengotor akan dihilangkan dari larutan dengan cara diambil oleh adsorben saat proses adsorpsi. Kebanyakan, adsorbat diserap ke dalam pori-pori yang dimiliki adsorben dan hanya sedikit adsorbat yang diadsorpsi di luar permukaan adsorben. Proses adsorpsi akan terus terjadi sampai tercapai kesetimbangan antara molekul adsorbat di larutan dan molekul adsorbat yang sudah menempel di pori-pori adsorban (Benefield, 1982).

Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Energi potensial permukaan dari molekul turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan. Molekul teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan biasanya terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka (Alberty dan Daniels, 1983). Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis di antaranya:

1. Adsorpsi Pertukaran

Adsorpsi pertukaran adalah adsorpsi yang diperankan oleh tarikan listrik antara adsorbat dan permukaan adsorben. Ion dari suatu substansi banyak berperan dalam adsorpsi ini. Ion akan terkonsentrasi di permukaan adsorben sebagai hasil tarikan elektrostatis ke tempat yang bermuatan berlawanan di permukaan. Pada umumnya, ion dengan muatan yang lebih besar, akan tertarik lebih kuat menuju tempat yang bermuatan berlawanan daripada molekul-molekul yang bermuatan lebih kecil. Ion yang berukuran lebih kecil juga mempunyai tarikan yang lebih besar dari pada ion yang berukuran besar. (Masduki.A dan Slamet. A, 2000).

2. Adsorpsi Fisik

Adsorpsi Fisika terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (*intermolekuler*) lebih kecil dari pada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat *reversibel*. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori. (Shofa, 2012).

3. Adsorpsi Kimia

Dalam adsorpsi kimia, proses adsorpsi terjadi dengan adanya pembentukan ikatan kimia dengan sifat yang spesifik karena tergantung pada jenis adsorben dan adsorbatnya. Adsorpsi kimia bersifat *ireversibel*, berlangsung pada temperatur tinggi, dan tergantung pada energi aktivasi. (Alberty dan Daniels, 1983)

Tabel 2. 1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia

No	Adsorpsi Fisik	Adsorpsi Kimia
1	Molekul terikat pada adsorben oleh gaya Van der Waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
2	Mempunyai entalpi -4 sampai -40Kj/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai 800Kj/mol
3	Dapat membentuk lapisan multilayer	Membentuk lapisan monolayer
4	Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
5	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
6	Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
7	Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat Spesifik

Sumber: Atkin, 1999

2.1.2 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut: (Panggabean.C, 2012)

1. Pengadukan

Tingkat adsorpsi dikontrol baik oleh difusi film maupun difusi pori, tergantung pada tingkat pengadukan pada sistem.

2. Karakteristik Adsorban (Karbon Aktif)

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik penting sebagai adsorben. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi, tingkat adsorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan karbon PAC (*Powdered Activated Carbon*) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon GAC (*Granular Activated Carbon*). Kapasitas total adsorpsi karbon tergantung pada luas permukaannya.

3. Kelarutan Adsorbat

Senyawa terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit diadsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

4. Ukuran Molekul Adsorbat

Tingkat adsorpsi pada alifatik, aldehyd, atau alkohol biasanya naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik antara karbon dan molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori karbon. Sehingga tingkat adsorpsi tertinggi terjadi jika pori karbon cukup besar untuk dilewati oleh molekul.

5. pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi. Ini disebabkan karena ion hidrogen dapat menjerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempengaruhi ionisasi ion hidrogen antar larutan senyawa. Senyawa organik asam lebih diadsorpsi dalam suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih bisa diadsorpsi pada suasana pH tinggi di karenakan pada proses ini terjadi kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam terhadap situs pertukaran kation. Pada pH tinggi (konsentrasi ion H^+ semakin kecil) kompetisi antara ion H^+ dan logam makin berkurang sehingga jumlah logam teradsorpsi makin besar dibanding dengan pH rendah. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

2. Temperatur

Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan penurunan temperatur.

2.1.3 Isotermal Adsorpsi

Isotermal adsorpsi merupakan bentuk pemodelan dalam proses adsorpsi. Model adalah tiruan dari suatu kondisi nyata yang menekankan pada aspek-aspek yang dianggap penting dan mengabaikan aspek-aspek lainnya (Masduki

dan Slamet, 2000). Isotermal adsorpsi sendiri adalah hubungan antara banyaknya komponen yang dijerap (banyak adsorbat yang diadsorp) oleh adsorban dengan konsentrasi pada suhu konstan. Isotermal adsorpsi yang umum digunakan adalah *isotermal Langmuir*, *isotermal Freundlich*.

1. Isotermal Langmuir

Isotermal langmuir dibuat oleh Langmuir pada tahun 1918, dan didasarkan pada asumsi bahwa nilai valensi (jumlah ion H⁺ dan ion OH⁻) yang ada di permukaan adsorben dan masing-masing *site* (tempat terjadinya adsorpsi di permukaan adsorben) memiliki kemampuan untuk menjerap satu molekul dengan demikian akan ada satu lapisan (Benefield, 1982). Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben (Mulyana dkk, 2003).

Pendekatan Langmuir meliputi lima asumsi mutlak, yaitu:

1. Seluruh permukaan adsorban memiliki aktivitas adsorpsi yang sama atau seragam.
2. Tidak terjadi interaksi antara molekul-molekul adsorbat.
3. Mekanisme adsorpsi yang terjadi seluruhnya sama.
4. Hanya terbentuk satu lapisan adsorbat yang sempurna di permukaan adsorban
5. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul sama.

$$\frac{X_m}{m} = a.C \dots\dots\dots (2.1)$$

$$1 + b.C \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\frac{m.C}{X_m} = \frac{1}{a} + \left(\frac{b}{a}\right).C \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

X_m = berat zat yang diadsorpsi

m = berat adsorben

C = konsentrasi zat

b = konstanta langmuir

a = jumlah molekul adsorbat yang dapat diserap per- m^2 zat penyerap yang membentuk sebuah lapisan tunggal (mol.m^{-2})

Dengan membuat kurva $m.c / X_m$ terhadap C akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , sehingga nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorpsi.

2. Isotermal Freundlich

Model ini dibuat oleh Freundlich pada tahun 1926 dengan berdasarkan asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda. Pendekatan isoterm adsorpsi yang cukup memuaskan dijelaskan oleh H. Freundlich. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut (Mulyana dkk, 2003)

$$\frac{X_m}{m} = k.C^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Log}\left(\frac{X_m}{m}\right) = \text{Log}k + \frac{1}{n}.\text{Log}C \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

X_m = berat zat yang diadsorpsi

M = berat adsorben

C = konsentrasi zat

K & n = Konstanta adsorpsi

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva $\log (X_m / m)$ terhadap $\log C$ akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $\log k$ dan kemiringan $1/n$, sehingga nilai k dan n dapat dihitung.

2.1.4 Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Saragih, 2008). Sebagian besar adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan pori dalam menjadi lebih besar dari pada permukaan pori luar dan luasnya bisa mencapai 2000 m²/g. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat dari pada molekul lainnya. Adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan non polar (Saragih, 2008)

a. Adsorben Polar

Adsorben polar disebut juga hydrophilic. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah silika gel, alumina aktif, dan zeolit.

b. Adsorben Non Polar

Adsorben non polar disebut juga hydrophobic. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini memiliki beberapa klasifikasi pori yaitu :

- a. Mikropori : diameter $< 2\text{nm}$
- b. Mesopori : diameter $2 - 50\text{ nm}$
- c. Makropori : diameter $> 50\text{ nm}$

2.2 Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan jenis kerang yang populer di Indonesia. Kelimpahan kerang darah (*Anadara granosa*) di Indonesia Menurut Kasi Produksi dan Pengendalian Budidaya Ikan Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Provinsi Kepulauan Babel, Winarso, Saat ini pembudidayaan kerang darah hanya ada di Bangka Barat dengan produksi mencapai 445,13 ton per tahun. Ciri-ciri dari kerang darah adalah mempunyai dua keping cangkang yang tebal, ellips, dan kedua sisi sama. Cangkang berwarna putih ditutupi periostrakum yang berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman. Ukuran kerang dewasa 6-9 cm (Latifah, 2011). Kerang darah mempunyai dua buah cangkang yang dapat membuka dan menutup dengan menggunakan otot aduktor dalam tubuhnya. Kerang darah memiliki beberapa kegunaan, salah satunya adalah diolah sebagai makanan, sehingga cangkang kerang darah yang merupakan bahan sisa produksi makanan dapat menimbulkan limbah yang cukup banyak. Pemanfaatan cangkang kerang darah masih sedikit seperti bahan baku souvenir dan pembuatan kapur sirih. Pemanfaatan kerang darah saat ini masih terbatas pada konsumsi, dalam keadaan belum diolah atau diawetkan dengan penggaraman dan penyaringan. Pengawetan tersebut bertujuan untuk menghambat dan mencegah terjadinya kerusakan atau mempertahankan mutu, menghindari terjadinya keracunan, dan mempermudah penanganan serta penyimpanan. Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan jenis kerang yang paling populer di Indonesia. Kerang darah biasa hidup di ekosistem estuaria atau mangrove yang cenderung payau pada kondisi salinitas 5-30% tetapi tidak terdapat di air tawar maupun air laut.

Kerang darah banyak ditemukan di substrat lumpur, hal ini diperkirakan karena kerang darah bersifat infauna, yaitu hidup dengan cara membenamkan diri di bawah permukaan lumpur di perairan dangkal dan umumnya ditemukan di pantai pada substrat lumpur berpasir pada kedalaman 10-30 m. Spesies ini menyebar di kawasan Indo-Pasifik dari Afrika sampai Australia, Polynesia dan Jepang. Kerang darah hidup terutama di zona intertidal laut sampai kedalaman air dua meter, menyelam ke dalam pasir atau lumpur. (Setiabudiningsih, 2004).

Klasifikasi dari kerang darah (*Anadara granosa*) adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Mollusca</i>
Kelas	: <i>Pelecypoda/Lameelibranchiata/Bivalvia</i>
Subkelas	: <i>Lamellibranchia (Polysyringia)</i>
Bangsa	: <i>Taxodonta</i>
Suku	: <i>Arcidae</i>
Marga	: <i>Anadara</i>
Jenis	: <i>Anadara granosa</i> (Setiabudiningsih, 2004)

Menurut penelitian yang dilakukan No, dkk (2003), menyatakan bahwa senyawa kimia yang terkandung dalam cangkang kerang adalah kitin, kalsium karbonat, kalsium hidrosiapatit dan kalsium posfat. Sebagian besar cangkang kerang mengandung kitin, yang merupakan suatu polisakarida alami yang memiliki banyak kegunaan, seperti bahan pengkelat, pengemulsi dan adsorben. Salah satu senyawa kitin yang banyak dikembangkan adalah kitosan. Kitosan adalah suatu amina polisakarida hasil destilasi kitin. Adanya sifat-sifat kitin dan derivatnya yang dihubungkan dengan adanya gugus amino dan hidroksil yang terikat, menyebabkan kitin dan kitosan serta turunannya mempunyai reaktifitas kimia yang tinggi dan menyebabkan sifat polielektrolit kation sehingga dapat berperan sebagai penukar ion (*ion exchanger*) dan dapat berperan sebagai adsorben terhadap logam berat (Rinaudo dan Domard, 1989).

Menurut penelitian Maryam, (2006) Pada cangkang kerang terdapat kandungan CaCO_3 sebesar 95 – 99% berat. Sehingga sangat baik untuk dijadikan sebagai bahan baku adsorben, Sedangkan abu cangkang kerang terdiri atas senyawa yaitu 7,88% SiO_2 , 1,25% Al_2O_3 , 0,03% Fe_2O_3 , 66,70% CaO , dan 22,28% MgO Selain itu, berdasarkan komposisi kimia tersebut kandungan CaO pada abu cangkang cukup tinggi sehingga abu cangkang berpotensi sebagai adsorben. Kalsium oksida merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan untuk *dehydrator*, pengering gas dan pengikat CO_2 pada cerobong asap. Kalsium oksida merupakan senyawa turunan dari senyawa kalsium karbonat. Senyawa ini mampu mengikat air pada etanol karena bersifat sebagai dehydrator sehingga cocok digunakan sebagai adsorben (Retno, 2012)

2.3 Unsur Logam Chromium (Cr)

Logam kromium dengan berat atom 51,996 g/mol, berwarna abu-abu, tahan terhadap oksidasi meskipun pada suhu tinggi, mengkilat, keras, memiliki titik cair 1910°C dan titik didih 2672°C (Widowati, dkk. 2008). Menurut Keputusan Gubernur DIY, tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Industri di propinsi DIY, tahun 1998, nilai kadar maksimum dalam air adalah 0,5 mg/L. Logam krom memiliki bilangan oksidasi +2, +3, dan +6, tetapi di alam lebih

banyak dijumpai dalam bentuk Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Cr^{6+} bersifat lebih toksik dibandingkan Cr^{3+} dan juga penanganannya lebih sukar (Dermatas dan Meng, 2004). Kestabilan kromium akan mempengaruhi toksisitasnya terhadap manusia secara berurutan, mulai dari tingkat toksisitas terendah yaitu $\text{Cr}(0)$, $\text{Cr}(\text{III})$ dan $\text{Cr}(\text{VI})$. Kromium trivalen bersifat kurang toksik dibanding kromium heksavalen, selain itu tidak bersifat iritatif dan tidak korosif. Paparan logam kromium pada manusia dapat menyebabkan gangguan pada alat pernafasan, hati, ginjal, sistem pencernaan dan sistem imunitas.

Logam berat adalah suatu istilah yang digunakan untuk sekelompok logam dan metaloid dengan densitas atom lebih dari $5\text{g}/\text{cm}^3$, sebagian besar bersifat toksik, tidak dapat didegradasi (Chen, 2004), sehingga selalu ada di lingkungan dalam keadaan persisten (Laxman dan More, 2002). Salah satu logam berat yang berbahaya adalah kromium (Cr) (Velasques dan Dussan, 2009), walaupun Cr dalam konsentrasi yang rendah (Nriagu dan Neiboer, 1998).

Logam krom merupakan salah satu senyawa yang dipergunakan secara luas dalam pengolahan limbah untuk logam berat dan cenderung membuang limbahnya ke lingkungan dan menimbulkan pencemaran (Dermatas dan Meng, 2004). Logam berat merupakan komponen alami yang terdapat di kulit bumi yang tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dan merupakan zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi. Bioakumulasi adalah peningkatan konsentrasi zat kimia dalam tubuh makhluk hidup dalam waktu yang cukup lama, dibandingkan dengan konsentrasi zat kimia yang terdapat di alam (Panggabean, 2008).

Chromium adalah salah satu kontaminan utama dalam limbah cair zat warna dan industri pigmen, industri film dan fotografi, proses galvanometri, pembersihan logam, pelapisan dan elektroplating, industri kulit dan pertambangan. Meskipun kromium heksavalen, Cr^{6+} , terdapat dalam bentuk spesies CrO_4^{2-} dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dan kromium trivalen, Cr^{3+} , terdapat dalam bentuk Cr^{3+} dan CrOH^{2+} , namun spesies yang lazim terdapat dalam limbah cair industri dalam bentuk kromium heksavalen yang lebih berbahaya bagi kesehatan masyarakat karena bersifat mutagenik dan karsinogenik (Chhikara dan Dhankhar, 2008)

2.4 Aktivasi Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Aktivasi merupakan bagian dari proses pembuatan adsorben yang bertujuan untuk memperbesar ukuran dan distribusi pori serta memperluas permukaan adsorben yang dapat dilalui oleh adsorbat. Ada 2 metode yang dapat digunakan dalam mengkativasi adsorben, yaitu dengan metode aktivasi fisika (*physical / thermal activation*) dan aktivasi kimia (*chemical activation*).

(Marsh, 2006)

a. Aktivasi fisika

Aktivasi fisika, yaitu proses aktivasi yang melibatkan adanya gas pengoksidasi seperti udara pada temperatur rendah, uap, CO₂, atau aliran gas pada temperatur tinggi. Proses aktivasi fisika melibatkan gas pengoksidasi seperti pembakaran menggunakan suhu yang rendah dan uap CO₂ atau pengaliran gas pada suhu yang tinggi.

1. Pada suhu 100–120°C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270°C.
2. Pada suhu 270-310°C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian gas yang terdiri dari CO dan CO₂
3. Pada suhu 310-500°C terjadi penurunan zat-zat organik serta penurunan gas CO₂ sedangkan gas CO, CH₄ dan H₂ meningkat.
4. Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian kadar karbon yang relatif konstan.

b. Aktivasi kimia

Bahan dasar adsorben direndam terlebih dahulu pada activating agent berupa bahan kimia tertentu yang bersifat asam. Proses dilanjutkan dengan proses karbonisasi, dan kemudian hasil proses karbonisasi tersebut didinginkan lalu dicuci dengan tujuan menghilangkan atau membuang activating agent yang sebelumnya telah bercampur pada bahan dasar.

2.5 Enkapsulasi Agar

Dalam penggunaannya, adsorben jenis serbuk akan menyebar dalam air sehingga membutuhkan metode lain dalam proses pemisahannya. Alternatif untuk meminimalisir dampak dari penggunaan adsorben serbuk adalah dengan menerapkan metode enkapsulasi pada pembuatan adsorben. Enkapsulasi bertujuan

untuk meningkatkan gugus aktif, kualitas sifat fisik maupun sifat kimia dari adsorben untuk proses adsorpsi serta dengan dilakukannya enkapsulasi pada adsorben bertujuan untuk memudahkan dalam memisahkan antara adsorben yang terenkapsulasi dengan air, setelah dilakukannya proses adsorpsi. (Ronaldo dkk, 2013). Kelebihan lain dari metode enkapsulasi pada pembuatan adsorben yakni dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi.

Enkapsulasi merupakan teknik penyalutan suatu bahan sehingga bahan yang di salut dapat dilindungi dari pengaruh lingkungan. Bahan penyalut disebut enkapsulan sedangkan yang disalut atau dilindungi disebut core. (Triana dkk, 2006). Agar merupakan ekstrak polisakarida pada agarophyte dan termasuk kelompok Rhodophyte yang memiliki keteraturan ikatan disakarida yang didasari dari substitusi gugus karboksil dengan hemiesters sulfat dan metil eter (Usov, 1998). Gugus karboksil yang terdapat pada agar ini yang kemudian berperan pada proses adsorpsi dalam mengadsorpsi logam Cr dalam air. Agar merupakan salah satu polimer alam yang murah dan bersifat biodegradable, dan nontoksik, sehingga sering digunakan (Dartiwati, 2011) dan tidak merusak bahan yang disalutnya (Wukirsari, 2006).

2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Dalam AAS, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang dan karakteristik untuk setiap atom bebas (Basset, 1994).

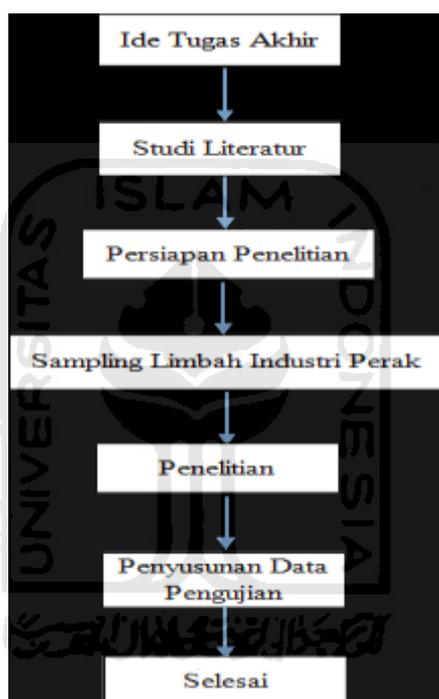


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum, diagram alir penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

Metode penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu metode pengumpulan data dan pengolahan data. Metode pengumpulan data didapat dari pengujian laboratorium yaitu dengan pengujian suhu, massa adsorben, derajat keasaman (pH), waktu kontak dan konsentrasi larutan *Chromium*. Metode pengumpulan data ini mengacu pada SNI 06-6989.17-2009. Cara uji krom total (Cr- T) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala. Sedangkan untuk metode pengolahan data di dapat dengan dilakukan penentuan model isotherm menggunakan isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, D.I.Yogyakarta.

3.4 Variable

Variabel penelitian ini meliputi variabel tetap dan variabel bebas, yaitu:

1. Variabel tetap:

- Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)
- Diaktivasi dengan proses fisik, yaitu dipanaskan pada suhu 500 °C dan 800 °C

-Larutan *Chromium* (Cr)

2. Variabel bebas :

- Dosis adsorben : 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, dan 400 mg,
- pH : 2, 3, 4, 5, dan 6
- Waktu Kontak : 15, 30, 60 , 90 dan 120 menit
- Konsentrasi : 10 mg/l, 25 mg/l, 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l

2. Alat dan Bahan

a. Alat

1. Ayakan 140 mesh
2. Beaker gelas
3. Erlenmeyer
4. Furnace
5. Karet hisap
6. Kertas saring
7. Oven
8. Orbital Shake

9. Spatula
10. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
11. Stopwatch
12. Sendok
13. Tabung Reaksi
14. Timbangan analitik
15. Pipet tetes
16. Pipet volume
17. pH Indikator

b. Bahan

1. Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*),
2. Larutan *Chromium* (Cr)
3. HNO₃
4. NaOH
5. Agar

3.6 Penelitian

3.6.1 Preparasi Adsorben

Adsorben yang digunakan menggunakan Cangkang Kerang Darah (*Anadar granosa*) yang diambil secara acak dari pasar yang ada di Pulau Bangka Belitung. Cangkang dipisahkan dari dagingnya diambil dan dicuci dengan menggunakan air bersih kemudian dikeringkan di bawah terik matahari untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam cangkang kerang. Cangkang kering dihaluskan sampai berbentuk tepung kemudian di ayak menggunakan ayakan ukuran 150 mesh dan melakukan tahap karakterisasi menggunakan SEM yang tujuannya agar mengetahui bagaimana morfologi dari adsorben secara jelas di karenakan apabila semakin kecil ukuran adsorben maka, semakin luas permukaan adsorben sehingga diharapkan logam Cr dapat terjerap lebih banyak

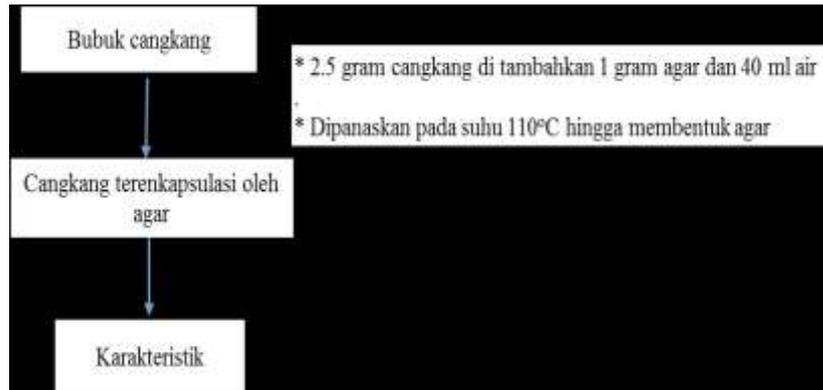
serta EDS untuk mengetahui jenis senyawa penyusun yang terdapat di dalam adsorben dan dilanjutkan dengan identifikasi gugus fungsi yang terdapat di dalam adsorben menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.2 proses persiapan media adsorben sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Persiapan Media adsoben

3.6.2 Enkapsulasi Agar

Proses enkapsulasi metode yang di gunakan yaitu menggunakan agar. Serbuk cangkang tersebut dienkapsulasi dengan menggunakan agar. Adapun cara mengenkapsulasi yaitu dengan mencampurkan 2,5 gram adsorben ditambahkan 1 gram agar dan 40 ml air kemudian dipanaskan pada suhu 110°C hingga membentuk agar. Tujuan dari dipanaskannya enkapsulasi ini agar, menghilangkan kadar air dalam adsorben, sehingga adsorben yang telah terenkapsulasi dapat bertahan lama, di khawatirkan dari sifat adsoben yang organik tersebut mudah menumbuhkan jamur dan bakteri pada adsorben, sehingga merusak fungsi dari adsorben itu sendiri. Agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.3 proses pembuatan enkapsulasi adsorben menggunakan agar sebagai beriku:



Gambar 3. 3 Enkapsulasi Bubuk Cangkang Kerang menggunakan Agar

3.6.3 Proses Adsorpsi

Pada penelitian ini, proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan sistem *batch* reaktor yang akan memberikan gambaran kemampuan dari adsorben dengan mencampurkannya dengan larutan yang tetap jumlahnya dan mengamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dan kondisi optimum dari proses adsorpsi ini, maka terdapat beberapa parameter yang dianalisis yaitu suhu, massa adsorben, pH larutan, waktu adsorpsi, dan konsentrasi adsorbat.

a. Menentukan Suhu Optimum

Pada penelitian ini, proses adsorpsi digunakan dengan menggunakan sistem *batch* reaktor. Dalam menentukan suhu optimum adsorben dengan menggunakan kondisi dimana logam *Chromium* (Cr) dalam kondisi Equilibrium dengan pH 2, dan waktu kontak 120 menit. Adapun langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan gelas erlenmeyer 100 ml sebanyak 3 buah.
2. Memasukkan larutan Cr sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 10 mg/l ke dalam masing-masing gelas erlenmeyer.
3. Memasukkan adsorben tanpa aktivasi, teraktivasi 500°C, dan teraktivasi 800°C dengan masing-masing massa 50 mg, kemudian memberikan label pada masing-masing gelas.
4. Melakukan pengadukan selama 120 menit dengan kecepatan perputaran yaitu 150 ppm.

5. Menguji larutan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom dan membuat grafik yang menyatakan efisiensi dari masing-masing dosis.
6. Dosis optimum didapatkan maka dilanjutkan pada tahap pengujian variasi massa.

b. Menentukan Massa Optimum

Pada penelitian ini, proses adsorpsi digunakan dengan menggunakan sistem *batch* reactor. Dalam menentukan dosis optimum adsorben menggunakan kondisi logam *Chromium* (Cr) dalam kondisi *Equilibrium* dengan pH 2, dan waktu kontak 120 menit. Adapun langkah pengujian sebagai berikut :

1. Gelas erlenmeyer 100 ml disiapkan sebanyak 5 buah.
2. Dimasukkan larutan Cr sebanyak 10 mg/l kedalam gelas erlenmeyer pada pH 2.
3. Ditambahkan adsorben dengan variasi massa 50 mg, 100 mg, 200 mg, dan 400 mg.
4. Lakukan pengadukan selama 120 menit dengan kecepatan 150 rpm.
5. Larutan diuji menggunakan spektrofotometri serapan atom dan membuat grafik dari variasi dosis.
6. Dosis optimum didapatkan maka dilanjutkan pada tahap pengujian variasi pH.

c. Menentukan pH Optimum

Setelah didapatkan massa adsorbent yang optimum maka data tersebut digunakan untuk menentukan pH optimum seperti pada tahap berikut ini :

1. Gelas erlenmeyer 100 ml disiapkan sebanyak 5 buah.
2. Dimasukkan larutan Cr sebanyak 10 mg/l gelas erlenmeyer.
3. Ditambahkan adsorben dengan dosis optimum dan atur pH dengan variasi 2, 3, 4, 5, dan 6

4. Pembuatan larutan pH rendah ditambahkan HNO_3 sedangkan untuk membuat larutan dengan pH tinggi digunakan larutan NaOH .
5. Lakukan Pengadukan selama 120 menit dengan kecepatan 150 rpm.
6. Uji larutan menggunakan SSA dan membuat grafik efisiensi dari variasi pH.
7. pH optimum di dapatkan, dilanjutkan pada tahap pengujian selanjutnya waktu kontak optimum.

d. Menentukan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak adalah salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi untuk mencapai kesetimbangan. Setelah massa adsorbent optimum serta pH larutan optimum, maka dilanjutkan dengan meneliti waktu kontak optimum larutan dengan adsorbent seperti langkah berikut :

1. Gelas erlenmeyer 100 ml disiapkan sebanyak 5 buah.
2. Dimasukkan larutan Cr sebanyak 10 mg/l kedalam gelas erlenmeyer.
3. Ditambahkan adsorben dengan dosis optimum dan mengatur pada pH Optimum.
4. Pengadukan dengan variasi waktu 15, 30, 60, 90 dan 120 menit dan kecepatan 150 rpm.
5. Uji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom dan membuat grafik efisiensi dari variasi waktu

Setelah waktu optimum didapatkan maka dilanjutkan pada tahap pengujian variasi konsentrasi logam Cr.

e. Menentukan Efisiensi Kemampuan Adsorpsi dengan Variasi Konsentrasi *Chromium* (Cr)

Setelah didapatkan massa, pH dan waktu optimum, maka data dari variasi tersebut digunakan untuk menentukan kemampuan cangkang dalam menyerap logam *Chromium*. Langkah kerja pengujian adalah sebagai berikut :

1. Gelas erlenmeyer 100 ml disiapkan sebanyak 7 buah.
2. Dimasukkan larutan Cr sebanyak 10 mg/l, 25 mg/l, 50 mg/l, 100

3. mg/l , 150 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l kedalam gelas erlenmeyer.
4. Adsorben dimasukkan dosis optimum dan mengatur pH Optimum.
5. Pengadukan dengan waktu kontak optimum dan kecepatan 150 rpm, kemudian beri tanda pada masing-masing gelas
6. Uji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom dan membuat grafik efisiensi dari variasi konsentrasi
7. Setelah itu membuat perhitungan menggunakan model isotherm Langmuir dan Freundlich.

f. Menentukan Waktu Kontak Optimum dengan Enkapsulasi Agar

Waktu kontak adalah salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi untuk mencapai kesetimbangan. Dilanjutkan dengan meneliti waktu kontak optimum dengan enkapsulasi agar pada larutan seperti langkah berikut :

1. Gelas erlenmeyer 100 ml disiapkan sebanyak 5 buah.
2. Dimasukkan larutan Cr sebanyak 10 mg/l kedalam gelas erlenmeyer.
3. Ditambahkan adsorben dengan dosis optimum dan mengatur pada pH Optimum.
4. Pengadukan dengan variasi waktu 1, 2, 4, 6, 12 dan 24 Jam dengan kecepatan 150 rpm.
5. Uji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom dan membuat grafik efisiensi dari variasi waktu

Setelah waktu optimum didapatkan maka dilanjutkan pada tahap pengujian variasi konsentrasi logam Cr.

g. Konsentrasi dengan Enkapsulasi Agar

Setelah didapatkan waktu optimum, maka data dari variasi tersebut digunakan untuk menentukan kemampuan cangkang kerang dalam menyerap logam Chromium (Cr). Langkah kerja pengujian adalah sebagai berikut :

1. Gelas erlenmeyer 100 ml disiapkan sebanyak 7 buah.
2. Dimasukkan larutan Cr sebanyak 10 mg/l , 25 mg/l, 50 mg/l 100 mg/l 150 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l kedalam gelas erlenmeyer. ke dalam

masing-masing gelas dan diberi tanda.

3. Ditambahkan adsorben Non Aktivasi dengan enkapsulasi agar masing-masing dengan dosis optimum dan mengatur pada pH optimum ke setiap gelas.
4. Pengadukan dengan waktu kontak optimum dan kecepatan perputaran 150 rpm, kemudian beri tanda pada masing-masing gelas.
5. Uji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom dan membuat grafik efisiensi dari masing-masing variasi konsentrasi.
6. Membuat perhitungan menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich.

h. Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben menggunakan alat *spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gugus fungsi yang akan diidentifikasi dari adsorben menggunakan *spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* (FTIR). FTIR akan menunjukkan gugus fungsi pada adsorben yang digunakan saat penelitian sedangkan untuk mengetahui morfologi dari permukaan adsorben diteliti menggunakan SEM.

3.7 Metode Pengukuran dan Analisis Data

Data hasil penelitian akan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk mengetahui konsentrasi dan efisiensi penurunan peta parameter yang digunakan sebagai acuan pengukuran logam Chromium (Cr) dengan menggunakan SSA.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada Penelitian ini, dilakukan dengan tujuan untuk memanfaatkan kembali limbah dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai media adsorben logam berat Chromium (Cr) dengan menguji kemampuan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dalam menyerap logam berat jenis Chromium (Cr) sintesis dengan menggunakan 3 jenis serbuk cangkang kerang, yaitu serbuk cangkang kerang murni (Non-Act) dan serbuk cangkang kerang teraktivasi secara fisika yaitu dengan suhu 500°C dan 800°C (Act). Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *batch*.

4.2 Pembuatan Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Langkah pertama dalam pembuatan adsorben dari cangkang kerang darah ini (*Anadara granosa*) yaitu dengan mengumpulkan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), yang kemudian dilakukan pembersihan dengan mencuci cangkang kerang menggunakan air bersih. Cangkang kerang yang sudah bersih kemudian dikeringkan di bawah terik matahari untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam cangkang kerang. Hal ini dilakukan agar pada tahapan pengayakan cangkang kerang tidak menempel dan menggumpal pada saringan. Setelah cangkang kerang benar-benar kering, lalu dilakukan penghalusan atau penggrindingan pada cangkang kerang menggunakan alat berupa Roll Mill. Setelah cangkang kerang berubah menjadi serbuk, kemudian serbuk cangkang kerang diayak menggunakan ayakan gantung yang berukuran 150 mesh untuk memperoleh luas permukaan yang lebih besar dan halus. Agar lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini serbuk adsorben cangkang kerang darah tanpa aktivasi (*pure adsorbent*) sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Serbuk Adsorben Cangkang kerang Darah 150 mesh

4.3 Adsorben Tanpa Aktivasi

Pada proses pembuatan adsorben tanpa aktivasi, yang dilakukan hanya sampai pada tahap pengayakan dengan ayakan 150 mesh. Dari proses ini lah di hasilkan adsorben murni atau adsoben tanpa aktivasi. Tujuan dilakukannya pembuatan adsorben tanpa aktivasi agar dapat melihat perbedaan terhadap perubahan gugus fungsi pada adsorben tanpa aktivasi dngan adsorben yang teraktivasi dengan suhu 500°C dan 800°C.



Gambar 4. 2 Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi

4.4 Aktivasi Adsorben

Pada tahap ini, sebagian dari serbuk adsorben yang telah diayak menggunakan ayakan ukuran 150 mesh akan diaktivasi secara fisika menggunakan furnace dengan suhu 500°C dan 800°C selama 4 jam. Hal ini dilakukan agar dapat membuka pori-pori adsorben yang tertutup oleh pengotor. Sehingga diharapkan luas permukaan adsorben akan bertambah. Maka dari itu luas permukaan adsorben berbanding lurus dengan daya serap terhadap logam berat. Selain itu, tujuan dilakukannya aktivasi adalah agar bisa mengaktifkan gugus fungsi baru untuk membantu penyerapan logam berat Chromium (Cr). Dapat dilihat pada gambar 4.3 (a) perbedaan karakteristik pada kedua adsorben tersebut bahwa Adsorben yang dihasilkan pada suhu aktivasi 500°C memiliki karakteristik berwarna abu kehitaman dan berbeda dengan warna sebelum pemanasan akibat proses karbonisasi sedangkan pada gambar 4.3(b) Adsorben yang diaktivasi pada suhu 800°C memiliki karakteristik berwarna putih mengkilap dan memiliki warna yang hampir sama dengan sebelum pemanasan, akibat proses pirolisis.



(a)

(b)

Gambar 4. 3 (a). Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi 500°C

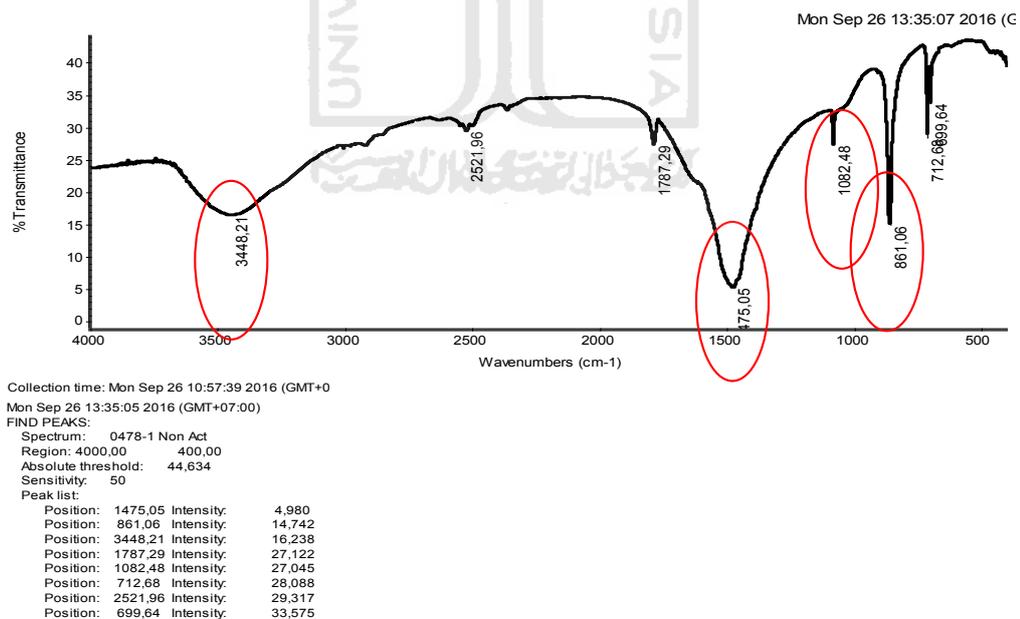
(b). Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi 800°C

4.5 Karakterisasi Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

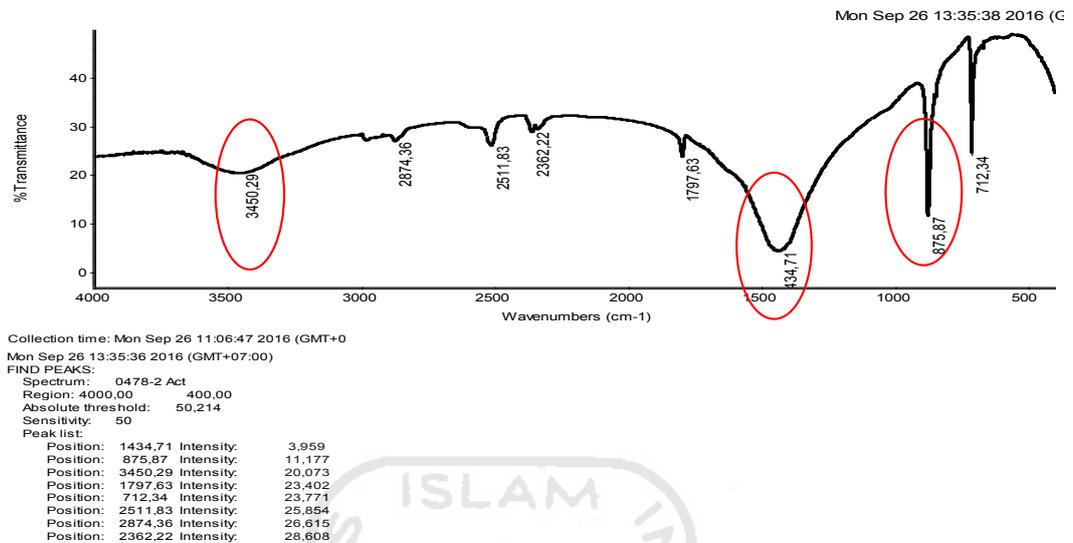
Karakterisasi pada adsorben dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakter dan sifat adsorben cangkang kerang Darah (*Anadara Granosa*) dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

4.5.1 Identifikasi Gugus Fungsi

Identifikasi gugus fungsi yang terdapat pada adsorben cangkang kerang darah dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Analisis adsorben dilakukan dengan cara melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki senyawa tersebut. Setelah diujikan, hasil FTIR pada adsorben cangkang kerang teraktivasi aktivasi 500°C dan non aktivasi dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4. 4 Hasil FTIR Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Tanpa Aktivasi



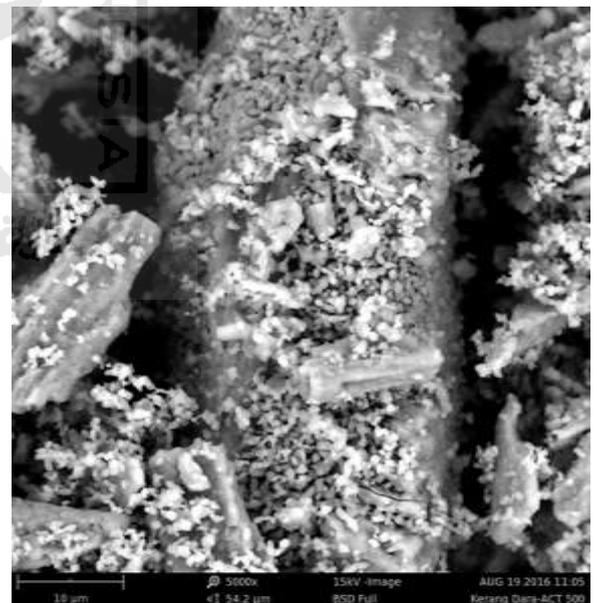
Gambar 4. 5 Hasil FTIR Serbuk Adsorben Cangkang Kerang Teraktivasi Suhu 500°C

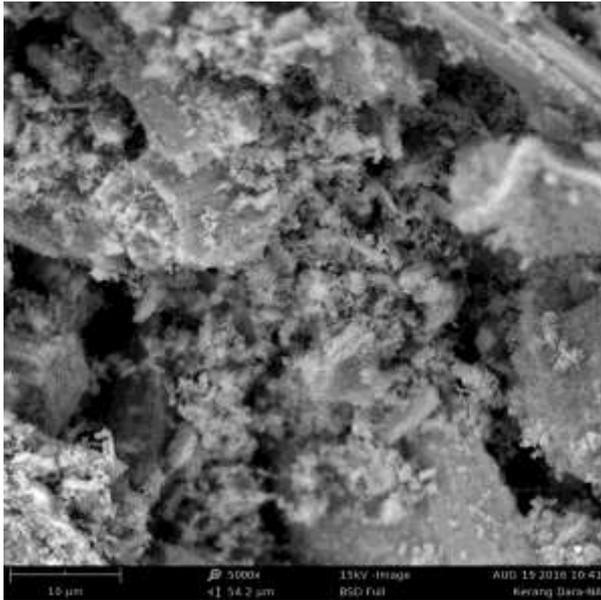
Berdasarkan data FTIR pada gambar 4.4 pada adsorben cangkang kerang tanpa diaktivasi menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3448,21 cm^{-1} yang dikategorikan pada gugus OH yang kuat yang berfungsi sebagai penyerap logam dan gugus C=O pada 1082,48 cm^{-1} yang dimana diketahui gugus C=O dapat berfungsi sebagai pengikat logam, Serta adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1475,05 cm^{-1} yang menunjukkan gugus CH_2 , selain itu adanya pita serapan pada bilangan gelombang 861,06 cm^{-1} yang menunjukkan gugus benzen. Sedangkan untuk hasil FTIR pada gambar 4.5 cangkang kerang yang teraktivasi suhu 500°C menunjukkan berkurangnya jumlah gugus fungsi OH pada gelombang 3450,29 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi penting dalam membantu penyerapan logam. Selain itu, pada gelombang 1434,71 cm^{-1} yang di kategorikan sebagai gugus fungsi CH_3 . Serta adanya pita serapan pada gelombang 875,87 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi bezen. Dapat dilihat pada ke-2 grafik bahawa adanya gugus fungsi yang hilang dan berkurang jumlahnya setelah diaktivasi, dikarenakan beberapa gugus fungsi yang bersifat mudah menguap apabila di panaskan pada suhu tinggi, sehingga mempengaruhi

kemampuan adsorben dalam menyerap logam Chromium. Dapat diketahui pula bahwa adsorben cangkang kerang tanpa di aktivasi lebih layak dijadikan adsorben karena adanya gugus-gugus fungsi yang diperlukan dalam mendukung kemampuan serbuk cangkang kerang dalam mengadsorpsi logam Chromium, di bandingkan dengan cangkang kerang yang teraktivasi suhu 500°C. Selain itu serbuk cangkang kerang tanpa aktivasi masih memiliki sifat sebagai penukar ion (ion exchanger) dan dapat berperan baik sebagai adsorben terhadap logam berat (Rinaudo dan Domard, 1989).

4.5.2 Identifikasi Morfologi Permukaan Adsorben

Identifikasi morfologi permukaan adsorben cangkang kerang Darah (*Anadara Granosa*) untuk mengetahui bagaimana struktur permukaan dan bentuk pori-pori dari adsorben ditunjukkan dengan hasil analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan untuk mengetahui jenis senyawa penyusun yang terdapat di dalam adsorben, dengan menggunakan analisis *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



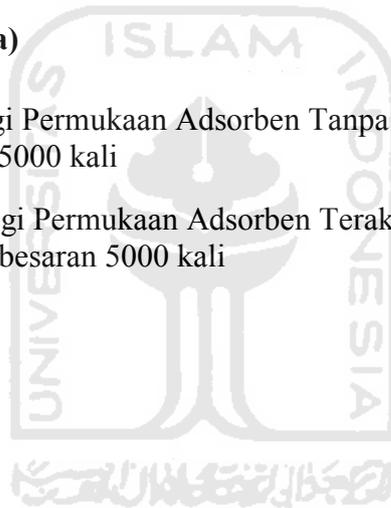


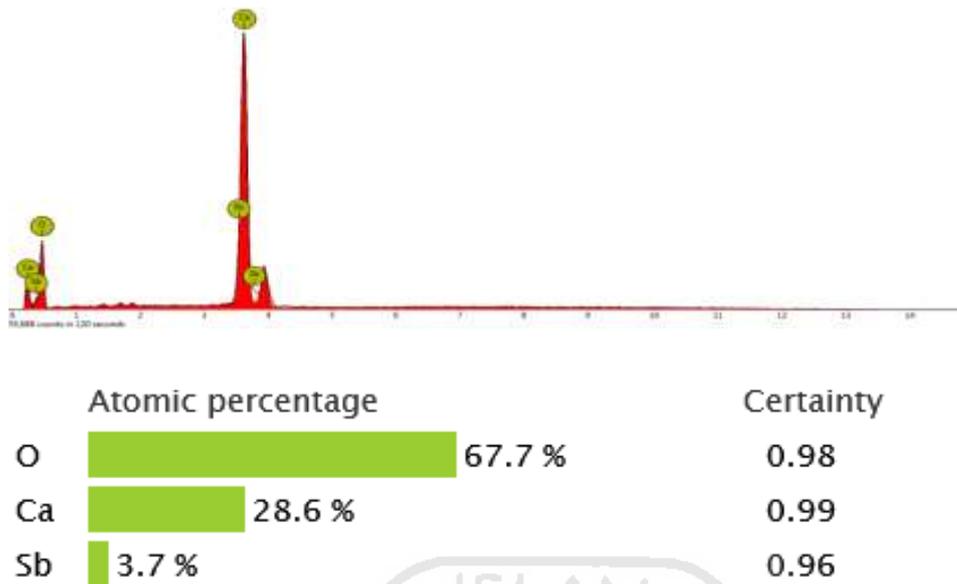
(a)

(b)

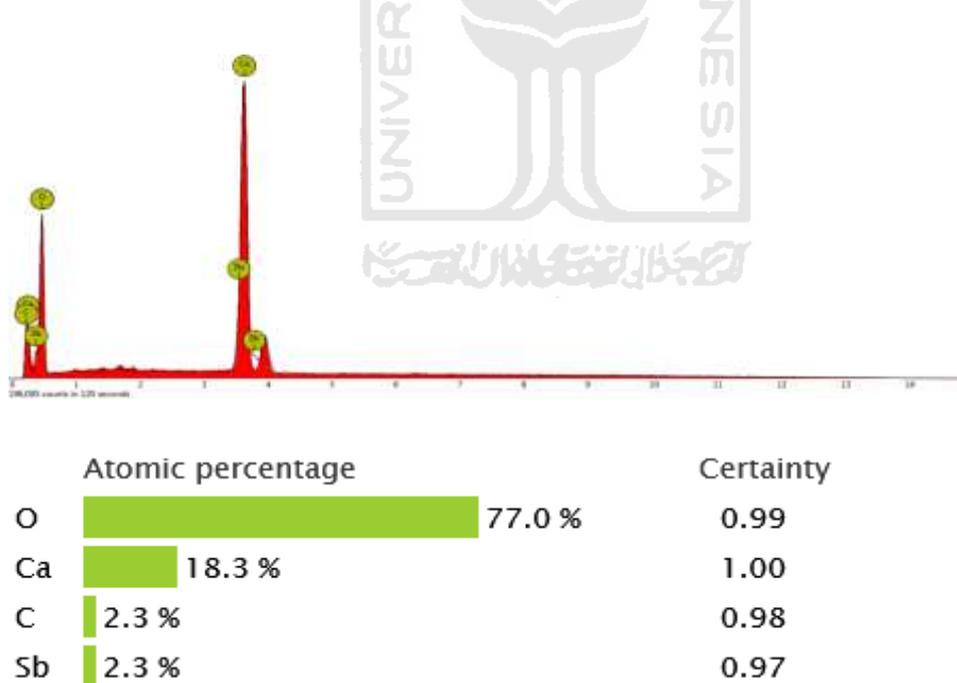
Gambar 4. 6 (a) Morfologi Permukaan Adsorben Tanpa Aktivasi Dengan Perbesaran 5000 kali

(b) Morfologi Permukaan Adsorben Teraktivasi suhu 500°C Dengan Perbesaran 5000 kali





Gambar 4. 7 EDS Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi (*Anadra Granosa*)



Gambar 4. 8 EDS Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi 500°C (*Anadra Granosa*)

Berdasarkan hasil scanning di atas dapat dilihat bahwa pada Gambar 4.6 (a) morfologi permukaan adsorben tanpa aktivasi memiliki luas permukaan pori yang lebih besar sehingga memungkinkan untuk menyerap logam berat Chromium (Cr) lebih baik. Sedangkan pada Gambar 4.6 (b) pori-pori permukaan adsorben teraktivasi suhu 500°C terlihat memiliki luas permukaan pori adsorben lebih kecil dari pada adsorben tanpa aktivasi. Namun untuk melihat jenis atom penyusun dari kedua adsorben tersebut dapat dilihat dari hasil uji spectrum EDS pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 bahwa konsentrasi unsur Kalsium (Ca) pada adsorben tanpa aktivasi lebih tinggi yaitu 28,6% di bandingkan dengan adsorben yang telah teraktivasi hanya sebesar 18,3%, dimana semakin tinggi unsur Ca yang terkandung di dalam adsorben, maka semakin tinggi pula kemampuan adsorben dalam menyerap logam Cr. Dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi pada unsur Ca setelah adsorben diaktivasi di karenakan unsur Ca pada cangkang berubah menjadi abu akibat proses pemanasan, sehingga menurunkan kapasitas kemampuan dari cangkang dalam menyerap logam Cr, Sedangkan pada unsur O pada adsorben tanpa aktivasi dan sesudah aktivasi, yaitu masing-masing 67,7% dan 77%. namun terjadi peningkatan konsentrasi pada unsur O setelah adsorben diaktivasi. Disimpulkan bahwa adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi lebih baik dalam menyerap logam Cr di bandingkan adsorben yang telah teraktivasi.

4.6 Pengujian Adsorpsi Logam Chromium (Cr) dengan Metode *Batch*

Penelitian selanjutnya yaitu pengujian logam Chromium (Cr) dengan menggunakan metode *batch*. Metode *batch* dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu variasi suhu, massa, pH, waktu kontak dan variasi konsentrasi. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan larutan induk Cr-Total 1000 mg/l sintesis yang kemudian diencerkan sesuai dengan konsentrasi yang dikehendaki pada setiap variasinya. Pengujian nilai konsentrasi dilakukan secara spektrofotometri menggunakan AAS sesuai dengan SNI 6989.17:2009 tentang pengujian logam Cr-Total secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil pengujian dan pembahasan akan dijabarkan dalam sub bab berikut ini.

4.6.1 Variasi Suhu Adsorben Optimum

Pada Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konsentrasi logam Cr yang mampu diserap adsorben serbuk cangkang kerang darah. Setiap logam memiliki kondisi Equilibrium yang berbeda tergantung sifat logam tersebut. Kondisi Equilibrium sebuah kondisi logam dapat tereduksi dengan optimum berdasarkan sifat dari logam itu sendiri. Pada rentang pH 1-4, ion kromium berada dalam bentuk ion negatif. Dalam kondisi yang baik untuk mengadsorpsi adalah pada pH rendah karena pada pH rendah ion H^+ pada permukaan adsorben meningkat sehingga menghasilkan ikatan elektrostatis yang kuat antara muatan positif pada permukaan adsorben dengan ion di kromat. (Utama, dkk. 2016). Berikut merupakan hasil uji daya serap adsorben cangkang kerang terhadap logam Cr dengan variasi suhu adsorben :

Tabel 4. 1 Hasil Uji Daya Serap Adsorben Variasi Suhu

Pengujian Suhu Optimum						
Nama	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
control	Inlet	15	13,38	-	2	2
Non Akt	0,05	15	6,360	57,60%	2	2
500	0,05	15	9,07	39,53%	2	2
800	0,05	15	11,39	24,07%	2	2

Pada uji variasi suhu yang dilakukan didapat hasil, bahwa kemampuan daya serap adsorben tanpa aktivasi lebih besar dari pada daya serap adsorben teraktivasi 500°C dan 800°C dengan persen removal pada non aktivasi sebesar 57,60%, teraktivasi 500°C persen removal sebesar 39,53% dan 800°C persen removal sebesar 24,07%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4. 9 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi suhu adsorben cangkang kerang darah.

Terlihat pada adsorben tanpa aktivasi menghasilkan persen removal mencapai 57,60% sedangkan untuk adsorben yang teraktivasi dengan suhu 500°C dan suhu 800°C hanya menghasilkan persen removal 39,53% dan 24,07%. Maka berdasarkan data tersebut, untuk pengujian variasi selanjutnya digunakan adsorben tanpa aktivasi dan adsorben teraktivasi suhu 500°C.

4.6.2 Variasi Massa Adsorben Optimum

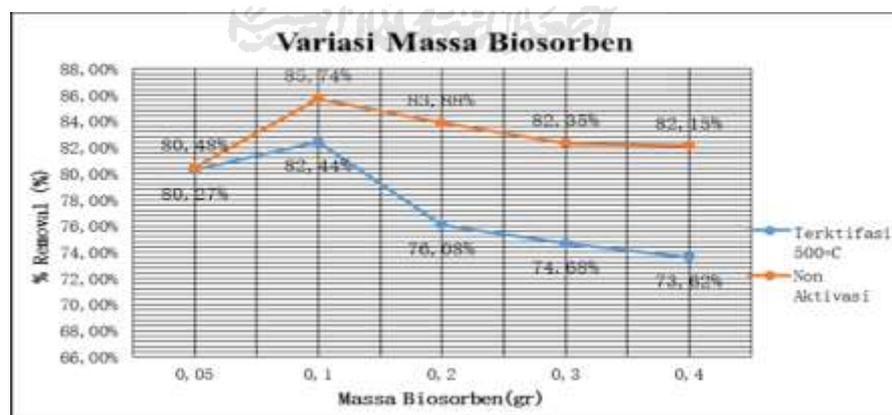
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konsentrasi logam Cr yang telah mampu diserap adsorben cangkang kerang darah. Berdasarkan hasil uji variasi suhu dimana suhu optimum yang didapat adalah pada suhu 500°C, maka serbuk adsorben cangkang kerang teraktivasi diambil pada suhu optimum yaitu suhu 500°C dan diambil pula adsorben tanpa teraktivasi untuk pengujian variasi selanjutnya. Berikut ini merupakan hasil uji daya serap adsorben cangkang kerang darah terhadap logam Cr dengan variasi massa adsorben

:

Tabel 4. 2 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Massa

Non Aktivasi						
No.	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	Inlet	15,01	12,36	-	2	2
2	0,05	15,01	2,930	80,48%	2	2
3	0,1	15,01	2,140	85,74%	2	2
4	0,2	15,01	2,42	83,88%	2	2
5	0,3	15,01	2,65	82,35%	2	2
6	0,4	15,01	2,68	82,15%	2	2
Terktifasi 500-C						
No.	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	Inlet	15,01	12,36	-	2	2
2	0,05	15,01	2,961	80,27%	2	2
3	0,1	15,01	2,636	82,44%	2	2
4	0,2	15,01	3,59	76,08%	2	2
5	0,3	15,01	3,8	74,68%	2	2
6	0,4	15,01	3,96	73,62%	2	2

Dari data tabel di atas, dapat dilihat bahwa hasil kemampuan penyerapan adsorben cangkang kerang darah tanpa aktivasi lebih besar dibandingkan dengan adsorben cangkang kerang darah yang teraktivasi suhu 500°C, meskipun perbedaan daya serapnya tidak jauh beda. Hal ini terjadi karena pada cangkang kerang darah tanpa aktivasi mengandung senyawa kalsium yang lebih banyak di bandingkan serbuk adsorben yang telah teraktivasi suhu 500°C. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut ini yang memperlihatkan presentase penyerapan logam Cr.



Gambar 4. 10 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi massa adsorben cangkang kerang darah.

Dari keseluruhan data pada pengujian kemampuan adsorpsi terhadap logam Cr dapat diambil kesimpulan bahwa kemampuan adsorpsi cangkang kerang darah tanpa teraktivasi sudah cukup baik dibanding adsorben yang teraktivasi. Terlihat pada grafik massa optimum adsorben sebanyak 0,1 gram sudah dapat mengadsorpsi logam Cr sebanyak 85,74%. Sedangkan untuk adsorben teraktivasi 500°C hanya dapat mengadsorpsi sebanyak 82,44% dengan massa optimum yang sama yaitu 0,1 gram. Akan tetapi untuk memastikan apakah adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi memiliki daya serap yang lebih baik dibandingkan adsorben cangkang kerang darah yang teraktivasi, maka akan dilanjutkan ke tahap pengujian dengan variasi pH pada larutan menggunakan massa adsorben sebanyak 0,1 gram.

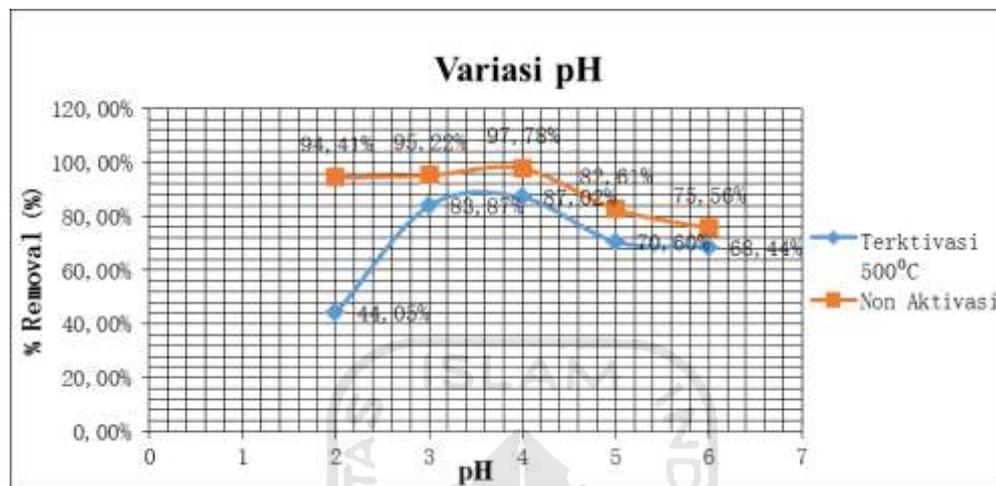
4.6.3 Variasi Derajat Keasaman (pH) Adsorben Optimum

Pengujian selanjutnya yaitu variasi derajat keasaman (pH) bertujuan untuk mengetahui pada pH berapa daya serap adsorben dapat bekerja dengan maksimum. Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang dara terhadap logam dengan variasi derajat keasaman (pH) :

Tabel 4. 3 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Derajat Keasaman (pH)

Terktivasi 500°C										
No	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	Cek pH 30'	60'	90'	120'	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,1	2	2	2	2	2	2	10,17	5,69	44,05%
2	0,1	3	3	3	3	3	3	10,17	1,64	83,87%
3	0,1	4	4	4	4	4	4	10,17	1,32	87,02%
4	0,1	5	5	5	5	5	6	10,17	2,99	70,60%
5	0,1	6	6	6	6	6	7	10,17	3,21	68,44%
Inlet			6					10,17	1,32	87,02%
Non Aktivasi										
No.	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	Cek pH 30'	60'	90'	120'	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,1	2	2	2	2	2	2	10,17	0,568	94,41%
2	0,1	3	3	3	3	3	3	10,17	0,486	95,22%
3	0,1	4	4	4	4	4	6	10,17	0,226	97,78%
4	0,1	5	5	5	5	5	6	10,17	1,769	82,61%
5	0,1	6	6	6	6	6	6	10,17	2,486	75,56%
Inlet			6					10,17	1,32	87,02%

Dari tabel hasil uji variasi derajat keasaman (pH) terlihat bahwa kemampuan daya serap adsorben yang paling optimum terjadi pada pH 4 dengan persen removal logam Cr sudah mencapai 97,78% pada serbuk adsorben tanpa aktivasi dan 87,02% pada serbuk adsorben teraktivasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4. 11 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi pH adsorben cangkang kerang darah.

Dari grafik dapat diketahui bahwa kenaikan persen removal yang terjadi pada adsorben tanpa aktivasi lebih tinggi dari pada adsorben yang teraktivasi. Pada pH 4, penurunan konsentrasi logam Cr oleh adsorben tanpa aktivasi lebih tinggi dari pada adsorben teraktivasi, yaitu 97,78% pada adsorben tanpa aktivasi dan 87,02% pada adsorben teraktivasi. Hal ini dikarenakan pada pH rendah ion chromium berubah menjadi ion negatif, sehingga kondisi yang baik untuk adsorpsi adalah pada pH rendah karena pada pH rendah ion H^+ pada permukaan adsorben meningkat sehingga, menghasilkan ikatan elektrostatik yang kuat antara muatan positif pada permukaan adsorben dengan ion dikromat. Sedangkan dengan bertambahnya pH, adsorpsi ion logam kromium (Cr) akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada pH tinggi, konsentrasi ion OH^- dalam larutan meningkat sehingga permukaan sel perlahan menjadi bermuatan negatif (Utama, dkk. 2016). Sehingga menyebabkan kekuatan untuk mengikat ion-ion Cr yang bermuatan negatif menjadi semakin kecil dan mengurangi kemampuan adsorpsi (Utama, dkk. 2016). Pada pH tinggi terjadi presipitasi ion Cr menjadi $Cr(OH)_3$

yang mengurangi kelarutan ion Cr pada larutan yang mengakibatkan berkurangnya jumlah ion Cr yang dapat diserap oleh permukaan sel (Utama, dkk. 2016). Maka dari itu pada pengujian variasi pH ini waktu optimum yang ditetapkan untuk variasi uji selanjutnya yaitu pada pH 4.

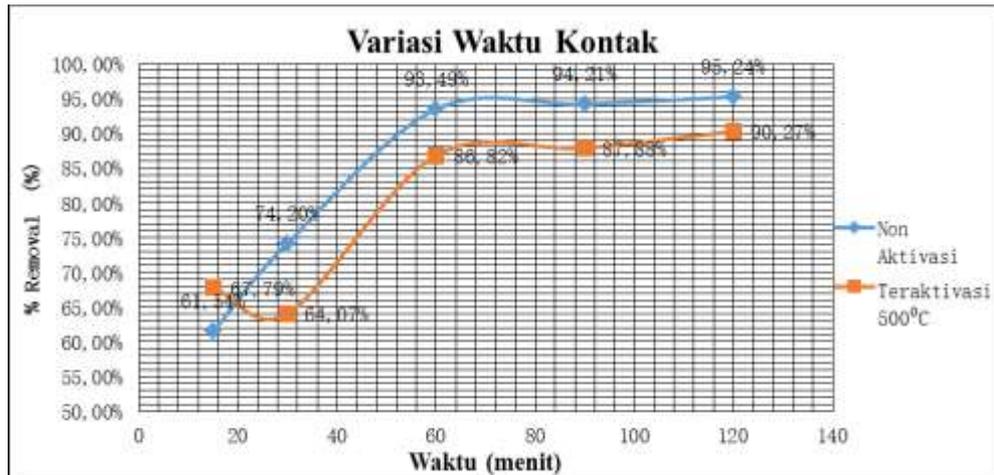
4.6.4 Variasi Waktu Kontak

Pada pengujian ini, dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu kontak yang dibutuhkan agar penyerapan logam oleh adsorben secara maksimal. Pada pengujian variasi pH sebelumnya, ditetapkan pH 4 untuk pengujian variasi selanjutnya. Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang darah terhadap logam dengan variasi waktu kontak :

Tabel 4. 4 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Dara (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Waktu Kontak

Non Aktivasi								
No.	Massa (gr)	Waktu (menit)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,1	15	4	4	4	14,25	5,48	61,54%
2	0,1	30	4	4	4	14,25	3,677	74,20%
3	0,1	60	4	4	4	14,25	0,928	93,49%
4	0,1	90	4	4	4	14,25	0,825	94,21%
5	0,1	120	4	4	4	14,25	0,679	95,24%
Teraktivasi 500°C								
No.	Massa (gr)	Waktu (menit)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,1	15	4	4	4	14,25	4,59	67,79%
2	0,1	30	4	4	4	14,25	5,12	64,07%
3	0,1	60	4	4	4	14,25	1,878	86,82%
4	0,1	90	4	4	4	14,25	1,727	87,88%
5	0,1	120	4	4	4	14,25	1,386	90,27%

Dari tabel hasil uji variasi waktu kontak larutan dengan adsorben terlihat bahwa kemampuan daya serap adsorben yang paling optimum terjadi pada menit ke 120 dengan persen removal logam Cr sudah mencapai 95,24% pada serbuk adsorben tanpa aktivasi dan 90,27% pada serbuk adsorben teraktivasi. Sehingga untuk variasi pengujian selanjutnya menggunakan waktu kontak selama 120 menit. Untuk lebih jelasnya hubungan perbandingan nilai persentase removal ion logam Cr oleh adsorben cangkang kerang darah tanpa aktivasi dan teraktivasi suhu 500°C yang dipengaruhi oleh waktu kontak larutan dengan adsorben juga ditunjukkan pada Gambar 4.12



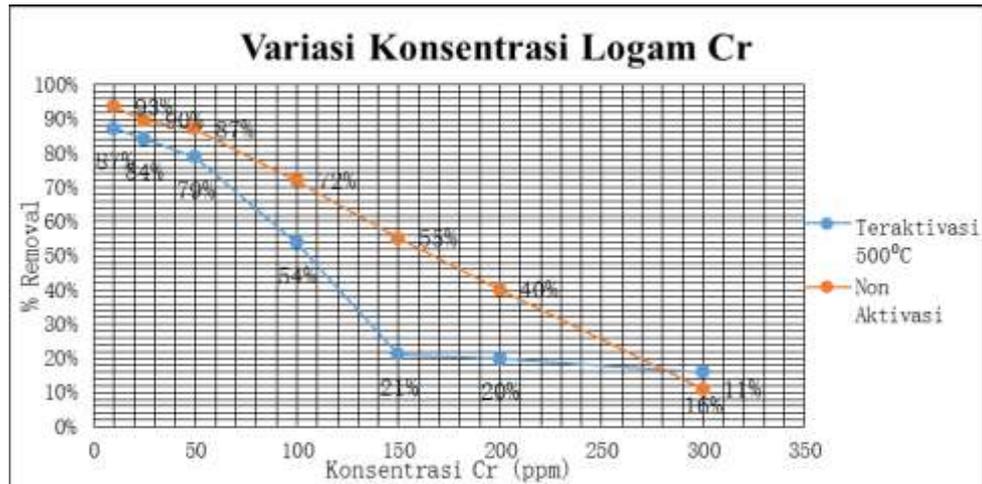
Gambar 4.12 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi waktu kontak adsorben cangkang kerang darah.

4.6.5 Variasi Konsentrasi

Pada Pengujian variasi kali ini menggunakan semua data hasil optimum pada pengujian variasi sebelumnya yaitu dengan adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi dan cangkang kerang teraktivasi suhu 500°C, massa adsorben 100 mg, derajat keasaman dengan pH 4, waktu kontak larutan dengan adsorben selama 120 menit. Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang darah terhadap logam Cr.

Tabel 4.5 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Konsentrasi

Teraktivasi 500°C						
Konsentrasi Logam Cr Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
10	14,25	0,1	4	4	1,812	87%
25	23,275	0,1	4	4	3,689	84%
50	45,3	0,1	4	4	9,58	79%
100	114,6	0,1	4	4	52,8	54%
150	165,2	0,1	4	4	130,3	21%
200	203,8	0,1	4	4	163,1	20%
300	278,5	0,1	4	4	233,9	16%
Non Aktivasi						
Konsentrasi Logam Cr Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
10	14,25	0,1	4	4	0,931	93%
25	23,275	0,1	4	4	2,421	90%
50	45,3	0,1	4	4	5,9	87%
100	114,6	0,1	4	4	32,1	72%
150	165,2	0,1	4	4	74,1	55%
200	203,8	0,1	4	4	122	40%
300	278,5	0,1	4	4	247,8	11%



Gambar 4. 13 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi konsentrasi adsorben cangkang kerang darah.

Dari hasil tabel dan grafik di atas dapat diketahui bahwa persen removal paling tinggi terjadi pada adsorben cangkang kerang darah tanpa aktivasi dengan konsentrasi larutan logam Cr 10 mg/l yaitu sebesar 93%, sedangkan cangkang kerang darah teraktivasi suhu 500°C hanya mampu meremoval konsentrasi larutan logam Cr 10 mg/l sebesar 87%. Dapat dilihat pula pada hasil tabel dan grafik bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan Cr maka kemampuan adsorben dengan massa 100 mg hanya dapat optimum meremoval konsentrasi sebesar 10 mg/l larutan logam Cr. Sehingga bisa dilihat pada grafik bahwa secara keseluruhan grafik variasi konsentrasi dapat dikatakan bahwa semakin besarnya konsentrasi suatu logam di dalam larutan, maka semakin kecil pula daya serap adsorben.

4.7 Isotherm Adsorpsi

Mekanisme adsorpsi ditentukan dengan mengevaluasi keseimbangan data adsorpsi yang diperoleh dari percobaan. Keseimbangan jumlah logam yang diserap dapat ditunjukkan melalui isotherm adsorpsi. Karena adsorpsi ion atau molekul pada permukaan padatan umumnya terbatas pada lapisan satu molekul (monolayer) maka adsorpsi tersebut mengikuti persamaan adsorpsi Freundlich dan atau Langmuir (Handayani, 2009)

4.7.1 Isotherm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi

Pada isotherm Langmuir, adsorben mempunyai permukaan yang hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya dan hanya terbentuk satu lapisan tunggal saat adsorpsi maksimum. Pada isotherm ini dilakukan plot $1/C_e$ vs $1/Q_e$ pada grafik. C_e merupakan konsentrasi Equilibrium dan Q_e merupakan nilai adsorpsi logam pada saat Equilibrium. Sedangkan Penentuan isotherm Freundlich dapat diperoleh dengan memplotkan antara $\ln C_e$ dan $\ln Q_e$ sehingga diperoleh persamaan garis dan nilai regresi linear. Dari hasil pengujian pengaruh konsentrasi larutan dapat dihitung kemampuan penyerapan maksimum serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap ion logam Cr seperti pada tabel berikut ini :

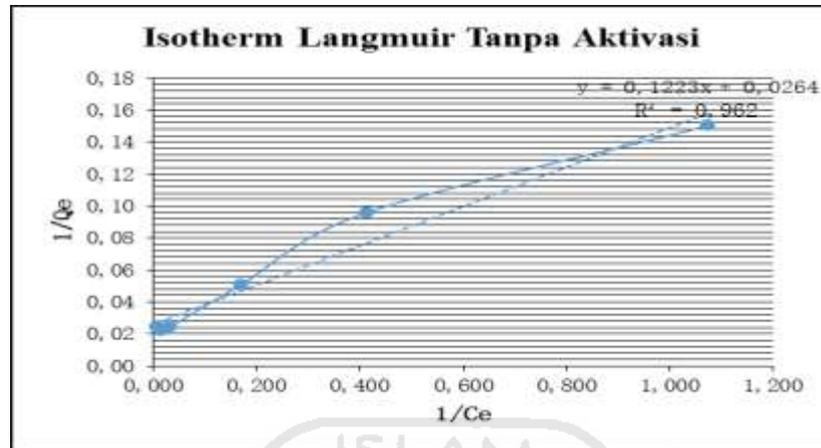
Tabel 4. 6 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isotherm Langmuir Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Bisorban Tanpa Aktivasi										
Variasi Konsentrasi (ppm) (A)	Massa Adsorbent (mg) (B)	Volume Larutan (ml) (C)	Konsentrasi Awal (C ₀) (ppm) (D)	Konsentrasi Akhir (C _e) (ppm) (E)	Selisih (ΔC) (ppm) (F)	Persentase Penyisihan (%) (G)	Langmuir			
							Massa Teradsorpsi (mg) (x) (H)	q _e (mg/g) (I)	1/q _e	1/C _e
10	100	50	14,25	0,931	13,319	93,47	0,66595	6,660	0,15	1,074
25	100	50	23,275	2,421	20,854	89,60	1,0427	10,427	0,10	0,413
50	100	50	45,3	5,9	39,4	86,98	1,97	19,700	0,05	0,169
100	100	50	114,6	32,1	82,5	71,99	4,125	41,250	0,02	0,031
150	100	50	165,2	74,1	91,1	55,15	4,555	45,550	0,02	0,013
200	100	50	203,8	122	81,8	40,14	4,09	40,900	0,02	0,008

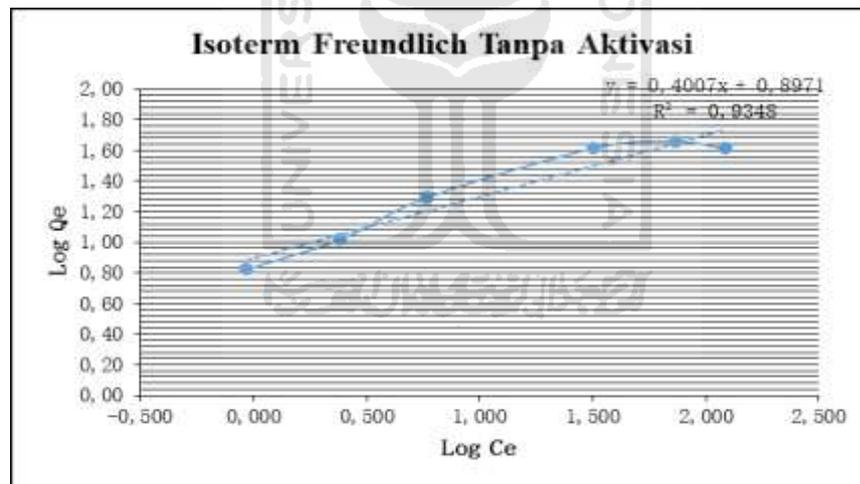
Tabel 4. 7 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isotherm Freundlich Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Bisorban Tanpa Aktivasi										
Variasi Konsentrasi	Massa Adsorbent	Volume Larutan	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich			
							Massa	q _e	Log q _e	Log C _e
10	100	50	14,25	0,931	13,319	93,47	0,66595	6,660	0,82	-0,031
25	100	50	23,275	2,421	20,854	89,60	1,0427	10,427	1,02	0,384
50	100	50	45,3	5,9	39,4	86,98	1,97	19,700	1,29	0,771
100	100	50	114,6	32,1	82,5	71,99	4,125	41,250	1,62	1,507
150	100	50	165,2	74,1	91,1	55,15	4,555	45,550	1,66	1,870
200	100	50	203,8	122	81,8	40,14	4,09	40,900	1,61	2,086

Dari hasil perhitungan nilai adsorpsi isoterm langmuir dan freundlich maka diperoleh kurva berikut:



Gambar 4. 14 Kurva Kalibrasi Isotherm Langmuir Adsorben Tanpa Aktivasi



Gambar 4. 15 Kurva Kalibrasi Isotherm Freundlich dsorben Tanpa Aktivasi

Pada Gambar 4.14 tersebut dengan isoterm langmuir tanpa aktivasi diperoleh persamaan $y = 0,1223x + 0,0264$ dan nilai $R^2 = 0,962$ dan pada kurva Gambar 4.15 dengan isoterm freundlich tanpa aktivasi di peroleh persamaan $y = 0,4007x + 0,8971$ dengan nilai $R^2 = 0,9348$. Sehingga penentuan persamaan isoterm yang digunakan yaitu melihat dari nilai R^2 yang mendekati nilai , yaitu pada isoterm langmuir sebesar 0,962.

4.7.2 Isotherm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada Cangkang Kerang Darah Teraktivasi Suhu 500°C

Dari hasil pengujian pengaruh konsentrasi larutan dapat dihitung kemampuan penyerapan maksimum serbuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) yang teraktivasi pada suhu 500°C terhadap ion logam Cr seperti pada tabel berikut ini :

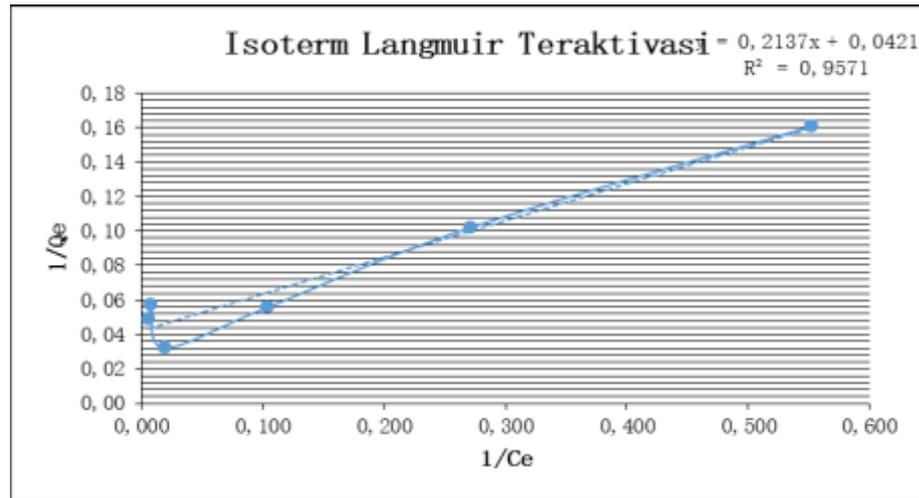
Tabel 4. 8 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isoterm Langmuir Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi suhu 500°C

Variasi Konsentrasi Bisorban Aktivasi										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Massa Teradsorpsi (x) mg	Langmuir		
								q _e	1/q _e	1/C _e
10	100	50	14,25	1,812	12,438	87,28	0,6219	6,22	0,16	0,552
25	100	50	23,275	3,689	19,586	84,15	0,9793	9,79	0,10	0,271
50	100	50	45,3	9,58	35,72	78,85	1,786	17,86	0,06	0,104
100	100	50	114,6	52,8	61,8	53,93	3,09	30,90	0,03	0,019
150	100	50	165,2	130,3	34,9	21,13	1,745	17,45	0,06	0,008
200	100	50	203,8	163,1	40,7	19,97	2,035	20,35	0,05	0,006

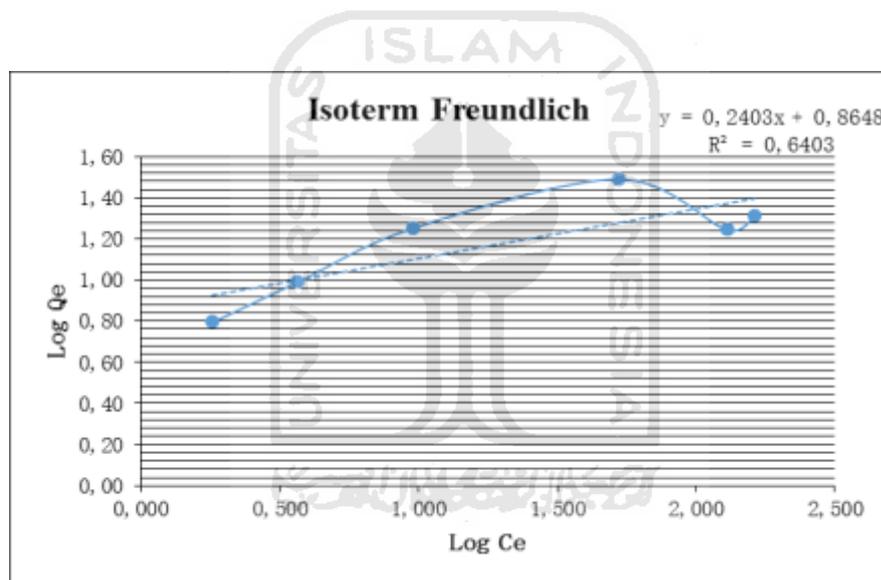
Tabel 4. 9 Perhitungan Nilai Adsorpsi Isoterm Freundlich Oleh Adsorben Cangkang Kerang Darah Teraktivasi suhu 500°C

Variasi Konsentrasi Bisorban Teraktivasi										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Massa Teradsorpsi (x)	Freundlich		
								q _e	Log q _e	Log C _e
10	100	50	14,25	1,812	12,438	87,28	0,6219	6,219	0,79	0,258
25	100	50	23,275	3,689	19,586	84,15	0,9793	9,793	0,99	0,567
50	100	50	45,3	9,58	35,72	78,85	1,786	17,860	1,25	0,981
75	100	50	114,6	52,8	61,8	53,93	3,09	30,900	1,49	1,723
150	100	50	165,2	130,3	34,9	21,13	1,745	17,450	1,24	2,115
300	100	50	203,8	163,1	40,7	19,97	2,035	20,350	1,31	2,212

Dari hasil perhitungan nilai adsorpsi isoterm langmuir dan freundlich maka diperoleh kurva berikut:



Gambar 4.16 Kurva Kalibrasi Isotherm Langmuir Adsorpsi Teraktivasi Suhu 500°C



Gambar 4.17 Kurva Kalibrasi Isotherm Freundlich Adsorpsi Teraktivasi Suhu 500°C

Pada kurva Gambar 4.16 tersebut dengan isoterm langmuir teraktivasi diperoleh persamaan $y = 0,2137x + 0,0421$ dan nilai $R^2 = 0,9571$ dan pada kurva Gambar 4.17 dengan isoterm freundlich tanpa aktivasi di peroleh persamaan $y = 0,2403x + 0,8648$ dengan nilai $R^2 = 0,6403$. Sehingga penentuan persamaan isoterm yang digunakan yaitu melihat dari nilai R^2 yang mendekati nilai 1. Pada kurva diatas nilai R^2 yang paling mendekati 1 yaitu pada isoterm langmuir sebesar 0,9571.

4.7.3 Mekanisme Isotherm Adsorpsi Serbuk Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kemampuan optimum adsorpsi dari hasil penelitian adsorben serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) tanpa aktivasi dan adsorben serbuk cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) teraktivasi dapat diketahui dari mekanisme pemodelan pada isotherm adsorpsi yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Pada pemodelan isotherm Langmuir, adsorpsi yang dilakukan oleh serbuk adsorben tanpa aktivasi diperoleh nilai $R^2 = 0,962$ dan dari hasil perhitungan diperoleh persamaan $y = 0,1223x + 0,0264$ seperti pada Gambar 4.14 diperoleh hasil kapasitas penyerapan maksimum (Q_m) adsorben cangkang kerang darah tanpa aktivasi terhadap logam Cr yaitu sebesar 37,88 mg/g. Kemudian diperoleh nilai konstanta kesetimbangan sebesar 0,216, nilai konstanta ini menunjukkan afinitas antara adsorben dengan logam yang diserap. Semakin besar nilai konstanta maka semakin besar pula afinitas suatu adsorben terhadap logam berat yang diserap. Sedangkan pemodelan isotherm Langmuir pada adsorben teraktivasi didapat nilai $R^2 = 0,9571$ dan diperoleh persamaan $y = 0,2137x + 0,0421$ seperti pada Gambar 4.16 Diperoleh hasil Q_m adsorben cangkang kerang darah teraktivasi terhadap logam Cr yaitu sebesar 23,76 mg/g. Selain itu juga diperoleh nilai konstanta kesetimbangan sebesar 0,197.

Pada model isotherm Freundlich, serbuk adsorben cangkang kerang tanpa aktivasi diperoleh nilai $R^2 = 0,9348$ dengan persamaan $y = 0,4007x + 0,8971$ seperti pada Gambar 4.15 Adapun nilai K_f dan n yang menunjukkan konstanta dengan nilai K_f sebesar 24,452 dan nilai n yaitu 0,401. Sedangkan pada model isotherm Freundlich serbuk cangkang kerang darah teraktivasi didapat nilai $R^2 = 0,6403$ dari persamaan nilai $y = 0,2403x + 0,8648$ yang seperti pada Gambar 4.17. Pada isotherm ini juga didapat nilai K_f sebesar 2,3745 dan nilai n adalah 0,240. Pada dasarnya kedua model isotherm ini cocok digunakan pada proses adsorpsi terhadap logam Cr dengan menggunakan serbuk adsorben cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) teraktivasi karena nilai R^2 yang hampir mendekati angka 1, akan tetapi dengan membandingkan besaran nilai R^2 yang didapat dari persamaan isotherm Langmuir dan Freundlich, maka model kesetimbangan yang cocok

adalah isotherm Langmuir, dengan melihat pendekatan Langmuir meliputi lima asumsi mutlak, yaitu:

1. Seluruh permukaan adsorban memiliki aktivitas adsorpsi yang sama atau seragam.
2. Tidak terjadi interaksi antara molekul-molekul adsorbat.
3. Mekanisme adsorpsi yang terjadi seluruhnya sama.
4. Hanya terbentuk satu lapisan adsorbat yang sempurna di permukaan adsorban
5. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul sama.

Tabel 4. 10 Data Kapasitas Penyerapan maksimum Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Menggunakan Model isotherm Langmuir dan Freundlich

No	Langmuir		Freundlich	
	Qm (mg/g)	R ²	Kf (mg/g)	R ²
Non Act	37,88	0,962	2,451	0,934
Act 500°C	23,76	0,957	2,163	0,643

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa persamaan Langmuir dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam chromium oleh cangkang kerang darah dengan mengasumsikan bahwa terdapat satu lapisan permukaan (monolayer) dan bersifat homogen, yaitu samanya kedudukan ikatan kimia dengan senyawa lain, sehingga membentuk 1 lapisan permukaan adsorbat.

4.8 Pengujian Adsorpsi Logam Chromium (Cr) dengan Enkapsulasi

Pengujian selanjutnya adalah pengujian adsorpsi logam Cr dengan enkapsulasi. Enkapsulasi merupakan teknik pembuatan kapsul terhadap suatu bahan aktif. Enkapsulasi ini digunakan untuk membungkus adsorben dengan agar-agar yang bertujuan untuk dapat memaksimalkan daya serap adsorben itu sendiri untuk menyerap ion Cr serta meningkatkan gugus aktif, kualitas sifat fisik maupun sifat kimia dari adsorben untuk proses adsorpsi. Hasil data dan pembahasan akan dijabarkan dibawah ini.

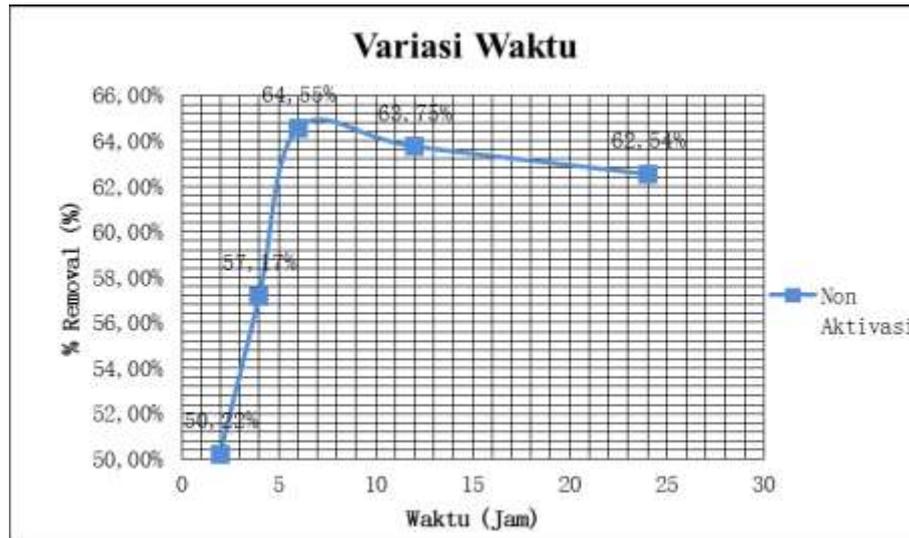
4.8.1 Pengujian Adsorpsi Variasi Waktu Kontak dengan Enkapsulasi

Pengujian ini menggunakan adsorben tanpa aktivasi dikarenakan pada pengujian sebelumnya sudah diketahui bahwa, adsorben tanpa aktivasi memiliki daya serap lebih besar dibandingkan dengan adsorben teraktivasi suhu 500°C. Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang darah terhadap logam dengan variasi waktu kontak dengan enkapsulasi :

Tabel 4. 11 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Waktu Kontak Dengan Enkapsulasi

Non Aktivasi								
No.	Massa (gr)	Waktu (Jam)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,14	1	4	4	4	11	5,984	45,60%
2	0,14	2	4	4	4	11	5,476	50,22%
3	0,14	4	4	4	4	11	4,711	57,17%
4	0,14	6	4	4	4	11	3,899	64,55%
5	0,14	12	4	4	4	11	3,987	63,75%
6	0,14	24	4	4	4	11	4,121	62,54%

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa persen removal terbesar terjadi pada waktu kontak selama 6 jam yaitu sebesar 64,55%. Hal ini sangat jauh dari removal adsorben yang dihasilkan oleh serbuk adsorben tanpa enkapsulasi. Pada waktu kontak selama 120 menit atau 2 jam serbuk adsorben tanpa enkapsulasi menghasilkan persen removal sebesar 95,24% sedangkan pada adsorben dengan enkapsulasi menghasilkan persen removal sebesar 50,22%. Hal ini dikarenakan material aktif (adsorben) yang telah terbuka pori-porinya tertutup oleh agar-agar sehingga kemampuan daya serap adsorben tersebut menjadi menurun karena sulit menembus kulit agar-agar tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.18 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi waktu kontak adsorben cangkang kerang darah dengan enkapsulasi.

Pada grafik Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa kemampuan puncak adsorben dengan enkapsulasi terjadi pada waktu kontak 6 jam. Sedangkan pada waktu kontak 12 jam, dan 24 jam terjadi penurunan persen removal, diperkirakan kejenuhan pada adsorben dalam menyerap logam Cr.

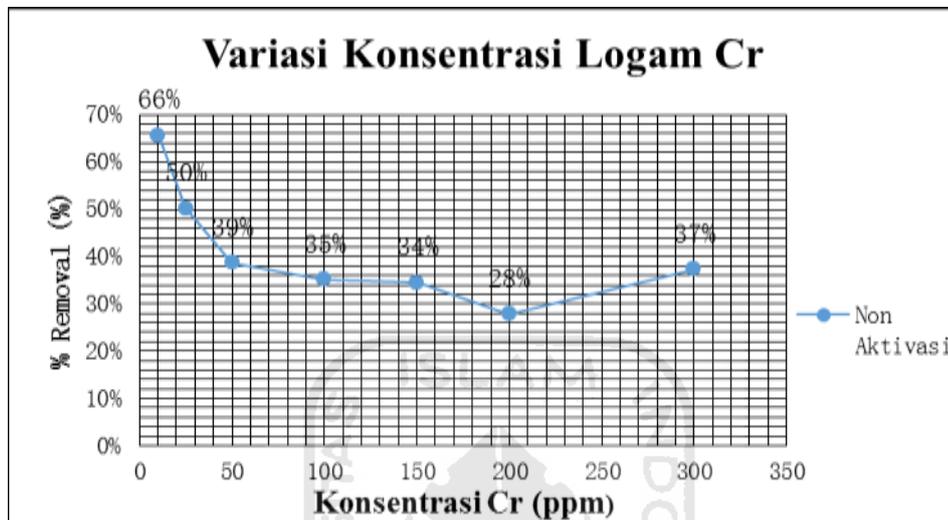
4.8.2 Pengujian Adsorpsi Variasi Konsentrasi dengan Enkapsulasi

Pada tahap ini pengujian konsentrasi dilakukan dengan waktu kontak yang paling optimum yaitu 6 jam pada hasil uji sebelumnya. Berikut ini merupakan hasil daya serap cangkang kerang darah terhadap logam Cr dengan variasi konsentrasi dengan enkapsulasi :

Tabel 4.12 Data Uji Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Dengan Variasi Konsentrasi Dengan Enkapsulasi

Non Aktivasi						
Konsentrasi Logam Cr Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
10	10,39	0,14	4	4	3,57	66%
25	26,925	0,14	4	4	13,425	50%
50	56,3	0,14	4	4	34,5	39%
100	103,2	0,14	4	4	66,9	35%
150	285,5	0,14	4	4	187,2	34%
200	194,2	0,14	4	4	140,2	28%
300	278,8	0,14	4	4	174,7	37%

Berdasarkan pada data tersebut dapat diketahui bahwa persen removal tertinggi terjadi pada konsentrasi 10 mg/l sebesar 66%. Sedangkan pada konsentrasi 25 mg/l hingga 300 mg/l mengalami penurunan removal. Hal ini dikarenakan semakin sulit bagi adsorben yang telah di enkapsulasi untuk mengadsorp logam Cr yang konsentrasinya semakin tinggi.



Gambar 4.19 Grafik hasil uji kemampuan adsorpsi logam Cr dengan variasi konsentrasi adsorben cangkang kerang darah dengan enkapsulasi.

Berdasarkan grafik Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa persen removal adsorben dengan enkapsulasi lebih rendah dari pada adsorben tanpa enkapsulasi. Persen removal pada konsentrasi larutan 10 mg/l dengan enkapsulasi sebesar 66%, sedangkan pada adsorben tanpa aktivasi sebesar 93%. Selisih removal yang terjadi sangat jauh yaitu pada range 27%. Maka dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama untuk proses enkapsulasi ini agar adsorben dengan enkapsulasi dapat menyerap Cr dengan maksimal.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian proses adsorpsi logam Cr oleh adsorben cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dapat disimpulkan hal-hal berikut :

1. Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) tanpa aktivasi dapat dimanfaatkan sebagai biosorben untuk menyerap logam Cr karena mengandung kalsium dan gugus fungsional, yaitu OH, CO dan CH₂ serta mempunyai luas permukaan yang lebih besar dari pada adsorben yang teraktivasi 500°C. Model isotherm yang cocok untuk adsorben bubuk cangkang kerang darah tanpa aktivasi dan teraktivasi yaitu isotherm langmuir dengan kemampuan daya serapnya sebesar 37,88 mg/g untuk adsorben tanpa aktivasi, dan 23,76 mg/g untuk adsorben yang teraktivasi 500°C.
2. Berdasarkan hasil pengujian Suhu optimum untuk meremoval larutan Cr yaitu adsorben tanpa aktivasi (Adsorben murni), hasil pengujian variasi massa optimum untuk meremoval larutan logam Cr yaitu sebesar 100 mg, hasil pengujian variasi derajat keasamaan (pH) untuk meremoval larutan logam Cr yaitu pada pH 4, hasil pengujian variasi waktu kontak adsorben dengan larutan dalam meremoval larutan logam Cr yaitu selama 120 menit serta hasil pengujian pada variasi konsentrasi larutan di dapat konsentrasi optimum yaitu sebesar 10 mg/l.
3. Kemampuan daya serap bubuk cangkang kerang darah yang tidak di enkapsulasi lebih tinggi di dibandingkan dengan bubuk cangkang kerang darah yang di enkapsulasi dengan agar.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian adsorpsi ion logam Cr dengan menggunakan adsorben cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*), penulis merekomendasikan hal-hal berikut ini :

1. Pada penelitian selanjutnya dapat diuji dengan limbah asli, seperti limbah perak dengan kandungan logam Chromium yang tinggi.
2. Diperlukan pengkajian lebih lanjut untuk pemilihan bahan enkapsulasi agar daya serap adsorben dapat meningkat.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat di bandingkan antar adsorben yang teraktivasi secara fisik dengan adsorben yang teraktivasi secara kimia.





DAFTAR PUSTAKA

- Afranita, G. Anita, S. Hanifah, T.A., 2012. **Potensi Abu Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) sebagai Adsorben Ion Timah Putih**. Kampus Binawidya Pekanbaru.
- Alberty, R. A dan, Daniels, F., 1983. **Physical Chemistry**. New York: John Willey and Sons
- Anugrah, A. S. dan Iriany., 2015. **Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Bulu Sebagai Adsorben Untuk Menjerap Logam Kadmium (II Dan Timbal (II))**. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. Vol. 4, No. 3
- Atkins, P.W., 1999. **Kimia Fisika Jilid 2**. Jakarta: Erlangga
- Basset, J., R. C. Denney, G.H Jeffrey, J. Mendhom. 1994. **Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik**. Jakarta : EGC
- Benefield, L.D., 1982. **Process Chemistry For Water and Wastewater Treatment**.
- Chen, J.P., 2012. **Decontamination of Heavy Metals: Process, Mechanisms, and Applications**. Florida: Taylor & Francis Group. Prentice-Hall, Inc Englewood Cliffs : New Jersey
- Chhikara, S. and Dhankhar, R., 2008. **Biosorption of Cr (VI) ions from electroplating industrial effluent using immobilized Aspergillus niger biomass**, Journal of Environmental Biology, Vol 29(5) : 773-778
- Dartiawati. 2011. **Perilaku Disolusi Nanokapsul Ketoprofen Tersalut Gelkitosan-Alginat Secara In Vitro**. Bogor: IPB.
- Dermatas, D. and Meng, X., 2004, **Removal of As,Cr, and Cd by Adsorptive Filtration**, Global Nest.The Int. J., 5 (1) : 73-8

- Handayani, M. dan Sulistiyono, E. 2009. **Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (IV) Oleh Zeolit. Pusat Penelitian Metalurgi.** LIPI. Tangerang.
- Panggabean, A., 2008. **Logam Berat Pb (t timbal) Pada Jeroan Sapi**, Prosiding PPI Standarisasi.
- Panggabean, C., 2012. **Proses Adsorpsi.**
- Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta, no: 281/KPTS/1998, tentang **Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Industri Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.**
- Latifah, A., 2011. **Karakteristik Morfologi Kerang Darah.** Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Laxman, R. S.and More,S., 2002. **Reduction of Hexavalent Chromium by Streptomyces griseus**, Mineral Engineering, Vol 15 (2002) 831-837
- Marsh, H., Rodriguez-Reinoso,F. 2006. **Activated Carbon.** Netherlands: Elsevier Science and Technology Books
- Masduki, A dan Slamet, A., 2000. **Satuan Proses.** Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS : Surabaya
- Mulyana, L. Pradiko, H. Dan Basution, K., 2003. **Pemilihan persamaan adsorpsi isotherm pada penentuan kapasitas adsorpsi kulit kacang tanah terhadap zat warna remazol golden yellow 6**, Infomatek Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik – Universitas Pasundan 131-143
- No, H.K. Lee, S.H, Park,N.Y dan Meyers, S.P. 2003. **Comparsion Of Phsycochemical Binding And Antibacterial Propertis Of Chitosan prepared Without And With Depotei Ization process.** Journal Of agriculture and food chemistry 51: 7659-766

- Nriagu, J. O. and Neiboer. E., 1998. **Chromium In The Natural and Human Environments**. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Retno, E., 2012. **Pembuatan Ethanol Fuel Grade Dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Granulated Natural Zeolite dan CaO**. Spionsium Nasional RAPI XI FT UMS-2K012. Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.
- Reynolds, T. D., 1982. **Unit Operation and Processes in Environmental Engineering**. Brooks/Cole Engineering Division : California
- Rinaudo, M. and Domard, A., 1989. **Solution properties of chitosan**. In Braek, G.S., Anthonsen T., and Stanford, P. (eds.). Chitin and Chitosan. Elsevier Science Publisher Ltd, NYC, US. p. 71–85.
- Ronaldo, Silalahi, I, H., Wahyuni, N., 2013. **Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Menggunakan Biomassa Alga Coklat (Sargassum crassifolium) Yang Terenkapsulasi Aqua Gel Silika**. Pontianak. , volume 2 (3), halaman 148 - 152
- Saragih, S.A., 2008. **Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben**. Program Studi Teknik Mesin Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Indonesia Jakarta.
- Setiabudiningsi., 2004. **Penelitian Kerang di Concong Luar Kecamatan Kuinora Kabupaten Indragiri Hilir**. Dinas Kelautan dan Perikanan, Pekanbaru
- Shofa. 2012. **Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida**. Skripsi. Fakultas Teknik UI. Depok.
- Tinsley, I J., 1979. **Chemical Concepts in Pollutans Behavior**. New York: John Wiley and son.

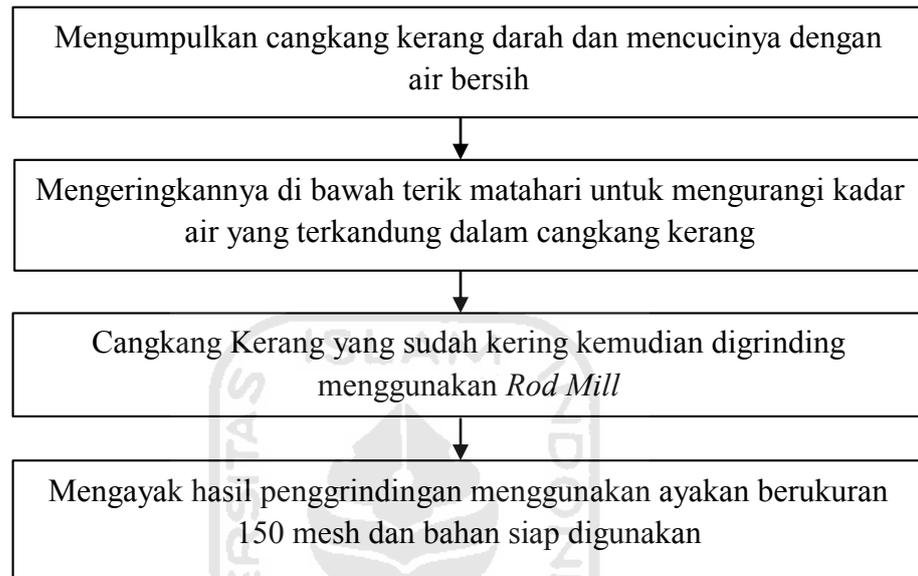
- Triana, E., Yulianto, E., Nurhidayat, N., 2006. **Uji Viabilitas *Lactobacillus* sp. Mar 8 Terenkapsulasi**. Bogor 16002. Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
- Usov, A. I., 1998. **Structural analysis of red seaweed galactans of agar and carrageenan groups**. *Food Hydrocolloids*, 1998, 12, 301–308.
- Utama, S, Kristianto, H dan Andreas, A. 2016. **Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (Vi)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak**. Bandung.
- Velasques, L. and Dussan. J., 2009. **Biosorption and Bioaccumulation of Heavy Metals on Dead and Living Biomass of *Bacillus sphaericus***, *Journal of Hazard. Materials*, Vol. 167, 713-716.
- Weber, W. J., 1972. **Phisilochemistry processor for water quality control**. A division john willey and sons, new york
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Jusuf R., 2008. **Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran**, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Wiyarsi, A dan Erfan. P., 2012. **Pengaruh Konsentrasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Berat**. Tidak diterbitkan. Universitas Negri Yogyakarta.
- Wukirsari, T. 2006. **Enkapsulasi Ibuprofen dengan Penyalut Alginat-Kitosan**. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Yogyakarta.
- <http://www.antaraneews.com/berita/529995/bangka-barat-jadi-kawasan-budidaya-kerang-darah>



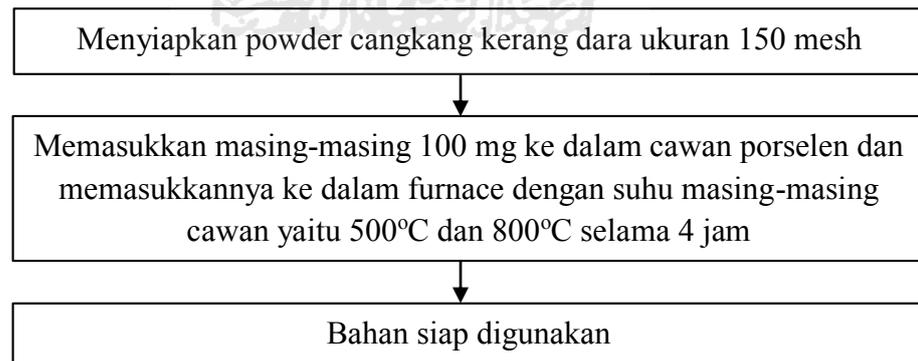
LAMPIRAN I

LANGKAH KERJA PENELITIAN ADSORPSI LOGAM CRHOMIUM

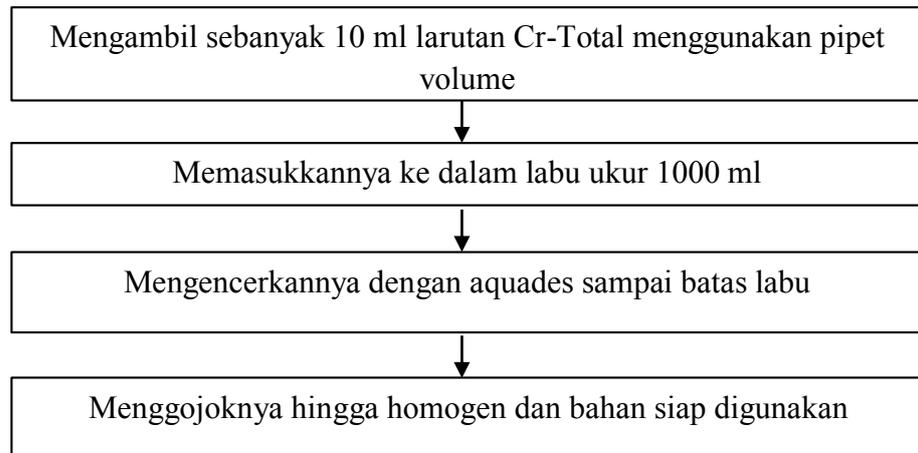
1. Persiapan Bahan Adsorben Murni



2. Proses Aktivasi Adsorben Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

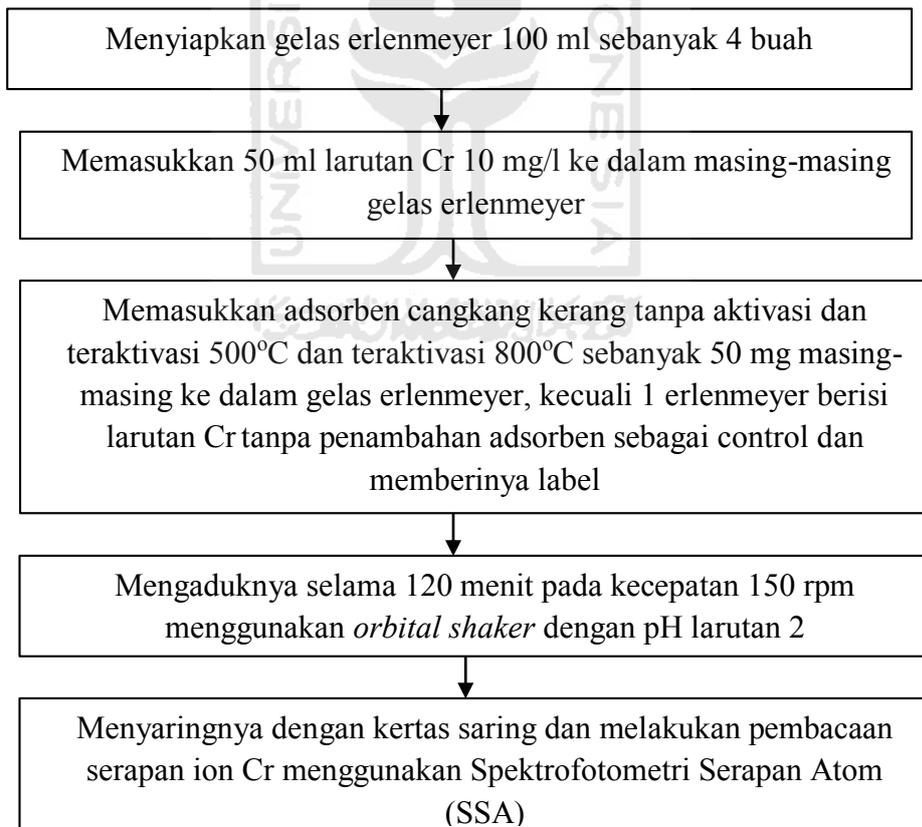


3. Pembuatan Larutan Induk Cr-Total 1000 ppm

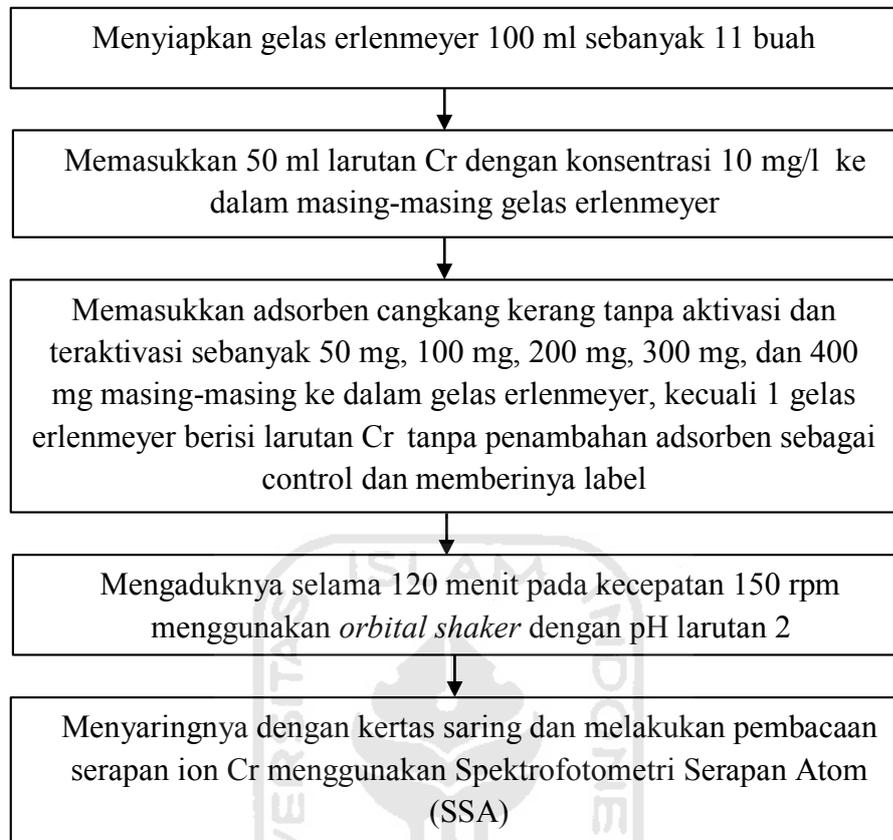


4. Pengujian Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah

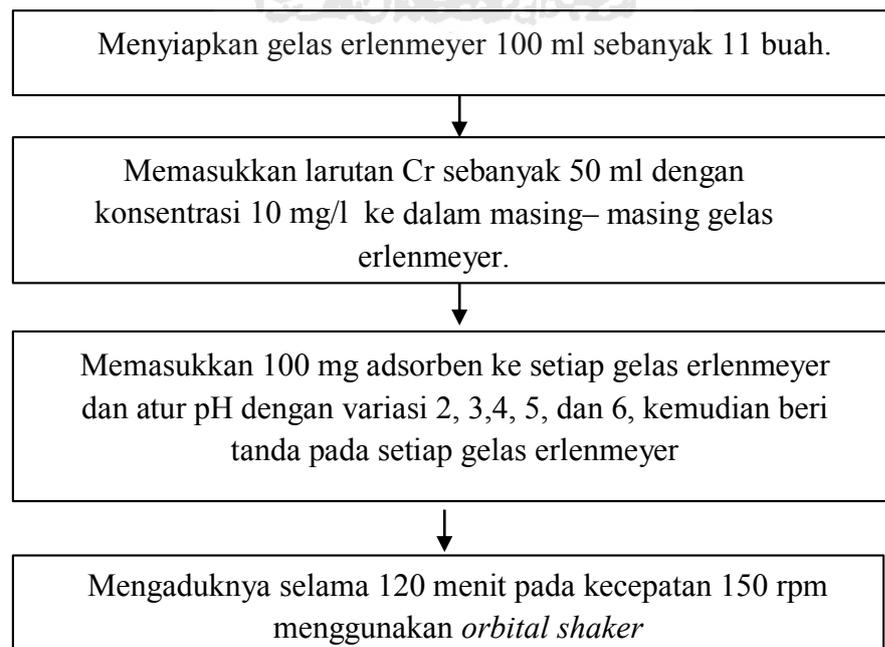
4.1. Menentukan Suhu Adsorben Optimum



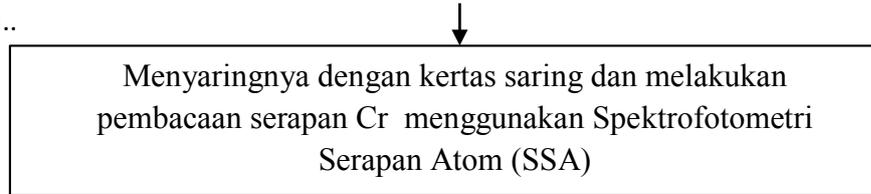
4.2. Menentukan Massa Adsorben Optimum



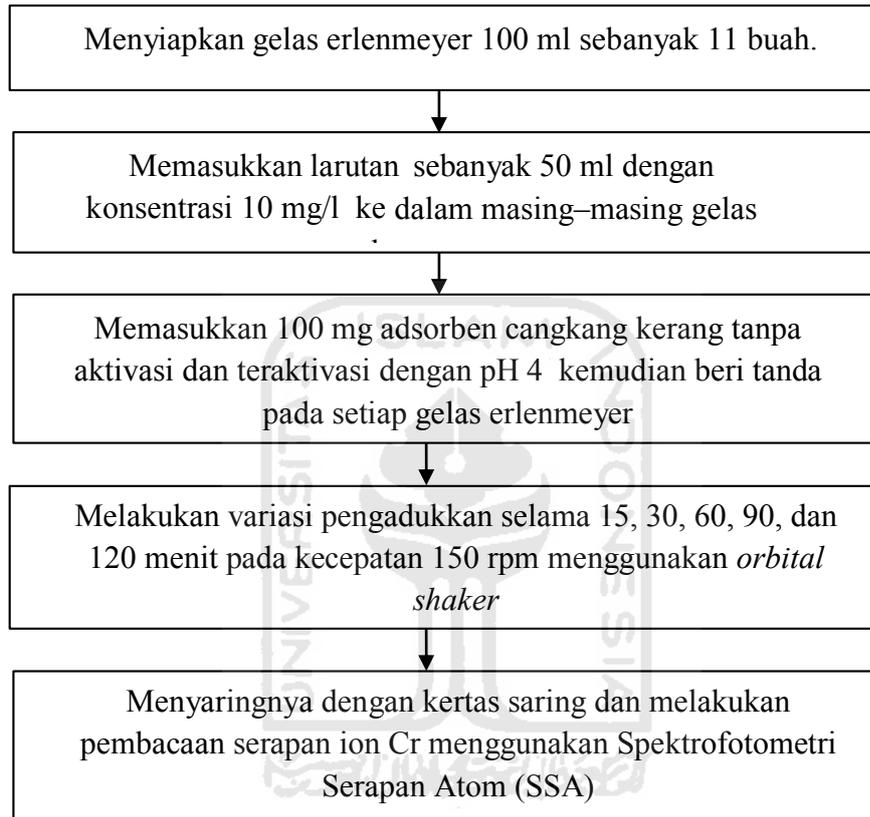
4.3. Menentukan pH Larutan Optimum



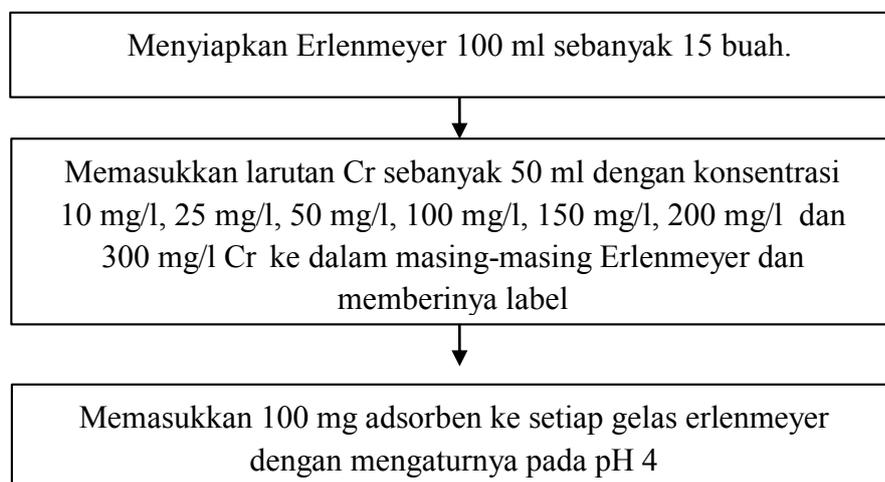
Lanjutan..



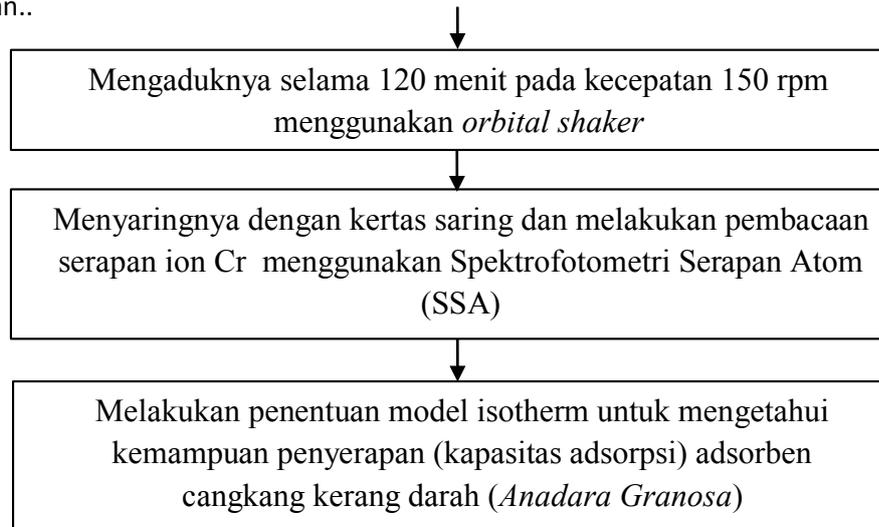
4.4. Menentukan Waktu Pengadukkan Optimum



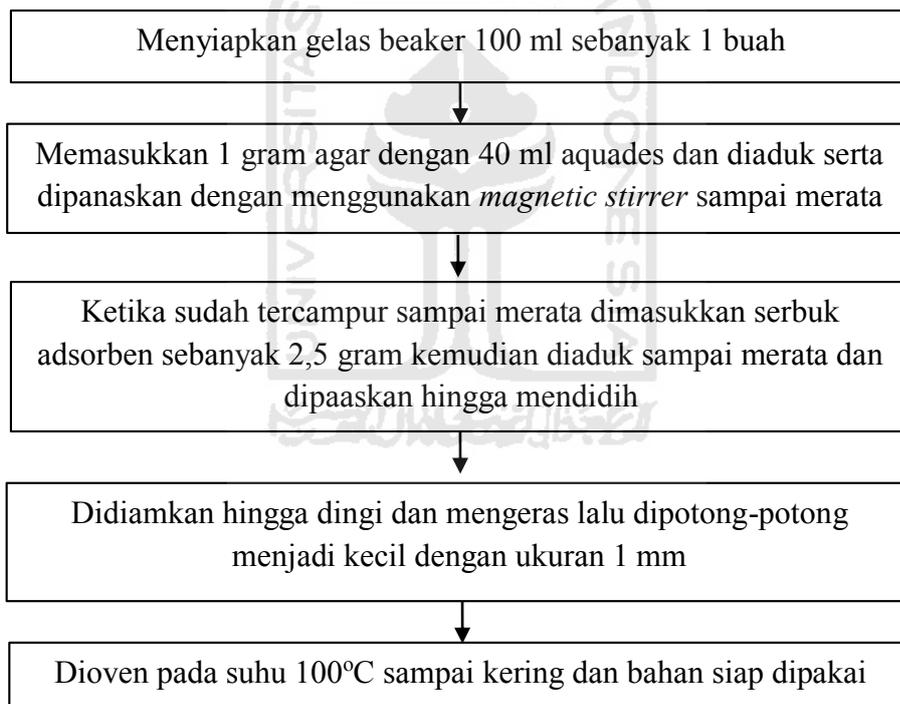
4.5. Menghitung Efisiensi Kemampuan Adsorben



Lanjutan..

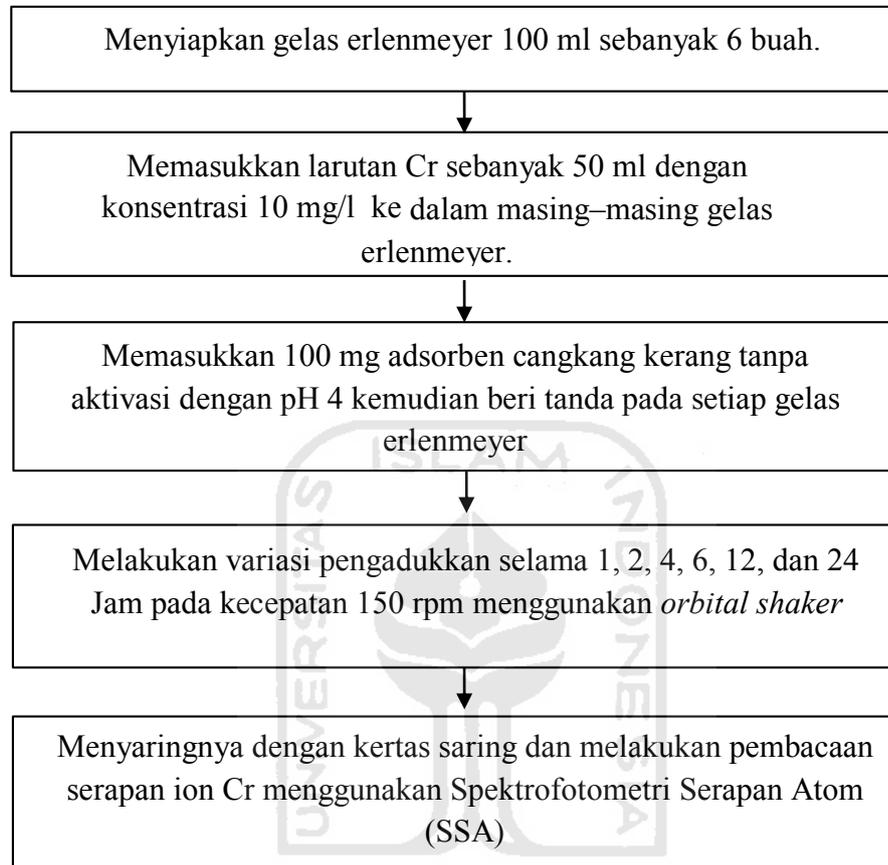


5. Pembuatan Enkapsulasi Agar

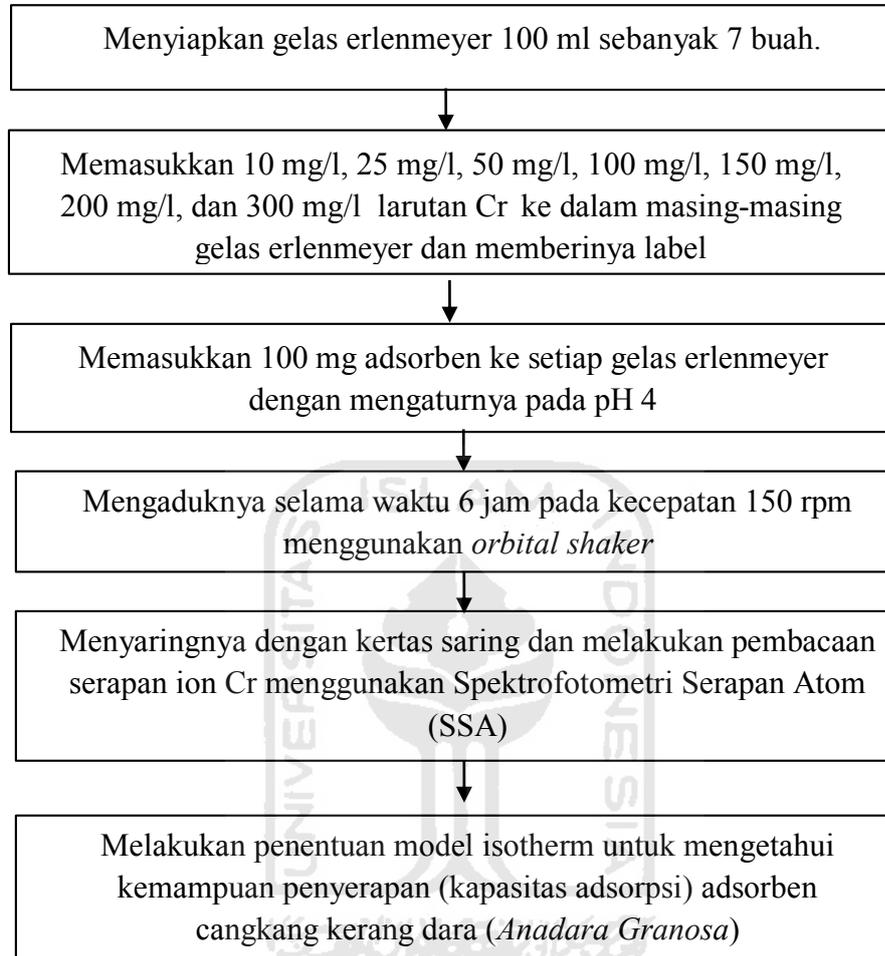


6. Pengujian Daya Serap Adsorben Cangkang Kerang Darah Dengan Metode Enkapsulasi

6.1. Menghitung Waktu Pengadukan Optimum Dengan Metode Enkapsulasi



6.2. Menghitung Efisiensi Kemampuan Adsorben Dengan Metode Enkapsulasi



LAMPIRAN II
PERHITUNGAN

- 1. Membuat Larutan Cr-Total 1000 mg/l sebanyak 1 liter**

$$1000 \text{ mg/l} \times V = 10 \text{ mg/l} \times 1000 \text{ ml}$$
$$V = 10 \text{ ml}$$

- 2. Membuat Larutan Cr 25 mg/l sebanyak 200 ml**

$$1000 \text{ mg/l} \times V = 25 \text{ mg/l} \times 200 \text{ ml}$$
$$V = 5 \text{ ml}$$

- 3. Membuat Larutan Cr 50 mg/l sebanyak 100 ml**

$$1000 \text{ mg/l} \times V = 50 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}$$
$$V = 5 \text{ ml}$$

- 4. Membuat Larutan Cr 100 mg/l sebanyak 100 ml**

$$1000 \text{ mg/l} \times V = 100 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}$$
$$V = 10 \text{ ml}$$

- 5. Membuat Larutan Cr 150 mg/l sebanyak 100 ml**

$$1000 \text{ mg/l} \times V = 150 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}$$
$$V = 15 \text{ ml}$$

- 6. Membuat Larutan Cr 200 mg/l sebanyak 100 ml**

$$1000 \text{ mg/l} \times V = 200 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}$$
$$V = 20 \text{ ml}$$

- 7. Membuat Larutan Cr 300 mg/l sebanyak 100 ml**

$$1000 \text{ mg/l} \times V = 300 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}$$
$$V = 30 \text{ ml}$$

8. Isoterm Adsorpsi (Langmuir dan Freundlich)

8.1. Isoterm Langmuir

8.1.1. Isoterm Langmuir Adsorpsi Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Bisorban Tanpa Aktivasi										
Variasi Konsentrasi (ppm) (A)	Massa Adsorbent (mg) (B)	Volume Larutan (ml) (C)	Konsentrasi Awal (C ₀) (ppm) (D)	Konsentrasi Akhir (C _e) (ppm) (E)	Selisih (ΔC) (ppm) (F)	Persentase Penyisihan (%) (G)	Langmuir			
							Massa Teradsorpsi (mg) (x) (H)	q _e (mg/g) (I)	1/q _e	1/C _e
10	100	50	14,25	0,931	13,319	93,47	0,66595	6,660	0,15	1,074
25	100	50	23,275	2,421	20,854	89,60	1,0427	10,427	0,10	0,413
50	100	50	45,3	5,9	39,4	86,98	1,97	19,700	0,05	0,169
100	100	50	114,6	32,1	82,5	71,99	4,125	41,250	0,02	0,031
150	100	50	165,2	74,1	91,1	55,15	4,555	45,550	0,02	0,013
200	100	50	203,8	122	81,8	40,14	4,09	40,900	0,02	0,008

slope	0,122
Intercept	0,026
Q _m	37,88

Diketahui :

Massa Adsorben = 0,1 gram

Volume larutan = 50 ml

C₀ = 14,25 mg/L

C_e = 0,931 mg/L

ΔC = C₀ – C_e = 14,25 mg/L – 0,931 mg/L = 13,193 mg/L

(%) removal = (14,25 mg/L – 0,931 mg/L) / 14,25 mg/L = 93,47 %

Massa Teradsorpsi = $\frac{13,193 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0,05 \text{ l}} = 0,666 \text{ mg}$

Q_e = $\frac{0,666 \text{ mg}}{0,1 \text{ gram}} = 6,660 \text{ mg/g}$

1/C_e = x

1/Q_e = y

No	1/C _e	1/Q _e	xy	x ²	y ²	xy ²
	x	y				
1	1,074	0,15	0,161	1,154	0,02	0,026
2	0,413	0,10	0,040	0,171	0,01	0,002
3	0,169	0,05	0,009	0,029	0,00	0,000
4	0,031	0,02	0,001	0,001	0,00	0,000
5	0,013	0,02	0,000	0,000	0,00	0,000
6	0,008	0,02	0,000	0,000	0,00	0,000
Jumlah	1,710	0,37	0,211	1,354	0,04	0,028

Regresi liner

$$\begin{aligned}y &= bx + a \\y &= 0,1223x + 0,0264 \\R^2 &= 0,962\end{aligned}$$

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{\sum 0,211 - (\sum 1,710 \cdot \sum 0,37)/6}{\sum 1,354 - ((\sum 1,710)^2/6)} = 0,1223$$

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0,37 - (0,1223 \times 1,710)}{6} = 0,0264$$

$$R^2 = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R^2 = \frac{6(0,211) - (1,710 \times 0,37)}{(6(1,354) - (1,710)^2)^{0,5} (6(0,028) - (0,211)^2)^{0,5}} = 0,962$$

Sehingga,

Qm = kemampuan maksimum adsorpsi adsorben cangkang kerang (mg/gr)

$$Q_m = 1/0,0264 = 37,88 \text{ mg/g}$$

K = Konstanta yang berkaitan dengan kecepatan adsorpsi

$$K = 1/(0,0264 \times 37,88) = 0,216$$

8.1.2. Isoterm Langmuir Adsorpsi Teraktivasi

Variasi Konsentrasi Bisorban Aktivasi										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Massa Teradsorpsi (x) mg	Langmuir		
								q _e	1/q _e	1/C _e
10	100	50	14,25	1,812	12,438	87,28	0,622	6,22	0,16	0,552
25	100	50	23,275	3,689	19,586	84,15	0,979	9,79	0,10	0,271
50	100	50	45,3	9,58	35,72	78,85	1,786	17,86	0,06	0,104
100	100	50	114,6	52,8	61,8	53,93	3,090	30,90	0,03	0,019
150	100	50	165,2	130,3	34,9	21,13	1,745	17,45	0,06	0,008
200	100	50	203,8	163,1	40,7	19,97	2,035	20,35	0,05	0,006

slope	0,214
Intercept	0,042
Qm	23,76

Diketahui :

Massa Adsorben = 0,1 gram

Volume larutan = 50 ml

C_0 = 14,25 mg/L

C_e = 1,812 mg/L

$\Delta C = C_0 - C_e = 14,25 \text{ mg/L} - 1,812 \text{ mg/L} = 12,438 \text{ mg/L}$

(%) removal = $(14,25 \text{ mg/L} - 1,812 \text{ mg/L}) / 14,25 \text{ mg/L} = 87,28\%$

Massa Teradsorpsi = $\frac{12,438 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0,05 \text{ l}} = 0,622 \text{ mg}$

$Q_e = \frac{0,622 \text{ mg}}{0,1 \text{ gram}} = 6,22 \text{ mg/g}$

$1/C_e = x$

$1/Q_e = y$

No	1/Ce	1/Qe	xy	x ²	y ²	xy ²
	x	y				
1	0,552	0,16	0,089	0,305	0,03	0,008
2	0,271	0,10	0,028	0,073	0,01	0,001
3	0,104	0,06	0,006	0,011	0,00	0,000
4	0,019	0,03	0,001	0,000	0,00	0,000
5	0,019	0,06	0,001	0,000	0,00	0,000
6	0,008	0,05	0,000	0,000	0,00	0,000
Jumlah	0,973	0,46	0,124	0,390	0,05	0,009

Regresi liner

$y = bx + a$

$y = 0,2137x + 0,0421$

$R^2 = 0,907$

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \sum y) / n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2 / n)}$$

$$b = \frac{\sum 0,124 - (\sum 0,973 \cdot \sum 0,46) / 6}{\sum 0,390 - ((\sum 0,973)^2 / 6)} = 0,2137$$

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0,46 - (0,2137 \times 0,973)}{6} = 0,0421$$

$$R^2 = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R^2 = \frac{6(0,030) - (1,144 \times 0,067)}{(6(0,847) - (1,144)^2)^{0,5} (6(0,001) - (0,067)^2)^{0,5}} = 0,907$$

Sehingga,

Qm = kemampuan maksimum adsorpsi adsorben cangkang kerang (mg/gr)

Qm = 1/0,0421 = 23,76 mg/gr

K = Konstanta yang berkaitan dengan kecepatan adsorpsi

K = 1/(0,0421 x 23,76) = 0,197

8.2. Isoterm Freundlich

8.2.1. Isoterm Freundlich Adsorpsi Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Bisorban Tanpa Aktivasi										
Variasi Konsentrasi	Massa Adsorbent	Volume Larutan	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich			
							Massa	qe	Log qe	Log Ce
10	100	50	14,25	0,931	13,319	93,47	0,66595	6,660	0,82	-0,031
25	100	50	23,275	2,421	20,854	89,60	1,0427	10,427	1,02	0,384
50	100	50	45,3	5,9	39,4	86,98	1,97	19,700	1,29	0,771
100	100	50	114,6	32,1	82,5	71,99	4,125	41,250	1,62	1,507
150	100	50	165,2	74,1	91,1	55,15	4,555	45,550	1,66	1,870
200	100	50	203,8	122	81,8	40,14	4,09	40,900	1,61	2,086

Keterangan	Nilai
1/N	2,496
N	0,401
ln Kf	0,108
Kf	2,452

No	Ce	qe				
	x	y	xy	x ²	y ²	xy ²
1	1,074	0,15	0,161	1,154	0,02	0,026
2	0,413	0,10	0,040	0,171	0,01	0,002
3	0,169	0,05	0,009	0,029	0,00	0,000
4	0,031	0,02	0,001	0,001	0,00	0,000
5	0,013	0,02	0,000	0,000	0,00	0,000
6	0,008	0,02	0,000	0,000	0,00	0,000
Jumlah	1,710	0,37	0,211	1,354	0,04	0,028

Diketahui

$$y = bx + a$$

$$y = 0,4007x + 0,897$$

$$R^2 = 0,9348$$

Nilai slope (b) dihitung dengan cara :

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \cdot \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{0,211 - (1,710 \times 0,37)/6}{1,354 - \frac{(1,710)^2}{6}} = 0,4007$$

Sementara itu nilai intercept (a) dapat dihitung sebagai berikut.

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0,37 - (0,4007 \times 1,710)}{6} = 0,897$$

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus:

$$R^2 = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R^2 = \frac{6 \cdot (0,211) - (1,710 \times 0,37)}{(6 \cdot (1,354) - (1,710)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (6 \cdot (0,04) - (0,37)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0,9348$$

Sehingga,

K_f = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas adsorpsi

$$e^a = e^{0,8971} = 2,452$$

1/N = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

$$= 1/0.4007 = 2,495$$

8.2.2. Isoterm Freundlich Adsorpsi Teraktivasi

Variasi Konsentrasi Bisorban Teraktivasi										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich			
							Massa Teradsorpsi	qe	Log qe	Log Ce
10	100	50	14,25	1,812	12,438	87,28	0,622	6,219	0,79	0,258
25	100	50	23,275	3,689	19,586	84,15	0,979	9,793	0,99	0,567
50	100	50	45,3	9,58	35,72	78,85	1,786	17,860	1,25	0,981
75	100	50	114,6	52,8	61,8	53,93	3,090	30,900	1,49	1,723
150	100	50	165,2	130,3	34,9	21,13	1,745	17,450	1,24	2,115
300	100	50	203,8	163,1	40,7	19,97	2,035	20,350	1,31	2,212

Keterangan	Nilai
1/N	4,161
N	0,240
ln KF	0,864
KF	2,3745

No	Ce	qe	xy	x2	y2	xy2
	x	y				
1	0,552	0,16	0,089	0,305	0,03	0,008
2	0,271	0,10	0,028	0,073	0,01	0,001
3	0,104	0,06	0,006	0,011	0,00	0,000
4	0,019	0,03	0,001	0,000	0,00	0,000
5	0,008	0,06	0,000	0,000	0,00	0,000
6	0,006	0,05	0,000	0,000	0,00	0,000
Jumlah	0,960	0,46	0,124	0,389	0,05	0,009

Diketahui

$$y = bx + a$$

$$y = 0,2403x + 0,8648$$

$$R^2 = 0,6403$$

Nilai slope (b) dihitung dengan cara :

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \cdot \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{0,124 - (0,960 \times 0,46)/6}{0,389 - \left(\frac{(0,960)^2}{6}\right)} = 0,2403x$$

Sementara itu nilai intercept (a) dapat dihitung sebagai berikut.

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0,46 - (0,2403 \times 0,960)}{6} = 0,8648$$

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus:

$$R^2 = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R^2 = \frac{6 \cdot (0,124) - (0,960 \times 0,46)}{(6 \cdot (0,389) - (0,960)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (6 \cdot (0,05) - (0,46)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0,6403$$

Sehingga,

K_f = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas adsorpsi

$$e^a = e^{0,8648} = 2,374$$

$1/N$ = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

$$= 1/0,2403 = 4,161$$

LAMPIRAN III

UJI ADSORBEN CANGKANG KERANG DARAH PADA LARUTAN CHROMIUM



Pengecekan pH



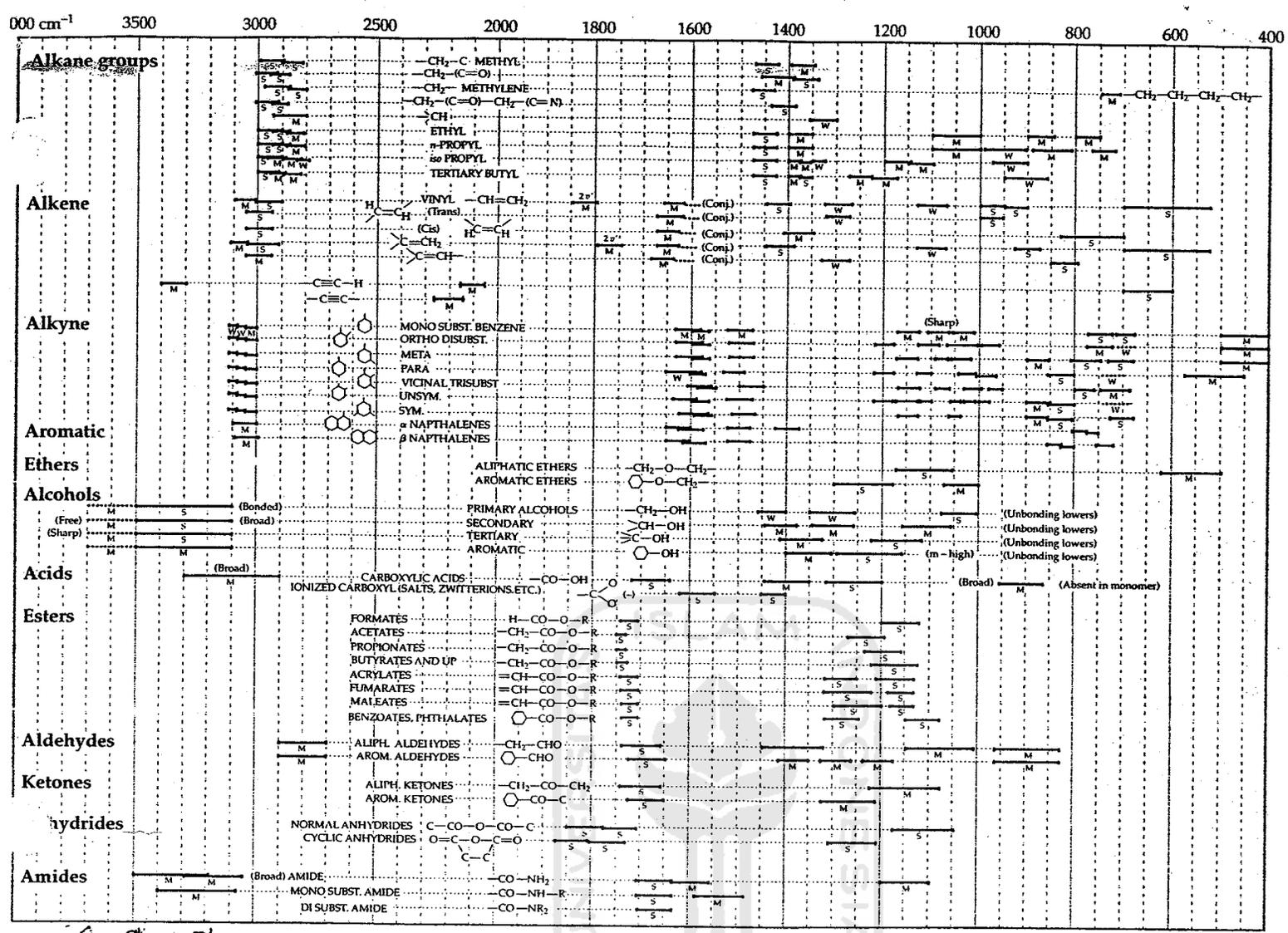
Penyaringan



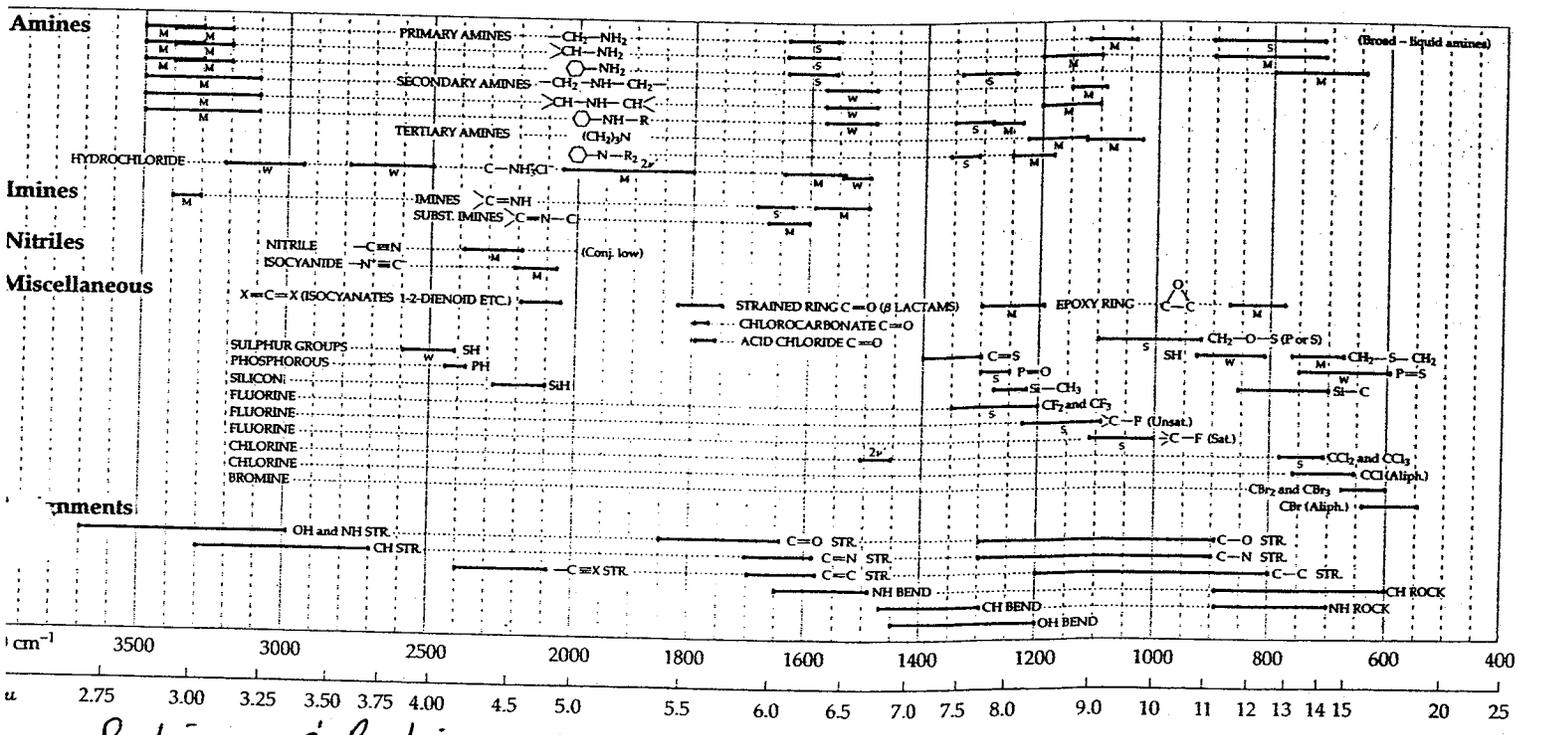
Enkapsulasi Adsorben



Enkapsulasi Setelah Di Oven



S Sharp strong
 M Medium
 W Wide weak



2.75 3.00 3.25 3.50 3.75 4.00 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 9.0 10 11 12 13 14 15 20 25

Table 10B.2 Simplified Correlation Chart of Molecular Vibrations by Type*

Type of vibration		Frequency (cm ⁻¹)	Intensity [†]
C—H	Alkanes (stretch)	3000–2850	s
	$\begin{array}{c} \text{=CH}_2 \\ \\ \text{—CH}_2\text{—} \end{array}$ (bend)	1450 and 1375	m
	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—} \\ \\ \text{—CH}_2\text{—} \end{array}$ (bend)	1465	m
	Alkenes (stretch)	3100–3000	m
	(out-of-plane bend)	1000–650	s
	Aromatics (stretch)	3150–3050	s
	(out-of-plane bend)	900–690	s
	Alkyne (stretch)	ca. 3300	s
	Aldehyde	2900–2800	w
			2800–2700
C—C	Alkane	not interpretatively useful	
C=C	Alkene	1680–1600	m-w
	Aromatic	1600 and 1475	m-w
C≡C	Alkyne	2250–2100	m-w
C=O	Aldehyde	1740–1720	s
	Ketone	1725–1705	s
	Carboxylic acid	1725–1700	s
	Ester	1750–1730	s
	Amide	1670–1640	s
	Anhydride	1810 and 1760	s
	Acid chloride	1800	s
C—O	Alcohols, ethers, esters, carboxylic acids, anhydrides	1300–1000	s
O—H	Alcohols, phenols		
	Free	3650–3600	m
	H-bonded	3500–3200	m
	Carboxylic acids	3400–2400	m
N—H	Primary and secondary amines and amides		
	(stretch)	3500–3100	m
	(bend)	1640–1550	m-s
C—N	Amines	1350–1000	m-s
C=N	Imines and oximes	1690–1640	w-s
C≡N	Nitriles	2260–2240	m
X=C=Y	Allenes, ketenes, isocyanates, isothiocyanates	2270–1950	m-s
N=O	Nitro (R—NO ₂)	1550 and 1350	s
S—H	Mercaptans	2550	w
S=O	Sulfoxides	1050	s
	Sulfones, sulfonyl chlorides	1375–1300 and	s
	Sulfates, sulfonamides	1200–1140	s
C—X	Fluoride	1400–1000	s
	Chloride	800–600	s
	Bromide, iodide	<667	s

*Data from Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S. 1979. *Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry*.

[†]s = strong, m = medium, w = weak.

TABLE 7-3 A Numerical Listing of Wavenumber Ranges in Which Some Functional Groups and Classes of Compounds Absorb in the Infrared

Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	Group and Class	Assignment and Remarks
3700-3600 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (dil soln)
3520-3320 (m-s)	—NH ₂ in aromatic amines, primary amines and amides	NH stretch (dil soln)
3420-3250 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (solids & liquids)
3360-3340 (m)	—NH ₂ in primary amides	NH ₂ antisym stretch (solids)
3320-3250 (m)	—OH in oximes	O—H stretch
3300-3250 (m-s)	≡CH in acetylenes	≡CH—H stretch
3300-3280 (s)	—NH in secondary amides	NH stretch (solids); also in polypeptides and proteins
3200-3180 (s)	—NH ₂ in primary amides	NH ₂ sym stretch (solids)
3200-3000 (v br)	—NH ₃ ⁺ in amino acids	NH ₃ ⁺ antisym stretch
3100-2400 (v br)	—OH in carboxylic acids	H-bonded OH stretch
3100-3000 (m)	=CH in aromatic and unsaturated hydrocarbons	=C—H stretch
2990-2850 (m-s)	—CH ₃ and —CH ₂ — in aliphatic compounds	CH antisym and sym stretching
2850-2700 (m)	—CH ₃ attached to O or N	CH stretching modes
2750-2650 (w-m)	—CHO in aldehydes	overtone of CH bending (Fermi resonance)
2750-2350 (br)	—NH ₃ ⁺ in amine hydrohalides	NH stretching modes
2720-2560 (m)	—OH in phosphorus oxyacids	associated OH stretching
2600-2540 (w)	—SH in alkyl mercaptans	S—H stretch; strong in Raman
2410-2280 (m)	—PH in phosphines	P—H stretch; sharp peak
2300-2230 (m)	N≡N in diazonium salts	N≡N stretch, aq soln
2285-2250 (s)	N=C=O in isocyanates	N=C=O antisym stretch
2260-2200 (m-s)	C≡N in nitriles	C≡N stretch
2260-2190 (w-m)	C≡C in alkynes (disubst)	C≡C stretch; strong in Raman
2190-2130 (m)	C≡N in thiocyanates	C≡N stretch
2175-2115 (s)	N≡C in isonitriles	N≡C stretch
2160-2080 (m)	N=N=N ⁺ in azides	N=N=N antisym stretch
2140-2100 (w-m)	C≡C in alkynes (monosubst)	C≡C stretch
2000-1650 (w)	substituted benzene rings	several bands from overtone and combination bands
1980-1950 (s)	C=C=C in allenes	C=C=C antisym stretch
1870-1650 (vs)	C=O in carbonyl compounds	C=O stretch
1870-1830 (s)	C=O in β-lactones	C=O stretch
1870-1790 (vs)	C=O in anhydrides	C=O antisym stretch; part of doublet
1820-1800 (s)	C=O in acid halides	C=O stretch; lower for aromatic acid halides
1780-1760 (s)	C=O in γ-lactones	C=O stretch
1765-1725 (vs)	C=O in anhydrides	C=O sym stretch; part of doublet
1760-1740 (vs)	C=O in α-keto esters	C=O stretch; enol form
1750-1730 (s)	C=O in δ-lactones	C=O stretch
1750-1740 (vs)	C=O in esters	C=O stretch; 20 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1740-1720 (s)	C=O in aldehydes	C=O stretch; 30 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1720-1700 (s)	C=O in ketones	C=O stretch; 20 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1710-1690 (s)	C=O in carboxylic acids	C=O stretch; fairly broad
1690-1640 (s)	C=N in oximes	C=N stretch; also imines
1680-1620 (s)	C=O and NH ₂ in primary amides	two bands from C=O stretch and NH ₂ deformation
1680-1635 (s)	C=O in ureas	C=O stretch; broad band
1680-1630 (m-s)	C=C in alkenes, etc.	C=C stretch
1680-1630 (vs)	C=O in secondary amides	C=O stretch (Amide I band)

^av = very, s = strong, m = medium, w = weak, br = broad.

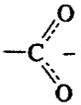
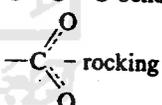
TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	Group and Class	Assignment and Remarks
1670-1640 (s-vs)	C=O in benzophenones	C=O stretch
1670-1650 (vs)	C=O in primary amides	C=O stretch (Amide I band)
1670-1630 (vs)	C=O in tertiary amides	C=O stretch
1655-1635 (vs)	C=O in β -ketone esters	C=O stretch; enol form
1650-1620 (w-m)	N-H in primary amides	NH deformation (Amide II band)
1650-1580 (m-s)	NH ₂ in primary amines	NH ₂ deformation
1640-1580 (s)	NH ₃ ⁺ in amino acids	NH ₃ deformation
1640-1580 (vs)	C=O in β -diketones	C=O stretch; enol form
1620-1610 (s)	C=C in vinyl ethers	C=C stretch; doublet due to rotational isomerism
1615-1590 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch; sharp peak
1615-1565 (s)	pyridine derivatives	ring stretch; doublet
1610-1580 (s)	NH ₂ in amino acids	NH ₂ deformation; broad band
1610-1560 (vs)	COO ⁻ in carboxylic acid salts	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ antisym stretch
1590-1580 (m)	NH ₂ primary alkyl amide	NH ₂ deformation (Amide II band)
1575-1545 (vs)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ antisym stretch
1565-1475 (vs)	NH in secondary amides	NH deformation (Amide II band)
1560-1510 (s)	triazine compounds	ring stretch; sharp band
1550-1490 (s)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ antisym stretch
1530-1490 (s)	NH ₃ ⁺ in amino acids or hydrochlorides	NH ₃ ⁺ deformation
1530-1450 (m-s)	N=N-O in azoxy compounds	N=N-O antisym stretch
1515-1485 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch, sharp band
1475-1450 (vs)	CH ₂ in aliphatic compounds	CH ₂ scissors vibration
1465-1440 (vs)	CH ₃ in aliphatic compounds	CH ₃ antisym deformation
1440-1400 (m)	OH in carboxylic acids	in-plane OH bending
1420-1400 (m)	C-N in primary amides	C-N stretch (Amide III band)
1400-1370 (m)	<i>t</i> -butyl group	CH ₃ deformations (two bands)
1400-1310 (s)	COO ⁻ group in carboxylic acid salts	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}- \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ sym stretch; broad band
1390-1360 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ antisym stretch
1380-1370 (s)	CH ₃ in aliphatic compounds	CH ₃ sym deformation
1380-1360 (m)	isopropyl group	CH ₃ deformations (two bands)
1375-1350 (s)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ sym stretch
1360-1335 (vs)	SO ₂ in sulfonamides	SO ₂ antisym stretch
1360-1320 (vs)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ sym stretch
1350-1280 (m-s)	N=N-O in azoxy compounds	N=N-O sym stretch
1335-1295 (vs)	SO ₂ in sulfones	SO ₂ antisym stretch
1330-1310 (m-s)	CF ₃ attached to a benzene ring	CF ₃ antisym stretch
1300-1200 (vs)	$\overset{+}{\text{N}}-\overset{-}{\text{O}}$ in pyridine <i>N</i> -oxides	N-O stretch
1300-1175 (vs)	P=O in phosphorus oxyacids and phosphates	P=O stretch
1300-1000 (vs)	C-F in aliphatic fluoro compounds	C-F stretch
1285-1240 (vs)	Ar-O in alkyl aryl ethers	C-O stretch
1280-1250 (vs)	Si-CH ₃ in silanes	CH ₃ sym deformation
1280-1240 (m-s)	$\begin{array}{c} \text{C}-\text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$ in epoxides	C-O stretch
1280-1180 (s)	C-N in aromatic amines	C-N stretch
1280-1150 (vs)	C-O-C in esters, lactones	C-O-C antisym stretch

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity*	Group and Class	Assignment and Remarks
1255-1240 (m)	<i>t</i> -butyl in hydrocarbons	skeletal vibration; second band near 1200 cm ⁻¹
1245-1155 (vs)	SO ₃ H in sulfonic acids	S=O stretch
1240-1070 (s-vs)	C—O—C in ethers	C—O—C stretch; also in esters
1230-1100 (s)	C—C—N in amines	C—C—N bending
1225-1200 (s)	C—O—C in vinyl ethers	C—O—C antisym stretch
1200-1165 (s)	SO ₂ Cl in sulfonyl chlorides	SO ₂ sym stretch
1200-1015 (vs)	C—OH in alcohols	C—O stretch
1170-1145 (s)	SO ₂ NH ₂ in sulfonamides	SO ₂ sym stretch
1170-1140 (s)	SO ₂ — in sulfones	SO ₂ sym stretch
1160-1100 (m)	C=S in thiocarbonyl compounds	C=S stretch; strong in Raman
1150-1070 (vs)	C—O—C in aliphatic ethers	C—O—C antisym stretch
1120-1080 (s)	C—O—H in secondary or tertiary alcohols	C—O stretch
1120-1030 (s)	C—NH ₂ in primary aliphatic amines	C—N stretch
1100-1000 (vs)	Si—O—Si in siloxanes	Si—O—Si antisym stretch
1080-1040 (s)	SO ₃ H in sulfonic acids	SO ₃ sym stretch
1065-1015 (s)	CH—O—H in cyclic alcohols	C—O stretch
1060-1025 (vs)	CH ₂ —O—H in primary alcohols	C—O stretch
1060-1045 (vs)	S=O in alkyl sulfoxides	S=O stretch
1055-915 (vs)	P—O—C in organophosphorus compounds	P—O—C antisym stretch
1030-950 (w)	carbon ring in cyclic compounds	ring breathing mode; strong in Raman
1000-950 (s)	CH=CH ₂ in vinyl compounds	=CH out-of-plane deformation
980-960 (vs)	CH=CH— in trans disubstituted alkenes	=CH out-of-plane deformation
950-900 (vs)	CH=CH ₂ in vinyl compounds	CH ₂ out-of-plane wag
900-865 (vs)	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{CH}_2=\text{C} \\ \\ \text{R}' \end{array}$ in vinylidenes	CH ₂ out-of-plane wag
890-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
860-760 (vs, br)	R—NH ₂ primary amines	NH ₂ wag
860-720 (vs)	Si—C in organosilicon compounds	Si—C stretch
850-830 (vs)	1,3,5-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
850-810 (vs)	Si—CH ₃ in silanes	Si—CH ₃ rocking
850-790 (m)	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{CH}=\text{C} \\ \\ \text{R}' \end{array}$ in trisubst alkenes	CH out-of-plane deformation
850-550 (m)	C—Cl in chloro compounds	C—Cl stretch
830-810 (vs)	<i>p</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
825-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
820-800 (s)	triazines	CH out-of-plane deformation
815-810 (s)	CH=CH ₂ in vinyl ethers	CH ₂ out-of-plane wag
810-790 (vs)	1,2,3,4-tetrasubst benzenes	CH out-of-plane deformation
800-690 (vs)	<i>m</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
785-680 (vs)	1,2,3-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
775-650 (m)	C—S in sulfonyl chlorides	C—S stretch; strong in Raman
770-690 (vs)	monosubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
760-740 (s)	<i>o</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
760-510 (s)	C—Cl alkyl chlorides	C—Cl stretch
740-720 (w-m)	—(CH ₂) _{<i>n</i>} — in hydrocarbons	CH ₂ rocking in methylene chains; intensity depends on chain length
730-665 (s)	CH=CH in cis disubst alkenes	CH out-of-plane deformation
720-600 (s, br)	Ar—OH in phenols	OH out-of-plane deformation

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	Group and Class	Assignment and Remarks
710-570 (m)	C-S in sulfides	C-S stretch; strong in Raman
700-590 (s)	O=C=O in carboxylic acids	O=C=O bending
695-635 (s)	C-C-CHO in aldehydes	C-C-CHO bending
680-620 (s)	C-OH in alcohols	C-O-H bending
680-580 (s)	C≡C-H in alkynes	C≡C-H bending
650-600 (w)	S-C≡N in thiocyanates	S-C stretch; strong in Raman
650-600 (s)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ deformation
650-500 (s)	Ar-CF ₃ in aromatic trifluoro-methyl compounds	CF ₃ deformation (two or three bands)
650-500 (s)	C-Br in bromo compounds	C-Br stretch
645-615 (m-s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
645-575 (s)	O-C-O in esters	O-C-O bend
640-630 (s)	=CH ₂ in vinyl compounds	=CH ₂ twisting
635-605 (m-s)	pyridines	in-plane ring deformation
630-570 (s)	N-C=O in amides	N-C=O bend
630-565 (s)	C-CO-C in ketones	C-CO-C bend
615-535 (s)	C=O in amides	C=O out-of-plane bend
610-565 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ deformation
610-545 (m-s)	SO ₂ in sulfones	SO ₂ scissoring
600-465 (s)	C-I in iodo compounds	C-I stretch
580-530 (m-s)	C-C-CN in nitriles	C-C-CN bend
580-520 (m)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ deformation
580-430 (s)	ring in cycloalkanes	ring deformation
580-420 (m-s)	ring in benzene derivatives	in-plane and out-of-plane ring deformations (two bands)
570-530 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ rocking
565-520 (s)	C-C=O in aldehydes	C-C=O bend
565-440 (w-m)	C _n H _{2n+1} in alkyl groups	chain deformation modes (two bands)
560-510 (s)	C-C=O in ketones	C-C=O bend
560-500 (s)	 in amino acids	 rocking
555-545 (s)	=CH ₂ in vinyl compounds	=CH ₂ twisting
550-465 (s)	C-C=O in carboxylic acids	C-C=O bend
545-520 (s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
530-470 (m-s)	NO ₂ in nitro compounds	NO ₂ rocking
520-430 (m-s)	C-O-C in ethers	C-O-C bend
510-400 (s)	C-N-C in amines	C-N-C bend
490-465 (variable)	naphthalenes	out-of-plane ring bending
440-420 (s)	Cl-C=O in acid chlorides	Cl-C=O in-plane deformation
405-400 (s)	S-C≡N in thiocyanates	S-C≡N bend

Joseph B. Lambert, et al.
Introduction to Organic
Spectroscopy, Macmillan
 Publ. N.Y. (1987)