

**ISOLASI SELULOSA DARI PELEPAH POHON SALAK  
UNTUK ADSORPSI ION LOGAM Cd(II)**

**Skripsi  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1**



**Moh Muktafin Mujab  
12630046**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2018**



## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp.: -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh Muktafin Mujab

NIM : 12630046

Judul Skripsi : Isolasi Selulosa dari Pelepah Pohon Salak Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd(II)


sudah dapat diajukan kembali kepada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Dengan ini, kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 27 Agustus 2018

Pembimbing,

  
Didik Krisdiyanto, M.Sc.

NIP.:19811111 201101 1 007



**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp.: -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh Muktafin Mujab

NIM : 12630046

Judul Skripsi : Isolasi Selulosa dari Pelepah Pohon Salak Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd(II)

sudah dapat diajukan kembali kepada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Dengan ini, kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 23 Agustus 2018

Pembimbing,

Pedy Artsanti, M.Sc.



## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh Muktafin Mujab

NIM : 12630046

Judul Skripsi : Isolasi Selulosa dari Pelepah Pohon Salak Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd(II)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 27 Agustus 2018

Konsultan,

Didik Krisdiyanto, M.Sc.

NIP.: 19811111 201101 1 007



## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Moh Muktafin Mujab  
NIM : 12630046  
Judul Skripsi : Isolasi Selulosa dari Pelepah Pohon Salak Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd(II)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 23 Agustus 2018

Konsultan,

Pedy Artsanti, M.Sc.



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh Muktafin Mujab

NIM : 12630040

Jurusan : Kimia

Fakultas: Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**Isolasi Selulosa dari Pelepah Pohon Salak Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd(II)**” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 23 Agustus 2018



Moh Muktafin Mujab  
NIM.: 12630046



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : B.1190/Un.02/DST/PP.05.3/08/2018

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Isolasi Selulosa Dari Pelepah Pohon Salak Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd(II)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Moh Muktafin Mujab  
NIM : 12630046  
Telah dimunaqasyahkan pada : 25 Juli 2018  
Nilai Munaqasyah : A/B  
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Didik Krisdiyanto, M.Sc.  
NIP.19811111 201101 1 007

Penguji I

Pedy Artsanti, M.Sc.

Penguji II

Sudarlin, M.Si.  
NIP. 19850611 201503 1 002

Yogyakarta, 21 Agustus 2018

UIN Sunan Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Dekan



Bo Murtono, M.Si.  
NIP.19691212 200003 1 001

## MOTTO

*Wahai kawan jangan tertipu, dengan sesuatu yang palsu  
Omong kosong tak tahu malu, bangga diri menyusahkanmu*

*Kehidupan tak menentu, siapa yakin Allah bantu  
Jangan bimbang jangan ragu, karena 'ilmu yang menuntunmu*

**(Syair Majelis Al-Ukhuwwah lit Ta'lim wal Mudzakaroh Yogyakarta)**





## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT dan shalawat serta salam atas Rasul-Nya, kupersembahkan karya ini untuk:

Yang tercinta Almarhumah Ibu Mustiah, yang telah menjadikan saya pribadi yang tegar serta tegak menjalani kehidupan seperti sekarang ini, dengan Do'a yang selalu beliau panjatkan untuk semua anaknya.

Bapak Almarhum Nurudin, yang dulu dengan kerja kerasnya mampu menyekolahkan anaknya ini.

Semua kakak saya, yang bahu membahu menjadi penerus orang tua kami memberikan dukungan untuk adikmu ini.

Almamater Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, puji dan syukur kehadiran Allah atas petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Isolasi Nanoselulosa Dari Pelepah Pohon Salak Untuk Adsorpsi Ion Logam Cd(II)” ini sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan semangat dan juga bantuannya sehingga tahapan penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Dr. Murtono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
3. Didik Krisdiyanto, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah ikhlas meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis.
4. Pedy Artsanti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah ikhlas meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memotivasi penulis.
5. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang sudah membagi ilmu yang sangat bermanfaat.

6. Wijayanto, S.Si., Isni Gustanti, S.Si., dan Indra Nafiyanto, S.Si., selaku laboran Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Teman-teman kimia 2012 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
8. Keluarga penyusun Bapak dan Ibu tercinta yang kini tiada, serta seluruh keluarga saya yang tiada henti mendoakan yang terbaik buat saya.
9. Pengasuh *Majelis Al-Ukhuwwah lit Ta'lim wal Mudzakaroh*, ustadz Sholeh ilham, S. TH. I, atas wejangan- wejangan rohaninya.
10. Seluruh keluarga besar UKM JQH al-Mizan UIN Sunan Kalijaga yang mengaktualisasikan nilai-nilai Qur'ani dilingkungan kampus tercinta.
11. Keluarga Omah Corong, om bub, mas ranu, ikhsan, tulus, fatah, fajar, aris, taqin, yahya, sani, fauzi, atas dukungan semangatnya buat penulis.
12. Sahabat terdekat yang sudah menjadi pemerhati, mengingatkan dan memberikan nasehat sehingga penulis lebih terpacu untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
13. Semua pihak terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, kritik dan saran yang membangun tentunya sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 21 Juli 2018

Moh Muktafin Mujab  
12630046

## DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	iii
NOTA DINAS KONSULTAN .....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	vii
MOTTO .....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	4
C. Rumusan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka .....	7
B. Landasan Teori.....	10
1. Pelepah Pohon Salak.....	10
2. Lignin.....	12
3. Hemiselulosa.....	13
4. Selulosa .....	14
5. Nanoselulosa .....	16
6. Isolasi Nanoselulosa.....	17
7. Karakterisasi Nanoselulosa.....	20
8. Adsorpsi .....	23
9. Logam Cadmium (Cd).....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
B. Alat-alat Penelitian.....	30
C. Bahan Penelitian .....	30
D. Cara Kerja Penelitian .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
A. Karakterisasi Pelepah Salak dan Nanoselulosa.....	35
1. Karakterisasi menggunakan <i>Fourier Transformation Infra Red</i> (FTIR) .....	35
2. Karakterisasi menggunakan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	38

3. Karakterisasi menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	41
B. Uji Adsorpsi Logam Cd(II).....	43
1. Pengaruh pH Larutan pada adsorpsi logam Cd(II) .....	43
2. Penentuan Kinetika Adsorpsi logam Cd(II).....	45
3. Penentuan Kesetimbangan Adsorpsi Logam Cd(II) .....	47
4. Penentuan Termodinamika Adsorpsi Logam Cd(II).....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
A. Kesimpulan .....	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55
LAMPIRAN.....	60



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur dinding sel tanaman (Lee, 2014).....	11
Gambar 2.2. Struktur Kimia Lignin (Grabber, 2003) .....	13
Gambar 2.3. Struktur kimia hemiselulosa (Agbor, 2011).....	14
Gambar 2.4. Selulosa (Khalil, 2012).....	15
Gambar 2.5. Hidrolisis asam menghilangkan bagian amorf (Peng, 2011) .....	19
Gambar 2.6. Mekanisme pembentukan nanoselulosa dengan ultrasonikasi (Li <i>et al.</i> 2012) .....	20
Gambar 4.1. Spetra FTIR: (a) Nanoselulosa dan (b) Pelepah salak.....	35
Gambar 4.2. Difraktogram XRD Nanoselulosa dan Pelepah salak. ....	38
Gambar 4.3. Hidrolisis asam menghilangkan bagian amorf dari selulosa (Peng, 2011) .....	39
Gambar 4.4. Mekanisme pembentukan nanoselulosa dengan ultrasonikasi (Li dkk, 2012) .....	40
Gambar 4.5. Hasil analisis SEM (A) Pelepah salak dan (B) Nanoselulosa. ....	41
Gambar 4.6. Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi ion logam Cd(II) .....	44
Gambar 4.7. Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde pertama.....	45
Gambar 4.8. Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde kedua .....	46
Gambar 4.9. Grafik isoterm Langmuir pada adsorben pelepah salak dan nanoselulosa .....	48
Gambar 4.10. Grafik isoterm Freundlich pada adsorben pelepah salak dan nanoselulosa.....	48
Gambar 4.11. Grafik termodinamika adsorpsi ion logam Cd(II) pada adsorben pelepah salak dan nanoselulosa .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Interpretasi spektra FTIR pelepah salak dan nanoselulosa .....	36
Tabel 4.2. Model kinetika adsorpsi pelepah salak dan nanoselulosa.....	46
Tabel 4.3. Model isoterm adsorpsi pelepah salak dan nanoselulosa.....	49
Tabel 4.4. Parameter termodinamika adsorpsi ion logam Cd(II).....	51



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Kristalinitas Dan Ukuran Kristal.....	60
Lampiran 2. Perhitungan Pada Variasi pH .....	61
Lampiran 3. Perhitungan Pada Penentuan Pseudo Orde Reaksi .....	62
Lampiran 4. Perhitungan Pada Penentuan Isoterm Adsorpsi .....	66
Lampiran 5. Perhitungan Pada Penentuan Termodinamika Adsorpsi .....	70





**ABSTRAK**  
**ISOLASI SELULOSA DARI PELEPAH POHON SALAK**  
**UNTUK ADSORPSI ION LOGAM Cd(II)**

**Oleh:**  
**Moh Muktafin Mujab**  
**12630046**

**Pembimbing**  
**Didik Krisdiyanto, M.Sc**

---

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik biomassa pelepah pohon salak dan nanoselulosa dari pelepah pohon salak. Serta untuk mengetahui pengaruh pH, kinetika, kesetimbangan dan termodinamika adsorpsi logam Cd(II) dengan biomassa pelepah pohon salak dan nanoselulosa.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengisolasi selulosa pelepah pohon salak, kemudian dilanjutkan pembuatan nanoselulosa dari selulosa menggunakan metode hidrolisis asam. Biomassa pelepah salak dan nanoselulosa pelepah pohon salak kemudian dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Kemudian keduanya digunakan untuk adsorpsi ion logam Cd(II). Hasil FT-IR dan XRD menunjukkan bahwa nanoselulosa berhasil diisolasi pada pelepah salak ditandai dengan munculnya serapan khas selulosa pada bilangan gelombang 894-cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan serapan vibrasi ulur C-O-C dan adanya puncak khas selulosa yaitu pada sudut 2 $\theta$  sekitar 15,4° dan 22,3°. Kristalinitas pelepah salak yaitu sebesar 43% dengan ukuran kristal sebesar 21,09 nm sedangkan nanoselulosa mempunyai kristalinitas sebesar 58,42% dengan ukuran kristal sebesar 16,52 nm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH larutan berpengaruh terhadap proses adsorpsi ion Cd(II). Kinetika adsorpsi ion Cd(II) mengikuti model pseudo orde kedua dengan konstanta laju adsorpsi untuk pelepah salak 0,326 g/mg.min<sup>-1</sup> dan nanoselulosa 0,712 g/mg.min<sup>-1</sup>. Kesetimbangan adsorpsi ion Cd(II) mengikuti model Isoterm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi maksimum ( $q_{max}$ ) pelepah salak 6,036 mg/g dan nanoselulosa 1,519 mg/g. Pelepah salak dengan nilai  $\Delta G^{\circ}$  positif,  $\Delta H^{\circ}$  negatif, dan  $\Delta S^{\circ}$  negatif dengan sifat reaksi eksotermis. Nanoselulosa dengan nilai  $\Delta G^{\circ}$  negatif,  $\Delta H^{\circ}$  positif, dan  $\Delta S^{\circ}$  positif dengan sifat endotermis.

---

**Kata Kunci :** *Nanoselulosa, Adsorpsi, Logam Cd(II), Hidrolisis Asam.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Di era modern seperti sekarang ini banyak sekali kawasan industri di kota-kota besar yang menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Banyaknya jumlah penduduk juga diiringi dengan kemajuan teknologi dan industry di berbagai bidang, memberikan dampak positif dan negatif bagi organisme hidup dan manusia. Dampak positif dari kegiatan industri ini salah-satunya adalah terpenuhinya kebutuhan manusia secara efisien dan efektif, sedangkan dampak negatif yang ditimbulkan meenyebabkan peningkatan kuantitas limbah yang dibuang ke lingkungan.

Limbah cair sebagai hasil samping dari aktivitas industri sering menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Keberadaan limbah cair dalam perairan dapat menjadi penghalang masuknya sinar matahari terhadap lingkungan akuatik sehingga dapat mengganggu proses-proses biologis yang terjadi di dalamnya. Salah satu bahan kimia berbahaya yang biasa terdapat dalam air limbah yaitu logam berat. keberadaan logam berat di lingkungan dalam jumlah yang melebihi ambang batas perlu diperhatikan karena sifat racun yang dimilikinya (Paduraru, 2008). Logam berat yang berbahaya di lingkungan diantaranya adalah antimony (Sb), arsenic (As), berilium (Be), cadmium (Cd), khromium (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), selenium (Se), kobalt (Co), dan seng (Zn) (Paduraru, 2008).

Diantara semua unsur logam berat, Hg menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya, dibandingkan dengan logam berat lainnya, kemudian diikuti oleh logam berat antara lain Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Waldchuk, 1984). Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Toksisitas logam pada manusia menyebabkan diantaranya alergi, teratogen atau karsinogen, tetapi yang terutama adalah timbulnya kerusakan jaringan, terutama jaringan detoksikasi dan ekskresi (hati dan ginjal).

Kadmium (Cd) merupakan pencemar logam berat yang antara lain terdapat pada limbah cair industri cat, minuman ringan, industri peleburan, pelapisan logam, limbah padat baterai kadmium-nikel, pupuk fosfat, pertambangan, pigmentasi, dan industri *alloy*. Kadmium dapat menyebabkan penyakit akut dan berbahaya, seperti kerusakan ginjal, *emphyseme*, hipertensi, dan lain-lain (Sembiring, 2008).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menurunkan kadar logam berat dilingkungan perairan, tetapi dalam rentang waktu yang lama perlakuan tersebut dapat merusak lingkungan akibat dari akumulasi logam berat yang tidak sebanding dengan masa *recovery* (perbaikan) dari lingkungan itu sendiri. Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan cara koagulasi, flokulasi, kemudian sedimentasi. Namun, metode tersebut kurang efektif apabila diterapkan pada larutan yang memiliki konsentrasi logam berat antara 1-1000 mg/L dan membutuhkan bahan kimia dalam jumlah besar (Sawitri dkk, 2006). Dewasa ini dikembangkan metode lain yang dinilai lebih efektif, preparasi yang mudah dan

pembiayaan yang relatif murah dibanding metode yang sebelumnya yaitu metode adsorpsi. Adsorben organik sering diaplikasikan karena ketersediaannya yang berlimpah, bahan baku yang mudah didapat, dan harganya relatif murah.

Pelepah pohon salak merupakan limbah perkebunan salak yang dimanfaatkan sebagai bahan organik bagi tanaman salak, sebagian dibuang begitu saja, dibakar dan sebagian kecil dibuat kerajinan. Selain itu, limbah pelepah pohon salak berhasil dikembangkan dalam industry *pulp*. Menurut Shibata dan Osman (1988) pelepah salak merupakan serat alam yang tersusun atas hemiselulosa, pektin dan lignin sebagai matriks serta selulosa sebagai penguat matriks. Persentase dari biopolimer pelepah salak yaitu selulosa sebesar 31,7 %, hemiselulosa 33,9 %, lignin 17,4 % dan silika 0,6 %. Terdapatnya selulosa dan hemiselulosa menjadikan pelepah pohon salak berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben ion logam di lingkungan karena keberadaan gugus fungsional – OH pada selulosa (Crini, 2005).

Nanoselulosa adalah suatu material yang dapat diperbarui dalam banyak aplikasi berbeda, seperti dalam bidang kimia, makanan, farmasi, dan lain-lain. Nanopartikel distabilkan dalam suspensi melalui proses hidrolisis dengan asam. Suspensi nanokristal selulosa dapat dibentuk menjadi suatu fase kristalin likuid. Modifikasi kimia sederhana dalam permukaan nanoselulosa dapat mengalami dispersabilitas dalam pelarut yang berbeda. Nanoselulosa diperoleh dari proses hidrolisis menggunakan asam dari  $\alpha$ - selulosa, diklasifikasikan dalam pembahasan baru nanomaterial. Proses isolasi nanoselulosa memiliki banyak pengkajian, seperti dimensi skala nanometer, tinggi kekuatan spesifik dan modulus, dan tinggi

daerah permukaan (Habibi dkk, 2010). Adanya perubahan ukuran dan sifat dari nanoselulosa maka nanoselulosa dapat digunakan sebagai *filler* penguat pada berbagai polimer seperti karet alam (Pasquini dkk, 2010), dan polipropilen (Reddy dkk, 2009), aditif untuk pembawa obat (Ioelovich, 2012) dan adsorben (Kardam dkk, 2013). Pada penelitian ini nanoselulosa akan diperoleh dengan cara mendegradasi selulosa pelepah pohon salak menggunakan metode hidrolisis asam. Asam kuat memiliki sifat oksidator kuat memecah ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik sehingga menyebabkan pemendekan panjang rantai dan penurunan berat molekul kemudian dipisahkan antara daerah kristalin dan amorf dengan perbedaan berat molekul. Selulosa dalam ukuran nano dapat meningkatkan luas permukaan dari selulosa serta dapat memperbesar kapasitas adsorpsi dari selulosa tersebut.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu ion logam Cd(II).
2. Bahan adsorben yang digunakan yaitu dari pelepah pohon salak.
3. Metode isolasi selulosa yang digunakan yaitu metode *physico-chemical treatment*.
4. Karakterisasi hasil isolasi menggunakan Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
5. Penentuan ion logam Cd(II) menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

6. Kajian adsorpsi ion Cd(II) menggunakan serat pelepah pohon salak dan nanoselulosa meliputi pengaruh pH, kinetika, kesetimbangan dan termodinamika adsorpsi logam Cd(II) dengan pohon salak dan nanoselulosa.

### **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik biomassa pelepah pohon salak dan nanoselulosa dari pelepah pohon salak?
2. Bagaimana pengaruh pH terhadap adsorpsi ion logam Cd(II) pada serat pelepah pohon salak dan nanoselulosa?
3. Bagaimana kinetika, kesetimbangan dan termodinamika adsorpsi logam Cd(II) dengan biomassa pelepah pohon salak dan nanoselulosa?

### **D. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mempelajari karakteristik biomassa pelepah pohon salak dan nanoselulosa dari pelepah pohon salak.
2. Mempelajari pengaruh pH terhadap adsorpsi ion logam Cd(II) pada serat pelepah pohon salak dan nanoselulosa.
3. Mempelajari kinetika, kesetimbangan dan termodinamika adsorpsi logam Cd(II) dengan biomassa pelepah pohon salak dan nanoselulosa.

## **E. Manfaat Penelitian**

### **1. Bagi Mahasiswa**

Menambah pengetahuan dan wawasan di bidang isolasi selulosa dan aplikasi nanoselulosa dapat digunakan untuk adsorpsi ion logam Cd(II).

### **2. Bagi Akademik**

Sebagai bahan informasi dan referensi bagi mahasiswa yang akan mengembangkan metode dalam isolasi nanoselulosa serta aplikasinya.

### **3. Bagi Masyarakat**

Memberikan kontribusi dalam bidang lingkungan tentang pemanfaatan nanoselulosa dalam pengolahan limbah cair yang mengandung ion logam Cd(II).



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik pelepah salak dan nanoselulosa ditunjukkan pada FTIR dengan munculnya serapan khas pada bilangan gelombang 894-cm-1 yang menunjukkan serapan vibrasi ulur C-O-C pada sambungan glikosidik antar unit glukosa di dalam rantai selulosa. Hasil XRD menunjukkan adanya puncak khas selulosa pada sudut  $2\theta$  sekitar  $15,4^\circ$  dan  $22,3^\circ$ . Kristalinitas pelepah salak didapatkan sebesar 43% dengan ukuran kristal sebesar 21,09 nm sedangkan nanoselulosa mengalami kenaikan menjadi 58,42% dengan ukuran kristal 16,52 nm.
2. pH larutan berpengaruh terhadap proses adsorpsi ion Cd(II). Saat pH rendah kation logam Cd bersaing dengan ion  $H^+$  pada situs aktif kedua adsorben, sehingga % adsorpsi cenderung kecil. Kemudian saat pH tinggi kation logam Cd mulai mengendap sehingga % adsorpsi akan naik secara signifikan.
3. Berdasarkan model kinetika, pelepah salak dan nanoselulosa mengikuti model kinetika pseudo orde kedua. Konstanta laju pseudo orde kedua pelepah salak  $0,326 \text{ g/mg}\cdot\text{min}^{-1}$  sedangkan untuk nanoselulosa pelepah salak sebesar sebesar  $0,712 \text{ g/mg}\cdot\text{min}^{-1}$ . Keseimbangan adsorpsi ion logam Cd(II) mengikuti model Isoterm Langmuir. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum pelepah salak dan nanoselulosa sebesar 6,761 mg/g dan 4,919 mg/g. Model termodinamika



adsorpsi ion logam Cd(II) pada pelepah salak menghasilkan energi entalpi ( $\Delta H^\circ$ ) yang bernilai negatif (proses eksotermis) sedangkan adsorpsi ion logam Cd(II) pada nanoselulosa pelepah salak menghasilkan energi entalpi ( $\Delta H^\circ$ ) yang bernilai positif (proses endotermis). Energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) adsorben pelepah salak bernilai positif menunjukkan reaksi berjalan secara spontan pada temperatur yang rendah. Sedangkan pada nanoselulosa bernilai negatif menunjukkan reaksi berlangsung spontan pada temperatur yang tinggi.

#### **B. Saran.**

Saran penelitian selanjutnya yang mengacu untuk penelitian ini antara lain perlu dilakukannya kajian desorpsi terhadap adsorben yang digunakan dan perlu dilakukannya karakterisasi uji menggunakan *Gas Sorption Analyzer (GSA)* untuk menganalisis luas permukaan pori dari adsorben.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Khalil, H.P.S., Davoudpour Y, Islam MN, Mustapha A, Sudesh K, DunganiR, Jawaid M. 2014. *Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: a review. Carbohydr Polym* 99:649–665.
- Akin, DE.2010. Chemistry of Plant Fibers. In: Mussig Jorg (ed). *Industry Applications of Natural Fibers: Structure, Properties and Technical Applications*. United Kingdom: Joh Wiley & Sons, Ltd.
- Agbor, V.B., N. Cicek, R. Sparling, A. Berlin, and D. B. Levin, *Biomass pretreatment: fundamentals toward application*. Biotechnology Advances, vol. 29, no. 6, pp. 675–685, 2011.
- Amri, A., Supranto, Fahrurozi, M., 2004, Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2merkaptobenzotiazol, *Jurnal Natur Indonesia*, Vol. 6, pp. 111-117.
- Arup, Mandal. 2011. *Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization*. Carbohydrate Polymers. 86, 1291-1299.
- Atkins, P.W., 1999, *Kimia Fisika*, University Lecturer and Fellow of LinNiln Nillege, Oxford.
- Bahri, S. 2010. *Isoterm dan Termodinamika Adsorpsi Kation Cu<sup>2+</sup> Fasa Berair pada Lempung Cengar Terpilar*. *Jurnal Natur Indonesia*. 1. 14. 7-13.
- Barrow, G.M., 1979, *Physical Chemistry*, 4th ed, Mc Graw Hill International Book Company, Tokyo.
- Bernardo, S. L. B.; Fabiano V. P.; Jean, L. P.; Bruno J., *Preparation morphology and structure of cellulose nanocrystals from bamboo fibers*. *Cellulose*, 2012, 19, 1527–1536.
- Cabiac, A, E. Guillon, F. Chambon, C. Pinel, F. Rataboul, and N.Essayem, *Cellulose reactivity and glycosidic bond cleavage in aqueous phase by catalytic and non catalytic transformations*. *Applied Catalysis A: General*, vol. 402, no. 1-2, pp. 1–10, 2011.
- Castellan, G.W. 1982. *Physical Chemistry 3rd Edition*. Genera: New York.
- Crini, G. *Recent development in polysaccharide based materials used as adsorbents in wastewater treatment*. *J. Prog. in Poly. Sci.* 2005, 30 (1), 30-70.
- Das K, Ray D, Bandyopadhyay NR, Sahoo S, Mohanty AK, Misra M. 2011. *Physicomechanical properties of the jutemicro/nanofibril reinforced starch/polyvinyl alcohol biocomposite films*. *Nimpos Part B* 42:376–381
- Deng H, Zhou X, Wang X, Zhang C, Ding B, Zhang Q, Du Y. 2010. *Layer-by-layer structured polysaccharides film Niated cellulose nanofibrous mats for cell culture*. *Carbohydr Polym* 80:475–480

- Deppa B., dkk. 2015. *Utilization of various lignocellulosic biomass for the production of nanocellulose: a comparative study*. Cellulose 22:1075–1090
- Fatimah, Is. 2013. *Kinetika Kimia*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Filson, P. B.; Benjamin, E.; Dawson A.; Diane S. B., *Enzymatic-mediated production of cellulose nanocrystals from recycled pulp*. Green Chemistry, 2009, 11, 1808– 1814
- Fukuzumi H, Saito T, Isogai A. 2013. *Influence of TEMPO oxidized cellulose nanofibril length on film properties*. Carbohydr Polym 93:172–177
- Grabber, J.H., *How do lignin composition, structure, and cross-linking affect degradability? a review of cell wall model studies*. Proceedings of the CSSA Annual Meeting Lignin and Forage Digestibility Symposium, vol. 45, pp. 820–831, Denver, Colo, USA, 2003.
- Grant, N. M., & Suryanayana, C. (1998). *X-Ray Diffraction: A Partical Approach*. New York: Plenum Press.
- Habibi, Y., Lucia, L.A., dan Rojas, O.J. 2010. *Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications*. Chemical Reviews. 110: 3479 – 3500.
- Han, J.; Chengjun, Z.; Alfred, D. F.; Guangping, H.; Qinglin, W., *Characterization of cellulose II nanoparticles regenerated from 1-butyl-3-methylimidazolium chloride*. Carbohydrate Polymers, 2013, 94, 773-781
- Hendriks, A.T.W.M. and G. Zeeman. *Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass*. BioresourceTechnology, vol. 100, no. 1, pp. 10–18, 2009.
- Himmel, M.E., S. Ding, D.K. Johnson. *Biomass recalcitrance: engineering plants and enzymes for biofuels production*. Science, vol. 315, no. 5813, pp. 804–807, 2007.
- Ho, Y.S., Mc Kay, G., Wase, D.A.J., Foster, C.F. 2000. *Study of the Sorption of Divalent Metal Ions onto Peat*. Adsorp. Sci. Technology. 18. 639-650.
- Ioelovich, M. 2012. *Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles*. Nanocrystals and Nanotechnology. 2(2), 9-13.
- Isdin O., *Nanoscience in nature: cellulose nanocrystals*. Surg, 2010, 3(2)
- Jiang, Feng; You-Lo Hsieh. *Chemically and mechanically isolated nanocellulose and their self-assembled structures*. Carbohydrate Polymers 95. 2013. 32–40
- Kardam, Abhishek dkk. 2013. *Nanocellulose fibers for biosorption of cadmium, nickel, and lead ions from aqueous solution*. Clean Techn Environ Policy 16:385–393
- Khalil, H.P.S.A., A.H. Bhat, and A.F.I. Yusra. *Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: a review*. Carbohydrate Polymers, vol. 87, no. 2, pp. 963–979, 2012.

- Klemm D, Kramer F, Moritz S, Lindstrom T, Ankerfors M, Gray D, Dorris A. 2011. *Nanocelluloses: a new family of naturebased materials*. *Angew Chem Int Ed* 50:5438–5466
- Lehninger, A.L. 1993. *Dasar-dasar biokimia. Jilid 1, 2, 3*. (Alih bahasa oleh;M. Thenawidjaja). Erlangga, Jakarta.
- Li, W., Yue, J., Liu, S. 2012 *Preparation of nanocrystalline cellulose via ultrasound and its reinforcement capability for poly(vinyl alcohol) composites*. *Ultrasonics Sonochemistr.* 19, 479-485.
- Man, Z.; Nawshad, M.; Ariyanti, S.; Mohamad, A. B.; Vignesh, K. M.; Sikander, R., *Preparation of Cellulose Nanocrystals Using an Ionic Liquid*. *Journal of Polymer and the Environment*, 2011 , 19, 726-731
- Metzger, J.O. and A. Huttermann. *Sustainable global energy supply based on lignocellulosic biomass from afforestation of degraded areas*. *Naturwissenschaften*, vol. 96, no. 2, pp. 279–288, 2009.
- Mood, S.H., A. H. Golfeshan, M. Tabatabaei. *Lignocellulosic biomass to bioethanol, a comprehensive review with a focus on pretreatment*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 27, pp. 77–93, 2013.
- Mudasir., Raharjo, G., Tahir. I., Wahyuni, E. 2008. *Immobilization of Dithizone onto Chitin Isolated from Prawn Seawater Shells (P. merguensis) and its Preliminary Study for the Adsorption of Ion Cd(II)*. *Journal of Physical Science*. Vol. 19. 63–78.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Ellis Harwood Limited: England.
- Paduraru, C., Tofan, L., 2008, Investigations on The Possibility of Natural Hemp Fibres use for Zn (II) Ions Removal From Wastewaters, *Environment Engineering and Management Journal*, Vol.7, 687-693.
- Pasquini D, Teixeira EM, Curvelo AAS, Belgacem MN, Dufresne A. 2010. *Extraction of cellulose whiskers from cassava bagasse and their applications as reinforcing agent in natural rubber*. *Ind Crop Prod.* 32: 486–490.
- Pedersen, M. and A. S. Meyer. *Lignocellulose pretreatment severity—relating pH to biomatrix opening*. *New Biotechnology*, vol. 27, no. 6, pp. 739–750, 2010.
- Peng, B. L., Dhar, N., Liu H.L., K. C. Tam. 2011. *Chemistry Applications of Nanocrystalline Cellulose and Its derivate : A Nanotechnology Perspective*. *Matter Lett.* 61, 5050-5052.
- Perez, J., J. Mu´noz-Dorado, T. De La Rubia, and J. Mart´inez. *Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview*. *International Microbiology*, vol. 5, no. 2, pp. 53–63, 2002.
- Prachayawarakorn, J., Sangnitivej, P., and Boonpasith, P. 2010. *Properties of thermoplastic rice starch composites reinforced by cotton fiber or low-density polyethylene*. *Carbohydr Polym.* 81: 425-433.

- Quiroz-Castaneda, R. E. and J. L. Folch-Mallol. *Plant Cell wall degrading and remodeling proteins: current perspectives*. *Biotecnologia Aplicada*, vol. 28, no. 4, pp. 205–215, 2011.
- Reddy, N. and Yang, Y. 2009. *Properties and potential applications of natural cellulose fibers from the bark of cotton stalks*. *Bioresource Technol.* 100: 3563- 3569.
- Risfidiyan Mohadi, dkk. 2013. *Kajian Interaksi Ion  $Co^{2+}$  Dengan Selulosa dari Serbuk Gergaji Kayu*. Cakra Kimia. Nomor 2. Volume 1
- Ritongga, N. I., 2010. *Analisis Kadar Unsur Nikel (Ni), Kadmium (Cd) dan Magnesium (Mg) dalam Air Minum Kemasan dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rodríguez, C. E., Quesada, A. and Rodríguez E., 2006, *Nickel Biosorption by Acinetobacter baumannii and Pseudomonas aeruginosa Isolated from Industrial Wastewater*, *Brazilian Journal of Microbiology*, 37, 465-467.
- Rosa, M. F.; Medeiros, E. S.; Malmonge, J. A.; Gregorski K. S.; Wood, D. F.; Mattoso, L. H. C.; Glenn, G.; Orts, W. J.; Imam, S. H., *Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior*. *Carbohydrate Polymers*, 2010, 81, 83-92
- Sacui IA, Nieuwendaal RC, Burnett DJ, Stranick SJ, Jorfi M, Weder C, Foster EJ, Olsson RT, Gilman JW. 2014. *Nimparison of the properties of cellulose nanocrystals and cellulose nanofibrils isolated from bacteria, tunicate, and wood processed using acid, enzymatic, mechanical, and oxidativemethods*. *ACS Appl Mater Interfaces* 6:6127–6138
- Sadeghifar, H.; Ilari, F.; Sarah, P. C.; Dermot F. B.; Dimitris S. A., *Production of cellulose nanocrystals using hydrobromic acid and click reactions on their surface*. Springer. *Journal Material Science*, 2011
- Saito T, Uematsu T, Kimura S, Enomae T, Isogai A. 2011. *Selfaligned integration of native cellulose nanofibrils towards producing diverse bulk materials*. *Soft Matter* 7:8804–8809
- Sawitri, Dewi, E., dan Sutrisno, T., 2006, *Adsorpsi Khrom (VI) dari Limbah Cair Industri Pelapisan Logam dengan Arang Eceng Gondok (Eichornia crossipes)*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Settle, F.A., 1997, *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Sembiring, Z., Suharso, Regina, Faradila, M., Murniyarti, 2008, *Studi Proses Adsorpsi – Desorpsi Ion Logam Pb (II), Cu (II), dan Cd (II) terhadap Pengaruh Waktu dan Konsentrasi pada Biomassa Nannochloropsis sp.*

- Yang Terenkapsuli Aqua-Gel Silika dengan Metode Kontinyu, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-11*. 591-607.
- Shibata, M., & Osman, A. H.(1988). Feeding value of oil palm by-product 1.Nutrient intake and physiological responses of Kedah-Kelantan cattle. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 22(1), 77-84.
- Svehla, G., 1990, *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro bagian I edisi kelima*, diterjemahkan oleh L. Setiono dan Hadyana Pudjaatmaka, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta, 280.
- Teixeira D. M. E., Daniel P., Antônio A.S. C., Elisângela C., Mohamed N. B., Alain D. 2009. *Cassava bagasse cellulose nanofibrils reinforced thermoplastic cassava starch*. *Journal Elsevier Carbohydrate Polymers*. 422-431.
- Triapriani, Y.(2016). Pembuatan nanoselulosa dari tandan kosong sawit (TKS) dengan metode hidrolisis asam (Skripsi).Universitas Lampung, Indonesia.
- Wang, H.; Changbin, Z.; Hong, H.; Lian W., *Glucose production from hydrolysis of cellulose over a novel silica catalyst under hydrothermal conditions*. *Journal of Environmental Sciences*, 2012, 24(3), 473–478
- Waldichuk M. 1974. Some Biological Concern in Heavy Metal Pollution. *Pollution and Physiology of Marine Organism*. Editor KJ Vernberg dan WB Vernberg. New york: Academic Press.
- Xiaohui Ju, dkk. 2014. *An improved X-ray diffraction method for cellulose crystallinity measurement*. *Carbohydrate Polymers* 123: 476–481
- Xiaotao, Zhang ; Ximing Wang. 2015. *Adsorption and Desorption of Nickel(II) Ions from Aqueous Solution by a Lignocellulose/ Montmorillonite Nanocomposite*. *Water and Modification of Lignocellulose*
- Xiong, R.; Xinxing, Z.; Dong, T.; Zehang, Z.; Canhui, L., *Comparing microcrystalline with spherical nanocrystalline cellulose from waste cotton fabrics*. *Cellulose*, 2012, 19, 1189–1198.
- Xu X, Liu F, Jiang L, Zhu JY, Haagenson D, Wiesenborn DP. 2013. *Cellulose nanocrystals vs cellulose nanofibrils: a comparative study on their microstructures and effects as polymer reinforcing agents*. *ACS Appl Mater Interfaces* 5:2999–3009
- Zhang, I., Gu, F.X., Chan, J.M., Wang, A.Z., Langer, R.S., and Farokhzad, O.C. 2008. *Nanoparticles in Medicine: Therapeutic Applications and Development*. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*. 83 (5): 761-765.
- Zhou, Q., Brumer, H. and T. T. Teeri. 2012. *Self-Organisation of Cellulose Nanocrystals Adsorbed with Xyloglucan Oligosaccharide-Poly(ethylene glycol)-Polystyrene Triblock Copolymer*. *Macromolecules*. 42, 5430–5432.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perhitungan Kristalinitas Dan Ukuran Kristal

#### 1. Indeks kristalinitas

Persamaan Segal

$$\text{Indeks kristalinitas} = \frac{I_{\text{kristalin}} - I_{\text{amorf}}}{I_{\text{kristalin}}} \times 100\%$$

##### a. Pelepah salak

$$\begin{aligned} \text{Indeks kristalinitas} &= \frac{100 - 57}{100} \times 100\% \\ &= 43\% \end{aligned}$$

##### b. Nanoselulosa

$$\begin{aligned} \text{Indeks kristalinitas} &= \frac{493 - 205}{493} \times 100\% \\ &= 58,42\% \end{aligned}$$

#### 2. Ukuran kristal

Persamaan scherrer

$$\text{Ukuran kristal} = \frac{0,89 \lambda}{\beta \cos \theta}$$

##### a. Pelepah salak

$$\begin{aligned} \text{Ukuran kristal} &= \frac{0,89 \times 0,154 \text{ nm}}{0,0508 \times \cos 11,125} \\ &= \frac{0,1371 \text{ nm}}{0,0065} \\ &= 21,09 \text{ nm} \end{aligned}$$

##### b. Nanoselulosa

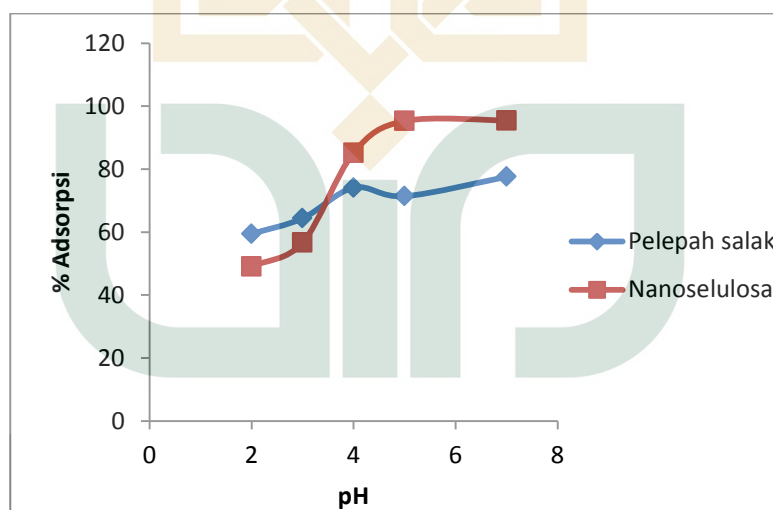
$$\begin{aligned} \text{Ukuran kristal} &= \frac{0,89 \times 0,154 \text{ nm}}{0,0422 \times \cos 11,195} \\ &= \frac{0,1371 \text{ nm}}{0,0083} \\ &= 16,52 \text{ nm} \end{aligned}$$

## Lampiran 2. Perhitungan Pada Variasi pH

Volume larutan Cd(II) = 10 mL

**Tabel 1.** Hasil perhitungan pada variasi pH

Adsorben	pH	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Cd teradsorp (mg/L)	% Adsorpsi
pelepah	2	30	12,170	17,830	59,433
	3	30	10,684	19,316	64,387
	4	30	7,771	22,229	74,098
	5	30	8,582	21,418	71,392
	7	30	6,730	23,270	77,566
nanoselulosa	2	30	15,295	14,705	49,016
	3	30	12,995	17,005	56,684
	4	30	4,447	25,553	85,177
	5	30	1,416	28,584	95,281
	7	30	1,370	28,630	95,432



Gambar 1. Grafik hubungan antara pH dengan % adsorpsi



### Lampiran 3. Perhitungan Pada Penentuan Pseudo Orde Reaksi

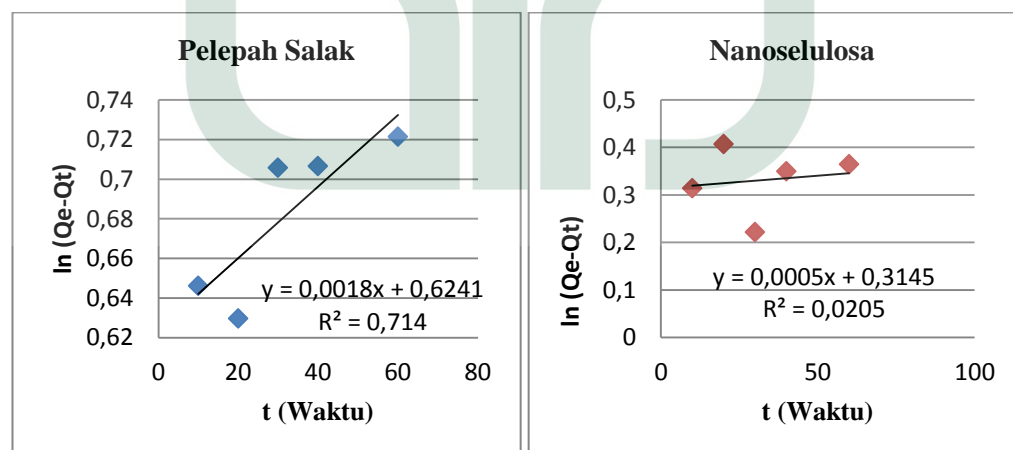
**Tabel 2.** Penentuan orde reaksi pada adsorben Pelepah salak

Waktu (Menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Qt (mg/g)	Qe-Qt	ln (Qe-Qt)	t/Qt
10	30	1,800	3,732	5,640	1,908	0,646	1,773
20	30	1,956	3,732	5,609	1,877	0,630	3,566
30	30	1,214	3,732	5,757	2,025	0,706	5,211
40	30	1,205	3,732	5,759	2,027	0,707	6,946
60	30	1,054	3,732	5,789	2,057	0,721	10,364

**Tabel 3.** Penentuan orde reaksi pada adsorben Nanoselulosa

Waktu (Menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Qt (mg/g)	Qe-Qt	ln (Qe-Qt)	t/Qt
10	30	7,688	3,094	4,462	1,368	0,314	2,241
20	30	7,021	3,094	4,596	1,502	0,407	4,352
30	30	8,291	3,094	4,342	1,248	0,221	6,909
40	30	7,438	3,094	4,512	1,418	0,350	8,864
60	30	7,334	3,094	4,533	1,439	0,364	13,235

#### 1. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama



Gambar 2. Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde pertama

**a. Adsorben Pelepah salak**

Persamaan Lagergren:

$$\ln (q_e - q_t) = -K_1 t + \ln q_e$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,0018x + 0,6241$  ,  $R^2 = 0,714$  maka:

$$y = \ln (q_e - q_t) \text{ (mg/g)}.$$

$$x = t \text{ (menit)}$$

$$-k_1 = 0,0018$$

$$K_1 = 0,0018 \text{ menit}^{-1}.$$

$$\ln q_e = 0,6241$$

$$q_e = 0,5357 \text{ mg/g}$$

**b. Adsorben Nanoselulosa**

Persamaan Lagergren:

$$\ln (q_e - q_t) = -K_1 t + \ln q_e$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,0005x + 0,3145$  ,  $R^2 = 0,0205$ , maka:

$$y = \ln (q_e - q_t) \text{ (mg/g)}.$$

$$x = t \text{ (menit)}$$

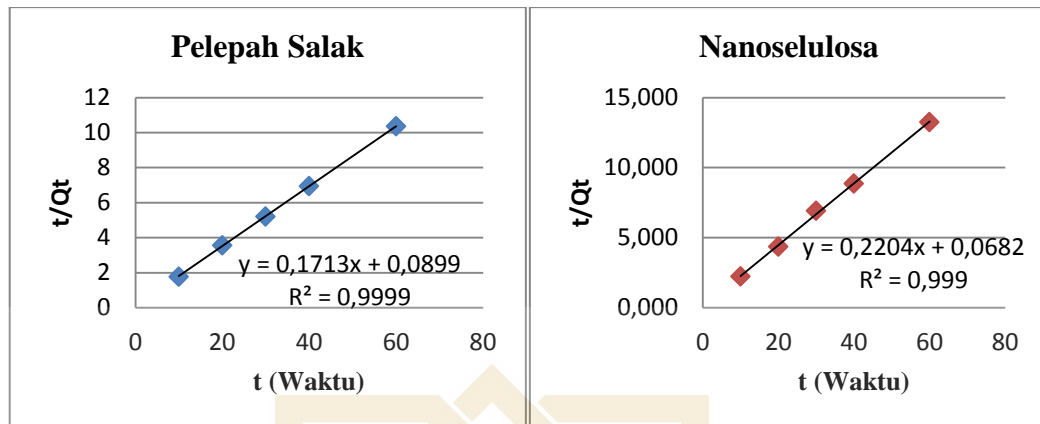
$$-k_1 = 0,0005$$

$$K_1 = 0,0005 \text{ menit}^{-1}.$$

$$\ln q_e = 0,3145$$

$$q_e = 0.7301 \text{ mg/g}$$

## 2. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua



Gambar 4. Grafik kinetika adsorpsi pseudo orde kedua

### a. Adsorben Pelepah salak

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{qe} t + \frac{1}{k_2 qe^2}$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,1713x + 0,0899$ ,  $R^2 = 0,999$ , maka:

$$y = \frac{t}{qt} \text{ (menit.g/mg)}$$

$$x = t \text{ (menit)}$$

$$\frac{1}{qe} = 0,1713$$

$$qe = 5,837 \text{ mg/g.}$$

$$\frac{1}{k_2 qe^2} = 0,0899$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{qe^2} = 0,0899$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{(5,837)^2} = 0,0899$$

$$\frac{1}{(34,070)k_2} = 0,0899$$

$$k_2 = \frac{1}{(34,070)(0,0899)}$$

$$k_2 = 0,326 \text{ g/mg.menit}^{-1}$$

### b. Adsorben Nanoselulosa

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{qe} t + \frac{1}{k_2 qe^2}$$

Persamaan garis lurus  $y = 0,2204x + 0,0682$ ,  $R^2 = 0,999$ , maka:

$$y = \frac{t}{qt} \text{ (menit.g/mg)}$$

$$x = t \text{ (menit)}$$

$$\frac{1}{qe} = 0,2204$$

$$qe = 4,537 \text{ mg/g.}$$

$$\frac{1}{k_2 qe^2} = 0,0682$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{qe^2} = 0,0682$$

$$\frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{(4,537)^2} = 0,0682$$

$$\frac{1}{(20,584)k_2} = 0,0682$$

$$k_2 = \frac{1}{(20,584)(0,0682)}$$

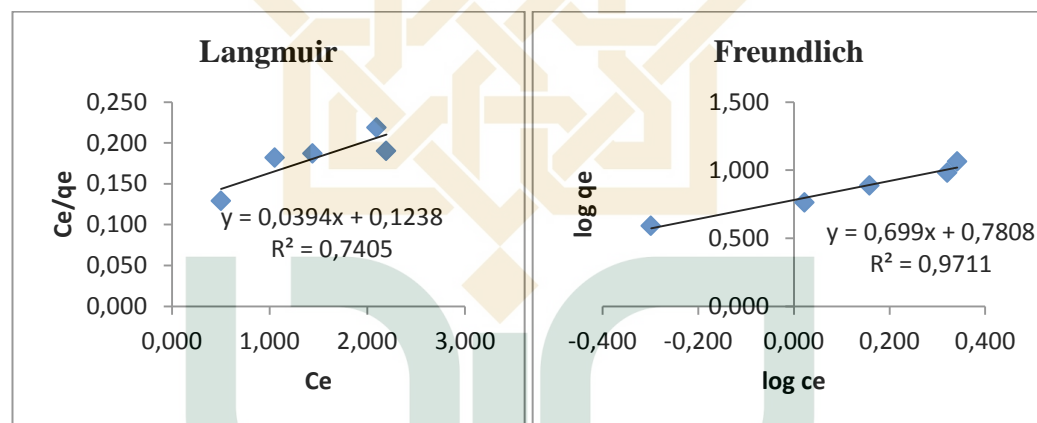
$$k_2 = 0,712 \text{ g/mg.menit}^{-1}$$

## Lampiran 4. Perhitungan Pada Penentuan Isoterm Adsorpsi

### 1. Adsorben Pelepah salak

**Tabel 4.** Penentuan isoterm adsorpsi pada adsorben Pelepah salak

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Volume larutan Cd (L)	Massa adsorben (gram)	qe (mg/g)	Ce/qe (mg/g)	log Ce	log qe
20	4,219	0,010	0,050	3,156	1,337	0,625	0,499
30	7,334	0,010	0,050	4,533	1,618	0,865	0,656
40	13,889	0,010	0,050	5,222	2,660	1,143	0,718
50	18,322	0,010	0,050	6,336	2,892	1,263	0,802
60	19,496	0,010	0,050	8,101	2,407	1,290	0,909



Gambar 5. Grafik isoterm Langmuir dan Freundlich pada adsorben Pelepah salak

#### a. Persamaan Langmuir:

$$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{q_{\max}} Ce + \frac{1}{K_L q_{\max}}$$

Persamaan garis lurus:  $y = 0,0394x + 0,1238$ ,  $R^2 = 0,7405$

$$\text{Satuan slope} = \frac{1}{q_{\max}} = \frac{Ce/qe}{Ce} = \frac{g/L}{mg/L} = g/mg$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{q_{\max}} = 0,0394 \text{ g/mg}$$

$$q_{\max} = 25,380 \text{ mg/g}$$

$$q_{\max} = \frac{25,380 \text{ mg/g}}{58,7 \text{ g/mol}}$$

$$q_{\max} = 0,432 \text{ mmol/g} = 4,32 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$$

$$\text{Satuan intercept} = \text{sumbu } y = \frac{C_e}{q_e} = \frac{\text{mg/L}}{\text{mg/g}} = \text{g/L}$$

$$\text{Intercept} = \frac{1}{K_L q_{\max}} = 0,1238 \text{ g/L}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{0,1238 \text{ g/L}}{1/q_{\max}}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{0,1238 \text{ g/L}}{0,0394 \text{ g/mg}}$$

$$0,1238 \text{ g/L} \times K_L = 0,0394 \text{ g/mg}$$

$$K_L = \frac{0,0394 \text{ g/mg}}{0,1238 \text{ g/L}}$$

$$K_L = 0,318 \text{ mg/L}$$

**b. Persamaan Freundlich :**

$$\text{Log } q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F$$

$$\text{Persamaan garis lurus : } y = 0,699x + 0,7808, R^2 = 0,9711$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{n} = 0,699$$

$$n = 1,430$$

$$\text{Intercept} = q_e = \text{mg/g}$$

$$\text{Log } K_F = 0,7808 \text{ mg/g}$$

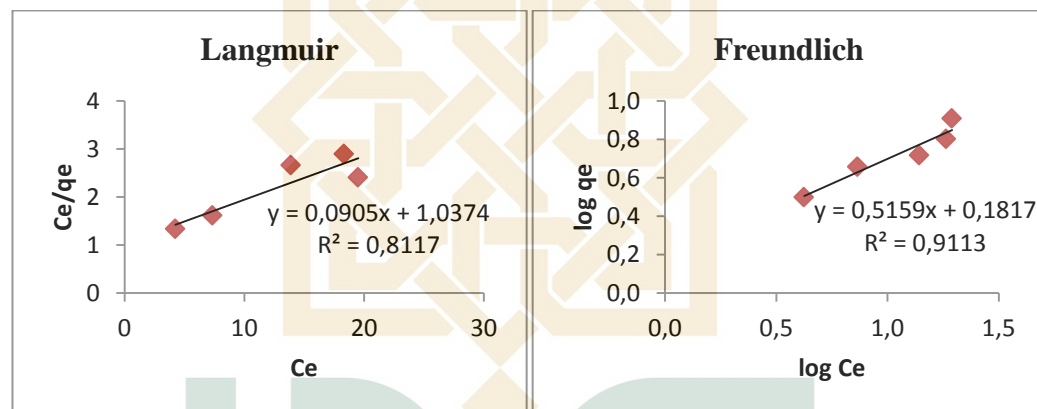
$$K_F = 10^{0,7808} \text{ mg/g}$$

$$K_F = 6,036 \text{ mg/g}$$

## 2. Adsorben Nanoselulosa

**Tabel 5.** Penentuan isotherm adsorpsi pada adsorben Nanoselulosa

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Volume larutan Cu (L)	Massa adsorben (gram)	qe (mg/g)	Ce-qe (mg/g)	log Ce	log qe
20	4,219	0,010	0,050	3,156	1,337	0,625	0,499
30	7,334	0,010	0,050	4,533	1,618	0,865	0,656
40	13,889	0,010	0,050	5,222	2,660	1,143	0,718
50	18,322	0,010	0,050	6,336	2,892	1,263	0,802
60	19,496	0,010	0,050	8,101	2,407	1,290	0,909



Gambar 6. Grafik isotherm Langmuir dan Freundlich pada adsorben Nanoselulosa

### a. Persamaan Langmuir:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max}} C_e + \frac{1}{K_L q_{\max}}$$

Persamaan garis lurus:  $y = 0,0905x + 1,0374$  ,  $R^2 = 0,8117$

$$\text{Satuan slope} = \frac{dy}{dx} = \frac{C_e/q_e}{C_e} = \frac{g/L}{mg/L} = g/mg$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{q_{\max}} = 0,0905 \text{ g/mg}$$

$$q_{\max} = 11,049 \text{ mg/g}$$

$$q_{\max} = \frac{11,049 \text{ mg/g}}{58,7 \text{ g/mol}}$$

$$q_{\max} = 0,188 \text{ mmol/g} = 1,8 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$$

$$\text{Satuan intercept} = \text{sumbu } y = \frac{C_e}{q_e} = \frac{\text{mg/L}}{\text{mg/g}} = \text{g/L}$$

$$\text{Intercept} = \frac{1}{K_L q_{\max}} = 1,0374 \text{ g/L}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1,0374 \text{ g/L}}{1/q_{\max}}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1,0374 \text{ g/L}}{0,0905 \text{ g/mg}}$$

$$1,0374 \text{ g/L} \times K_L = 0,0905 \text{ g/mg}$$

$$K_L = \frac{0,0905 \text{ g/mg}}{1,0374 \text{ g/L}}$$

$$K_L = 0,087 \text{ mg/L}$$

**b. Persamaan Freundlich :**

$$\text{Log } q_e = \frac{1}{n} \text{ log } C_e + \text{log } K_F$$

$$\text{Persamaan garis lurus : } y = 0,5159x + 0,1817, R^2 = 0,9113$$

$$\text{Slope} = \frac{1}{n} = 0,5159$$

$$n = 1,938$$

$$\text{Intercept} = q_e = \text{mg/g}$$

$$\text{Log } K_F = 0,1817 \text{ mg/g}$$

$$K_F = 10^{0,1817} \text{ mg/g}$$

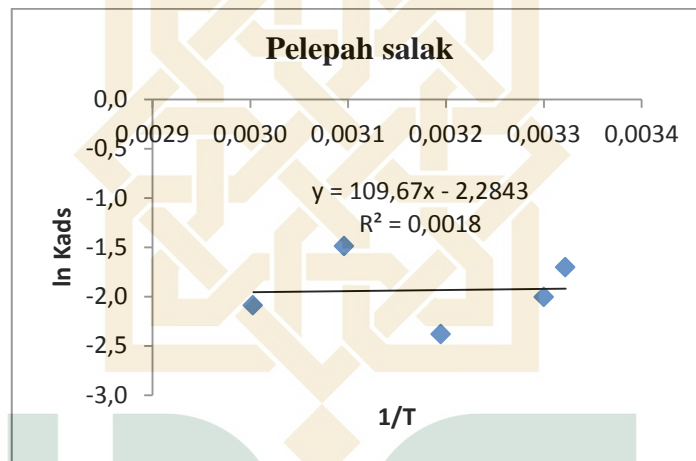
$$K_F = 1,519 \text{ mg/g}$$



### Lampiran 5. Perhitungan Pada Penentuan Termodinamika Adsorpsi

**Tabel 6.** Penentuan termodinamika adsorpsi pada adsorben Pelepah salak

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Co-Ce (mg/g)	Qe (mg/g)	T (K)	1/T (K <sup>-1</sup> )	Kads	ln ads
28	60	30,000	1,054	28,946	5,789	301	0,0033	0,182	-1,7
30	60	30,000	0,785	29,215	5,843	303	0,0033	0,134	-2,007
40	60	30,000	0,544	29,456	5,891	313	0,0032	0,092	-2,382
50	60	30,000	1,293	28,707	5,741	323	0,0031	0,225	-1,491
60	60	30,000	0,723	29,277	5,855	333	0,0030	0,123	-2,092



Gambar 7. Grafik termodinamika adsorpsi pada Pelepah salak

$$y = 109,67x - 2,2843, R^2 = 0,0018$$

$$\ln K_{ads} = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$$

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = -2,2843$$

$$\Delta S^\circ = -2,2843 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta S^\circ = -18,991 \text{ J.K/mol}$$

$$\Delta S^\circ = -0,018 \text{ kJ.K/mol}$$

$$-\frac{\Delta H^\circ}{R} = 109,67$$

$$-\Delta H^\circ = 109,67 \times R$$

$$-\Delta H^\circ = 109,67 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$-\Delta H^\circ = 911,796 \text{ J/mol}$$

$$-\Delta H^\circ = 0,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = -0,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$(301 \text{ K}) \Delta G = -911,796 - (301 \times -18,991)$$

$$= 4804,495 \text{ J/mol}$$

$$= 4,804 \text{ kJ/mol}$$

$$(303 \text{ K}) \Delta G = -911,796 - (303 \times -18,991)$$

$$= 4842,477 \text{ J/mol}$$

$$= 4,842 \text{ kJ/mol}$$

$$(313 \text{ K}) \Delta G = -911,796 - (313 \times -18,991)$$

$$= 5032,387 \text{ J/mol}$$

$$= 5,032 \text{ kJ/mol}$$

$$(323 \text{ K}) \Delta G = -911,796 - (323 \times -18,991)$$

$$= 5222,297 \text{ J/mol}$$

$$= 5,222 \text{ kJ/mol}$$

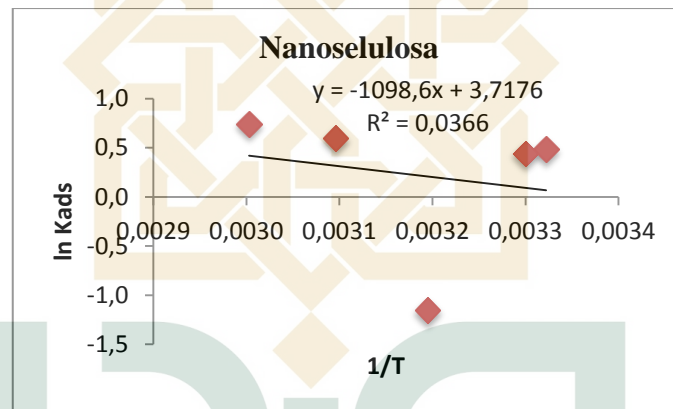
$$(333 \text{ K}) \Delta G = -911,796 - (333 \times -18,991)$$

$$= 5412,207 \text{ J/mol}$$

$$= 5,412 \text{ kJ/mol}$$

**Tabel 7.** Penentuan termodinamika adsorpsi pada adsorben Nanoselulosa

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Co-Ce (mg/g)	Qe (mg/g)	T (K)	1/T (K <sup>-1</sup> )	Kads	Ln Kads
28	60	30,000	7,334	22,666	4,533	301	0,0033	1,618	0,5
30	60	30,000	7,105	22,895	4,579	303	0,0033	1,552	0,439
40	60	30,000	1,779	28,221	5,644	313	0,0032	0,315	-1,155
50	60	30,000	8,000	22,000	4,400	323	0,0031	1,818	0,598
60	60	30,000	8,853	21,147	4,229	333	0,0030	2,093	0,739



Gambar 11. Grafik termodinamika adsorpsi pada Nanoselulosa

$$y = -1098,6x + 3,7176, R^2 = 0,0366$$

$$\ln K_{ads} = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$$

$$\frac{\Delta S^\circ}{R} = 3,7176$$

$$\Delta S^\circ = 3,7176 \times R$$

$$\Delta S^\circ = 3,7176 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$\Delta S^\circ = 30,908 \text{ J.K/mol}$$

$$\Delta S^\circ = 0,030 \text{ kJ.K/mol}$$

$$-\frac{\Delta H^\circ}{R} = -1098,6$$

$$-\Delta H^\circ = -1098,6 \times R$$

$$-\Delta H^\circ = -1098,6 \times 8,314 \text{ J/mol.K}$$

$$-\Delta H^\circ = -9133,7604 \text{ J/mol}$$

$$-\Delta H^\circ = -9,133 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = 9,133 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$$

$$(301 \text{ K}) \Delta G = 9133,7604 - (301 \times 30,908)$$

$$= -169,548 \text{ J/mol}$$

$$= -0,169 \text{ kJ/mol}$$

$$(303 \text{ K}) \Delta G = 9133,7604 - (303 \times 30,908)$$

$$= -231,364 \text{ J/mol}$$

$$= -0,231 \text{ kJ/mol}$$

$$(313 \text{ K}) \Delta G = 9133,7604 - (313 \times 30,908)$$

$$= -540,444 \text{ J/mol}$$

$$= -0,540 \text{ kJ/mol}$$

$$(323 \text{ K}) \Delta G = 9133,7604 - (323 \times 30,908)$$

$$= -849,524 \text{ J/mol}$$

$$= -0,849 \text{ kJ/mol}$$

$$(333 \text{ K}) \Delta G = 9133,7604 - (333 \times 30,908)$$

$$= -1158,6 \text{ J/mol}$$

$$= -1,158 \text{ kJ/mol}$$



## CURICULUM VITAE

Nama : Moh Muktafin Mujab  
 Tempat/Tgl. Lahir : Kebumen, 15 Agustus 1993  
 Alamat Lengkap Asal : Ds. Bandung RT 02/03  
 Kec. Kebumen, Kab. Kebumen,  
 Jawa Tengah



Telepon Rumah : -  
 Alamat di Yogyakarta: Ds. Corongan RT 05 RW 23, Maguwoharjo, Depok,  
 Sleman  
 No. Hp : 082142793643  
 E-mail : muktafinmujab15@gmail.com  
 Orang Tua :

- a. Bapak: Alm. Nurudin (almarhum)  
 Pekerjaan: -
- b. Ibu: Mustiah (Almarhumah)  
 Pekerjaan : -

### ➤ Riwayat Pendidikan Formal

No	Instansi	Jurusan	Tahun Lulus
1	SD Negeri 02 Bandung	-	2006
2	SMP Negeri 06 Kebumen	-	2009
3	MA Unggulan Amanatul Ummah Surabaya	IPA	2012
4	UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	KIMIA	2018

➤ **Riwayat Pendidikan Informal**

No	Instansi	Lama Pendidikan
1	Pondok Pesantren Amanatul Ummah Surabaya	3 Tahun (2009-2012)

➤ **Pengalaman Organisasi**

No	Nama Organisasi	Jabatan	Tahun
1	OSIS MA Unggulan Amanatul Ummah Surabaya	Divisi Bahasa	2010-2011
2	UKM JQH al-Mizan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	Pengkaderan Divisi Sholawat	2013-2014
3	UKM JQH al-Mizan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	Koordinator Divisi Sholawat	2014-2015
4	UKM JQH al-Mizan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta	Dewan Pertimbangan Organisasi	2017-2018
5	Majelis Ta'lim Al-Ukhuwwah	Koordinator	2017-sekarang

➤ **Pengalaman Kerja**

No	Instansi	Bidang	Tahun
1	Gedheg Decoration	Karyawan	2014-2015

➤ **Pengalaman Mengajar**

No	Instansi	Bidang	Tahun
1	MI Al-Huda Maguwoharjo	Eskul Hadroh	2015
2	Pondok Pesantren Sunan Pandanaran	Uskul Hadroh	2016-sekarang
3	SDIT Salsabila Banguntapan Yogyakarta	Pengkaderan Divisi Sholawat	2017-sekarang
4	MI Sembego Sleman Yogyakarta	Koordinator Divisi Sholawat	2017-sekarang
5	MI Al-Azhar Yogyakarta	Dewan Pertimbangan Organisasi	2017-sekarang

**➤ Prestasi**

No	Nama Prestasi	Juara	Tahun
1	Lomba Nasyid di Plaza Cito Sidoarjo	Juara 1	2011
2	Festival Nasyid di Stikes Surya Global	Juara 1	2014
3	Festival Hadroh Wonolelo Bantul Yogyakarta	Juara 1	2015
3	Festival Kesenian Islam di Dinas Kebudayaan Kota Yogyakarta	Juara III	2016

