

No. Dok: 6052.  
Copy: 1

D  
662.93  
Acc  
pra  
M.

**MODIFIKASI SELULOSA DENGAN RADIASI SINAR  
GAMMA SECARA SIMULTAN**

**DI BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
(BATAN)**

**(Juli 2019 - Agustus 2020)**



**DATA BUKU PERPUSTAKAAN**

Tgl Terima	16 Jan 2022
No Induk Buku	623/Hop/ISB/AM/22

Oleh:

**AMANDA PRASETYANI (1516051)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

**2020**

**SUMBANGAN ALUMNI**

**MODIFIKASI SELULOSA DENGAN RADIASI SINAR  
GAMMA SECARA SIMULTAN**

**DI BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
(BATAN)**

**(Juli 2019 - Agustus 2020)**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik dari  
Politeknik STMI Jakarta**



**Oleh:**

**AMANDA PRASETYANI (1516051)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

**2020**

**ii**

## ABSTRAK

### MODIFIKASI SELULOSA DENGAN RADIASI SINAR GAMMA SECARA SIMULTAN

Oleh  
Amanda Prasetyani  
NIM: 1516051  
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Metode adsorpsi telah banyak dikembangkan untuk mengatasi masalah pencemaran logam berat. Salah satu adsorben yang sering digunakan adalah berbasis selulosa. Selulosa adalah salah satu polimer yang banyak tersedia di alam sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyerap logam berat di lingkungan. Pemanfaatan selulosa perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan kemampuannya sebagai adsorben dalam mengadsorpsi ion logam. Salah satu modifikasi yang dilakukan dengan melakukan sintesis adsorben dengan gugus fungsi karbonil berbasis selulosa. Polivinilpirolidon (PVP) dicangkokkan melalui metode iradiasi simultan dengan inisiator sinar gamma pada dosis radiasi 30 kGy. Penggunaan selulosa yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan variasi dosis radiasi pada 0 dan 30 kGy. Selulosa tercangkok PVP pada kondisi maksimum untuk diaplikasikan sebagai adsorben ion logam. Keberhasilan sintesis selulosa-g-PVP dilihat dari munculnya puncak serapan yang sangat kuat dari gugus fungsi C=O pada bilangan gelombang  $1648\text{ cm}^{-1}$ . Karakterisasi sintesis selulosa-g-PVP menunjukkan persen *swelling* sebesar 248,75%, stabilitas termal selulosa-g-PVP sebesar  $321,94^{\circ}\text{C}$ , dan sintesis selulosa-g-PVP dapat menyerap ion logam Cu pada konsentrasi optimum 10 ppm dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 37,1658 mg/g. Isoterm adsorpsi yang sesuai untuk adsorben selulosa-g-PVP diperoleh isoterm Langmuir dengan nilai linieritas sebesar 0,998.

Kata kunci: selulosa, adsorben, *swelling*, isoterm Langmuir, sinar gamma

**HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**MODIFIKASI SELULOSA DENGAN RADIASI  
SINAR GAMMA SECARA SIMULTAN**

Amanda Prasetyani

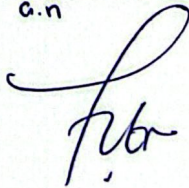
NIM: 1516051

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Agustus 2020

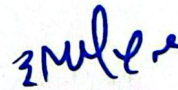
Dosen Pembimbing I  
a.n



**Syaiful Ahsan, ST, MT**

NIP: 198407162014021001

Dosen Pembimbing II

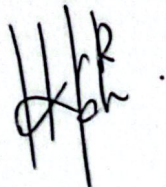


**Ella Melyna, ST, MT**

NIP: 199103062018012001

Menyetujui

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



**Fitria Ika Arvanti, ST, M.Eng**

NIP: 198505112014022001

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI SELULOSA DENGAN RADIASI  
SINAR GAMMA SECARA SIMULTAN**

Amanda Prasetyani

NIM: 1516051

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, Juli 2020

Pembimbing



Dr. Ir. Meri Suhartini, M.Si

NIP: 196305011988032001

v

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS  
AKHIR**

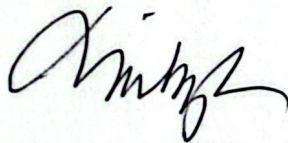
**MODIFIKASI SELULOSA DENGAN RADIASI SINAR  
GAMMA SECARA SIMULTAN**

AMANDA PRASETYANI  
NIM: 1516051  
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

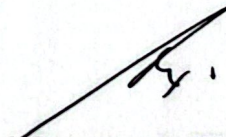
Jakarta, Agustus 2020

Dosen Penguji I



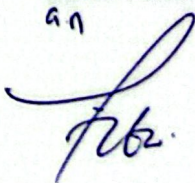
**Dr. Ir. Lintang Sopandi Hutahaean, MSc**  
NIP: 195803221986031002

Dosen Penguji II



**Andi Rusnaenah, ST, MT, M.Si**  
NIP: 197407192011012001

Dosen Pembimbing I

an  


**Syaiful Ahsan, ST, MT**  
NIP: 198407162014021001

Dosen Pembimbing II



**Ella Melvna, ST, MT**  
NIP: 199103062018012001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS  
AKHIR**

**MODIFIKASI SELULOSA DENGAN RADIASI SINAR  
GAMMA SECARA SIMULTAN**

AMANDA PRASETYANI  
NIM: 1516051  
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)  
Politeknik STMI Jakarta

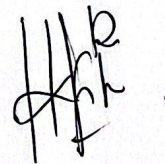
Jakarta, September 2020

Dosen Penguji I



**Dr. Ir. Lintong Sopandi Hutahaean, MSc**  
NIP: 195803221986031002

Dosen Penguji II



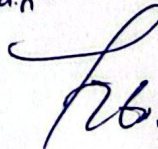
**Fitria Ika Arvanti, ST, M.Eng**  
NIP: 198505112014022001

Dosen Penguji III



**Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM**  
NIP: 195702141985031002

Dosen Pembimbing I

<sup>a.n</sup>  


**Syaiful Ahsan, ST, MT**  
NIP: 198407162014021001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Amanda Prasetyani  
NIM : 1516051  
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul  
Modifikasi Selulosa dengan Radiasi Sinar Gamma secara Simultan

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini,
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya,
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2020

MEKARAI  
TEMPEL  
AEDEFFMF589357228  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
Amanda Prasetyani

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya Laporan Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat kelulusan dari Program Studi Teknik Kimia Polimer di Politeknik STMI Jakarta berjudul “Modifikasi Selulosa dengan Radiasi Sinar Gamma secara Simultan” ini dapat diselesaikan. Sholawat dan salam tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarga, kerabat, dan para sahabatnya, semoga kita senantiasa menjadi pengikutnya hingga akhir zaman.

Penelitian dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat diselenggarakan atas dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penyusun, yang selalu mendoakan dan mendukung.
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Syaiful Ahsan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing penelitian di Politeknik STMI Jakarta.
5. Ella Melyna, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dan asisten pembimbing penelitian.
6. Dr. Ir. Meri Suhartini, M.Si., selaku pembimbing penelitian di Laboratorium Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) – BATAN.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam menyusun laporan ini. mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga berguna bagi. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Agustus 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	vii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....	xv
Bab I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	4
I.3 Batasan Masalah.....	4
I.4 Tujuan Penelitian.....	5
I.5 Manfaat Penelitian.....	5
Bab II Tinjauan Pustaka.....	7
II.1 Selulosa.....	7
II.2 Polivinilpirolidon .....	8
II.3 Adsorpsi.....	8
II.3.1 Jenis – Jenis Adsorpsi .....	9
II.3.2 Mekanisme Adsorpsi.....	10
II.3.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi.....	10
II.4 Isoterm Adsorpsi .....	11
II.4.1 Isoterm Langmuir.....	12
II.4.2 Isoterm Freundlich .....	12
II.5 Logam.....	13
II.6 Interaksi Ion Logam dengan Adsorben .....	15
II.7 Kereaktifan Gugus Fungsi PVP dan Selulosa Menyerap Ion Logam .....	16
II.8 Radiasi .....	18
II.8.1 Sinar- $\gamma$ (Gamma).....	20
II.8.2 Efek Radiasi.....	20
II.9 Kopolimer Cangkok .....	21
II.10 Derajat Pengembangan ( <i>Swelling</i> ) dalam Air .....	23
II.11 Karakterisasi Pengujian .....	24
II.11.1 <i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i> .....	24
II.11.2 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i> .....	24
II.11.3 <i>Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)</i> .....	26
Bab III Metode .....	28
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
III.2 Alat dan Bahan .....	28
III.2.1 Alat.....	28
III.2.2 Bahan .....	29
III.3 Variabel.....	29

III.3.1 Variabel Tetap .....	29
III.3.2 Variabel Berubah .....	29
III.4 Diagram Alir Penelitian .....	29
III.4.1 Radiasi dengan Iradiator Co-60 .....	30
III.4.2 Derajat Pengembangan ( <i>Swelling Capacity</i> , %S).....	31
III.4.3 Variasi Konsentrasi Awal Ion Logam.....	31
III.5 Pengujian Hasil Penelitian .....	31
III.5.1 Karakterisasi dengan FTIR .....	31
III.5.2 Karakterisasi dengan TGA.....	32
III.5.3 Pengujian Adsorpsi Logam dengan AAS .....	32
Bab IV Pembahasan .....	33
IV.1 Karakterisasi Gugus Fungsi .....	33
IV.2 Analisis Termal.....	35
IV.3 Derajat Pengembangan.....	36
IV.4 Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Ion Logam terhadap Kapasitas Adsorpsi .....	37
IV.5 Isoterm Adsorpsi .....	38
Bab V Penutup .....	40
V.1 Kesimpulan.....	40
V.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Referensi Spektrum Selulosa Murni .....	24
Tabel IV.1	Perbandingan Spektrum Selulosa Murni dan Selulosa-g-PVP .....	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Rumus Struktur Selulosa.....	7
Gambar II.2	Rumus Struktur PVP.....	8
Gambar II.3	Mekanisme Adsorpsi.....	10
Gambar II.4	Interaksi Elektron Cepat dengan Materi .....	19
Gambar II.5	Skema IR.....	26
Gambar II.6	Peralatan TGA .....	26
Gambar III.1	Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar IV.1	Spektrum Infra Merah Selulosa 0 kGy .....	32
Gambar IV.2	Spektrum Infra Merah Sel-g-PVP 30 kGy .....	33
Gambar IV.3	Analisis Termal Selulosa 0 kGy .....	33
Gambar IV.4	Analisis Termal Sel-g-PVP 30 kGy.....	35
Gambar IV.5	Persen Derajat Pengembangan pada Dosis 0 kGy dan 30 kGy ...	35
Gambar IV.6	Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap Kapasitas Adsorpsi .....	38
Gambar IV.7	Isoterm Langmuir .....	38
Gambar IV.8	Isoterm Freundlich.....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Adsorpsi Logam Cu .....	46
Lampiran 2 Perhitungan Uji <i>Swelling</i> .....	49
Lampiran 3 Surat Permohonan Penelitian .....	50
Lampiran 4 Surat Penerimaan Penelitian .....	51
Lampiran 5 Surat Tugas Dosen Pembimbing .....	52
Lampiran 6 Surat Tugas Asisten Dosen Pembimbing.....	53
Lampiran 7 Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	54

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
AAS	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>	5
Co(acac) <sub>3</sub>	<i>Co(III) Acetylacetonate</i>	3
DP	Derajat Polimerisasi	7
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>	5
GMA	<i>Glycidyl Methacrylate</i>	4
HSAB	<i>Hard Soft Acid Base</i>	16
IR	<i>Infra Red</i>	24
PAIR	Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi	4
PVP	Polivinilpirolidon	3
TGA	<i>Thermal Gravimetric Analyzer</i>	5
TMAIC	<i>Trimethallyl Isocianurate</i>	4

## Bab I Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang Masalah

Laju industrialisasi yang berkembang cepat dan peningkatan populasi manusia dalam beberapa dekade terakhir ini menghasilkan peningkatan serius terhadap polusi lingkungan terlebih limbah industri yang dihasilkan. Polusi air disebabkan oleh keberadaan peningkatan konsentrasi berbagai jenis polutan seperti ion logam berat beracun (seperti  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ), mikropolutan, senyawa organik seperti fenol, pestisida, deterjen, dan lain sebagainya (Fenglian dan Qi, 2011; Hokkanen dkk., 2016). Pelepasan polutan beracun tersebut ke lingkungan sangat mempengaruhi kesetimbangan ekologis dan menyebabkan efek berbahaya terhadap flora dan fauna, serta dapat menimbulkan ancaman serius bagi kesehatan manusia seperti gagal ginjal kronis, infeksi paru-paru, masalah infertilitas (Bhunia dkk., 2018; Taylor dkk., 2010). Banyak dari polutan tersebut tidak hanya tahan terhadap degradasi kimia maupun biologis, tetapi juga mobilitas lingkungan yang tinggi dan cenderung kuat untuk bioakumulasi dalam suatu rantai makanan (Keng dkk., 2006; Kurniawan dkk., 2006). Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk dapat mengolah kontaminan yang terkandung dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

Beberapa metode yang dilakukan untuk mengurangi kontaminan logam berat dalam air limbah, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, reduksi elektrolitik, pemisahan membran, koagulasi dan flokulasi, flotasi, dan adsorpsi (Kurniawan dkk., 2006; Fenglian dan Qi., 2011). Beberapa metode tersebut dalam pemrosesannya membutuhkan biaya yang tidak murah dan efisiensinya rendah dalam penyerapan ion logam berat dari limbah. Di antara berbagai macam metode yang digunakan untuk menghilangkan logam berat, adsorpsi merupakan teknologi yang paling cocok digunakan disebabkan biaya rendah, efisiensi tinggi, dan dapat digunakan kembali. Baru-baru ini banyak penelitian yang fokus mengembangkan adsorben untuk menghilangkan kandungan ion logam, namun adsorben yang

dikembangkan tersebut memiliki kinerja adsorpsi yang relatif buruk dan membutuhkan biaya yang mahal. Oleh karena itu, berkembanglah adsorben baru berbasis limbah atau alam yang memiliki kinerja adsorpsi yang sangat baik, biaya rendah, memiliki karakteristik yang ramah lingkungan, praktis (Kaili dkk., 2019; Bhatnagar dkk., 2015).

Selulosa adalah salah satu contoh bahan adsorben berbasis alam yang digunakan dalam pengolahan air. Meskipun banyak artikel yang membahas pentingnya adsorben berbasis selulosa dalam mengontrol konsentrasi polusi air, tetapi banyak dari mereka umumnya menggunakan adsorbat lebih spesifik untuk menyerap logam (Hubbe dkk., 2011), tumpahan minyak dan cairan organik teremulsi (Hubbe dkk., 2013) atau spesifik adsorben seperti selulosa nanomaterial (Carpenter dkk., 2015) atau nano komposit (Hubbe dkk., 2008; Wei dkk., 2014).

Penelitian lainnya yang menggunakan adsorben alami biasanya berasal dari limbah pertanian, seperti bonggol jagung, kulit kacang, dan serat dari batang tumbuhan (Wojnarovits dkk., 2010). Batang tumbuhan kaya akan polimer alami seperti selulosa dan lignin. Tetapi batang tumbuhan tidak memiliki banyak gugus fungsi yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi kontaminan, oleh sebab itu efisiensinya dalam mengadsorpsi kontaminan belum memuaskan (Abdel-Aal dkk., 2006; Wojnarovits dkk., 2010).

Selulosa memiliki gugus fungsi hidroksi (-OH) yang berfungsi sebagai sisi aktif penyerap, namun selulosa memiliki kekurangan yaitu mudah terdegradasi secara fisika ataupun kimia, serta memiliki nilai kestabilan termal yang rendah, akibatnya apabila digunakan sebagai adsorben tidak dapat digunakan berulang kali. Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi selulosa untuk meningkatkan stabilitas termalnya sehingga dapat digunakan sebagai adsorben dalam beberapa kali pemakaian (Wojnarovits dkk., 2010; Bhatnagar dkk., 2015). Seperti yang dilakukan oleh Oktaviani dkk. (2015) modifikasi selulosa meningkatkan kemampuan stabilitas termal, selulosa yang tercangkok memiliki stabilitas termal lebih baik dibandingkan dengan selulosa yang tidak termodifikasi. Salah satu cara

untuk memodifikasi batang tumbuhan dengan tujuan meningkatkan kemampuannya dalam mengadsorpsi kontaminan adalah dengan penambahan N-vinil-2-pirolidon atau dengan nama lainnya polivinilpirolidon (PVP) baik dengan cara *blending* ataupun dengan diradiasi yang bertujuan untuk menambah gugus fungsi sehingga dapat digunakan untuk mengadsorpsi kontaminan pada limbah cair. Modifikasi polimer dengan teknik pencangkakan melibatkan pembentukan situs aktif pada polimer induk yang dapat dilakukan dengan menggunakan radiasi sinar- $\gamma$ . Teknik pencangkakan dengan radiasi sinar- $\gamma$  diketahui efektif untuk melakukan modifikasi polimer dikarenakan pembentukan situs aktif yang cepat dan homogen, penetrasi yang dalam dan minimnya kontaminasi zat kimia pada polimer induk (Hendri dkk, 2010).

N-vinil-2-pirolidon yang bersifat hidrofilik memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi, sehingga biasa digunakan sebagai penyerap cairan tubuh dalam aplikasi medis. Pencangkakan monomer vinil mampu larut dalam air pada serat kapas dan dapat meningkatkan kapasitas penyerapan kelembaban yang dapat digunakan dalam kain, seperti pakaian olahraga ataupun pakaian sehari-hari (Suhartini, 2015). Modifikasi adsorben yang mengandung selulosa dengan povidon (PVP) menimbulkan interaksi antarmolekul antara kelompok polar dari selulosa dengan polimer yang mengandung nitrogen (pusat hidrofilik N-CO-). Polimer hidrofilik yang mengandung nitrogen ini dapat dengan kuat melekat pada permukaan adsorben, sehingga dapat mengikat ion logam dan meningkatkan adsorpsinya pada ion logam Cu sebesar 32% (Nikiforova dkk, 2010).

Banyak penelitian untuk menghasilkan adsorben dengan cara memodifikasi selulosa yang digunakan sebagai rantai utama. Wajnárovits dkk. (2010) melakukan penelitian tentang keberhasilan pencangkakan selulosa secara radiasi yang mendapati gugus fungsi karbonil C=O regang PVP di selulosa pada bilangan gelombang  $1660\text{ cm}^{-1}$ . Gupta dkk. (2000) melakukan penelitian tentang keberhasilan pencangkakan N-vinil pirolidon pada selulosa (selulosa-g-NVP) dengan  $\text{Co}(\text{acac})_3$  sebagai inisiator pada temperatur rendah pada media berair. O'Connell dkk. (2008) melaporkan hasil modifikasi selulosa dengan teknik

pencangkakan serta aplikasinya sebagai adsorben ion logam, sedangkan Bhattacharya dan Misra (2004) mempublikasikan teknik pencangkakan dengan menggunakan berbagai metode pada permukaan polimer yang berbeda dan aplikasinya sebagai membran pemisah maupun polimer konduksi. Suhartini, dkk. (2016) melakukan sintesis kopolimerisasi selulosa dengan GMA menggunakan metode pra iradiasi menggunakan etilendiamin sebagai gugus fungsi. Suhartini, dkk. (2018) melakukan penelitian menggunakan selulosa-*TMAIC-g-AA* terhadap logam ion Pb mengikuti model Langmuir dengan nilai regresi linier 0,9868.

Oleh karena itu dibutuhkan penelitian tentang modifikasi selulosa dengan cara mencangkok polivinilpirolidon (PVP) pada selulosa yang berasal dari limbah pertanian, selain akan digunakan sebagai adsorben untuk menyerap logam berat pada limbah cair juga bertujuan untuk mengurangi limbah yang dihasilkan dari pertanian.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Bagaimana keberadaan gugus fungsi PVP yang tercangkok ke selulosa?
2. Bagaimana nilai stabilitas termal yang dimiliki selulosa setelah dicangkakan dengan PVP dibanding dengan selulosa murni?
3. Bagaimana kemampuan adsorben selulosa-g-PVP dalam penyerapan air dibandingkan dengan selulosa murni?
4. Berapa konsentrasi optimum larutan ion logam berat Cu yang dapat diserap adsorben selulosa-g-PVP?
5. Jenis isotherm apakah yang sesuai dengan proses adsorpsi ion logam Cu oleh adsorben-g-PVP?

## **I.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel bebas yang digunakan adalah dosis radiasi 0 dan 30 KGy dan konsentrasi larutan ion logam 3, 5, 7, dan 10 ppm,

2. Modifikasi selulosa berupa pencangkakan PVP ke dalam selulosa menjadi selulosa-g-PVP,
3. Proses pencangkakan selulosa-g-PVP dilakukan dengan menggunakan metode iradiasi simultan menggunakan sinar gamma,
4. Bahan utama yang digunakan untuk mencangkok selulosa-PVP adalah selulosa murni yang berasal dari jerami padi hasil produksi bidang PAIR Batan yang sebelumnya telah dilakukan proses delipifikasi, demineralisasi, dan delignifikasi dan PVP dalam bentuk serbuk,
5. Penelitian ini melanjutkan proses setelah selulosa dibuat yaitu *grafting* selulosa dengan PVP sampai mengaplikasikannya pada larutan ion logam untuk proses adsorpsi sebagai adsorben,
6. Proses karakterisasi yang dilakukan adalah dengan melakukan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, analisis dekomposisi termal menggunakan TGA, pengujian derajat pengembangan dan mengujian adsorpsi logam dengan AAS.

#### **I.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian adalah:

1. Mengetahui adanya gugus fungsi PVP yang pada selulosa tercangkok,
2. Mengetahui perbandingan nilai suhu dekomposisi termal antara selulosa-g-PVP dengan selulosa murni,
3. Mengetahui perbandingan kemampuan adsorben selulosa-g-PVP dengan adsorben selulosa murni dalam menyerap air,
4. Mengetahui konsentrasi optimum yang dapat diserap adsorben selulosa-g-PVP dalam menyerap ion logam berat Cu, dan
5. Mengetahui jenis isoterm adsorpsi yang sesuai dengan proses adsorpsi ion logam Cu oleh adsorben selulosa-g-PVP.

#### **I.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini:

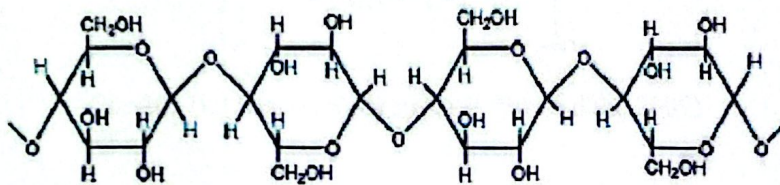
1. Bagi industri, penelitian ini berguna untuk menjadi alternatif cara untuk mencari adsorben yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah, khususnya limbah logam berat,

2. Bagi masyarakat, penelitian ini dapat berguna untuk menambah pengetahuan dan wawasan tentang modifikasi adsorben selulosa tercangkok Polivinilpirolidon (PVP), dan
3. Bagi akademik, penelitian ini berguna sebagai referensi sehingga diharapkan dapat mengembangkan aspek ilmu pengetahuan tentang material adsorben polimer dan dengan hasil yang dicapai maka akan bisa digunakan untuk memberikan tambahan pengetahuan dan informasi baru tentang alternatif cara meningkatkan performa dan sifat adsorben selulosa tercangkok Polivinilpirolidon (PVP).

## Bab II Tinjauan Pustaka

### II.1 Selulosa

Selulosa adalah homopolimer dari D-anhidroglukosa (glukosa anhidrida) yang memiliki ikatan  $\beta$ -1-4-glukosida yang memiliki rumus struktur yang dapat dilihat pada Gambar II.1 dan rumus empiris  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , dengan n adalah jumlah satuan glukosa yang saling berikatan yang dinyatakan sebagai derajat polimerisasi (DP). Struktur linier inilah yang membuat selulosa bersifat kristalin dan tak mudah larut, sehingga tidak mudah terdegradasi secara kimia ataupun mekanis (Gian dkk., 2017).



Gambar II.1 Rumus Struktur Selulosa (Lehninger, 1993)

Panjang rangkaian selulosa tergantung pada derajat polimerisasinya. Semakin panjang rangkaian selulosa maka selulosa tersebut semakin kuat, lebih tahan terdapat cahaya, pengaruh bahan kimia, dan mikroorganisme.

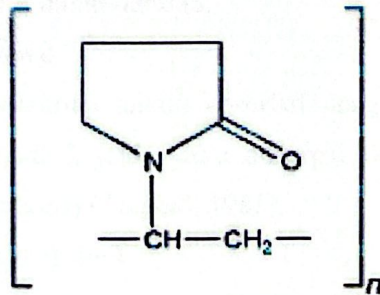
Sifat selulosa dengan rantai panjang memiliki sifat yang lebih kuat dan lebih tahan terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia. Sifat-sifat selulosa lainnya sebagai berikut :

- a. Dapat terdegradasi oleh hidrolisa, oksidasi, fotokimia, maupun secara mekanik sehingga berat molekulnya menurun.
- b. Tidak larut dalam air ataupun pelarut organik, namun larut dalam sebagian larutan alkali.
- c. Dalam keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis, keras, dan rapuh. Apabila selulosa banyak mengandung air maka sifatnya akan lunak, sehingga air berfungsi sebagai pelunak.

- d. Selulosa dalam kristal, memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dalam keadaan amorf (Fengel dan Wegener, 1984).

## II.2 Polivinilpirolidon

Polivinilpirolidon (PVP) atau dengan nama lain povidon merupakan zat terlarut dalam air yang sangat polar. Polimer sintetik yang terdiri dari gugus linier 1-vinil-2-pirolidon. Rumus struktur PVP dapat dilihat pada Gambar II.2.



Gambar II.2 Rumus Struktur PVP (Rowe dkk., 2009)

Derajat polimerisasi ditentukan oleh jumlah  $n$  dari setiap unit berulang pada setiap makromolekul, sehingga dapat diartikan bahwa derajat polimerisasi povidon ditentukan oleh bobot molekulnya. Semakin besar bobot molekul yang dimiliki povidon, maka semakin besar pula viskositasnya dan nilai  $K$  juga semakin besar. Nilai  $K$  adalah nilai viskositas povidon dalam air. Povidon berwujud serbuk putih kekuningan, berbau lemah, dan bersifat higroskopis (Rowe dkk, 2009).

Povidon memiliki titik leleh pada  $150^{\circ}\text{C}$ , densitas sebesar  $1,180\text{ g/cm}^3$ , pH sekitar 3-7, larut dalam air, alkohol, kloroform, namun tidak larut dalam eter, hidrokarbon, dan minyak mineral (Rowe dkk., 2009).

## II.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penjerapan suatu zat berupa cairan atau gas yang hanya menyerap pada suatu permukaan zat padat. Zat yang diserap hanya berada disekeliling permukaan zat, sehingga zat yang terserap tersebut menutupi seluruh permukaan zat penyerap. Dalam proses adsorpsi dikenal istilah adsorban dan

adsorbat, dimana adsorban adalah suatu media penjerap, sedangkan adsorbat adalah substansi yang akan diserap atau dipisahkan dari pelarutnya.

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik molekul pada permukaan zat (padatan) yang tidak seimbang. Molekul-molekul zat padat cenderung menarik molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan zat padat sehingga konsentrasi molekul pada permukaan zat padat lebih besar daripada fasa gas atau cairan yang terlarut dalam larutan.

### **II.3.1 Jenis – Jenis Adsorpsi**

Berdasarkan interaksi molekular antara adsorbat dengan permukaan adsorben, adsorpsi dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorptions*) (Treybal, 1981).

#### **1. Adsorpsi Fisika (*Physisorption*)**

Adsorpsi fisika berhubungan dengan gaya Van der Waals. Gaya Van der Waals adalah gaya tarik menarik antara adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain pada permukaan adsorben. Adsorpsi fisika adalah proses yang reversibel sehingga apabila kondisinya diubah maka akan membentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi fisika berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan jamak (*multilayer*), dan dapat terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang dibentuk dalam adsorpsi fisika dapat diputuskan pada pemanasan dengan temperatur sekitar 150 – 200 °C dalam kurun waktu 2 – 3 jam.

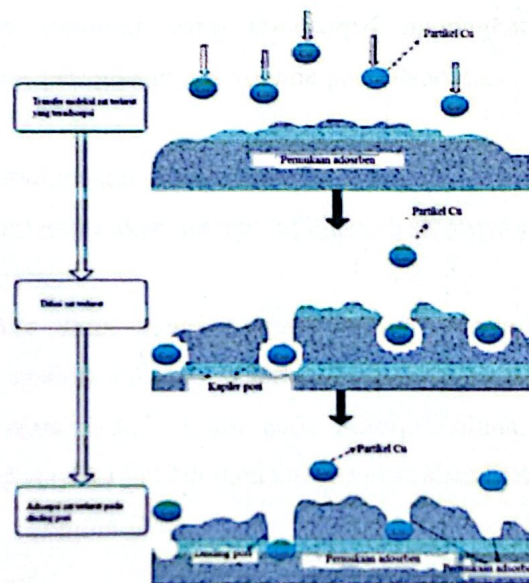
#### **2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)**

Adsorpsi kimia atau biasa disebut adsorpsi teraktivasi terjadi karena adanya ikatan kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk pada adsorpsi kimia adalah ikatan yang sangat kuat sehingga terbentuk lapisan *monolayer*. Adsorpsi kimia tidak bersifat reversibel dan biasanya terjadi pada suhu tinggi di atas suhu kritis adsorbat, sehingga dalam proses desorpsinya membutuhkan energi yang lebih besar untuk dapat memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorbat dengan adsorbennya.

### II.3.2 Mekanisme Adsorpsi

Mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap yang dapat dilihat pada Gambar II.3, yaitu (Firdiyono dkk., 2012):

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben,
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film (*film diffusion process*),
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler pori dalam adsorben (*pore diffusion process*),
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.



Gambar II.3 Mekanisme Adsorpsi (Jing dkk., 2015)

### II.3.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben. (Treybal, 1981):

1. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul adsorbat merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan supaya proses adsorpsi dapat berjalan dengan baik. Ukuran adsorbat mempengaruhi ukuran pori adsorben yang akan digunakan. Molekul-molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang

diameternya lebih kecil daripada diameter pori suatu adsorben yang digunakan.

2. Kepolaran zat

Kepolaran suatu zat dalam adsorpsi mempengaruhi berjalannya proses. Adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul polar dibandingkan dengan molekul non-polar pada kondisi diameter yang sama.

3. Kemurnian adsorben

Berperan sebagai zat yang akan digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben dengan kemurnian yang lebih tinggi sangat diinginkan sebab memiliki kemampuan mengadsorpsi lebih baik.

4. Luas permukaan dan volume adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben.

5. Temperatur

Proses adsorpsi merupakan proses eksotermis. Semakin meningkat temperatur pada tekanan tetap maka akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

6. Tekanan adsorbat

Tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah molekul adsorbat. Pada adsorpsi fisika, apabila tekanan adsorbat meningkat maka jumlah molekul adsorbat akan bertambah. Namun pada adsorpsi kimia, apabila tekanan adsorbat meningkat maka jumlah molekul adsorbat akan berkurang.

#### II.4 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah proses adsorpsi yang berlangsung pada temperatur konstan. Isoterm adsorpsi merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada padatan terhadap konsentrasi larutan. Persamaan yang dapat digunakan untuk menjelaskan data percobaan isoterm adsorpsi dikaji oleh Freundlich, Langmuir. Tipe isoterm adsorpsi ini dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi pada umumnya yang dianut oleh tipe isoterm Freundlich dan Langmuir. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (II.1)$$

Kadar adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Kadar adsorbat yang teradsorpsi (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\% \quad (II.2)$$

Keterangan :

- Q = Kapasitas adsorpsi (mg/g)  
 C<sub>0</sub> = Konsentrasi awal Ni (mg/l)  
 C<sub>e</sub> = Konsentrasi akhir Ni (mg/l)  
 V = Volume sampel (l)  
 W = Berat adsorben (g)

#### II.4.1 Isoterm Langmuir

Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa adsorbat terikat pada lapisan adsorben yang sifatnya monolayer, setiap molekul memiliki potensi adsorpsi yang sama (Unlu dkk., 2006)

Bentuk linier persamaan isotherm Langmuir sebagai berikut (Gupta dkk., 2019) :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{C_e}{Q_m} + \frac{1}{K_l Q_m} \quad (II.3)$$

Keterangan :

- Q<sub>e</sub> = ion logam yang teradsorpsi (mg/g)  
 C<sub>e</sub> = konsentrasi ion logam saat setimbang (mg/L)  
 Q<sub>m</sub> = kapasitas maksimum adsorben (mg/g)  
 K<sub>l</sub> = konstanta Langmuir (L/mg)

#### II.4.2 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi terjadi pada beberapa lapisan dan ikatannya tidak kuat. Asumsi yang digunakan pada isoterm Freundlich adalah :

1. Tidak ada asosiasi dan disosiasi molekul-molekul adsorbat setelah teradsorpsi pada permukaan padatan.
2. Hanya berlangsung mekanisme adsorpsi secara fisika tanpa adanya ikatan kimia.
3. Permukaan padatan bersifat homogen.

sendiri. Contoh logam berat esensial adalah Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Sedangkan logam non esensial yaitu logam yang keberadaannya di dalam tubuh belum diketahui manfaatnya bahkan dapat bersifat racun bagi makhluk hidup, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr. Daya racunnya menjadi penghalang kerja enzim dan logam berat jenis ini juga akan menyebabkan alergi, mutagen, atau karsinogen (Darmono, 1999).

Logam berat merupakan komponen alami dalam tanah. Komponen logam berat tidak dapat didegradasi (*non degradable*) ataupun dihancurkan. Senyawa ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, dan udara. Pada kadar rendah, logam berat diperlukan oleh makhluk hidup untuk pengaturan berbagai fungsi kimia dan fisiologi tubuh. Namun logam berat dengan kadar berlebih juga dapat berbahaya atau beracun dalam tubuh (Jaishankar dkk., 2014).

Salah satu yang termasuk ke dalam logam berat adalah logam Cu. Tembaga merupakan logam transisi golongan I B, dilambangkan dengan "Cu". Logam tembaga memiliki nomor atom 29, berat atom 63,546 g/mol, titik leleh 1083°C, titik didih 2595°C. Tembaga merupakan logam berwarna kemerahan, mudah renggang, dan mudah ditempa. Logam ini memantulkan cahaya merah dan oranye serta mampu menyerap cahaya frekuensi lain pada spektrum tampak. Akibat struktur pitanya yang khas, tembaga terlihat berwarna kemerahan. Logam tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Selain itu, tembaga juga memiliki reaktifitas kimia rendah (Irianti dkk., 2017).

Logam tembaga termasuk ke dalam jenis logam berat esensial, meskipun beracun tetapi tetap dibutuhkan oleh tubuh manusia meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Dalam konsentrasi rendah, Cu dapat merangsang pertumbuhan organism, namun sebaliknya dalam konsentrasi tinggi Cu dapat menjadi penghambat. Adsorpsi logam tembaga oleh tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: konsentrasi logam berat di lingkungan, tipe tumbuhan, pH tanah, curah hujan, dan lain-lain. Kemampuan mengakumulasi logam berat berbeda-beda tergantung jenis tanamannya. Pada manusia efek keracunan utama yang

ditimbulkan oleh logam Cu dapat terjadinya gangguan pada sistem pernapasan manusia. Selain itu, keracunan logam Cu yang kronis menyebabkan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala penyakit Wilson menyebabkan kerusakan pada otak dan terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu pada kornea mata. Sementara gejala pada penyakit Kinsky dapat diketahui dari terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderitanya (Irianti dkk., 2017).

## II.6 Interaksi Ion Logam dengan Adsorben

Kekuatan interaksi antara adsorbat dengan adsorben dipengaruhi oleh sifat adsorbat dan adsorben itu sendiri. Tanda-tanda untuk mengetahui komponen mana yang diadsorpsi lebih kuat adalah kepolaran adsorben dengan adsorbatnya. Apabila adsorbennya bersifat polar, maka komponen yang bersifat polar lebih kuat terikat dibandingkan dengan non polar. Kekuatan interaksi juga dipengaruhi oleh sifat keras lemahnya adsorbat maupun adsorben. Sifat keras untuk kation dihubungkan dengan istilah *polarizing power cation*, yaitu kemampuan kation untuk mempolarisasi anion dalam suatu ikatan. Kation yang mempunyai sifat *polarizing power cation* yang besar hanya dimiliki oleh ion-ion logam yang memiliki ukuran jari-jari yang kecil dan muatan yang besar. Sebaliknya sifat *polarizing power cation* yang rendah dimiliki oleh ion-ion logam yang memiliki jari-jari yang besar namun muatannya kecil, sehingga digolongkan ion lemah. Sementara sifat keras untuk anion dihubungkan dengan istilah *polarisability anion*, yaitu kemampuan anion mengalami polarisasi disebabkan oleh medan listrik dari kation. Anion yang bersifat keras adalah anion yang berukuran kecil, muatannya kecil, dan keelektronegatifitasnya rendah. Ion-ion logam keras berikatan kuat dengan anion keras, sedangkan ion-ion logam lemah berikatan kuat dengan anion lemah (Atkins, 1990).

Apabila ditinjau definisi asam-basa berdasarkan teori Lewis, maka interaksi antara ion logam dengan adsorben dapat dipandang sebagai reaksi asam Lewis dengan basa Lewis. Ion logam berperan sebagai asam Lewis, dimana berperan sebagai akseptor pasangan elektron, sementara adsorben sebagai basa Lewis berperan

sebagai donor pasangan elektron (Huheey dkk., 1993). Dengan demikian prinsip asam-basa Lewis dapat digunakan dalam adsorpsi ion logam.

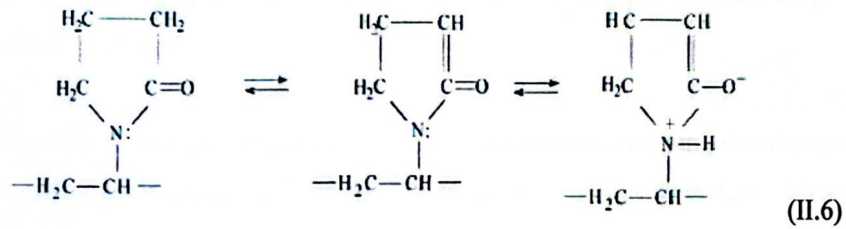
Prinsip yang digunakan dalam reaksi asam-basa Lewis menggunakan prinsip HSAB (*Hard Soft Acid Base*) yang dikembangkan oleh Pearson. Prinsip keras lunak asam basa Lewis berdasarkan pada polarisabilitas unsur. Ion-ion atom yang sangat elektronegatif dan berukuran kecil merupakan basa keras (misalnya : F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>), sebaliknya ion-ion atom yang elektron terluarnya mudah terpolarisasi akibat pengaruh ion dari luar disebut basa lunak (misalnya : I<sup>-</sup>). Sedangkan untuk ion-ion logam yang berukuran kecil, bermuatan positif besar, dan elektron terluarnya tidak mudah terdistorsi dikelompokkan ke dalam asam keras (misalnya : Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Co<sup>3+</sup>, Ti<sup>4+</sup>), sebaliknya untuk ion-ion logam yang berukuran besar, bermuatan kecil atau nol, dan elektron terluarnya mudah terdistorsi dikelompokkan ke dalam asam lunak (misalnya : Cd<sup>2+</sup>, Pt<sup>2+</sup>). Selain daripada golongan asam basa keras dan lunak dikelompokkan ke dalam golongan intermediet (misalnya : Pb<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Br<sup>-</sup>) (Huheey dkk., 1993).

Berdasarkan prinsip HSAB, asam keras cenderung lebih suka berinteraksi dengan basa keras dan asam lunak cenderung lebih suka berinteraksi dengan basa lunak. Asam keras dan basa keras cenderung mempunyai atom yang kecil, oksidasi tinggi, kepolaran rendah, dan keelektronegatifan tinggi. Sedangkan atom dan basa lunak cenderung mempunyai atom yang besar, tingkat oksidasi rendah, dan keelektronegatifan rendah. Interaksi antara asam keras dan basa keras disebut interaksi ionik, sementara interaksi antara asam lunak dengan basa lunak lebih bersifat kovalen (Amri dkk., 2004).

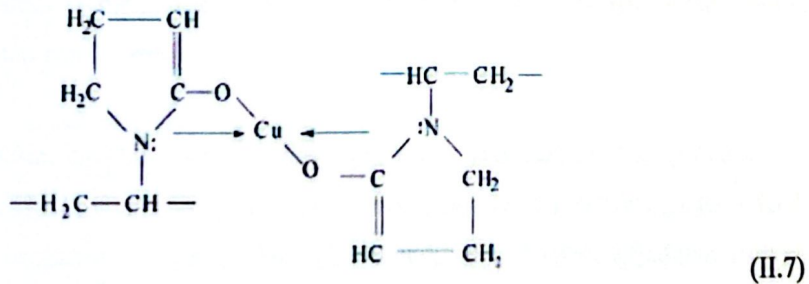
## II.7 Kereaktifan Gugus Fungsi PVP dan Selulosa Menyerap Ion Logam

Polivinilpirolidon (PVP) dalam strukturnya memiliki gugus fungsi amida. Kandungan nitrogen hidrofilik yang memiliki pasangan elektron bebas yang terdapat dalam gugus fungsi amida memungkinkannya terjadinya donor elektron (Nikiforova dkk., 2012). Makromolekul dari polimer yang mengandung nitrogen hidrofilik mengandung gugus reaktif yang memungkinkan berbagai interaksi

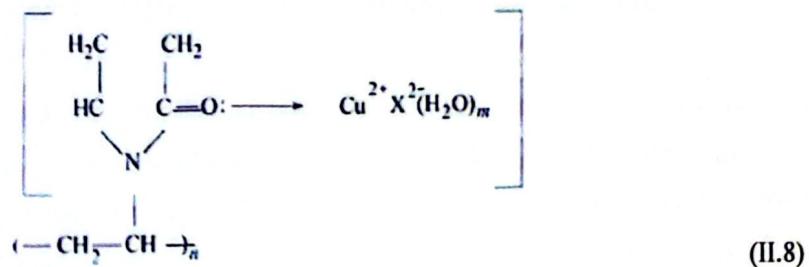
dengan sorben dan ion logam. Polimer berbasis vinilpirolidon terdiri dari gugus amida hidrofilik dan hidroksil yang memiliki afinitas tinggi terhadap air. Modifikasi selulosa dengan polimer yang mengandung nitrogen hidrofilik menimbulkan interaksi antar molekul antara kelompok polar selulosa (-OH, -COC, -COOH) dengan polimer yang mengandung nitrogen hidrofilik (pusat hidrofilik N-CO-). Dengan demikian, polimer yang mengandung nitrogen hidrofilik ini dapat dengan kuat berikatan pada permukaan adsorben dan dapat meningkatkan penyerapan ion logam Cu (Nikiforova dkk., 2010).



Dalam larutan gugus poliamida dari polidion dapat berada dalam bentuk tautomer: melewati ion tembaga dari larutan ke adsorben dengan pembentukan gugus II.7 secara sterik tidak mungkin terjadi karena pemutusan situs adsorpsi:



Kemungkinan besar penyerapan ion Cu melibatkan gugus poliamida II yang bertindak sebagai situs serapan monodentat yang mengarah pada pembentukan kompleks Cu II.8:



Nikiforova dkk. (2010) pengikatan ion logam dalam pembentukan kompleks polimer-logam adalah adanya keterlibatan atom nitrogen yang memiliki pasangan elektron bebas dalam gugus amida.

## II.8 Radiasi

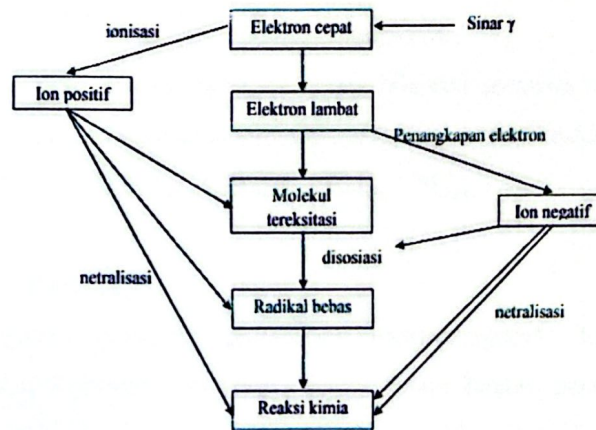
Menurut Badan Teknologi Nuklir Nasional (Alatas dkk., 2016), radiasi adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik atau partikel. Keberadaan partikel tidak dapat dilihat, tidak dapat tercium karena tidak berbau, tidak dapat didengar, dan tidak dapat dirasa, tetapi hanya dapat dideteksi dengan alat detektor radiasi.

Kimia radiasi mempelajari perubahan kimia dalam suatu materi yang ditimbulkan oleh radiasi pengion sinar  $\gamma$  ( $^{60}\text{Co}$  dan  $^{137}\text{Cs}$ ) dan elektron tinggi (40 keV-4MeV) yang dihasilkan oleh suatu mesin pemecah elektron/mesin berkas elektron. Radiasi dengan energi rendah (<40 keV) hanya dapat mengakibatkan eksitasi. Sifat utama radiasi yang berenergi tinggi adalah dapat menyebabkan proses ionisasi dan eksitasi. Ionisasi adalah pelepasan elektron dari orbitalnya akibat adanya energi dari luar (Pertiwi, 2013).

Berdasarkan tingkat energi, radiasi dibedakan atas radiasi non pengion dan pengion. Radiasi non pengion yang berupa gelombang elektromagnetik adalah radiasi dengan energi yang tidak cukup untuk menyebabkan terjadinya ionisasi pada materi yang melintasinya, seperti radiasi termal, cahaya tampak, *infrared*, gelombang mikro. Sedangkan radiasi pengion merupakan radiasi dengan energi besar sehingga mampu melakukan ionisasi/eksitasi pada materi yang dilintasinya. Contohnya adalah sinar *gamma*, *alpha*, dan *beta* (Alatas dkk., 2016).

Interaksi ionisasi dan eksitasi akan menyebabkan pemutusan ikatan kimia dan pembentukan ikatan kimia yang baru (Alatas dkk., 2016). Elektron cepat yang dihasilkan dari interaksi radiasi pengion, sinar- $\gamma$ , sinar-X maupun elektron cepat yang dihasilkan dari suatu mesin pemercepat elektron dengan suatu materi yang dapat ditunjukkan pada Gambar II.4.

Berdasarkan Gambar II.4. dapat dilihat bahwa elektron cepat akan menghasilkan ion positif dan elektron lambat. Penangkapan elektron lambat oleh suatu atom akan menghasilkan ion negatif. Kemudian interaksi antara molekul atau atom dengan ion positif akan menghasilkan molekul tereksitasi dan terbentuk radikal bebas (Pertiwi, 2013).



Gambar II.4 Interaksi Elektron Cepat dengan Materi (Pertiwi, 2013)

Secara umum, mekanisme reaksi radikal bebas melibatkan tiga tahap, yaitu: inisiasi, propagasi, dan terminasi.

### 1. Tahap Inisiasi

Tahap inisiasi mula-mula terjadi reaksi pembentukan radikal bebas oleh suatu inisiator (sinar- $\gamma$ ). Bila sinar- $\gamma$  berinteraksi dengan monomer (M), maka M akan membentuk radikal, reaksi inisiasi digambarkan sebagai berikut.



Selain itu, radikal monomer ( $M\cdot$ ) dapat menginisiasi polimer (P) sehingga membentuk radikal polimer monomer ( $PM\cdot$ ).



### 2. Tahap Propagasi

Radikal bebas yang dihasilkan oleh reaksi inisiasi tumbuh dari satu molekul menjadi molekul yang lebih besar. Radikal monomer polimer ( $PM\cdot$ ) bertemu dengan molekul monomer lainnya (M) sehingga terjadi pembentukan radikal-radikal yang lebih besar.



### 3. Tahap Terminasi

Tahap terminasi terjadi saat dua radikal bertemu satu sama lain. Radikal bebas tersebut dapat berasal dari reaksi inisiasi atau propagasi. Tahap propagasi terdiri atas kombinasi dan disproporsionasi, propagasi kombinasi terjadi bila dua senyawa radikal bertemu dan berikatan satu sama lain, seperti reaksi berikut:



Sedangkan propagasi disproporsionasi terjadi bila dua senyawa radikal bertemu namun tidak terjadi ikatan, hanya perpindahan radikal, seperti reaksi berikut:



#### II.8.1 Sinar- $\gamma$ (Gamma)

Sinar- $\gamma$  merupakan pancaran gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang sangat pendek dan energi tinggi dalam bentuk paket-paket energi (foton), merambat dengan kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/det). Sumber sinar-  $\gamma$  berasal dari beberapa radioisotop alam diantaranya  $^{60}\text{Co}$  dan  $^{137}\text{Cs}$ , dengan satuan aktivitasnya Ci (*curie*) (Jatiman, 1986).

Aplikasi iradiasi  $\gamma$  yang banyak digunakan dalam industri dengan sumber berupa radioisotop  $^{60}\text{Co}$  yang pembuatannya dilakukan dalam reaktor atom dengan menembak radioisotop  $^{59}\text{Co}$  (diperoleh dari alam) dengan berkas-berkas neutron. Seperti persamaan berikut.



Energi radiasi  $\gamma$  yang dikeluarkan oleh  $^{60}\text{Co}$  cukup besar, yaitu 1,17 dan 1,33 MeV, yang dihasilkan dari proses peluruhan  $\beta$ , radioisotop  $^{60}\text{Co}$  menjadi isotop stabil  $^{60}\text{Ni}$  (Jatiman, 1986) seperti persamaan berikut.



#### II.8.2 Efek Radiasi

Apabila radiasi ionisasi mengenai molekul polimer maka terjadi reaksi kimia yang akan menentukan sifat polimer tersebut. Reaksi yang terjadi akibat radiasi

dikelompokkan menjadi dua yaitu reaksi pembentukan ikatan silang (*crosslinking*) dan reaksi pemutusan rantai polimer (*degradasi*) (Felasih, 2010).

Pembentukan ikatan silang (*crosslinking*) pada polimer terjadi pada ikatan dua rantai polimer yang saling berdekatan yang akhirnya membentuk suatu jaringan tiga dimensi. Pembentukan ikatan silang pada polimer mengakibatkan sifat mekanik bertambah, sifat viskositas bertambah, dan berat molekul bertambah. Sementara pada degradasi terjadi pemutusan rantai pada polimer yang diradiasi yang menyebabkan menurunnya sifat mekanik, berat molekul, dan nilai viskositasnya (Felasih, 2010).

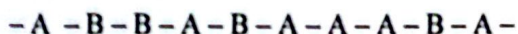
Beberapa polimer dalam larutan mengalami reaksi pengikatan silang dan degradasi secara simultan apabila diradiasi dengan sinar- $\gamma$  ataupun dengan elektron beam. Ikatan silang yang terjadi lebih banyak daripada pemutusan rantai pada polimer sehingga polimer disebut tipe *crosslinking*, namun apabila reaksi pemutusan rantai yang lebih banyak terjadi maka polimer termasuk tipe degradasi. Polimer apabila diradiasi termasuk ke dalam suatu tipe yang tergantung dari reaksi mana yang lebih dominan yang akan menentukan sifat akhir polimer tersebut (Felasih, 2010).

## II.9 Kopolimer Cangkok

Kopolimer adalah polimer yang terbentuk lebih dari satu jenis monomer. Struktur kopolimer bervariasi tergantung dari metode polimerisasi yang digunakan. Menurut Siburian dkk. (2017) kopolimerisasi dibagi menjadi empat kelompok yaitu:

- Kopolimer acak

Pada kopolimer acak, sejumlah kesatuan berulang yang berbeda tersusun secara acak dalam rantai polimer.





digunakan apabila monomernya tidak lebih reaktif dibanding polimernya dan bertujuan untuk menghindari terjadinya homo-polimerisasi monomer. Pada teknik iradiasi simultan ini, kadar pencangkokan dipengaruhi oleh laju dosis iradiasi. Persen pencangkokan meningkat seiring dengan meningkatnya laju dosis, meskipun laju dosis tinggi tidak selalu memberikan hasil pencangkokan yang tinggi pula karena pada dosis tersebut difusi monomer dalam matriks polimer menjadi kurang efisien. Keunggulan dari teknik iradiasi simultan adalah degradasi lebih rendah dari substrat selulosa, karena setiap radikal yang terbentuk memiliki kemungkinan untuk segera melakukan reaksi kopolimerisasi cangkok (Wojnarovits dkk., 2010).

### 2. Teknik iradiasi awal (prairadiasi)

Teknik prairadiasi ini polimer diiradiasi dahulu sebelumnya dalam kondisi vakum, tanpa terpapar oksigen sedikitpun, kemudian ditambahkan monomer yang akan dicangkokkan. Teknik prairadiasi ini digunakan untuk memodifikasi polimer yang memiliki kereaktifan lebih kecil daripada monomernya. Kemudian untuk pencangkokkan monomer diperlukan pemanasan dan harus dalam keadaan bebas oksigen, sehingga sering digunakan gas Nitrogen ( $N_2$ ) agar tidak terjadi peroksida pada polimer yang telah diiradiasi.

### 3. Teknik Peroksida

Teknik ini hampir sama dengan teknik prairadiasi, polimer diradiasi dahulu baru kemudian dimasukkan ke dalam monomer. Namun teknik peroksida ini, polimer yang terbentuk tidak ditambahkan gas Nitrogen ( $N_2$ ) agar terbentuk peroksida pada ujung rantai radikal. Biasanya setelah sampel diradiasi akan dibiarkan terlebih dahulu dan disimpan dalam pendingin agar terjadi peroksida.

## II.10 Derajat Pengembangan (*Swelling*) dalam Air

Sifat hidrofilik selulosa disebabkan adanya gugus-gugus OH yang dapat mengikat molekul air dan menyebabkan pengembangan (*swelling*) apabila direndam dalam air. Pencangkokkan dapat mengurangi pengembangan pada selulosa di dalam air sebab sebagian gugus OH tersubstitusi oleh rantai monomer. Pengujian derajat pengembangan dapat ditentukan dengan melakukan perendaman terhadap sampel-

sampel selulosa yang telah dicangkok selama 24 jam dengan menggunakan aquades dalam temperatur ruang (Suhartini, 2015; Asep S, 2013).

## **II.11 Karakterisasi Pengujian**

### **II.11.1 *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)***

Pada penelitian ini, adsorben selulosa-g-PVP diaplikasikan untuk adsorpsi logam Cu sehingga untuk menganalisa konsentrasi yang diserap membutuhkan instrumentasi AAS. *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* adalah suatu metode analisis suatu unsur berdasarkan pada adsorpsi energi radiasi oleh atom-atom bebas unsur tersebut. Prinsip teknik analisis *AAS* berdasarkan pada adsorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom akan menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Penyerapan cahaya oleh atom disebut absorbansi. Metode analisis ini sangat tepat untuk menganalisis zat dengan konsentrasi rendah. Dengan mengukur intensitas radiasi yang diteruskan atau mengukur intensitas yang diserap, maka konsentrasi unsure dalam larutan sampel data ditetapkan. Cara ini sangat efektif karena frekuensi radiasi yang diserap adalah karakteristik untuk setiap unsur.

Dasar dari teknik analisis *AAS* adalah atom pada keadaan dasar menyerap energi cahaya pada panjang gelombang tertentu dan berubah ke tingkat ke tingkat energi yang lebih tinggi (terekstisasi). Jumlah atom-atom yang dilewati cahaya dan terekstisasi berbanding lurus dengan jumlah energi yang diserap. Dengan mengukur jumlah energi cahaya yang diserap maka dapat menentukan jumlah atau konsentrasi atom elemen dalam sampel yang diuji (Irianti dkk., 2017).

### **II.11.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)***

Keberhasilan proses selulosa-g-PVP dapat diidentifikasi menggunakan instrument FTIR, berdasarkan munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang tertentu. Data referensi bilangan gelombang pada selulosa murni tercantum pada Tabel II.1. Spektrofotometri *Infra Red* atau Infra Merah adalah suatu metode untuk mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang tertentu. Prinsip dasar spektrofotometri FTIR adalah frekuensi sinar infra merah akan diserap saat melewati suatu sampel, kemudian

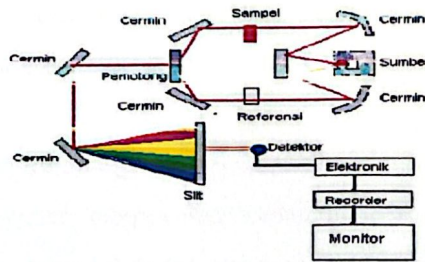
menuju transmittansi. Spektrum yang dihasilkan menunjukkan adsorbansi molekular dan transmisi, membentuk spektrum "fingerprint" dari sampel. Spektrum berbentuk puncak serapan hasil dari frekuensi vibrasi antar ikatan dalam campuran pada suatu sampel.

Tabel II.1 Referensi Spektrum Selulosa Murni (Gürdağ, 2013)

Bilangan Gelombang $\text{cm}^{-1}$	Gugus Fungsi
3570-3460	Intermolekular OH tekuk
3460	Intermolekular OH tekuk
3418-3250	Intermolekular OH tekuk
3346	Intermolekular OH tekuk
3400-2750	-OH ulur
3100-3500	-OH getar
3400	-OH
3471	-OH ulur
3413	-OH ulur
1640	H-O-H intermolekular
1645	OH tekuk
1648-1620	OH tekuk (air terserap)
1640	OH tekuk (air terserap)
2920-2848	Simetrical $\text{CH}_2$ ulur
2908	Simetrical $\text{CH}_2$ ulur
2902	C-H ulur
2854	$-\text{CH}_2-$ simetrical ulur
2927	C-H ulur
2901	C-H ulur
2904-2891	Ikatan C-H ulur dalam gugus $-\text{CH}_2$
2983	C-H ulur
2903	C-H ulur
1430-1376	C-H deformasi
1384-1360	C-H deformasi
1370	C-H deformasi
1740	C=O getar ulur
1745	C=O getar ulur
1750	C=O getar ulur
1655	C=O getar ulur
1175-1160	Asimetrical C-O-C ulur
1150	Asimetrical C-O-C ulur
1165	C-O-C ulur

Prinsip "fingerprint" adalah setiap molekul memiliki ciri khas spektrum yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan setiap material kombinasi atom yang berbeda,

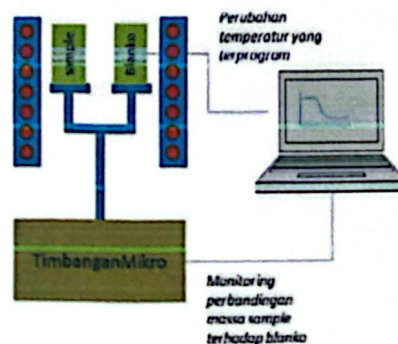
tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum infra merah yang sama persis. Prinsip dasar spektrofotometri infra merah dapat dilihat pada Gambar II.5:



Gambar II.5 Skema IR (Gunawan dan Azhari., 2012)

### II.11.3 Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)

Modifikasi selulosa-g-PVP akan mempengaruhi karakteristik selulosa, salah satunya adalah stabilitas termal. Analisis termogravimetri (TGA) yang merupakan teknik analisis yang digunakan untuk menentukan stabilitas termal (kekuatan material pada suhu tertentu). TGA mengukur perubahan massa suatu sampel karena proses dekomposisi, adsorpsi, atau reaksi di monitor sebagai fungsi temperatur atau waktu setelah mengalami pendinginan atau pemanasan dibawah kondisi atmosfer terkontrol. TGA juga dapat digunakan untuk menyelidiki kestabilan oksida (tingkat penyerapan oksigen pada material), serta sifat komposisi (misalnya, *filler*, resin polimer, pelarut) dari sampel. Instrumentasi alat TGA dapat dilihat pada Gambar II.6.



Gambar II.6 Peralatan TGA (Setiabudi dkk., 2012)

Dalam peralatan TGA terdapat komponen utama yang mengukur massa sampel, biasa disebut dengan *micro balance* dan beberapa sensor suhu. Peralatan lain yang terdapat di dalam TGA adalah wadah sampel, pengatur program temperatur, dan tungku pemanas. Secara skematis peralatan TGA dapat dilihat pada Gambar II.6:

Di dalam tungku yang dihubungkan dengan pemrogram suhu terdapat dua wadah yang identik yaitu wadah sampel dan wadah blanko. Kedua wadah tersebut dihubungkan dengan *micro balance* yang akan memantau perubahan massa sampel dan massa blanko selama proses perubahan temperatur. Selisih massa sampel dan massa blanko (dikondisikan nol) direkam dan hasilnya diplot dalam bentuk grafik fungsi massa terhadap temperatur. Hasil rekamannya disebut termogram. Berbagai proses dapat dilakukan untuk mengubah-ubah variabel sesuai dengan kebutuhan, seperti mengkondisikan sampel pada suhu konstan tertentu, kenaikan dengan laju pemanasan yang konstan, atau penurunan suhu. Perubahan massa sampel terjadi karena adanya dekomposisi, evaporasi, adsorpsi, ataupun reaksi dengan atmosfer (gas) yang digunakan (Setiabudi dkk., 2012).

## Bab III Metode

### III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pembuatan sampel dan pengujian sampel AAS dilakukan di Laboratorium Penelitian bidang Proses Radiasi, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jalan Lebak Bulus Raya No. 49, Pasar Jumat, Jakarta Selatan, 12440. Pengujian sampel FTIR dan TGA dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Penelitian ini dimulai pada bulan Juli 2019 sampai dengan bulan Agustus 2020.

### III.2 Alat dan Bahan

#### III.2.1 Alat

1. Gelas kimia 500 mL, 250 mL
2. Gelas ukur 50 mL
3. Timbangan digital
4. Spatula *stainless*
5. Batang pengaduk
6. Pipet ukur
7. Botol sampel 100 mL
8. Erlenmeyer
9. *Laboratorium film*
10. Labu ukur
11. Pinset
12. Plastik polipropilena
13. Oven
14. Eksikator
15. *Hotplate*
16. *Magnetic stirrer*
17. Gunting
18. Kertas saring
19. Mesin *seal vacuum*

20. *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merek Analytik Jena ContraAA 800
21. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) merek Nicolet iS10
22. *Thermal Gravimetric Spectroscopy* (TGA) merek TA TGA 55

### III.2.2 Bahan

1. Selulosa isolat jerami padi
2. Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
3. Polivinilpirolidon ( $\text{C}_6\text{H}_9\text{NO}$ )<sub>n</sub>
4. Aquades

### III.3 Variabel

Terdapat dua variabel pada penelitian ini, yaitu variabel tetap dan variabel bebas.

#### III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini, yaitu:

1. Massa selulosa :  $3 \pm 0,2$  gram
2. Volume larutan ion logam : 100 ml
3. Temperatur *hotplate* : 40 °C
4. Temperatur oven : 70 °C
5. Kecepatan *shaker* : 100 rpm

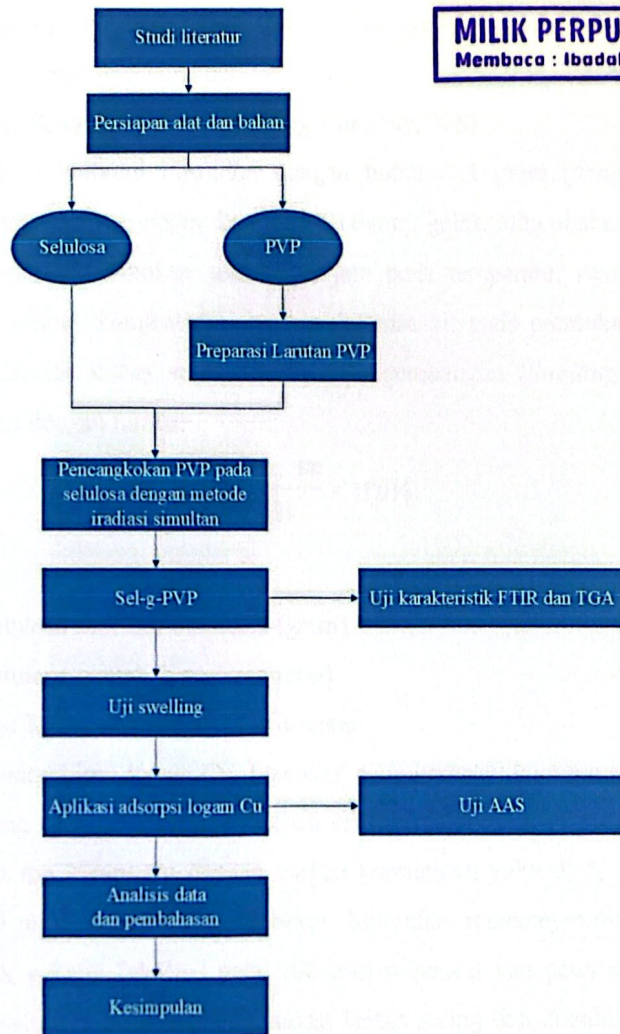
#### III.3.2 Variabel Berubah

Variasi berubahnya yang digunakan selama penelitian ini adalah:

1. Dosis radiasi : 0 kGy dan 30 kGy
2. Konsentrasi : 3, 5, 7, 10 ppm.

### III.4 Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian digunakan untuk menyelesaikan pengambilan data untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, maka dilakukan beberapa tahapan proses. Tahapan proses yang dilakukan yaitu. Skema prosedur penelitian ditampilkan pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Diagram alir penelitian

#### III.4.1 Radiasi dengan Irradiator Co-60

Teknik radiasi dilakukan dengan teknik iradiasi simultan. Ditimbang selulosa sebanyak  $3 \pm 0,2$  gram dan dimasukkan ke dalam plastik polipropilena (PP). Lalu ditambahkan dengan Polivinil Prolidon sebanyak  $1 \times b/b$  sampel selulosa murni. Kemudian ditutup rapat menggunakan mesin *seal vacuum* dan diiradiasi menggunakan irradiator Co-60 Gammacell 220 dengan variasi dosis radiasi 0 kGy dan 30kGy dengan laju dosis radiasi 2,5kGy/jam. Hasil iradiasi kemudian dicuci menggunakan aquades sampai filtrat tidak berwarna dan tidak berlendir.

Kemudian disaring dan dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 70°C dan ditimbang hingga mencapai berat konstan.

#### III.4.2 Derajat Pengembangan (*Swelling Capacity*, %S)

Sampel Selulosa Polivinil Piroolidon dengan bobot ± 1 gram (dengan derajat *grafting* tertinggi) dimasukkan ke dalam tabung gelas, ditambahkan 50 mL aquades, kemudian dидiamkan selama 24 jam pada temperatur ruang. Setelah perendaman, sampel diangkat dari larutan dan sisa air pada permukaan sampel dikeringkan dengan kertas saring. Derajat pengembangan (*Swelling Capacity*, %S) ditentukan dengan rumus:

$$\%S = \frac{S_1 - S_0}{S_1} \times 100\% \quad (\text{III.1})$$

Keterangan:

$S_0$  = Bobot selulosa sebelum direndam (gram)

$S_1$  = Bobot selulosa setelah direndam (gram)

#### III.4.3 Variasi Konsentrasi Awal Ion Logam

Percobaan adsorpsi ion logam Cu dilakukan pada berbagai konsentrasi awal ion logam Cu yang berbeda. 15 mg adsorben selulosa polivinil pirolidon direndam dalam larutan ion logam Cu dengan variasi konsentrasi yaitu 3, 5, 7, 10 ppm sebanyak 100 ml dalam wadah erlenmeyer. Kemudian erlenmeyer diletakkan di atas pengaduk goyang (*shaker*) pada 100 rpm selama 3 jam pada suhu ruang. Selanjutnya, sampel disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya. Setelah itu, filtrat dianalisis menggunakan instrument AAS untuk mengetahui konsentrasi akhir ion logam Cu.

### III.5 Pengujian Hasil Penelitian

#### III.5.1 Karakterisasi dengan FTIR

Proses keberhasilan sintesis selulosa-PVP dapat dianalisis menggunakan alat FTIR (Nicolet iS10) dengan melihat puncak serapan pada bilangan gelombang tertentu. Sampel direkam pada kisaran bilangan gelombang 500  $\text{cm}^{-1}$  sampai 4000  $\text{cm}^{-1}$ , kemudian menganalisis gugus fungsi yang terdapat pada hasil spektrum FTIR. Karakterisasi FTIR dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.

### **III.5.2 Karakterisasi dengan TGA**

Modifikasi dengan radiasi menyebabkan terjadinya perubahan sifat termal selulosa, sehingga perlu dilakukan karakterisasi stabilitas termal sampel Selulosa-g-PVP menggunakan alat TGA (TA TGA 55). Karakterisasi TGA dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.

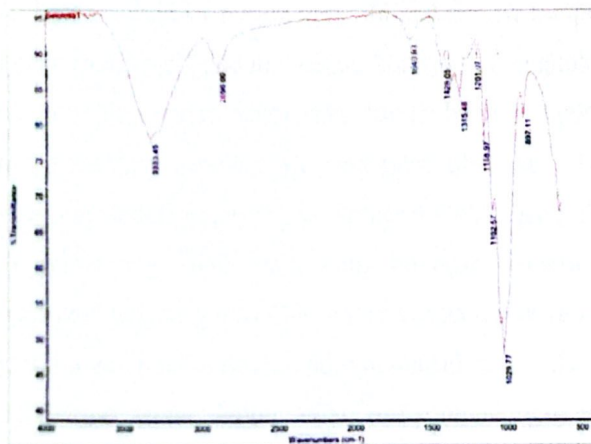
### **III.5.3 Pengujian Adsorpsi Logam dengan AAS**

Konsentrasi akhir ion logam Cu dianalisis menggunakan instrumentasi AAS (Analytik Jena ContraA 800). Kondisi nyala yang digunakan adalah nyala udara-asetilen dengan warna nyala api biru. Analisis AAS dilakukan di Lab Instrumentasi AAS PTKMR, BATAN, Lebak Bulus, Jakarta Selatan. Sebelum menganalisis filtrat, dilakukan kalibrasi menggunakan larutan standar ion logam Cu dengan masing-masing konsentrasi 1, 2, 5, dan 10 ppm. Hasil kurva kalibrasi larutan standar dapat dilihat pada Lampiran 1.

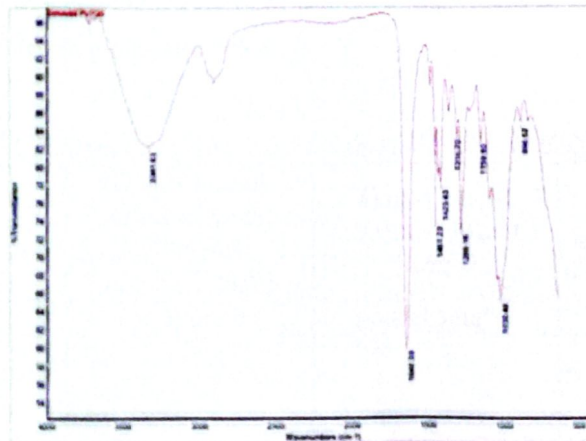
## Bab IV Pembahasan

### IV.1 Karakterisasi Gugus Fungsi

Karakterisasi gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri infra merah dengan teknik pencangkakan yang digunakan adalah teknik radiasi simultan, pada analisis karakterisasi yang dilakukan didapatkanlah grafik spektrum infra merah selulosa yang telah tercangkok PVP. Pada Gambar IV.1 dan Gambar IV.2 merupakan hasil spektrum infra merah selulosa 0 kGy dan sel-g-PVP 30 kGy berturut-turut.



Gambar IV.1 Spektrum Infra Merah Selulosa 0 kGy



Gambar IV.2 Spektrum Infra Merah sel-g-PVP 30 kGy

Hasil FTIR untuk spektrum selulosa murni (Gambar IV.1) menunjukkan pada bilangan gelombang  $3333\text{ cm}^{-1}$  (-OH getar),  $2896\text{ cm}^{-1}$  (C-H ulur),  $1640\text{ cm}^{-1}$  (H-

O-H intermolekular), 1428  $\text{cm}^{-1}$  (C-H deformasi), bilangan gelombang antara 1158-1315  $\text{cm}^{-1}$  (C-O regang). Sementara untuk spektrum pencangkakan PVP terhadap selulosa dapat dilihat dari Gambar IV.2 dengan munculnya puncak serapan pada bilangan gelombang 3341  $\text{cm}^{-1}$  (gugus N-H), pada bilangan gelombang 1648  $\text{cm}^{-1}$  muncul puncak serapan yang sangat kuat yang merupakan gugus fungsi karbonil C=O regang dari PVP.

Dalam adsorben selulosa 0 kGy pada puncak serapan bilangan gelombang 1648  $\text{cm}^{-1}$  nilai absorbansinya lebih lemah, tetapi absorbansi meningkat pada adsorben selulosa-g-PVP karena oksidasi termal yang diinduksi oleh sampel PVP. Ketika terdapat monomer yang mengandung gugus karbonil dicangkakan ke selulosa maka akan ada puncak serapan kuat pada daerah bilangan gelombang sekitar 1600-1700  $\text{cm}^{-1}$ , penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Wajnárovits dkk. (2010) yang mendapati gugus fungsi karbonil C=O regang PVP di selulosa pada bilangan gelombang 1660  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 2918  $\text{cm}^{-1}$  dikaitkan dengan peregangan gugus C-H untuk semua senyawa alifatik. Adanya senyawa tak jenuh juga ditandai dengan adanya puncak pada bilangan gelombang 897  $\text{cm}^{-1}$  terkait dengan getaran lentur =C-H dan pada bilangan gelombang 1316  $\text{cm}^{-1}$  merupakan getaran lentur dari gugus metilen C-H, sementara pada bilangan gelombang 1289  $\text{cm}^{-1}$  dikaitkan dengan getaran peregangan C-N yang merupakan struktur dari PVP yang juga terdeteksi.

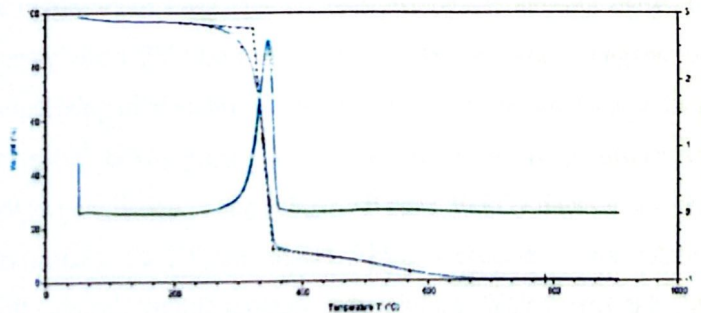
Tabel IV.1 Perbandingan Spektrum Selulosa Murni dan Selulosa-g-PVP

Panjang Gelombang $\text{cm}^{-1}$	Gugus Fungsi Selulosa Murni Referensi (Gürdağ, 2013)	Gugus Fungsi Selulosa Murni Sampel	Gugus Fungsi Modifikasi Sampel
3100-3500	-OH getar	-OH getar	
3341			N-H
3164-3385			
2918			C-H
2901	C-H ulur		
2896		C-H ulur	
1660			
1648			C=O regang (gugus karbonil PVP)
1640	H-O-H	H-O-H	

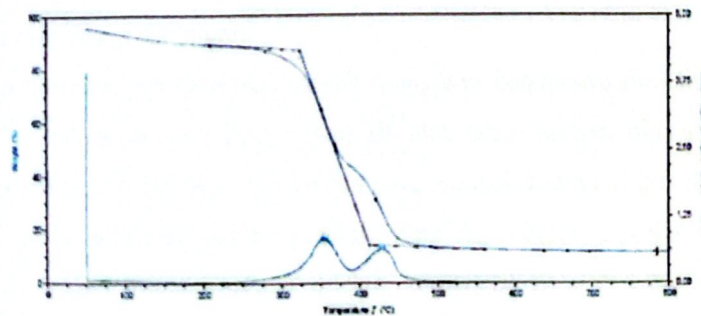
Panjang Gelombang $\text{cm}^{-1}$	Gugus Fungsi Selulosa Murni Referensi (Gürdağ, 2013)	Gugus Fungsi Selulosa Murni Sampel	Gugus Fungsi Modifikasi Sampel
	intermolekular	intermolekular	
1430-1376	C-H deformasi		
1428		C-H deformasi	
1375-1030	C-O regang	C-O regang	
1316			C-H
1289			C-N
897			Senyawa tak jenuh =C-H getar lentur

## IV.2 Analisis Termal

Analisis termal sel-g-PVP dilakukan dengan menggunakan TGA. Gambar IV.3 dan Gambar IV.4 menunjukkan pola degradasi selulosa murni dan selulosa-g-PVP secara berturut-turut.



Gambar IV.3 Analisis termal selulosa 0 kGy



Gambar IV.4 Analisis termal sel-g-PVP 30 kGy

Pada sampel selulosa 0 kGy (Gambar IV.3) mulai terdekomposisi pada suhu 321,31°C dan terdekomposisi sepenuhnya pada suhu 353,76°C dengan menghasilkan sisa residu sebanyak 0,42 mg. Berdasarkan penelitian yang telah

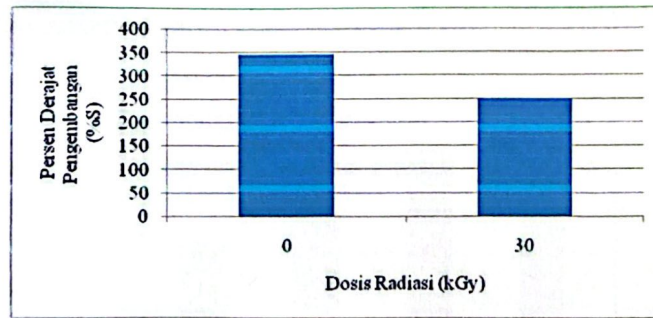
dilakukan sebelumnya, dekomposisi selulosa terjadi pada suhu 315°C dan terdekomposisi sepenuhnya pada suhu 390°C (Haiping dkk, 2006).

Sementara untuk sampel sel-g-PVP 30 kGy (Gambar IV.4) mulai terdekomposisi pada suhu 321,94°C dan terdekomposisi sepenuhnya pada suhu 411,83°C dengan menghasilkan sisa residu sebanyak 1,31 mg. Kurva TGA sel-g-PVP 30 kGy mengalami sedikit peningkatan suhu dekomposisi dibandingkan dengan selulosa 0 kGy. Garis berwarna hijau merupakan kurva DTG menghasilkan dua puncak yang mengartikan puncak pertama merupakan puncak dekomposisi selulosa sebesar 352°C, sedangkan untuk puncak kedua merupakan suhu dekomposisi PVP sebesar 327°C, berdasarkan penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Silva dkk. (2005) yang memperoleh suhu dekomposisi PVP sebesar 420°C.

Sehingga berdasarkan hasil analisis dari termogram tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan PVP ke dalam selulosa dengan cara dicangkok memberikan pengaruh terhadap nilai stabilitas termal kopolimer. Hal ini dapat dilihat dari lebih tingginya suhu dekomposisi sel-g-PVP 30 kGy yang disebabkan karena terbentuknya pengikatan silang sel-g-PVP pada 30 kGy dapat meningkatkan nilai kestabilan panas. Modifikasi secara kimia merupakan cara alternatif untuk meningkatkan nilai kestabilan panas pada selulosa (Wojnárovits dkk, 2010).

### **IV.3 Derajat Pengembangan**

Derajat pengembangan dilakukan untuk mengukur banyaknya molekul air yang terserap ke dalam sampel. Penyerapan air oleh suatu sampel dipengaruhi oleh adanya gugus fungsi bebas yang terdapat pada sampel dalam hal ini adalah gugus hidroksil pada selulosa. Faktor penting yang juga harus diperhatikan dalam mengukur derajat pengembangan adalah komposisi pelarut yang digunakan, apabila yang digunakan bukan aquades. Adanya zat terlarut dengan berat molekul rendah seperti menggunakan larutan garam-garam anorganik dapat mempengaruhi nilai derajat pengembangan itu sendiri.



Gambar IV.5 Persen Derajat Pengembangan pada Dosis 0 kGy dan 30 kGy

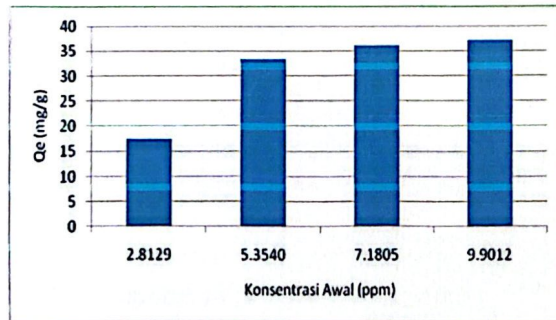
Derajat pengembangan perlu dilakukan untuk menganalisis penggunaan selulosa tercangkok yang akan digunakan sebagai adsorben logam. Derajat pengembangan dilakukan dengan menimbang massa selulosa kering dan massa selulosa setelah dilakukan perendaman dengan air. Pada penelitian ini mempelajari pengaruh persen pencangkokan terhadap hasil persen derajat pengembangan, lalu hasilnya dibandingkan dengan derajat pengembangan pada selulosa 0 kGy.

Selulosa dapat mengembang disebabkan terjadinya interaksi antara gugus hidroksil dengan pelarut (air). Selulosa 0 kGy memperoleh nilai derajat pengembangan lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa tercangkok. Pada Gambar IV.5 terlihat bahwa selulosa tercangkok memiliki nilai persen derajat pengembangan sebesar 248,75% lebih rendah dibandingkan dengan persen derajat pengembangan selulosa murni sebesar 346,13%. Hal ini disebabkan berkurangnya gugus hidroksil pada selulosa tercangkok, sehingga menyebabkan penyerapan air pada selulosa tercangkok PVP berkurang.

#### IV.4 Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Ion Logam terhadap Kapasitas Adsorpsi

Konsentrasi awal larutan ion logam Cu (II) sangat penting guna mengetahui konsentrasi optimum yang dapat diserap oleh adsorben selulosa-g-PVP. Variasi konsentrasi awal yaitu 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, dan 10 ppm dengan volume 100 ml selama 3 jam pada temperatur ruang sambil diaduk dengan *shaker* untuk mengoptimalkan reaksi adsorpsi. Menganalisis filtrat menggunakan alat instrument AAS dengan perhitungan konsentrasi ion Cu dalam larutan

menggunakan persamaan regresi dari kurva kalibrasi yaitu  $y = 0,056x + 0,034$ ;  $R^2 = 0,993$ .

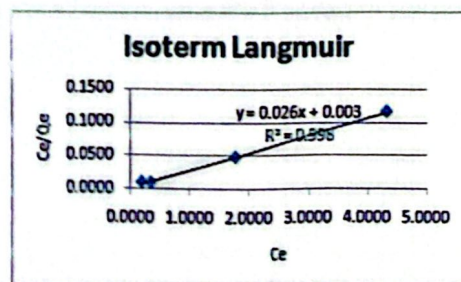


Gambar IV.6 Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap Kapasitas Adsorpsi

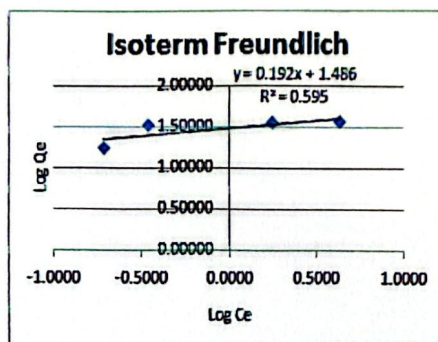
Pada Gambar IV.6 semakin meningkat konsentrasi awal ion logam, semakin meningkat kapasitas adsorpsi adsorben sel-g-PVP. Kapasitas adsorpsi meningkat karena pada konsentrasi yang semakin tinggi jumlah ion logam dalam larutan semakin banyak sehingga ion logam yang berinteraksi dengan sisi aktif adsorben meningkat. Kapasitas adsorpsi tertinggi terjadi pada konsentrasi awal larutan 10 ppm sebesar 37,17 mg/g.

#### IV.5 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi penting untuk dipelajari guna memahami mekanisme penyerapan ion logam Cu oleh adsorben sel-g-PVP sehingga dapat diketahui bagaimana distribusi molekul yang terserap antara fasa cair dan fasa padat. Isoterm Adsorpsi pada penelitian ini dipelajari dengan membandingkan harga regresi antara penggunaan model Langmuir dengan model Freundlich. Kondisi temperatur reaksi sama yaitu temperatur ruang dengan variasi konsentrasi larutan awal Cu yaitu 3 ppm, 5 ppm, 7 ppm, dan 10 ppm.



Gambar IV.7 Isoterm Langmuir



Gambar IV.8 Isoterm Freundlich

Pada Gambar IV.7 dan Gambar IV.8 diperoleh informasi bahwa nilai linieritas untuk persamaan isoterm Langmuir sebesar 0,998 dan 0,595 untuk isoterm Freundlich. Model Freundlich mengasumsikan bahwa proses penyerapan logam terjadi secara heterogen. Isoterm Langmuir mengasumsikan penyerapan logam terjadi secara homogen (Suhartini dkk, 2016).

Berdasarkan grafik, distribusi logam Cu pada adsorben sel-g-PVP mengikuti isoterm Langmuir karena memiliki linieritas 0,998 (Gambar IV.7) lebih tinggi dibandingkan dengan isoterm adsorpsi Freundlich yaitu 0,595 (Gambar IV.8). Dengan persamaan linier isoterm Langmuir:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{\max} k_l} + \frac{1}{Q_{\max}} \times C_e \quad (IV.1)$$

Pada persamaan isoterm Langmuir diperoleh nilai  $y = 0,026x + 0,003$ ;  $R^2 = 0,998$ , sehingga diperoleh nilai  $Q_{\max}$  sebesar 38,46 mg/g. Ion logam membentuk lapisan monolayer pada permukaan adsorben sel-g-PVP dengan memiliki sifat homogen. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh kapasitas maksimum penyerapan maksimum adsorben sel-g-PVP terhadap ion logam Cu sebesar 38,46 mg/g.

### V.1 Kesimpulan

Berikut adalah hasil kesimpulan dari penelitian ini:

1. Keberhasilan proses pencangkokan ditunjukkan dengan munculnya gugus PVP yang tercangkok ke dalam selulosa yang dapat dilihat pada bilangan gelombang  $1648\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus fungsi C=O regang melalui karakterisasi dengan alat AAS.
2. Proses pencangkokan PVP ke selulosa dapat meningkatkan nilai stabilitas termal sebesar  $0,63^{\circ}\text{C}$  dari selulosa  $0\text{ kGy}$ . Hal ini dapat dilihat dari lebih tingginya suhu dekomposisi sel-g-PVP  $30\text{ kGy}$  yang disebabkan karena terbentuknya pengikatan silang sel-g-PVP pada  $30\text{ kGy}$  sehingga dapat meningkatkan nilai stabilitas termal.
3. Sel-g-PVP memiliki nilai persen derajat pengembangan (*% swelling capacity*) lebih rendah dibandingkan selulosa murni, hal ini disebabkan berkurangnya gugus hidroksil pada selulosa yang tercangkok, sehingga menyebabkan penyerapan air pada selulosa-g-PVP berkurang.
4. Konsentrasi optimum penyerapan logam Cu oleh adsorben selulosa-g-PVP yaitu pada  $10\text{ ppm}$  dengan kapasitas adsorpsi sebesar  $37,17\text{ mg/g}$ .
5. Prinsip adsorpsi adsorben selulosa-g-PVP mengikuti isoterm Langmuir dengan nilai linieritas sebesar  $0,998$  dengan nilai  $Q_{\text{max}}$  sebesar  $38,46\text{ mg/g}$ .

### V.2 Saran

Hasil pencangkokan selulosa-g-PVP ini baik digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi ion logam Cu. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan dan penyempurnaan terhadap adsorben tersebut dengan meninjau beberapa hal lebih lanjut seperti:

1. Mencari kondisi optimum lainnya seperti waktu kontak dan pH, sehingga diharapkan dapat menghasilkan adsorben yang memiliki sifat yang lebih baik lagi.
2. Mengaplikasikan adsorben pada berbagai jenis logam yang berbeda untuk mengetahui kapasitas adsorpsinya terhadap logam lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aal, S., Gad, Y., dan Dessouki, A. (2006): Use of Rice Straw and Radiation Modified Maize Starch/Acrylonitrile in The Treatment of Wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 129 (1-3), p. 204-215.
- Adhani, R., dan Husaini. (2017): *Logam Berat Sekitar Manusia*. University Press, Banjarmasin.
- Alatas, Z., Hidayati, S., Akhadi, M., Purba, M., Purwadi, D., Ariyanto, S., Winarno, H., Rismiyanto., Sofyatiningrum, E., Hendriyanto, H., Parmanto, E. M., dan Syahril. (2016): *Buku Pintar Nuklir*, BATAN Press, 65.
- Amri, A., Supranto., dan Fahrurrozi, M. (2004): Keseimbangan adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(II) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol, *Jurnal Natur Indonesia*, Vol. 6 (2), p. 111-117.
- Asep, S. (2013): *Modifikasi Serat Rayon dengan Teknik Radiasi Sebagai Adsorben Uranium*, Tesis, FMIPA Universitas Indonesia, Depok.
- Atkins, P., W. (1990): *Kimia Fisika*, (diterjemahkan oleh: Kartohadiprojo Irma I) Edisi ke-2. Erlangga. Jakarta.
- Bhattacharya, A., dan Misra, B. N. (2004): Grafting: a Versatile Means to Modify Polymers Techniques, Factors and Applications, *Progress in Polymer Science*, Vol. 29, p. 767-814.
- Bhatnagar, A., Sillanpää, M., dan Witek-Krowiak, A. (2015): Agricultural Waste Peels as Versatile Biomass for Water Purification: A review, *Elsevier Chemical Engineering Journal*, Vol. 270, p. 244-271.
- Bhunias, B., Uday, U. S. P., Oiman, G., Mondal, A., Bandyopadhyay, T. K., dan Tiwari, O. N. (2018): Characterization, Genetic Regulation and Production of Cyanobacterial Exopolysaccharides and Its Applicability for Heavy Metal Removal, *Elsevier Carbohydrate Polymers*, Vol. 179, p. 228-243.
- Carpenter, A. W., de Lannoy, C. F., dan Wiesner, M. R. (2015): Cellulose Nanomaterials in Water Treatment Technologies, *Environmental Science & Technology*, Vol. 49 (9), p. 5277-5287.
- Choi, S. H., Hwang, Y. M., Ryou, J. J., Lee, K. P., Ohta, K., Takeuchi, T, Jin, J. Y., dan Fujimoto, C. (2003): Surface Grafting of Glycidyl Methacrylate on Silica Gel and Polyethylene Beads, *Electrophoresis*, (24), p.3181-3186.
- Darmono. (1999): Interaksi Logam Toksik dengan Logam Esensial dalam Sistem Biologi dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan Ternak. *WARTAZOA*, Vol. 9 (1).
- Felasih, E. (2010): *Pemanfaatan Selulosa Bakteri-Polivinil Alkohol (PVA) Hasil Iradiasi (Hidrogel) Sebagai Matriks Topeng Masker Wajah*, Skripsi, Jakarta, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Jakarta.
- Fengel, G., dan Wegener, G. (1984): *Wood: Chemistry, Ultrastructure*, Reactions, Walter de Gruyter, Berlin.
- Fenglian, F., dan Qi, W. (2011): Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: a review, *Journal of Environmental Management*, 92, p. 407-418.
- Firdiyono, F., Handayani, M., Sulistiyono, E., dan Antoro, I. D. (2012): Percobaan Pendahuluan Perbandingan Daya Serap Unsur Minor dalam Larutan Natrium Silikat, *Majalah Metalurgi*, V, 27, p. 15-26.

- Gian, A. A., Farid, M., dan Ardhyanta, H. (2017): Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR, *Jurnal Teknik ITS*, Vol, 6(2).
- Gunawan, B., dan Azhari, C. D. (2010): Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Sensor Gas dari Bahan Polimer Polietilen Glikol (PEG), *Jurnal Sains*, ISSN: 1979-6870.
- Gupta, A. D., Pandey, S., Jaiswal, V. K., Bhandauria, V., dan Singh, H. (2019): Simultaneous Oxidation and Esterification of Cellulose for Use in Treatment of Water Containing Cu(II) Ions, *Carbohydrate Polymers*.
- Gupta, K. C., dan Sahoo, S. (2000): Co(III) Acetylacetonate-Complex-Initiated Grafting of N-Vinyl Pyrrolidone on Cellulose in Aqueous Media, *Polymer Research Laboratory*.
- Gürdağ, G., dan Sarmad, S. (2013): *Cellulose Graft Copolymers: Synthesis, Properties, and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Haiping, Y., Rong, Y., Hanping, C., Chuguang, Z., Dong, H. L., dan David, T. L. (2006): In-Depth Investigation of Biomass Pyrolysis Based on Three Major Component: Hemicellulose, Cellulose, and Lignin, *Journal Energy and Fuels*, Vol. 20, pp. 388-393.
- Helal, G. A. (2005 ): Bioconversion of Straw Into Improved Fodder: Mycoprotein Production and Cellulolytic Activity of Rice Straw Decomposing Fungi, *Journal Mycobiology*, Vol, 33(2), p. 90-96.
- Hendri, M., Gusti, D., dan Jetun, T. (2010): Konsentrasi Letal (LC50-48 jam) Loga, Tembaga (Cu) dan Logam Kadmium (Cd) Terhadap Tingkat Mortalitas Juwana Kuda Laut (*Hippocampus* spp), *Jurnal Sains*, Vol. 13 (1), 13107.
- Hokkanen, S., Bhatnagar, A., dan Sillanpää, M. (2016): A Review on Modification Methods to Cellulose-based Adsorbents to Improve Adsorption Capacity, *Journal of Water Research*, 91, p. 156-173.
- Hubbe, M., Hasan, S., dan Ducoste, J. (2011): Cellulosic Substrates from Removal of Pollutants from Aqueous Systems: A review. 1. Met, *BioResources*, Vol 6 (2), p. 2161-2287.
- Hubbe, M., Rojas, O., Fingas, M., dan Gupta, B. (2013): Cellulosic Substrates for Removal of Pollutants from Aqueous Systems: a review. 3. Spilled Oil and Emulsified Organic Liquids", *BioResources*, Vol 8 (2), p. 3038-3097.
- Hubbe, M., Rojas, O., Lucia, L., dan Sain, M. 2008): Cellulosic Nanocomposites: a review", *BioResources*, Vol. 3, (3), p. 929-980.
- Huheey, J. E., Keiter, E. A., dan Keiter, R. L. (1993). *Inorganic Chemistry*. HarperCollins College Publisher, New York.
- Irianti, T. T., Kuswandi., Nuranto, S., dan Budiyatni, S. (2017): *Logam Berat dan Kesehatan*, Universitas Gajah Mada.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, Blessi, , Krishnamurthy N. dan Beeregowda, (2014): Toxicity, Mechanism and Health Effects of Some Heavy Metals, *Interdiscip Toxicol.*, 7(2), 60-72.
- Jatiman, S., dan Soetrisnanto, A. Y. (1986): *Buku Pengetahuan Nuklir*, Karunika UT, Jakarta.
- Jing, X., Lihui, H., Feng, J., Quan, L., Goafeng, L., Man, W., Gang, L., dan Shiji Z. (2015): Two Novel and Simple Strategies for Improvement of the Traditional Activation Methode for Activated Carbon Preparation: Nano-

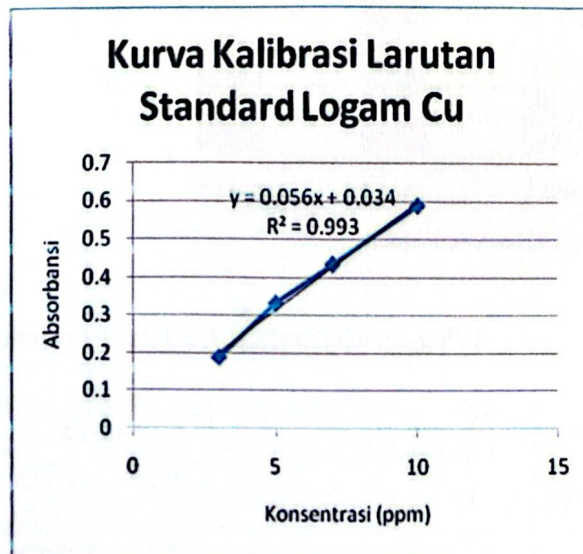
- Copper Catalysis and Cu(II) Doping, *Royal Society of Chemistry Journal*, (5), 81857.
- Kang, E. T., Neoh, K. G., Shi, J. L., Tan, K. L., dan Liaw, D. J. (1998): Surface Modification of Polymers for Adhesion Enhancement, *Polym. Adv. Technology*, (10), p. 20-29.
- Kaili, S., Xunnan, Q., Xiaoyan, L., Yi, Z., dan Zhicheng, Y. (2019): Fabrication of a Novel Functional CNC Cross-linked and Reinforced Adsorbent from Feather Biomass for Efficient Metal Removal, *Elsevier Carbohydrate Polymers*, (222), 115016.
- Keng, P.-S., Lee, S.-L., Ha, S.-T., Hung, Y.-T., Ong, S.-T., In: Lichtfouse, E., Schwarzbauer, J., dan Robert, D. (Eds.). (2006): Green Materials for Energy, Products and Depollution, *Springer*, Netherlands, pp. 335-414.
- Kurniawan, T. A., Chan, G. Y. S., Lo, W.H., dan Babel, S. (2006): Physico-chemical Treatment Techniques for Wastewater Laden with Heavy Metals, *Chemical Engineering Journal*, (118), p. 83-98.
- Kusumawardhani, Rahardian., dan Tyas, T. A. (2017): Jerami Padi untuk Wahana Budidaya Belut dan Pupuk Organik, *Prosiding Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat*.
- Lehninger ,A., L. (1993): Dasar-Dasar Biokimia. Jilid 1. Thenawidjaja M, Terjemahan dari: *Principles of Biochemistry*, Penerjemah Erlangga, Jakarta.
- Nikiforova, T. E., Kozlov, V. A., dan Gagina, A. N. (2010): Sorption of Copper Ions by Cellulose Sorbents Modified with a Dichlorotriazine Compound and Polyvinylpyrrolidone, *Russian Journal of Applied Chemistry*, Vol. 83 (10), pp. 1774-1780.
- Nikiforova, T. E., Kozlov, V. A., dan Islyaikin, M. K. (2012): Acid-Base Interactions and Complex Formation while Recovering Copper (II) Ions from Aqueous Solutions Using Cellulose Adsorbent in the Presence of Polyvinylpyrrolidone, *Russian Journal of Physical Chemistry*, Vol. 86 (12), pp. 1836-1846.
- Oktaviani., Budianto, E., dan Danu, S. (2015): Sintesis dan Karakterisasi Kopolimerisasi Cangkok Selulosa Bakteri-Poliakrilonitril Teramidoksimasi Menggunakan Teknik Pra-iradiasi, *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, Vol. 11 (1).
- O'Connell, D. W., Birkinshaw, C., dan O'Dwyer, T. F. (2008): Heavy Metal Adsorbents Prepared from The Modification of Cellulose: A review, *Elsevier Bioresource Technology*, (99), p. 6709-6724.
- Pertiwi, Citra. (2013): *Pengaruh Iradiasi Sinar-γ Terhadap Pembentukan Ikatan Silang Kulit Pisang-Epiklorohidrin*, Skripsi, Jakarta, Fakultas Saintek UIN Jakarta.
- Razzak, M., T. (1990): *Electron Beam Processing of Polymers*, PAIR-BATAN, Jakarta.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., dan Quinn, M. E. (2009): *Handbook of Pharmaceutical Excipients*, Sixth Ed.
- Sagala, G., Samudro, G., dan Handayani, D. S. (2013): Studi Perbandingan Adsorpsi Timbal (Pb<sup>2+</sup>) pada Media Adsorben Sekam Padi, Jerami, dan Serabut Kayu Meranti, *Journal Adsorption*, FT UNDIP.
- Setiabudi, A., Hardian, R., dan Mudzakir, A. (2012): *Karakterisasi Material Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*.

- Siburian, R. A. F., Simbolon, T. R., Sebayang, K., Simanjuntak, C., Marpaung, H., Tamrin., Wirjosentono. B., dan Supeno, M. (2017): *Polimer Ilmu Material*, USU Press.
- Silva, M. F., da Silva, C. A., Fogo, F. C., Pineda, E. A. G., dan Hechenleitner, A. A. W. (2005): Thermal and FTIR Study of Polyvinylpyrrolidone/Lignin Blends, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 79, p. 367-370.
- Suhartini, M. (2015): Pencilan secara Radiasi Asam Akrilat pada Selulosa dengan Keberadaan Metil Metakrilat, *Ganendra Majalah IPTEK Nuklir*, Vol. 19, (1).
- Suhartini, M., Saefumilah, A., Elisunarko. J. B. C., dan Mubarak. Z. R. (2016): Sintesis Kopolimerisasi Cangkok Selulosa dan *Glycidyl Methacrylate* dengan Metode Pra Iradiasi dan Menggunakan Etilendiamin sebagai Gugus Fungsi, *Jusami*, Vol. 18 (1), p. 22-29.
- Sumada, K., Tamara, P. E., dan Alqani, F. (2001): Isolation Study of Efficient Alpha Cellulose from Waste Plant Stem Manihot Esculenta Crantz, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 5 (2).
- Taylor, M. P., Mackay, A. K., Hudson-Edwards, K. A., dan Holz, E. (2010): Soil Cd, Cu, Pb, and Zn Contaminants around Mount Isa City, Queensland, Australia: Potential Sources and Risks to Human Health, *Elsevier Applied Geochemistry*, 25, p. 841-885.
- Treybal, R., E. (1980): Mass-Transfer Operations. 3<sup>th</sup> Ed. Mc Graw Hill., *Mass Transfer Operation Chapter humidification and Drying*, Mc Graw Hill : New York.
- Unlu, N., dan Ersoz, M. (2006): Adsorption characteristics of heavy metal ions onto a low cost biopolymeric sorbent from aqueous solutions, *Journal of Hazardous Materials*, 136 (2), 272-280.
- Wojnárovits, L., Földvály, C. M., dan Takács, E. (2010): Radiation-Induced Grafting of Cellulose for Adsorption of Hazardous Water Pollutants: a review, *Radiation Physics and Chemistry*, Vol. 79, p. 848-862.
- Wei, H., Rodriguez, K., Rennecker, S., dan Vikesland, P.J. (2014): Environmental Science and Engineering Applications of Nanocellulose-based Nanocomposites, *Environmental Science Nano*, Vol. 1 (4), p. 302-316.

## LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1. Perhitungan Adsorpsi Logam Cu

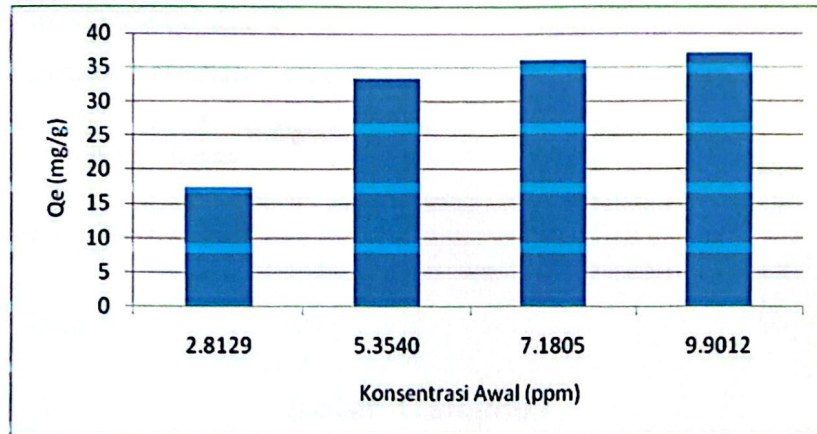
- Kurva Kalibrasi Larutan Standard Logam Cu



Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
3	0,1888
5	0,3324
7	0,4356
10	0,5893

- Variasi Konsentrasi Awal

Sampel	Co (ppm)	Ce (ppm)	Massa (g)	Co-Ce	Qe (mg/g)
Selulosa-g-PVP 3 ppm 30 kGy	2,8129	0,1943	0,015	2,6186	17,4572
Selulosa-g-PVP 5 ppm 30 kGy	5,3540	0,3476	0,015	5,0064	33,3758
Selulosa-g-PVP 7 ppm 30 kGy	7,1805	1,7735	0,015	5,4070	36,0472
Selulosa-g-PVP 10 ppm 30 kGy	9,9012	4,3264	0,015	5,5748	37,1658



- Larutan Logam Cu Adsorben Selulosa-g-PVP

Sampel	Co (ppm)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Ce/Qe	log Qe	log Ce
Selulosa-g-PVP 3 ppm 30 kGy	2,8129	0,1943	17,4572	0,0111	1,2419	-0,7115
Selulosa-g-PVP 5 ppm 30 kGy	5,3540	0,3476	33,3758	0,0104	1,5234	-0,4589
Selulosa-g-PVP 7 ppm 30 kGy	7,1805	1,7735	36,0472	0,0492	1,5569	0,2488
Selulosa-g-PVP 10 ppm 30 kGy	9,9012	4,3264	37,1658	0,1164	1,5701	0,6361

Keterangan :

Co = Konsentrasi awal (ppm)

Ce = Konsentrasi Akhir (ppm)

Qe = Kapasitas Adsorpsi (mg/g)

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e) \times \text{volume (ml)}}{1000 \times \text{massa (gram)}}$$

Contoh:

$$Q_e = \frac{(5,0064) \times 100 \text{ (ml)}}{1000 \times 0,015 \text{ (gram)}}$$

$$Q_e = 33,3758 \text{ (mg/g)}$$

- Isoterm Langmuir

Diperoleh persamaan:

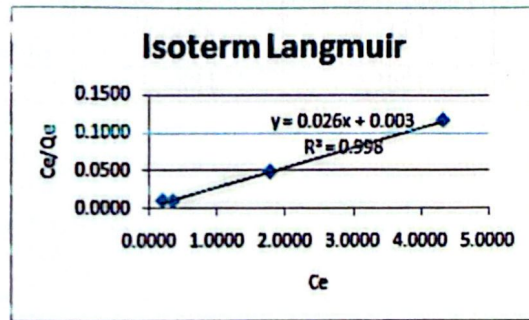
$$y = 0,026x + 0,003 ; R^2 = 0,8$$

dengan  $y : Ce/Q_e$  dan  $x = Ce$ , maka dapat diperoleh nilai  $Q_{max}$  dan  $k_l$  menggunakan persamaan Langmuir berikut:

$$\frac{Ce}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max} k_l} + \frac{1}{Q_{max}} \times Ce$$

$$Q_{max} = \frac{1}{0,026} = 38,4615$$

$$k_l = 8,9686$$



- Isoterm Freundlich

Diperoleh persamaan:

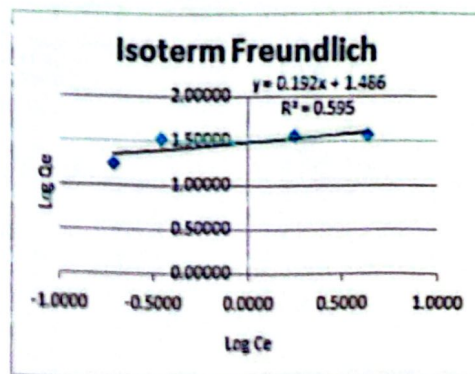
$$y = 0,043x + 1,544 ; R^2 = 0,994$$

dengan  $y: \log Q_e$  dan  $x: \log Ce$ , maka dapat diperoleh nilai  $n$  dan  $K_f$  menggunakan persamaan Freundlich berikut:

$$\log Q_e = \frac{1}{n} \log Ce + \log k_f$$

$$n = \frac{1}{0,043} = 23,2558$$

$$k_f = 1$$



## LAMPIRAN 2. Perhitungan Uji Swelling

Data Persen Derajat Pengembangan (*Swelling Capacity*, %S) dalam Air

$$\%S = \frac{\text{massa akhir} - \text{massa awal (g)}}{\text{massa awal (g)}} \times 100\%$$

Dosis Radiasi (kGy)	Bobot Sampel (g)		Persen Pengembangan (%S)
	Awal	Akhir	
0 (Selulosa murni)	0,0698	0,3114	346,1318
30	0,0884	0,3081	248,5294

LAMPIRAN 3. Surat Permohonan Penelitian



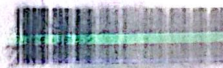
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: ( 021 ) 42886064 Fax: ( 021 ) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor  
Lampiran  
Perihal

 /BPSDMI/STMI/V/2019  
:  
: **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 23 Mei 2019

Kepada  
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan  
Tenaga Nuklir Nasional  
Jl. Lebak Bulus Raya No.49 Pasar Jumat  
Jakarta Selatan

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah;

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Amanda Prasetyani	1516051	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



Pembantu Direktur I,

**Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T**

NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

#### LAMPIRAN 4. Surat Penerimaan Penelitian



### PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI JASA PELAYANAN ISOTOP DAN RADIASI

Jalan Lebak Bulus Raya No 49, Jakarta 12440, Indonesia  
Telp : +62-21-7690709, 7691824, 7513270 Fax : +62-21-7691807  
Home page: www.batan.go.id/pair, E-mail: pair@batan.go.id

Nomor : B-886/BATAN/AIR 1.1/HM 03/07/2019  
Sifat : Biasa  
Lampiran : 1 (satu) lembar  
Hal : Permohonan Penelitian

3 Juli 2019

Yth. Pembantu Direktur I,  
Politeknik STMI Jakarta  
Jalan Letjen Suprpto No. 28 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Berkas dengan surat Saudara Nomor : 087/BPSPDM/STMU/2019 hal tersebut pada pokok surat, dengan ini kami beritahukan bahwa kami dapat menerima mahasiswa Politeknik STMI Jakarta untuk melaksanakan Penelitian di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) - BATAN, atas nama :

No.	Nama/NIM	Judul Penelitian	Pembimbing
1	Amanda Prasetyani 1516051	Modifikasi Polimer Alam dengan Teknik Radiasi	Dr. Ir. Meri Suhartini, M.Si
2	Rahma Nurfatimatuz Zahra 1516040	Pembuatan Adsorben Ion Logam dan Polimer Alam	Dr. Ir. Meri Suhartini, M.Si

Penelitian dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan di mulai pada tanggal 10 Juli sampai dengan 10 Oktober 2019 dan hasil penelitian dari kegiatan tersebut sepenuhnya menjadi Hak Kekayaan Intelektual PAIR-BATAN.

Perlu diinformasikan bahwa PAIR-BATAN tidak menyediakan akomodasi dan transportasi. Terlampir kami sampaikan ketentuan bagi mahasiswa/siswa praktik, untuk disampaikan kepada yang bersangkutan.

Atas perhatian Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

Kepala,  
  
Totti Typtosumirat  
NIP. 19830830 198803 1 002



LAMPIRAN 5. Surat Tugas Dosen Pembimbing



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : 200/BPSDMI/STMI/PP/II/2020  
Lampiran : 1 (satu)  
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Bapak Syaiful Ahsan, ST, MT  
Di Jakarta


Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/I/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Amanda Prasetyani  
No. Induk : 1516051

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Penggunaan Sinar Gamma Untuk Modifikasi Selulosa Secara Simultan . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Pit. Direktur  
  
Mustofa

Tembusan:  
1. Pudir 1;  
2. Ka Prodi TKP;  
3. Mahasiswa yang bersangkutan;



LAMPIRAN 6. Surat Tugas Asisten Dosen Pembimbing



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510  
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : /BPSDM/STMI/II/2020  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : Asistensi Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu Ella Melyna, ST, MT  
Di Jakarta

Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta No: 01/BPSDM/STMI/PP/KEP/I/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta, Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Amanda Prasetyani  
No. Induk : 1516051

Adapun judul Tugas Akhir mahasiswa tersebut adalah:

" Penggunaan Sinar Gamma Untuk Modifikasi Selulosa Secara Simultan . "

Demikian surat ini kami sampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.



- Tembusan:
1. Pudir 1;
  2. Ka Prodi TKP;
  3. Dosen Pembimbing;
  4. Mahasiswa yang bersangkutan;



LAMPIRAN 7. Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Tanggal	BAB	Keterangan
26 Juni 2019	-	Diskusi mengenai tempat penelitian
05 Juli 2019	-	Diskusi mengenai judul sementara dan memberitahu pembimbing tentang bahan-bahan yang akan digunakan selama penelitian, serta perintah mulai menyusun bab II
11 Juli 2019	II	Diskusi tentang hubungan antara absorbansi dengan intensitas cahaya
31 Juli 2019	II	Diskusi mengenai analisis instrumentasi pengujian 3 sampel yang akan dilakukan
23 Agustus 2019	I-III	Pembuatan proposal penelitian dan diskusi tentang ion logam yang digunakan
30 Agustus 2019	III	Diskusi tentang pembuatan adsorben baru yang mungkin akan dilakukan
04 September 2019	I dan IV	Diskusi mengenai karakterisasi adsorben yang digunakan, hasil FTIR 3 sampel adsorben, dan revisi bab I tentang latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian
27 September 2019	II dan III	Diskusi terkait uji karakterisasi yang dilakukan yaitu FTIR, DSC, dan TGA (dengan asisten pembimbing)
10 Oktober 2019	IV	Diskusi hasil TGA untuk 3 sampel, FTIR untuk adsorben sel-g-PVP, dan hipotesis keberhasilan PVP tercampok pada selulosa
18 Oktober 2019	I-III	Diskusi mengenai penulisan terkait yang seharusnya ditulis pada bab I-III (dengan asisten pembimbing)
22 Oktober 2019	I-III	Revisi bab I latar belakang yang harus dipersingkat (dengan asisten pembimbing)
25 Oktober 2019	I-III	Revisi bab II tinjauan pustaka yang harus dipersingkat (dengan asisten pembimbing)
01 November 2019	I-III	Revisi tulisan "analisis instrumentasi" diganti menjadi "pengujian hasil penelitian" (dengan asisten pembimbing)
05 November 2019	I-III	Revisi kata-kata yang masih banyak salah penulisan ( <i>typo</i> ) (dengan asisten pembimbing)
14 November 2019	I dan II	Diskusi tentang rumusan masalah yang belum sinkron dengan latar belakang, batasan masalah, dan perintah membuat bab V, serta mencari gambar untuk menjelaskan mekanisme adsorpsi
26 November 2019	I, IV, dan V	Revisi keterkaitan rumusan masalah dengan latar belakang, perintah mencari alasan penggunaan isothermal yang sesuai pada pembahasan, dan pengecekan kesimpulan
04 Desember 2019	I-V	Latihan presentasi pertama

Tanggal	BAB	Keterangan
15 April 2020	I-V	Revisi tampilan materi pada <i>slide</i> presentasi pada saat latihan presentasi di pertemuan sebelumnya dan latihan presentasi seminar
27 April 2020	I-V	Revisi materi pada tampilan <i>slide</i> presentasi dan revisi judul penelitian
05 Mei 2020	I-V	Revisi judul penelitian dan laporan
28 Mei 2020	I, II, dan IV	Revisi sampul, abstrak, halaman pengesahan, aturan penulisan pada bagian lain-lainnya
20 Juli 2020	I-V	Revisi penulisan dan tampilan powerpoint (dengan asisten pembimbing)
27 Juli 2020	1-IV	Revisi kesalahan kalimat dalam penulisan laporan (dengan asisten pembimbing)
5 Agustus 2020	1-III	Revisi kesalahan kalimat dalam penulisan laporan (dengan asisten pembimbing)
10 Agustus 2020	1-III	Revisi kesalahan kalimat dalam penulisan laporan dan pengecekan isi powerpoint sebelum seminar (dengan asisten pembimbing)