



SKRIPSI

**ADSORPSI ION Cd^{2+} DALAM LARUTAN
MENGUNAKAN KARBON AKTIF DARI BIJI
TREMRESI (*Samanea saman*): OPTIMASI pH
DAN WAKTU KONTAK**

VELLA CARELLA WIJAYA
NRP 1411 100 094

Dosen Pembimbing
Dra. Ita Ulfin, M.Si

JURUSAN KIMIA
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



SCRIPT

**ADSORPTION OF Cd^{2+} IONS FROM THE
AQUEOUS SOLUTION BY ACTIVATED CARBON
DERIVED FROM *Samanea saman* SEED:
OPTIMIZATION OF pH AND CONTACT TIME**

VELLA CARELLA WIJAYA
NRP 1411 100 094

SUPERVISOR
Dra. Ita Ulfin, M.Si

CHEMISTRY DEPARTMENT
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Tenth of November Institute of Technology
Surabaya 2015

**ADSORPSI ION Cd²⁺ DALAM LARUTAN
MENGUNAKAN KARBON AKTIF DARI BIJI
TREMBESI (*Samanea saman*): OPTIMASI pH DAN
WAKTU KONTAK**

SKRIPSI

Oleh :

VELLA CARELLA WIJAYA
NRP 1411 100 094

SURABAYA, 18 Juni 2015

**Disetujui oleh
Dosen Pembimbing**

Dra. Ita Ulfin, M.Si
NIP. 19650426 198903 2 002

**Mengetahui
Ketua Jurusan Kimia,**

Hamzah Fansuri, M.Si. Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

ADSORPSI ION Cd^{2+} DALAM LARUTAN MENGUNAKAN KARBON AKTIF DARI BIJI TREMBESI (*Samanea saman*): OPTIMASI pH DAN WAKTU KONTAK

Nama : Vella Carella Wijaya
NRP : 1411 100 094
Jurusan : Kimia FMIPA
Pembimbing : Dra. Ita Ulfin, M.Si

Abstrak

Adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi telah dilakukan. Biji trembesi (*Samanea saman*) dikarbonisasi dan diaktivasi dengan asam fosfat (H_3PO_4) untuk mengurangi kadar ion Cd^{2+} dalam larutan. Adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* dengan 2 g/L karbon aktif untuk mengetahui pH dan waktu kontak optimum. Hasil yang diperoleh yaitu pH optimum proses adsorpsi ion Cd^{2+} terjadi pada pH 7 dengan jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi sebesar 97,11%. Kemudian, waktu kontak optimum dicapai pada menit ke 90 dengan jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi sebesar 88,72%. Proses adsorpsi pada penelitian ini mengikuti model kinetika orde satu semu dengan nilai k sebesar 2,1261 menit⁻¹.

Kata kunci : adsorpsi, ion Cd^{2+} , karbon aktif, biji trembesi, aktivator H_3PO_4

ADSORPTION OF Cd²⁺ IONS FROM THE AQUEOUS SOLUTION BY ACTIVATED CARBON DERIVED FROM *Samanea saman* SEED: OPTIMIZATION OF pH AND CONTACT TIME

Name : Vella Carella Wijaya
NRP : 1411 100 094
Department : Kimia FMIPA
Supervisor : Dra. Ita Ulfin, M.Si

Abstract

Adsorption of Cd²⁺ ions from the aqueous solution by activated carbon derived from *Samanea saman* seed has been investigated. *Samanea saman* seed were carbonised and activated treatment with phosphoric acid (H₃PO₄) to remove Cd²⁺ ions from solutions. Batch adsorption experiments were conducted to observe the effect of pH and contact time on the 2 g/L of activated carbon. The optimum pH for adsorption of Cd²⁺ ions was observed in pH 7 with 97,11% removal of Cd²⁺ ions. Subsequently, the optimum contact time was achieved at 90 min with 88,72% removal of Cd²⁺ ions. Adsorption processes were found to follow pseudo first orde rate model with *k* value 2,1261 min⁻¹.

Keywords : adsorption, Cd²⁺ ions, activated carbon, *Samanea saman* seeds, activating agent H₃PO₄

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah tugas akhir berjudul “**Adsorpsi Ion Cd²⁺ dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*): Optimasi pH dan Waktu Kontak**” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan naskah ini tidak luput dari dukungan beberapa pihak. Oleh sebab itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Dra. Ita Ulfin, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Hamzah Fansuri, M.Si., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Suprpto, M.Si., Ph.D., Dr. Ir. Endah Mutiara, M.Si., dan Dra. Yulfi Zetra, MS., selaku dosen penguji atas penilaiannya pada tugas akhir ini.
4. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, selaku ketua Laboratorium Instrumen dan Sains Analitik atas izin dan dukungannya selama penelitian.
5. Drs. Refdinal Nawfa, MS., selaku dosen wali dan dosen penguji atas pengarahannya dalam pengambilan mata kuliah serta penilaiannya pada tugas akhir ini.
6. Drs. Hendro Yuwono, M.Si., yang telah membantu selama proses penelitian.

7. Kedua orang tua dan adik-adikku yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa.
8. Teman-teman dan warga Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik atas bantuan dan kerja samanya selama proses penelitian

Penulis menyadari bahwa penulisan naskah tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

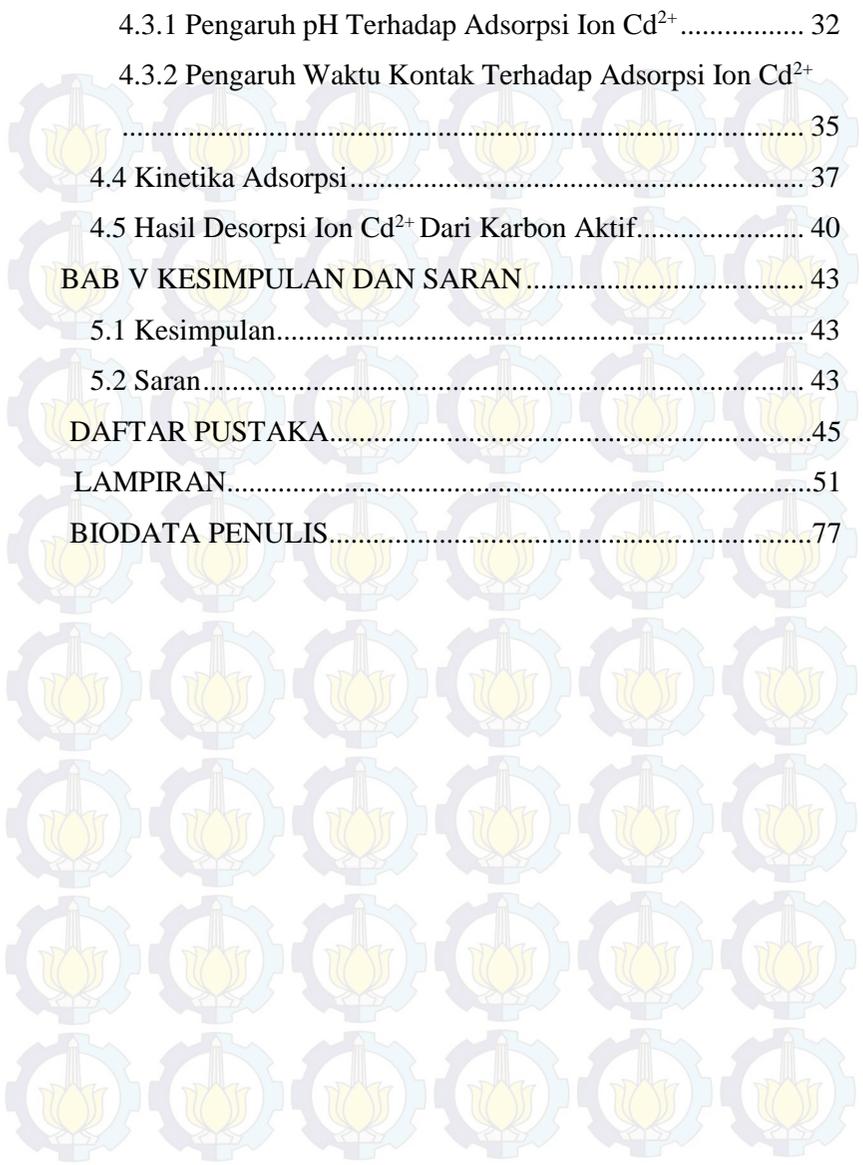
Surabaya, 18 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tanaman Trembesi.....	5
2.2 Karbon Aktif	6
2.2.1 Pembuatan Karbon Aktif.....	7
2.2.2 Karakterisasi Karbon aktif.....	8
2.3 Adsorpsi	11
2.3.1 Jenis Adsorpsi.....	11

2.3.2 Kinetika Adsorpsi.....	12
2.4 Desorpsi.....	15
2.5 Kadmium.....	16
2.6 Spektrofotometri Serapan Atom.....	18
2.7 Spektrofotometri Inframerah Transformasi Fourier.....	19
2.8 Spektrofotometri UV-Vis.....	21
2.9 Penelitian Sebelumnya.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Alat dan Bahan.....	23
3.1.1 Alat.....	23
3.1.2 Bahan.....	23
3.2 Prosedur Kerja.....	23
3.2.1 Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif.....	23
3.2.2 Adsorpsi Ion Cd ²⁺ dalam Larutan.....	24
3.2.3 Kinetika Adsorpsi.....	25
3.2.4 Desorpsi.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pembuatan Karbon Aktif.....	27
4.2 Karakterisasi Karbon Aktif.....	27
4.2.1 Kadar Air Karbon Aktif.....	27
4.2.2 Identifikasi Gugus Fungsi.....	28
4.2.3 Luas Permukaan Karbon Aktif.....	30
4.3 Hasil Adsorpsi Ion Cd ²⁺	32



4.3.1 Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Ion Cd ²⁺	32
4.3.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Cd ²⁺	35
4.4 Kinetika Adsorpsi.....	37
4.5 Hasil Desorpsi Ion Cd ²⁺ Dari Karbon Aktif.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	51
BIODATA PENULIS.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pohon trembesi	5
Gambar 2.2 Buah dan biji trembesi.....	6
Gambar 2.3 Prinsip FTIR	19
Gambar 4.1 Spektra IR biomassa dan karbon aktif biji trembesi...	28
Gambar 4.2 Panjang gelombang maksimum metilen biru	31
Gambar 4.3 Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan.....	33
Gambar 4.4 Kurva spesi Cd (II) dalam larutan	34
Gambar 4.5 Grafik pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan.....	36
Gambar 4.6 Grafik kinetika orde satu semu.....	37
Gambar 4.7 Grafik kinetika orde dua semu.....	38
Gambar 4.8 Grafik kinetika orde satu dan orde dua.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Gugus fungsi pada karbon aktif.....	9
Tabel 2.2 Variabel pengukuran kadmium pada SSA.....	18
Tabel 4.1 Gugus fungsi pada biomassa trembesi	29
Tabel 4.2 Gugus fungsi pada karbon aktif biji trembesi	29
Tabel 4.3 Hasil adsorpsi metilen biru.....	31
Tabel 4.4 Pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cd^{2+}	32
Tabel 4.5 Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cd^{2+}	35
Tabel 4.6 Perbandingan model kinetika adsorpsi.....	40
Tabel 4.7 Hasil desorpsi ion Cd^{2+}	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Skema Kerja.....	51
Lampiran B Pembuatan Larutan.....	52
Lampiran C Kurva Kalibrasi.....	54
Lampiran D Analisa Data Hasil Adsorpsi.....	56
Lampiran E Analisa Data Hasil Desorpsi.....	62
Lampiran F Kinetika Adsorpsi.....	63
Lampiran G Karakterisasi Karbon Aktif Biji Trembesi.....	68
Lampiran H Penentuan Waktu Kesetimbangan Adsorpsi.....	73

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lingkungan merupakan salah satu komponen yang sangat penting di kehidupan karena merupakan habitat bagi semua makhluk hidup. Keadaan lingkungan sangat mempengaruhi kelangsungan hidup manusia maupun alam sekitarnya. Apabila terjadi masalah pada lingkungan, maka seluruh komponen di dalamnya akan terganggu dan menjadi tidak seimbang. Oleh karena itu, permasalahan lingkungan menjadi masalah yang kompleks saat ini. Salah satu penyebab dari permasalahan lingkungan saat ini adalah meningkatnya industri-industri penghasil limbah cair yang mengandung logam berat yang memiliki efek buruk bagi makhluk hidup dan lingkungan.

Logam berat merupakan unsur-unsur kimia yang memiliki bobot jenis $> 5 \text{ gr/cm}^3$ (Barus, 2004). Logam berat dalam jumlah tertentu yang terkandung dalam limbah hasil buangan industri dapat mengakibatkan efek biotoksik dan menimbulkan penyakit akut maupun kronis. Seperti yang ditulis oleh Abi Sofyan (2011), Badan Perlindungan Amerika Serikat (*United States Environment Protection Agency*) mengklasifikasikan beberapa logam berat dalam daftar “*Top 20 Hazardous Substance Priority List*” salah satunya adalah Cd pada peringkat tujuh. Cd merupakan salah satu logam berat yang bersifat karsinogen bagi manusia. Cd dapat terakumulasi pada ginjal dan dapat menyebabkan disfungsi organ ginjal. Selain itu, Cd juga dapat mengganggu sistem rangka manusia karena menyebabkan osteoporosis dan juga menyebabkan kanker paru-paru (WHO, 2010).

Banyak upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi pencemaran akibat logam Cd. Salah satunya adalah dengan menggunakan karbon aktif sebagai adsorben. Seperti yang telah

diteliti sebelumnya oleh Ahn dkk., (2009) yang menggunakan karbon aktif komersial yang diaktivasi dengan HNO_3 dengan bantuan surfaktan. Karbon aktif dapat mengadsorpsi Cd hingga 0,165 mmol/g. Selain karbon aktif komersial, banyak penelitian yang membuat karbon aktif dari material alam. Karbon aktif yang terbuat dari material alam biasa disebut dengan biosorben. Selain ramah lingkungan, biosorben juga lebih murah dibandingkan dengan karbon aktif komersial sehingga banyak penelitian yang menggunakan biosorben untuk mengadsorpsi logam berat. Salah satu material alam yang dapat dibuat karbon aktif adalah kulit kacang. Karbon aktif tersebut diaktivasi dengan gas SO_2 . Karbon aktif dari kulit kacang yang telah diaktivasi dapat menurunkan kadar Cd dalam larutan hingga 92,4% . Hasil adsorpsi optimum diperoleh pada pH 12 dan waktu kontak 4 jam (Tajar dkk., 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Nur Fadilah (2013) menggunakan karbon aktif dari tempurung biji nyamplung sebagai adsorben logam Cd dalam larutan. Tempurung biji nyamplung mengandung $\pm 87,64\%$ holoselulosa yang berarti bahwa tempurung biji nyamplung dapat dikonversi menjadi karbon aktif. Karbon aktif yang digunakan diaktivasi dengan H_2SO_4 . Karbon aktif dari tempurung biji nyamplung dapat menurunkan kadar ion Cd^{2+} dalam larutan hingga 99,44% pada pH 10. Proses adsorpsi dengan waktu kontak 60 menit memberikan prosentase penurunan ion Cd^{2+} hingga 99,42%. Selain proses adsorpsi juga dilakukan proses desorpsi yaitu pelepasan kembali adsorbat yang telah berikatan dengan permukaan karbon aktif ke dalam larutan dengan menggunakan agen pendesorpsi berupa air dan asam-asam kuat seperti HCl , HNO_3 , dan H_2SO_4 . Hasil yang diperoleh yaitu desorpsi dengan asam (HCl) dengan prosentase desorpsi 85,59% lebih baik dibandingkan dengan desorpsi menggunakan air dengan prosentase 11,80%. Proses adsorpsi kedua penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi dipengaruhi oleh pH dan waktu kontak.

Biji trembesi merupakan salah satu bagian tanaman trembesi yang mengandung selulosa. Kandungan selulosa biji trembesi $\pm 32,47\%$. Kandungan selulosa biji trembesi tersebut lebih rendah dibandingkan dengan biji nyamplung. Hal ini berarti bahwa, biji

trembesi perlu diuji apakah dapat dikonversi menjadi karbon aktif atau tidak dan perlu diuji pula kemampuan adsorpsinya. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan percobaan penurunan kadar ion Cd^{2+} dalam larutan dengan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi dengan menggunakan aktivator H_3PO_4 . Diharapkan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi ini memiliki kemampuan mengadsorp ion Cd^{2+} dengan baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH dan waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cd^{2+} oleh karbon aktif biji trembesi serta untuk mengetahui proses desorpsi ion Cd^{2+} menggunakan agen pendesorpsi air dan HCl.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi;
2. Berapa pH dan waktu kontak optimum pada proses adsorpsi ion Cd^{2+} menggunakan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi;
3. Bagaimana model kinetika adsorpsi ion Cd^{2+} dengan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi;
4. Berapa prosentase desorpsi ion Cd^{2+} pada karbon aktif menggunakan pelarut HCl dan aqua DM.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah larutan stok ion Cd^{2+} yang digunakan dalam studi adsorpsi dibuat dari $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Variabel yang digunakan meliputi pH yaitu 4, 6, 7, 8, 10, dan 13. Waktu kontak yaitu 30, 60, 90, 105, 120, dan 150 menit. Agen pendesorpsi yang digunakan dalam studi desorpsi ion Cd^{2+} adalah aqua DM dan HCl.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pH dan waktu kontak optimum pada proses adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi serta untuk mengetahui proses desorpsi ion Cd^{2+} menggunakan agen pendesorpsi air dan HCl.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi mengenai kemampuan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi terhadap adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan dengan pengaruh pH dan waktu kontak, sehingga dapat digunakan dalam upaya pengurangan dampak pencemaran lingkungan akibat dari limbah yang mengandung logam berat Cd. Penelitian ini juga memberikan informasi tentang penggunaan kembali karbon aktif biji trembesi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tanaman Trembesi

Trembesi (*Samanea saman*) atau yang sering disebut dengan pohon hujan adalah pohon yang berasal dari Amerika. Pohon trembesi merupakan pohon yang sangat besar, ketinggiannya dapat mencapai 50 m dan diameter batangnya 250 cm. Pohon trembesi memiliki ranting yang panjangnya mencapai 60 m menyamping sehingga bentuk pohon trembesi menyerupai sebuah payung (Flores, 1979). Pohon trembesi ditunjukkan oleh Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Pohon trembesi

Buah trembesi berwarna hijau, kecil dan berdaging ketika masih muda yaitu sekitar musim penghujan. Kemudian buah trembesi akan tumbuh dengan cepat pada musim kemarau. Buah yang sudah masak akan berubah warna menjadi hitam dan berkerut. Bentuk buah trembesi adalah lurus dan agak melengkung dengan panjang 10-20 cm. Buah trembesi memiliki daging lengket dan manis berwarna coklat, serta berisi 12-20 biji (Durr, 2001).

Menurut Flores (1979), biji trembesi berbentuk lonjong dengan panjang 1 cm, lebar 0,7 cm, dan tebalnya 0,5 cm. Satu buah trembesi dapat menghasilkan 20% biji yang bagus, 15% biji gagal, dan sisanya adalah biji rusak yang dimakan oleh serangga. Biji

trembesi berwarna merah kecoklatan, agak pipih dari sisi ke sisi, halus dan sangat keras. Biji trembesi dapat disimpan untuk jangka waktu yang cukup lama pada suhu 4°C dengan kadar air 6-8% (Staples dan Elevitch, 2006). Buah dan biji trembesi ditunjukkan oleh Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Buah dan biji trembesi

Biji trembesi mengandung 25,3% protein sederhana, 5,4% lignin, 0,4% kalsium dan 0,1% fosfor. Selain itu, biji trembesi juga mengandung nitrogen dengan kadar yang cukup tinggi, alkaloid, tannin, dan saponin (Delgado dkk., 2014). Kandungan kimia biji trembesi juga telah diteliti oleh Rindyastuti dan Darmayanti (2010), yaitu terdiri dari 23,8% karbon, 0,94% nitrogen, 0,84% fosfor, 1,97% polifenol, 36,82% lignin dan 32,47% selulosa.

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan padatan berpori dengan komposisi 85-95% karbon yang dipanaskan pada suhu tinggi sehingga padatan tersebut akan terkarbonisasi. Kemudian dilakukan aktivasi terhadap padatan berpori tersebut dengan menggunakan bahan-bahan kimia agar daya serapnya meningkat (Napitupulu, 2003).

Struktur poros dari permukaan karbon aktif berhubungan dengan struktur kristalnya. Struktur dasar dari karbon aktif adalah mikrokristalin mirip grafit, yaitu kristal yang terdiri dari banyak layer cincin heksagonal yang jarak antar layernya sekitar 0,34-0,35

nm. Sedangkan panjang ikatan antar karbon pada masing-masing layer adalah 0,142 nm. Pembentukan struktur kristal pada karbon aktif dimulai saat proses karbonisasi (Jankowska dkk., 1991).

Menurut Pujiyanto (2010), struktur fisik karbon aktif adalah amorf yang atom-atomnya berikatan kovalen dalam kisi heksagonal. Hasil dari sinar X membuktikan bahwa karbon aktif berbentuk kristalin-kristalin yang memiliki tebal 0,7-1,1 nm, adanya 3-4 lapisan karbon yang terisi 20-30 heksagon di tiap lapisannya. Rongga-rongga antar kristal diisi oleh karbon-karbon amorf yang berikatan secara tiga dimensi dengan atom-atom lain terutama oksigen.

Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben karena memiliki luas permukaan yang besar dan porositas tinggi yang dihasilkan melalui dua metode yaitu aktivasi termal dan aktivasi kimia sehingga daya serapnya baik. Aktivasi termal dilakukan dengan memanaskan material karbon terlebih dahulu pada temperatur tinggi dengan adanya gas pengoksidasi. Sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan cara memanaskan campuran material karbon dan aktivator (agen pendehidrasi) pada suhu 200^o-650^oC. Aktivator yang banyak digunakan antara lain H₃PO₄, ZnCl₂, dan H₂SO₄ (Kinoshita, 1988).

2.2.1 Pembuatan Karbon Aktif

Langkah utama dalam preparasi karbon aktif adalah karbonisasi bahan baku yang digunakan. Proses karbonisasi biasanya dilakukan tanpa adanya udara. Temperatur yang digunakan pada proses karbonisasi harus dibawah <700^oC (Sing, 2014). Sedangkan menurut Helena (1991), suhu yang digunakan untuk karbonisasi adalah 500-800^oC. Pada proses karbonisasi material akan semakin kaya oleh karbon dan membentuk struktur poros yang lebih baik.

Hasil dari proses karbonisasi material yang mengandung karbon merupakan material yang belum dapat dikatakan aktif dalam adsorpsi. Oleh karena itu dibutuhkan proses aktivasi untuk

mengubah produk karbonisasi menjadi adsorben yang memiliki porositas tinggi (Jankowska dkk., 1991).

Daya serap karbon aktif dipengaruhi oleh luas permukaan dan volume pori dari karbon aktif. Untuk meningkatkan daya serap, perlu dilakukan aktivasi pada karbon. Aktivasi dilakukan agar terjadi pemecahan ikatan hidrokarbon atau pengoksidasian molekul-molekul permukaan yang menyebabkan luas permukaan dan pori volume bertambah besar sehingga daya serap meningkat (Napitupulu, 2003).

Aktivasi dibagi menjadi dua macam yaitu aktivasi secara fisika dan aktivasi secara kimia. Aktivasi secara fisika biasanya digunakan untuk menghasilkan karbon aktif yang digunakan untuk proses penjernihan air yang melibatkan proses endotermis. Aktivator yang digunakan dalam aktivasi secara fisika biasanya adalah gas. Sedangkan aktivasi secara kimia adalah proses aktivasi yang digunakan pada karbon aktif yang berbahan dasar selulosa. Aktivasi kimia bertujuan untuk mengurangi pengotor dan produk samping dengan cara perendaman bahan karbon aktif dalam senyawa kimia (Pujiyanto, 2010).

Bahan-bahan yang memiliki selulosa seperti kayu merupakan material yang dapat diaktivasi dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Material ini mengandung 43% oksigen dan kurang lebih 6% hidrogen. Bahan aktivator yang dapat digunakan untuk mengaktivasi material ini diantaranya adalah asam fosfat, seng klorida, dan potassium klorida (Jankowska dkk., 1991).

2.2.2 Karakterisasi Karbon aktif

2.2.2.1 Kadar Air Karbon Aktif

Kadar air merupakan prosentase kandungan air dalam suatu bahan. Kadar air dapat dinyatakan dalam prosentase berat bahan basah (*wet basis*) maupun berat bahan kering (*dry basis*). Kadar air basah dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini:

$$M = \frac{W_m}{W_m + W_d} \times 100\% \quad (2.1)$$

Sedangkan untuk kadar air kering dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini:

$$M = \frac{W_m}{W_d} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana M (%) merupakan kadar air, W_m (gram) merupakan berat air dalam bahan, dan W_d (gram) merupakan berat bahan kering mutlak. Penentuan kadar air dapat dilakukan dengan cara mengoven bahan pada suhu 105-110°C selama 3 jam atau sampai berat bahan konstan (Hidayah, 2010).

2.2.2.2 Gugus Fungsi Karbon Aktif

Gugus fungsi pada karbon aktif dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer inframerah transformasi fourier (FTIR). Banyak penelitian dilakukan untuk menganalisa gugus fungsi pada karbon aktif yang terbuat dari beberapa bagian tanaman seperti batang dan biji. Gugus fungsi pada karbon aktif tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Gugus fungsi karbon aktif

	Ikatan									Penelitian oleh	
	N-H	C-N	O-H	C-H	C-O	C=O	CO	C=C	P-O-P		
Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	1517	1235	3415	2927	1113	1713	1031				Kiruba dkk., (2014)
				2920	1057						
			3272	1374	1252		1726	1426	1055		Hadoun dkk., (2013)
			3398	2925	1323	1739		2330	1180-		Kaouah dkk., (2013)
			1049	2851					1220		

2.2.2.3 Luas Permukaan Karbon Aktif

Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben karena memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya serapnya baik. Pada penelitian sebelumnya tentang luas permukaan karbon aktif diperoleh bahwa luas permukaan karbon aktif adalah lebih besar dari 500 m²/gram dan dapat mencapai 1908 m²/gram (Pujiyanto, 2010). Sedangkan menurut Napitupulu (2003), luas permukaan arang aktif adalah 300-3500 m²/gram dan memiliki daya serap 25-

100% terhadap berat karbon aktif. Ada pendapat dari Helena (1991) bahwa rata-rata karbon aktif memiliki luas permukaan 1000-1500 m²/g. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 450-1000 m²/g dan volume porinya adalah 10-20 Å (Kinoshita, 1988).

Luas permukaan karbon aktif dapat diperoleh dengan metode penyerapan metilen biru. Metilen biru merupakan senyawa berwarna biru sehingga pengukuran adsorpsinya dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Metilen biru memiliki spektrum cahaya pada panjang gelombang antara 500-700 nm dan memiliki panjang gelombang maksimum sebesar 664 nm. Luas permukaan karbon aktif dihitung dari banyaknya metilen biru yang teradsorpsi dalam pori dengan rumus:

$$q = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{W} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- q = kapasitas adsorpsi adsorben (g/g)
- C₀ = konsentrasi awal larutan metilen biru (mg/L)
- C_t = konsentrasi larutan metilen biru sisa (mg/L)
- V = volume larutan (L)
- W = massa adsorben (g)

Kemudian luas permukaan karbon aktif dihitung menggunakan rumus:

$$S = \frac{q \times N \times A}{Mr} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- S = luas permukaan adsorben (m²/g)
- N = bilangan avogadro (6,0220x10²³ mol⁻¹)
- q = kapasitas adsorpsi adsorben (g/g)
- A = luas penutupan oleh 1 molekul MB (197x10⁻²⁰ m²)
- Mr = massa molekul relatif MB (g/mol)

(Astuti dkk., 2012).

2.3 Adsorpsi

Penyerapan zat yang terjadi pada permukaan zat padat dan cair sehingga menghasilkan ikatan dapat didefinisikan sebagai proses adsorpsi. Serapan komponen gas atau cair dari suatu campuran dari permukaan pori suatu padatan juga dapat diartikan sebagai proses adsorpsi. Dalam teknik kimia, adsorpsi merupakan proses pemisahan dimana komponen yang sefasa dengan fluida ditransfer ke permukaan adsorben (Inglezakis dan Pouloupoulos, 2006). Adsorpsi merupakan proses pengumpulan zat terlarut yang ada di dalam larutan pada permukaan zat penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika. Zat penyerap disebut dengan adsorben, sedangkan zat yang terserap disebut dengan adsorbat (Napitupulu, 2003). Ketika adsorbat tertransfer di antara atom, ion, atau molekul adsorben disebut dengan absorpsi. Sedangkan ketika adsorbat sudah tertransfer ke permukaan maka disebut dengan proses adsorpsi (Inglezakis dan Pouloupoulos, 2006). Apabila molekul adsorbat sudah berada di permukaan adsorben, terjadi kesetimbangan antara tarikan antar-molekul dengan gaya tolakan (Rouquerol dkk., 1999).

2.3.1 Jenis Adsorpsi

Terdapat dua jenis adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Fisisorpsi atau yang biasanya disebut dengan adsorpsi secara fisika adalah adsorpsi yang disebabkan karena adanya gaya van der Waals seperti dispersi atau gaya dipolar antara adsorbat dengan substrat. Gaya van der Waals memiliki rentang yang panjang tetapi lemah. Energi yang dilepaskan sebuah partikel yang terfisisorpsi memiliki orde yang sama dengan besarnya entalpi kondensasi. Besarnya entalpi fisisorpsi dapat diukur dengan memantau kenaikan suhu sampel atau yang disebut kapasitas panas. Nilai entalpi fisisorpsi berkisar antara 20 kJ/mol. Nilai entalpi yang kecil tersebut tidak dapat digunakan untuk pemutusan ikatan sehingga tidak terjadi perubahan pada molekul yang terfisisorpsi, meskipun mungkin terjadi distorsi pada permukaan adsorben (Atkins dan Paula, 2006).

Kemisorpsi atau yang biasa disebut dengan adsorpsi secara kimia adalah proses adsorpsi yang terjadi pada permukaan adsorben yang menghasilkan senyawa kimia. Biasanya molekul yang teradsorpsi secara kimia membentuk ikatan kovalen dan cenderung mencari bagian yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat. Entalpi kemisorpsi jauh lebih besar dibandingkan dengan entalpi fisisorpsi. Nilai entalpi kemisorpsi berkisar antara 200 kJ/mol (Atkins dan Paula, 2006).

2.3.2 Kinetika Adsorpsi

2.3.2.1 Orde Satu

Model kinetika orde satu dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{1}{C} dC = -kdt \quad (2.5)$$

Apabila persamaan 2.5 diintegrasikan pada $t = 0$ hingga $t = t$ maka akan diperoleh persamaan linier.

$$\ln(C) = \ln(C_0) - kt \quad (2.6)$$

Apabila dilakukan penataan ulang pada persamaan 2.6 maka akan diperoleh persamaan berikut.

$$C = C_0^{-kt} \quad (2.7)$$

Dimana C adalah konsentrasi pada waktu t dan C_0 adalah konsentrasi awal.

2.3.2.2 Orde Dua

Model kinetika orde dua dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{1}{C^2} dC = -kdt \quad (2.8)$$

Apabila persamaan 2.8 diintegrasikan pada $t = 0$ hingga $t = t$ maka akan diperoleh persamaan linier.

$$-\frac{1}{C} + \frac{1}{C_0} = -kt \quad (2.9)$$

Apabila dilakukan penataan ulang pada persamaan 2.9 maka akan diperoleh persamaan berikut.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + kt \quad (2.10)$$

Dimana C adalah konsentrasi pada waktu t dan C₀ adalah konsentrasi awal.

2.3.2.3 Orde Satu Semu

Laju orde satu semu dinyatakan dalam persamaan Lagergren, yaitu :

$$\frac{dq_t}{dt} = k (q_e - q_t) \quad (2.11)$$

Apabila persamaan 2.11 diintegrasikan pada t = 0 hingga t = t, dan q_e = 0 hingga q_t = t, maka akan diperoleh persamaan linier.

$$\ln \left(\frac{q_e}{q_e - q_t} \right) = \ln q_e - k_1 t \quad (2.12)$$

Apabila dilakukan penataan ulang pada persamaan 2.12 maka akan diperoleh persamaan berikut.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k}{2,303} t \quad (2.13)$$

dimana q_t (mg/g) merupakan jumlah Cd²⁺ yang teradsorpsi dalam adsorben pada selang waktu t, dan q_e (mg/g) merupakan jumlah Cd²⁺ dalam larutan saat kesetimbangan, dan nilai k yang menunjukkan konstanta laju adsorpsi (menit⁻¹) (Qiu dkk., 2009).

Slope yang diperoleh dari grafik antara log(q_e - q_t) dengan t merupakan nilai q_e. Sedangkan *intercept* yang diperoleh merupakan nilai k. Sedangkan nilai log(q_e - q_t) dihitung dari nilai q_e dan q_t dari hasil percobaan adsorpsi menggunakan persamaan :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W} \quad (2.14)$$

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{W} \quad (2.15)$$

Keterangan :

C_0 = konsentrasi awal larutan Cd^{2+} (mg/L)

C_t = konsentrasi larutan Cd^{2+} sisa (mg/L)

C_e = konsentrasi larutan Cd^{2+} yang teradsorpsi (mg/L)

V = volume larutan (L)

W = massa adsorben (g)

(Fadilah, 2013).

2.3.2.4 Orde Dua Semu

Model kinetika selanjutnya disebut dengan laju orde dua semu. Bentuk persamaan laju orde dua semu adalah sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k (q_e - q_t)^2 \quad (2.16)$$

Apabila persamaan 2.16 diintegalkan pada $t = 0$ hingga $t = t$ dan $q_t = 0$ hingga $q_t = t$ maka akan diperoleh persamaan :

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} k t \quad (2.17)$$

Kemudian persamaan 2.17 ditata ulang hingga diperoleh persamaan linier berikut :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (2.18)$$

Dimana q_t (mg/g) merupakan jumlah Cd^{2+} yang teradsorpsi ke dalam adsorben selang waktu t , q_e (mg/g) merupakan jumlah Cd^{2+} dalam larutan saat kesetimbangan, dan k merupakan konstanta laju adsorpsi (g/mg menit). Nilai dari q_e dan k diperoleh dari *slope* dan *intercept* grafik antara t dengan t/q_t (Ho dan Wang, 2004).

2.3.2.5 Model Kinetika Adsorpsi Ion Cd^{2+}

Kinetika adsorpsi ion Cd^{2+} dengan menggunakan adsorben yang terbuat dari pohon pakis menunjukkan bahwa adsorpsi mengikuti model orde dua semu. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai $R^2 = 1$ yang berarti bahwa adanya linieritas antara ion Cd^{2+} yang teradsorpsi (t/q_t) dengan waktu (t). Kapasitas adsorpsi pada saat kesetimbangan

(q_e) meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan awal dan ion Cd^{2+} yang teradsorpsi (Ho dan Wang, 2004).

Penelitian mengenai model kinetika adsorpsi ion Cd^{2+} juga dilakukan pada proses adsorpsi menggunakan karbon aktif granul yang dioksidasi dengan HNO_3 . Proses adsorpsi mengikuti orde dua semu dengan nilai R^2 0,9915 yang lebih besar dibandingkan dengan nilai R^2 orde satu semu sebesar 0,9475 (Xin dkk., 2007). Model orde dua semu juga berlaku untuk adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan menggunakan karbon aktif dari biji trembesi yang dilakukan oleh Nur Fadilah (2013) dengan nilai R^2 sebesar 1.

Model kinetika adsorpsi ion Cd^{2+} yang berbeda dilakukan oleh González dan Pliego-Cuervo (2014). Adsorpsi ion Cd^{2+} menggunakan karbon aktif yang terbuat dari *Bambusa vulgaris striata* menunjukkan model kinetika orde satu semu dengan nilai R^2 sebesar 0,9600.

2.4 Desorpsi

Desorpsi adalah proses pelepasan kembali adsorbat dari adsorben ke dalam suatu larutan. Proses desorpsi dapat dilakukan dengan cara pemanasan, penurunan tekanan, pencucian, dan ekstraksi pelarut. Desorpsi disebabkan karena terjadi fenomena *displacement* yaitu penggeseran tempat akibat kompetisi antara adsorbat dengan eluen terhadap adsorben (Indis, 2013).

Proses desorpsi membutuhkan agen pendesorpsi yang memiliki kemampuan untuk melepas adsorbat dari adsorben. Agen pendesorpsi yang digunakan tergantung pada ikatan yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben. Apabila adsorpsi terjadi secara fisorpsi dapat menggunakan air sebagai agen pendesorpsi karena ikatan yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben adalah ikatan *van der waals*. Sedangkan apabila adsorpsi terjadi secara kemisorpsi maka harus digunakan asam kuat seperti HNO_3 , H_2SO_4 , atau HCl karena ikatan yang terbentuk merupakan ikatan kimia yang kuat (Sulistiyana, 2011).

2.5 Kadmium

Kadmium (Cd) merupakan logam golongan IIB. Kadmium memiliki kelimpahan yang rendah tetapi mudah diperoleh dari bijihnya. Kadmium dapat diperoleh dari bijih Zn akibat dari pertukaran isomorf. Kadmium merupakan logam berwarna putih, mengkilap, dan mudah ternoda. Kadmium mudah bereaksi dengan asam bukan pengoksidasi menghasilkan ion divalensi dan melepas H_2 . Kadmium tidak larut dalam basa. Tetapi kadmium akan mudah bereaksi dengan oksigen menghasilkan oksida. Kadmium dapat bersenyawa dengan oksigen membentuk persenyawaan biner oksida (CdO) melalui proses pembakaran logam di udara, pirolisis karbonat atau nitratnya. CdO memiliki warna yang beragam mulai dari kuning kehijauan hingga coklat hampir hitam tergantung pada pemanasannya. Bentuk hidroksida dari kadmium adalah $Cd(OH)_2$ yang larut dalam basa. $Cd(OH)_2$ mudah larut dalam amonia kuat membentuk kompleks amin. Sedangkan bentuk sulfida dari kadmium (CdS) dihasilkan dari interaksi atau pengendapan oleh H_2S dari larutan *aquos* dan larutan asam. Kadmium juga dapat membentuk persenyawaan halida. Persenyawaan kadmium umumnya sangat beracun sehingga menimbulkan bahaya bagi lingkungan (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Kadmium merupakan logam golongan transisi, tetapi sifat fisiknya menunjukkan perbedaan dengan sifat logam transisi. Sebagai contoh, kadmium memiliki titik leleh $320,8^\circ C$. Titik leleh kadmium jauh lebih rendah dibandingkan dengan titik leleh logam-logam transisi yang umumnya mendekati $1000^\circ C$. Kadmium memiliki densitas $8,65 \text{ g/cm}^3$. Nomor atom kadmium adalah 48. Titik didih kadmium adalah $765^\circ C$. Kadmium memiliki jari-jari atomik sebesar 151 pm, sedangkan jari-jari ionik (M^{2+}) sebesar 95 pm. Energi ionisasi I dan II kadmium berturut-turut $876,5 \text{ kJ/mol}$ dan 1631 kJ/mol . Elektronegativitas dari kadmium adalah 1,7, sedangkan potensial reduksi standar (V) $-0,4030$. Logam kadmium bersifat lunak, reaktif dengan asam, dan mudah terbakar jika dipanaskan dalam gas klorin. Kadmium banyak digunakan dalam bidang pelapisan (*electroplating*) untuk mencegah korosi pada besi

maupun baja. Kadmium juga banyak digunakan untuk logam paduan yang memberikan sifat antiretak, dan untuk absorpsi neutron yang mengendalikan reaksi berantai (Sugiyarto dan Suyanti, 2010).

Kadmium merupakan logam berat yang tersedia di lingkungan dalam jumlah yang kecil. Tetapi seiring dengan kegiatan manusia seperti proses industri, maka menyebabkan jumlah kadmium di lingkungan semakin bertambah. Kadmium telah terakumulasi dalam banyak organisme seperti moluska dan udang-udangan. Kadmium juga terdapat pada sayuran, sereal, dan umbi-umbian. Kadmium memberikan efek toksik pada makhluk hidup khususnya manusia. Kadmium apabila terakumulasi dalam ginjal selama 10-35 tahun akan menyebabkan disfungsi organ ginjal. Selain itu, kadmium juga dapat menimbulkan masalah pada kerangka manusia seperti osteoporosis. Apabila menghirup kadmium berlebihan dapat menyebabkan pneumonitis dan gangguan saluran pernafasan lainnya. Kadmium juga dapat menyebabkan kanker paru-paru dan prostat (WHO, 2010).

2.6 Spektrofotometri Serapan Atom

Spektrofotometri serapan atom (SSA) merupakan metode yang didasarkan pada proses spektroskopi yaitu eksitasi dan emisi. Metode SSA merupakan metode kuantitatif yang digunakan untuk mengukur 70 unsur baik logam maupun non logam. Prinsip dari SSA adalah hukum Kirchhof yang menyatakan bahwa gas berpijar mengabsorpsi pada bilangan gelombang yang sama seperti saat melakukan emisi. Untuk mengukur suatu unsur menggunakan SSA harus berbentuk atom bebas. Untuk itu, sampel harus dipanaskan sampai suhu minimal 2000°C (Rouessac dan Rouessac, 2007).

SSA pertama kali dikembangkan oleh Walsh, Alkamede, dan Melatz pada tahun 1955. Pada SSA terjadi penyerapan sumber radiasi yang berupa radiasi sinar tampak atau ultraviolet oleh atom-atom netral dalam gas yang berada dalam nyala. Panjang gelombang radiasi yang diserap oleh atom netral sesuai dengan energi yang digunakan untuk eksitasi ke tingkat energi yang lebih

tinggi yang selanjutnya menghasilkan garis-garis spektrum serapan atom. Pada SSA, sangat penting untuk memilih gas pembakar yang digunakan karena proses absorpsi radiasi terjadi di dalam nyala. Gas pembakar yang digunakan dapat berupa bahan bakar seperti gas alam, butana, propana, asetilen, dan H₂ ataupun gas yang bersifat oksidator seperti udara, O₂, campuran O₂ dan N₂O. Gas pembakar juga dapat berupa campuran seperti udara dengan propana, udara dengan asetilen, atau N₂O dengan asetilen. Gas pembakar yang dipilih sebaiknya merupakan campuran pembakar dan pengoksidasi yang sesuai dengan unsur yang dianalisis. Pada penentuan dengan SSA sebaiknya digunakan panjang gelombang diatas 220 nm agar tidak terjadi absorpsi non atomik. Kadar sampel yang dianalisis dengan SSA dianjurkan hanya 5% dalam pelarut yang telah diasamkan (Mulja dan Suharman, 1995).

Ketelitian metode SSA yang dapat mengukur sampel hingga ukuran mg/L (ppm) menyebabkan metode ini banyak digunakan untuk analisa kandungan logam. Pengukuran konsentrasi kadmium menggunakan instrumen SSA dapat dilakukan pada panjang gelombang 228,80 nm, bahan bakar campuran asetilena dengan udara (*air acetylene*), dan arus lampu katoda 5 mA. Variabel-variabel pengukuran kadmium menggunakan SSA dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

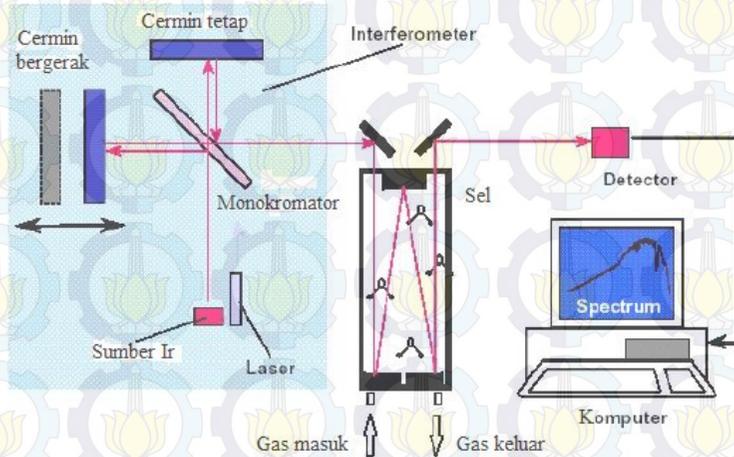
Tabel 2.1 Variabel pengukuran kadmium pada SSA

Panjang gelombang absorpsi (nm)	Bahan bakar	Sensitivitas absorpsi 1% (ppm)	Rentang pengukuran (ppm)
228,80	Asetilena-udara	0,03	0,2-2,0
326,1	Asetilena-udara	1,0	-

(Robison, 1990).

2.7 Spektrofotometri Inframerah Transformasi Fourier

Spektrofotometri inframerah transformasi fourier atau yang biasanya disebut dengan FTIR adalah metode spektroskopi yang ditemukan oleh matematikawan Perancis yang bernama J. B. Fourier (1768-1830). Teknik ini menggunakan interferometer yang memecah sinar radiasi menjadi dua. Interferometer tersebut berada di antara sumber radiasi dan sampel. Sumber radiasi yang telah melewati polikromatik kemudian akan melewati pemisah sinar yang terbuat dari film germanium semi-transparan pada KBr. Pemisah sinar tersebut memecah sinar menjadi dua bagian, satu sinar diteruskan menuju cermin tetap dan sinar satunya akan diteruskan ke cermin bergerak. Cermin bergerak memiliki beberapa variasi jarak dari pemisah sinar. Kemudian kedua sinar tersebut akan bersatu kembali melewati jalur yang sama melewati sampel sebelum menuju ke detektor (Rouessac dan Rouessac, 2007).



Gambar 2.3 Prinsip FTIR

(Sumber : Analytical Techniques To Fulfill Air Pollution Monitoring Requirements)

Metode FTIR menerapkan prosedur multipleks pada sinyal optik domain. Alat yang digunakan adalah spektrometer FTIR, yang memiliki interferometer. Interferometer memiliki tiga komponen penting yaitu cermin tetap, cermin bergerak, dan pemisah sinar. Satu komponen yang terpenting dalam interferometer adalah cermin bergerak yang merupakan komponen tunggal yang berosilasi diantara dua posisi ekstrim. Ketika posisinya dengan jalur yang ditempuh dua sinar memiliki panjang sama sampai detektor, maka sinar yang keluar dari interferometer sama dengan sinar yang masuk. Sebaliknya, jika posisi cermin bergerak mengalami perubahan, maka sinar yang keluar dari interferometer memiliki spektrum yang komposisinya tergantung pada perbedaan fasa kedua sinar. Sinyal yang dikirimkan oleh detektor dinyatakan dalam bentuk interferogram.

Beberapa keuntungan dari teknik spektroskopi FTIR diantaranya adalah slit masuk digantikan oleh iris yang dapat memberikan sinyal yang lebih baik untuk detektor, rasio sinyal-noise lebih tinggi karena dapat ditingkatkan dengan scan berturut-turut, panjang gelombang dihitung dengan presisi tinggi, dan resolusinya lebih baik dan kostan di semua area yang diteliti (Rouessac dan Rouessac, 2007).

2.8 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode pengukuran kuantitatif yang dapat menentukan konsentrasi analat dalam larutan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu menggunakan hukum Lambert-Beer.

$$A = \varepsilon B C \quad (2.19)$$

Dengan A adalah absorbansi, ε adalah absortivitas molar, B panjang kuvet, dan C adalah konsentrasi.

Daerah spektrum ultraviolet (UV) berada pada 185-400 nm sedangkan daerah spektrum cahaya tampak (*visible*) berada pada 400-700 nm. Prinsip kerja instrumen spektrofotometer UV-Vis

yaitu, sumber cahaya yang bersifat polikromatis diteruskan ke monokromator untuk diubah menjadi cahaya monokromatis yang dilewatkan pada sampel sehingga terjadi proses absorpsi cahaya oleh sampel. Cahaya yang tidak terabsorpsi oleh sampel diteruskan hingga diterima oleh detektor (Rouessac dan Rouessac, 2007).

2.9 Penelitian Sebelumnya

Adsorpsi ion Cd^{2+} telah dilakukan oleh Ahn, dkk (2009) menggunakan karbon aktif. Karbon aktif yang digunakan diaktivasi dengan HNO_3 dan ada yang tidak diaktivasi. Adsorpsi dilakukan dengan bantuan surfaktan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang dibantu dengan surfaktan dapat mengadsorpsi Cd^{2+} 8,7 kali lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif tanpa bantuan surfaktan (Ahn dkk., 2009).

Adsorpsi ion Cd^{2+} juga telah dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari campuran tempurung kelapa dan magnesium. Pada penelitian ini dilakukan studi pengaruh konsentrasi larutan logam, pengaruh waktu kontak dan pengaruh temperatur terhadap daya adsorpsi adsorben. Ion Cd^{2+} teradsorpsi dalam permukaan karbon aktif dengan proses pertukaran ion yaitu dengan lepasnya sejumlah ion Mg^{2+} pada permukaan karbon (Yanagisawa dkk., 2010).

Karbon aktif dari bahan alami seperti kulit kacang juga telah diteliti untuk mengadsorpsi ion Cd^{2+} . Karbon aktif yang terbuat dari kulit kacang tersebut diaktivasi dengan gas SO_2 , atau yang biasa disebut dengan proses sulfurisasi. Dilakukan pula studi pengaruh waktu kontak, pengaruh konsentrasi, dan pH. Pada studi kasus pengaruh pH, karbon aktif dapat mengadsorpsi Cd^{2+} lebih banyak saat pH semakin naik. Adsorpsi Cd^{2+} maksimal terjadi saat $\text{pH} > 8,0$ (Tajar dkk., 2009).

Bahan alami lain yang dapat digunakan untuk karbon aktif adalah kitosan. Telah dilakukan penelitian tentang campuran karbon aktif dengan kitosan sebagai adsorben ion Cd^{2+} . Adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* dengan studi pengaruh pH, ukuran

partikel dan dosis adsorben. pH optimum karbon aktif pada penelitian ini adalah pH 6. Sedangkan adsorben yang paling baik mengadsorp ion Cd^{2+} adalah karbon aktif yang memiliki ukuran partikel 0,425 mm dengan dosis 6 g/L. Ion Cd^{2+} dapat diadsorpsi 100% oleh karbon aktif setelah 2 jam (Hydari dkk., 2012).

Bagian pohon trembesi yang pernah diteliti untuk dijadikan adsorben adalah daunnya. Daun trembesi yang telah menjadi serbuk digunakan sebagai adsorben untuk ion Pb^{2+} . Hasil dari penelitian menyatakan bahwa kondisi optimal adalah saat konsentrasi adsorben 1% b/v dengan waktu kontak 30 menit. Adsorben dari daun trembesi dapat mengadsorp ion Pb^{2+} hingga 5,45% (Prawita dkk., 2013).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beker gelas, erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, pengaduk, pipet volume, pipet ukur, pro pipet, pipet tetes, corong gelas, buret, corong *buchner*, kaca arloji, *magnetic stirrer*, mortar, *disk mill*, blender, ayakan mesh, penangas, oven, *muffle furnace*, neraca analitik, kertas saring, pH meter Oakton 510 *series*, botol semprot, krusibel, SSA AA – 6800 (Shimadzu), FTIR – 8400S (Shimadzu).

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji buah trembesi, H₃PO₄ 85% Merck, aqua DM, HCl 37% Merck, CdCl₂.H₂O Merck, HNO₃ 65% Merck, KOH Merck.

3.2 Prosedur Kerja

3.2.1 Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif

Biji trembesi yang diperoleh dicuci menggunakan air hingga bersih kemudian dikeringkan pada suhu 110°C hingga diperoleh massa yang konstan. Kemudian biji trembesi dihancurkan menggunakan *disk mill* dan diayak menggunakan ayakan mesh dengan no. 60-80. Serbuk halus yang lolos ayakan mesh no. 60 diaktivasi dengan H₃PO₄ selama 24 jam. Kemudian campuran disaring dan dicuci dengan aqua DM hingga pH filtratnya netral. Residu yang diperoleh dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 2 jam dan didinginkan pada suhu ruang. Setelah itu residu dikarbonisasi dengan *furnace* pada suhu 300°C selama 45 menit dengan kenaikan suhu 10°C/menit. Karbon aktif yang sudah jadi dianalisa kadar air secara gravimetri, dianalisa gugus fungsi dengan FTIR dan dianalisa luas permukaan dengan adsorpsi metilen biru.

3.2.1.1 Analisa Kadar Air

Karbon aktif yang dihasilkan dianalisa kadar airnya dengan cara ditimbang dan dimasukkan 7,2402 gram karbon aktif ke dalam cawan porselen. Kemudian karbon aktif dioven pada suhu 110°C selama 1 jam. Selanjutnya, karbon aktif yang telah dioven dimasukkan dalam desikator dan ditimbang massanya. Prosedur diatas dilakukan hingga diperoleh massa karbon aktif yang konstan.

3.2.1.2 Analisa Luas Permukaan Karbon Aktif

Larutan metilen biru 4 ppm diukur absorbansinya menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500-700 nm untuk mengetahui panjang gelombang maksimum. Adsorpsi dilakukan pada 20 mL larutan metilen biru 100 ppm menggunakan 0,1 gram karbon aktif selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan didiamkan selama 30 menit. Kemudian larutan disaring dan filtratnya diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum untuk mengetahui kadar metilen biru yang tidak teradsorp oleh karbon aktif.

3.2.2 Adsorpsi Ion Cd²⁺ dalam Larutan

3.2.2.1 Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Ion Cd²⁺

Karbon aktif biji trembesi ditimbang $\pm 0,02$ gram dan dimasukkan dalam 10 mL larutan Cd²⁺ 50 mg/L yang telah diatur pH nya. Variasi pH larutan Cd²⁺ yang digunakan adalah pH 4, 6, 7, 8, 10, dan 13 dengan penambahan larutan HNO₃ atau KOH. Proses adsorpsi oleh karbon aktif dilakukan selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Larutan disaring dan filtratnya diencerkan dalam labu ukur 10 mL hingga tanda batas kemudian dianalisis untuk mengetahui kadar kadmium (Cd²⁺) yang tidak teradsorp menggunakan SSA dengan panjang gelombang 228,80 nm. Prosedur diatas dilakukan duplo.

3.2.2.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Cd²⁺

Karbon aktif biji trembesi ditimbang $\pm 0,02$ gram dan dimasukkan dalam 10 mL larutan Cd²⁺ 50 mg/L dengan pH optimal yang diperoleh pada proses adsorpsi pengaruh pH. Proses adsorpsi oleh karbon aktif dilakukan dengan variasi waktu 30, 60, 90, 105, 120, dan 150 menit. Kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 100 rpm. Larutan disaring dan filtratnya diencerkan dalam labu ukur 10 mL kemudian dianalisis untuk mengetahui kadar kadmium (Cd²⁺) yang tidak teradsorpsi menggunakan SSA dengan panjang gelombang 228,80 nm. Prosedur diatas dilakukan duplo.

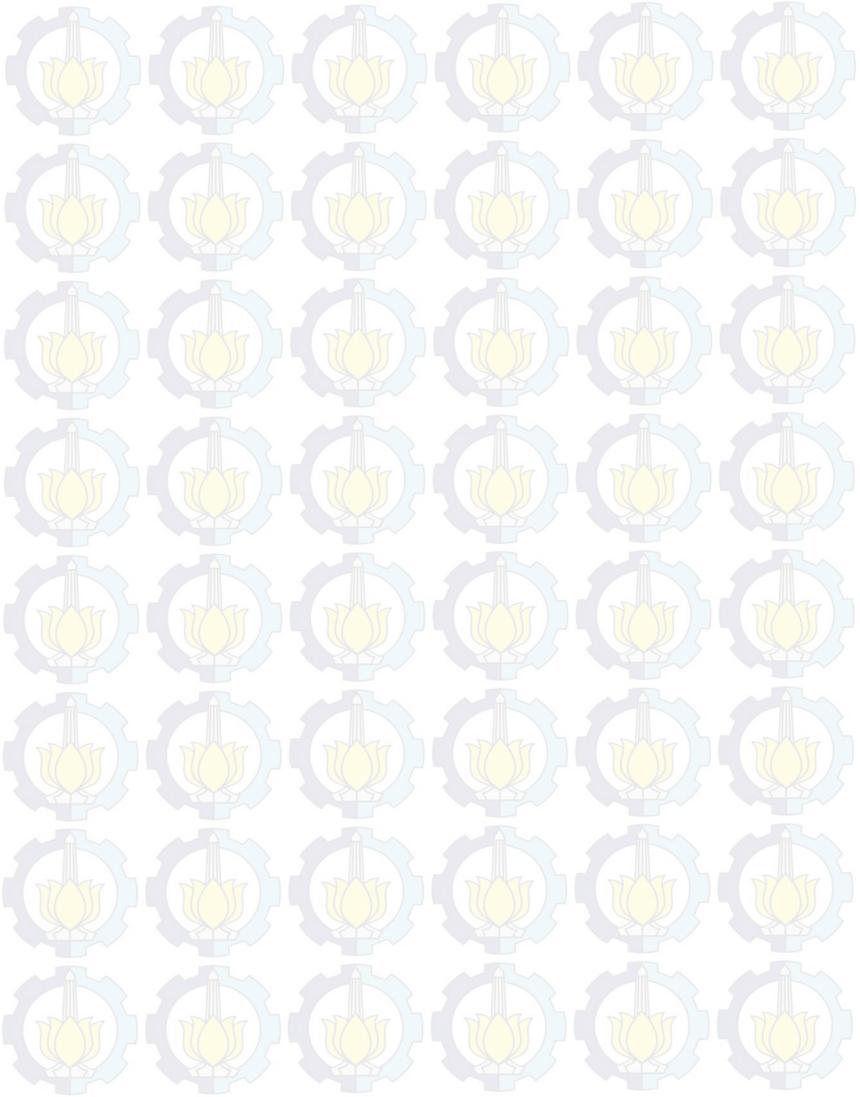
3.2.3 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi ion Cd²⁺ pada karbon aktif biji trembesi dipelajari dengan menggunakan data yang diperoleh pada adsorpsi dengan pengaruh waktu kontak.

3.2.4 Desorpsi

Larutan Cd²⁺ 50 mg/L diambil sebanyak 10 mL dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga erlenmeyer yang berbeda. Karbon aktif biji trembesi sebanyak $\pm 0,02$ gram masing-masing ditambahkan ke dalam larutan Cd²⁺. Proses adsorpsi dilakukan selama 90 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Larutan disaring dan filtratnya diencerkan dalam labu ukur 10 mL kemudian dianalisis untuk mengetahui kadar kadmium (Cd²⁺) yang tidak teradsorpsi menggunakan SSA dengan panjang gelombang 228,80 nm. Selanjutnya karbon aktif pertama yang telah digunakan untuk adsorpsi, didesorpsi menggunakan aqua DM. Sedangkan karbon aktif yang kedua didesorpsi menggunakan HCl 4N. Karbon aktif yang ketiga didesorpsi menggunakan HCl 1N. Proses desorpsi dilakukan selama 90 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Karbon Aktif

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari biji trembesi. Tahap pertama pembuatan karbon aktif adalah preparasi sampel dimana biji trembesi yang telah diambil dari daging buahnya dicuci dengan air hingga bersih. Kemudian biji trembesi dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110°C untuk mengurangi kadar air pada biji trembesi. Biji trembesi selanjutnya dihancurkan dengan menggunakan *disk mill* dan dihaluskan kembali dengan blender agar ukurannya homogen. Proses penghancuran dan penghalusan biji trembesi ditujukan untuk memperbesar luas permukaan sehingga mempermudah proses karbonisasi biji trembesi menjadi karbon aktif. Selanjutnya serbuk biji trembesi diayak menggunakan ayakan mesh no. 60 dan 80 agar diperoleh ukuran partikel yang seragam.

Tahap kedua proses pembuatan karbon aktif biji trembesi adalah aktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) 5%. Aktivasi dilakukan agar terjadi pemecahan ikatan hidrokarbon atau pengoksidasian molekul-molekul permukaan yang dapat menambah luas permukaan dan volume pori sehingga meningkatkan daya serap karbon aktif (Napitupulu, 2003). Setelah proses aktivasi, karbon aktif dicuci dengan aqua DM hingga pH nya-netral. Tahap ketiga pembuatan karbon aktif adalah karbonisasi dengan suhu 300°C selama 45 menit. Karbon aktif yang telah dibuat selanjutnya akan dikarakterisasi kadar air, kandungan gugus fungsi dan luas permukaan.

4.2 Karakterisasi Karbon Aktif

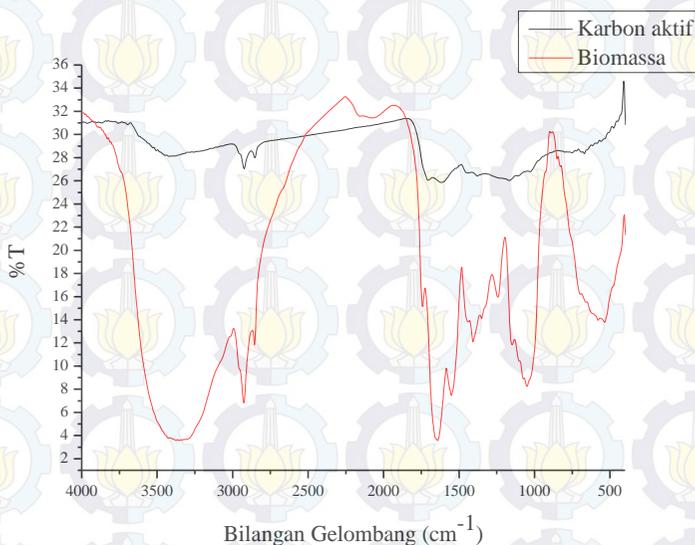
4.2.1 Kadar Air Karbon Aktif

Analisisa kadar air dilakukan dengan metode gravimetri, yakni dengan cara memanaskan karbon aktif pada suhu 110°C hingga

diperoleh massa karbon aktif yang konstan. Kadar air karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi adalah 0,28%. Penelitian yang dilakukan oleh Fadilah (2013), karbon aktif yang terbuat dari cangkang biji nyamplung memiliki kadar air 1,61%. Kadar air karbon aktif dalam bentuk serbuk menurut SNI (1995) adalah 15%. Sehingga karbon aktif dari biji trembesi memenuhi SNI.

4.2.2 Identifikasi Gugus Fungsi

Gugus fungsi yang terdapat pada biomassa dan karbon aktif dari biji trembesi diidentifikasi menggunakan spektrofotometer inframerah transformasi fourier (FTIR). Gugus fungsi yang terkandung pada biomassa dan karbon aktif dari biji trembesi ditunjukkan oleh spektra-spektra IR pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Spektra IR biomassa dan karbon aktif biji trembesi

Gugus fungsi yang terdapat pada biomassa berdasarkan spektra IR pada Gambar 4.1 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Gugus fungsi pada biomassa trembesi

No.	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	%T	Gugus fungsi	Ikatan
1	1049,20	8,25	Alkohol	O-H
2	1149,50	11,84	Eter	C-O
3	1242,07	15,95	Ester	C=O
4	1407,94	12,09	Nitro	-C-NO ₂
5	1550,66	7,47	Nitro	-C-NO ₂
6	1643,24	3,57	Alkena	C=C
7	1739,67	19,53	Karbonil	C=O
8	2079,12	15,14	Ester	C=O
9	2854,45	11,85	Alkana	C-H
10	2923,88	6.83	Alkana	C-H
11	3355,62	3,58	Asam	O-H

Sedangkan gugus fungsi pada karbon aktif biji trembesi adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 Gugus fungsi pada karbon aktif biji trembesi

No.	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	%T	Gugus fungsi	Ikatan
1	1164,92	26,02	Eter	C-O
2	1623,95	25,86	Alkena	C=C
3	1708,81	26,05	As.karboksilat	C=O
4	2854,45	27,987	Alkana	C-H
5	2923,88	27,05	Alkana	C-H
6	3421,48	28,11	Amina	N-H

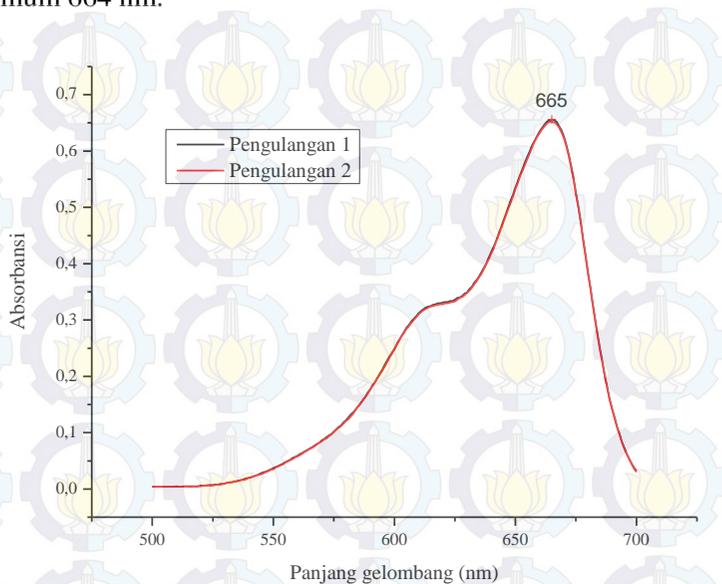
Perbedaan gugus fungsi pada biomassa dan karbon aktif biji trembesi yang pertama adalah gugus OH. Pada biomassa terdapat gugus OH pada $3355,91\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya kandungan air pada biomassa. Namun pada karbon aktif tidak ditemukan gugus OH. Selain itu gugus fungsi seperti C-NO₂ yang muncul pada $1407,94\text{ cm}^{-1}$ dan $1550,66\text{ cm}^{-1}$ tidak ditemukan kembali pada spektra IR karbon aktif. Hal ini disebabkan oleh proses karbonisasi, dimana karbonisasi dengan suhu $<700^{\circ}\text{C}$ pada material alam yang mengandung selulosa dan lignin dapat mengakibatkan hilangnya air, karbon dioksida dan sebagian besar molekul organik.

Gugus fungsi yang tidak hilang setelah proses karbonisasi diantaranya adalah C-O yang muncul pada $1164,92\text{ cm}^{-1}$, C=C pada $1623,95\text{ cm}^{-1}$, serta C-H pada $2854,45\text{ cm}^{-1}$ dan $2923,88\text{ cm}^{-1}$. Vibrasi C-O di karbon aktif yang muncul pada $1164,92\text{ cm}^{-1}$ diindikasikan sebagai ikatan C-O-P yang terjadi akibat proses aktivasi oleh H₃PO₄. Hal tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Hadoun dkk., pada tahun 2013 bahwa vibrasi C-O yang muncul pada 1160 cm^{-1} diindikasikan sebagai ikatan C-O-P. Gugus fungsi pada karbon aktif biji trembesi pada umumnya sama dengan gugus fungsi pada karbon aktif yang terbuat dari bagian-bagian tanaman seperti pada Tabel 2.1 yaitu penelitian yang dilakukan oleh Kiruba dkk., (2014) tentang penggunaan karbon aktif yang terbuat dari biji *Eucalyptus*, penelitian Kaouah dkk., (2013) tentang penggunaan karbon aktif yang terbuat dari biji zaitun, dan penelitian Hadoun dkk., (2013) tentang penggunaan karbon aktif yang terbuat dari batang tanaman. Adanya gugus lain selain alkana menunjukkan bahwa proses karbonisasi biji trembesi pada suhu 300°C belum sempurna, sehingga perlu dilakukan karbonisasi pada suhu $<300^{\circ}\text{C}$.

4.2.3 Luas Permukaan Karbon Aktif

Luas permukaan karbon aktif diperoleh melalui adsorpsi metilen biru menggunakan instrumen UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 665 nm. Panjang gelombang yang diperoleh pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian oleh Astuti

dkk., pada tahun 2012 yang menggunakan panjang gelombang maksimum 664 nm.



Gambar 4.2 Panjang gelombang maksimum metilen biru

Filtrat hasil adsorpsi diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi metilen biru yang tidak teradsorpsi, sehingga menghasilkan data yang terdapat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Hasil adsorpsi metilen biru

Pengulangan ke-	Absorbansi	C_{terukur} (mg/L)	FP	C_{sisia} (mg/L)	$C_{\text{teradsorp}}$ (mg/L)
1	0,3960	2,4446	10	24,4465	75,5535
2	0,3790	2,3424	10	23,4236	76,5764
3	0,3740	2,3123	10	23,1227	76,8773
Rata-rata				23,6643	76,3357

Data pada Tabel 4.3 diolah pada lampiran G.3 untuk mendapatkan luas permukaan karbon aktif menggunakan persamaan 2.4. Karbon aktif biji trembesi memiliki luas permukaan sebesar 56,6331 m²/g. Penelitian oleh Fadilah (2013) menganalisa luas permukaan karbon aktif dari biji nyamplung sebesar 61,339 m²/g menggunakan metode BET. Penelitian lain oleh Astuti dkk., (2012) menganalisa luas permukaan karbon aktif dari ban bekas dengan aktivasi fisika pada suhu 600°C menggunakan metode adsorpsi metilen biru menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan sebesar 64,5043 m²/g. Luas permukaan karbon aktif biji trembesi lebih kecil dibandingkan dengan karbon aktif pada kedua penelitian yang telah disebutkan sebelumnya tetapi perbandingannya tidak terlalu jauh sehingga karakteristik luas permukaan karbon aktif biji trembesi tidak jauh berbeda dengan karbon aktif pada umumnya.

4.3 Hasil Adsorpsi Ion Cd²⁺

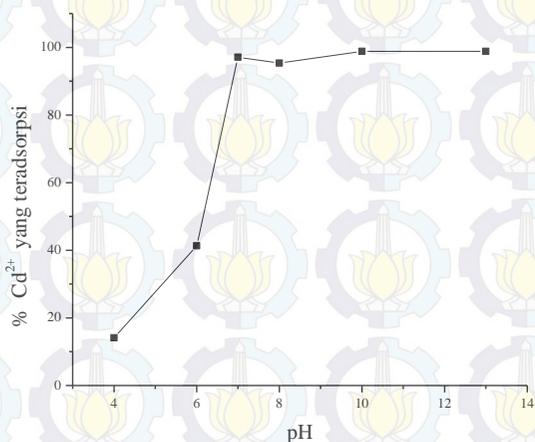
4.3.1 Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Ion Cd²⁺

Proses adsorpsi dengan pengaruh pH dilakukan pada 10 mL larutan Cd²⁺ 50 mg/L pH 4, 6, 7, 8, 10, dan 13 dengan 0,02 gram karbon aktif biji trembesi. Adsorpsi dilakukan selama 60 menit menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm. Filtrat hasil adsorpsi dianalisa menggunakan instrumen SSA pada panjang gelombang 228,80 nm, arus lampu 5 mA, dan bahan bakar campuran asetilena udara. Hasil adsorpsi ion Cd²⁺ dengan pengaruh pH dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cd²⁺

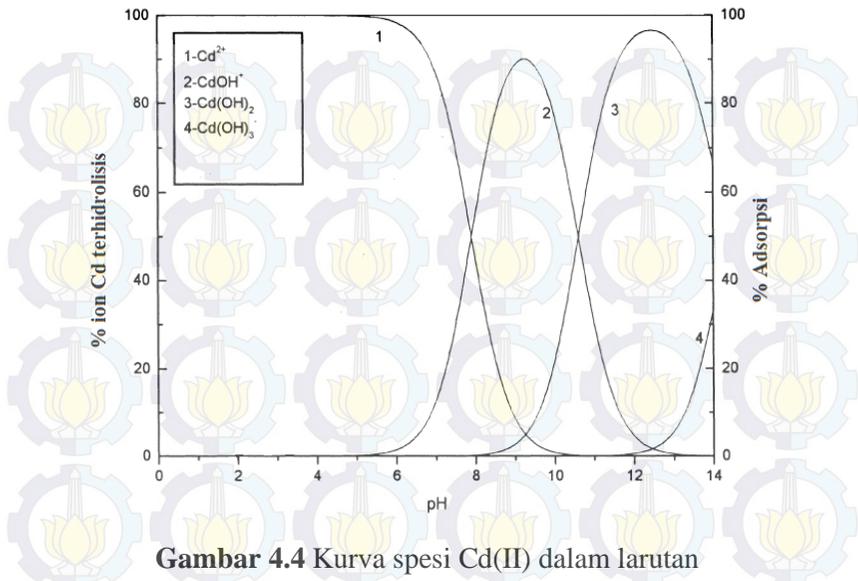
pH	% Cd ²⁺ yang teradsorp	Kapasitas adsorpsi (q) (mg/g)
4	14,09	3,5231
6	41,32	10,3310
7	97,11	24,2778
8	95,34	23,8340
10	98,86	24,7141
13	98,85	24,7116

Apabila Tabel 4.4 diplotkan menjadi sebuah grafik, maka akan diperoleh grafik prosentase ion Cd^{2+} yang teradsorpsi terhadap pH pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan

Pada pH asam yaitu pH 4, jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi kecil yaitu 14,09%. Pada pH 6 jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi mulai meningkat yaitu sebesar 41,32%. Peningkatan jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi terus terjadi pada pH 7 hingga pH 13. Kecilnya prosentase ion Cd^{2+} yang teradsorpsi pada pH asam yaitu pH 4 dan 6 disebabkan oleh protonasi yang berlebihan pada permukaan karbon. Selain itu, pada pH <6 spesi ion $\text{Cd}(\text{II})$ yang terbentuk dalam larutan adalah Cd^{2+} sehingga terjadi persaingan antara proton dan muatan positif dari ion Cd^{2+} di permukaan karbon aktif yang menyebabkan kecilnya adsorpsi ion Cd^{2+} yang terjadi. Jurnal penelitian oleh Babic dkk., (2002) menampilkan macam-macam spesi ion $\text{Cd}(\text{II})$ yang terbentuk dalam larutan yang disajikan pada Gambar 4.4 berikut.



Adsorpsi ion Cd^{2+} mengalami peningkatan pada pH 7 hingga 13. Hal ini dikarenakan berkurangnya kompetisi diantara proton (H^+) dan ion logam bermuatan positif (Cd^{2+}) di permukaan karbon aktif yang menghasilkan tolakan rendah terhadap ion Cd^{2+} , sehingga ion logam dapat dengan mudah terjerap dalam karbon aktif (Koby et al., 2005). Penelitian lain menyatakan bahwa pada $\text{pH} \geq 8$ ion Cd^{2+} akan teradsorpsi secara maksimal ke dalam karbon aktif (González dan Pliego-Cuervo, 2014). Padahal sebenarnya selain terjadi proses adsorpsi, juga terjadi proses pengendapan dalam larutan. Pengaruh kondisi basa menyebabkan terbentuknya spesi hidroksi seperti $\text{Cd}(\text{OH})_2$ yang mengendap dalam larutan. Pada penelitian ini telah diperoleh pH saat larutan Cd^{2+} 50 mg/L mengendap berdasarkan nilai K_{sp} . Menurut hasil perhitungan, larutan Cd^{2+} akan mengendap pada pH 7,6. Oleh karena itu, penurunan kadar ion Cd^{2+} pada pH 8, 10 dan 13 tidak saja disebabkan oleh proses adsorpsi tetapi juga oleh proses pengendapan. Sehingga pada penelitian ini dipilih pH optimal yaitu pH 7 dengan prosentase ion Cd^{2+} teradsorpsi sebesar 97,11%.

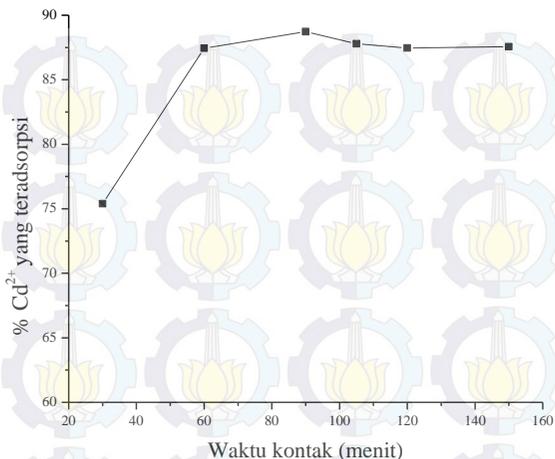
4.3.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Ion Cd²⁺

Proses adsorpsi dengan pengaruh waktu kontak dilakukan pada 10 mL larutan Cd²⁺ 50 mg/L pH 7 dengan 0,02 gram karbon aktif biji trembesi. Adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 105, 120 dan 150 menit menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm. Hasil analisa adsorpsi dengan pengaruh waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cd²⁺

Waktu kontak (menit)	% Cd ²⁺ yang teradsorpsi	Kapasitas Adsorpsi (q) (mg/g)
30	75,40	18,8490
60	87,45	21,8631
90	88,72	22,1790
105	87,78	21,9458
120	87,46	21,8656
150	87,56	21,8907

Apabila Tabel 4.5 diplotkan menjadi sebuah grafik, maka diperoleh grafik prosentase ion Cd²⁺ yang teradsorpsi terhadap waktu kontak yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi ion Cd²⁺ dalam larutan

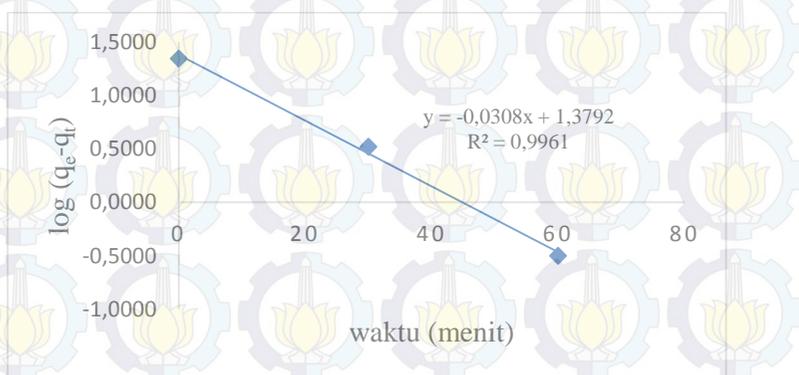
Grafik pada Gambar 4.5 menunjukkan prosentase ion Cd²⁺ yang teradsorpsi selama waktu kontak 30, 60, 90, 105, 120 dan 150 menit berturut-turut sebesar 75,40%, 87,45%, 88,72%, 87,78%, 87,46%, 87,56%. Adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit menunjukkan prosentase ion Cd²⁺ yang teradsorpsi paling rendah karena belum semua ion Cd²⁺ dalam larutan yang teradsorpsi ke dalam karbon aktif. Pada waktu kontak 60 menit, mulai terjadi peningkatan nilai prosentase ion Cd²⁺ teradsorpsi yang cukup signifikan. Prosentase ion Cd²⁺ teradsorpsi meningkat hingga waktu kontak 90 menit dan diperoleh nilai konstan pada waktu kontak 105, 120 dan 150 menit. Oleh karena itu, adsorpsi optimum diperoleh pada waktu kontak 90 menit. Selama waktu tersebut ion Cd²⁺ dalam larutan dapat teradsorpsi maksimum ke dalam karbon aktif. Dan setelah 90 menit, karbon aktif sudah jenuh sehingga tidak dapat menyerap ion Cd²⁺ dari larutan lagi. Dari proses adsorpsi pengaruh waktu kontak diperoleh waktu kesetimbangan yaitu pada menit ke-90. Penentuan waktu kesetimbangan diperoleh melalui uji

T untuk waktu kontak 60 menit-90 menit dan 90 menit-105 menit seperti pada lampiran H. Hasil uji T menyatakan bahwa tidak ada perbedaan adsorpsi ion Cd^{2+} yang signifikan pada waktu kontak 60, 90, dan 105 menit oleh sebab itu dipilih waktu kesetimbangan 90 menit yang memberikan adsorpsi ion Cd^{2+} yang paling besar.

4.4 Kinetika Adsorpsi

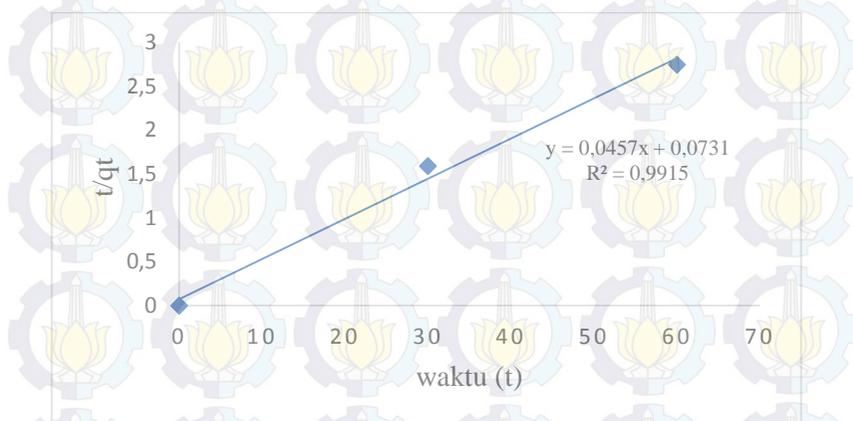
Studi kinetika adsorpsi dilakukan untuk mengetahui jalur dan mekanisme reaksi pada proses adsorpsi. Selain itu kinetika adsorpsi juga dapat memberikan informasi tentang kecepatan adsorpsi. Pada penelitian ini dianalisa kinetika adsorpsi menggunakan model orde satu, orde dua, orde satu semu dan orde dua semu. Kesesuaian model kinetika suatu proses adsorpsi dapat diidentifikasi dari nilai R^2 . Model kinetika dengan nilai R^2 yang mendekati 1 mengindikasikan bahwa model tersebut sesuai dengan proses adsorpsi.

Model kinetika adsorpsi orde satu semu dapat diperoleh melalui persamaan Lagergren. Perhitungan orde satu semu telah dilakukan seperti yang terdapat di lampiran F hingga diperoleh grafik orde satu semu pada Gambar 4.6. Grafik menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,9961, nilai q_e sebesar 200,5857 mg/g dan nilai k sebesar 2,1261 $menit^{-1}$.



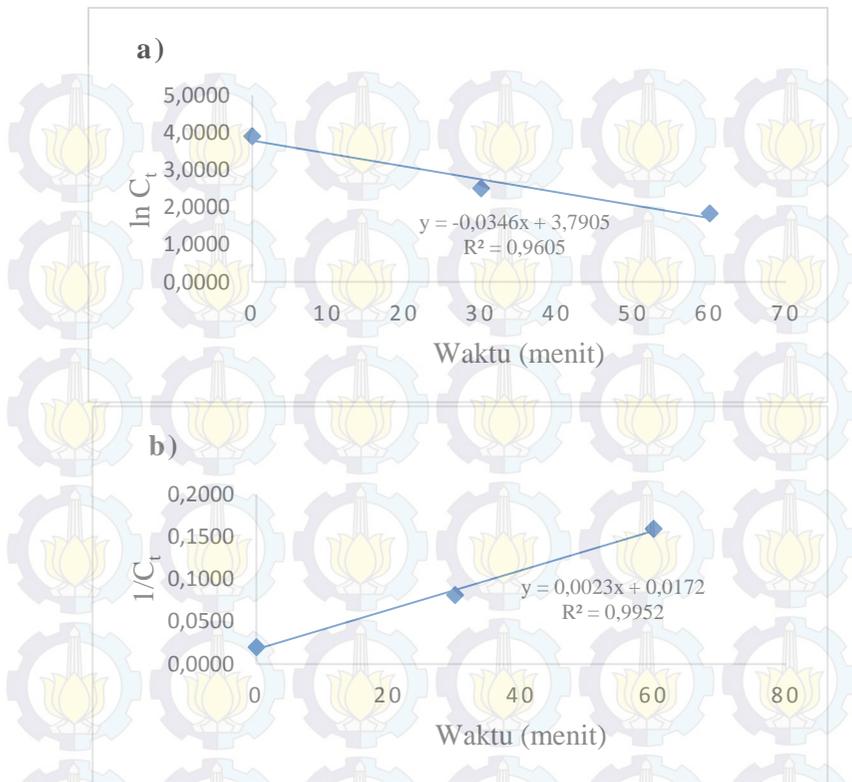
Gambar 4.6 Grafik kinetika orde satu semu. Waktu kesetimbangan diperoleh pada menit ke 90

Kinetika adsorpsi orde dua semu diperoleh melalui persamaan yang diusulkan oleh Ho dan Wang (2004). Perhitungan orde dua semu telah dilakukan seperti yang terdapat di lampiran F hingga diperoleh grafik orde dua semu pada Gambar 4.7. Grafik menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,9915, nilai q_e sebesar 22,8818 mg/g dan nilai k sebesar 0,0286 g/mg.menit.



Gambar 4.7 Grafik kinetika orde dua semu. Waktu kesetimbangan diperoleh pada menit ke 90

Perhitungan orde satu dan orde dua juga telah dilakukan seperti yang terdapat di lampiran F hingga diperoleh grafik keduanya pada Gambar 4.8. Grafik menunjukkan nilai R^2 untuk orde satu sebesar 0,9605 dan nilai k sebesar 0,0346. Sedangkan untuk orde dua diperoleh nilai R^2 sebesar 0,9952 dan nilai k sebesar 0,0023.



Gambar 4.8 a) Grafik kinetika orde satu. b) Grafik kinetika orde dua. Kedua model kinetika diperoleh saat waktu kesetimbangan 90 menit

Model kinetika untuk adsorpsi ion Cd^{2+} menggunakan karbon aktif biji trembesi ditentukan dengan membandingkan nilai R^2 dari masing-masing grafik yang terdapat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Perbandingan model kinetika adsorpsi

Model	R ²	<i>k</i>
Orde 1	0,9605	0,0346
Orde 1 Semu	0,9961	2,1261
Orde 2	0,9952	0,0023
Orde 2 Semu	0,9915	0,0286

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dikatakan bahwa adsorpsi ion Cd²⁺ mengikuti model kinetika adsorpsi orde satu semu karena memiliki nilai R² yang paling baik. Hal ini berarti bahwa hanya satu variabel yang mempengaruhi proses adsorpsi, hanya adsorbat atau adsorbennya saja. Apabila adsorbat yang mempengaruhi kinetika adsorpsi maka saat diberikan variasi massa adsorben, hal tersebut tidak mempengaruhi proses adsorpsi. Berlaku juga sebaliknya, apabila yang mempengaruhi kinetika adsorpsi adalah adsorben maka saat diberikan variasi konsentrasi, hal tersebut tidak mempengaruhi kinetika adsorpsi. Model kinetika orde satu semu pada adsorpsi ion Cd²⁺ menggunakan karbon aktif dari biji trembesi sama dengan penelitian oleh González dan Pliego-Cuervo pada tahun 2014 yang meneliti bahwa adsorpsi ion Cd²⁺ menggunakan karbon aktif dari bambu mengikuti model kinetika orde satu semu dengan nilai R² 0,9600. Nilai *k* untuk orde satu semu sebesar 2,1261 yang lebih besar dibandingkan nilai *k* lainnya menunjukkan bahwa reaksi berjalan cepat.

4.5 Hasil Desorpsi Ion Cd²⁺ Dari Karbon Aktif

Karbon aktif dari biji trembesi yang telah digunakan pada proses adsorpsi dilarutkan kembali dalam asam kuat atau air untuk melepaskan ion Cd²⁺ yang teradsorpsi. Ion Cd²⁺ merupakan adsorbat yang telah berikatan dengan sisi aktif karbon saat proses adsorpsi. Pelepasan kembali adsorbat dari adsorben merupakan proses desorpsi. Proses desorpsi dapat digunakan untuk menganalisa ikatan yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben. Agen pendesorpsi yang biasa digunakan adalah air dan asam kuat. Pada penelitian ini proses desorpsi dilakukan dengan menggunakan agen

pendesorpsi air dan HCl dengan konsentrasi 1N dan 4N. Pengadukan dilakukan selama 90 menit dengan kecepatan 100 rpm. Hasil desorpsi dianalisa dengan menggunakan SSA dan dihitung hingga diperoleh data seperti pada lampiran E.

Tabel 4.7 Hasil desorpsi ion Cd^{2+}

Agen pendesorpsi	Konsentrasi Cd^{2+} yang terjerap mg/L	Konsentrasi Cd^{2+} yang terlepas mg/L	% Desorpsi
HCl 4N	28,8443	16,64	54,62
HCl 1N	28,1723	6,87	21,22
Aqua DM	37,8262	0,41	1,09

Pada Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa kemampuan HCl 4N sebagai agen pendesorpsi untuk melepas ion Cd^{2+} lebih baik dibandingkan dengan HCl 1N dan aqua DM. Kemampuan HCl 1N lebih baik dibandingkan dengan aqua DM. Agen pendesorpsi yang berupa asam kuat HCl 4N dan 1N dapat mendesorpsi ion Cd^{2+} lebih banyak dibandingkan dengan aqua DM. Hal ini berarti bahwa ikatan yang terjadi antara karbon aktif dari biji trembesi dengan ion Cd^{2+} merupakan ikatan kimia yang tidak dapat diputuskan hanya dengan menggunakan aqua DM saja tetapi harus diputus dengan asam kuat. Ikatan kimia yang terjadi disebabkan oleh adanya gugus karboksil di permukaan karbon aktif yang mendorong terjadinya peningkatan disosiasi asam dan kelat sehingga dapat membentuk kompleks ion logam-gugus fungsi seperti yang dijelaskan oleh Gonzalez dan Pliego (2014).



Kemampuan HCl untuk mendesorpsi ion Cd^{2+} dipengaruhi oleh konsentrasinya. HCl 4N dapat mendesorpsi ion Cd^{2+} lebih banyak dibandingkan dengan HCl 1N karena semakin besar konsentrasi asam semakin kuat pula kemampuannya untuk memutus ikatan kimia.

Sedangkan aqua DM sebagai agen pendesorpsi hanya mampu mendesorpsi sedikit ion Cd^{2+} saja. Sejumlah ion Cd^{2+} yang dapat

terdesorpsi oleh aqua DM diperkirakan berikatan dengan karbon aktif secara fisika yaitu terjadi gaya *van der waals* antara karbon aktif dengan ion Cd^{2+} . Gaya *van der waals* merupakan ikatan yang lemah sehingga dapat putus hanya dengan menggunakan aqua DM. Hal tersebut didukung oleh penelitian Fadilah pada tahun 2013 yang menyatakan bahwa prosentase ion Cd^{2+} yang terdesorpsi oleh air hanya 11,80%.

Hasil analisa desorpsi menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion Cd^{2+} menggunakan karbon aktif dari biji trembesi merupakan proses adsorpsi secara kemisorpsi dan fisorpsi. Proses kemisorpsi terjadi antara ion Cd^{2+} dengan gugus fungsi pada permukaan karbon aktif. Sedangkan proses fisorpsi merupakan ion Cd^{2+} yang terjebak dalam pori karbon aktif.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

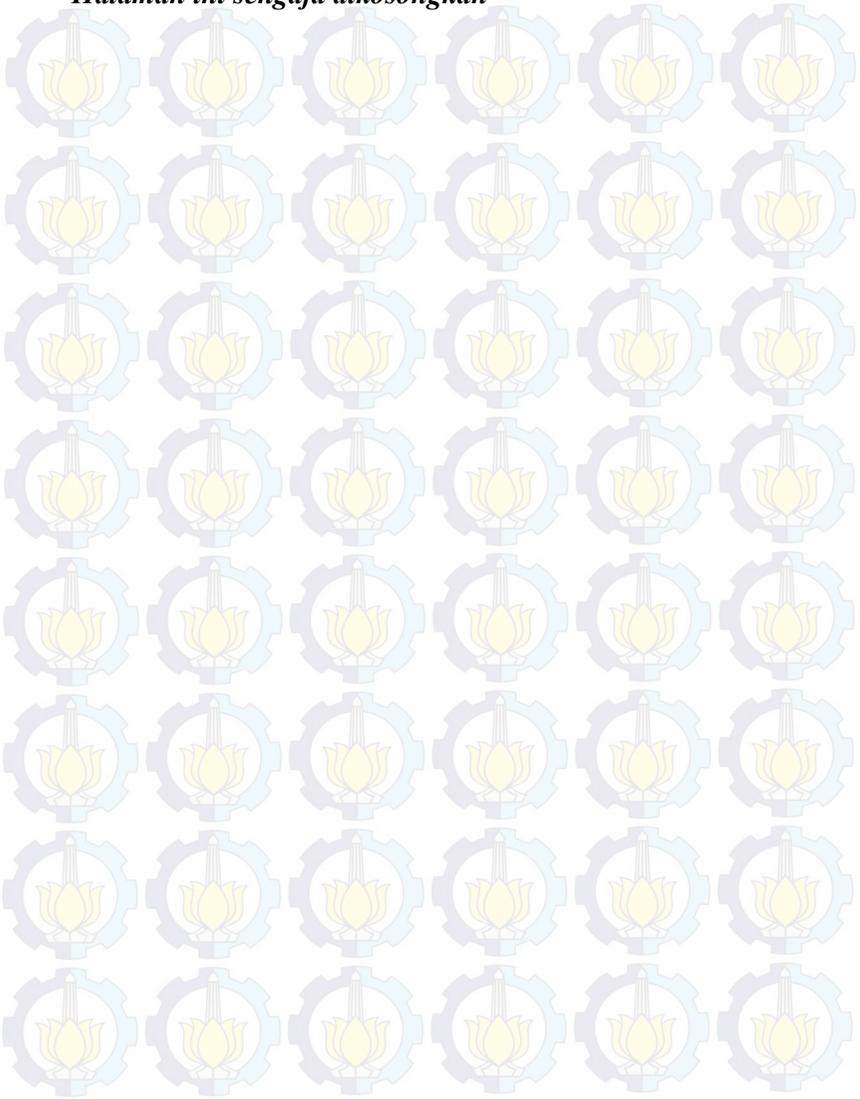
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Karakteristik karbon aktif biji trembesi diantaranya adalah mengandung kadar air sebesar 0,28%, kandungan gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif adalah C-O, C=C, C=O, C-H, N-H, dan luas permukaan sebesar 56,6331 m²/g.
2. Adsorpsi ion Cd²⁺ optimum pada pH 7 dengan prosentase ion Cd²⁺ teradsorpsi sebesar 97,11% dan waktu kontak 90 menit dengan prosentase ion Cd²⁺ teradsorpsi sebesar 88,72%. Kondisi adsorpsi: konsentrasi larutan Cd²⁺ 50 mg/L, dosis adsorben 2 g/L.
3. Adsorpsi ion Cd²⁺ mengikuti model kinetika adsorpsi orde satu semu dengan nilai konstanta laju (*k*) sebesar 2,1261 menit⁻¹.
4. Desorpsi ion Cd²⁺ menggunakan HCl 4N mencapai 54,62%, HCl 1N mencapai 21,22%, dan 1,09% menggunakan aqua DM.

5.2 Saran

Penelitian adsorpsi ion Cd²⁺ menggunakan karbon aktif dari biji trembesi perlu dilanjutkan dengan pengaruh konsentrasi, massa adsorben yang digunakan dan luas permukaan karbon aktif sehingga diperoleh karakteristik dan kemampuan karbon aktif dari biji trembesi yang lengkap.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR PUSTAKA

Ahn C. K., Kim Y. M., Woo S. H. and Park J. M. (2009) Removal of cadmium using acid-treated activated carbon in the presence of nonionic and/or anionic surfactants. *Hydrometallurgy* **99**, 209–213.

Astuti R. N., Prasetyo A. and Yudi A. (2012) Adsorpsi Metilen Blue Pada Karbon Aktif Dari Ban Bekas Dengan Variasi Konsentrasi NaCl Pada Suhu Pengaktifan 600°C dan 650°C. Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Atkins P. and Paula J. de (2006) *Physical Chemistry.*, W. H. Freeman and Company, New York.

Babic B. M., Milonjic S. K., Cupic S. and Kaludjerovic B. V. (2002) Adsorption of zinc, cadmium and mercury ions from aqueous solutions on an activated carbon cloth. *Carbon* **40**.

Barus T. A. (2004) Pengantar Limnologi: Studi Tentang Ekosistem Air Daratan. *Program Studi Biol. FMIPA USU*.

Cotton F. A. and Wilkinson G. (1989) *Kimia Anorganik Dasar.*, UI press, Jakarta.

Delgado D. C., Hera R., Cairo J. and Orta Y. (2014) Samanea saman, a multi-propose tree with potentialities as alternative feed for animals of productive interest. *Cuban J. Agric. Sci.* **48**.

Durr P. A. (2001) The biology, ecology and agroforestry potential of the raintree, Samanea saman (Jacq.) Merr. *Kluwer Acad. Publ.* **51**, 223–237.

Fadilah N. (2013) Penurunan Kadar Ion Cd^{2+} Dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif Dari Tempurung Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L). Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Flores E. M. (1979) Samanea saman (Jacq.) Merr. *Acad. Nac. Cienc. Costa Rica*, 701–704.

Ghifari A. S. (2011) Biosorpsi Logam Berat Di Lingkungan Akuatik Menggunakan Limbah Sekam Padi (*Oryza Sativa* L.) Sebagai Biosorben. *Sains Teknol. Kesehat.*

Gonzalez P. G. and Pliego Y. B. (2014) Adsorption of Cd(II), Hg (II) and Zn (II) from aqueous solution using mesoporous activated carbon produced from *Bambusa vulgaris striata*. *Chem. Eng. Res. Des.* **92**.

González P. G. and Pliego-Cuervo Y. B. (2014) Adsorption of Cd(II), Hg(II) and Zn(II) from aqueous solution using mesoporous activated carbon produced from *Bambusa vulgaris striata*. *Chem. Eng. Res. Des.* **92**, 2715–2724.

Hadoun H., Sadaoui Z., Souami N., Sahel D. and Toumert I. (2013) Characterization of mesoporous carbon prepared from date stems by H_3PO_4 chemical activation. *Appl. Surf. Sci.* **280**, 1–7.

Hidayah N. (2010) Pengaruh Konsentrasi Tawas Pembaluran Dan Perendaman Terhadap Kadar Air Ikan Tongkol. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Semarang.

Ho Y. S. and Wang C. C. (2004) Pseudo-isotherm for the sorption of cadmium ion onto tree fern. *Process Biochem.* **39**, 759–763.

Hydari S., Sharififard H., Nabavinia M. and Parvizi M. reza (2012) A comparative investigation on removal performances of

commercial activated carbon, chitosan biosorbent and chitosan/activated carbon composite for cadmium. *Chem. Eng. J.* **193–194**, 276–282.

Indis N. A. (2013) Adsorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Karbon Aktif Yang Terbuat Dari Tempurung Biji Nyamplung. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Inglezakis V. J. and Pouloupoulus S. G. (2006) *Adsorption, Ion Exchange and Catalysis: Design Of Operations And Enviromental Applications.*, Elsevier.

Jankowska H., Swiatkowski A. and Choma J. (1991) *Active Carbon.*, British Library Cataloguing, Poland.

Kaouah F., Boumaza S., Berrama T., Trari M. and Bendjama Z. (2013) Preparation and characterization of activated carbon from wild olive cores (oleaster) by H_3PO_4 for the removal of Basic Red 46. *J. Clean. Prod.* **54**, 296–306.

Kinoshita K. (1988) *Carbon: Electrochemical and Physicochemical Properties.*, Library of Congress Cataloging, USA.

Kiruba U. P., Kumar P. S., Prabhakaran C. and Aditya V. (2014) Characteristics of thermodynamic, isotherm, kinetic, mechanism and design equations for the analysis of adsorption in Cd(II) ions-surface modified Eucalyptus seeds system. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* **45**, 2957–2968.

Kobya M., Demirbas E., Senturk E. and Ince M. (2005) Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone. *Bioresour. Technol.* **96**, 1518–1521.

Mulja M. and Suharman (1995) *Analisis Instrumental.*, Airlangga University Press, Surabaya.

- Napitupulu A. (2003) Impregnasi Karbon Aktif Dengan Sulfida Untuk Mengikat Ion Tembaga (II) Dan Kadmium (II) Di Dalam Air. Skripsi, Universitas Sumatera Utara.
- Prawita A., Suwignyo K. and Moechtar J. (2013) PEMANFAATAN DAUN TREMBESI (*Samanea saman*) DALAM MENGADSORPSI LOGAM BERAT TIMBAL.
- Pujiyanto (2010) Pembuatan karbon aktif super dari batubara dan tempurung kelapa. Skripsi, Universitas Indonesia.
- Qiu H., Pan B., Zhang Q., Zha W. and Zhang Q. (2009) Critical review in adsorption kinetic models. *J Zhejiang Univ Sci A* **10**, 716–724.
- Rindyastuti R. and Darmayanti A. S. (2010) Komposisi Kimia dan Estimasi Proses Dekomposisi Serasah Tiga Spesies Familia Fabaceae di Kebun Raya Purwodadi.
- Robison J. W. (1990) *Atomic Spectroscopy*, Marcel Dekker, Inc., USA.
- Rouessac F. and Rouessac A. (2007) *Chemical Analysis : Modern Instrumentation Methods and Techniques*. 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd, France.
- Rouquerol F., Rouquerol J. and Sing K. (1999) *Adsorption By Powders and Porous Solids*, Elsevier.
- Sing K. S. W. (2014) 10 - Adsorption by Active Carbons. In *Adsorption by Powders and Porous Solids (Second Edition)* (ed. F. R. R. S. W. S. L. Maurin). Academic Press, Oxford. pp. 321–391.
- Staples G. W. and Elevitch C. R. (2006) *Samanea saman* (rain tree). *Species Profiles Pasific Isl. Agrofor*.

Sugiyarto K. H. and Suyanti R. D. (2010) *Kimia Anorganik Logam.*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Sulistiyana (2011) Studi Pendahuluan Adsorpsi Kation Ca dan Mg (Penyebab Kesadahan) Menggunakan Nata De Coco dengan Metode Batch. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tajar A. F., Kaghadzchi T. and Soleimani M. (2009) Adsorption of cadmium from aqueous solutions on sulfurized activated carbon prepared from nut shells. *J. Hazard. Mater.* **165**, 1159–1164.

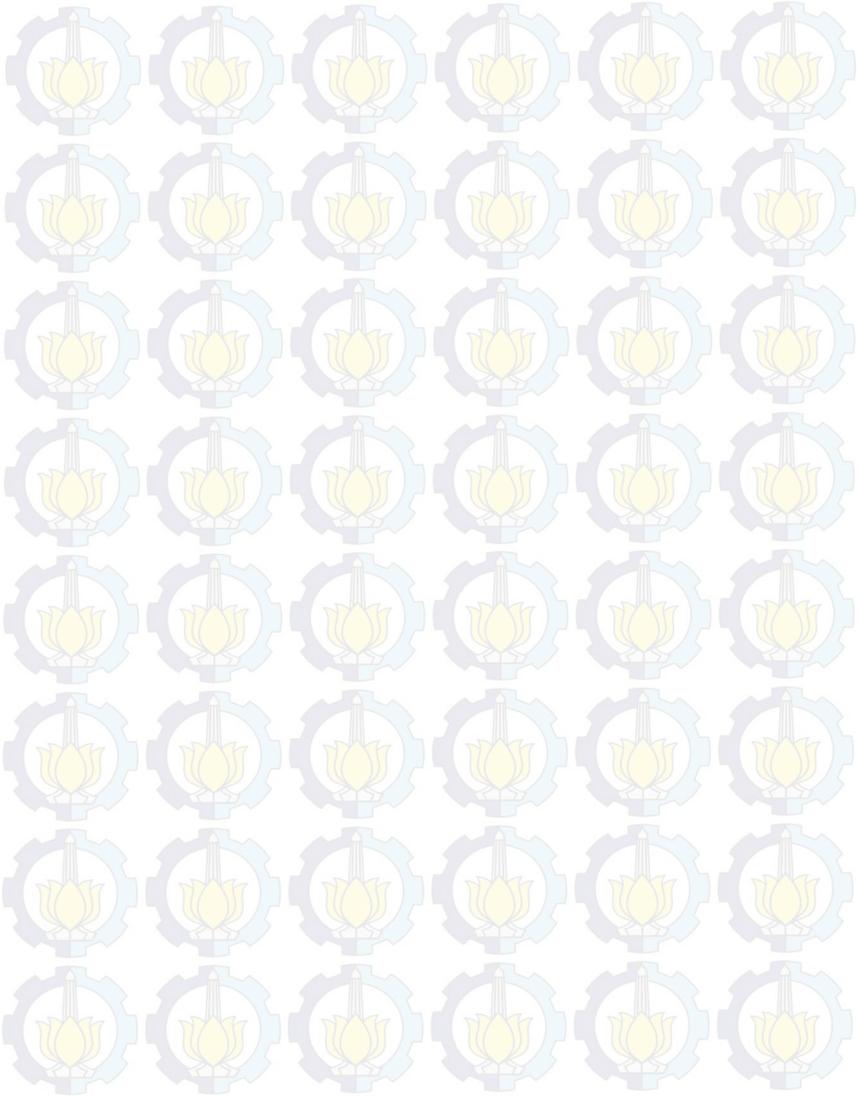
Toit M. du (2002) Analytical Techniques To Fullfill Air Pollution Monitoring Requirements.

WHO (2010) Exposure To Cadmium: A Major Public Health Concern. *Public Health Environ.*

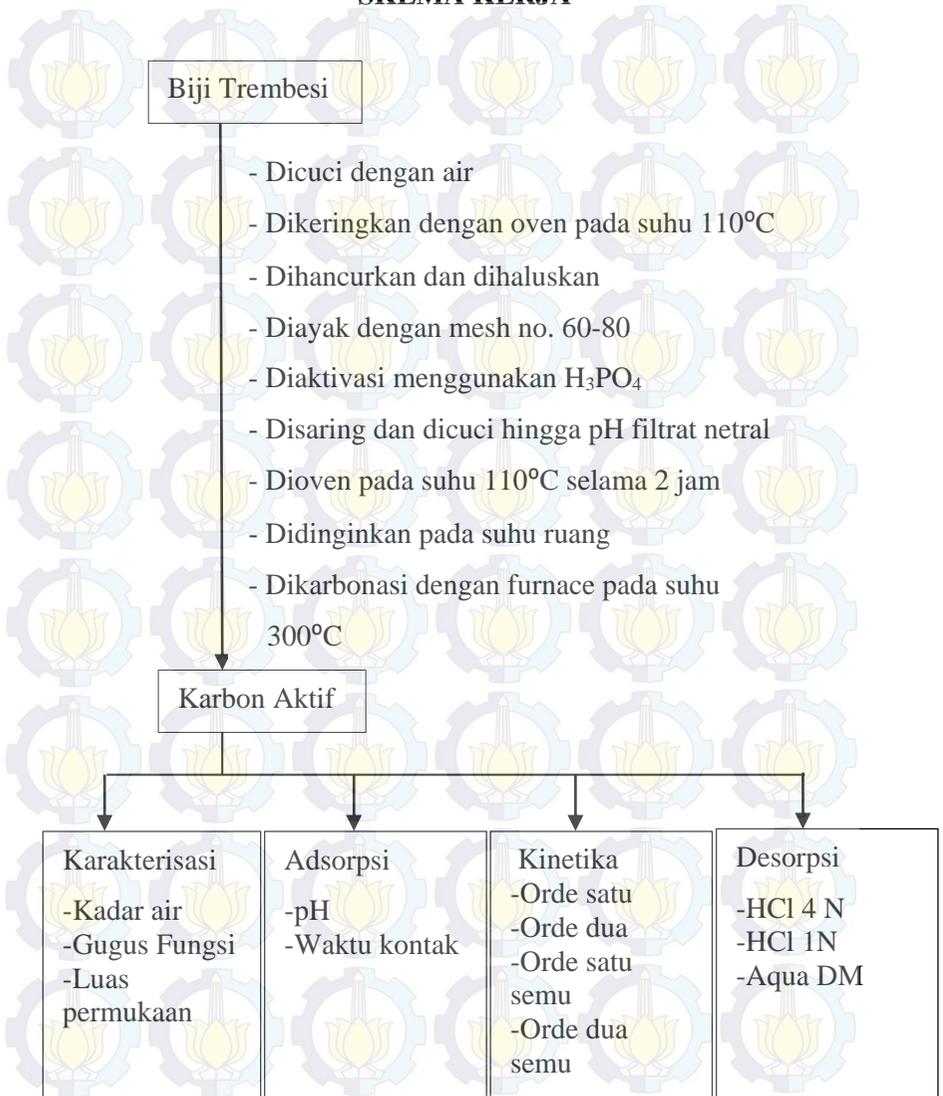
Xin H., Nai-yun G. and Qiao-li Z. (2007) Thermodynamics and kinetics of cadmium adsorption onto oxidized granular activated carbon. *J. Enviromental Sci.* **19**, 1287–1292.

Yanagisawa H., Matsumoto Y. and Machida M. (2010) Adsorption of Zn(II) and Cd(II) ions onto magnesium and activated carbon composite in aqueous solution. *Appl. Surf. Sci.* **256**, 1619–1623.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



LAMPIRAN A SKEMA KERJA



LAMPIRAN B

PEMBUATAN LARUTAN

B.1 Pembuatan Larutan Induk Cd²⁺ 500 mg/L

Larutan induk Cd²⁺ 500 mg/L dibuat dengan cara melarutkan padatan kadmium klorida monohidrat (CdCl₂.H₂O) sebanyak 0,8954 gram dengan sedikit aqua DM kemudian diencerkan dalam labu ukur 1000 mL hingga tanda batas

B.2 Pembuatan Larutan Standar Cd²⁺

Larutan standar dibuat dengan cara mengencerkan larutan Cd²⁺ 50 mg/L dari larutan induk Cd²⁺ 500 mg/L. Kemudian dibuat larutan standar yang digunakan untuk membuat kurva kalibrasi terdiri dari konsentrasi 0, 2, 3, 4, dan 5 mg/L.

B.3 Pembuatan Larutan H₃PO₄ 5%

Diambil 14,7 mL larutan H₃PO₄ 85% dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL yang telah berisi aqua DM. Kemudian larutan diencerkan hingga tanda batas.

B.4 Pembuatan Larutan HNO₃ 1%

Diambil 1,54 mL HNO₃ 65% dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah berisi aqua DM. Kemudian larutan diencerkan dengan hingga tanda batas.

B.5 Pembuatan Larutan KOH 0,1 M

Ditimbang 0,5611 gram padatan KOH dan dilarutkan dalam beker gelas dengan aqua DM. Dimasukkan larutan KOH ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

B.6 Pembuatan Larutan HCl 4 N

Diambil 33,4 mL larutan HCl 12 N dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah berisi aqua DM. Kemudian larutan diencerkan hingga tanda batas.

B.7 Pembuatan Larutan HCl 1 N

Diambil 4,2 mL larutan HCl 12 N dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL yang telah berisi aqua DM. Kemudian larutan diencerkan hingga tanda batas.

B.8 Pembuatan Larutan Metilen Biru

Larutan Metilen biru 100 mg/L dibuat dari 0,0252 mg padatan metilen biru yang dilarutkan dengan aqua DM dalam gelas beker dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Kemudian larutan diencerkan hingga tanda batas. Setelah itu dibuat larutan standar metilen biru konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L dengan mengencerkan larutan metilen biru 100 mg/L.

LAMPIRAN C KURVA KALIBRASI

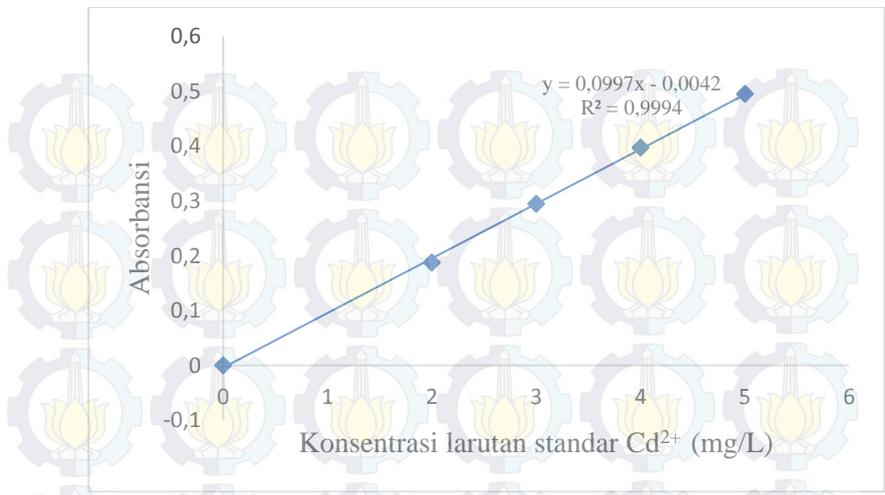
C.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi kadmium merupakan kurva yang menghubungkan antara konsentrasi beberapa larutan standar Cd^{2+} dengan absorbansi yang diperoleh dari pengukuran menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA) pada panjang gelombang (λ) 228,80 nm, arus lampu 5 mA, dan bahan bakar campuran asetilena udara.

Tabel C.1 Data serapan Cd^{2+} pada SSA

Konsentrasi Larutan Standar Cd^{2+} (mg/L)	Absorbansi
0	0,0000
2	0,1875
3	0,2946
4	0,3972
5	0,4955

Dengan menghubungkan data konsentrasi (sumbu x) dan absorbansi (sumbu y) pada Tabel C.1 maka akan diperoleh grafik dengan persamaan garis yang terdapat pada Gambar C.1. Persamaan yang diperoleh adalah $y = 0,0997x - 0,0042$ dengan $R^2 = 0,9994$. Persamaan tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung konsentrasi Cd^{2+} pada proses adsorpsi.



Gambar C.1 Kurva Kalibrasi Kadmium

LAMPIRAN D

ANALISA DATA HASIL ADSORPSI

D.1 Perhitungan Konsentrasi Cd^{2+} pada Proses Adsorpsi

Konsentrasi ion Cd^{2+} pada filtrat hasil adsorpsi dihitung dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada Gambar C.1. Persamaan yang digunakan adalah $y = 0,0997x - 0,0042$. Absorbansi yang diperoleh dari hasil uji SSA dimasukkan pada persamaan tersebut sebagai y . Selanjutnya akan diperoleh nilai x sebagai konsentrasi Cd^{2+} .

Pada proses adsorpsi variasi pH diperoleh data absorbansi sebesar 0,3965 untuk pH 4. Nilai absorbansi ini selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut.

$$y = 0,0997x - 0,0042$$

$$0,3965 = 0,0997x - 0,0042$$

$$0,3965 + 0,0042 = 0,0997x$$

$$x = \frac{0,3965 + 0,0042}{0,0997}$$

$$0,0997$$

$$x = 4,0191 \text{ mg/L}$$

Nilai x yang diperoleh disebut dengan konsentrasi Cd^{2+} terukur (C_{terukur}). Karena pada percobaan dilakukan pengenceran sebanyak 10x maka untuk mencari konsentrasi Cd^{2+} sisa (C_{sisa}) digunakan rumus:

$$C_{\text{sisa}} = C_{\text{terukur}} \times \text{Faktor Pengenceran (FP)}$$

$$= 4,0191 \times 10$$

$$= 40,0191 \text{ mg/L}$$

Kemudian dihitung konsentrasi Cd^{2+} yang teradsorpsi ($C_{\text{teradsorp}}$) dari larutan Cd^{2+} awal 50 mg/L dengan cara:

$$C_{\text{teradsorp}} = C_{\text{awal}} - C_{\text{sisa}}$$

$$= 50 \text{ mg/L} - 40,0191 \text{ mg/L}$$

$$= 9,8094 \text{ mg/L}$$

D.2 Ion Cd²⁺ yang Teradsorpsi

Cara untuk mengetahui ion Cd²⁺ yang teradsorpsi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ ion Cd}^{2+} \text{ yang teradsorpsi} &= \frac{C_{\text{teradsorpsi}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \\ &= \frac{9,8094 \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 19,62\%\end{aligned}$$

Perhitungan C_{sis} dan Cd²⁺ yang teradsorpsi untuk seluruh proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel D.1 dan D.2.

D.3 Kapasitas Adsorpsi Ion Cd²⁺

Kapasitas adsorpsi dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}q &= \frac{C_{\text{teradsorpsi}} \times \text{volume}}{\text{massa}} \\ &= \frac{9,8094 \text{ mg/L} \times 0,01 \text{ L}}{0,02 \text{ g}} \\ &= 4,9047 \text{ mg/g}\end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas adsorpsi ion Cd²⁺ yang untuk seluruh proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel D.3 dan D.4.

Tabel D.1 Data hasil adsorpsi pengaruh pH

pH	Absorbansi	C _{terukur} mg/L	FP	C _{sisia} mg/L	C _{teradsorpsi} mg/L	% Penurunan Cd ²⁺	% Penurunan Cd ²⁺ rata- rata
4	0,3965	4,0191	10	40,1906	9,8094	19,62	14,09
	0,4516	4,5717	10	45,7172	4,2828	8,57	
6	0,2549	2,5988	10	25,9880	24,0120	48,02	41,32
	0,3217	3,2688	10	32,6881	17,3119	34,62	
7	0,0093	0,1354	10	1,3541	48,6459	97,29	97,11
	0,0111	0,1535	10	1,5346	48,4654	96,93	
8	0,0182	0,2247	10	2,2467	47,7533	95,51	95,34
	0,0199	0,2417	10	2,4173	47,5827	95,17	
10	0,0012	0,0542	10	0,5416	49,4584	98,92	98,86
	0,0018	0,0602	10	0,6018	49,3982	98,80	
13	0,0009	0,0512	10	0,5115	49,4885	98,98	98,85
	0,0022	0,0642	10	0,6419	49,3581	98,72	

Tabel D.2 Data hasil adsorpsi pengaruh waktu kontak

Waktu Kontak (menit)	Absorbansi	C_{terukur} mg/L	FP	C_{sisa} mg/L	$C_{\text{teradsorpsi}}$ mg/L	% Penurunan Cd^{2+}	% Penurunan Cd^{2+} rata-rata
30	0,1118	1,1635	10	11,6349	38,3651	76,73	75,40
	0,1251	1,2969	10	12,9689	37,0311	74,06	
60	0,0509	0,5527	10	5,5266	44,4734	88,95	87,45
	0,0658	0,7021	10	7,0211	42,9789	85,96	
90	0,0543	0,5868	10	5,8676	44,1324	88,26	88,72
	0,0498	0,5416	10	5,4162	44,5838	89,17	
105	0,0520	0,5637	10	5,6369	44,3631	88,73	87,78
	0,0614	0,6580	10	6,5797	43,4203	86,84	
120	0,0221	0,2638	10	2,6379	47,3621	94,72	87,46
	0,0945	0,9900	10	9,8997	40,1003	80,20	
150	0,0720	0,7643	10	7,6429	42,3571	84,71	87,56
	0,0436	0,4794	10	4,7944	45,2056	90,41	

D.3 Kapasitas adsorpsi karbon aktif pengaruh pH

pH	Absorbansi	C _{terukur} mg/L	FP	C _{sisia} mg/L	C _{teradsorpsi} mg/L	q (mg/g)	q rata-rata (mg/g)
4	0,3965	4,0191	10	40,1906	9,8094	4,9047	3,5231
	0,4516	4,5717	10	45,7172	4,2828	2,1414	
6	0,2549	2,5988	10	25,9880	24,0120	12,0060	10,3310
	0,3217	3,2688	10	32,6881	17,3119	8,6560	
7	0,0093	0,1354	10	1,3541	48,6459	24,3230	24,2778
	0,0111	0,1535	10	1,5346	48,4654	24,2327	
8	0,0182	0,2247	10	2,2467	47,7533	23,8766	23,8340
	0,0199	0,2417	10	2,4173	47,5827	23,7914	
10	0,0012	0,0542	10	0,5416	49,4584	24,7292	24,7141
	0,0018	0,0602	10	0,6018	49,3982	24,6991	
13	0,0009	0,0512	10	0,5115	49,4885	24,7442	24,7116
	0,0022	0,0642	10	0,6419	49,3581	24,6790	

Tabel D.4 Kapasitas karbon aktif pengaruh waktu kontak

Waktu Kontak (menit)	Absorbansi	C _{terukur} mg/L	FP	C _{sisia} mg/L	C _{teradsorpsi} mg/L	q (mg/g)	q rata-rata (mg/g)
30	0,1118	1,1635	10	11,6349	38,3651	19,1825	18,8490
	0,1251	1,2969	10	12,9689	37,0311	18,5155	
60	0,0509	0,5527	10	5,5266	44,4734	22,2367	21,8631
	0,0658	0,7021	10	7,0211	42,9789	21,4895	
90	0,0543	0,5868	10	5,8676	44,1324	22,0662	22,1790
	0,0498	0,5416	10	5,4162	44,5838	22,2919	
105	0,0520	0,5637	10	5,6369	44,3631	22,1815	21,9458
	0,0614	0,6580	10	6,5797	43,4203	21,7101	
120	0,0221	0,2638	10	2,6379	47,3621	23,6810	21,8656
	0,0945	0,9900	10	9,8997	40,1003	20,0502	
150	0,0720	0,7643	10	7,6429	42,3571	21,1785	21,8907
	0,0436	0,4794	10	4,7944	45,2056	22,6028	

LAMPIRAN E

ANALISA DATA HASIL DESORPSI

E.1 Perhitungan Kadar Cd²⁺ Terdesorpsi

Data absorbansi yang diperoleh pada proses desorpsi juga diolah seperti pada lampiran D hingga diperoleh $C_{\text{teradsorp}}$ dan $C_{\text{terdesorp}}$. Pada proses desorpsi dengan menggunakan agen pendesorpsi aqua DM diperoleh $C_{\text{teradsorp}}$ dan $C_{\text{terdesorp}}$ berturut-turut sebesar 37,1793 mg/L dan 0,4012 mg/L, maka % desorpsinya adalah:

$$\begin{aligned} \% \text{ desorpsi} &= \frac{C_{\text{terdesorp}}}{C_{\text{terserap}}} \times 100\% \\ &= \frac{0,4012 \text{ mg/L}}{37,1793 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 1,13\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan desorpsi dengan agen pendesorpsi lainnya dapat dilihat pada Tabel E.1.

Tabel E.1. Data hasil desorpsi

Agen pendesorpsi	Absorbansi	$C_{\text{teradsorp}}$ mg/L	$C_{\text{terdesorp}}$ mg/L	% desorpsi	% desorpsi Rata- rata
HCl 4N	0,0731	16,3167	7,7533	47,52	54,62
	0,2504	41,3719	25,5366	61,72	
HCl 1N	0,1138	44,2706	11,8355	26,73	21,22
	0,0147	12,0740	1,8957	15,70	
Aqua DM	0,0000	37,1793	-0,4213	1,13	1,09
	-0,0002	38,4732	0,4012	1,04	

LAMPIRAN F KINETIKA ADSORPSI

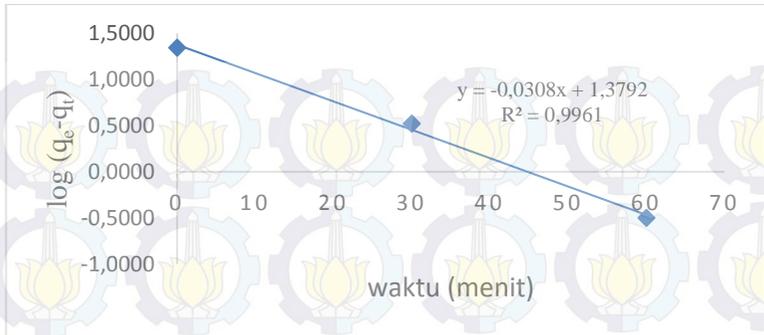
F.1 Perhitungan Orde Satu Semu

Perhitungan orde satu semu menggunakan data hasil adsorpsi pada variasi waktu kontak yang terdapat pada lampiran D. Data yang digunakan adalah C_{sisia} saat waktu t yang dirata-rata sebagai C_t dan C_{sisia} saat kesetimbangan sebagai C_e , sehingga diperoleh hasil perhitungan yang terdapat pada Tabel F.1.

Tabel F.1 Data hasil orde satu semu

Waktu kontak	C_t mg/L	q_t mg/g	q_e mg/g	$q_e - q_t$ mg/g	\log $q_e - q_t$
0	50,0000	0,0000	22,1790	22,1790	1,3459
30	12,3019	18,8490	22,1790	3,3300	0,5224
60	6,2738	21,8631	22,1790	0,3159	-0,5004
90	5,6419	22,1790	22,1790	0,0000	#NUM!
105	6,1083	21,9458	22,1790	0,2332	-0,6323
120	6,2688	21,8656	22,1790	0,3134	-0,5038
150	6,2187	21,8907	22,1790	0,2884	-0,5401

Kemudian diplotkan waktu kontak sebagai sumbu x dengan data $\log q_e - q_t$ pada Tabel F.1 sebagai sumbu y menjadi sebuah grafik pada Gambar F.1.



Gambar F.1 Grafik Orde Satu Semu

Dari grafik pada Gambar F.1 diperoleh persamaan $y = -0,9232x + 2,3023$ yang selanjutnya dimasukkan ke persamaan 2.5.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k}{2,303} t$$

Sehingga diperoleh nilai q_e dan k sebesar:

$$\log q_e = 2,3023$$

$$q_e = 200,5857 \text{ mg/g}$$

$$\frac{-k}{2,303} = -0,9232$$

$$k = 2,1261 \text{ menit}^{-1}$$

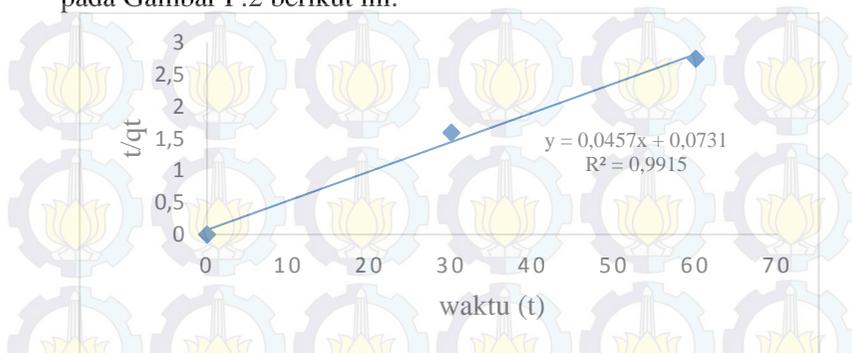
F.2 Perhitungan Orde Dua Semu

Perhitungan orde dua semu menggunakan data q_t yang telah diperoleh pada Tabel F.1 yang akan dibagi dengan t (waktu), sehingga diperoleh data yang ditunjukkan oleh Tabel F.2 berikut:

Tabel F.2 Data hasil orde dua semu

t (menit)	t/q_t
0	tak terdefinisi
30	1,5916
60	2,7444
90	4,0579
105	4,7845
120	5,4881
150	6,8522

Data pada Tabel F.2 diplotkan menjadi sebuah grafik yang terdapat pada Gambar F.2 berikut ini.



Gambar F.2 Grafik Orde Dua Semu

Persamaan garis yang diperoleh pada grafik F.2 yaitu $y = 0,0457x + 0,0731$ dimasukkan ke dalam persamaan 2.13.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Sehingga dapat diperoleh nilai q_e dan k sebesar:

$$\frac{1}{q_e} = 0,0457$$

$$q_e = 21,8818 \text{ mg/g}$$

$$\frac{1}{k q_e^2} = 0,0731$$

$$\frac{1}{k (21,8818)^2} = 0,0731$$

$$\frac{1}{478,8132 k} = 0,0731$$

$$k = 0,0286 \text{ g/mg.menit}$$

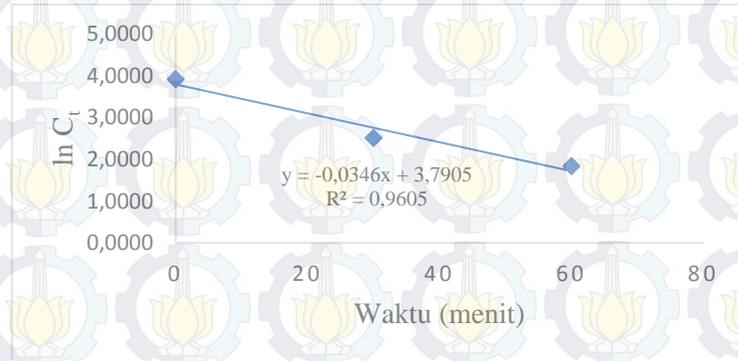
F3. Perhitungan Orde Satu dan Orde Dua

Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai $1/C_t$ dan $\ln C_t$, dengan C_t merupakan konsentrasi yang terdapat pada Tabel F.1. Hasilnya ditunjukkan oleh Tabel F.3 berikut:

Tabel F.3 Data perhitungan kinetika orde satu dan orde dua

waktu	C_t	$\ln C_t$	$1/C_t$
0	50,0000	3,9120	0,0200
30	12,3019	2,5098	0,0813
60	6,2738	1,8364	0,1594
90	5,6419	1,7302	0,1772
105	6,1083	1,8097	0,1637
120	6,2688	1,8356	0,1595
150	6,2187	1,8276	0,1608

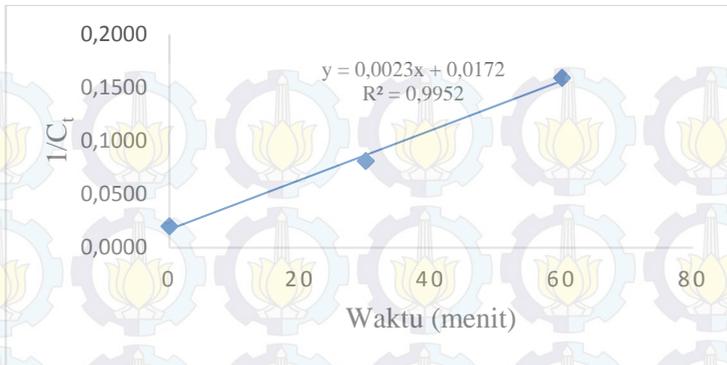
Grafik yang dibuat dengan memplotkan waktu sebagai sumbu x dan nilai $\ln C_t$ sebagai sumbu y menghasilkan grafik orde satu.



Gambar F.3 Grafik Orde Satu

Persamaan garis yang diperoleh pada grafik F.3 yaitu $y = -0,0346x + 3,7905$. Berdasarkan persamaan 2.4, maka diperoleh nilai k sebesar 0,0346.

Grafik yang dibuat dengan memplotkan waktu sebagai sumbu x dan nilai $1/C_t$ sebagai sumbu y menghasilkan grafik orde dua.



Gambar F.4 Grafik orde dua

Persamaan garis yang diperoleh pada grafik F.4 yaitu $y = 0,0023x + 0,0172$. Berdasarkan persamaan 2.8, maka diperoleh nilai k sebesar 0,0023.

LAMPIRAN G

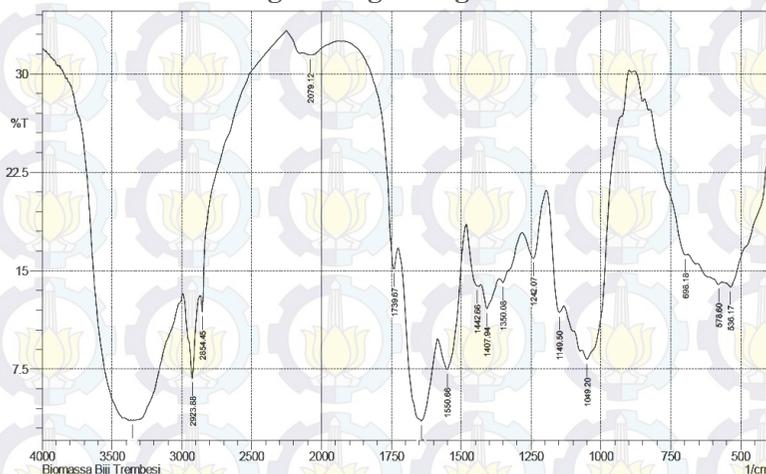
KARAKTERISASI KARBON AKTIF BIJI TREMBESI

G.1 Kadar Air

Massa karbon aktif yang diperoleh setelah proses karbonisasi adalah massa awal karbon aktif, yaitu sebesar 7,2402 gram. Setelah dua kali proses pengovenan masing-masing selama 1 jam pada suhu 110°C diperoleh massa karbon aktif konstan yang disebut sebagai massa akhir karbon aktif sebesar 7,2198 gram. Maka kadar air karbon aktif adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\% \\ &= \frac{(7,2402 - 7,2198) \text{ gram}}{7,2402 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 0,28\% \end{aligned}$$

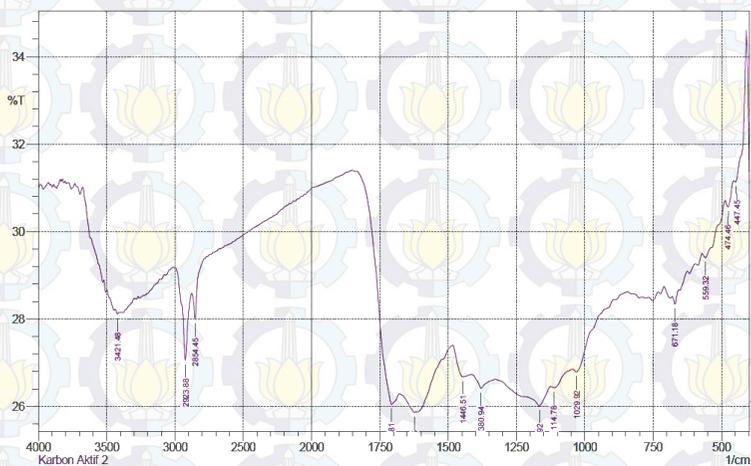
G.2 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR



Gambar G.2 (a) Spektra IR Biomassa Biji Trembesi

Tabel G.2 (a) Hasil IR biomassa biji trembesi

No.	Bilangan gelombang	%T	No.	Bilangan gelombang	%T
1	536,17	13,77	9	1442,66	13,84
2	578,60	13,95	10	1550,66	7,47
3	698,18	16,20	11	1643,24	3,57
4	1049,20	8,25	12	1739,67	15,14
5	1149,50	11,84	13	2079,12	31,43
6	1242,07	15,95	14	2854,45	11,85
7	1350,08	14,10	15	2923,88	6,83
8	1407,94	12,09	16	3355,91	3,58



Gambar G.2 (b) Spektra IR Karbon Aktif Biji Trembesi

Tabel G.2 (b) Hasil IR karbon aktif biji trembesi

No.	Bilangan gelombang	%T	No.	Bilangan gelombang	%T
1	447,45	31,13	8	1380,94	26,41
2	474,46	30,56	9	1446,51	26,68
3	559,32	29,40	10	1623,95	25,86
4	671,18	28,34	11	1708,81	26,05
5	1029,92	26,78	12	2854,45	27,99
6	1114,78	26,43	13	2923,88	27,05
7	1164,92	26,02	14	3448,49	28,11

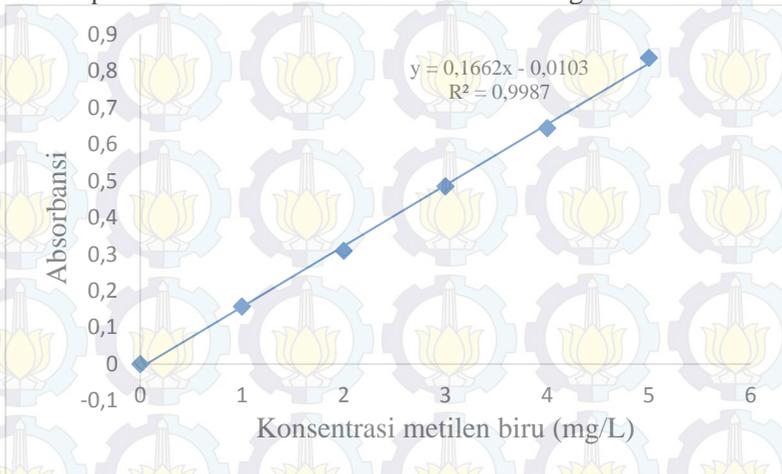
G.3 Luas Permukaan Karbon Aktif

Absorbansi larutan metilen biru 4 mg/L diukur pada panjang gelombang 500-700 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan diperoleh absorbansi maksimum pada panjang gelombang 665 nm. Kurva kalibrasi metilen biru dibuat dari data absorbansi larutan metilen biru pada konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 mg/L. Berikut adalah data absorbansi yang diperoleh:

Tabel G.3 Data pengukuran absorbansi metilen biru

Konsentrasi metilen biru (mg/L)	Absorbansi
0	0,000
1	0,157
2	0,309
3	0,485
4	0,644
5	0,836

Apabila data pada Tabel G.3 diplotkan menjadi sebuah grafik maka akan diperoleh kurva kalibrasi metilen biru sebagai berikut:



Gambar G.3 Kurva kalibrasi metilen biru

Dari kurva kalibrasi pada Gambar G.3 diperoleh persamaan garis $y = 0,1662x - 0,0103$. Filtrat hasil adsorpsi larutan metilen biru 100 mg/L menggunakan karbon aktif dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh digunakan untuk menghitung konsentrasi metilen biru yang tidak teradsorpsi (C_{terukur}) menggunakan persamaan kurva kalibrasi pada Gambar G.3 dan diperoleh hasil seperti pada Tabel G.4.

Tabel G.4 Konsentrasi metilen biru yang tidak teradsorpsi

Pengulangan ke-	Absorbansi	C_{terukur}	FP	C_{sisa}
1	0,396	2,4446	10	24,4465
2	0,379	2,3424	10	23,4236
3	0,374	2,3123	10	23,1227
Rata-rata				23,6643

Kemudian dihitung banyaknya metilen yang teradsorpsi dalam pori karbon aktif menggunakan persamaan 2.3.

$$q = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{W}$$
$$q = \frac{(100 \text{ mg/L} - 23,6643 \text{ mg/L}) \times 0,02 \text{ L}}{0,1 \text{ g}}$$

$$q = 15,2671 \text{ mg/g}$$

$$q = 0,0153 \text{ g/g}$$

Luas permukaan karbon aktif pada setiap gramnya dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$S = \frac{q \times N \times A}{Mr}$$

$$S = \frac{0,0153 \text{ g/g} \times 6,0220 \times 10^{23} / \text{mol} \times 197 \times 10^{-20} \text{ m}^2}{320,5 \text{ g/mol}}$$

$$S = 56,6331 \text{ m}^2/\text{g}$$

LAMPIRAN H

PENENTUAN WAKTU KESETIMBANGAN ADSORPSI

Penentuan waktu kesetimbangan diperoleh dari hasil adsorpsi pengaruh waktu kontak yang memberikan data bahwa adsorpsi optimum pada menit ke-90. Penentuan menit ke-90 sebagai waktu kesetimbangan dilakukan dengan uji T yang sebelumnya dilakukan uji F terlebih dahulu.

Tabel H.1 Uji F waktu kontak 60 menit dan 90 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	43,72618	44,35807
Variance	1,11674	0,10186
Observations	2	2
df	1	1
F	10,96346	
P(F<=f) one-tail	0,186722	
F Critical one-tail	161,4476	

Dari Tabel H.1 diperoleh nilai F sebesar 10,96346 yang nilainya lebih kecil dari nilai $F_{2,2}$ sebesar 161,4476 ($P = 0,05$), maka H_0 diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 60 menit dan 90 menit pada proses adsorpsi ion Cd^{2+} .

Tabel H.2 Uji T waktu kontak 60 menit dan 90 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	43,72618	44,35807
Variance	1,11674	0,10186
Observations	2	2
Pooled Variance	0,6093	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-0,80952	

P(T<=t) one-tail	0,251606	
t Critical one-tail	2,919986	
P(T<=t) two-tail	0,503213	
t Critical two-tail	4,302653	

Dari Tabel H.2 diperoleh nilai $|t|$ sebesar 0,80952 yang lebih kecil dari t_2 sebesar 4,302653 ($P = 0,05$), maka H_0 diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 60 menit dan 90 menit pada adsorpsi ion Cd^{2+} .

Tabel H.3 Uji F waktu kontak 90 menit dan 105 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	43,89168	44,35807
Variance	0,444463	0,10186
Observations	2	2
df	1	1
F	4,363457	
P(F<=f) one-tail	0,284239	
F Critical one-tail	161,4476	

Dari Tabel H.3 diperoleh nilai F sebesar 4,363457 yang nilainya lebih kecil dari nilai $F_{2,2}$ sebesar 161,4476 ($P = 0,05$), maka H_0 diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 90 menit dan 105 menit.

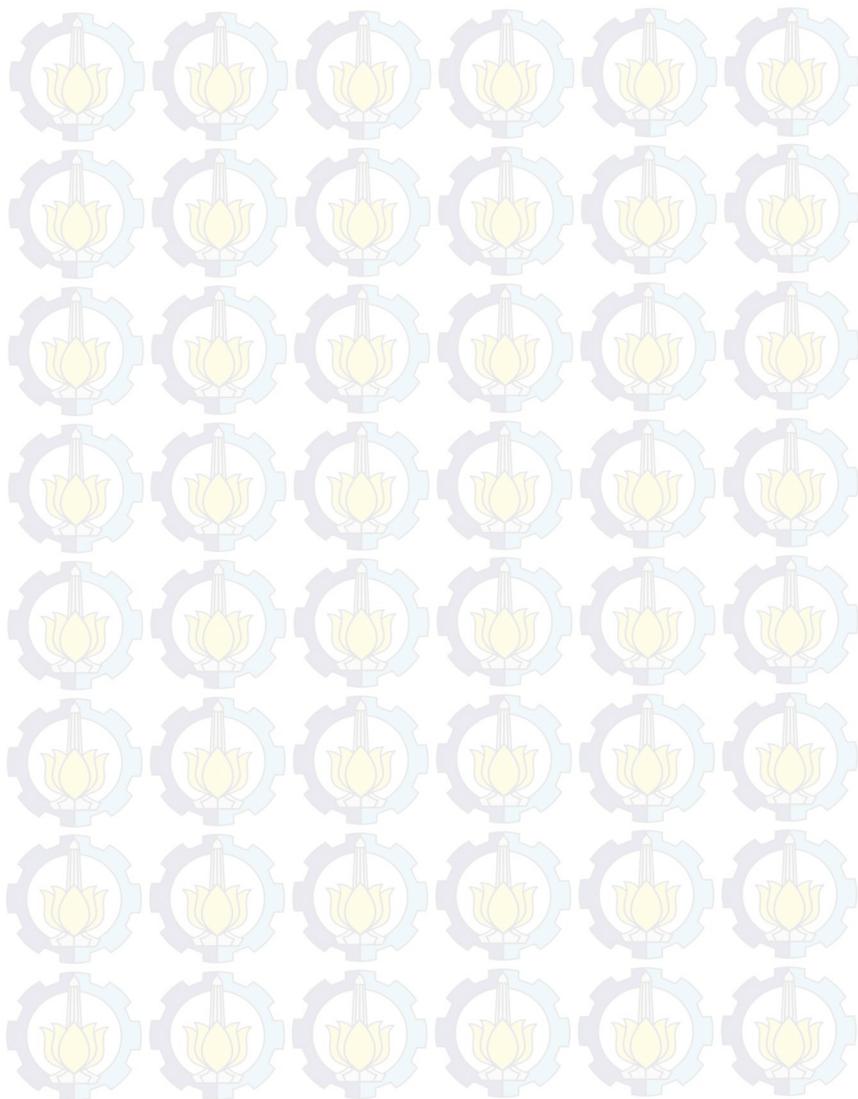
Tabel H.4 Uji T waktu kontak 90 menit dan 105 menit

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	44,35807	43,89168
Variance	0,10186	0,444463
Observations	2	2
Pooled Variance	0,273162	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	0,892376	

P(T<=t) one-tail	0,233177
t Critical one-tail	2,919986
P(T<=t) two-tail	0,466354
t Critical two-tail	4,302653

Dari Tabel H.4 diperoleh nilai $|t|$ sebesar 0,892376 yang lebih kecil dari t_2 sebesar 4,302653 ($P = 0,05$), maka H_0 diterima dan disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara waktu kontak 90 menit dan 105 menit pada adsorpsi ion Cd^{2+} .

”Halaman ini sengaja dikosongkan”



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Vella Carella Wijaya yang dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur, pada tanggal 14 Juni 1993. Anak pertama dari pasangan orang tua yang bernama Erwin Wijaya dan Enny Agustini ini telah menempuh pendidikan di TK Hang Tuah 10 Juanda (1997-1999), SD Hang Tuah 10 Juanda (1999-2005), SMP Negeri 2 Sidoarjo (2005-2008), dan SMA Negeri 3 Sidoarjo (2008-2011). Penulis melanjutkan pendidikan di jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) melalui jalur SNMPTN tulis dengan NRP 1411100094. Selama mengikuti pendidikan di Kimia FMIPA ITS, penulis aktif di Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM). Penulis juga pernah menjadi penyaji untuk Program Kreatifitas Mahasiswa bidang Kewirausahaan (PKM-K) pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNas) 27. Saat ini penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir di bidang Kimia Analitik dibawah bimbingan ibu Dra. Ita Ulfin, M.Si. Penulis dapat dihubungi melalui email carellavella@gmail.com.