

**PEMANFAATAN KULIT PISANG KEPOK-POLIVINIL
ALKOHOL (PVA) TERSULFONASI SEBAGAI ADSORBEN
ION TEMBAGA (II)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan
Dalam Ilmu Kimia



Oleh:

PRATISTANING RAHMAWATI

NIM: 1708036023

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Pratistaning Rahmawati

NIM : 1708036023

Program Studi : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini yang berjudul:

**PEMANFAATAN KULIT PISANG KEPOK-POLIVINIL
ALKOHOL (PVA) TERSULFONASI SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (II)**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 14 Juni 2021

Pembuat Pernyataan,



Pratistaning Rahmawati

NIM. 1708036023

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok-Polivinil Alkohol (PVA)
Tersulfonasi Sebagai Adsorben Ion Tembaga (II)

Penulis : **Pratistaning Rahmawati**

NIM : 1708036023

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 28 Juni 2021

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Dr. Eng. Annisa Adiwena Putri, M.Sc.
NIP. 19850405 201101 2 015

Sekretaris Sidang

Ratih Rizqi Nirwana, S.Si.,M.Pd.
NIP. 19810414 200501 2 003

Penguji I

Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si.
NIP. 197407162009122001

Penguji II

Mulyatun, S.Pd., M.Si.
NIP. 198305042011012008

Pembimbing I

Ika Nur Fitriani, S.Pd., M.Sc.
NIP. 199303312019032018

Pembimbing II

Dyah Fitasari, M.Si
NIP. 19850102 2019302 2 017



NOTA DINAS

Semarang, 14 Juni 2021

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri
Walisongo
Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **PEMANFAATAN KULIT PISANG KEPOK-POLIVINIL ALKOHOL (PVA) TERSULFONASI SEBAGAI ADSORBEN ION TEMBAGA (II)**

Penulis : Pratistaning Rahmawati

NIM : 1708036023

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum wr, wb.

Pembimbing I,



Ika Nur Fitriani, M. Sc

NIP. 199303312019032018

NOTA DINAS

Semarang, 14 Juni 2021

Yth. Ketua Program Studi
Kimia Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Islam
Negeri Walisongo
Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah
melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi naskah
skripsi dengan:

Judul : **PEMANFAATAN KULIT PISANG KEPOK-POLIVINIL
ALKOHOL (PVA) TERSULFONASI SEBAGAI
ADSORBEN ION TEMBAGA (II)**

Penulis : Pratistaning Rahmawati

NIM : 1708036023

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan
kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri
Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum wr, wb.

Pembimbing II,



Dyah Fitasari, M. Si

NIP. 198501022019032017

Judul : Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok-Polivinil Alkohol (PVA)
Tersulfonasi Sebagai Adsorben Ion Tembaga (II)

Nama : Pratistaning Rahmawati

NIM : 1708036023

ABSTRAK

Logam Tembaga (II) merupakan limbah bahan berbahaya yang beracun, dalam sistem darah tembaga dapat menghasilkan oksigen bebas yang reaktif dan dapat merusak berbagai jenis molekul seperti lipid, protein, dan DNA. Adsorpsi merupakan salah satu metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi tingkat pencemaran yang disebabkan oleh logam berat seperti Cu (II) dalam badan perairan, dengan memanfaatkan biomasa pertanian berupa kulit pisang kepok sebagai adsorbennya. Modifikasi secara kimiawi sangat diperlukan untuk meningkatkan daya serapnya supaya lebih optimal, sehingga biomasa kulit pisang kepok yang akan digunakan dimodifikasi dengan menggunakan senyawa polivinil alkohol sulfonasi guna menambah gugus aktif didalamnya serta memperbesar luas permukaan pada adsorben yang akan digunakan.

Berdasarkan hasil karakterisasi yang telah dilakukan, pada adsorben KPK dan KPK-PVA Sulfonasi diketahui adanya gugus fungsi berupa gugus karbonil dan hidroksil yang berguna dalam melakukan pengikatan dengan adsorbat, hal ini terlihat pada hasil uji FTIR. Adanya kenaikan luas permukaan sebesar 5,74% yang semula dari 5,549 m²/g menjadi 5,887 m²/g, selain itu adanya penurunan total volume pori dan rata-rata volume pori secara berturut-turut sebesar 39,08% dan 68,09% pada uji SAA. Adapun kapasitas adsorpsi terbaik terjadi pada konsentrasi larutan sebesar 20 ppm, waktu kontak 30 menit, dan pH 6 dengan nilai Q_e sebesar 0,406 mg/g dan %Cu yang terserap sebesar 99,505%. Dalam kajian kinetika kimianya mengikuti persamaan kinetika pseudo pseudo orde dua dengan R² = 0,9859, sedangkan untuk jenis adsorpsinya berupa adsorpsi fisik dan isoterm adsorpsinya mengikuti persamaan isoterm freundlich.

Kata Kunci : *Logam Cu, Adsorpsi, PVA Tersulfonasi, Kulit Pisang Kepok, dan Kinetika Kimia*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *robbil Alamiin*. Dengan menyebut asma Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah atas limpahan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik tanpa hambatan apapun. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok-Polivinil Alkohol (PVA) Tersulfonasi Sebagai Adsorben Ion Logam Cu (II)” disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Terselesainya penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dorongan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M. Ag selaku rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M. Ag, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
3. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd., selaku Ketua Jurusan

Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

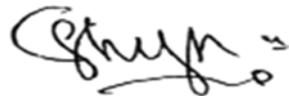
4. Ika Nur Firiani, M.Sc., selaku pembimbing I yang telah memberikan semangat, motivasi, dukungan, masukan dan pengarahan, serta membantu selama penelitian sampai terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
5. Dyah Fitasari, M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan semangat, motivasi, dukungan, masukan dan pengarahan, serta membantu selama penelitian sampai terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak/Ibu dosen khususnya yang ada pada Program Studi Kimia, pegawai serta seluruh civitas akademika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah banyak membantu dan memberikan ilmunya kepada penulis selama kuliah.
7. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Kusudiyanto Purwito dan Ibunda Muji Rahayu yang selalu mendo'akan, memberikan kasih sayang, motivasi, inspirasi, dukungan, dan pengorbanan yang luar biasa kepada penulis.
8. Saudara/saudari kandungku Istianadina Frita Yamastuti, Deswitaning Setiya Putri, Achmad Noor Julyanto, dan Prawitaning Sari yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.

9. PLP Laboratorium Kimia Ibu Anita Karunia Z, S.Si dan asisten Laboratorium Kimia yang telah banyak mendampingi selama penulis melakukan penelitian.
10. Teman-teman kimia 2017 yang telah memberi motivasi dan doa serta pelajaran hidup yang cukup berharga.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu karena telah memberi semangat serta membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangannya. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi sesama dan mendapat ridho-Nya. *Aamiin yaa Robbal Aalamiin.*

Semarang, 14 Juni 2021

Penulis,



Pratistaning Rahmawati

NIM. 1708036023

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Perumusan Masalah.....	12
C. Tujuan Penelitian	13
D. Manfaat Penelitian.....	13
BAB II LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	14
A. Landasan Teori.....	14
1. Adsorpsi.....	14
2. Logam Tembaga	28
3. Pisang	31
4. Polivinil Alkohol (PVA).....	39
5. Karakterisasi.....	42
B. Kajian Pustaka	48
BAB III METODE PENELITIAN	51
A. Alat dan Bahan	51
1. Alat.....	51

2. Bahan	51
B. Metode dan Analisa Data	52
1. Pembuatan Adsorben Kulit Pisang Kepok.....	52
2. Pembuatan Adsorben KPK-PVA Sulfonasi.....	52
3. Optimasi Penyerapan Cu (II) Oleh Adsorben	53
C. Karakterisasi	55
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	56
A. Pembuatan Adsorben	56
B. Karakterisasi Adsorben	59
1. FTIR.....	59
2. SAA.....	61
C. Optimasi	63
1. Parameter Konsentrasi	63
2. Pengaruh Waktu Kontak.....	68
3. Pengaruh pH	74
4. Adsorpsi Ion Logam Cu (II).....	77
BAB V PENUTUP.....	78
A. Kesimpulan	78
B. Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Adsorpsi.....	15
Gambar 2. 2 Grafik Dari Persamaan Freundlich.....	22
Gambar 2.3 Grafik Dari Persamaan Langmuir	24
Gambar 2. 4 Kulit Pisang.....	33
Gambar 2. 5 Struktur Polivinil Alkohol.....	39
Gambar 2. 6 Bentuk Monomer Polivinil Alkohol	39
Gambar 2. 7 Serapan Maksimum Sinar UV	40
Gambar 2. 8 Cara Kerja Instrumentasi AAS	42
Gambar 2. 9 Cara Kerja Instrumentasi FTIR.....	45
Gambar 2. 10 Cara Kerja Instrumentasi SAA.....	47
Gambar 4. 1 Mekanisme Reaksi PVA dengan Asam Sulfat.....	58
Gambar 4. 2 Spektra FTIR Adsorben KPK.....	60
Gambar 4. 3 Spektra FTIR Adsorben KPK+ PVA Sulfonasi	60
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi.....	64
Gambar 4. 5 Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir	68
Gambar 4. 6 Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich.....	68
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Variasi Waktu.....	69
Gambar 4. 8 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo orde 1.....	73
Gambar 4. 9 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo orde 2.....	73
Gambar 4. 10 Grafik Pengaruh Variasi pH.....	74
Gambar 4. 11 Karakterisasi Adsorben Sebelum dan Sesudah Perlakuan Kondisi Optimum	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah Populasi Kulit Pisang	33
Tabel 4. 1 Hasil Karakterisasi Adsorben KPK dan KPK-PVA Sulfonasi.....	62
Tabel 4. 2 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi dan % Cu.....	65
Tabel 4. 3 Isoterm Adsorpsi Cu (II) dengan Adsorben	65
Tabel 4. 4 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi dan %Cu.....	70
Tabel 4. 5 Kinetika Adsorpsi Cu (II) dengan Adsorben	70
Tabel 4. 6 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi dan % Cu.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Air merupakan salah satu sumber daya alam terbarukan yang sering digunakan oleh makhluk hidup. Tanpa air seluruh makhluk hidup tidak akan mampu untuk melangsungkan kehidupannya. Air dikatakan layak untuk dikonsumsi apabila memenuhi syarat uji secara biologi, kimia, maupun fisika. Secara biologi air tidak mengandung mikroorganisme patogen, secara kimia air mempunyai pH 6,5-8,5 sedangkan secara fisika air tidak berbau dan berasa (Nadhira A S, 2017). Jumlah pasokan air bersih yang ada di Negara Indonesia sangatlah minimalis, sehingga banyak air yang telah tercemar. Air dapat dikatakan tercemar apabila terdapat kandungan senyawa logam berlebih didalamnya. Zat-zat pencemar pada air biasanya berupa kandungan logam berat seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), seng (Zn), dan kromium (Cr) (G. Annadurai et al., 2003).

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang ada maka pertumbuhan jumlah industri juga akan semakin meningkat (Silva et al., 2013), dengan meningkatnya jumlah industri yang ada maka jumlah limbah yang dihasilkan pun

akan ikut bertambah. Adanya kegiatan industri menyebabkan hadirnya beberapa polutan yang sukar terurai seperti logam berat dalam ekosistem perairan, sektor industri yang berpotensi sebagai penyalur limbah logam berat yaitu metalurgi, pertambangan, pertanian, pelapisan manufaktur, dan lempeng listrik (Lucaci et al., 2020). Logam berat merupakan salah satu bahan yang sering dimanfaatkan dalam dunia perindustrian, logam dapat digunakan sebagai bahan baku maupun media penolong. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah padat, cair, maupun gas (Ferreira et al., 2017). Limbah ini biasanya akan mengalir hingga ke laut, sehingga hal itu dapat mengurangi kualitas dari perairan tersebut karena limbah yang ada merupakan sebuah polutan yang dapat menyebabkan tercemarnya air. Selain itu logam dapat menyebabkan transfer bahan kimia beracun yang berasal dari sedimen ke organisme lain, karena jika logam masuk ke dalam air maka nantinya akan terendap dengan sedimen yang ada disekitarnya (Permanawati et al., 2016).

Perairan Tanjung Emas merupakan salah satu kawasan pesisir yang dekat dengan pemukiman warga, industri, dan sebuah pelabuhan. Hasil penelitian dari Supriyantini & Soenardjo (2016) menyatakan bahwa adanya pencemaran logam berat berupa Pb dan Cu pada badan air di kawasan

tersebut, hal ini dikarenakan kandungan logam pada akar dan buah *Mangrove Avicennia* sudah melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Ahmad (2013) menyatakan bahwa suatu logam berat yang terakumulasi dalam badan perairan sangat berbahaya bagi manusia melalui ikan dan air yang dikonsumsi setiap hari. Menurut Musriadi (2014) adanya kegiatan industri dan pelabuhan dapat menjadi salah satu faktor penyumbang dari masuknya limbah yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu jenis pencemar yang dihasilkan dari aktifitas dilingkungan perairan yaitu logam berat (Supriyantini & Soenardjo, 2016). Keberadaan logam berat dalam badan air akan mempengaruhi kualitasnya. Pembuangan limbah pada badan air yang terdapat dilingkungan sangatlah penting untuk menjamin keamanan dari kehidupan ekosistem perairan yang ada (biota laut sekitarnya) (Pandharipande & Deshpande, 2013).

Air yang tercemar dengan logam berat akan berbahaya jika dikonsumsi, karena dapat menyebabkan penyerapan ion logam ke dalam jaringan tubuh. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan bahkan mencapai bioakumulasi dalam tubuh makhluk hidup (Fujiastuti et al., 2013). Asriani (2017) menyatakan bahwa logam tembaga dapat menghambat aktivitas enzim pada fitoplankton jika

konsentrasinya mencapai 0,01 ppm, sehingga fitoplankton tersebut akan mati karena enzim yang tadinya berfungsi dalam pembelahan sel menjadi terhambat. Ion logam Cu (II) dapat menyebabkan kematian pada ikan yang ada dalam daerah perairan jika konsentrasinya mencapai 2,5-3,0 ppm (Imelda et al., 2019). Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 492 tahun 2010 kadar Cu (II) maksimal dalam badan perairan lingkungan yakni sebesar 2 ppm (Lieswito, 2019). Dengan begitu diperlukan adanya sebuah sistem penjernih air yang dapat menyerap kadar ion logam secara berlebih dalam perairan, sehingga air yang akan kita konsumsi tergolong sebagai air yang layak dan aman untuk digunakan.

Logam tembaga (II) adalah salah satu jenis logam yang paling banyak ditemukan dalam dunia perindustrian. Logam ini, tergolong sebagai logam berat yang merupakan sebuah limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) serta dapat mencemari lingkungan. Logam tembaga sukar terdegradasi secara alami, bersifat racun (toksik) pada makhluk hidup, dapat terakumulasi dalam air, sedimen dasar perairan, dan tubuh organisme (Supriyantini & Soenardjo, 2016). Logam berat ini dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui sistem pernafasan, kulit, bahkan sistem pencernaan yang ada.

Menurut Hossain et al (2012) pemasukan dosis tembaga yang berlebih dalam tubuh manusia dapat menyebabkan iritasi mukosa, kerusakan ginjal dan meluasnya kapiler, iritasi gastrointestinal, dan gangguan sistem saraf pusat. Adanya senyawa tembaga dalam tubuh juga dapat berpengaruh pada penuaan, skizofrenia, penyakit mental, sirosis pada anak-anak India, wilson, dan alzheimer. Dalam sistem darah tembaga dapat menghasilkan oksigen bebas yang reaktif dan dapat merusak berbagai jenis molekul seperti lipid, protein, dan DNA (Brewer, 2010). Gejala yang timbul akibat paparan logam ini pada konsentrasi dengan dosis tinggi yaitu kelesuan, kelemahan otot, anoreksia, dan kerusakan saluran cerna (Gautam et al., 2014).

Untuk mengurangi tingkat pencemaran yang berlebih pada lingkungan, maka perlu dilakukan sebuah treatment yang tepat. Ada beberapa metode yang telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu, diantaranya pengendapan, pertukaran ion, dan elektrodeposisi (Syauqiah et al., 2011). Selain itu ada juga metode lain yang telah diuji cobakan, yaitu presipitasi, resin penukar ion, reduksi elektrokimia, dan *reverse osmosis* (G. Annadurai et al., 2003). Metode ini bertujuan untuk mengurangi kadar logam berat yang akan dibuang ke lingkungan perairan. Namun dalam rentang waktu yang cukup lama ternyata perlakuan tersebut dapat

merusak lingkungan, hal itu dikarenakan tidak seimbangnya akumulasi dari logam berat yang ada dengan perbaikan yang telah dilakukan pada lingkungan tersebut, sehingga perlu dilakukan pengkajian ulang untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Seiring dengan berjalannya waktu, munculah beberapa perkembangan metode yang dinilai lebih efektif dari pada sebelumnya. Menurut Lucaci et al (2020) adsorpsi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan. Kelebihan adsorpsi yaitu preparasi yang dilakukan cukup sederhana, bahan yang digunakan sebagai adsorben dapat didaur ulang, konsumsi energi yang rendah, pembiayaan bahannya terjangkau, efisiensi yang tinggi bahkan pada tingkat konsentrasi larutan logam yang rendah, dan memiliki selektivitas yang cukup tinggi. Adsorpsi ialah suatu fenomena yang terjadi pada permukaan, sehingga interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi di permukaan adsorbennya saja (Yuliusman et al., 2013). Metode ini dapat dilakukan terhadap berbagai jenis logam berat dengan menggunakan adsorben. Adsorben yang digunakan dapat berupa zeolit, alofan, kitin, kitosan, serta adsorben yang berasal dari berbagai spesies seperti alga, *fly ash*, karbon aktif, dan selulosa (Handayani, 2010).

Adsorpsi merupakan suatu proses akumulasi dari adsorbat pada permukaan adsorben, proses ini disebabkan oleh gaya tarik antar molekul yang ada didalamnya (Takarani et al., 2019). Adanya medan gaya pada permukaan adsorben itulah yang dapat menyebabkan suatu molekul tertarik kepadanya. Pada penelitian ini adsorben yang akan digunakan berupa selulosa. Selulosa yang digunakan berasal dari limbah kulit pisang. Senyawa ini memiliki rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang merupakan komponen terpenting dari dinding sel yang ada pada tumbuhan (Bahri, 2015). Pada penelitian Fatmawati et al (2015) menyatakan bahwa selulosa dapat digunakan sebagai adsorben karena di dalamnya terdapat gugus OH yang nantinya akan berinteraksi dengan komponen adsorbat. Mekanismenya berupa pertukaran ion, gugus OH tersebut akan mengikat ion logam yang bermuatan positif. Peneliti memilih selulosa karena merupakan salah satu biomasa limbah hasil pertanian yang berasal dari berbagai tumbuhan dan dapat dimanfaatkan kembali.

Menurut Bahri (2015) selulosa merupakan senyawa karbon yang mempunyai banyak unit glukosa, lebih dari 1000 unit. Masing-masing unit ini akan terikat pada ikatan β -1, 4 glikosida yang terbentuk dalam rantai lurus (Chowdhury et al., 2013). Selulosa memiliki gugus fungsi

yang dapat melakukan pengikatan terhadap ion logam, gugus fungsi itu adalah gugus hidroksil dan karboksil. Selulosa banyak terkandung dalam kulit cokelat dan kulit kopi (Intan et al., 2017), serta terdapat pula pada jerami (Pratiwi et al., 2016). Selain itu selulosa juga terdapat dalam kandungan kulit pisang, sehingga peneliti dapat memanfaatkannya sebagai adsorben yang digunakan dalam penelitian ini.

Pisang merupakan salah satu tanaman yang mengandung banyak selulosa didalamnya. Tanaman ini merupakan hasil bumi yang paling melimpah di alam, produksinya terjadi tanpa mengenal musim, sehingga banyak masyarakat yang mengonsumsinya secara langsung maupun tidak. Pada tahun 2018 jumlah produksi pisang di Indonesia mencapai 7.264.383 ton dan di Jawa Tengah jumlah populasinya sebanyak 613.871 ton (BPS, 2019), sedangkan pada tahun 2019 produksi pisang di Indonesia naik sebesar 160 ton sehingga totalnya bertambah menjadi 7.264.543 ton (BPS, 2020). Buah ini memiliki kandungan yang beragam, diantaranya vitamin dan karbohidrat (Ambarita et al., 2015). Selain itu terdapat pula lemak, protein, mineral dan serat (Rustanti, 2018). Banyaknya volume masyarakat yang mengonsumsi buah ini menyebabkan kadar polutan yang dihasilkan bertambah, polutan ini berupa kulitnya.

Jenis pisang yang dipilih dalam penelitian ini yaitu kepok, karena pisang ini memiliki kadar selulosa tertinggi jika dibandingkan dengan jenis pisang yang lain. Oleh sebab itu pada penelitian ini peneliti akan menggunakan kulit pisang kepok yang sudah tidak digunakan.

Limbah kulit pisang yang berserakan akan membuat bertambahnya kadar volume polutan yang ada dalam lingkungan, sehingga hal itu dapat membahayakan makhluk hidup lainnya. Menurut Tritanti & Pranita (2015) jumlah kulit pisang sekitar sepertiga dari buahnya yang belum dikupas, jika dilihat dari jumlah produksi pisang di Indonesia maka berat kulitnya mencapai 2.421.461 ton per tahunnya. Pada umumnya limbah ini hanya dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif untuk bahan makanan hewan ternak atau malah dibuang begitu saja sebagai limbah organik. Menurut Novianti et al (2016) kulit pisang mempunyai kandungan selulosa yang tinggi yakni sebesar 60-65%, hemiselulosa 6-8%, dan lignin 5-10%. Adanya kandungan selulosa dan hemiselulosa menyebabkan kulit pisang berpotensi sebagai adsorben untuk menyerap ion logam. Keberadaan gugus fungsi berupa -OH pada selulosa menjadikannya sebuah adsorben (Darge & Mane, 2013).

Menurut Fatmawati et al (2015) adsorpsi ion logam dengan menggunakan bahan biomaterial yang berasal dari

alam dapat ditingkatkan dengan cara mengolahnya dengan menggunakan suatu bahan kimia, seperti polivinil alkohol (PVA). Senyawa ini memiliki gugus OH yang dapat berperan sebagai agen porogen, sehingga adsorben yang digunakan lebih banyak menyerap ion logam (adsorbat) yang ada. Selain itu senyawa ini juga tergolong sebagai salah satu material yang dapat larut di air, karena didalamnya berisi golongan hidroksil. Keuntungan menggunakan PVA yaitu mudah didegradasi, mempunyai daya tahan yang tinggi, dan stabilitas kimia yang baik (Martina et al., 2016). Hasil dari penelitian Martina et al (2016) menyatakan bahwa senyawa polivinil alkohol yang ditambahkan pada biomasa tongkol jagung dapat digunakan untuk menyerap ion logam Pb (II), dengan jumlah persentase ion logam yang terserap sebanyak 66,88%, sedangkan pada penelitian Winda et al (2014) menyatakan bahwa penambahan senyawa PVA Sulfonasi dalam adsorben tongkol jagung dapat meningkatkan daya serapnya, modifikasi pada adsorben ini mampu digunakan untuk menyerap ion logam Pb (II) hingga mencapai 100%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Darge & Mane (2013) limbah kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap ion logam Fe (II) dan Zn (II), pengikatan ion logam dengan adsorben kulit pisang

lebih baik jika dibandingkan dengan adsorben yang berasal dari sisik ikan, sedangkan pada penelitian Mahindrakar & Rathod (2018) limbah kulit pisang digunakan untuk menghilangkan ion logam Sr (II) dalam badan perairan. Pengikatan adsorbat ini terjadi karena adanya gugus aktif dari adsorben yang digunakan. Selain digunakan untuk menyerap ion logam dalam air, limbah kulit pisang juga dapat dimanfaatkan untuk menyerap polutan yang berupa zat warna, seperti Metil Jingga (MJ), Metilen Biru (MB), Rhodamin B, Metil violet (MV), dan Amido Black (AB) (Gurusamy Annadurai et al., 2002).

Thuraidah et al (2015) menyebutkan bahwa kulit pisang kepok dapat mengikat ion Mn^{2+} dalam air sumur. Pada penelitian Wardani & Wulandari (2018) menyebutkan bahwa limbah kulit pisang kepok dapat digunakan untuk mengikat ion Pb^{2+} , sehingga kadar kandungan ion logam yang berlebih dalam air dapat berkurang. Menurut Wardani & Wulandari (2018) kulit pisang kepok merupakan salah satu limbah yang berasal dari sektor pertanian dan mempunyai gugus aktif berupa gugus hidroksil, sehingga limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap kadar ion logam berlebih. Adanya selulosa inilah yang menyebabkan kulit pisang kepok dapat menjadi adsorben untuk menyerap kandungan ion logam yang ada.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, telah dilakukan beberapa penelitian mengenai limbah kulit pisang kepok yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion logam berat berlebih di dalam air. Namun penggabungan antara kulit pisang kepok dengan polivinil alkohol tersulfonasi belum pernah dilakukan sebelumnya, sehingga pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan daya adsorpsinya (baik secara kimia maupun fisika) yang dilakukan dengan cara menggabungkan gugus-gugus aktif pada kedua material yang digunakan. Penelitian ini mengkaji tentang kinetika dan isoterm adsorpsi dari ion Cu (II) dengan limbah yang berasal dari kulit pisang kepok-polivinil alkohol tersulfonasi sebagai adsorbennya.

B. Perumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik adsorben yang berasal dari limbah Kulit Pisang Kepok dan Kulit Pisang Kepok-PVA Tersulfonasi?
2. Berapa waktu, pH, dan konsentrasi optimum yang dibutuhkan oleh Kulit Pisang Kepok-PVA Tersulfonasi dalam mengadsorpsi ion logam Cu^{2+} ?
3. Berapa kapasitas adsorpsi dari adsorbennya?
4. Bagaimana kinetika dan isoterm adsorpsinya?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik adsorben yang berasal dari limbah Kulit Pisang Kepok dan Kulit Pisang Kepok-PVA Tersulfonasi.
2. Untuk mengetahui waktu, pH, dan konsentrasi optimum yang dibutuhkan oleh Kulit Pisang Kepok-PVA Tersulfonasi dalam mengadsorpsi ion logam Cu^{2+} .
3. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari adsorben yang digunakan.
4. Untuk mengetahui kinetika dan isoterm adsorpsi.

D. Manfaat Penelitian

- a). Dapat mengaplikasikan ilmunya lebih lanjut.
- b). Dapat mengetahui pengaruh waktu interaksi, pH, dan konsentrasi optimum dari ion logam Cu (II) yang dapat diserap dengan adsorben yang berasal dari limbah Kulit Pisang Kepok-PVA Tersulfonasi.
- c). Memberikan suatu jalan alternatif dalam pembuatan bahan sistem penyaringan air yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar ion logam Cu (II) yang ada di perairan, sehingga air tersebut layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.
- d). Memberikan partisipasi serta kontribusi secara nyata terhadap perkembangan keilmuan sains dalam bidang kimia.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Adsorpsi

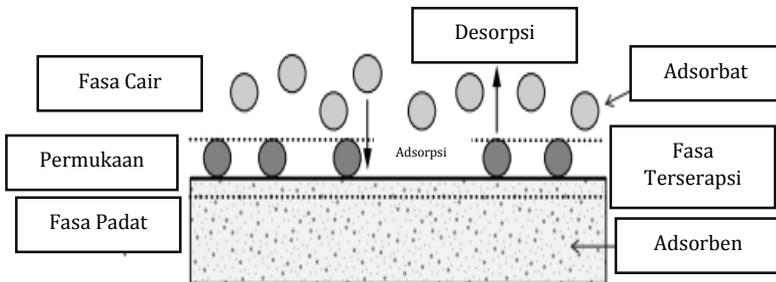
Adsorpsi merupakan suatu proses akumulasi dari adsorbat pada permukaan adsorben, proses ini disebabkan karena adanya gaya tarik antar molekul yang ada didalamnya (M. S. Dewi et al., 2015). Adanya medan gaya pada permukaan adsorben itulah yang dapat menyebabkan suatu molekul tertarik kepadanya.

Takarani et al (2019) menyebutkan bahwa adsorpsi ialah suatu fenomena yang terjadi pada permukaan. Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan yang terjadi pada sebuah padatan terhadap suatu zat. Penyerapan ini terjadi pada permukaan padatannya saja. Hal ini dikarenakan adanya gaya tarik-menarik antar atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap kedalamnya.

Secara umum adsorpsi didefinisikan sebagai proses akumulasi dari sejumlah ion, molekul, maupun atom yang terjadi diantara dua fasa (Wuryanti & Suharyadi, 2018). Fasa ini berupa fasa menyerap dan fasa yang terserap, fasa yang menyerap dinamakan dengan

adsorben sedangkan fasa yang terserap dinamakan dengan adsorbat.

Pada umumnya adsorben berupa suatu bahan yang berpori, karena dalam proses penyerapan dibutuhkan suatu permukaan yang dapat menyerap sebuah molekul dari adsorbat. Molekul yang terikat pada bagian antar muka dikenal dengan adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul adsorbat ini dikenal dengan sebutan adsorben. Interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi di permukaan adsorbennya saja (Worch, 2012).



Gambar 2.1 Mekanisme Adsorpsi (E. Worch, 2012)

Ada dua jenis gaya tarik-menarik dari suatu adsorben dengan adsorbat, yakni gaya fisika dan gaya kimia (Takarani et al., 2019). Dimana gaya fisika akan menghasilkan adsorpsi fisika. Adsorpsi fisik merupakan salah satu proses interaksi yang melibatkan gaya antar molekulnya, contohnya seperti gaya van der Waals.

Sedangkan gaya kimia akan menghasilkan adsorpsi kimia yang akan terjadi jika ada suatu interaksi dalam pembentukan ikatan kimia didalamnya. Ada berbagai macam gaya ataupun ikatan yang terlibat dalam proses terjadinya peristiwa adsorpsi, diantaranya yaitu van der Waals, gaya elektrostatis, ikatan hidrogen, dan ikatan kovalen (Mahatmanti & Sumarni, 2003).

Worch (2012) menyebutkan bahwa pada proses adsorpsi fisika ditandai dengan adanya molekul yang terserap pada permukaan adsorben dengan interaksi ikatan yang cukup lemah karena disebabkan oleh gaya van der Waals (interaksi dipol-dipol, gaya dispersi, dan gaya induksi), selain itu energi adsorpsinya kurang dari 50 kJ/mol.

Adsorpsi fisik akan terjadi apabila ada gaya intermolekuler yang lebih besar daripada gaya tarik antar molekulnya, sehingga gaya tarik-menarik yang terjadi antara permukaan adsorben dengan adsorbatnya relatif lemah. Hal itu dapat menyebabkan adsorbat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan yang lain pada permukaan adsorbennya. Adsorpsi ini berlangsung cepat dan bersifat *reversibel* (Husin, 2012), sehingga menyebabkan suatu molekul yang terserap mudah dilepaskan dengan cara

menurunkan tekanan gas atau konsentrasi dari zat terlarutnya.

Pada adsorpsi kimia dapat terjadi suatu pemutusan ikatan maupun pembentukan ikatan yang baru didalamnya, sehingga adsorpsinya ada di kisaran yang sama dengan reaksi kimianya. Ikatan antara adsorben dengan adsorbat yang ada cukup kuat sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan kembali, karena zat yang terserapsi menyatu dengan cara membentuk lapisan tunggal dan bersifat *ireversibel* (Murachman et al., 2014).

Adsorpsi kimia akan terjadi relatif lebih lama mencapai titik kesetimbangannya jika dibandingkan dengan adsorpsi fisika. Hal ini dikarenakan pada adsorpsi kimia melibatkan energi aktivasi dan memerlukan energi yang cukup banyak untuk melepaskan adsorbat kembali dalam proses adsorpsi, sehingga adsorpsi ini memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai kondisi kesetimbangannya. Biasanya energi yang menyertai adsorpsi kimia relatif tinggi, yakni sekitar 10 – 60 kkal/gram.mol untuk energi aktifasinya (Hasan, 2009). Hal ini menandakan bahwa terjadi suatu transfer elektron didalamnya dan terbentuklah ikatan antara adsorben yang digunakan dengan adsorbatnya, untuk mengetahui ada atau tidaknya ikatan baru

didalam sampel (adsorben) dapat dibuktikan dengan cara pengujian instrumentasi dengan menggunakan instrumentasi spektroskopi FTIR.

Menurut Hasan (2009) ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses terjadinya adsorpsi, yakni jenis adsorbat yang akan diserap oleh permukaan adsorben, karakteristik dari adsorben yang akan digunakan, kecepatan pengadukan yang dilakukan pada saat mengaplikasikan adsorben dengan adsorbat, dan temperatur saat melakukan percobaan. Selain itu besarnya konsentrasi dari adsorbat yang digunakan, serta lama pengadukan yang terjadi, dan pH lingkungan juga berpengaruh dalam proses ini.

Pada dasarnya adsorben yang akan digunakan seharusnya memiliki luas permukaan yang spesifik tinggi, yakni adsorben tersebut mempunyai diameter pori-pori yang berukuran kecil, supaya proses retensi partikel yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben berlangsung lebih efektif. Ukuran pori ini dapat menentukan seberapa besar proses adsorpsi dari suatu senyawa yang berada didalam larutan tersebut. Jika ukuran pori dari adsorbennya semakin kecil maka kemampuan adsorpsi yang dimilikinya akan semakin besar, hal ini disebabkan oleh bertambahnya luas

permukaan yang ada pada partikel dari adsorben tersebut.

Jumlah adsorben yang semakin banyak akan mampu menyerap adsorbat secara maksimal, sehingga dapat dikatakan pula bahwa komponen yang terserap itu akan memasuki rongga pori yang ada pada permukaan adsorben. Masuknya adsorbat dalam rongga pori dari permukaan adsorben dapat menyebabkan terjadinya peristiwa desorpsi, peristiwa ini akan terjadi permukaan adsorben telah jenuh, kejenuhan ini akan terjadi jika proses adsorpsi telah melebihi waktu optimumnya. Hal ini berkebalikan dengan adsorpsi, dimana molekul adsorbat akan terlepas satu per satu dari permukaan adsorben. Selain itu besarnya molekul adsorbat yang akan diserap diusahakan ukurannya lebih kecil atau sama dengan ukuran molekul dari permukaan adsorben yang digunakan, sehingga adsorben yang digunakan mampu untuk menyerap adsorbat secara maksimal.

a. Kapasitas Adsorpsi

Kinetika kimia itu mencakup tentang kecepatan suatu reaksi dan bagaimana proses yang berlangsung pada reaksi tersebut. Sedangkan untuk kapasitas adsorpsi sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari model isoterm adsorpsi yang ada.

1). Isoterm Adsorpsi

Persamaan isoterm adsorpsi adalah hubungan yang terjadi antara jumlah zat yang terserap dengan konsentrasi, hal ini menjelaskan tentang bagaimana interaksi yang terjadi antara molekul adsorbat yang terserap dengan permukaan adsorben (Abdel Salam et al., 2011). Isoterm adsorpsi akan tercapai pada keadaan yang setimbang, kesetimbangan adsorpsi dapat terpenuhi jika laju partikel zat yang terserap sama dengan laju desorpsinya.

Isoterm ini biasanya digambarkan dalam bentuk kurva, kurva ini berupa kurva dari plot distribusi kesetimbangan atau yang dikenal dengan persamaan sistem regresi linier. Persamaan ini dapat digambarkan melalui interaksi yang terjadi antara fase padat (adsorben) dengan fase cair (adsorbat) pada suhu yang konstan. Isoterm adsorpsi ini biasanya digunakan untuk memahami bagaimana mekanisme adsorpsi yang sedang terjadi, isoterm adsorpsi dibedakan menjadi dua, yakni isoterm adsorpsi freundlich dan langmuir.

a). Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm adsorpsi freundlich ini digunakan untuk mendeskripsikan jenis interaksi antar molekul yang terserapsi, adsorpsi yang terjadi disebabkan karena adanya distribusi energi yang seragam sehingga dikenal dengan sebutan adsorpsi multilayer, selain itu permukaan adsorben yang digunakan bersifat heterogen (Rangabhashiyam et al., 2014).

Data kesetimbangannya digambarkan dengan bagan kurva linier yang berasal dari persamaan isoterm adsorpsi freundlich, dengan cara memplotkan $\log Q_e$ sebagai sumbu X nya dan $\log C_e$ sebagai sumbu Y nya (Wan Ngah et al., 2004). Pendekatan dengan model ini dapat membantu dalam menganalisa jenis isoterm adsorpsi apa yang lebih disukai. Dalam suatu penelitian. Menurut Sadeek et al (2015) isoterm adsorpsi freundlich dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$Q_e = K_f C_e^n \quad (2.1)$$

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.2)$$

Keterangan:

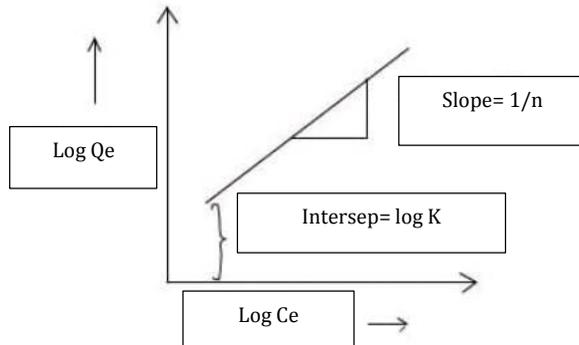
Q_e = Jumlah adsorbat yang terserapsi (mg/g adsorben)

C_e = Konsentrasi larutan (mg/L)

K_f = Konstanta kesetimbangan

n = Konstanta empiris

Dalam persamaan freundlich jumlah zat yang terserap akan meningkat jika tekanan atau konsentrasinya bertambah.



Gambar 2. 2 Grafik Dari Persamaan Freundlich

(SM AI Nailil Muna, 2011)

b). Isoterm Adsorpsi Langmuir

Model isoterm ini menggambarkan tentang hubungan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat yang terserapsi pada konsentrasi kesetimbangannya (Gautam et al., 2014). Pada isoterm langmuir mengacu pada adsorpsi

monolayer, yang bersifat homogen (Wan Ngah et al., 2004).

Menurut Douglas M. Ruthven (1985) asumsi dari isoterm adsorpsi langmuir ialah permukaan adsorben memiliki situs aktif yang berfungsi untuk mengadsorpsi ion logam, molekul akan terserap pada situs yang terlokalisasi, setiap situs hanya dapat menampung satu molekul saja, tidak ada interaksi antara molekul yang terserap dengan situs yang lainnya, dan adanya pertukaran molekul yang terjadi antara fase yang teradsorpsi dengan fase padat.

Data kesetimbangannya dapat digambarkan dengan bagan kurva linier yang berasal dari persamaan isoterm adsorpsi langmuir, dengan memplotkan C_e/Q_e dan C_e (Wan Ngah et al., 2004). Pendekatan dengan model ini dapat membantu dalam menganalisa jenis isoterm yang lebih disukai. Menurut Sadeek et al (2015) isoterm langmuir dapat dihitung melalui persamaan:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_{max} \cdot K_L} + \frac{C_e}{Q_{max}} \quad (2.3)$$

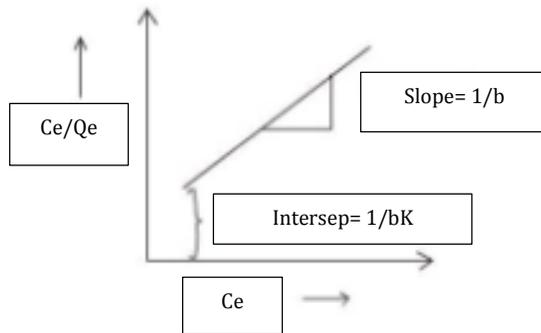
$$Q_e = \frac{Q_{max} \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (2.4)$$

Keterangan:

C_e = Konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat setimbang (mg/L)

K_L = Konstanta langmuir atau ukuran energi yang terserapsi (mg/g)

Q_{\max} = Adsorpsi maksimum



Gambar 2.3 Grafik Dari Persamaan Langmuir
(SM AI Nailil Muna, 2011)

b. Kinetika Pseudo Orde 1 dan Pseudo Orde 2

Data kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui bagaimana mekanisme adsorpsi yang terjadi dalam suatu reaksi, hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan konstanta kecepatan reaksi adsorpsi untuk ion-ion logam. Kinetika adsorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan sistem regresi linier, Lagergen menggunakan persamaan

sistem pseudo pseudo orde pertama dan mekanisme pseudo orde kedua.

Persamaan pseudo orde pertama maupun pseudo orde kedua tidak dapat menjelaskan bagaimana difusi yang terjadi didalamnya, sehingga sebelum membuat kesimpulan tentang mekanismenya alangkah baiknya jika menyelidiki model difusinya terlebih dahulu (William Kajumba et al., 2019). Data kesetimbangannya dapat digambarkan dengan bagan kurva kinetika pseudo orde 1 dan pseudo orde 2 dengan memplotkan t vs $\log(Q_e - Q_t)$ dan t vs t/Q_t (Sadeek et al., 2015). Persaman kinetika pseudo pseudo orde 1 dan 2 adalah:

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t \quad (2.6)$$

$$q_t = \frac{q_e k_2 t}{1 + q_e k_2 t} \quad (2.7)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{q_e k_2 t} + \frac{t}{q_e} \quad (2.8)$$

Keterangan:

q_e = Jumlah ion logam divalen yang terserapsi (mg/g) pada waktu kesetimbangan.

q_t = Jumlah ion logam divalen yang terserapsi pada waktu t menit.

k_1 dan k_2 = Konstanta kecepatan adsorpsi pada pseudo orde satu dan dua (menit⁻¹)

c. Selektivitas Adsorpsi

Selektivitas adsorpsi merupakan suatu kemampuan yang harus dimiliki oleh permukaan adsorben untuk menyerap molekul adsorbatnya. Menurut Mahindrakar & Ratho (2018) untuk menentukan jumlah logam yang terserap dapat menggunakan persamaan:

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{M} \quad (2.9)$$

$$\% R = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \quad (2.10)$$

Keterangan:

Q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_o = Konsentrasi awal (M)

C_e = Konsentrasi saat setimbang (M)

M = Massa adsorben (g)

V = Volume larutan ion logam (L)

$R \%$ = Presentase jumlah logam yang terserap

d. Adsorpsi Ion Tembaga (II)

Kemampuan ion Cu (II) untuk berinteraksi dalam membentuk senyawa kompleks dengan ligan bergantung pada besarnya polaritas, sehingga semakin tinggi polaritasnya maka akan lebih disegani oleh ligan. Hal ini dikarenakan adanya polaritas yang tinggi dari suatu senyawa maka nantinya senyawa itu

akan memiliki pusat kerapatan yang bermuatan positif, sehingga muatan tersebut akan menghasilkan suatu interaksi yang kuat. Interaksi tersebut dipengaruhi oleh sifat dari logam dan ligan.

Berdasarkan teori HSAB (*Hard Soft Acid and Bases*) yang berarti asam basa keras dan lunak, teori ini menyatakan bahwa suatu asam kuat akan lebih menyukai basa yang sejenis (kuat) sedangkan untuk asam lemah menyukai basa lemah (Pearson, 1995). Pada tahun 2008, Asip et al menyatakan bahwa proses adsorpsi dapat terjadi melalui beberapa mekanisme. Diantaranya:

- 1).Mekanisme pemerangkapan yang dilakukan dengan cara memerangkap, mekanisme ini mungkin akan terjadi apabila ukuran pori dari adsorben lebih besar dari pada ukuran dari molekul adsorbatnya (ion yang akan diadsorpsi).
- 2).Mekanisme pertukaran ion dapat ditinjau berdasarkan besarnya nilai elektronegatifitas dari molekul penyusun yang ada pada adsorben.
- 3).Pembentukan ikatan hidrogen.
- 4).Pembentukan senyawa kompleks, hal ini dapat terjadi melalui pembentukan ion kompleks. Senyawa ini merupakan penggabungan dari ion

logam Cu (II) yang berfungsi sebagai atom pusatnya dan gugus aktif yang ada pada adsorben sebagai ligannya.

Berdasarkan teori HSAB, ion Cu (II) termasuk dalam kategori asam golongan menengah sehingga ion ini akan mudah berinteraksi dengan molekul adsorben yang bersifat basa keras atau basa menengah, molekul tersebut berupa gugus aktif yang nantinya akan berikatan untuk membentuk suatu senyawa kompleks (Housecroft & Sharpe, 2005).

2. Logam Tembaga

Menurut Sartika (2012) ada 109 unsur di muka bumi ini, sedangkan yang teridentifikasi sebagai logam berat ada 80 jenis. Logam berat merupakan suatu logam yang mempunyai masa jenis yang besar, yakni $>0,5 \text{ gram/cm}^3$. Di dalam sistem periodik unsur (SPU) logam berada pada nomor atom 21 (Scandium) hingga 92 (Uranium).

Logam berat seperti Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan Se sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam kadar yang berlebih dapat menyebabkan efek racun. Logam Cu (II) termasuk dalam golongan logam berat berjenis esensial, jadi meskipun mempunyai sifat beracun tetapi logam ini juga dibutuhkan oleh manusia walaupun dalam jumlah yang kecil. Toksitasitas yang dimiliki oleh

logam ini akan bekerja apabila telah masuk pada tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai ambang batasnya (Handayani, 2010).

Pencemaran yang diakibatkan karena adanya kegiatan industri dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar, karena pada umumnya buangan limbah pada lingkungan yang ada mengandung zat beracun, salah satunya yaitu adanya ion logam Cu (II) (Nurhasni et al., 2014). Asriani (2017) menyatakan bahwa logam tembaga dapat menghambat aktivitas enzim pada fitoplankton jika konsentrasinya mencapai 0,01 ppm, sehingga fitoplankton tersebut akan mati karena enzim yang tadinya berfungsi dalam pembelahan sel menjadi terhambat, sedangkan jika konsentrasi logam tersebut mencapai 2,5-3,0 ppm dapat menyebabkan kematian pada ikan yang ada dalam perairan tersebut.

Masuknya logam tembaga dalam lingkungan perairan dapat terjadi secara alami maupun sebagai akibat dari aktifitas yang telah dilakukan oleh manusia yang berperan sebagai konsumen dalam sektor kehidupan di alam. Secara alamiah ion Cu (II) akan masuk ke dalam badan perairan dengan adanya peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan yang berasal dari aktifitas

sebagian manusia seperti adanya kegiatan industri, pertambangan logam tembaga, dan industri galangan kapal, selain itu adanya kegiatan yang terjadi di pelabuhan. Adanya kegiatan ini merupakan salah satu jalur untuk mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan logam seperti ion Cu (II) dalam badan perairan yang ada disekitarnya (Supriyantini & Soenardjo, 2016).

Tembaga adalah logam yang dapat mengalami proses akumulasi dalam tubuh makhluk hidup seiring dengan pertambahan umurnya, ginjal ikan merupakan salah satu bagian tubuh hewan yang sering dijumpai karena terpaparnya logam ini. Paparan logam tembaga dalam waktu yang cukup lama pada ikan dapat menyebabkan terakumulasinya bahan-bahan kimia di dalam tubuhnya, hal itu dapat menimbulkan kerugian bagi kesehatan masyarakat yang mengkonsumsinya.

Gejala yang timbul akibat paparan logam ini secara akut pada manusia dapat terlihat dengan tanda mual-mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan akhirnya dapat menyebabkan suatu kematian (Fujiastuti et al., 2013). Pada keracunan kronis, ion tembaga akan tertimbun dalam hati sehingga menyebabkan hemolisis. Tertimbunnya ion hidrogen peroksida (H_2O_2) dalam sel darah merah akan

menyebabkan terjadinya penyakit hemolisis. Hal ini dikarenakan terjadinya oksidasi dari lapisan sel darah merah yang mengakibatkan sel darah tersebut menjadi pecah, selain itu defisiensi suhu dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhannya menjadi terhambat.

3. Pisang

Pisang merupakan salah satu jenis tumbuhan yang berkembang biak dengan cara bertunas, tumbuhan ini banyak ditemukan pada daerah yang tropis maupun sub tropis. Tumbuhan ini hidup di daerah yang beriklim tropis dan bertanah humus, seperti di negara Indonesia. Indonesia merupakan negara penghasil pisang terbesar, karena kondisi alam yang begitu mendukung dan memadai.

Tanaman pisang termasuk dalam golongan keluarga *Musaceae*, tanaman ini berdiri kokoh dan tinggi untuk beberapa spesies tingginya bisa mencapai 8 meter. Buah pisang tumbuh secara menggantung, berwarna hijau dan berubah menjadi kuning apabila telah matang, dalam satu tingkat buah ini mampu menghasilkan 20 buah pisang yang lezat sedangkan dalam satu tandan berisi 3-20 tingkat, berat buah rata-rata mencapai 125 gram dan 25% dari berat itu berupa bahan kering serta sisanya air (Anwar et al., 2010).

Menurut Ambarita et al (2015) pisang mempunyai beberapa kandungan penting didalamnya, diantaranya vitamin dan karbohidrat. Selain itu pisang juga mengandung lemak, mineral, protein, dan serat (Rustanti, 2018). Buah pisang dapat dijadikan sebagai buah meja atau berbagai hidangan santap. Kulitnya dapat dimanfaatkan untuk membuat cuka dengan cara fermentasi melalui alkohol dan asam cuka. Daunnya digunakan sebagai pembungkus berbagai macam makanan tradisional di Indonesia. Batangnya dapat digunakan untuk pakan ternak, selain itu dapat diolah menjadi serat untuk pakaian maupun kertas. Air dari umbi batang pisang kepok dapat digunakan sebagai obat disentri dan pendarahan usus besar. Air dari batang pisang sendiri dimanfaatkan sebagai obat diabetes dan penawar racun.

Pisang merupakan salah satu komoditas unggulan dari berbagai buah yang ada di Indonesia, negara ini termasuk penghasil pisang terbesar di Asia. Luas panen dan produksi pisang selalu meningkat dan menempati posisi utama. Produksi pisang sebagian besar dipanen dari kebun rakyat, dengan data produksinya pada tahun 2005-2008 dari BPS (2012) dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Jumlah Populasi Kulit Pisang

Tahun	Produksi pisang (ton)	Produksi kulit pisang (ton)
2005	4.874.439	1.624.813
2006	5.177.608	1.725.869
2007	5.037.472	1.679.157
2008	5.454.226	1.818.075

Pada tahun 2008 produksi pisang di Provinsi Jawa Tengah sebesar 831.158 ton, tingginya potensi dari produksi buah tersebut menyebabkan kadar limbah yang dihasilkan meningkat. Tentu saja hal ini akan menimbulkan suatu kerugian yang besar karena kulit ini akan mencemari lingkungan yang ada (Fitriyanti, 2014).



Gambar 2. 4 Kulit Pisang (Darge & Mane, 2013)

Kulit pisang merupakan bahan buangan (limbah) yang paling banyak dijumpai dalam masyarakat. Menurut Tritanti & Pranita (2015) jumlah kulit pisang itu sepertiga dari buahnya yang belum dikupas. Jika jumlah produksinya mencapai 6.189.052 ton pada tahun

2011 (BPS, 2012), maka jumlah kulitnya bisa mencapai 2.063.017 ton per tahun. Sedangkan menurut data dari BPS (2018) jumlah produksi pisang di Indonesia sebesar 7.264.383 ton, sehingga banyaknya kulit pisang mencapai 2.421.461 ton per tahunnya. Kandungan dari kulit pisang bervariasi, salah satunya yaitu selulosa. Selulosa merupakan suatu senyawa yang memiliki karakter hidrofilik, karena adanya gugus hidroksil pada setiap unit polimernya. Gugus fungsi inilah yang nantinya akan berinteraksi dan berikatan dengan ion logam yang ada.

Selulosa merupakan salah satu biopolimer alami yang berlimpah dengan kekuatan mekanik mencapai 10.000 Mpa, strukturnya mirip seperti kitosan. Pada umumnya limbah ini hanya dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif untuk bahan makanan hewan ternak atau malah dibuang begitu saja sebagai limbah organik.

Novianti et al (2016) menyebutkan bahwa kulit pisang mempunyai kandungan selulosa yang tinggi yakni sebesar 60-65%, hemiselulosa 6-8%, dan lignin 5-10%. Pada kondisi keringnya kulit pisang tetap mengandung bahan karbon organik seperti lignin, pektin, selulosa, dan hemiselulosa. Besarnya jumlah kandungan senyawa lignin sebanyak (6-12%), pektin

(10-21%), selulosa (7,6-9,6%), dan hemiselulosa (6,4-9,4%). Kandungan dari beberapa senyawa inilah yang menyebabkan digunakannya kulit pisang sebagai bahan dasar dalam pembuatan adsorben (Mohapatra et al., 2010)

Adanya kandungan selulosa dan hemiselulosa menyebabkan kulit pisang ini berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben yang akan menyerap ion logam, keberadaan gugus fungsional berupa -OH pada selulosa dapat menjadikannya sebuah adsorben (Darge & Mane, 2013). Berdasarkan penelitian Olufemi & Eniodunmo (2018) yang memanfaatkan limbah kulit pisang sebagai adsorben, limbah ini dapat digunakan untuk menyerap ion logam Ni (II).

Menurut Wardani & Wulandari (2018) kulit pisang kepok merupakan limbah pertanian yang dapat diubah menjadi bahan ramah lingkungan dan bernilai ekonomis, sehingga limbah ini dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menyerap kadar ion logam yang ada secara berlebih. Adanya selulosa dan hemiselulosa inilah yang menyebabkan kulit pisang kepok dapat menjadi adsorben, sehingga gugus fungsi yang ada didalamnya dapat digunakan untuk menyerap kandungan ion logam berlebih pada lingkungan (Fatmawati et al., 2015).

Menurut Bahri (2015) selulosa merupakan salah satu komponen utama dalam dinding sel tumbuhan, rumus molekulnya $(C_6H_{10}O_5)_n$. Selulosa adalah senyawa karbon yang terdiri lebih dari 1000 unit glukosa, unit ini terikat lurus. Selulosa mengandung 50-90% bagian yang berkristal, sisanya merupakan bagian amorf. Bagian berkristal ini biasanya terjadi karena adanya ikatan antara beberapa molekul selulosa, ikatan tersebut melalui suatu jembatan yang dinamakan dengan ikatan hidrogen (Fatriasari et al., 2018), sedangkan untuk bagian amorfnya itu berupa suatu bagian yang mudah dihidrolisis, entah itu secara kimiawi maupun fisik.

Jenis pisang yang paling banyak di negara ini adalah pisang kepok, ada sebelas provinsi yang menjadi sentra produksi pisang di Indonesia. Daerah yang memberikan kontribusi sebesar 88,07% selama tahun 2011-2015, yakni Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Lampung, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Sumatera Barat, Banten, Bali, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Timur (Suwandi, 2016). Menurut data dari BST (2017) kota Semarang menghasilkan produksi pisang sebesar 226.229 ton, sedangkan di Provinsi Jawa Tengah sendiri jumlah produksi pisang mencapai 9.006.749 ton (BPS, 2019).

Pisang kepok dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan siap santap, diantaranya keripik pisang, pisang sale, pisang goreng, pisang keju, kolak pisang, dan tepung pisang. Pemanfaatan pisang ini akan menghasilkan jumlah limbah yang relatif tinggi sesuai dengan jumlah konsumsinya dalam masyarakat.

a. Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L)

1). Klasifikasi

Menurut Woda (2019) taksonomi tanaman

pisang kepok yaitu:

Kingdom = *Plantae*

Devisi = *Spermatophyta*

Class = *Monocotyledonae*

Ordo = *Musales*

Famili = *Musaceae*

Genus = *Musa*

Spesies = *Musa Paradisiaca* L

2). Morfologi

Morfologi tanaman pisang kepok sejatinya sama dengan pisang lainnya, dimana pohonnya hijau kecoklatan dengan tinggi 3 meter, lingkaran batangnya mencapai 40-50 cm. Panjang daunnya 180 cm dengan lebar 50-60 cm, pada lapisan bawahnya berlapis lilin. Tandan buahnya tidak

berbulu halus, bentuknya merunduk dengan panjang 30-60 cm. Jantungnya berbentuk bulat, sedikit lebar, kelopaknya berwarna ungu (bagian luarnya) dan merah (dibagian dalam). Buahnya berubah menjadi kuning jika masak dan berbentuk segiempat kebulatan, satu pohon biasanya bisa menghasilkan 5-9 sisir dan setiap sisirnya berisi 10-14 buah (Woda, 2019).

3). Kandungan Senyawa

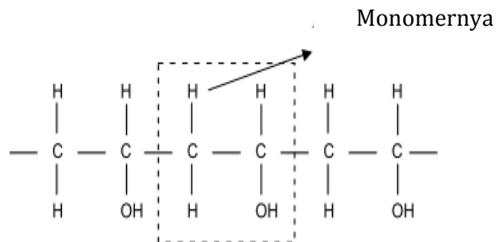
Jayanti (2016) menyatakan bahwa kandungan dalam buah pisang kepok terdiri dari karbohidrat, fosfor, kalsium, vitamin A, B, dan C sehingga buah ini dapat digunakan sebagai obat untuk mengatasi penyakit radang tonsil dan kekurangan darah., Selain itu buah ini juga mempunyai beberapa kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, terpenoid dan tanin (Syakri, 2019).

Tak hanya buahnya saja yang kaya manfaatnya, kulit pisangnya pun mempunyai beberapa komponen senyawa biokimia didalamnya. Kandungan senyawa yang ada dalam kulit pisang kepok berupa selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil, dan zat pektin yang mengandung arabinosa, galaktosa, dan asam galakturonik.

Adanya kandungan selulosa dan hemiselulosa dalam komponen ini dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap ion yang berupa logam berat.

4. Polivinil Alkohol (PVA)

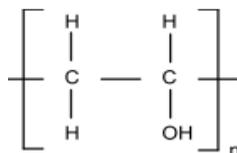
Menurut W. I. S. Dewi (2006) polivinil alkohol pertama kali ditemukan oleh Haehnel dan Herman pada tahun 1912, senyawa ini merupakan gabungan dari beberapa senyawa vinil alkohol. Bentuk ikatan kimia yang ada didalamnya seperti:



Gambar 2. 5 Struktur Polivinil Alkohol

(WIS Dewi, 2006)

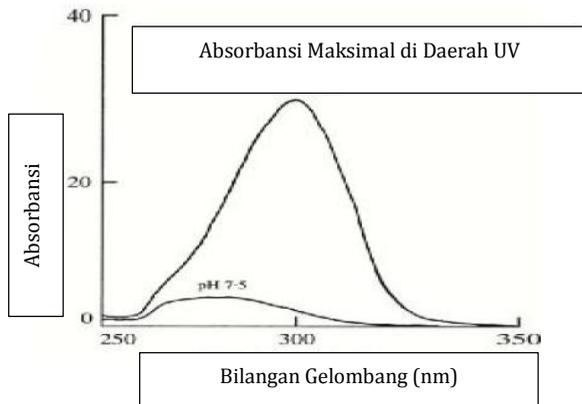
Secara singkat dapat dirumuskan dengan :



Gambar 2. 6 Bentuk Monomer Polivinil Alkohol

(WIS Dewi, 2006)

Tanda n diluar kolom diartikan sebagai suatu konstanta, konstanta ini merupakan nilai dari derajat polimerisasinya. Senyawa ini memiliki tingkat adsorbansi maksimum pada daerah serapan sinar UV, gambarannya:



Gambar 2. 7 Serapan Maksimum Sinar UV

(WIS Dewi, 2006)

Senyawa polivinil alkohol digunakan dalam bidang industri, diantaranya industri pembuatan kertas, pakaian, dan keju. Senyawa ini berasal dari teknik pembuatan gel, tujuannya supaya mempunyai sifat yang sensitif terhadap cahaya. Polivinil alkohol memiliki beberapa sifat kimia, diantaranya masa molekul relatif sebesar 85.000-146.000 gram/mol, titik leleh 210-230°C untuk hidrolisa penuh dan 150-190°C untuk hidrolisa sebagian, masa jenis 0,4-0,7 gram/cm³, dan

resistivitasnya sebesar $3.1-3.8 \times 10^7 \Omega$ (W. I. S. Dewi, 2006). Sedangkan menurut Wiliastuti (2006) senyawa ini sifatnya dapat berubah tergantung dengan suhu yang ada, pada suhu 100°C polivinil alkohol akan mengalami perubahan warna hingga akhirnya berubah menjadi hitam pada suhu diatas 160°C .

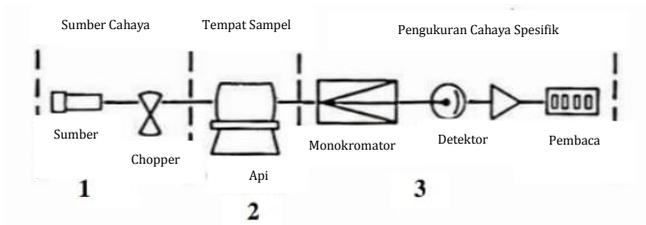
Senyawa ini tidak larut dalam minyak, tubuh binatang, dan tumbuhan. Polivinil alkohol dapat larut di dalam air, namun bergantung pada derajat polimerisasi dan hidrolisisnya. Biasanya derajat polimerisasi yang rendah lebih mudah larut dalam air daripada derajat polimerisasi yang tinggi. Derajat polimerisasi tergantung terhadap adanya suhu, biasanya untuk derajat hidrolisis sebagian akan mudah dilarutkan pada suhu ruang.

Menurut Piluharto et al (2017) senyawa ini bersifat suka air, sehingga termasuk dalam senyawa yang bersifat polar. Selain itu polivinil alkohol juga bersifat non-karsinogenik, tidak toksik, dan mempunyai biokompabilitas yang cukup tinggi. Aplikasi seperti pelapis kertas, medis, kosmetik, makanan dan film yang larut dalam air untuk industri kemasan. Polivinil alkohol merupakan salah satu polimer yang larut di dalam air, selain itu ia memiliki kemampuan untuk membentuk serat yang baik, bersifat biokompatibel, memiliki

ketahanan kimia, dan biodegradable (Pamela et al., 2016).

5. Karakterisasi

a. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)



Gambar 2. 8 Cara Kerja Instrumentasi AAS

(Djunaidi, 2018)

Guystav Kirchoff 1859 dan Robert Bunsen 1860 melakukan penyerapan atom bersama dengan emisinya, hal ini dilakukan sebagai metode kualitatif dari suatu atom. Pada awalnya analisa yang dilakukan berdasarkan emisi atom yang telah dikembangkan dari metode absorpsi, sehingga pada tahun 1995 spektroskopi serapan atomik diperkenalkan oleh A. Walsh dan C. T. J. Alkemade dan akhirnya dikomersilkan pada tahun 1960.

Metode analisa dengan spektrofotometri ini pada dasarnya menggunakan prinsip penyerapan cahaya oleh suatu atom. Penyerapan ini merupakan salah satu karakteristik dari masing-masing sifat atom,

suatu atom mampu menyerap cahaya gelombang yang dipancarkan pada panjang gelombang tertentu. Satu atom hanya dapat menyerap panjang gelombang yang sesuai dengan tingkat energinya, energi tersebut sesuai dengan energi yang diperlukan untuk melakukan transisi elektron ditingkat yang lebih tinggi dari sebelumnya. Energi transisi dari masing-masing unsur sangat khas, sehingga setiap atom memiliki energi transisi yang berbeda antara unsur satu dengan unsur yang lainnya.

Menurut Asriani (2017) dengan adanya absorpsi energi, berarti lebih banyak energi yang didapatkan, sehingga suatu atom yang berada pada keadaan dasar dapat dinaikkan ketingkat eksitasinya. Tingkat eksitasinya pun bervariasi, spektrum atomik untuk tiap unsur terdiri atas garis-garis resonansi. Garis yang bukan merupakan garis resonansi dapat berupa spektrum, spektrum ini berupa pita. Bentuk pitanya ada yang lebar maupun tidak, pita ini akan berasosiasi dengan tingkat energi.

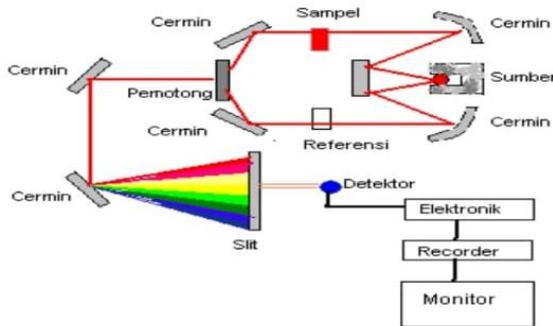
Radiasi resonansi untuk masing-masing unsur berbeda, sehingga jika radiasi resonansinya unsur X maka ia hanya dapat digunakan untuk mengadsorpsi unsur X begitupun sebaliknya, sehingga radiasi

resonansi unsur X tidak dapat digunakan untuk mengadsorpsi unsur Y. Dalam susunan sistem unsur berkala tidak ada radiasi resonansi yang sama antara unsur satu dengan yang lainnya, hal inilah yang membuat metode ini banyak digunakan. Biasanya gangguan yang muncul dapat terjadi apabila ada panjang radiasi resonansi dari dua unsur yang saling berdekatan (Kemenristekdikti, 2013).

Pembuatan adsorben dapat dinyatakan berhasil jika adsorben tersebut dapat menyerap ion logam. Hal itu dapat dilihat dari data yang dihasilkan setelah diuji dengan menggunakan instrumentasi spektroskopi AAS. Adsorben yang telah terbentuk diharapkan dapat menyerap ion logam secara maksimal, sehingga setelah direaksikan dengan ion logam yang akan diuji maka konsentrasi dari ion logam tersebut dapat berkurang (konsentrasinya mengalami penurunan daripada sebelumnya).

Spektrofotometri ini dapat digunakan untuk mengetahui kadar ion logam yang terserap. Konsentrasi ion logam yang terserap dapat dihitung secara kuantitatif berdasarkan dengan selisih dari konsentrasi ion logam sebelum diadsorpsi dan konsentrasi ion logam setelah diadsorpsi.

b. Fourier Transmisi Infra Red (FTIR)



Gambar 2. 9 Cara Kerja Instrumentasi FTIR

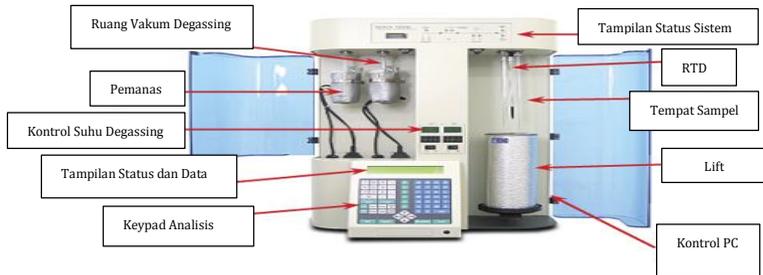
(Gunawan & Azhari, 1979)

Prinsip dasar dari instrumentasi spektroskopi FTIR yaitu penyerapan sinar pada panjang bilangan gelombang tertentu untuk mengetahui adanya gugus fungsi dari senyawa (sampel) yang sedang diujikan. Instrumen ini sangat erat kaitannya dengan energi vibrasi dari suatu molekul. Molekul tersebut akan dieksitasi sesuai dengan panjang gelombang yang diserapnya, cara bervibrasinya ada dua yaitu vibrasi ulur dan vibrasi tekuk. Kedua vibrasi ini dapat dieksitasi oleh sinar dengan panjang bilangan gelombang tertentu, jumlah gelombang per satuan panjang berada dalam kisaran rentang nilai 1200-1400 cm^{-1} .

Sulistiyani & Huda (2017) menyebutkan bahwa metode ini merupakan suatu metode yang cukup sederhana, karena persiapan sampelnya mudah dan dapat digunakan dalam berbagai fasa (padat, cair, maupun gas). Dasar dari metode ini yaitu adanya perbedaan dari penyerapan radiasi infra merah oleh molekul pada suatu materi, adsorpsi yang terjadi pada materi dapat terjadi jika adanya kesesuaian antara frekuensi radiasi dengan frekuensi vibrasi dan perubahan momen dipol selama bervibrasi dari molekul tersebut. Instrumen ini dapat digunakan untuk memprediksi struktur dari suatu senyawa.

Seluruh gugus fungsi dalam senyawa organik mempunyai bilangan gelombang pada serapan khusus didaerah tertentu, sehingga setiap senyawa memiliki panjang gelombang yang khas. Daerah tersebut dikenal dengan jenis gugus fungsi dalam suatu senyawa, sedangkan serapan sinarnya disebut dengan adsorpsi yang khas. Analisa dengan instrumen ini dapat membuktikan bahwa suatu senyawa yang kita buat melalui jalur sintesis memiliki kesamaan dengan senyawa induk (secara kualitatif).

c. Surface Area Analyzer (SAA)



Gambar 2. 10 Cara Kerja Instrumentasi SAA

(Zulichatun S dkk, 2015)

Instrumen ini merupakan salah satu instrumen yang sering digunakan untuk karakterisasi suatu material. Fungsi dari alat ini sendiri ialah untuk menentukan luas permukaan pada material yang digunakan, volume pori dari material tersebut, dan diameternya (Kusumaningtyas, 2017). Metodenya lebih dikenal dengan istilah BET, karena metode ini pertama kali ditemukan oleh Brunaur, Emmett, dan Teller pada tahun 1938.

Prinsip kerjanya dengan menggunakan mekanisme adsorpsi gas, biasanya gas ini berupa argon, helium, dan nitrogen. Sampel yang dibutuhkan dengan instrumen ini tergolong sangat rendah. Sampel yang digunakan hanyalah sedikit, yakni cukup sekitar 0,01 gram hingga 0,1 gram. Persiapan

sampelnya dilakukan dengan cara menghilangkan kotoran dengan menggunakan gas-gas yang terserap. Alat itu dapat digunakan untuk mengukur jumlah gas yang dapat diadsorpsi oleh permukaan padatan pada suhu dan tekanan yang sudah ditentukan. Teori ini merupakan kelanjutan dari teori langmuir, dimana pada teori langmuir menjelaskan tentang teori adsorpsi molekul yang bersifat monolayer sedangkan pada instrumen ini adsorpsinya menjadi multilayer. Larutan yang digunakan biasanya berupa air (Matari, 2011).

B. Kajian Pustaka

Kulit pisang kepek dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion logam berat yang berlebih pada daerah perairan, karena adanya gugus karbonil (CO) dan hidroksil (OH) didalamnya. Penambahan senyawa polivinil alkohol sulfonasi dalam kulit pisang kepek tersebut bertujuan untuk meningkatkan kemampuan penyerapan pada adsorben yang akan digunakan, sehingga nantinya adsorben tersebut mampu menyerap adsorbat secara maksimal.

Pada penelitian Winda et al (2014) menyatakan bahwa biomasa tongkol jagung yang ditambahkan dengan senyawa polivinil alkohol sulfonasi dapat digunakan sebagai

adsorben untuk menyerap ion logam Pb (II) dalam lingkungan perairan. Penelitian ini menunjukkan bahwasanya modifikasi secara kimia sangatlah diperlukan, karena dapat meningkatkan karakteristik dari adsorben tongkol jagung. Kondisi optimum tercapai pada konsentrasi 20 ppm, waktu kontak 30 menit, dan pH 6. Kelebihan dari penelitian ini yaitu daya adsorbnya tinggi, yakni sebesar 100% dan instrumentasi yang digunakan cukup spesifik, diantaranya SAA, FTIR, dan AAS. Sedangkan kekurangan dari penelitian ini yaitu tidak disebutkan metode isoterm adsorpsi dan kinetika adsorpsi yang terjadi, serta berapa nilai kapasitas adsorpsinya.

Pada penelitian Wardani & Wulandari (2018) menyatakan bahwa kulit pisang kepok yang diaktivasi dengan asam nitrat dapat mengikat ion Pb^{2+} dalam air, presentase jumlah logam yang terserapsi sebesar 41.779%. Kelebihan dari penelitian ini yaitu disebutkan isoterm adsorpsinya dan model kinetika, serta disebutkan pula berapa besarnya nilai kapasitas dari adsorpsinya. Kinetika adsorpsi kulit pisang kepok dalam mengikat ion logam Pb (II) mengikuti model persamaan kinetika pseudo pseudo orde 2 dan isoterm adsorpsinya mengikuti model adsorpsi freundlich. Sedangkan kekurangan dalam penelitian ini yaitu alat yang digunakan kurang spesifik, peneliti hanya

menggunakan AAS dan FTIR saja sehingga tidak diketahui luas permukaan dari adsorben yang digunakan.

Pada penelitian ini peneliti mengkombinasikan antara limbah kulit pisang kepok dengan senyawa polivinil alkohol sulfonasi, menggunakan 3 instrumentasi (FTIR, AAS, dan SAA) untuk mengetahui karakteristik dari adsorben yang digunakan, serta menyebutkan jenis isoterm adsorpsi yang dilengkapi dengan model kinetika adsorpsinya, menghitung besarnya ion logam yang berhasil terserap oleh permukaan adsorben, dan menentukan besarnya nilai kapasitas dari adsorpsinya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Ayakan 150 mesh, peralatan gelas seperti gelas beker 100 mL, labu ukur 1000 mL, labu ukur 250 mL, kaca arloji, cawan petri, spatula, kertas saring, pipet ukur 1 mL dan 2 mL, pipet gondok 5 mL dan 10 mL, kaca arloji, pengaduk magnet, pH indikator, *magnetic stirrer*, stopwatch, neraca analitik, oven, *hot plate*. Peralatan instrumentasi yang digunakan meliputi *Fourier Transmisi Infra Red* (FTIR) merk Perkin Elmer tipe *Analys Spektrum 100*, *Surface Area Analyzer* (SAA) merk Nova 1200 Equantachrome, dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merk Perkin Elmer tipe *Analys Spektrum 200*.

2. Bahan

Kulit Pisang Kepok, aquades, larutan H_2SO_4 11 M (Merck), padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Merck), larutan HNO_3 pekat (Merck), larutan NaOH 10% (Merck), dan padatan PVA (Polivinil Alkohol) teknis.

B. Metode dan Analisa Data

1. Pembuatan Adsorben Kulit Pisang Kepok

Pembuatannya diawali dengan pemilihan limbah kulit pisang kepok yang sekiranya masih layak untuk dimanfaatkan, setelah itu dicuci hingga bersih dan dibilas dengan aquades, lalu dijemur dibawah terik matahari selama 7 hari. Kulit pisang yang sudah kering kemudian dipotong kecil-kecil lalu dihaluskan dengan menggunakan blender, setelah itu diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 150 mesh. Serbuk kulit pisang inilah yang nantinya akan dikarakterisasi dengan menggunakan instrumentasi berupa FTIR dan SAA.

2. Pembuatan Adsorben KPK-PVA Tersulfonasi

Padatan polivinil alkohol ditimbang sebanyak 1 gram, lalu dilarutkan dalam 10 mL air panas. Ditambahkan 10 tetes H_2SO_4 11 M secara perlahan, dipanaskan pada suhu $60^{\circ}C$ dan diaduk pada kecepatan 250 min^{-1} , setelah terbentuk sebuah gel lalu dimasukkan 1 gram kulit pisang kepok secara perlahan hingga terbentuklah sebuah pasta yang homogen. Pasta yang sudah homogen dipindahkan kedalam cawan petri dan diratakan permukaannya kemudian dikeringkan pada suhu ruang ($30^{\circ}C$) lalu dipotong kecil-kecil, setelah itu dikarakterisasi dengan menggunakan instrumentasi FTIR dan SAA.

3. Optimasi Penyerapan Cu (II) Oleh Adsorben

Berat adsorben kulit pisang kepok-polivinil alkohol tersulfonasi yang digunakan sebanyak 2,45 gram.

a. Waktu Kontak

Adsorben yang digunakan sebanyak 2,45 gram, lalu ditambahkan dengan larutan Cu^{2+} sebanyak 50 mL dengan konsentrasi 20 ppm. Diaduk dengan kecepatan 250 min^{-1} menggunakan variasi waktu 30-120 menit dengan interval waktu 30 menit dan pH 5-6, setelah itu disaring dengan menggunakan kertas saring dan hasil dari penyaringan (filtrat) tersebut kemudian diuji dengan menggunakan AAS. Data yang diperoleh dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 untuk mengetahui besarnya nilai dari kapasitas adsorpsinya dan persamaan 2.10 untuk mengetahui jumlah persentase ion logam yang berhasil terserap, kemudian untuk mengetahui model kinetika adsorpsinya dapat dihitung melalui persamaan 2.6 untuk kinetika pseudo orde pertama dan 2.8 untuk kinetika pseudo orde kedua.

b. Konsentrasi

Adsorben yang digunakan sebanyak 2,45 gram, lalu ditambahkan 50 mL larutan Cu^{2+} dengan variasi konsentrasi sebesar 5, 10, 15, dan 20 ppm. Diaduk

dengan kecepatan 250 min^{-1} selama 60 menit dan pH 5-6, setelah itu disaring dengan menggunakan kertas saring dan hasil dari penyaringan (filtrat) tersebut kemudian diuji dengan menggunakan AAS. Data yang diperoleh dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 untuk mengetahui besarnya nilai dari kapasitas adsorpsinya dan persamaan 2.10 untuk mengetahui jumlah persentase ion logam yang berhasil terserap, kemudian untuk mengetahui jenis model isoterm adsorpsi yang sesuai pada percobaan yang telah dilakukan dapat dihitung melalui persamaan 2.2 untuk isoterm adsorpsi freundlich dan 2.3 untuk isoterm adsorpsi langmuir.

c. pH

Adsorben yang digunakan sebanyak 2,45 gram, lalu ditambahkan dengan larutan Cu^{2+} sebanyak 50 mL dengan konsentrasi 20 ppm dan divariasi pHnya sebesar 2, 4, 6, dan 8. Diaduk dengan menggunakan waktu optimum yang sudah diuji, setelah itu disaring dengan menggunakan kertas saring dan hasil dari penyaringan (filtrat) tersebut kemudian diuji dengan menggunakan AAS. Data yang diperoleh dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 untuk mengetahui besarnya nilai dari kapasitas adsorpsinya

dan persamaan 2.10 untuk mengetahui jumlah persentase ion logam yang berhasil terserap.

C. Karakterisasi

Pada penelitian ini sifat fisika dan kimia pada adsorben Kulit Pisang Kepok (KPK) yang ditambahkan dengan senyawa Polivinil Alkohol (PVA) Tersulfonasi dianalisis dengan menggunakan instrumentasi *Surface Area Analyzer* (SAA) dan spektrofotometri *Fourier Transmisi Infra Red* (FTIR), uji instrumentasi ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang (UNNES). Spektrofotometri *Fourier Transmisi Infra Red* (FTIR) digunakan untuk mengetahui adanya gugus fungsi yang ada pada adsorben tersebut dan instrumentasi *Surface Area Analyzer* (SAA) digunakan untuk mengetahui luas permukaan adsorben, total volume pori, serta rata-rata pori yang ada pada adsorben tersebut (Winda et al., 2014).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan tentang hasil penelitian dan pembahasan dari pemanfaatan limbah kulit pisang kepok yang ditambahkan dengan senyawa polivinil alkohol sulfonasi guna menyerap ion logam Cu (II) berlebih pada lingkungan perairan. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yakni pemilihan limbah kulit pisang kepok yang masih layak untuk digunakan, pembuatan adsorben kulit pisang kepok dengan polivinil alkohol sulfonasi, karakterisasi adsorben dengan menggunakan beberapa instrumentasi, dan pengaplikasiannya dengan limbah ion logam Cu (II). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik dari adsorben KPK-PVA Tersulfonasi dan efektivitas adsorben KPK-PVA Tersulfonasi dalam menyerap ion logam Cu (II) sebagai adsorbatnya.

A. Pembuatan Adsorben

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Walisongo Semarang, pada tanggal 27 Juli 2020 sampai dengan 18 Februari 2021. Bahan dasar yang digunakan berupa kulit pisang kepok, kulit pisang kepok yang digunakan berasal dari limbah penjual gorengan yang berada di daerah Beringin Lestari, lokasinya di depan Indomart. Kulit pisang kepok yang didapatkan dipilah dan

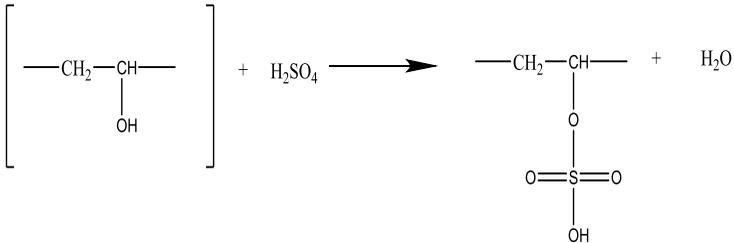
dicuci terlebih dahulu kemudian dikeringkan, pengeringan ini dilakukan dibawah sinar matahari selama 7 hari guna menghilangkan kadar air yang ada di dalam kulit pisang tersebut. Kulit pisang yang sudah dikeringkan kemudian dihaluskan terlebih dahulu lalu diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 150 mesh, tujuan dari pengayakan ini yaitu untuk memperoleh bentuk ukuran partikel yang seragam dengan luas permukaan yang besar.

Pada penelitian Wan Ngah et al (2004) menyebutkan bahwa penambahan senyawa polivinil alkohol pada kitosan akan memiliki sifat kimia yang baik, karena PVA merupakan suatu polimer sintesis yang tidak beracun, mudah larut di air, bersifat biokompatibel dan biodegradabel, serta memiliki kekuatan tarik yang tinggi, selain itu senyawa ini dapat digunakan sebagai agen perekat dan bersifat porogenitas (Elqudsy et al., 2015).

Penambahan senyawa polivinil alkohol tersulfonasi pada adsorben kulit pisang kepok bertujuan untuk meningkatkan daya adsorpsinya dalam menyerap adsorbat yang berupa ion logam Cu (II), hal ini dikarenakan adanya gugus reaktif didalamnya. Senyawa ini merupakan sebuah resin penukar ion yang dapat diperoleh dengan cara mereaksikan larutan polivinil alkohol dengan senyawa asam sulfat pekat berkonsentrasi 11 M, gugus reaktif yang

terkandung dalam senyawa ini berupa OH, COOH, dan HSO₃H (Winda et al., 2014).

Mekanisme reaksi yang terjadi:



Gambar 4. 1 Mekanisme Reaksi PVA dengan Asam Sulfat

Penambahan senyawa polivinil alkohol tersulfonasi pada adsorben kulit pisang kepok akan meningkatkan muatan negatif yang ada pada adsorben tersebut, karena nantinya gugus OH yang ada pada senyawa polivinil alkohol akan berikatan dengan gugus SO₃H, gugus inilah yang akan berperan sebagai penukar ion.

Reaksi sulfonasi sendiri yaitu suatu reaksi dengan tipe substitusi elektrofilik, sehingga apabila ada suatu atom yang cenderung bersifat elektronegatif maka nantinya akan tertarik dengan atom yang bersifat sama (sulfur) kemudian atom tersebut akan menjadi pusat elektrofil. Reaksinya akan mudah berlangsung apabila ada senyawa seperti -Cl, -NH₂, -OH, dan -SH, hal ini dikarenakan gugus-gugus tersebut dapat meningkatkan kerapatan dari muatan elektron yang ada (Gustian et al., 2016).

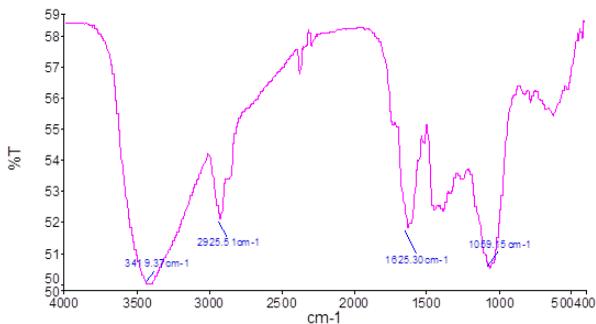
Dari hasil percobaan yang telah dilakukan membuktikan bahwasanya memodifikasi adsorben secara kimiawi dapat meningkatkan jumlah persentase ion logam yang terserap. Pada adsorben kulit pisang kepok memiliki kemampuan yang kurang baik jika dilakukan pada konsentrasi yang tinggi, karena adsorben kulit pisang kepok hanya mampu digunakan untuk menyerap adsorbat dalam konsentrasi yang rendah. Jumlah persentase penyerapan ion logam Cu (II) dengan adsorben kulit pisang kepok terus menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi, namun setelah dimodifikasi dengan senyawa polivinil alkohol tersulfonasi adsorben ini mampu menyerap ion logam Cu (II) sebanyak 99,505% dengan konsentrasi yang cukup besar yakni 20 ppm. Hal ini menandakan bahwasanya penambahan senyawa PVA Tersulfonasi pada adsorben KPK sangatlah diperlukan, sehingga pada penelitian ini peneliti memilih adsorben yang termodifikasi untuk berlanjut ketahap selanjutnya.

B. Karakterisasi Adsorben

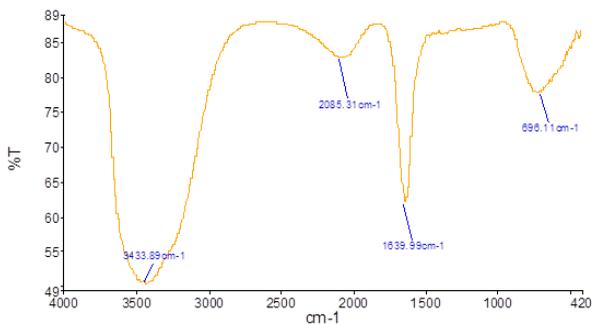
1. FTIR

Analisis dengan menggunakan instrumentasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) bertujuan untuk mengetahui adanya berbagai macam gugus fungsi yang terdapat didalam adsorben kulit pisang kepok dan kulit

pisang kepok-polivinil alkohol tersulfonasi. Hasil karakterisasi FTIR dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4. 2 Spektra FTIR Adsorbent KPK



Gambar 4. 3 Spektra FTIR Adsorbent KPK-PVA
Tersulfonasi

Dari Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan adanya vibrasi ulur OH pada serapan panjang bilangan gelombang 3419,37 cm⁻¹ sampai 3433,89 cm⁻¹ yang ditandai dengan adanya pita tajam dan melebar, pada panjang bilangan gelombang 2925,51 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi

ulur CH alkana yang ditandai dengan adanya pita sedang. Pada panjang bilangan gelombang $1625,30\text{ cm}^{-1}$ dan $1639,99\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi OH bengkok yang ditandai dengan adanya pergeseran pita serapan yang semula sedang menjadi sedikit tajam. Pada panjang bilangan gelombang $1059,15\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan antara OH dengan karbon, yang ditandai adanya pita serapan yang cukup tajam dan jenis vibrasinya berupa vibrasi ulur C-O (Socrates, 2001).

Penambahan senyawa polivinil alkohol tersulfonasi pada adsorben kulit pisang kepok menyebabkan adanya gugus fungsi baru, yakni berupa gugus sulfonat yang muncul pada serapan bilangan gelombang $696,11\text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi ini ditandai dengan serapan sedang yang menunjukkan adanya SO_2 dengan jenis vibrasinya berupa vibrasi bengkok (Socrates, 2001).

2. SAA

Analisis dengan menggunakan instrumentasi *Surface Area Analyzer* (SAA) bertujuan untuk mengetahui seberapa besarnya luas permukaan beserta ukuran total volume pori, dan rata-rata pori yang ada pada adsorben kulit pisang kepok dan kulit pisang kepok-polivinil alkohol tersulfonasi. Hasil karakterisasinya dapat terlihat dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Karakterisasi Adsorben KPK dan KPK-PVA Sulfonasi

Hasil	Adsorben	
	KPK	KPK-PVA Sulfonasi
Luas Permukaan (m ² /g)	5,549	5,887
Rata-Rata Pori (Å)	23,72	14,45
Total Volume Pori (cc/g)	6,583.10 ⁻³	2,100.10 ⁻³

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa adsorben kulit pisang kepok dan kulit pisang kepok-polivinil alkohol sulfonasi mengalami perubahan mulai dari bertambahnya luas permukaan, menurunnya rata-rata pori, dan total volume porinya. Kenaikan luas permukaannya mencapai 5,74% sedangkan penurunan rata-rata porinya sebesar 39,08% dan untuk penurunan total volume porinya sebesar 68,09%.

Berdasarkan hasil analisa tersebut dapat diketahui bahwa adsorben kulit pisang kepok yang ditambahkan dengan senyawa polivinil alkohol tersulfonasi lebih baik jika dibandingkan dengan adsorben yang berasal dari kulit pisang kepok saja, karena terjadi perubahan peningkatan pada luas permukaannya. Senyawa polivinil alkohol tersulfonasi dapat meningkatkan gugus hidroksil (OH) dan sulfonat (SO₃H) pada adsorben, hal

itulah yang dapat menyebabkan terjadinya pergeseran luas permukaan (Winda et al., 2014), selain itu senyawa ini juga bersifat sebagai agen perekat dan porogenitas (Elqudsy et al., 2015) sehingga dapat menyebabkan penurunan total volume pori dan rata-rata porinya.

C. Optimasi

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui data efektivitas dari adsorben kulit pisang kepok-polivinil alkohol tersulfonasi dalam menyerap limbah yang berupa ion logam Cu (II). Penentuan kondisi optimum dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter yang ada, seperti konsentrasi, waktu kontak, dan pH.

1. Parameter Konsentrasi

Optimasi dari parameter konsentrasi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimumnya, serta mengetahui bagaimana pengaruh dari penambahan konsentrasi terhadap perubahan jumlah molekul adsorbat yang berhasil terserap oleh permukaan adsorben KPK-PVA Tersulfonasi yang digunakan.

Variasi konsentrasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm dengan suhu 30°C dan kecepatan pengadukannya sebesar 250 min⁻¹. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh data peningkatan jumlah persentase ion

logam Cu (II) yang terserap seiring dengan adanya penambahan konsentrasi, hal itu dapat terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi

Semakin besar konsentrasi larutan adsorbat, maka akan semakin besar pula jumlah ion logam yang ada di dalamnya. Hal ini menyebabkan semakin banyaknya jumlah molekul ion yang akan berinteraksi dengan permukaan adsorben, sehingga peluang terserapnya molekul adsorbat akan semakin besar. Adanya interaksi elektrostatik yang terjadi antara permukaan adsorben dengan ion logam yang ada maka akan semakin besar pula jumlah persentase ion logam yang terserap seiring dengan bertambahnya jumlah konsentrasi dari adsorbat yang digunakan (Winda et al., 2014).

Konsentrasi optimum pada penelitian ini yaitu 20 ppm, namun konsentrasi ini belum bisa dikatakan sebagai konsentrasi optimum apabila menggunakan

konsentrasi lain yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan jumlah presentase ion Cu (II) yang terserap semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi dari larutan tersebut. Jumlah persentase ion Cu (II) yang terserap terus bertambah seiring dengan adanya penambahan konsentrasi dari adsorbat yang digunakan, sedangkan untuk nilai dari kapasitas adsorpsinya sendiripun masih terus meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Besarnya nilai kapasitas adsorpsi dan jumlah persentase ion logam Cu (II) yang terserap dapat dilihat dalam Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi dan % Cu

C_o (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	% R
5	2.174	0.058	56.520
10	3.526	0.132	64.740
15	0.078	0.304	99.480
20	0.099	0.406	99.505

Model isoterm adsorpsi digunakan untuk mendeskripsikan distribusi molekul yang terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben pada saat mencapai waktu kesetimbangannya (Ansari et al., 2016). Kapasitas adsorpsi maksimum merupakan suatu intensitas adsorpsi dari adsorbat dengan permukaan adsorben, potensi adsorpsi dari adsorben dapat digambarkan dengan menggunakan isoterm adsorpsi

langmuir dan isoterm adsorpsi freundlich (Anwar et al., 2010).

Isoterm adsorpsi dengan menggunakan adsorben KPK-PVA Tersulfonasi dalam larutan ion Cu (II) dapat terlihat pada Tabel 4.3. Dari tabel tersebut dapat ditemukan bahwa isoterm adsorpsi freundlich memberikan kesesuaian yang lebih baik jika dibandingkan dengan isoterm adsorpsi langmuir, karena nilai R^2 yang mendekati 1 lebih disukai. Hal ini menggambarkan bahwa interaksi yang terjadi antara ion logam Cu (II) dengan permukaan adsorben berupa adsorpsi fisik, jenis ikatan antar molekulnya adalah gaya van der Waals karena molekul adsorbat yang terikat dengan permukaan adsorben cukup lemah sehingga sangat mudah untuk tergantikan dengan molekul yang lain.

Persamaan isoterm adsorpsi freundlich digunakan pada permukaan situs adsorben yang bersifat heterogen dengan distribusi energi yang seragam, interaksi yang terjadi antara molekul adsorbat dengan adsorben berupa interaksi fisika (Rangabhashiyam et al., 2014). Selain itu persamaan ini juga digunakan untuk mendeskripsikan adanya jenis interaksi antara molekul yang terserap memberi cakupan permukaan yang tak

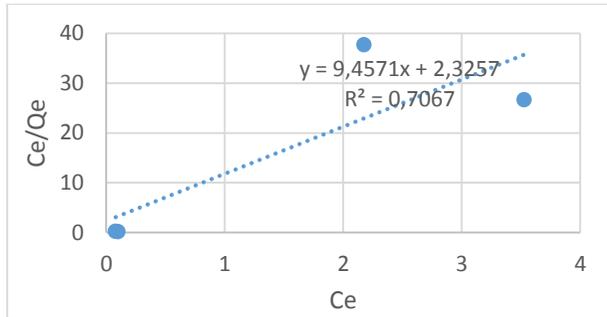
terbatas atau yang biasa disebut dengan adsorpsi multilayer (Ansari et al., 2016). Menurut Vilardi et al (2018) K_f merupakan suatu konstanta yang mewakili kapasitas, sedangkan rata-rata adsorpsi yang disukai cenderung mempunyai nilai konstanta n sebesar 1 sampai dengan 10, nilai n yang lebih besar maupun lebih kecil dari $1/n$ menunjukkan adanya interaksi yang cukup kuat (Gautam et al., 2014). Namun penggambaran dari model isoterm adsorpsi saja tidak cukup untuk menjelaskan bagaimana sistem distribusi molekul yang terjadi antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat, sehingga diperlukan parameter lain seperti adanya perubahan temperatur untuk mengetahui berapa besarnya energi adsorpsi yang terjadi. Dari energi adsorpsi itulah yang dapat digunakan untuk mengetahui jenis adsorpsi (kimia atau fisika) apa yang sesuai pada penelitian tersebut.

Tabel 4. 3 Isoterm Adsorpsi Cu (II) dengan Adsorben

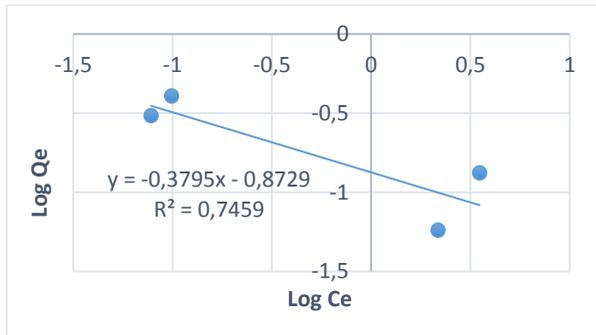
Langmuir			Freundlich		
Q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	N	K_f (min^{-1})	R^2
0,4299	0,2459	0,7067	-2,635	0,1339	0,7459

Pada Gambar 4.5 merupakan bentuk linear dari persamaan isoterm adsorpsi langmuir yang didapat dengan memplotkan C_e vs C_e/Q_e , sedangkan pada

Gambar 4.6 merupakan bentuk linear dari persamaan isoterm adsorpsi freundlich yang didapatkan dengan memplotkan $\log C_e$ vs $\log Q_e$ (Wan Ngah et al., 2004).



Gambar 4. 5 Grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir

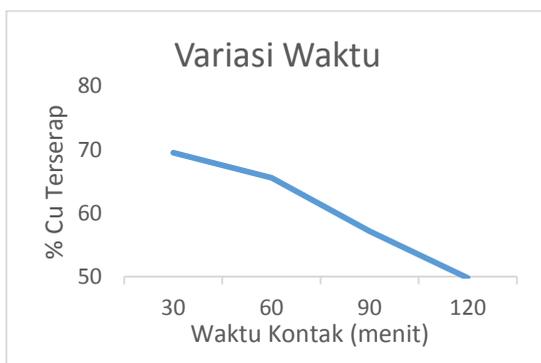


Gambar 4. 6 Grafik Isoterm Adsorpsi Freundlich

2. Pengaruh Waktu Kontak

Optimasi dari parameter waktu kontak dilakukan untuk mengetahui waktu optimumnya dalam menyerap adsorbat, serta bagaimana pengaruh dari penambahan waktu terhadap perubahan jumlah molekul adsorbat yang berhasil terserap oleh adsorben yang digunakan.

Variasi waktu yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit dengan suhu 30°C dan kecepatan pengadukannya sebesar 250 min⁻¹. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh data penurunan jumlah persentase ion logam Cu (II) yang terserap seiring dengan penambahan waktu kontak dan berkurangnya nilai dari kapasitas adsorpsi yang terjadi, hal itu dapat terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Variasi Waktu

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi banyaknya jumlah molekul adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin banyak interaksi maka akan semakin besar jumlah molekul adsorbat yang berhasil terserap, namun waktu kontak yang melebihi waktu optimum akan menyebabkan

terjadinya peristiwa desorpsi (Winda et al., 2014). Menurut Fatriasari et al (2018) desorpsi merupakan suatu peristiwa yang berkebalikan dengan adsorpsi, arti dari desorpsi sendiri yaitu pelepasan adsorbat dari permukaan adsorben yang digunakan.

Dalam penelitian ini waktu optimumnya adalah 30 menit, hal itu dapat terlihat pada Gambar 4.7. Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa setelah waktu kontak 30 menit jumlah persentase ion logam Cu (II) yang terserap menurun secara perlahan, sehingga dapat dikatakan bahwa setelah 30 menit interaksi yang terjadi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben mengalami peristiwa desorpsi, karena telah mencapai titik jenuh pada sistem kesetimbangannya (Olufemi & Eniodunmo, 2018). Penurunan jumlah persentase ion logam Cu(II) yang terserap secara berturut-turut yakni 69%, 65%, 57%, dan 48%, sedangkan untuk besarnya nilai dari kapasitas adsorpsinya dapat terlihat dalam Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi dan %Cu

t (menit)	C _o (mg/L)	C _e (mg/L)	Q _t (mg/gr)	% R
30'	19,650	5,991	0,279	69,511
60'	19,650	6,769	0,263	65,552
90'	19,650	8,416	0,229	57,170
120'	19,650	9,866	0,199	49,791

Sayangnya jumlah persentase ion logam Cu (II) yang terserap tidak sebanyak pada saat melakukan percobaan optimasi variasi konsentrasi dan pH, jumlah persentase yang menurun dapat disebabkan karena beberapa hal contohnya seperti hadirnya pengotor atau senyawa lain yang tidak diinginkan, sehingga nantinya senyawa tersebut akan berinteraksi dengan permukaan adsorben yang ada. Hadirnya senyawa ini dapat mempengaruhi interaksi yang seharusnya terjadi antara adsorbat dengan permukaan adsorben.

Menurut Amaria et al (2014) ada beberapa kerusakan pada sampel yang mungkin terjadi, diantaranya kerusakan fisik, biologi, dan kimia. Kerusakan kimia pada sampel disebabkan karena adanya beberapa faktor seperti suhu penyimpanan, oksigen yang dapat mempercepat terjadinya reaksi oksidasi, pH yang mempengaruhi perubahan warna, dan logam yang menjadi prekursor.

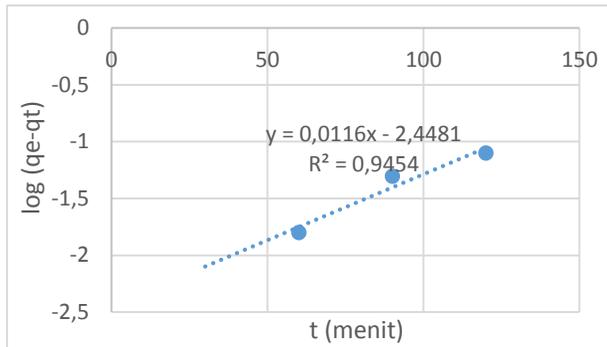
Tabel 4. 5 Kinetika Adsorpsi Cu (II) dengan Adsorben

Pseudo Pseudo orde 1			Pseudo Pseudo orde 2		
Q_{\max} (mg/g)	K_1 (min ⁻¹)	R^2	Q_{\max} (mg/g)	K_2 (min ⁻¹)	R^2
0,0035	0,0267	0,9454	0,1824	-0,3815	0,9859

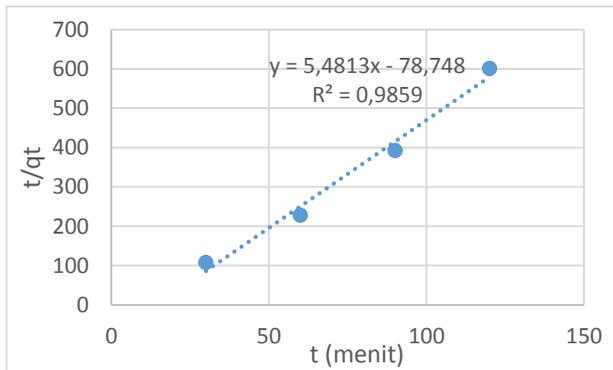
Kinetika adsorpsi dengan menggunakan adsorben KPK-PVA Tersulfonasi dalam larutan ion Cu (II) dapat terlihat pada Tabel 4.5. Dari tabel tersebut dapat ditemukan bahwa pseudo orde kedua memberikan kesesuaian yang lebih baik jika dibandingkan dengan pseudo orde pertama, karena nilai R^2 yang mendekati 1 lebih disukai. Pseudo orde kedua mengasumsikan bahwa laju adsorpsi dari zat terlarut sebanding dengan situs yang tersedia pada adsorben yang digunakan, selain itu laju reaksinya bergantung pada jumlah zat terlarutnya (William Kajjumba et al., 2019).

Menurut Li et al (2016) model pseudo orde pertama mengasumsikan bahwa laju adsorpsi dikendalikan oleh difusi adsorbat, sedangkan pseudo orde kedua mengasumsikan bahwa langkah pembatasan laju merupakan penyerapan kimia yang melibatkan gaya ikatannya melalui pertukaran elektron antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Namun William Kajjumba et al (2019) menyatakan bahwa persamaan pseudo orde pertama maupun pseudo orde kedua tidak dapat menjelaskan bagaimana difusi yang terjadi didalamnya, sehingga sebelum membuat kesimpulan tentang mekanismenya alangkah baiknya jika menyelidiki model difusinya terlebih dahulu.

Pada Gambar 4.8 merupakan bentuk linear dari persamaan kinetika pseudo orde pertama yang didapat dengan memplotkan t vs $\log Q_e - Q_t$, sedangkan pada Gambar 4.9 merupakan bentuk linear dari persamaan kinetika pseudo orde kedua yang didapatkan dengan memplotkan t vs t/Q_t (Wan Ngah et al., 2004).



Gambar 4. 8 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 1

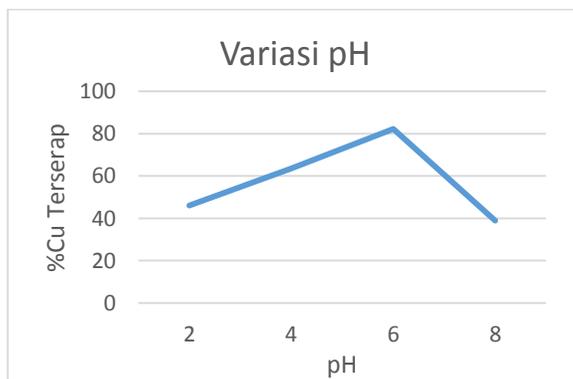


Gambar 4. 9 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde 2

3. Pengaruh pH

Optimasi dari parameter pH dilakukan untuk mengetahui pada pH berapa optimumnya, serta bagaimana pengaruh dari adanya penambahan pH terhadap perubahan jumlah molekul adsorbat yang berhasil terserap oleh permukaan adsorben yang digunakan.

Variasi pH yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 2, 4, 6, dan 8 dengan suhu 30°C dan kecepatan pengadukannya sebesar 250 min^{-1} . Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh data peningkatan jumlah ion logam yang berhasil terserap seiring dengan bertambahnya pH larutan (dari pH 2-6) namun mengalami penurunan yang cukup signifikan pada pH 8, hal itu dapat terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik Pengaruh Variasi pH

Tabel 4. 6 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi dan % Cu

pH	C _o (mg/L)	C _e (mg/L)	Q _e (mg/gr)	% R
2	19,650	10,670	0,184	46,005
4	19,650	7,159	0,255	63,567
6	19,650	3,511	0,329	82,132
8	19,650	12,010	0,156	38,880

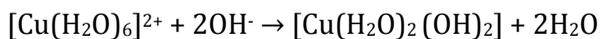
Menurut Abdel Salam et al (2011) pH larutan memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada proses penyerapan ion logam, hal ini dikarenakan pH larutan yang digunakan akan menentukan besarnya muatan permukaan pada adsorben yang digunakan, derajat ionisasi, dan spesiasi dari adsorbat tersebut. Pada Tabel 4.6 dapat diketahui berapa besarnya jumlah ion logam yang terserap dan kapasitas adsorpsinya.

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa semakin tinggi pH maka akan semakin besar jumlah ion logam yang akan terserap, namun hal itu hanya berlaku dalam suasana asam saja (pada pH 2-6). Ion logam Cu (II) akan mengendap sebagai senyawa Cu(OH)₂ jika berada pada pH diatas pH 6, sehingga penyisihannya sudah tidak sempurna (Arunakumara et al., 2013). Hal ini didukung oleh Shafaghat et al (2012) yang menyatakan bahwa pada nilai pH yang tinggi adsorpsi akan berkurang karena presipitasi yang tinggi, adanya pertukaran ion, dan pembentukan senyawa logam hidroksida.

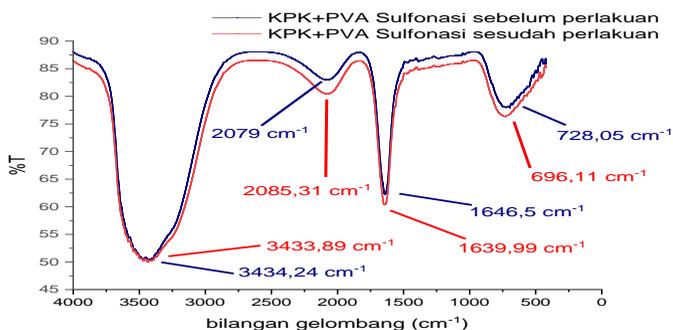
Konsentrasi H^+ yang tinggi dalam larutan dapat menyebabkan terhalangnya tolakan elektrostatis yang seharusnya terjadi antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat, karena pada konsentrasi yang tinggi akan memprotonasi permukaan adsorben sehingga situs aktifnya tidak dapat berinteraksi dengan ion logam yang ada (Wang et al., 2017).

Pada pH yang rendah ion H_3O^+ akan bersaing dengan ion untuk mengikat gugus aktif yang ada pada permukaan adsorben, sedangkan pada pH yang tinggi ion Cu^{2+} akan mengendap menjadi senyawa $Cu(OH)_2$ (Hossain et al., 2012). Penurunan daya serap yang terjadi disebabkan oleh mobilitas dan konsentrasi H^+ yang tinggi, karena ion H^+ yang terserap lebih banyak sehingga terjadilah suatu pengendapan dan terbentuklah senyawa baru (Kumari, 2017).

Pengendapan ion Cu^{2+} dimulai pada pH 6, hal ini dikarenakan nilai $Q_{sp} > K_{sp}$. Besarnya nilai Q_{sp} pada pH 6 yaitu $3,1496 \cdot 10^{-20}$ sedangkan nilai K_{sp} dari $Cu(OH)_2$ sebesar $2,2 \cdot 10^{-20}$, sehingga pada pH 8 persentase ion logam yang terserap menurun. Menurut Sadeek et al (2015) reaksi pengendapannya :



4. Adsorpsi Ion Logam Cu (II)



Gambar 4. 11 Karakterisasi Adsorben Sebelum dan Setelah Perlakuan Kondisi Optimum

Berdasarkan hasil karakterisasi adsorben dengan menggunakan instrumentasi spektroskopi FTIR yang terlihat pada Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa tidak adanya pergeseran bilangan gelombang yang signifikan, selain itu tidak ditemukan pula adanya gugus fungsi lain setelah adsorben KPK-PVA Tersulfonasi digunakan untuk menyerap ion logam Cu (II) pada perlakuan kondisi optimum yang sudah dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwasanya adsorpsi yang terjadi antara permukaan adsorben KPK-PVA Tersulfonasi dengan ion logam Cu (II) berupa adsorpsi fisik, dimana molekul adsorbat yang ada hanya terperangkap pada permukaan atau pori-pori adsorben namun tidak membentuk ikatan yang baru, sehingga tidak ada perbedaan gugus fungsi.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Karakteristik dari adsorben kulit pisang kepok dan kulit pisang kepok-polivinil alkohol tersulfonasi secara fisik yang terlihat dengan kasat mata sangatlah berbeda, hal ini dibuktikan dengan hasil dari uji instrumentasi menggunakan SAA dan spektrofotometri FTIR yang menyatakan bahwa modifikasi secara kimiawi dapat menambah gugus fungsi dan luas permukaan pada adsorben. Gugus fungsi pada adsorben ini diantaranya OH, S=O, C-O, dan CH alkana.
- b. Jumlah persentase ion logam Cu (II) yang terserap pada keadaan optimumnya yakni sebesar 95,505%.
- c. Model kinetika yang lebih disukai dalam penelitian ini yaitu kinetika pseudo orde kedua dengan nilai $K_2 = -0,3815$, $Q_e = 0,1824$, dan $R^2 = 0,9859$ sedangkan untuk jenis isoterm adsorpsinya berupa isoterm adsorpsi freundlich dengan nilai $K_f = 0,13399$, $n = -2,635$, dan $R^2 = 0,746$.

- d. Kondisi optimum yang diperoleh yaitu pada konsentrasi Cu (II) sebesar 20 ppm, dengan waktu kontak selama 30 menit dan pH 6.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengkaji kembali tentang kondisi optimumnya seperti adanya pengaruh dari perubahan suhu, kecepatan pengadukan, dan waktu kontak jika dibawah 30 menit sehingga dapat diketahui kondisi optimum yang lebih baik. Dari kondisi optimum tersebut dapat digunakan untuk menghitung besarnya energi adsorpsi (dari variasi suhu), menentukan model isoterm yang sesuai dengan penelitian ini (dari variasi konsentrasi), dan menentukan model kinetika adsorpsi yang sesuai dengan penelitian ini (dari variasi waktu kontak). Selain itu karakterisasi dengan menggunakan instrumentasi *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM EDS) juga disarankan guna melihat bentuk morfologi atau topografi dari sampel yang digunakan, serta mengetahui adanya berbagai unsur dan sebarannya yang terdapat di dalam sampel tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel Salam, O. E., Reiad, N. A., & ElShafei, M. M. (2011). A study of the removal characteristics of heavy metals from wastewater by low-cost adsorbents. *Journal of Advanced Research*, 2(4), 297–303.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2011.01.008>
- Ahmad, F. (2013). *Dampak Aktivitas Perkotaan dan Penambangan Nikel Terhadap Tingkat Kontaminasi Logam Berat dalam Air Laut dan Sedimen*. 18(2), 71–78.
- Amaria, W., Iflah, T., & Harni, R. (2014). *the Impact of Cocoa Beans Damage Caused By Fungal Contaminants and Its Control Technologies*. 199–212.
- Ambarita, M. D. Y., Bayu, E. S., & Setiado, H. (2015). Identifikasi Karakter Morfologis Pisang (*Musa Spp.*) Di Kabupaten Deli Serdang. *Agroekoteknologi*, 4(1), 1911–1924.
<https://doi.org/10.32734/jaet.v4i1.12404>
- Annadurai, G., Juang, R. S., & Lee, D. J. (2003). Adsorption of heavy metals from water using banana and orange peels. *Water Science and Technology*, 47(1), 185–190.
<https://doi.org/10.2166/wst.2003.0049>
- Annadurai, Gurusamy, Juang, R. S., & Lee, D. J. (2002). Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 92(3), 263–274. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(02\)00017-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00017-1)
- Ansari, S. A., Khan, F., & Ahmad, A. (2016). Cauliflower Leave, an Agricultural Waste Biomass Adsorbent, and Its Application for the Removal of MB Dye from Aqueous Solution: Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamic Studies. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/8252354>

- Anwar, J., Shafique, U., Waheed-uz-Zaman, Salman, M., Dar, A., & Anwar, S. (2010). Removal of Pb(II) and Cd(II) from water by adsorption on peels of banana. *Bioresource Technology*, *101*(6), 1752–1755.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.021>
- Arunakumara, K., Walpola, B. C., & Yoon, M.-H. (2013). Banana Peel: A Green Solution for Metal Removal from Contaminated Waters. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, *32*(2), 108–116.
<https://doi.org/10.5338/kjea.2013.32.2.108>
- Asip, F., Mardhiah, R., & Husna, H. (2008). Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, *15*(2), 22–26.
<http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/50/51>
- Asriani. (2017). *Identifikasi Logam Cu Paa Zonasi Radius 1-5 Km TPA Antang Makassar Terhadap Pengaruh Kualitas Air Sumur Gali*. <https://doi.org/DOI>
- Bahri, S. (2015). Pembuatan Pulp dari Batang Pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *4*(2), 36–50.
<https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.72>
- BPS. (2019). *Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayur Tahunan*. Badan Pusat Statistik/BPS-Statistics Indonesia.
- Brewer, G. J. (2010). Copper toxicity in the general population. *Clinical Neurophysiology*, *121*(4), 459–460.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.12.015>
- Chowdhury, Z. Z., Hamid, S. B. A., Das, R., Hasan, M. R., Zain, S. M., Khalid, K., & Uddin, M. N. (2013). Preparation of carbonaceous adsorbents from lignocellulosic biomass and their use in removal of contaminants from aqueous solution. *BioResources*, *8*(4), 6523–6555.
<https://doi.org/10.15376/biores.8.4.6523-6555>

- Darge, A., & Mane, S. J. (2013). Treatment of Industrial Wastewater by using Banana Peels and Fish Scales. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 14(7), 2319–7064. www.ijsr.net
- Dewi, M. S., Susatyo, E. B., & Susilaningsih, E. (2015). PEMANFAATAN ARANG AKTIF KULIT PISANG RAJA UNTUK MENURUNKAN KADAR ION Pb(II). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(3).
- Dewi, W. I. S. (2006). *Konsentrasi Terhadap Kecepatan Putar Spin Coating Pada Penumbuhan Membran Polivinil Alkohol (PVA) Di Atas Elektroda Platinum (Pt)*. Universitas Sebelas Maret.
- Djunaidi, C. (2018). Studi Interferensi Pada Aas (Atomic Absorption Spectroscopy). *Food Toxicants Analysis*, 637–665.
- Douglas M. Ruthven. (1985). Principles of adsorption and adsorption processes. In *John Wiley & Sons* (Vol. 4, Issue 1). [https://doi.org/10.1016/0167-6989\(85\)90037-6](https://doi.org/10.1016/0167-6989(85)90037-6)
- Elqudsy, A., Hastuti, R., & Setyo, D. (2015). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Pengaruh Penambahan Polivinil Alkohol pada Biomassa Tongkol Jagung-Bulu Ayam sebagai Adsorben Campuran Ion Logam Timbal (Pb 2 +) dan Ion Logam Krom Total*. 18(1), 1–6.
- Fatmawati, S. N., Hastuti, R., & Haris, A. (2015). Pengaruh H₂SO₄ pada PVA yang Dimodifikasi pada Campuran Biomassa Tongkol Jagung-Bulu Ayam sebagai Adsorben. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 18(2), 50–56.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., & Hrmiami, E. (2018). *SELULOSA (Karakteristik dan Pemanfaatannya)*. LIPI Press.
- Ferreira, R. D. M., Domingues, A. L. C., Takase, I., & Stapelfeldt, D. M. D. A. (2017). Studies of selective adsorption,

desorption and reuse of chemically altered biomass produced from aquatic macrophytes for treatment of metal-containing wastewater. *Water Science and Technology*, 75(9), 2083–2093.
<https://doi.org/10.2166/wst.2017.090>

Fitriyanti, R. (2014). *Tinjauan Pustaka Pisang* [UIN Maulana Malik Ibrahim].
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Fujiastuti, F., Said, I., & Sakung, J. (2013). AKUMULASI LOGAM TIMBAL (Pb) DAN LOGAM TEMBAGA (Cu) DALAM UDANG REBON (*Mysis*. Sp) DI MUARA SUNGAI PALU. *Jurnal Akademika Kimia*, 2(3), 128–133.

Gautam, R. K., Mudhoo, A., Lofrano, G., & Chattopadhyaya, M. C. (2014). Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(1), 239–259.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.12.019>

Gunawan, B., & Azhari, C. D. (1979). Karakteristik Spektrometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Semsor Gas dari Bahan Polimer Poly Ethelyn Glycol (PEG). *Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus*, 1–17.

Gustian, I., Asdim, & Maryanti, E. (2016). *Pngantar Sintesis dan Karakterisasi Membran Sel Bahan Bakar Berbasiskan Polimer*.

Handayani, A. W. (2010). *Penggunaan Selulosa Daun Nanas Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II)*.

Hasan, F. (2009). *Kapasitas Adsorpsi Gas Hidrogen Menggunakan Nanotube Karbon Sebagai Adsorben*.

Hossain, A., Ngo, H., Guo, W., & Nguyen, V. (2012). Biosorption of Cu(II) From Water by Banana Peel Based Biosorbent:

- Experiments and Models of Adsorption and Desorption.
Journal of Water Sustainability, 2(1), 87–104.
<https://doi.org/10.11912/jws.2.1.87-104>
- Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G. (2005). Inorganic Chemistry.
In *Pearson Education Limited* (Vol. 101).
<https://doi.org/10.1039/b413630f>
- Husin, M. A. (2012). *Adsorpsi dan Desorpsi Gas Metana Pada Bejana Bertekanan (Vessel) dengan Kenaikan Tekanan secara Bertahap*.
- Imelda, D., Khanza, A., & Wulandari, D. (2019). Pengaruh Ukuran Partikel Dan Suhu Terhadap Penyerapan Logam Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* Formatypica). *Jurnal Teknologi*, 6(2), 107–118. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i2.10>
- Intan, D., Said, I., & Abram, P. H. (2017). Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 166–171.
<https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i4.8065>
- Jayanti, N. (2016). *Uji Efektivitas Ekstrak Kulit Buah Pisang Kepok (Musa paradisiaca L.) Terhadap Penurunan Kadar Gula Darah pada Mencit Jantan (Mus musculus)*. UIN Alauddin Makasar.
- Kemenristekdikti kurikulum, 2013. (n.d.). *Dasar Analisis Fisikokimia*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Kumari, P. (2017). a Low Cost Material , Banana Peel for the Removal of Lead (Li) From Aqueous Solutions. *International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET)*, 4(6), 1404–1406.
<https://irjet.net/archives/V4/i6/IRJET-V4I6257.pdf>

- Kusumaningtyas, M. P. (2017). *Analisis Struktur Nano Batu Apung Lombok Menggunakan Metode BET (Brunauer-Emmet-Teller)*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Li, Y., Liu, J., Yuan, Q., Tang, H., Yu, F., & Lv, X. (2016). A green adsorbent derived from banana peel for highly effective removal of heavy metal ions from water. *RSC Advances*, 6(51), 45041–45048.
<https://doi.org/10.1039/c6ra07460j>
- Lieswito, N. A. (2019). *PENYERAPAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu²⁺) OLEH BIOSORBEN MIKROALGA*.
<https://doi.org/10.31227/osf.io/ad54n>
- Lucaci, A. R., Bulgariu, D., Popescu, M. C., & Bulgariu, L. (2020). Adsorption of Cu(II) ions on adsorbent materials obtained from marine red algae *Callithamnion corymbosum* sp. *Water (Switzerland)*, 12(2).
<https://doi.org/10.3390/w12020372>
- Mahatmanti, W. F., & Sumarni, W. (2003). Kajian Termodinamika Penyerapan Zat Warna Indikator Metilen Orange (MO) Dalam Larutan Air Oleh Adsorben KITOSAN. *JSKA*, VI(2), 1–19.
- Mahindrakar, K. V., & Rathod, V. K. (2018). Utilization of banana peels for removal of strontium (II) from water. *Environmental Technology and Innovation*, 11(Ii), 371–383. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.06.015>
- Martina, D., Hastuti, R., & Widodo, D. S. (2016). Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (*Zea mays*) dengan Polivinil Alkohol (PVA) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb²⁺). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 77.
<https://doi.org/10.14710/jksa.19.3.77-82>
- Matari, T. (2011). *Perlakuan Mekanokimia Kering Pada Karbon Aktif Arang Batok Untuk Media Penyimpan Hidrogen*.

Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: An overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69(5), 323–329.

Murachman, B., Putra, E. S., & Wulandary, W. (2014). Dekolorisasi dan Deoilisasi Parafin menggunakan Adsorben Zeolit, Arang Aktif dan Produk Pirolisis Batu Bara. *Jurnal Rekayasa Proses*, 8(2), 40–48.
<https://doi.org/10.22146/jrekpros.11371>

Musriadi. (2014). *AKUMULASI LOGAM TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb) PADA KARANG Acropora formosa DAN Acropora hyacinthus DI PULAU SAMALONA , BARRANGLOMPO DAN BONEBATANG, KOTA MAKASSAR.*

Novianti, P., Agustina, W., & Setyowati, E. (2016). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Alami Dengan Metode Pemisahan Alkalisasi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*.

Nurhasni, N., Hendrawati, H., & Saniyyah, N. (2014). Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(1).
<https://doi.org/10.15408/jkv.v4i1.1074>

Olufemi, B., & Eniodunmo, O. (2018). Adsorption of nickel(II) ions from aqueous solution using banana peel and coconut shell. *International Journal of Technology*, 9(3), 434–445. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i3.1936>

Pamela, V. Y., Syarief, R., Iriani, E. savitri, & Suyatma, N. E. (2016). Karakteristik Mekanik, Termal dan Morfologi Film Polivinil Alkohol Dengan Penambahan Nanopartikel ZnO dan Asam Stearat Untuk Kemasan Multilayer. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 13(2), 63–73.

Pandharipande, S., & Deshpande, R. (2013). Synthesis & Effectiveness Study Of Banana Peel Adsorbent &

Artificial Neural Network Modeling In Removal Of Cu (II) Ions From Aqueous Solution. *Journal of Engineering Research and Applications Wwww.Ijera.Com*, 3(6), 730–734. www.ijera.com

Pearson, R. G. (1995). The HSAB Principle - more quantitative aspects. *Inorganica Chimica Acta*, 240, 93–98.
[https://doi.org/10.1016/0020-1693\(95\)04648-8](https://doi.org/10.1016/0020-1693(95)04648-8)

Permanawati, Y., Zuraida, R., & Ibrahim, A. (2016). KANDUNGAN LOGAM BERAT (Cu, Pb, Zn, Cd, dan Cr) DALAM AIR DAN SEDIMEN DI PERAIRAN TELUK JAKARTA. *Jurnal Geologi Kelautan*, 11(1), 9.
<https://doi.org/10.32693/jgk.11.1.2013.227>

Piluharto, B., Sjaifullah, A., Rahmawati, I., & Nurhianto, E. (2017). Membran Blend Kitosan/Poli Vinil Alkohol (PVA): Pengaruh Komposisi material blend, pH, dan Konsentrasi bahan Pengikat Silang. *Jurnal Kimia Riset*, 2(2), 77–85. <https://doi.org/10.20473/jkr.v2i2.6195>

Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2016). Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3), 83.
<https://doi.org/10.15416/ijpst.v3i3.9406>

Rangabhashiyam, S., Anu, N., Giri Nandagopal, M. S., & Selvaraju, N. (2014). Relevance of isotherm models in biosorption of pollutants by agricultural byproducts. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(1), 398–414. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.01.014>

Rustanti, E. M. (2018). *Potensi Kulit Pisang Kepok Kuning (Musa paradisiaca L) Sebagai Bahan Tambahan Dalam Pembuatan Es Krim*. 11.

Sadeek, S. A., Negm, N. A., Hefni, H. H. H., & Abdel Wahab, M. M. (2015). Metal adsorption by agricultural biosorbents:

Adsorption isotherm, kinetic and biosorbents chemical structures. *International Journal of Biological Macromolecules*, *81*, 400–409.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.08.031>

Safitri, N. A. (2017). *Analisis Kualitas Biologi, Kimia, Fisika Pada Air Sumur, Air HIPPAM Dan Air PDAM Di Kelurahan Slawu Kabupaten Jember Serta Pemanfaatannya Sebagai Serial Poster*. 1–94.

Sartika, D. (2012). *Studi Kadar Tembaga Pada Air Dan Ikan Gabus Di Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep*.

<https://doi.org/10.1017/CB09781107415324.004>

Shafaghat, A., Salimi, F., Valei, M., Salehzadeh, J., & Shafaghat, M. (2012). Removal of heavy metals (Pb²⁺, Cu²⁺ and Cr³⁺) from aqueous solutions using five plants material. *African Journal of Biotechnology*, *11*(4), 3–7.

<https://doi.org/10.5897/ajb11.2060>

Silva, C. R., Gomes, T. F., Andrade, G. C. R. M., Monteiro, S. H., Dias, A. C. R., Zagatto, E. A. G., & Tornisielo, V. L. (2013). Banana peel as an adsorbent for removing atrazine and ametryne from waters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(10), 2358–2363.

<https://doi.org/10.1021/jf304742h>

Socrates, G. (2001). Infrared and Raman characteristic group frequencies. In *John Wiley*.

<http://doi.wiley.com/10.1002/jrs.1238>

Sulistiyani, M., & Huda, N. (2017). Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR). *Indonesian Journal of Chemical Science*, *6*(2).

Supriyantini, E., & Soenardjo, N. (2016). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan

Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 98–106.
<https://doi.org/10.14710/jkt.v18i2.520>

- Suwandi. (2016). Komoditas Pisang Pertanian Sub Sektor Holtikultura. In L. Nuryati & B. Waryanto (Eds.), *Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian*.
- Syakri, S. (2019). Uji Farmakologi Sediaan Plester Patch Dari Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) Untuk Penyembuhan Luka Bakar. *Jurnal Kesehatan*, 12(1).
<https://doi.org/10.24252/kesehatan.v12i1.7395>
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Takarani, P., Novita, S. F., & Fathoni, R. (2019). Pengaruh massa dan waktu adsorben selulosa dari kulit jagung terhadap konsentrasi penyerapan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V*, 117–121.
- Thuraidah, A., Kartiko, J. J., & Ariani, L. F. (2015). Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) Untuk Menurunkan Kadar Mangan Pada Air Sumur. *Medical Laboratory Technology Journal*, 1(1), 19–26.
- Tritanti, A., & Pranita, I. (2015). Limbah Kulit Pisang Sebagai Alternatif Pengganti Pewarna Sintetis Pada Bedak Tabur. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 22(3), 339.
<https://doi.org/10.21831/jptk.v22i3.6840>
- Vilardi, G., Di Palma, L., & Verdone, N. (2018). Heavy metals adsorption by banana peels micro-powder: Equilibrium modeling by non-linear models. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(3), 455–464.
<https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.06.026>

- Wan Ngah, W. S., Kamari, A., & Koay, Y. J. (2004). Equilibrium and kinetics studies of adsorption of copper (II) on chitosan and chitosan/PVA beads. *International Journal of Biological Macromolecules*, 34(3), 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2004.03.001>
- Wang, Z., Shen, D., Shen, F., Wu, C., & Gu, S. (2017). Ginkgo biloba L. shells-based adsorbent for the removal of Cu²⁺ and Cd²⁺ from aqueous solution: Kinetics, isotherm, thermodynamics and mechanisms. In *Journal of Molecular Liquids* (Vol. 241). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.05.102>
- Wardani, G. A., & Wulandari, W. T. (2018). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) sebagai Biosorben Ion Timbal(II). *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 143–148. <https://doi.org/10.15408/jkv.v4i2.6918>
- Wiliastuti, R. A. (2006). *Studi Penumbuhan Membran PVA Dengan Variasi Konsentrasi PVA Menggunakan Metode Spin Coating Di Atas Lapisan Elektroda Platinum*.
- William Kajjumba, G., Emik, S., Öngen, A., Kurtulus Özcan, H., & Aydın, S. (2019). Modelling of Adsorption Kinetic Processes—Errors, Theory and Application. *Advanced Sorption Process Applications*, November. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80495>
- Winda, D. T., Hastuti, R., & Haris, A. (2014). Pengaruh Penambahan PVA-Sulfonasi pada Tongkol Jagung (*Zea*). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 17(1), 31–36.
- Woda, S. L. (2019). *Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kematangan Dan Kadar Kalium Pupuk Kompos Berbahan Kulit Pisang Kepok, Kotoran Ssapi, Dedak, Dolomit, Dan EM4*.
- Worch, E. (2012). Adsorption Technology in Water Treatment. In *Adsorption Technology in Water*

Treatment. <https://doi.org/10.1515/9783110240238>

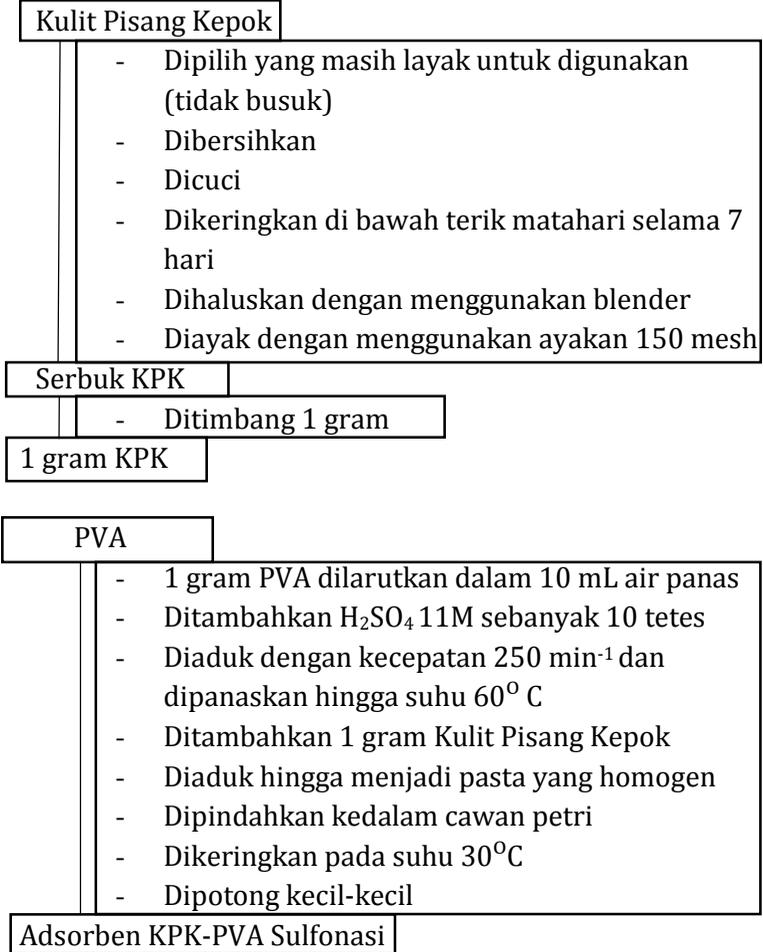
Wuryanti, D., & Suharyadi, E. (2018). Studi Adsorpsi Logam Co(II), Cu(II), dan Ni(II) Dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe₃O₄ dan ZnFe₂O₄. *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(2), 28.
<https://doi.org/10.22146/jfi.27936>

Yuliusman, Y., Purwanto, W. W., & Nugroho, Y. S. (2013). Pemilihan Adsorben Untuk Penjerapan Karbon Monoksida Menggunakan Model Adsorpsi Isotermis Langmuir. *Reaktor*, 14(3), 225–233.
<https://doi.org/10.14710/reaktor.14.3.225-233>

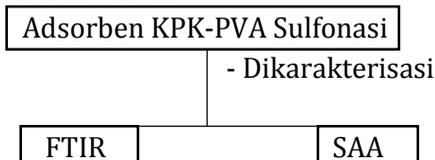
LAMPIRAN

Lampiran 1 : Diagram Alir Penelitian

a. Pembuatan Adsoren KPK-PVA Sulfonasi



b. Karakterisasi



c. Penentuan Kondisi Optimum

1). Parameter Konsentrasi

2,45 gram Adsorben KPK-PVA Sulfonasi

- Dimasukan dalam 50 mL larutan Cu (II) dengan variasi konsentrasi 5, 10,15, dan 20 ppm
- Ditambahkan NaOH 10% hingga pH 5-6
- Diaduk dengan kecepatan 250 min^{-1} selama 60'(menit)
- Disaring dengan menggunakan kertas saring

Filtrat

Diuji dengan AAS

2). Parameter Waktu Kontak

2,45 gram Adsorben KPK-PVA Sulfonasi

- Dimasukan dalam 50 mL larutan Cu (II) dengan konsentrasi 20 ppm
- Ditambahkan NaOH 10% hingga pH 5-6
- Diaduk dengan kecepatan 250 min^{-1} menggunakan variasi waktu selama 30, 60, 90, dan 120 menit
- Disaring dengan menggunakan kertas saring

Filtrat

Diuji dengan AAS

3). Parameter pH

2,45 gram Adsorben KPK-PVA Sulfonasi

- Dimasukan dalam 50 mL larutan Cu (II) 20 ppm
- Ditambahkan NaOH 10% dengan variasi pH hingga 2-8 (2,4,6,8)
- Diaduk dengan kecepatan 250 min^{-1} selama 120'(menit)
- Disaring dengan menggunakan kertas saring

Filtrat

→ Diuji dengan AAS

Lampiran 2 : Data Hasil Percobaan

a. Data Optimasi Konsentrasi

Tabel L. 1 Data Optimasi Variasi Konsentrasi Cu (II)

C _o (mg/L)	C _e (mg/L)	Q _e (mg/g)	% R
5	2.174	0.05767347	56.52
10	3.526	0.13212245	64.74
15	0.078	0.30453061	99.48
20	0.099	0.40614286	99.505

b. Data Optimasi Waktu Kontak

Tabel L. 2 Data Optimasi Variasi Waktu

t (menit)	C _o (mg/L)	C _e (mg/L)	Q _t (mg/gr)	% R
30'	19,65	5,991	0,278755	69,51145
60'	19,65	6,769	0,262878	65,55216
90'	19,65	8,416	0,229265	57,17048
120'	19,65	9,866	0,199967	49,79135

c. Data Optimasi pH

Tabel L. 3 Data Optimasi Variasi pH

pH	C _o (mg/L)	C _e (mg/L)	Q _e (mg/gr)	% R
2	19,65	10,67	0,18449	46,00509
4	19,65	7,159	0,254918	63,56743
6	19,65	12,01	0,329367	82,13232
8	19,65	19,97	0,155918	38,88041

Lampiran 3: Perhitungan Analisa Data

a. Pembuatan Larutan

1). Larutan Cu (II) 1000 ppm

Membuat larutan Cu^{2+} dari adatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Ar Cu = 63,5 gr/mol)

- Larutan induk 1000ppm = 1000 mg/L = 1 gr/L

$$\begin{aligned} \text{- Mol Cu}^{2+} &= \frac{gr}{Mr} \\ &= \frac{1 \text{ gr}}{63,5 \text{ gr/mol}} \\ &= 0,01575 \text{ mol} \end{aligned}$$

- Masa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan

$$\begin{aligned} \text{Masa} &= \text{mol Cu}^{2+} \cdot \text{Mr CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \\ &= 0,01575 \text{ mol} \cdot 63,5 \text{ gr/mol} \\ &= 3,929625 \text{ gr} \end{aligned}$$

2). Pengenceran larutan dengan menggunakan rumus:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

Dengan Keterangan

M_1 = Konsentrasi larutan induk (1000 ppm)

V_1 = Volume larutan yang akan diambil (mL)

M_2 = Konsentrasi yang diinginkan (ppm)

V_2 = Volume setelah pengenceran (mL)

a). Larutan Cu (II) 5 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 5 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1250 \text{ mL}}{1000}$$

$$= 1,25 \text{ mL}$$

b). Larutan Cu (II) 10 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 10 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2500 \text{ mL}}{1000}$$

$$= 2,5 \text{ mL}$$

c). Larutan Cu (II) 15 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 15 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{3750 \text{ mL}}{1000}$$

$$= 3,75 \text{ mL}$$

d). Larutan Cu (II) 20 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 20 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5000 \text{ mL}}{1000}$$

$$= 5 \text{ mL}$$

3). Larutan H₂SO₄ 11M

$$M = \frac{10\% \cdot Bj}{Mr}$$
$$= \frac{10 \cdot 96,1 \cdot 1,84 \frac{gr}{mL}}{98,08 \frac{gr}{mol}}$$
$$= 18,0285 \text{ M}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$18,0285 \text{ M} \cdot V_1 = 11 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1100}{18,0285} \text{ mL}$$

$$= 61 \text{ mL}$$

$$\text{Volume air yang dibutuhkan} = (100 - 61) \text{ mL}$$

$$= 39 \text{ mL}$$

4). Larutan NaOH 10%

$$\text{Larutan NaOH } 10\% = \frac{gr}{mL}$$
$$= \frac{10 \text{ gr}}{100 \text{ mL}}$$

b. Perhitungan Jumlah Cu (II) yang Terserapsi (%R)

Menggunakan rumus

$$\%R = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\%$$

Dengan Keterangan

R = Jumlah adsorbat yang terserap

C_o = Konsentrasi adsorbat mula-mula (ppm)

C_e = Konsentrasi adsorbat ada saat setimbang (ppm)

1). Variasi Konsentrasi

a). Konsentrasi 5 ppm

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(5-2,174) \text{ ppm}}{5 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 56,52 \%\end{aligned}$$

b). Konsentrasi 10 ppm

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(10-3,526) \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 64,74 \%\end{aligned}$$

c). Konsentrasi 15 ppm

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(15-0,078) \text{ ppm}}{15 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 99,48 \%\end{aligned}$$

d). Konsentrasi 20 ppm

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(20-0,099) \text{ ppm}}{20 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 99,505 \%\end{aligned}$$

2). Variasi Waktu (menit)

a). Waktu Kontak 30'

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-5,991) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 69,51145\%\end{aligned}$$

b). Waktu Kontak 60'

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-6,769) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 65,55216\%\end{aligned}$$

c). Waktu Kontak 90'

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-8,416) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 57,17048\%\end{aligned}$$

d). Waktu Kontak 120'

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-9,866) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 49,79135\%\end{aligned}$$

3). Variasi pH

a). pH 2

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-10,61) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 46,00509 \%\end{aligned}$$

b). pH 4

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-7,159) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 63,56743 \%\end{aligned}$$

c). pH 6

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-3,511) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 82,13232 \%\end{aligned}$$

d). pH 8

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(Co-Ce)}{Co} \times 100\% \\ &= \frac{(19,65-12,01) \text{ ppm}}{19,65 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 38,88041 \%\end{aligned}$$

c. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi (Q_e)

Menggunakan rumus

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V$$

Dengan Keterangan

m = Masa adsorben yang digunakan (gram)

V = Volume adsorbat yang digunakan (L)

C_o = Konsentrasi adsorbat mula-mula (ppm)

C_e = Konsentrasi adsorbat ada saat setimbang (ppm)

1). Variasi Konsentrasi

a). Konsentrasi 5 ppm

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(5 - 2,174) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,05767 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

b). Konsentrasi 10 ppm

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(10 - 3,526) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,13212 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

c). Konsentrasi 15 ppm

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(15 - 0,078) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,30453 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

d). Konsentrasi 20 ppm

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(20 - 0,099) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,40614 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

2). Variasi Waktu

a). Waktu Kontak 30'

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 5,991) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,278755 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

b). Waktu Kontak 60'

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 6,769) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,262878 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

c). Waktu Kontak 90'

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 8,416) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,299265 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

d). Waktu Kontak 120'

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 9,866) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,1999673 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

3). Variasi pH

a). pH 2

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 10,61) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,18449 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

b). pH 4

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 7,159) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,254918 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

c). pH 6

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 3,511) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,329367 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

d). pH 8

$$\begin{aligned} Q_e &= \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \\ &= \frac{(19,65 - 12,01) \text{ mg/L}}{2,45 \text{ gr}} \times 0,05 \text{ L} \\ &= 0,155918 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

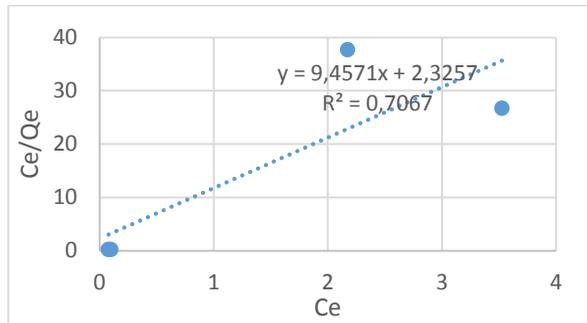
d. Perhitungan Isoterm Adsorpsi

1). Isoterm Adsorpsi Langmuir

Tabel L. 1 Data Perhitungan Isoterm Adsorpsi
Langmuir

Co	Ce	Qe	Ce/Qe
5	2,174	0,057673	37,69497523
10	3,526	0,132122	26,68736484
15	0,078	0,304531	0,256131886
20	0,099	0,406143	0,243756595

Berdasarkan data pada Tabel L. 4 maka dapat dituliskan kurva persamaan linier antara Ce vs Ce/Qe, dengan intersep = $1/K_L \cdot Q_{max}$ dan slopenya adalah $1/b$. Kurva antara $1/C_e$ vs $1/Q_e$ dapat dilihat pada Gambar L. 1



Gambar L. 1 Grafik Isoterm Langmuir

Berdasarkan Gambar L. 1 diperoleh persamaan isoterm adsorpsi langmuir, $y=9,4571x+2,3257$ dengan $R^2=0,7067$. Untuk mencari K_L dan Q_{max} , maka dapat dihitung melalui cara berikut ini

$$Y = ax + b$$

$$y = -0,823x + 12,533$$

$$R^2 = 0,6136$$

$$\frac{1}{Q_{max}} = b$$

$$\frac{1}{b} = Q_{max}$$

$$\frac{1}{2,3257} = Q_{max}$$

$$0,429978 = Q_{max}$$

$$\frac{1}{Q_{max} \cdot K_L} = a$$

$$\frac{1}{0,429978 \cdot K_L} = 9,4571$$

$$\frac{1}{0,429978 \cdot (9,4571)} = K_L$$

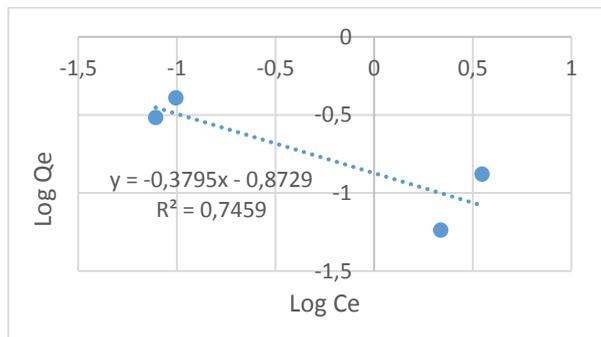
$$0,24592 = K_L$$

2). Isoterm Adsorpsi Freundlich

Tabel L. 5 Data Perhitungan Isoterm Adsorpsi Freundlich

Co	Ce	Qe	Log Ce	Log Qe
5	2,174	0,057673	0,337259	-1,23902
10	3,526	0,132122	0,5472823	-0,87902
15	0,078	0,304531	-1,107905	-0,51636
20	0,099	0,406143	-1,004364	-0,391321

Berdasarkan data pada Tabel L. 5 maka dapat dituliskan kurva persamaan linier antara Log Ce vs Log Qe, dengan intersep = $1/n$ dan slopenya adalah $\log K_f$. Kurva antara Log Ce vs Log Qe dapat dilihat pada Gambar L. 2



Gambar L. 2 Grafik Isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar L.2 diperoleh persamaan isoterm adsorpsi freundlich, $y = -0,3795x - 0,8729$ dengan $R^2 = 0,7459$. Untuk mencari K_f dan n , maka dapat dihitung melalui cara berikut ini :

$$Y = ax + b$$

$$y = -0,3795x - 0,8729$$

$$R^2 = 0,7459$$

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

$$\log K_f = b$$

$$K_f = 10^b$$

$$= 10^{-0,8729}$$

$$= 0,133998$$

$$\frac{1}{n} = a$$

$$\frac{1}{-0,8729} = n$$

$$-2,635046113 = n$$

e. Perhitungan Kinetika Adsorpsi

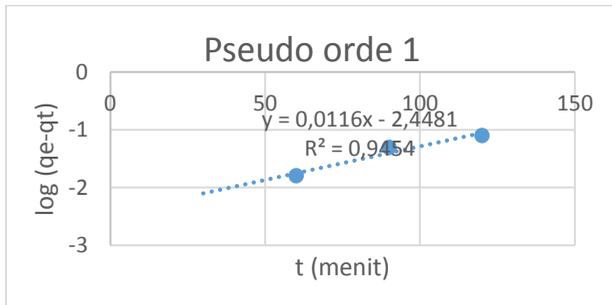
1). Pseudo Pseudo orde 1

Tabel L. 2 Data Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

Pseudo Pseudo orde 1

Ce	Qt	t (menit)	Log Qe-Qt
5,991	0,278755	30	
6,769	0,262878	60	-1,79921648
8,416	0,229265	90	-1,30548434
9,866	0,1999673	120	-1,10192437

Berdasarkan data pada Tabel L. 6 maka dapat dituliskan kurva persamaan linier antara t vs Log Qe-Qt, dengan intersep = Qe dan slopenya adalah K₁. Kurva antara t vs Log Qe-Qt dapat dilihat pada Gambar L. 3



Gambar L. 3 Grafik Kinetika Pseudo orde 1

Berdasarkan Gambar L. 3 diperoleh persamaan kapasitas adsorpsi pseudo pseudo orde 1, $y = 0,0116x - 2,4481$ dengan $R^2 = 0,9454$. Untuk mencari K_1 dan Q_e , maka dapat dihitung seperti cara berikut :

$$Y = ax + b$$

$$y = 0,0116x - 2,4481$$

$$\frac{K_1}{2,303} = a$$

$$K_1 = 0,0116 (2,303)$$

$$= 0,0267148$$

$$\text{Log } Q_e = b$$

$$Q_e = 10^b$$

$$= 10^{-2,481}$$

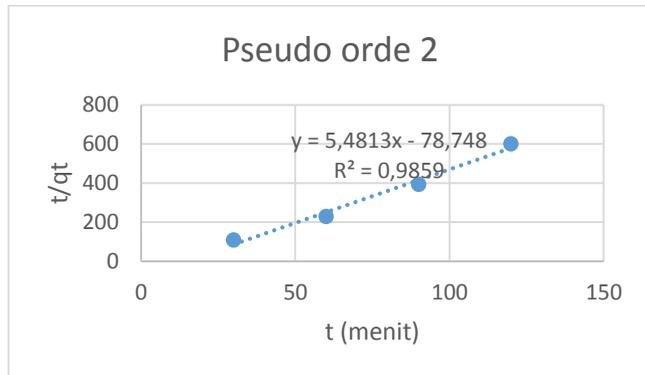
$$= 0,003564$$

2). Pseudo Pseudo orde 2

Tabel L. 3 Data Perhitungan Kapasitas Adsorpsi
Pseudo Pseudo orde 2

Ce	Qt	t	t/Qt
5,991	0,278755	30	107,6213486
6,769	0,262878	60	228,2431488
8,416	0,299265	90	392,5583051
9,866	0,1999673	120	600,9811938

Berdasarkan data pada Tabel L. 7 maka dapat dituliskan kurva persamaan linier antara t vs t/Qt , dengan intersep = $1/K_2Qe^2$ dan slopenya adalah $1/Qe$. Kurva antara t vs t/Qt dapat dilihat pada Gambar L. 4



Gambar L. 4 Grafik Kinetika Pseudo orde 2

Berdasarkan Gambar L. 4 diperoleh persamaan kapasitas adsorpsi pseudo pseudo orde 2, $y = 5,4813x - 78,748$ dengan $R^2 = 0,9859$. Untuk mencari K_L dan Q_{max} , maka dapat dihitung seperti cara berikut :

$$Y = ax + b$$

$$y = 5,4813x - 78,748$$

$$\frac{1}{Qe} = a$$

$$\frac{1}{a} = Qe$$

$$\frac{1}{5,4813} = Qe$$

$$Qe = 0,182438$$

$$\frac{1}{K_2 (Qe)^2} = b$$

$$\frac{1}{K_2 (0,182438)^2} = -78,748$$

$$\frac{1}{-78,748 (0,182438)^2} = K_2$$

$$-0,381529051 = K_2$$

f. Perhitungan Qsp (Hasil Kali Kelarutan Ion)

$$K_{sp} \text{ Cu(OH)}_2 = 2,2 \cdot 10^{-20}$$

Qsp < Ksp → Larut

Qsp = Ksp → Tepat jenuh

Qsp > Ksp → Lewat jenuh (mengendap)

Konsentrasi yang digunakan 20 ppm dan volume 50 mL

$$20 \text{ ppm} = \frac{20 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{1 \text{ mg}}{50 \text{ mL}}$$

Ar Cu = 63,5 gram/mol

$$\frac{63,5 \text{ gram}}{1 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mg}}{x \text{ mol}}$$

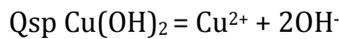
$$1 \text{ mg} = 1,57480314960 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\
 &= \frac{1,57480314960 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ L}} \\
 &= 3,1496 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

a). pH 2

$$\text{pOH} = 12$$

$$[\text{OH}]^- = 10^{-12}$$



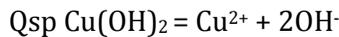
$$\begin{aligned}
 \text{Qsp} &= s \quad (2s)^2 \\
 &= 3,1496 \cdot 10^{-4} (10^{-12})^2 \\
 &= 3,1496 \cdot 10^{-28}
 \end{aligned}$$

$\text{Qsp} < \text{Ksp} \rightarrow \text{Larut}$

b). pH 4

$$\text{pOH} = 10$$

$$[\text{OH}]^- = 10^{-10}$$



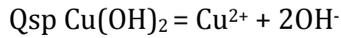
$$\begin{aligned}
 \text{Qsp} &= s \quad (2s)^2 \\
 &= 3,1496 \cdot 10^{-4} (10^{-10})^2 \\
 &= 3,1496 \cdot 10^{-24}
 \end{aligned}$$

$\text{Qsp} < \text{Ksp} \rightarrow \text{Larut}$

c). pH 6

$$pOH = 8$$

$$[OH]^- = 10^{-8}$$



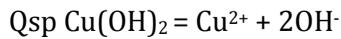
$$\begin{aligned} Q_{sp} &= s \quad (2s)^2 \\ &= 3,1496 \cdot 10^{-4} (10^{-8})^2 \\ &= 3,1496 \cdot 10^{-20} \end{aligned}$$

$Q_{sp} > K_{sp} \rightarrow$ Jenuh (mulai mengendap)

d). pH 8

$$pOH = 6$$

$$[OH]^- = 10^{-6}$$



$$\begin{aligned} Q_{sp} &= s \quad (2s)^2 \\ &= 3,1496 \cdot 10^{-4} (10^{-6})^2 \\ &= 3,1496 \cdot 10^{-16} \end{aligned}$$

$Q_{sp} > K_{sp} \rightarrow$ Lewat jenuh (mengendap)

Lampiran 4: Dokumentasi Penelitian



Kulit Pisang Kepok



Dibersihkan



Penjemuran Hari 1



Penjemuran Hari 3



Penjemuran Hari 6



KPK Kering



Dipotong kecil-kecil



Dihaluskan



Serbuk Kasar



Diayak 150 mesh



Serbuk Halus



1 gr Serbuk KPK



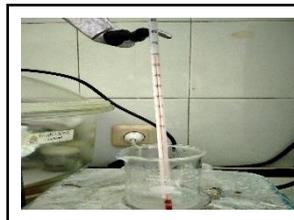
1 gr PVA



Dilarutkan dalam
10 mL air panas



Ditambahkan 10
tetes H_2SO_4 11M



Dipanaskan



Ditambahkan KPK



Dikeringkan



Dipotong kecil-kecil



Ditimbang Adsorben



Padatan
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
ditimbang 3,9296



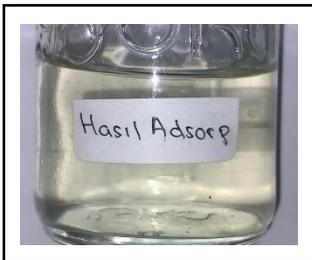
Dilarutkan dalam
1000 mL air (Induk)



Diencerkan dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, dan 20 ppm



Diambil 50 mL dari masing-masing



Filtrat



Diatur pH 6

Lampiran 5 : Hasil Karakterisasi dan Pengujian Aplikasi

1. Hasil Karakterisasi FTIR

a. Kulit Pisang Kepok

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00
Thursday, August 06, 2020 1:48 PM

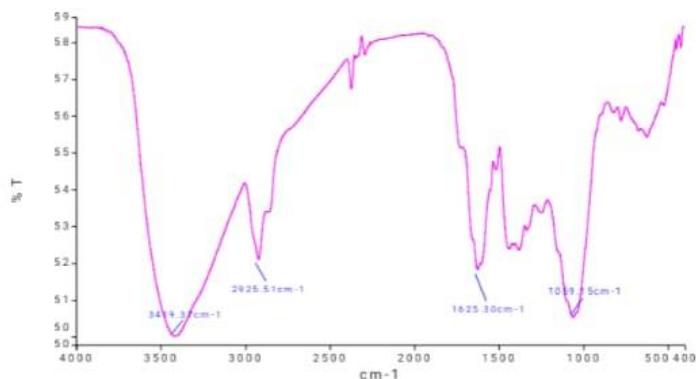
Report Details

Report Location C:\pel_data\reports\Samples View 1_Prastitaning_1_1_1.rtf
Report Creator labkim
Report Date Thursday, August 06, 2020 1:48 PM

Sample Details

Sample Name Kulit Pisang Kepok (KPK)
Sample Description 1,57 gr
Analyst labkim
Creation Date 8/6/2020 1:45:42 PM
X-Axis Units cm⁻¹
Y-Axis Units %T

Spectrum



Name	Description
— Kulit Pisang Kepok	1,57 gr

Peak Area/Height Results

Peak	X (cm ⁻¹)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1
1	3419.37	50	-4310.53	4000	3008.55	4000
2	2925.51	52.1	2472.76	3008.55	1954.48	3008.55
3	1625.3	51.82	-1259.92	1954.48	1494.86	1954.48
4	1059.15	50.51	-793.34	1494.86	400	1494.86

b. Kulit Pisang Kepok-Polivinil Alkohol Sulfonasi Sebelum Perlakuan

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00
Thursday, April 15, 2021 2:14 PM

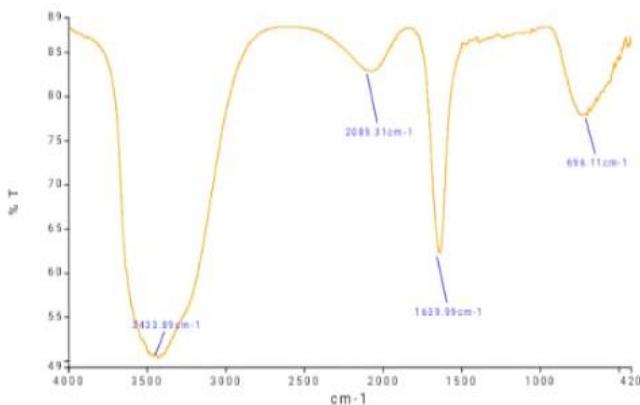
Report Details

Report Location C:\pe_data\reports\Samples View 4_Prastising 1_1_1_1_1.rtf
Report Creator labkim
Report Date Thursday, April 15, 2021 2:14 PM

Sample Details

Sample Name KPK+PVA Sulfonasi (Sebelum Perlakuan Kondisi Optimum)
Sample Description Kulit Pisang Kepok+Polivinil Alkohol Sulfonasi
Analyst labkim
Creation Date 4/15/2021 1:42:05 PM
X-Axis Units cm-1
Y-Axis Units %T

Spectrum



Name	Description
— KPK+PVA Sulfonasi	KPK + PVA sulfonasi (sbm perlakuan)

Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1
1	3433.89	50.28	-21799.42	4000	2646.56	4000
2	2085.31	82.99	-1523.23	2646.56	1825.84	2646.56
3	1639.99	62.29	-3627.27	1825.84	980.85	1825.84
4	696.11	77.94	-3001	980.85	420	980.85

c. Kulit Pisang Kepok-Polivinil Alkohol Sulfonasi
Setelah Perlakuan

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00
Thursday, April 15, 2021 2:13 PM

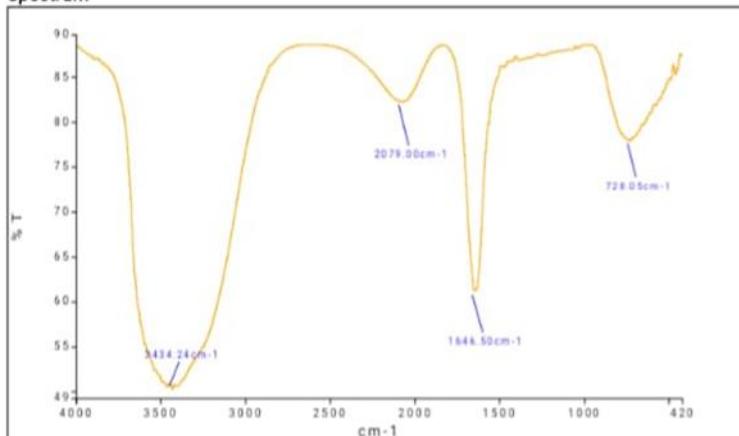
Report Details

Report Location C:\pel_data\reports\Samples View 3_Pratisaning 2_1_1_1_1.rtf
Report Creator labkim
Report Date Thursday, April 15, 2021 2:13 PM

Sample Details

Sample Name Pratisaning 2_1_1_1
Sample Description KPK + PVA sulfonasi (stlh perlakuan)
Analyst labkim
Creation Date 4/15/2021 1:46:16 PM
X-Axis Units cm-1
Y-Axis Units %T

Spectrum



Name	Description
—	Pratisaning 2_1_1_1 KPK + PVA sulfonasi (stlh perlakuan)

Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1
1	3434.24	50.24	-23320.4	4000	2594.35	4000
2	2079	82.4	-1914.76	2594.35	1836.25	2594.35
3	1646.5	61.27	-4135.5	1836.25	961.93	1836.25
4	728.05	78.06	-3294.7	961.93	420	961.93

2. Hasil Karakterisasi SAA

a. Kulit Pisang Kepok

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction
for NOVA Instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0



Analysis		Report	
Operator: nova	Date: 2020/09/24	Operator: nova	Date: 9/29/2020
Sample ID: Sample	Filename:	C:\QCdata\Physisorbi_20200924_20200806-1225-1-AD.qps	
MBET summary			
Slope =		442.474	
Intercept =		1.851e+02	
Correlation coefficient, r =		0.999362	
C constant =		3.391	
Surface Area =		5.549 m ² /g	
Average Pore Size data			
Average pore Radius =		2.37236e+01 Å	
Total Pore Volume data			
<u>Total Pore Volume</u>			
Total pore volume = 6.583e-03 cc/g for pores smaller than 1953.5 Å (Radius) at P/Po = 0.99508			
Volume/Area summary			
<u>Surface Area Data</u>			
MultiPoint BET.....		5.549e+00 m ² /g	
BJH method cumulative adsorption surface area.....		3.612e+00 m ² /g	
BJH method cumulative desorption surface area.....		3.446e+00 m ² /g	
DH method cumulative adsorption surface area.....		3.661e+00 m ² /g	
DH method cumulative desorption surface area.....		3.494e+00 m ² /g	
t-method external surface area.....		5.549e+00 m ² /g	
DR method micropore area.....		6.390e+00 m ² /g	
<u>Pore Volume Data</u>			
Total pore volume for pores with Radius less than 1953.5 Å at P/Po = 0.995078.....		6.583e-03 cc/g	
BJH method cumulative adsorption pore volume.....		6.307e-03 cc/g	
BJH method cumulative desorption pore volume.....		5.382e-03 cc/g	
DH method cumulative adsorption pore volume.....		6.142e-03 cc/g	
DH method cumulative desorption pore volume.....		5.248e-03 cc/g	
DR method micropore volume.....		2.271e-03 cc/g	
HK method cumulative pore volume.....		2.572e-03 cc/g	
SF method cumulative pore volume.....		2.596e-03 cc/g	
<u>Pore Size Data</u>			
Average pore Radius.....		2.372e+01 Å	
BJH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r)).....		1.575e+01 Å	
BJH method desorption pore Radius (Mode Dv(r)).....		1.603e+01 Å	
DH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r)).....		1.575e+01 Å	
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r)).....		1.603e+01 Å	
DR method micropore Half pore width.....		3.947e+01 Å	
DA method pore Radius (Mode).....		1.250e+01 Å	
HK method pore Radius (Mode).....		3.757e+00 Å	
SF method pore Radius (Mode).....		6.506e+00 Å	

b. Kulit Pisang Kepok-PVA Sulfonasi

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction for
NOVA Instruments
©1994-2010, Quantachrome Instruments
version 11.0



Analysis Report
Operator: nova Date: 2021/06/04
SampleID: Sample Filename: C:\QC\data\Physisorb\202101216-0935_KPK+PVA Sulfonasi_AD_20210604_2.qps Date: 6/8/2021

MBET summary

Slope = 596.071
Intercept = 5.595e+00
Correlation coefficient, r = 0.352055
C constant = 107.543
Surface Area = 5.887m²/g

Average Pore Size data

Average pore Radius = 1.44508e+01Å

Total Pore Volume data

Total Pore Volume

Total pore volume = 1.200e-03 cc/g
for pores smaller than 1621.4 Å (Radius)
at P/Po = 0.99406

Volume/Area summary

Surface Area Data

MultiPointBET	5.887e+00m ² /g
Langmuir surface area	7.609e+00m ² /g
B, JH method cumulative adsorption surface area	7.435e+00m ² /g
B, JH method cumulative desorption surface area	8.170e+00m ² /g
DH method cumulative adsorption surface area	7.562e+00m ² /g
DH method cumulative desorption surface area	8.304e+00m ² /g
t method external surface area	5.788e+00m ² /g
DR method micropore area	6.762e+01m ² /g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Radius less than 1621.43 Å at P/Po=0.99406	1.200e-03cc/g
B, JH method cumulative adsorption pore volume	1.104e-02cc/g
B, JH method cumulative desorption pore volume	1.256e-02cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume	1.081e-02cc/g
DH method cumulative desorption pore volume	1.228e-02cc/g
DR method micropore volume	2.403e-02cc/g
HK method cumulative pore volume	1.886e-03cc/g
SF method cumulative pore volume	2.072e-03cc/g

Pore Size Data

Average pore Radius	1.445e+01 Å
B, JH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.547e+01 Å
B, JH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.589e+01 Å
DH method adsorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.547e+01 Å
DH method desorption pore Radius (Mode Dv(r))	1.589e+01 Å
DR method micropore Half pore width	6.499e+01 Å
DA method pore Radius (Mode)	1.310e+01 Å
HK method pore Radius (Mode)	7.937e+00 Å
SF method pore Radius (Mode)	1.485e+01 Å

3. Hasil Pengujian Aplikasi

a. Variasi Konsentrasi

SampleID	AAS 26012021/R 26012021/T8/Cu Analyte	Mean
blanko	Cu324.75	
Standard 1	Cu324.75	[5]mg/L
Standard 2	Cu324.75	[10]mg/L
Standard 3	Cu324.75	[15]mg/L
Standard 4	Cu324.75	[20]mg/L
5 ppm	Cu324.75	2.174mg/L
10 ppm	Cu324.75	3.526mg/L
15 ppm	Cu324.75	0.078mg/L
20 ppm	Cu324.75	0.099 mg/L
ALLTANPA PENGECERAN		

b. Variasi Waktu

AAS 202102101008/R23022021/T6/Cu		
SampleID	Analyte	Mean
Blanko	Cu 324.75	
Standard 1	Cu 324.75	[5] mg/L
Standard 2	Cu 324.75	[10] mg/L
Standard 3	Cu 324.75	[15] mg/L
Standard 4	Cu 324.75	[20] mg/L
Kons Awal (C0)	Cu 324.75	19.65 mg/L
30	Cu 324.75	5.991 mg/L
60	Cu 324.75	6.769 mg/L
90	Cu 324.75	8.416 mg/L
120	Cu 324.75	9.866 mg/L

c. Variasi pH

AAS 202103021122/R/12032021/TE/Cu		
SampleID	Analyte	Mean
Blank	Cu 324.75	
Standard 1	Cu 324.75	[1] mg/L
Standard 2	Cu 324.75	[2] mg/L
Standard 3	Cu 324.75	[3] mg/L
Standard 4	Cu 324.75	[4] mg/L
Standard 5	Cu 324.75	[5] mg/L
PH2	Cu 324.75	10.61 mg/L
PH4	Cu 324.75	7.159 mg/L
PH6	Cu 324.75	3.511 mg/L
PH8	Cu 324.75	12.01 mg/L
AWAL	Cu 324.75	19.65 mg/L
ALL TANPA PENGECERAN		

Lampiran 6 : Daftar Riwayat Hidup

RIWAYAT HIDUP

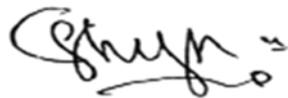
A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Pratistaning Rahmawati
2. Tempat & Tgl. Lahir : Semarang, 7 Juli 1999
3. Alamat : Jl. Bukit Beringin Asri VII No. 248 RT.06/VI
Kel. Gondoriyo Kec. Ngaliyan Kota Semarang
4. No. Hp : 0895615016392
5. Email : pratistaningrahmawati@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. TK Panti Puruhita
 - b. MI Miftahul Akhlaqiyah
 - c. MTs Al-Asror
 - d. MAN 1 Kota Semarang
 - e. UIN Walisongo Semarang
2. Pendidikan Non Formal
 - a. Madin Al-Asror

Semarang, 14 Juni 2021



Pratistaning Rahmawati

1708036023

