



PENGARUH KONSENTRASI DAN pH TERHADAP ADSORPSI ION SULFAT MENGGUNAKAN KARBON AKTIF KULIT PISANG

CANDI

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana



Disusun Oleh :

Mahardika Rizki Fauji

(135061100111021)

Lingga Dewa Ishaq Perdana

(135061107111005)

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KONSENTRASI DAN pH TERHADAP ADSORPSI ION SULFAT MENGGUNAKAN KARBON AKTIF KULIT PISANG CANDI SKRIPSI

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



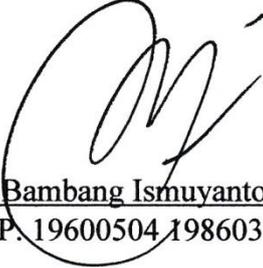
Disusun Oleh :

Mahardika Rizki Fauji (135061100111021)

Lingga Dewa Ishaq Perdana (135061107111005)

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 10 Agustus 2017

Dosen Pembimbing I


Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 19600504 198603 1 003

Dosen Pembimbing II


A.S. Dwi Saptati N.H., ST., MT.
NIK. 201201 830827 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Ir. Bambang Poerwadi, MS.
NIP. 19600126 198603 1 001

**IDENTITAS TIM PENGUJI****1. Dosen Penguji I**

Nama : Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

NIP/NIK : 19600504-198603 1 003

Jenis Kelamin : Laki-laki

Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

Alamat rumah : Jl. Cucak Rawun Raya 8B / 20 Sawojajar II, Malang

No. Telp/HP : 087759712022 / 085855483609

Email : bambang_ismuyanto@yahoo.com**2. Dosen Penguji II**

Nama : Ir. Bambang Poerwadi, MS.

NIP/NIK : 19600126-198603 1 001

Jenis Kelamin : Laki-laki

Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

Alamat rumah : Jl. Pelabuhan Tanjung Priok No. 1015, Malang

No. Telp/HP : (0341) 803241 / 08125229840

Email : bpoerwadiub@gmail.com**3. Dosen Penguji III**

Nama : Rama Oktavian, ST., M.Sc.

NIP/NIK : 19861021 201404 1 001

Jenis Kelamin : Laki-laki

Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

Alamat rumah : Kapasari Pedukuhan 11 No.46A, Surabaya

No. Telp/HP : 085748298891

Email : oktaviana.rama2@gmail.com

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 10 Agustus 2017

Mahasiswa I.



MAHARDIKA RIZKI FAUJI

NIM. 135061100111021

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 10 Agustus 2017

Mahasiswa II



LINGGA DEWA ISHAQ PERDANA

NIM. 13506110711100



RIWAYAT HIDUP

MAHASISWA 1

Mahardika Rizki Fauji, Malang 8 September 1995 anak dari ayah Amrul Fauji dan ibu Sulistinah, lulus dari SDN Jenggolo 01 pada tahun 2006, lulus dari SMPN 4 Kepanjen pada tahun 2010, lulus dari MAN 3 Malang pada tahun 2013, Pengalaman kerja pada Praktek Kerja Lapangan PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur.

Malang, 13 Juli 2017

Penulis



RIWAYAT HIDUP

MAHASISWA 2

Lingga Dewa Ishaq Perdana, Kediri 25 Nopember 1994 anak dari ayah Dana Teja Koswara dan ibu Lilik Ishariati, lulus dari SDN Tanjunganom II pada tahun 2006, lulus dari SMPN 1 Nganjuk pada tahun 2010, lulus dari SMAN 2 Nganjuk pada tahun 2013, Pengalaman kerja sebagai asisten Mikrobiologi Industri di Laboratorium Bioproses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2015 dan asisten Kimia Analisis di Laboratorium Sains Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2017. Pernah Praktek Kerja Lapang di PT. Pertamina RU IV, Cilacap tahun 2016. Pernah menjabat sebagai Staff Departemen PSDM (Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa) Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2014/2015, Staff Departemen PSDM (Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa) Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2015/2016, dan menjabat sebagai Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2016/2017

Malang, 13 Juli 2017

Penulis

RINGKASAN

Mahardika Rizki Fauzi dan Lingga Dewa Ishaq Perdana, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, *Pengaruh Konsentrasi dan pH Terhadap Adsorpsi Ion Sulfat Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Candi*

Sulfat merupakan komponen yang memiliki kadar cukup tinggi pada beberapa limbah cair industri seperti pertambangan, industri pembuatan detergent dan pewarna, industri kertas, industri makanan, industri pembuatan baterai, serta sektor fotografi. Tingginya kadar sulfat pada perairan memiliki dampak buruk bagi kesehatan dan dalam jangka panjangnya mampu merusak ekosistem perairan dan menimbulkan efek hujan asam. Maka dari itu, telah dikembangkan beberapa penelitian untuk mengolah atau menyingkahkan sulfat pada air limbah buangan pabrik diantaranya terdapat metode separasi membran, pengolahan secara biologis, presipitasi kimia, dan pemisahan menggunakan karbon aktif. Metode adsorpsi sulfat menggunakan karbon aktif memiliki keunggulan pada biaya pembuatan yang lebih sedikit dari proses yang lain, prosesnya yang sederhana dan proses regenerasi yang cukup mudah. Memanfaatkan area berpori pada karbon aktif, sebagian besar senyawa dapat teradsorb menggunakan adsorben karbon aktif.

Pembuatan karbon aktif menggunakan limbah biomassa memiliki keuntungan untuk meningkatkan nilai guna limbah dan mengurangi limbah itu sendiri. Kulit pisang candi memiliki banyak kandungan serat karbon dalam bentuk berbagai senyawa seperti lignin, pektin, dan beberapa senyawa lain yang berpotensi dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Saat ini, penggunaan limbah kulit pisang sendiri masih terbatas karena komoditas pisang pada umumnya hanya dimanfaatkan buahnya saja dan bagian lain seperti kulit masih kurang dimanfaatkan dan hanya menjadi limbah. Pada penelitian ini akan dilakukan proses pembuatan karbon aktif dari kulit pisang candi menggunakan proses karbonisasi ($T = 600^{\circ}\text{C}$; $t = 1,5$ jam) dengan aktivasi karbon menggunakan H_2SO_4 2M untuk menyingkahkan ion sulfat. Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan parameter pengamatan yakni konsentrasi awal larutan sulfat (498; 669; 715; 820; 910) dan pH larutan (2; 3; dan 4). Kapasitas adsorpsi dari karbon aktif yang ditinjau dari model persamaan Langmuir dan Freundlich. Kapasitas adsorpsi dari karbon aktif yang ditinjau dari model persamaan Langmuir dan Freundlich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa penyisihan optimum terjadi pada pH 2 dan konsentrasi awal ion sulfat 500 ppm dengan besar penyisihan sebesar 41,41%. Sedangkan untuk kapasitas adsorpsi karbon aktif diketahui memenuhi model isothermal Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,9597$ dan kapasitas maksimum (Q_0) = 18,02 mg/g.

Keyword: Adsorpsi, Ion sulfat, Karbon aktif, Pisang candi



SUMMARY

Mahardika Rizki Fauzi dan Lingga Dewa Ishaq Perdana, Department of Chemical Engineering, University of Brawijaya, April 2017, *The effect of Initial Concentration and pH Toward Sulfate Ion Adsorption Using Banana Peel Activated Carbon.*

Water pollution is one of the biggest problem that mostly faced in every environment. Many factors that can cause this pollution and one of it was caused by ionic sulfate. Sulfate ion is one of the content that can be serve in high concentration at some industrial waste water such as mining, detergent and dye production, pulp industries, food industries, battery industries, and even photography sectors. The high sulfate content at water may impact on human health, damage on environment, and make some problem on industrial equipment (e.g. scaling). Thus, some research have been developed to treat water containing high sulfate content, some of them are membrane separation, biological treatment, precipitation, and activated carbon adsorption. Activated carbon has some advantages compared to other processes such as low initial cost, simply design, and easy to regenerate. Using its pore size, activated carbon can adsorb almost substrate at high efficiencies.

Banana peel has many carbon fiber content such lignin, pectin, and other compound that can be used to make activated carbon through carbonization process. Nowadays, the utilization of banana peel waste is still low. For this reason, in this research, banana peel is used as the raw material to make activated carbon through carbonization process ($T = 600^{\circ}\text{C}$; $t = 1.5$ hours) with acid activation using $2\text{M H}_2\text{SO}_4$. Adsorption process was done in batch process with varying the initial concentration of sulfate ion (498; 669; 715; 820; 910 ppm) and pH of solution (2,3, and 4). The adsorption capacity of this research is determined using Langmuir and Freundlich isotherm model. The adsorption results show that the optimum condition for sulfate removal was obtained at pH 2 and initial concentration at 498 ppm. The activated carbon maximum capacity in this research show that it follow the Langmuir isotherm model with value of $R^2 = 0,9597$ and adsorption maximum capacity (Q_0) = 18,02 mg/g.

Key word: Activated Carbon, Adsorption, Sulfate Ion.

PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi dan pH Terhadap Adsorpsi Ion Sulfat Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Candi”.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa S-1 di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan moril atau materil secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Ir. Bambang Poerwadi, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
2. Ir. Bambang Ismuyanto, MS., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan membantu kami dalam proses pelaksanaan skripsi.
3. A.S. Dwi Saptati N.H., ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan membantu kami dalam proses pelaksanaan skripsi.
4. Agustina Rahayu A.Md. Selaku Laboran yang telah membantu kami dalam pelaksanaan penelitian.
5. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.
6. Orangtua penulis dan keluarga tercinta atas segala perhatian dan kasih sayang, bantuan materi maupun non materi yang tak ternilai harganya dan doa-doa yang senantiasa dipanjatkan sehingga penyusunan laporan skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Kimia yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan penulis sendiri.

Akhir kata penyusun ucapkan terima kasih.

Malang, 13 Juli 2017

Penulis



**DAFTAR ISI****HALAMAN JUDUL****PENGANTAR** i**DAFTAR ISI** iii**DAFTAR TABEL** v**DAFTAR GAMBAR** vi**DAFTAR LAMPIRAN** vii**DAFTAR SIMBOL** viii**RINGKASAN** ix**BAB I PENDAHULUAN** 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan 2

1.4. Batasan Masalah 2

1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. Ion Sulfat 5

2.1.1. Metode Penentuan Kadar Ion Sulfat secara Gravimetri 7

2.1.2. Metode Penentuan Kadar Ion Sulfat secara Turbidimetri 8

2.2. Adsorpsi 9

2.2.1. Jenis dan Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi 10

2.3. Karbon Aktif 12

2.4. Pisang Candi 15

2.5. Kulit Pisang 15



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Baku Mutu Limbah Cair Industri Baterai AKI.....	5
Tabel 2.2	Perbandingan Metode – metode pengolahan air dengan kandungan sulfat (Hong et al, 2014; Namasisivayam C. dan Molagoundampalayam, 2007).....	6
Tabel 2.3	Ukuran ion sulfat (SO ₄ ²⁻) berdasarkan beberapa parameter.....	7
Tabel 2.4	Klasifikasi Pori Adsorben (Bansal dan Meenakshi, 2005).....	13
Tabel 2.5	Penelitian Terdahulu.....	16
Tabel 4.1	Hasil Pembacaan Gugus Fungsi FTIR karbon dan karbon aktif.....	32
Tabel 4.2	Data Isotermal Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Sulfat.....	38

**DAFTAR GAMBAR**

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Kondisi Karbon Aktif Sebelum Dan Sesudah Aktivasi (Viswanathan et al., 2009).....	14
Gambar 3.1	Rangkaian Alat Karbonisasi	20
Gambar 3.2	Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif.....	22
Gambar 3.3	Diagram Alir Pembuatan Larutan Buffer B.....	23
Gambar 3.4	Diagram Alir Pembuatan Larutan Baku	23
Gambar 3.5	Diagram Alir Penentuan NTU Kurva Kalibrasi.....	24
Gambar 3.6	Diagram Alir Pembuatan Larutan Sampel.....	25
Gambar 3.7	Diagram Alir Proses Adsorpsi	26
Gambar 3.8	Diagram Alir Pengenceran Sampel.....	27
Gambar 3.9	Diagram Alir Penentuan NTU Sampel	27
Gambar 4.1	Hasil Uji FTIR Karbon dan Karbon Aktivasi Kulit Pisang Candi	31
Gambar 4.2	Hubungan antara waktu dan penyisihan sulfat pada variasi pH (2,3, dan 4).....	34
Gambar 4.3	Hubungan Waktu dan Penyisihan Sulfat pada variasi konsentrasi awal sulfat.....	35
Gambar 4.4	Adsorpsi Isotermal Langmuir Ion Sulfat	36
Gambar 4.5	Adsorpsi Isotermal Freundlich Ion Sulfat.....	37



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Data Perhitungan.....	45
Lampiran 2.	Dokumentasi Penelitian.....	61
Lampiran 3.	Hasil Uji FT-IR.....	65
Lampiran 4.	Riwayat Hidup Mahasiswa 1.....	67
Lampiran 5.	Riwayat Hidup Mahasiswa 2.....	69



DAFTAR SIMBOL

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1.	C_0	Konsentrasi Awal	ppm
2.	C_e	Konsentrasi Setimbang	ppm
3.	n	Tetapan empiris freundlich	-
4.	M	Molaritas	M
5.	V	Volume	mL
6.	K_L	Konstanta Langmuir	L/mg
7.	K_F	Konstanta Freundlich	mg/g
8.	R_D	<i>Separation factor</i>	-
9.	Q_e	Kapasitas adsorpsi pada keadaan setimbang	mg/g
10.	Q_0	Kapasitas adsorpsi maksimum	mg/g
11.	x	Massa Adsorbat	mg
12.	m	Massa Adsorben	g

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ion sulfat (SO_4^{2-}) merupakan jenis anion yang banyak terdapat pada sumber air alami dan juga limbah cair industri. Perkembangan industri telah mendorong semakin bertambahnya tingkat konsentrasi sulfat dalam perairan. Beberapa industri yang menyumbang limbah cair dengan kandungan sulfat diantaranya adalah pertambangan, industri pembuatan detergent dan pewarna, industri kertas, industri makanan, industri pembuatan baterai, serta sektor fotografi. Sebagai contoh limbah cair industri baterai di salah satu industri di Amerika memiliki kadar ion sulfat yang mencapai 13,87 gr/L dengan pH 1,51 telah melampaui batas baku mutu ditetapkan pada batas maksimum 1,5 gr/L dan pH 6-9. Pencemaran akibat konsentrasi sulfat yang tinggi dalam perairan tidak hanya datang dari air limbah industri, limbah laboratorium universitas juga merupakan limbah yang memiliki kandungan sulfat yang biasanya datang dari penggunaan senyawa dengan kandungan sulfat seperti asam sulfat (Liang *et al.*, 2013; Benatti *et al.*, 2009).

Dampak yang ditimbulkan dengan semakin tingginya kadar sulfat pada perairan memang tidak dapat secara langsung menimbulkan efek nyata karena sulfat bersifat inert, tidak beracun dan non-volatile. Namun dengan semakin bertambahnya kadar sulfat dapat mengakibatkan efek berkepanjangan seperti hujan asam, terbentuknya sulfid yang beracun bagi lingkungan, serta pembentukan gas beracun yang berbahaya bagi kesehatan serta bersifat korosif pada peralatan industri. Oleh karena itu, beberapa penelitian telah dikembangkan untuk menurunkan kandungan sulfat dalam air/air limbah sehingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Beberapa teknik yang dilakukan antara lain presipitasi, separasi menggunakan membran, pengolahan secara biologis, dan karbon aktif (Zaidan, 2013).

Hong dkk., (2014) mempelajari tentang penghilangan sulfat dari limbah *acid main drainage* (AMD) menggunakan karbon aktif granular yang ditambahkan *polypyrrole*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa untuk setiap 48 mg karbon aktif yang digunakan dapat menurunkan kadar sulfat hingga 773 mg/L limbah AMD. Penelitian lain tentang karbon aktif untuk menurunkan kadar sulfat dilakukan oleh Salman (2009)

menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan variabel pengamatan pH larutan, kecepatan agitasi, dan jumlah adsorben yang digunakan. Penyisihan ion sulfat menggunakan metode ini mencapai titik maksimum pada pH 7 dengan jumlah penyisihan sebesar 43%.

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan cara karbonisasi material yang mengandung senyawa karbon. Metode ini banyak digunakan khususnya pada limbah biomassa selain dengan tujuan mengurangi jumlah limbah juga untuk meningkatkan nilai dari limbah tersebut. Kulit Pisang Candi salah satunya memiliki kandungan karbon berupa lignin, selulosa, hemiselulosa dan beberapa senyawa lain yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan karbon aktif (Arunakumara dkk, 2013). Saat ini, pemanfaatan Pisang Candi hanya terfokus pada konsumsi buahnya, sedangkan kulitnya hanya dibuang sebagai limbah. Maka dari itu untuk meningkatkan nilai gunanya, kulit Pisang Candi dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pembuatan karbon aktif. Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari adsorpsi menggunakan karbon aktif kulit Pisang Candi untuk penyisihan sulfat dari limbah cair yang dititikberatkan pada pengaruh parameter konsentrasi awal ion sulfat dan pH larutan.

1.2. Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh konsentrasi awal ion sulfat dan pH larutan terhadap adsorpsi menggunakan karbon aktif kulit Pisang Candi?
- Berapa kapasitas adsorpsi karbon aktif kulit Pisang Candi terhadap penyisihan sulfat?

1.3. Tujuan

- Menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif kulit Pisang Candi untuk menyisihkan sulfat
- Mengetahui pengaruh konsentrasi awal ion sulfat dan pH larutan terhadap adsorpsi menggunakan karbon aktif kulit Pisang Candi

1.4. Batasan Masalah

Adapun dalam skripsi ini digunakan beberapa batasan masalah, yakni:

- Kulit Pisang yang digunakan merupakan kulit Pisang Candi (*Musa acuminata*.) yang didapat dari daerah Malang.
- Proses karbonisasi dilakukan selama 90 menit dengan suhu 600°C
- Aktivasi karbon aktif menggunakan H₂SO₄ 2M.





1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai adanya pemanfaatan limbah alami untuk pembuatan adsorben guna menangani limbah karena sulfat serta untuk meningkatkan nilai ekonomi pisang. Bagi kalangan akademisi dapat menjadi sarana transfer gagasan dan informasi terkait pengaruh adsorben karbon aktif kulit Pisang Candi untuk menyerap ion sulfat dan pengaruh pH larutan terhadap proses adsorpsi. Diharapkan pula penelitian ini dapat menjadi salah satu rujukan untuk menyempurnakan gagasan terkait agar dapat diaplikasikan di masyarakat.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ion Sulfat

Ion Sulfat (SO_4^{2-}) merupakan anion yang banyak ditemui di perairan secara alami. Adanya anion sulfat dalam air dapat menyebabkan efek katartik atau pencuci perut bila dalam kondisi berlebih. Ion sulfat memiliki efek racun yang sangat minim dan berdasarkan *World Health Organization* (WHO) ditetapkan batas maksimum sulfat dalam air minum sebesar 400 mg/L. Tingginya kandungan sulfat dalam air minum dapat menyebabkan katarsis, dehidrasi, dan iritasi perut. Selain itu, air dengan kandungan sulfat 300 – 400 mg/L memiliki rasa pahit dan pada kadar >1000 mg/L dapat menyebabkan *intestinal disorder* / diare (*laxative*). Selain efeknya pada kesehatan, air dengan kandungan sulfat juga berefek pada pembentukan kerak pada mesin boiler dan heat exchanger, serta dapat menyebabkan bau tidak sedap pada pipa pembuangan apabila terkonversi menjadi hidrogen sulfida (H_2S) pada kondisi anaerob (Maiti, 2004).

Terdapat beberapa industri yang menghasilkan limbah cair dengan kadar yang cukup tinggi yakni, pertambangan, industri pembuatan detergent dan pewarna, industri kertas, industri makanan, industri pembuatan baterai, serta sektor fotografi (Benatti dkk, 2009). Indonesia sendiri telah mengatur standard baku mutu air limbah bagi beberapa industri sebagai berikut:

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Baterai AKI

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Beban Paling Tinggi Baterai Timbal Asam (AKI)
COD	mg/L	75	0,75
TSS	mg/L	25	0,25
Pb	mg/L	0,3	0,003
Cu	mg/L	1	0,01
Minyak dan Lemak	mg/L	3	0,03
SO_4	gr/L	5	50
pH		6 – 9	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2014

Tingginya tingkat kadar sulfat pada perairan dapat menimbulkan berbagai permasalahan seperti yang tersebut di atas. Usaha – usaha yang dilakukan untuk mentreatment air dengan kadar sulfat yang cukup tinggi juga telah banyak dikembangkan

Tabel 2.2 Perbandingan Metode – metode pengolahan air dengan kandungan sulfat (Hong et al, 2014; Namasivayam C. dan Molagoundampalayam, 2007).

No.	Metode	Kelebihan	Kekurangan
1.	Presipitasi (Pengendapan menggunakan penambahan garam Barium atau Kalsium)	Dapat digunakan untuk mengendapkan kadar sulfat yang tinggi	Menghasilkan limbah lanjutan berupa endapan $BaSO_4$ yang butuh dihilangkan dengan proses lebih lanjut.
2.	Penyisihan menggunakan membrane	Mampu secara selektif untuk memisahkan sulfat dan dapat digunakan untuk kapasitas relatif besar.	Biaya pembuatan membran mahal serta biaya perawatannya, dan juga proses ini membutuhkan energi yang cukup besar.
3.	<i>Biotreatment</i> (Penyisihan sulfat secara biologis menggunakan mikroorganisme)	Biaya awal proses ini cukup rendah dibandingkan dengan proses membran, juga energi yang dibutuhkan untuk proses lebih rendah dibandingkan membrane	Metode ini memerlukan ketelitian ekstra dalam menjaga kondisi mikroorganisme karena makhluk hidup sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Selain itu untuk prosesnya juga berjalan cukup lama.

No.	Metode	Kelebihan	Kekurangan
4.	Adsorpsi (pada beberapa penelitian menggunakan karbon aktif sebagai adsorben)	Biaya awal yang rendah, proses penggunaannya cukup mudah, fleksibel dan pada beberapa aplikasi, adsorben dapat diregenerasi sehingga lebih ekonomis.	Efisiensi penyisihannya lebih rendah dibanding proses lain.

Pada proses adsorpsi sulfat terdapat beberapa mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi yakni secara *pore filling* atau juga dapat terjadi karena interaksi elektrostatik (beda muatan). Mekanisme *pore filling* terjadi ketika ion sulfat masuk dan menempel pada dinding pori adsorben. Hal ini dapat terjadi apabila ukuran pori dari adsorben lebih besar dibandingkan ukuran ion sulfat (SO_4^{2-}). Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Al-Mutaz (2006), penentuan radius ion sulfat dilakukan menggunakan hubungan Stokes – Einstein, teori Born, dan kekuatan hidrasi atau *Pauling radius*, sehingga diperoleh data tabel berikut:

Tabel 2.3 Ukuran ion sulfat (SO_4^{2-}) berdasarkan beberapa parameter

Ion	Radius (nm)		
	Stoke-Einsten	Born	Pauling
SO_4^{2-}	0,231	0,258	0,29

Sumber: Al-Mutaz, I., 2006.

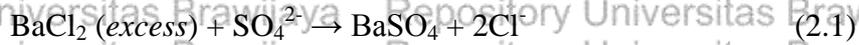
2.1.1. Metode Penentuan Kadar Ion Sulfat secara Gravimetri

Estimasi sulfat dalam suatu zat cair dapat dilakukan dengan dua metode yakni secara gravimetri dan juga turbidimetri. Metode gravimetri dapat dilakukan untuk kadar sulfat > 10 mg/L, dan turbidimetri biasanya digunakan untuk kadar sulfat berkisar 1 – 40 mg/L (Maiti, 2004).

• **Prinsip Pengukuran**

Prinsip metode gravimetri yakni dengan mengendapkan ion sulfat pada media asam (menggunakan HCl) membentuk $BaSO_4$ dengan adanya penambahan $BaCl_2$. Presipitasi

atau pengendapan dilakukan mendekati titik didih air ($\pm 105^{\circ}\text{C}$), setelah beberapa saat kemudian dilakukan filtrasi dan pencucian dengan air hingga filter terbebas dari sisa klorida, kemudian dilakukan pengeringan dan penimbangan massa filter sebagai BaSO_4 .



Sampel selanjutnya diasidifikasi untuk memastikan tidak terjadinya pengendapan karena terbentuk BaCO_3 , yang kemungkinan dapat terbentuk pada kondisi basa dan suhu mendekati titik didih air. BaCl_2 sisa digunakan untuk membuat digunakan untuk memaksimalkan presipitasi ion sulfat. Dikarenakan tingginya insolubilitas BaSO_4 , dapat menyebabkan terbentuknya koloid yang susah untuk dipisahkan dengan filtrasi biasa.

- **Interference / Pengganggu**

Pada pengukuran ion sulfat menggunakan gravimetri dapat mengalami gangguan pengukuran atau error. Gangguan yang menyebabkan tingginya nilai pengukuran antara lain zat pensuspensi, silica, precipitant BaCl_2 , NO_3^- , SO_3^- dan air yang terkandung pada precipitat. Gangguan yang menyebabkan rendahnya nilai pengukuran dapat diakibatkan oleh logam alkali, logam berat (khususnya Cr dan Fe) dan solubilitas BaCl_2 pada larutan dengan kondisi asam.

2.1.2. Metode Penentuan Kadar Ion Sulfat secara Turbidimetri

- **Prinsip Pengukuran**

Ion sulfat (SO_4^{2-}) diendapkan pada medium asam asetat menggunakan BaCl_2 untuk membentuk endapan BaSO_4 kristal dengan ukuran seragam sesuai dengan persamaan 2.1. Pembentukan kristal ditingkatkan dengan adanya larutan buffer asam asetat, magnesium klorida (MgCl_2), kalium nitrat (KNO_3), natrium asetat ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dan asam asetat. Absorbansi dari suspensi BaSO_4 selanjutnya diukur menggunakan *photometer* dan konsentrasi ion sulfat ditentukan dengan membandingkan pembacaan dari kurva standard. Konsentrasi minimum terdeteksi kurang lebih $1 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{L}$.

Ion sulfat dalam air dapat diukur menggunakan alat turbidimeter. Dalam mengukur ion sulfat yang terkandung dalam air, turbidimeter menggunakan prinsip *nephelometric*.

Prinsip ini menggunakan cahaya inframerah sebagai sumber cahaya dalam pengukuran sampel berwarna dan tanpa warna. Cahaya inframerah yang dipancarkan ke sampel uji akan mengalami pemantulan jika mengenai partikel-partikel penyebab kekeruhan dalam

air. Cahaya yang dipantulkan dapat diukur ketika cahaya inframerah dipantulkan sebesar 90° (Turbidirect, 2004).

- **Interference / Pengganggu**

- Adanya zat warna dan zat suspensi dalam jumlah besar membuat error nilai pengukuran. Zat suspensi dapat dihilangkan melalui proses filtrasi.

2.2. Adsorpsi

Adsorpsi adalah gaya interaksi yang menyebabkan gaya tarik antara permukaan padatan berpori (adsorben) dengan molekul komponen yang akan dihilangkan (adsorbat) dari suatu campurannya. Interaksi antara adsorben dan adsorbat terdiri dari gaya molekular yang diakibatkan gaya Van der Waals (Barry dan Thomas, 1998).

Dalam prakteknya, terdapat berbagai macam jenis adsorben yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi seperti karbon aktif, zeolit, polimer, silica gel, *carbon molecular sieves*, dan beberapa jenis lainnya (Barry dan Thomas, 1998). Dalam memilih suatu adsorben yang akan digunakan, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan antara lain kekuatan adsorben, ketahanan terhadap zat kimia, ketahanan terhadap kondisi ekstrim, kelimpahannya, harga, kemampuan regenerasi, adsorpsi isothermal, dan kinetiknya (Bansal dan Meenakshi, 2005).

Regenerasi atau desorpsi dari suatu adsorben memiliki peranan penting dalam untuk menjaga rute siklik adsorben juga memiliki keuntungan untuk mengurangi limbah karena adsorben dapat digunakan kembali (*reuse*). Akan tetapi, regenerasi adsorben dapat terjadi hanya apabila ikatan yang terbentuk antara adsorben dan adsorbat bukan merupakan ikatan kimia yang kuat. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk meregenerasi adsorben, dan metode – metode ini dapat dilakukan mengkombinasi satu dengan yang lain atau dilakukan salah satunya (Othmer, 2000), antara lain:

- Meningkatkan Temperatur
- Menurunkan Tekanan Parsial
- Menurunkan Konsentrasi
- *Purging* menggunakan fluida inert
- *Displacement* menggunakan bahan yang lebih kuat teradsorb
- Mengubah kondisi operasi, misal pH.

2.2.1. Jenis dan Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik-menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (*intermolecular*) lebih kecil dari pada gaya tarik-menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik-menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversible (Barry dan Thomas, 1998).

a. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen atau ion. Ikatan yang terbentuk sangat kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditemukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk, maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi.

Adsorpsi kimia ini diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia. Pada adsorpsi kimia, adsorbat melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasanya merupakan ikatan kovalen (Barry dan Thomas, 1998).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi (Barry dan Thomas, 1998) adalah:

a. Jenis Adsorbat

- Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul adsorbat yang sesuai merupakan hal yang penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

- Kepolaran zat

Adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul yang lebih polar dibandingkan dengan molekul yang kurang polar pada kondisi diameter yang sama. Molekul-molekul yang lebih polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang

telah lebih dahulu teradsorpsi. Pada kondisi dengan diameter yang sama, maka molekul polar lebih dahulu diadsorpsi.

b. Suhu

Pada saat molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben terjadi pembebasan sejumlah energi sehingga adsorpsi digolongkan bersifat eksoterm. Bila suhu rendah maka kemampuan adsorpsi meningkat sehingga adsorbat bertambah.

c. Tekanan Adsorbat

Pada adsorpsi fisika bila tekanan adsorbat meningkat jumlah molekul adsorbat akan bertambah namun, pada adsorpsi kimia jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

d. Karakteristik Adsorben

Ukuran pori dan luas permukaan adsorben merupakan karakteristik penting adsorben. Ukuran pori berhubungan dengan luas permukaan semakin kecil ukuran pori adsorben maka luas permukaan semakin tinggi. Sehingga jumlah molekul yang teradsorpsi akan bertambah. Selain itu kemurnian adsorben juga merupakan karakterisasi yang utama dimana pada fungsinya adsorben yang lebih murni yang lebih diinginkan karena kemampuan adsorpsi yang baik.

2.2.2. Adsorpsi Isoterm

Adsorpsi isoterm merupakan hubungan kesetimbangan antara jumlah zat yang diserap dengan tekanan atau konsentrasi dari suatu campuran (*bulk fluid*) pada temperatur konstan. Persamaan untuk adsorpsi isoterm telah banyak ditemukan baik dari teoritis ataupun hasil eksperimen. Beberapa persamaan adsorpsi isoterm yang banyak digunakan seperti Langmuir, Freundlich, Temkin dan Brunauer–Emmett–Teller (BET) (Barry dan Thomas, 1998).

- **Langmuir Isoterm**

Persamaan ini pertama kali muncul dari asumsi bahwa setiap permukaan adsorben memiliki area penyerapan terbatas. Persamaan ini menggambarkan hubungan antara adsorbat-adsorben dimana untuk setiap adsorbat akan menutupi satu molekul permukaan adsorben. Persamaan langmuir menjelaskan secara kuantitatif pembentukan monolayer adsorbat pada permukaan terluar adsorben dan setelahnya tidak ada lagi adsorpsi yang terjadi. Langmuir isoterm sesuai untuk menggambarkan proses adsorpsi untuk adsorben yang memiliki permukaan yang seragam. Secara umum, persamaan langmuir dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{Q_0 K_L C_e} \quad (2.2)$$

Keterangan:

C_e = Konsentrasi setimbang adsorbat (mg/D^{-1})

q_e = jumlah adsorbat per gram adsorben pada keadaan setimbang (mg/g).

Q_0 = Kapasitas maksimum monolayer (mg/g)

K_L = Konstanta Langmuir isotherm (L/mg).

Penentuan sesuai tidaknya model adsorpsi Langmuir dapat ditinjau dari nilai R_L , dimana nilai $R_L > 1$ mengindikasikan model isothermal unfavourable, nilai $R_L = 1$ linear, dan $0 < R_L$ (favourable) (Meroufel dkk, 2013).

• Freundlich isotherm

Persamaan Freundlich isotherm lebih umum digunakan untuk adsorben dengan permukaan heterogen. Persamaan ini sering digunakan pada adsorpsi bahan kimia organik menggunakan karbon. Persamaan Freundlich digambarkan dari rumus berikut:

$$\log(Q_e) = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.3)$$

Keterangan:

K_f = konstanta Freundlich isotherm (mg/g)

n = intensitas adsorpsi;

C_e = konsentrasi setimbang adsorbat (mg/L)

Q_e = jumlah adsorbat per gram adsorben pada keadaan setimbang (mg/g).

Besarnya nilai K_f mengindikasikan kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben, sedangkan $1/n$ adalah fungsi dari kekuatan adsorpsi suatu proses. Apabila nilai $n=1$ maka partisi antara dua fasa tidak dipengaruhi oleh konsentrasi. Jika nilai $1/n$ berada $0 < 1/n < 1$ mengindikasikan model isothermal favourable (\cdot), dan jika $1/n > 1$ menunjukkan adsorpsi secara kooperatif atau model Langmuir dan Freundlich dapat berkerja bersama (Livingston, 2005).

2.3. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan sejenis adsorben yang memiliki beragam aplikasi seperti untuk menyerap senyawa berwarna, berbau, atau berasa dan juga menghilangkan zat pengotor organik atau anorganik pada air minum dan masih banyak aplikasi lain pada

dunia industri. Lebih dari 80% aplikasi dari karbon aktif dimanfaatkan untuk menangani permasalahan pada zat – zat dengan fasa cair (Bansal dan Meenakshi, 2005; Hong, 2014). Karbon aktif memiliki beberapa karakteristik yang menyebabkan material ini dapat berfungsi sebagai adsorben serba guna, diantaranya dikarenakan oleh luas permukaannya, tingginya struktur mikropori, efek adsorpsi, dan tingginya derajat reaktivitas permukaan karbon aktif (Bansal dan Meenakshi, 2005). Berdasarkan ukuran diameter pori adsorben, karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yakni mikropori (*micropores*), mesopori (*mesopores*), makropori (*macropores*).

Tabel 2.4 Klasifikasi Pori Adsorben (Bansal dan Meenakshi, 2005)

	<i>Micropores</i>	<i>Mesopores</i>	<i>Macropores</i>
Diameter (nm)	<2	2 – 50	>50
Volume pori (cm ³ /g)	0,15 – 0,5	0,002 – 0,1	0,2 – 0,5
Luas Permukaan (m ² /g)	100 – 1000	10 – 100	0,5 – 2

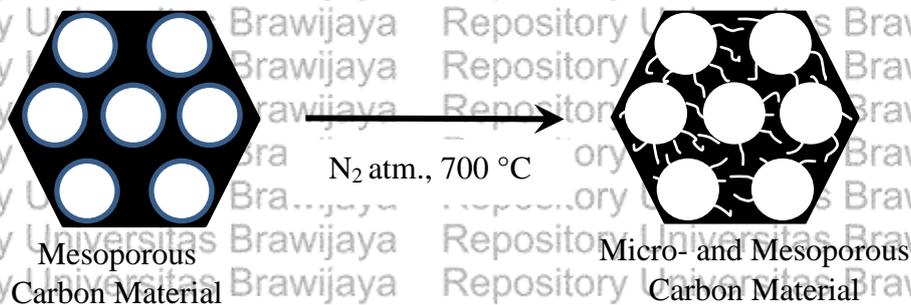
Selain berdasarkan porinya, karbon aktif juga dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuknya yakni karbon aktif serbuk atau *powdered activated carbon* (PAC) dan *granulated activated carbons* (GAC). Karbon aktif berbentuk serbuk memiliki ukuran partikel sekitar 44µm yang memungkinkan proses adsorpsi berjalan lebih cepat, namun penggunaan karbon aktif ini kurang efektif ketika digunakan dalam *fix bed adsorption*.

PAC juga dapat menyebabkan tingginya *pressure drop* pada fixed bed sehingga akan sulit untuk diregenerasi. Sedangkan karbon aktif berbentuk granul memiliki ukuran yang lebih besar dari PAC dengan kisaran 0,4 – 4 mm. GAC memiliki ketahanan yang cukup tinggi terhadap abrasi dan kondisi operasi yang ekstrim karena teksturnya yang tebal dan keras.

GAC memiliki keuntungan untuk lebih mudah dipindahkan ketika kondisinya jenuh dan juga lebih mudah untuk diregenerasi dengan cara pemanasan menggunakan *steam* (Viswanathan *et al.*, 2009).

Pembuatan karbon aktif dapat dilakukan dengan melakukan pembakaran (*combustion*), pembakaran partial (*partial combustion*), atau dekomposisi thermal (*thermal decomposition*) terhadap bahan – bahan yang memiliki kandungan karbon.

Terdapat dua tahapan dalam pembuatan karbon aktif, yakni karbonisasi bahan baku (biasanya terjadi pada suhu $< 800^{\circ}\text{C}$ pada tekanan atmosfer) dan aktivasi hasil karbonisasi. Selama proses karbonisasi, seluruh elemen non-karbon seperti sulfur, oksigen, nitrogen, dan hidrogen akan dihilangkan sebagai gas. Sedangkan unsur karbon sisa akan membentuk gugus aromatik satu sama lain secara acak. Susunan gugus aromatik yang acak ini dapat diisi oleh senyawa hasil dekomposisi atau char. Char yang dihasilkan setelah proses karbonisasi tidak memiliki kapasitas adsorpsi yang cukup tinggi sehingga untuk menghilangkannya dilakukan proses aktivasi. Proses aktivasi akan mengubah char menjadi bentuk yang memiliki banyak pori dan luas permukaan yang tinggi.



Gambar 2.1 Kondisi Karbon Aktif Sebelum Dan Sesudah Aktivasi (Viswanathan et al., 2009)

digunakan untuk mendapatkan produk berupa char atau arang dari proses pembakaran padatan biomassa seperti kayu, bambu, sekam padi dan lainnya. Pada pemanasan hingga suhu $400 - 600^{\circ}\text{C}$, pembakaran biomassa dapat menghasilkan produk samping berupa tar, *pyrolygnous acid*, dan *combustible gas*. Proses karbonisasi pada dasarnya hampir sama dengan pirolisis menggunakan gas inert nitrogen. Sebagian besar air yang terkandung pada biomassa akan terevaporasi pada suhu di bawah 200°C sehingga menyisakan 3 jenis komponen pada umumnya yakni selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiga komponen ini kemudian akan diubah menjadi fraksi padatan, fraksi liquid dan fraksi gas (sebagian besar gas terdiri dari CO dan CO_2) pada suhu $200 - 500^{\circ}\text{C}$ yang menyebabkan turunnya massa dari biomassa. Pada kisaran suhu ini, 3 komponen utama tadi akan mengalami proses *dehydration* dan *depolymerization*, sementara itu komponen dengan massa molekular rendah akan dipecah menjadi liquid dan gas. Penurunan massa akan semakin sedikit dengan adanya kenaikan suhu di atas 500°C , namun *polycondensed aromatic carbon* (fraksi padatan) akan mengalami peningkatan hingga $80\% \text{ C}$ pada char sampai suhu 700°C .



2.4. Pisang Candi

Pisang merupakan tanaman yang berasal dari kawasan Asia Tenggara yang merupakan golongan dari famili *musaceae* (Anhwange dkk, 2009). Salah satu jenis pisang yang banyak tumbuh di Indonesia adalah pisang candi. Pisang Candi merupakan salah satu hybrid jenis pisang *Musa acuminata Colla* dan *Musa balbisiana Colla* yang merupakan tanaman endemik di kawasan Asia Tenggara. Pisang Candi merupakan salah satu jenis pisang yang banyak dikonsumsi di Indonesia dan hampir tersebar di seluruh wilayah Indonesia (Valmayor dkk, 2009).

2.5. Kulit Pisang

Pisang merupakan komoditi besar yang ada di Indonesia. Produksi pisang Indonesia mencapai 32,28% dari total produksi pisang rata-rata tahun 2008-2012 di ASEAN (Kementerian Pertanian, 2014). Dengan produksi pisang yang tinggi maka mendorong masyarakat untuk memanfaatkan pisang sebagai olahan pangan yang bervariasi. Di Indonesia banyak ditemui industri baik skala rumah hingga pabrik yang mengolah pisang sebagai bahan utama sehingga menghasilkan limbah berupa kulit pisang. Limbah yang tidak dimangfaatkan dan diberdayakan dengan benar dapat menjadi sumber pencemar (Kumalaningsih, 1993). Kulit Pisang Candi mengandung protein 3,63%, lemak kasar 2,52%, serat kasar 18,71%, kalsium 7,18% dan phosphor 2,06% (Koni, 2009).

2.6. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Metode	Hasil
1.	Salman, M.S (2009)	Penyerapan ion sulfat dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan paramater pH larutan (4,5 - 9), waktu agitasi (0 – 120 menit), dan jumlah adsorben (2 – 10 gr). Adsorpsi dilakukan pada suhu 25°C dengan kecepatan pengadukan 350 rpm.	Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk adsorpsi adalah pada pH 7 selama 120 menit. Persentase penyisihan ion sulfat akan semakin tinggi dengan menggunakan jumlah adsorben semakin banyak.
2.	Zaidan T., Emad Salah, dan Mohammad Waheed (2013)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyisihkan kandungan sulfida (S) menggunakan biosorben dari kulit pisang pada air pemandian air panas. Pembuatan biosorben dilakukan dengan pengeringan pada suhu 100°C selama 8 jam dan kemudian disaring menggunakan saringan berukuran 4000µm. Proses adsorpsi dilakukan pada kolom adsorpsi dengan variasi larutan standard sulfida (5, 25, 50, 100, 250 ppm).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosorben dari kulit pisang dapat dijadikan sebagai adsorben untuk menyerap kandungan sulfida. Waktu kontak optimum tercapai pada 2 jam waktu kontak dengan %penyisihan sebesar 98,87% menggunakan larutan sulfida 250 ppm.
3.	Namasivayam C. dan Molagoundampal ayam V. Sureshkumar (2007)	Pada penelitian ini digunakan serabut kelapa yang mengandung polimer lignuselulosa untuk dikonversi sebagai surfaktan kationik yang dimanfaatkan sebagai adsorben dalam penyisihan ion sulfat pada larutan.	Hasil adsorpsi menunjukkan bahwa pada range pH 2 – 5 terjadi interaksi yang kuat antara ion sulfat dengan adsorben terumata optimum diperoleh ketika pH 2.

No.	Penulis	Metode	Hasil
		<p>Persiapan surfaktan dilakukan dengan mencampurkan sabut kelapa yang telah dihaluskan dan diayak ($250\mu\text{m}$) dengan larutan 2% HDTMA (<i>Hexa Decyl Trimethyl Ammonium</i>) sebanyak 500 mL selama 5 jam dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Proses adsorpsi diamati pada pH 2 hingga 11 menggunakan 0,1 M HCl dan 0,1 M NaOH. Proses adsorpsi dilakukan pada shaker dengan kecepatan 160 rpm menggunakan 0,2 gr surfaktan kation untuk 50 mL larutan sulfat</p>	<p>Sedangkan pada pH di atas 5 terjadi proses desorpsi ion sulfat dikarenakan adanya ion OH⁻ yang menggantikan ion sulfat pada sisi aktif adsorben. Selain itu, konsentrasi awal ion sulfat juga berpengaruh pada semakin banyaknya ion sulfat yang tersisihkan. Pada konsentrasi awal 10 – 50 mg/L, jumlah ion sulfat yang tersisihkan meningkat dari 2,27 – 7,57 mg/g.</p>



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian pengaruh konsentrasi dan pH terhadap adsorpsi ion sulfat menggunakan karbon aktif kulit pisang candi akan dilakukan di Laboratorium Sains, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Brawijaya.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Variabel Tetap:

1. Karbonisasi dilakukan selama 90 menit pada suhu 600°C
2. Proses aktivasi karbon aktif dilakukan dengan perendaman dan pengadukan 100 rpm pada 160 ml H₂SO₄ 2M/ 4 gr karbon selama 2 jam.

Variabel Bebas:

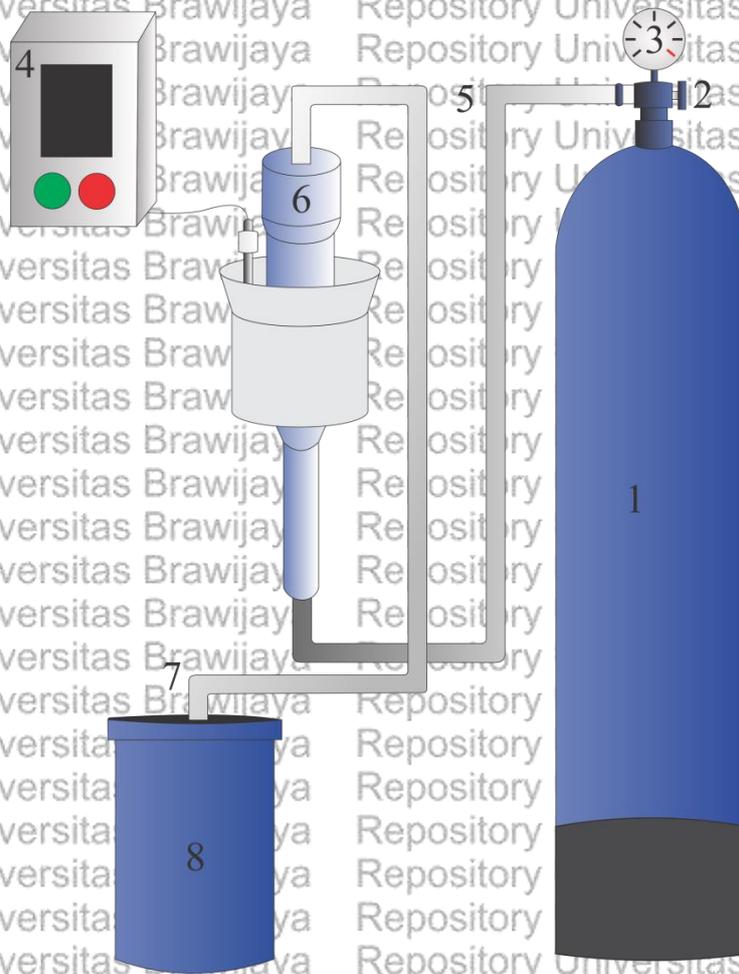
1. Konsentrasi awal ion sulfat yang digunakan adalah 498, 669, 715, 820, dan 910 ppm
2. pH larutan ion sulfat yang digunakan adalah 2, 3, dan 4

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- | | |
|----------------------|--------------------------------------|
| - Beaker glass | - Neraca analitik <i>Scout Pro</i> |
| - Erlenmeyer | - <i>Stirrer</i> |
| - Gelas ukur | - Peralatan karbonisasi (Gambar 3.1) |
| - Pipet tetes | - Turbidimeter <i>Lovibond</i> |
| - Pipet ukur | - pH Meter <i>Schott</i> |
| - Labu ukur | |
| - Corong kaca | |
| - Kaca arloji | |
| - Oven <i>Binder</i> | |
| - Desikator | |



Gambar 3.1. Rangkaian Alat Karbonisasi

Keterangan:

1. Tabung Gas N_2
2. Pipa penyalur gas
3. Kontrol tekanan *Wipro*
4. Termo *controller* *Skr PC-10s*
5. Selang gas N_2 in
6. Reaktor
7. Selang gas N_2 out
8. Wadah penampung keluaran gas N_2



3.3.2 Bahan penelitian

Adapun bahan – bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain

Kulit Pisang Candi

- Larutan H_2SO_4 p.a. 98%

- Aquades

- $BaCl_2$ p.a.

- HCl p.a. 37%

- $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ p.a.

- KNO_3 p.a.

- $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ p.a.

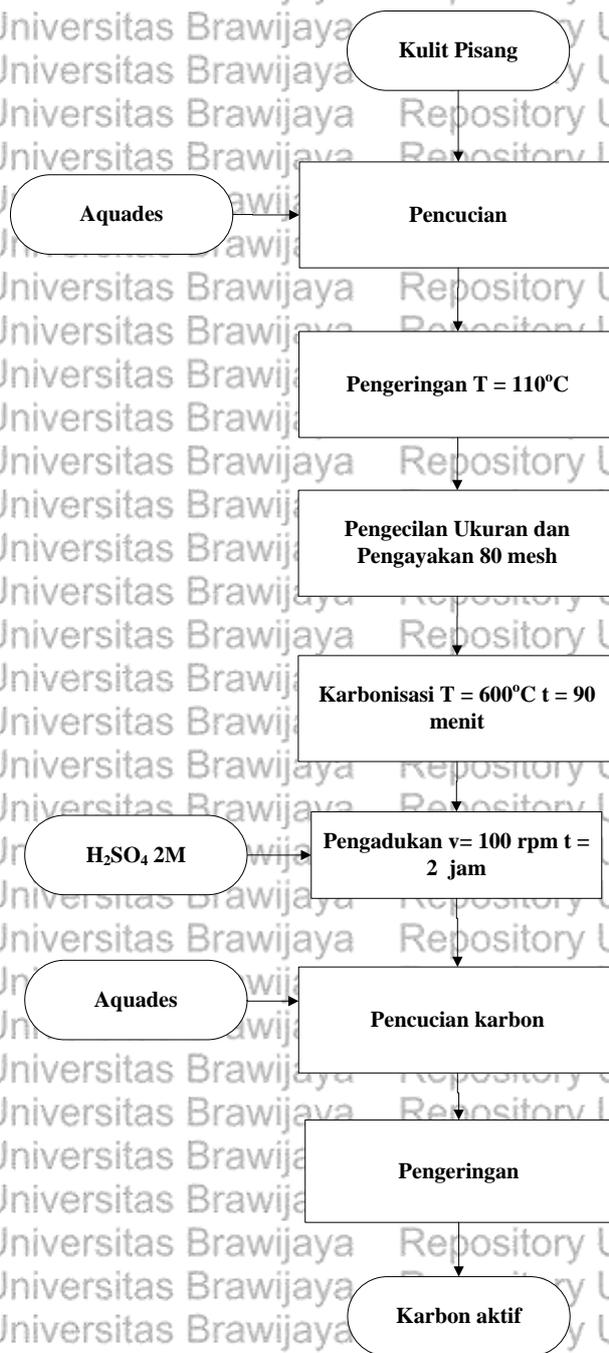
- CH_3COOH p.a.100%

- Na_2SO_4 p.a.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Prosedur pembuatan karbon aktif

1. Kulit pisang candi dicuci kemudian dipotong-potong dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu $110^\circ C$.
2. Kulit pisang yang sudah kering ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh
3. Kulit pisang kemudian dikarbonisasi dengan suhu $600^\circ C$ selama 90 menit
4. Karbon diaktivasi dengan cara direndam pada larutan H_2SO_4 2M dengan pengadukan 100 rpm selama 2 jam.
5. Karbon aktif dicuci menggunakan aquades lalu dikeringkan selama 3 jam menggunakan oven dengan suhu $110^\circ C$.

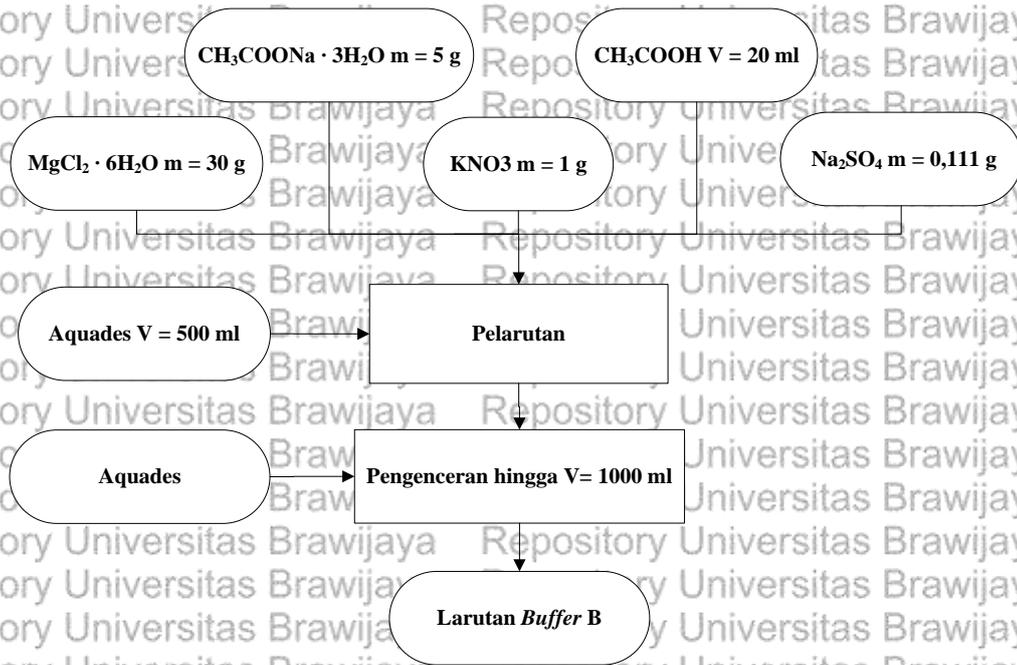


Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif.

3.4.2. Persiapan Adsorpsi

3.4.2.1. Pembuatan Larutan Buffer B

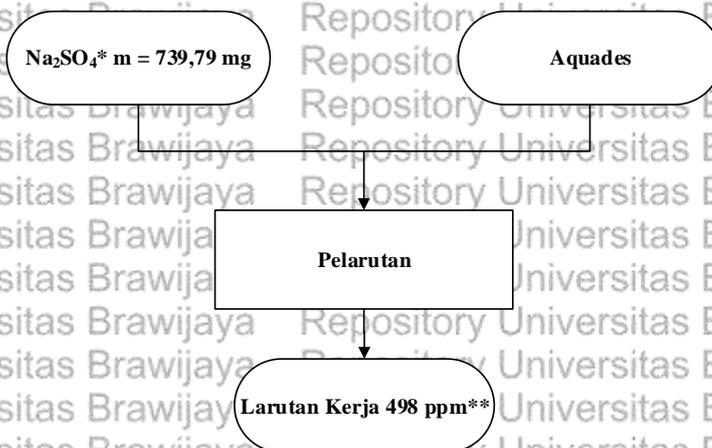
Larutan *buffer* B dibuat dengan melarutkan 30 g $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 5 g $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 1 g KNO_3 , 0,111 g Na_2SO_4 , dan 20 ml CH_3COOH dalam 500 ml aquades. Selanjutnya diencerkan hingga 1000 ml.



Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Larutan Buffer B

3.4.2.2. Pembuatan Larutan Kerja

Larutan kerja dibuat dengan melarutkan 739,79 mg Na_2SO_4 dalam aquades hingga volumenya 100 ml dan didapatkan larutan kerja sulfat dengan konsentrasi 500 ppm.



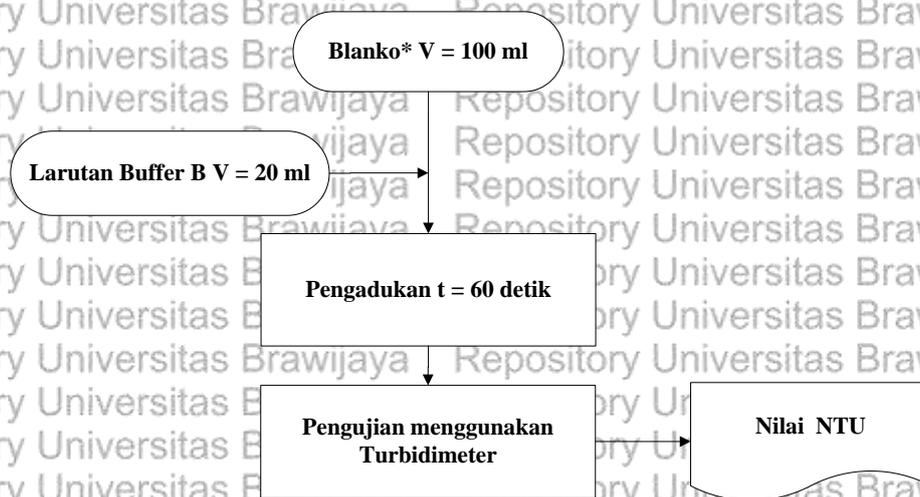
Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Larutan Baku

*Diulangi dengan massa $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 887,75 \text{ mg}; 1035,71 \text{ mg}; 1183,67 \text{ mg};$ dan $1331,63 \text{ mg}$

**Larutan kerja secara berturut-turut 669 ppm; 715 ppm; 820 ppm; dan 910 ppm

3.4.2.3. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan menggunakan larutan sulfat dengan konsentrasi 0 ppm (blanko), 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm dan 8 ppm dengan mengencerkan larutan baku 100 ppm. Larutan kurva kalibrasi selanjutnya ditambahkan dengan larutan *buffer* B sebanyak 20 ml dan diuji menggunakan turbidimeter untuk mendapatkan nilai NTU.

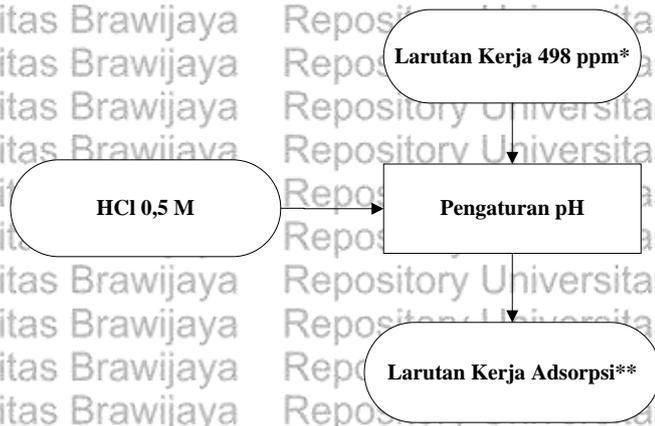


Gambar 3.5 Diagram Alir Penentuan NTU Kurva Kalibrasi

* Diulangi untuk larutan sulfat dengan konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, dan 8 ppm NTU_(Kurva Kalibrasi) yang didapatkan digunakan untuk membentuk grafik kurva kalibrasi dengan $y = \text{NTU}_{(\text{Kurva Kalibrasi})}$ dan $x =$ konsentrasi larutan kurva kalibrasi. Dimana dari grafik tersebut didapatkan persamaan $y = ax + b$

3.4.2.4. Pembuatan Larutan Kerja Adsorpsi

pH larutan kerja 498 selanjutnya diatur hingga sesuai dengan pH yang telah ditentukan yaitu 2; 3, dan 4 dengan menggunakan HCl dan didapatkan larutan sulfat adsorpsi.



Gambar 3.6 Diagram Alir Pembuatan Larutan Sampel

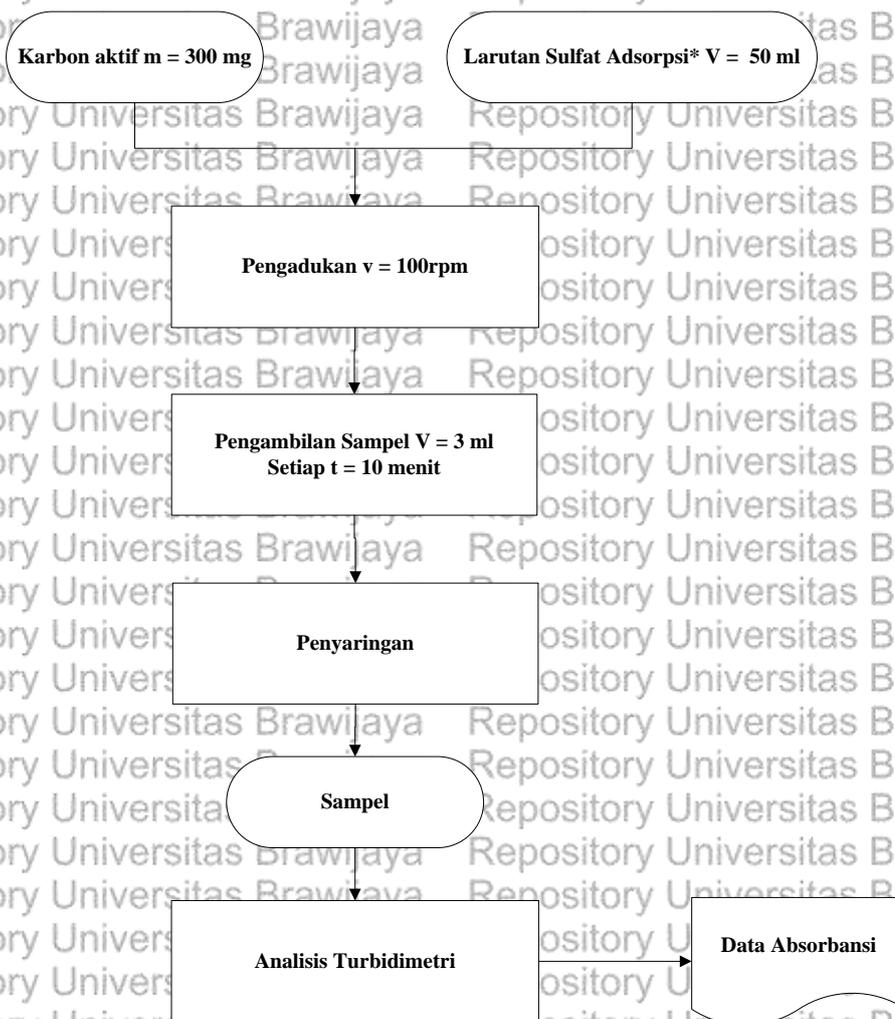
*Diulangi untuk larutan kerja dengan konsentrasi ion sulfat 669, 715, 820, dan 910 ppm

**Larutan kerja adsorpsi dengan pH 2, 3, dan 4

3.4.3. Proses Adsorpsi

Adsorpsi dilakukan pada larutan dengan konsentrasi ion sulfat 498, 669, 715, 820, dan 910 ppm dengan pH pada masing-masing konsentrasi (2, 3, dan 4) di dalam Beaker Glass 100 ml dengan volume sampel larutan sebanyak 50 ml dan karbon aktif yang digunakan 300 mg. Proses adsorpsi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dengan waktu pengambilan sampel setiap 10 menit.





Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Adsorpsi

* Pengujian diulangi dengan konsentrasi ion sulfat 498, 669, 715, 820, dan 910 pada pH optimum

* Untuk setiap konsentrasi ion sulfat dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali

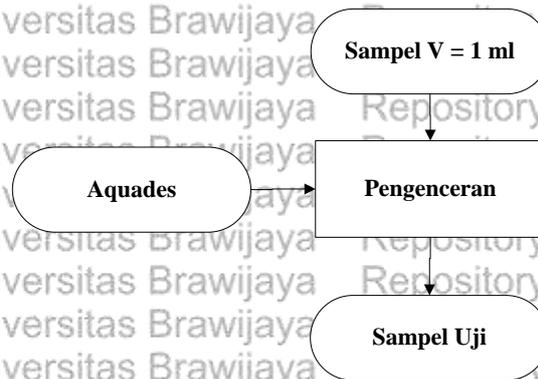
3.4.4. Analisis Kadar Ion sulfat

Analisa kadar ion sulfat dalam larutan dapat dilakukan menggunakan turbidimeter berdasarkan *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Analysis*.

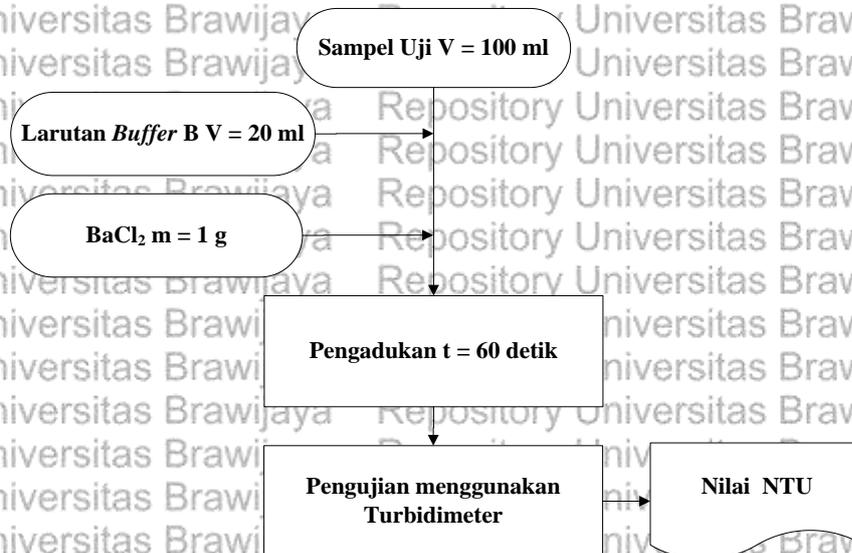
Dimana sampel ditambahkan dengan larutan *buffer* dan ditambahkan dengan BaCl_2 untuk membentuk BaSO_4 .

Sampel dengan volume 1 ml diencerkan hingga volume 100 ml selanjutnya ditambahkan dengan larutan *buffer* B sebanyak 20 ml dan diuji menggunakan turbidimeter selanjutnya ditambahkan dengan BaCl_2 sebanyak 0,1 g dan diaduk selama 60

detik. Sampel yang telah diaduk harus didiamkan ± 4 menit untuk mendapatkan suspensi yang stabil. Sampel diuji dengan turbidimeter dan didapatkan nilai NTU. Nilai NTU hasil dari turbidimeter digunakan untuk mendapatkan nilai konsentrasi pada sampel uji dengan menggunakan persamaan $y = ax + b$ hasil dari kurva kalibrasi. Konsentrasi yang didapatkan harus dikurangi dengan konsentrasi blanko untuk mendapatkan konsentrasi sampel yang sebenarnya.



Gambar 3.8 Diagram Alir Pengenceran Sampel



Gambar 3.9 Diagram Alir Penentuan NTU Sampel

3.4.5. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Isothermal

Analisa untuk mengetahui jumlah ion sulfat yang dapat teradsorpsi didapatkan dengan membuat grafik antara (C_e) terhadap $(C_e/(x/m))$ sehingga dapat diperoleh persamaan

linear. Grafik ini merupakan grafik Langmuir dimana nilai $C_e/(x/m)$ diperoleh dari persamaan berikut.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 K_L} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (3.1)$$

Dimana K_L merupakan konstanta Langmuir dan Q_0 adalah kapasitas adsorben dalam adsorpsi. Hasil regresi dari kurva linear Langmuir dibandingkan dengan regresi kurva linear dari persamaan Freundlich yang mana didapatkan dari grafik antara $\log C_e$ terhadap $\log q_e$.

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3.2)$$

Dimana C_e adalah konsentrasi setimbang adsorbat sedangkan K_F adalah konstanta Freundlich dan n adalah intensitas adsorpsi. Nilai regresi yang paling mendekati nilai 1 digunakan sebagai persamaan adsorpsi ion sulfat. Persamaan dengan nilai regresi yang paling mendekati satu menunjukkan kecenderungan adsorpsi isothermal yang terjadi dengan nilai kapasitas adsorpsinya disimbolkan dengan notasi K .

3.4.6. Analisis Gugus Fungsi Karbon Aktif menggunakan Spektrofotometer

Fourier Transform Infra Red (FT-IR)

Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FT-IR) adalah teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Suatu gugus fungsi dalam suatu senyawa dapat terukur dengan spectra IR harus memiliki perbedaan momen dipol pada gugus tersebut. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik. Pengukuran menggunakan IR berada pada daerah bilangan gelombang $400-4500 \text{ cm}^{-1}$ (Harjono, 1992)

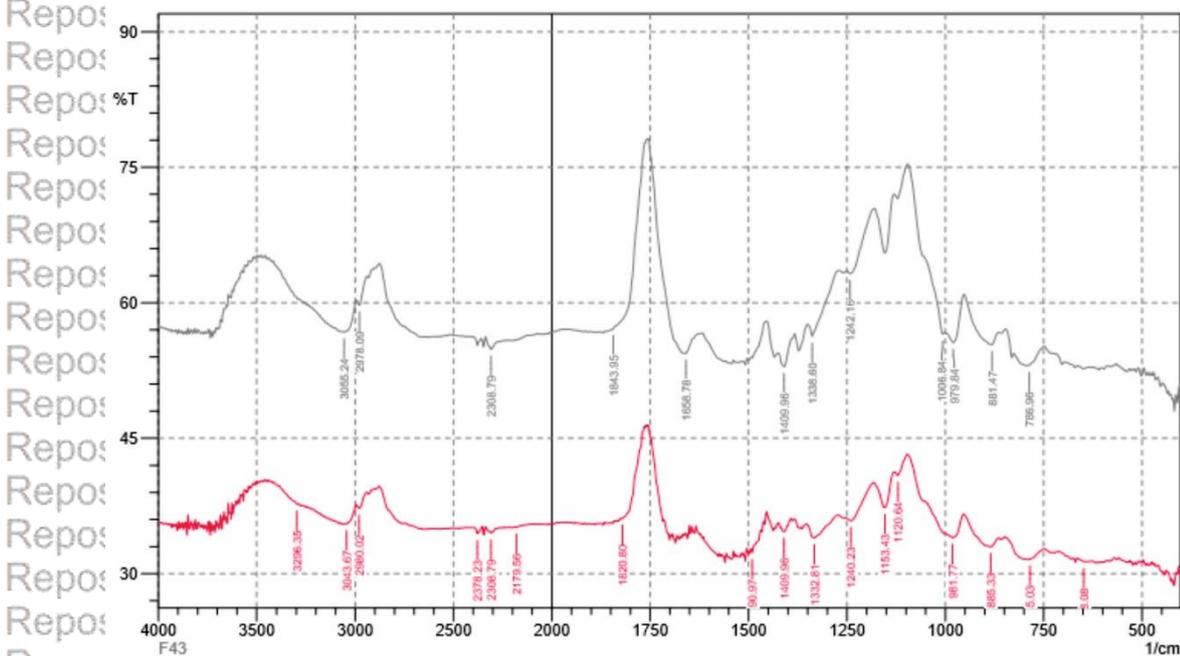
Mekanisme dari FT-IR adalah sinar yang datang dari sumber sinar diteruskan, dan kemudian dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detector akan berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor, dan akan saling melemahkan jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Karbon Kulit Pisang Hasil Uji FT-IR

Adsorpsi menggunakan karbon aktif dapat terjadi secara fisik (memanfaatkan pori) dan secara kimiawi (bergantung pada sisi aktif karbon). Secara kimiawi, adsorpsi dapat terjadi karena adanya sisi aktif karbon yang dapat mengikat senyawa tertentu. Maka dari itu dilakukan pengujian FTIR pada karbon dan karbon aktif untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada karbon dan karbon aktif.



Keterangan: — Karbon Kulit Pisang tanpa Aktivasi

— Karbon Kulit Pisang Teraktivasi

Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR Karbon dan Karbon Aktivasi Kulit Pisang Candi

Berdasarkan Hasil Uji FTIR terdapat kemiripan pada sebagian besar spektrum pada kedua bahan karbon namun berbeda tingkat intensitas. Gambar 4.1, menunjukkan bahwa serapan spektrum IR pada karbon tanpa aktivasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan karbon teraktivasi.

Tabel 4.1 Hasil Pembacaan Gugus Fungsi FTIR karbon dan karbon aktif

No.	Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Karbon	Karbon Aktif
1.	C-H Alkena	675-995	✓	✓
2.	C-H Cincin Aromatik	690-900	✓	✓
3.	C-O Alkohol/eter/asam karboksilat/ester	1050-1300	✓	✓
4.	C-N Amina/Amida	1180-1360	✓	✓
5.	C=O Amida	1630-1690	✓	-
6.	C-H Alkana	1340-1470 dan 2850-2970	✓	✓
7.	NO ₂	1300-1370 dan 1500-1570	✓	✓
8.	C=C Alkena	1610-1680	✓	✓
9.	O-H Karboksilat	2500-3000	✓	✓
10.	O-H Alkohol/fenol	3200-3550	-	✓

Hasil pembacaan gugus fungsi pada karbon dan karbon aktif menunjukkan terdapat beberapa kesamaan pada beberapa gugus fungsi seperti C-H Alkena, C-H Alkana, C-O, C-N dan O-H karboksil.

Pada proses adsorpsi anion, sisi aktif karbon yang diperlukan adalah yang memiliki sifat asam. Sifat asam pada permukaan karbon dapat dipengaruhi oleh gugus oksida pada permukaan karbon. Gugus oksida yang bersifat asam dapat diakibatkan adanya pengaruh gugus karboksil, laktol, dan gugus hidroksil fenol. Gugus oksida dapat terbentuk karena adanya adsorpsi kimia oksigen pada suhu 300 – 420°C yang kemungkinan terjadi ketika karbonisasi (Wibowo dkk, 2004). Hal ini dapat terlihat dari adanya gugus oksida C=O amida dan C-O alkohol/eter/ester/asam karboksil pada karbon yang terbaca pada panjang gelombang 1630 – 1690 cm⁻¹ dan 1050 – 1300 cm⁻¹.

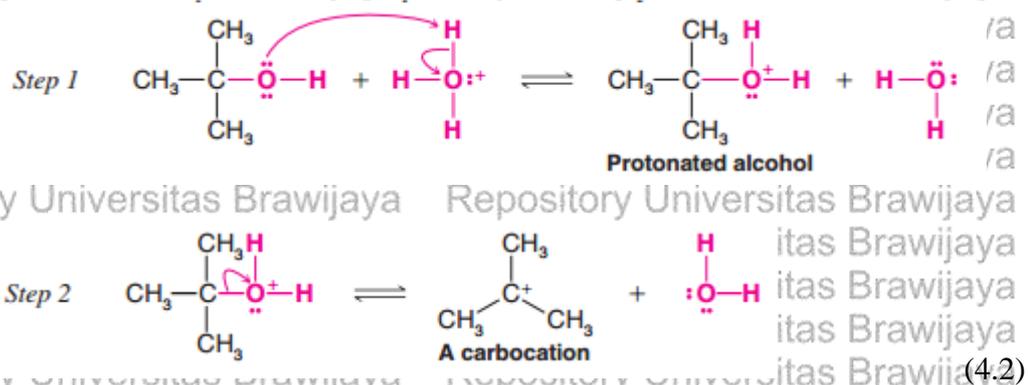
Sementara itu pada karbon aktif tidak ditemui adanya gugus fungsi C=O amida yang dapat disebabkan karena proses dehidrasi oleh H₂SO₄ selama aktivasi. Asam Sulfat (H₂SO₄) sendiri merupakan *dehydrating agent* yang juga dapat berperan dalam

menghancurkan kotoran berupa oksida logam (Asrijal dkk, 2016). Menurut Widodo dkk (2004), penggunaan H_2SO_4 pada proses aktivasi karbon dapat mempengaruhi gugus pada permukaan karbon dikarenakan H_2SO_4 bersifat *hetero-withdrawing atom* yang berarti H_2SO_4 mampu menyebabkan sebagian molekul karbon kehilangan elektron sehingga karbon bermuatan lebih positif ($-I$ efek meningkat). Proses ini mengakibatkan karbon bersifat elektrofilik. Adanya molekul oksigen dan hidrogen yang bersifat nukleofilik dalam air menyebabkan terbentuknya gugus karboksil, laktan, dan hidroksil fenol baru. Hasil interpretasi FTIR juga menunjukkan adanya penurunan transmittan pada gugus O-H karboksil yang menandakan semakin tingginya kuantitas gugus karboksil. Selain itu juga terbentuknya gugus O-H alkohol/fenol pada panjang gelombang $3200 - 3550 \text{ cm}^{-1}$.



(Solomon dan Craig, 2011)

Melalui mekanisme 4.1 diketahui proses aktivasi mampu membentuk gugus alkohol/ fenol akibat adanya aktivasi kimia menggunakan H_2SO_4 yang mengubah gugus alkena menjadi gugus alkohol/fenol yang nantinya berperan dalam proses adsorpsi ion sulfat. Sedangkan untuk mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi ini adalah dengan pembentukan karbokation dari gugus alkohol/fenol atau karboksil sebagaimana reaksi berikut:

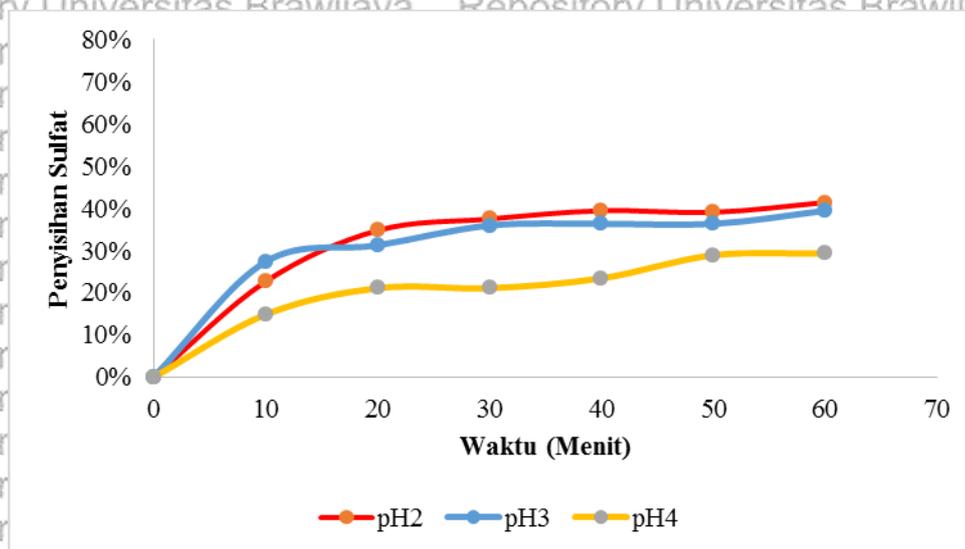


(Solomon dan Craig, 2011)

Adanya karbokation bermuatan positif nantinya akan menarik ion sulfat karena adanya beda muatan keduanya sehingga terjadi proses adsorpsi secara elektrostatik.

4.2. Pengaruh pH larutan terhadap adsorpsi ion sulfat

Penentuan pH optimum untuk proses adsorpsi sulfat sangat penting karena pH larutan dapat mempengaruhi pembentukan sisi aktif pada karbon aktif (Karagoz dkk, 2008). Penentuan pH optimum dilakukan dengan mengadsorpsi 498 ppm sulfat menggunakan 0,3 gr karbon aktif selama 1 jam pada tiap variabel pH (2, 3, dan 4).



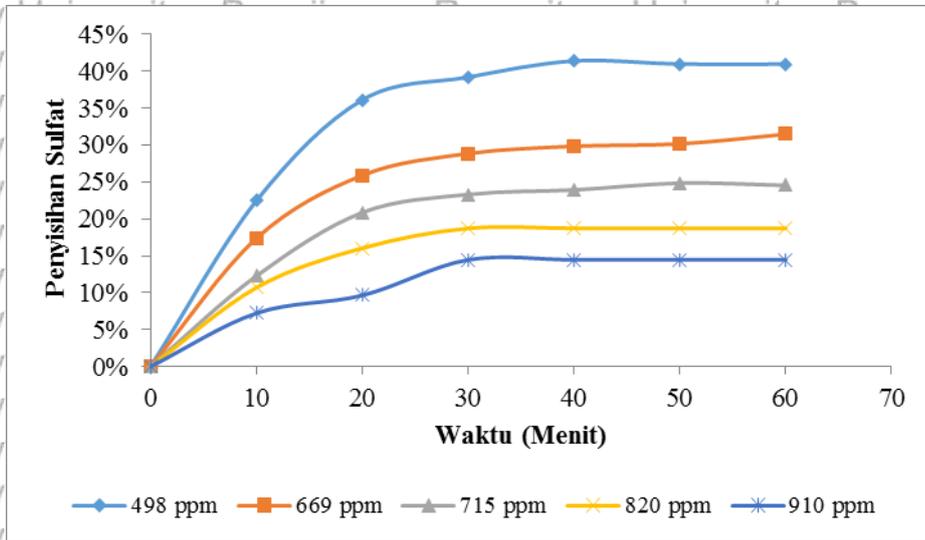
Gambar 4.2 Hubungan antara waktu dan penyisihan sulfat pada variasi pH (2,3, dan 4)

Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa jumlah penyisihan ion sulfat tertinggi diperoleh pada pH 2 sebesar 41,41% diikuti pH 3 dan 4 yang berturut – turut 39,45% dan 29,30%. Penurunan pH mengakibatkan semakin tingginya penyerapan terhadap ion sulfat (SO_4^{2-}) dapat dikarenakan adanya sisi aktif karbon yang memiliki lebih banyak muatan positif. Beda muatan antara sisi aktif permukaan karbon dan ion sulfat menyebabkan tarik – menarik partikel beda muatan. Menurut Karagoz dkk (2008), semakin rendahnya pH larutan akan membuat permukaan karbon memiliki sisi aktif yang lebih bermuatan positif.

Sebaliknya, pada pH yang semakin tinggi akan meningkatkan sisi aktif karbon yang bermuatan negatif (Karagoz dkk, 2008; Mahmoodi dkk, 2011). Larutan dengan pH yang semakin asam memungkinkan terjadinya interaksi elektrostatis antara gugus karbon terprotonasi dengan anion sulfat. Menurut Namasivayam dan Kavitha (2002), pada pH larutan yang semakin tinggi akan meningkatkan muatan negatif pada sisi aktif karbon yang menyebabkan interaksi elektrostatis antara sisi aktif karbon dengan anion tidak dapat terjadi. Berdasarkan teori tersebut menunjukkan bahwa data hasil adsorpsi memenuhi teori dimana pH yang semakin rendah akan meningkatkan sisi aktif bermuatan positif untuk mengikat anion sehingga penyisihan sulfat semakin tinggi pada pH asam.

4.3. Adsorpsi Ion Sulfat

Perbedaan konsentrasi bertujuan untuk mengetahui persen penyisihan tertinggi dan konsentrasi setimbang (C_e) pada setiap konsentrasi. Pada gambar 4.1 ditunjukkan pengaruh waktu terhadap persen penyisihan ion sulfat.



Gambar 4.3 Hubungan Waktu dan Penyisihan Sulfat pada variasi konsentrasi awal sulfat

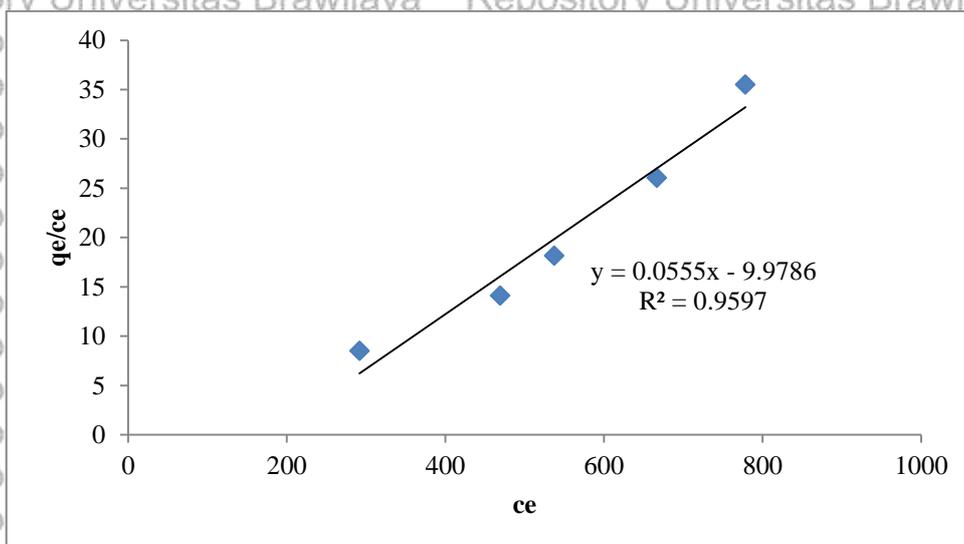
Pada gambar 4.3 terlihat bahwa pada konsentrasi awal ion sulfat 498 ppm memiliki konsentrasi penyisihan yang lebih besar dibandingkan pada konsentrasi awal ion sulfat yang lain yaitu sebesar 41% pada waktu adsorpsi selama 40 menit. Keadaan ini dapat terjadi disebabkan oleh karbon aktif yang digunakan telah mencapai kejenuhan dalam proses adsorpsi pada waktu adsorpsi selama 40 menit. Menurut Mahmoodi dkk (2011) kejenuhan ini terjadi akibat dari sisi aktif adsorben berkurang ketika konsentrasi awal adsorbat bertambah. Hal ini berbanding lurus dengan semakin asam pH suatu larutan menyebabkan memungkinkan terjadi interaksi elektrostatik antara gugus karbon terprotonasi dengan anion sulfat. Maka semakin besar konsentrasi awal sulfat pada jumlah adsorben yang tetap gugus karbon yang terprotonasi berkurang akibat dari interaksi dengan anion sulfat yang ada dan menyebabkan persen penyisihan pada ion sulfat berkurang seiring dengan pertambahan konsentrasi awal. Karbon aktif sebagai adsorben dengan massa 0,3 gram dalam 50 ml larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) hanya mampu menyerap ion sulfat sebanyak 130 ppm hingga 200 ppm.

4.4. Adsorpsi Isothermal

Adsorpsi isothermal berfungsi untuk mengetahui karakter penyebaran molekul adsorbat pada permukaan adsorben dalam keadaan setimbang. Terdapat dua jenis

adsorpsi isotermaal yaitu Langmuir dan Freundlich. Menurut Chiou pada (2002) diasumsikan pada isotermaal Langmuir penyebaran molekul adsorbat terjadi pada permukaan adsorben yang memiliki sisi aktif yang terbatas dan menghasilkan satu lapisan (monolayer) adsorbat yang berada di permukaan adsorben. Sedangkan isotermaal *Freundlich* diasumsikan bahwa penyebaran molekul adsorbat terjadi pada permukaan adsorben yang memiliki sisi aktif yang heterogen dan menghasilkan banyak lapisan (multilayer) adsorbat yang berada di permukaan adsorben. Karakter adsorpsi ini dapat ditentukan dengan membuat grafik antara q_e/c_e terhadap c_e pada isotermaal Langmuir dan grafik $\log q_e$ terhadap $\log c_e$ pada isotermaal Freundlich yang mana ditentukan berdasarkan nilai regresi (R^2) yang mendekati 1 dan nilai R_L pada isotermaal Langmuir serta n pada isotermaal Freundlich.

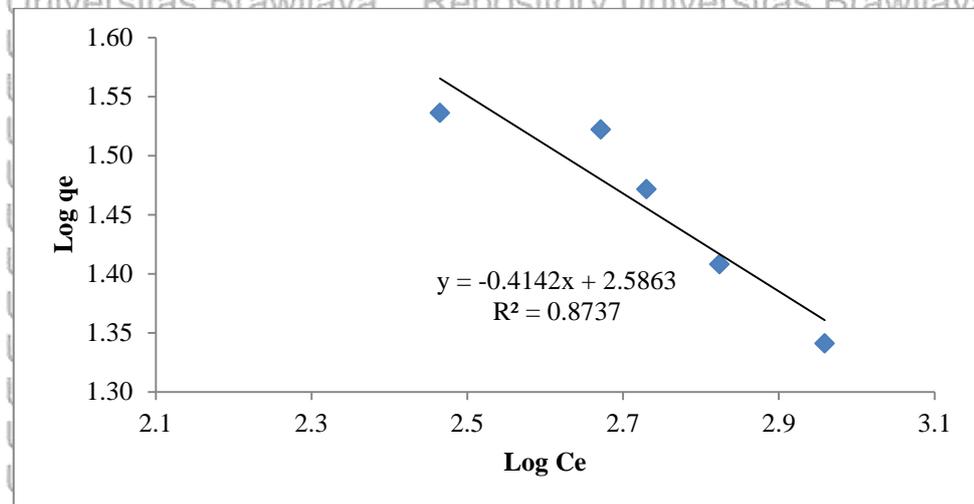
Pada isotermaal Langmuir didapatkan persamaan $y = 0,0555x - 9,9786$ dengan $R^2 = 0,9597$. Dimana, 0,0555 merupakan nilai dari $1/Q_0$ dan 9,9786 merupakan nilai dari $1/Q_0K$. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Adsorpsi Isotermaal Langmuir Ion Sulfat

Nilai R^2 pada jenis isotermaal ini lebih besar dari 0,95, hal ini menunjukkan bahwa ion sulfat dapat terdistribusi pada permukaan adsorben dan membentuk satu lapisan (monolayer). Dari data ini didapatkan nilai K_L (Konstanta Langmuir) sebesar 0,0056 L/mg dan Q_0 sebesar 18,02 mg/g serta nilai R_L sebesar 0,165 - 0,265 dimana berada diantara 0 - 1. Dengan nilai R_L tersebut menunjukkan bahwa adsorpsi ion sulfat bersifat *favourable* pada kondisi operasi adsorpsi tersebut.

Pada isotherm Freundlich didapatkan persamaan $y = -0,4142x + 2,5863$ dengan $R^2 = 0,8737$. Dimana $0,4142$ adalah $1/n$ dan $2,5863$ adalah $\text{Log } K$. Menurut Livingston (2005) nilai $1/n$ antara $0,1 - 1$ menunjukkan bahwa isothermal Langmuir merupakan model yang paling sesuai menggambarkan proses adsorpsi; hal ini dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.5 Adsorpsi Isothermal Freundlich Ion Sulfat

Dari persamaan isothermal Freundlich di dapatkan nilai $n = 2,414$ dan nilai konstanta Freundlich (K_F) sebesar $385,475 \text{ mg/g}$. Secara ringkas dapat dilihat pada tabel 2. Pada tabel 4.4 terlihat bahwa R^2 pada isothermal Langmuir memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada isothermal Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa model isothermal Langmuir lebih tepat digunakan untuk menjelaskan proses adsorpsi yang terjadi. Dengan nilai R^2 yang lebih besar maka pada adsorpsi sulfat menggunakan adsorben karbon aktif kulit pisang candi memiliki karakter adsorpsi isothermal Langmuir, dimana dapat diasumsikan terbentuk satu lapisan (monolayer) sulfat pada permukaan karbon aktif kulit pisang candi dengan kapasitas adsorpsi (Q_0) sebesar $18,02 \text{ mg/g}$.

Karbon aktif dari kulit pisang candi untuk proses adsorpsi sulfat pada perairan memiliki kapasitas adsorpsi maksimum (Q_0) sebesar $18,02 \text{ mg/g}$. Dengan kapasitas adsorpsi tersebut, karbon aktif ini memiliki kemampuan adsorpsi lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif dari tempurung kelapa yang telah diteliti oleh salman (2009) dengan kapasitas adsorpsi sebesar $1,03 \text{ mg/g}$. namun jika dibandingkan dengan karbon aktif dari jerami yang diteliti oleh Farahmand dkk (2015) dengan kapasitas adsorpsi sebesar $56,49 \text{ mg/g}$, karbon aktif dari kulit pisang candi memiliki kapasitas adsorpsi dibawah karbon aktif dari jerami namun masih layak untuk digunakan disebabkan memiliki persen



penyisihan terbesar sebesar 41% pada konsentrasi sulfat 498 ppm dengan adsorben sebesar 0,3 g.

Tabel 4.2 Data Isotermal Langmuir dan Freundlich Adsorpsi Ion Sulfat

Isotermal Langmuir			Isotermal Freundlich		
Q _o	K _L	R ²	K _F	n	R ²
18,02	0,0056	0,9597	385,475	2,414	0,8737



BAB V PENUTUP

1.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang adsorpsi ion sulfat menggunakan karbon aktif kulit pisang candi diperoleh beberapa kesimpulan, yakni:

1. pH optimum larutan untuk proses adsorpsi diperoleh pada pH 2 dan semakin menurun dengan adanya kenaikan pH.
2. Semakin tinggi konsentrasi sulfat pada larutan mengakibatkan menurunnya efisiensi penyisihan ion sulfat, penyisihan tertinggi terjadi pada konsentrasi 498 ppm dengan efisiensi penyisihan maksimum sebesar 41,41%
3. Kapasitas Adsorpsi karbon aktif kulit pisang candi adalah sebesar 18,02 mg/g.

1.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait variabel adsorpsi lain seperti suhu, waktu kontak, dan massa adsorben untuk mengetahui proses adsorpsi ion sulfat yang lebih efektif.
2. Pada proses adsorpsi diperlukan uji luas permukaan dan diameter pori demi meningkatkan data pendukung pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Mutaz, Ibrahim. 2006. *Effect of Ion sizes on separation characteristics of nanofiltration membrane systems*. Chemical Engineering Department, College of Engineering, King Saud University.

Anhwange, B.A., T. J. Ugye, dan T.D. Nyiaatagher. 2009. Chemical Composition Of Musa Sapientum (Banana) Peels. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry*

Arunakumara, Buddhi Charana, dan Min Ho Yon, 2013. Banana Peel: A Green Solution for Metal Removal from Contaminated Water. *Korean Journal of Environment Agriculture* 2(32):108-116

Asrijal, St. Chadijah, dan Aisyah, *Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat (H_2SO_4) Pada Karbon Aktif Ampas Tebu Terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal*. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alaudin Makassar.

Bansal, R.P., dan Meenakshi Goyal. 2005. *Activated Carbon Adsorption*. United States: Taylor & Francis Group.

Barry Crittenden dan W. John Thomas. 1998. *Adsorption Technology and Design*. London : Butterworth-Heinemann

Benatti, C.T., Celia Regina Granhen Tavares, dan Eryim Lenzi. 2009. Sulfate removal from waste chemicals by precipitation. *Journal of Enviromental Management* 90: 504 – 511.

Chen Wei, dan Liu Haicheng. 2014. *Adsorption of sulfate in aqueous solutions by organonano clay: Adsorption equilibrium and kinetic studies*. China : Central South University Press and SpringerVerlag Berlin Heidelberg

Chiou, Cary T. 2002. *Partition and Adsorption of Organic Contaminants in Environmental Systems*. New Jersey: John Wiley & Sons

Densmore, G. M., "Electrocoagulation for sulfate removal" (2015). *Chemical Engineering Undergraduate Honors Theses*. Paper 59.

Farahmand, E, B. Rezai, F. Doulati Ardejani, dan S.Z. Shafaei T. . 2015. *Kinetics, equilibrium, and thermodynamic studies of sulphate adsorption from aqueous*

solution using activated carbon derived from rice straw. Bulgarian Chemical Communications 47(Special Issue D): 72–81

Feng, W., Seokjoon Kwon, Eric Borguet, dan Radisav Vidic. 2005. Adsorption of Hydrogen Sulfide onto Activated Carbon Fibers: Effect of Pore Structure and Surface Chemistry. *Journal Environmental, Science and Technology* 39: 9744-9749.

Harjono S.. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Yogyakarta: Liberty

Hong S., Fred S. Cannon, Pin Hou, Timothy Byrne, dan Cesar Nieto-Delgad. 2014. Sulfate removal from acid mine drainage using polypyrrole-grafted granular activated carbon. *Journal Carbon* 73: 51 -60.

Karagoz, S., Turgay Tay, Suat Ucar, Murat Erdem. 2008. Activated carbons from waste biomass by sulfuric acid activation and their use on methylene blue adsorption. *Journal Bioresource Technology* Vol. 99 : 6214 – 6222.

Liang, F., Yong Xiao, dan Feng Zhao. 2013. Effect of pH on Sulfate Removal from Wastewater using a Bioelectrochemical System. *Chemical Engineering Journal* 218: 147 – 153.

Livingston, J. 2005. *Trends in Water Pollution Research*. New York: Nova Science Publisher Inc.

Mahmoodi, N. M., Bagher Hayati, Mokhtar Arami, dan Christopher Lan. 2011. *Adsorption of textile dyes on Pine Cone from colored wastewater: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies*. *Journal Desalination* 268: 1-3

Maiti, S.K. 2004. *Handbook of Methods in Environmental Studies Vol. 1: Water and Wastewater Analysis*. India: ADB Publishers.

Malherbe, R.R. 2000. Complementary approach to the volume filling theory of adsorption in zeolites. *Journal Microporous and Mesoporous Materials* (41) : 227

Namasivayam C. dan Molagoundampalayam V. Sureshkumar. 2007. Removal of Sulfate From Water and Wastewater by Surfactantmodified Coir Pith, an Agricultural Solid 'Waste' by Adsorption Methodology. *Journal Environmental Engineering Manage* 17(2), 129-135

Othmer, Kirk. *Encyclopedia of Chemical Technology 5th edition*. London: John Wiley and Sons.



Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. 2014. *Baku Mutu Air Limbah*. Oktober. Menteri Lingkungan Hidup RI. Jakarta

Ruthven, D.M. 1984. *Principles of Adsorption and Adsorption Process*. Canada: John Wiley and Sons.

Salman, M.S. 2009. Removal of Sulfate from Waste Water by Activated Carbon. *Al-Khwarizmi Engineering Journal* 5(3): 72 – 76.

Solomon, T.W.G, dan Craig B.F. 2011. *Organic Chemistry 10th edition*. United States of America : John Wiley & Sons

Tahid, 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier No-II Th VIII*. Bandung : Warta Kimia Analitis

Turbidirect. 2004. *Lovibond Water Test Equipment*. Germany : Lovibond

Valmayor, R.V., B. Silayoi, S.H. Jamaluddin, S. Kusumo, L.D Dahn, R.R. Espino dan O.C. Pascua. 2009. *Banana Cultivar Names and Synonyms In Southeast Asia*. PCARRD Info. Bull. No. 24. Los Baños, Laguna.

Viswanathan, B., P. Indra Neel Dan T. K. Varadarajan. 2009. *Methods of Activation and Specific Applications of Carbon Materials*. National Centre for Catalysis Research. Department of Chemistry. Indian Institute of Technology Madras. India.

Weispflog, J., Christine Steinbach, Dana Schwarz, dan Simona Schwarz. 2017. Simultaneous Adsorption of Iron and Sulfate Ions with Biopolymers. *Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'17)*

Wibowo, N., Jang Setiawan, dan Suryadi Ismadji. 2004. Pengaruh Oksidator Asam pada Keheterogenan Karbon Aktif. *National Conference Design and Application of Technology*.

Zaidan T., Emad Salah, dan Mohammad Waheed. 2013. Banana Peel as Removal Agent for Sulfide from Sulfur Springs Water. *Civil and Environmental Research Paper* 3(10): 27-36.

Zielinski, Lorna. 2013. *Physycal Characterization: Surface Area an Porosity*. USA: Intertek





LAMPIRAN 1

DATA PERHITUNGAN

1. Larutan Baku Kurva Kalibrasi

Larutan baku kurva kalibrasi ion sulfat dibuat dengan melarutkan 0,0148 g Na_2SO_4 dalam akuades hingga 100 ml.

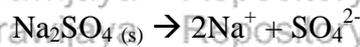
Diketahui : BM $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 142,04 \text{ g/mol}$

BM $\text{SO}_4^{2-} = 96,06 \text{ g/mol}$

V Larutan = 100 ml

Ditanya : Berapa massa Na_2SO_4 untuk mendapatkan konsentrasi SO_4^{2-} 100 ppm?

Jawab :



$$\frac{\text{BM Na}_2\text{SO}_4}{\text{BM SO}_4^{2-}} \times \text{Konsentrasi SO}_4^{2-} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

$$\frac{142,04 \text{ g/mol}}{96,06 \text{ g/mol}} \times 100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = 147,866 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{\text{Volume Larutan}}$$

$$147,866 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Na}_2\text{SO}_4 = 14,787 \text{ mg}$$

$$= 0,0148 \text{ g}$$

2. Larutan Kurva Kalibrasi

Larutan kurva kalibrasi didapatkan dengan mengencerkan larutan baku kurva kalibrasi dengan konsentrasi 100 ppm menggunakan akuades hingga didapatkan konsentrasi larutan sebesar 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm dan 8 ppm.

Diketahui : Konsentrasi larutan baku kurva kalibrasi = 100 ppm

V larutan baku kurva kalibrasi = 100 ml

Ditanya : Berapa volume larutan baku kurva kalibrasi yang harus diambil untuk mendapatkan larutan kurva kalibrasi dengan konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm dan 8 ppm?

Jawab:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

M_1 = Konsentrasi larutan baku kurva kalibrasi

V_1 = Volume larutan baku kurva kalibrasi

M_2 = Konestrntrasi larutan kurva kalibrasi

V_2 = Volume larutan kurva kalibrasi

- larutan kurva kalibrasi = 2 ppm

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 2 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 2 \text{ ml}$$

- larutan kurva kalibrasi = 4 ppm

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 4 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 4 \text{ ml}$$

- larutan kurva kalibrasi = 6 ppm

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 6 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 6 \text{ ml}$$

- larutan kurva kalibrasi = 8 ppm

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 8 \text{ ppm} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 8 \text{ ml}$$

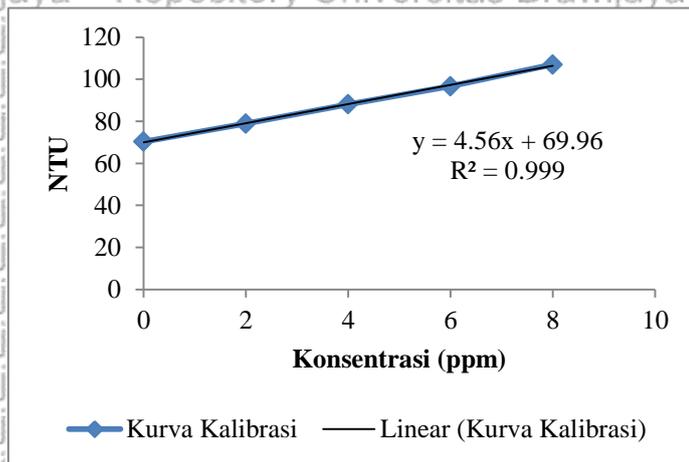


3. Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi didapatkan dengan menguji larutan ion sulfat untuk kurva kalibrasi menggunakan turbidimeter untuk menapatakan nilai NTU pada masing-masing konsentrasi (blanko, 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, dan 8 ppm). Selanjutnya data dibentuk grafik menggunakan *software Microsoft excel* dan dilinierisasi untuk mendapatkan persamaan kurva kalibrasi ion sulfat.

Tabel 1. Kurva Kalibrasi

Kurva Kalibrasi	
Konsentrasi	NTU
0	70.3
2	78.9
4	88.1
6	96.7
8	107



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Ion Sulfat

Persamaan Kurva Kalibrasi Ion Sulfat $\rightarrow Y = 4,56 X + 69,96$

Dimana : X = Konsentrasi Ion Sulfat dalam Larutan (ppm)

Y = Nephelometri Turbidity Unit (NTU)

4. Yield Karbon

Perhitungan yield karbon dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{Massa Karbon yang dihasilkan (gr)}}{\text{Massa Kulit Pisang yang digunakan (gr)}} \times 100\%$$

Diketahui : Massa Karbon = 23,34 gr

Massa Kulit Pisang = 102,56 gr

Ditanya : % yield

Jawab :

$$\% \text{ yield} = \frac{23,34}{102,56} \times 100\%$$

$$\% \text{ yield} = 22,76\%$$

5. Pembuatan Larutan Sampel

Larutan sampel ion sulfat dibuat dengan melarutkan Na_2SO_4 dalam akuades hingga 100 ml untuk mendapatkan konsentrasi 498 ppm, 669 ppm, 715 ppm, 820 ppm, dan 910 ppm.

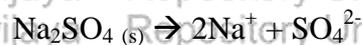
Diketahui : $\text{BM Na}_2\text{SO}_4 = 142,04 \text{ gr/mol}$

$\text{BM SO}_4^{2-} = 96,06 \text{ gr/mol}$

$V \text{ Larutan sampel} = 100 \text{ ml}$

Ditanya : Berapa massa Na_2SO_4 yang dibutuhkan untuk mendapatkan konsentrasi ion sulfat dalam larutan sampel 498 ppm, 669 ppm, 715 ppm, 820 ppm, dan 910 ppm?

Jawab :



$$\frac{\text{BM Na}_2\text{SO}_4}{\text{BM SO}_4^{2-}} \times \text{Konsentrasi SO}_4^{2-} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

- Konsentrasi 498 ppm

$$\frac{142,04 \text{ g/mol}}{96,06 \text{ g/mol}} \times 498 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = 736,83 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{\text{Volume Larutan}}$$

$$736,83 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Na}_2\text{SO}_4 = 73,683 \text{ mg}$$

$$= 0,0736 \text{ gr}$$

- Konsentrasi 669 ppm

$$\frac{142,04 \text{ g/mol}}{96,06 \text{ g/mol}} \times 669 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = 989,84 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{\text{Volume Larutan}}$$

$$989,84 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Na}_2\text{SO}_4 = 98,984 \text{ mg}$$

$$= 0,099 \text{ gr}$$



- Konsentrasi 715 ppm

$$\frac{142,04 \text{ g/mol}}{96,06 \text{ g/mol}} \times 715 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = 1057,9 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{\text{Volume Larutan}}$$

$$1057,9 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Na}_2\text{SO}_4 = 105,79 \text{ mg}$$

$$= 0,106 \text{ gr}$$

- Konsentrasi 820 ppm

$$\frac{142,04 \text{ g/mol}}{96,06 \text{ g/mol}} \times 820 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = 1213,3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{\text{Volume Larutan}}$$

$$1213,3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Na}_2\text{SO}_4 = 121,33 \text{ mg}$$

$$= 0,121 \text{ gr}$$

- Konsentrasi 910 ppm

$$\frac{142,04 \text{ g/mol}}{96,06 \text{ g/mol}} \times 910 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = 1346,4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Konsentrasi Na}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{\text{Volume Larutan}}$$

$$1346,4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{\text{Massa Na}_2\text{SO}_4}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa Na}_2\text{SO}_4 = 134,64 \text{ mg}$$

$$= 0,135 \text{ gr}$$

6. Konsentrasi Ion Sulfat

Konsentrasi ion sulfat dalam proses adsorpsi didapatkan dengan menggunakan turbidimetri dan didapatkan nilai NTU sampel. Selanjutnya menggunakan persamaan kurva kalibrasi didapatkan konsentrasi sampel. Konsentrasi sampel (C sampel) harus dikurangi dengan konsentrasi akuades (C akuades) yang digunakan untuk mendapatkan konsentrasi sampel yang sebenarnya menggunakan persamaan berikut:

$$NTU = 4,56 \text{ Konsentrasi} + 69,96$$

$$\text{Konsentrasi} = \frac{NTU - 69,96}{4,56}$$

$$C_{\text{akuades}} = \frac{NTU_{\text{akuades}} - 69,96}{4,56}$$

$$C_{\text{sampel}} = \left(\frac{NTU_{\text{sampel}} - 69,96}{4,56} - C_{\text{akuades}} \right) \times \text{Faktor Pengenceran}$$

Diketahui : Faktor Pengenceran = 100

Tabel 2. Data NTU akuades dan sampel saat $t = 0$ menit

NTU akuades	NTU sampel $t = 0$
72,5	95,2
72,5	103
72,4	105
70,6	108
72,5	114

Ditanya : Berapa konsentrasi ion sulfat?

Jawab :

- NTU akuades = 72,5 dan NTU sampel = 95,2

$$C_{\text{akuades}} = \frac{72,5 - 69,96}{4,56}$$

$$= 0,557 \text{ ppm}$$

$$C_{\text{sampel}} = \left(\frac{95,2 - 69,96}{4,56} - 0,557 \right) \times 100$$

$$= 497,807 \text{ ppm}$$



Tabel 3. Data Adsorpsi Konsentrasi Sulfat 498 ppm; pH 2,18

498 ppm pH 2,01 --> 2,18				
Akuades		NTU		72.5
		Konsentrasi		0.557
waktu	NTU (y)	Konsentrasi (x)	Konsentrasi Sebenarnya	%removal
0	95.2	4.98	497.81	0%
10	90.1	3.86	385.96	22%
20	87	3.18	317.98	36%
30	86.3	3.03	302.63	39%
40	85.8	2.92	291.67	41%
50	85.9	2.94	293.86	41%
60	85.9	2.94	293.86	41%

- NTU akuades = 72,5 dan NTU sampel = 103

$$C_{\text{akuades}} = \frac{72,5 - 69,96}{4,56}$$

$$= 0,557 \text{ ppm}$$

$$C_{\text{sampel}} = \left(\frac{103 - 69,96}{4,56} - 0,557 \right) \times 100$$

$$= 668,86 \text{ ppm}$$

Tabel 4. Data Adsorpsi Konsentrasi Sulfat 669 ppm; pH 2,05

669 ppm pH 1,99 --> 2,05				
Akuades		NTU		72.5
		Konsentrasi		0.557
waktu	NTU (y)	Konsentrasi (x)	Konsentrasi Sebenarnya	%removal
0	103	6.69	668.86	0%
10	97.7	5.53	552.63	17%
20	95.1	4.96	495.61	26%
30	94.2	4.76	475.88	29%
40	93.9	4.69	469.30	30%
50	93.8	4.67	467.11	30%

60	93.4	4.58	458.33	31%
----	------	------	--------	-----

- NTU akuades = 72,4 dan NTU sampel = 105

$$C_{\text{akuades}} = \frac{72,4 - 69,96}{4,56}$$

$$= 0,535 \text{ ppm}$$

$$C_{\text{sampel}} = \left(\frac{105 - 69,96}{4,56} - 0,557 \right) \times 100$$

$$= 714,912 \text{ ppm}$$

Tabel 5. Data Adsorpsi Konsentrasi Sulfat 715 ppm; pH 2,08

715 ppm pH 2,00 → 2,08				
Akuades		NTU		72.4
		Konsentrasi		0.535
waktu	NTU (y)	Konsentrasi (x)	Konsentrasi Sebenarnya	%removal
0	105	7.15	714.91	0%
10	101	6.27	627.19	12%
20	98.2	5.66	565.79	21%
30	97.4	5.48	548.25	23%
40	97.2	5.44	543.86	24%
50	96.9	5.37	537.28	25%
60	97	5.39	539.47	25%

- NTU akuades = 70,6 dan NTU sampel = 108

$$C_{\text{akuades}} = \frac{70,6 - 69,96}{4,56}$$

$$= 0,140 \text{ ppm}$$

$$C_{\text{sampel}} = \left(\frac{108 - 69,96}{4,56} - 0,557 \right) \times 100$$

$$= 820,175 \text{ ppm}$$

Tabel 6. Data Adsorpsi Konsentrasi Sulfat 820 ppm; pH 2,05

820 ppm pH 2,01 --> 2,05				
Akuades		NTU		
		Konsentrasi		
waktu	NTU (y)	Konsentrasi (x)	Konsentrasi Sebenarnya	%removal
0	108	8.20	820.18	0%
10	104	7.32	732.46	11%
20	102	6.89	688.60	16%
30	101	6.67	666.67	19%
40	101	6.67	666.67	19%
50	101	6.67	666.67	19%
60	101	6.67	666.67	19%

- NTU akuades = 72,5 dan NTU sampel = 114

$$C \text{ akuades} = \frac{72,5 - 69,96}{4,56}$$

$$= 0,557 \text{ ppm}$$

$$C \text{ sampel} = \left(\frac{114 - 69,96}{4,56} - 0,557 \right) \times 100$$

$$= 910,088 \text{ ppm}$$

Tabel 7. Data Adsorpsi Konsentrasi Sulfat 910 ppm; pH 2,05

910 ppm pH 2,01 --> 2,05				
Akuades		NTU		
		Konsentrasi		
waktu	NTU (y)	Konsentrasi (x)	Konsentrasi Sebenarnya	%removal
0	114	9.10	910.09	0%
10	111	8.44	844.30	7%
20	110	8.22	822.37	10%
30	108	7.79	778.51	14%
40	108	7.79	778.51	14%

50	108	7.79	778.51	14%
60	108	7.79	778.51	14%

7. Nilai q_e

Nilai q_e berfungsi untuk penentuan model isothermal pada suatu adsorpsi yang dinyatakan dalam adsorbat per adsorben dalam keadaan setimbang. Penentuan nilai q_e menggunakan persamaan berikut:

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

q_e = Jumlah adsorbat per adsorben dalam keadaan setimbang (mg/gr)

C_o = Konsentrasi adsorbat pada $t = 0$ menit (ppm)

C_e = Konsentrasi adsorbat pada $t =$ setimbang (ppm)

V = Volume larutan (L)

m = massa adsorben (gr)

Diketahui : $m = 0,3$ gr

$V = 0,05$ L

Ditanya : Berapa nilai q_e pada setiap konsentrasi 498 ppm; 669 ppm; 715 ppm; 820 ppm; dan 910 ppm?

Jawab :

- $C_o = 498$ ppm; $C_e = 291,667$ ppm

$$q_e = \frac{(497,807 - 291,667) \times 0,05}{0,3}$$

$$= 34,357 \text{ mg/gr}$$

- $C_o = 669$ ppm; $C_e = 469,298$ ppm

$$q_e = \frac{(668,86 - 469,298) \times 0,05}{0,3}$$

$$= 33,260 \text{ mg/gr}$$

- $C_o = 715$ ppm; $C_e = 537,281$ ppm

$$q_e = \frac{(714,91 - 537,281) \times 0,05}{0,3}$$

$$= 29,605 \text{ mg/gr}$$

• Co = 820 ppm; Ce = 666,667 ppm

$$q_e = \frac{(820,175 - 666,667) \times 0,05}{0,3}$$

$$= 25,585 \text{ mg/gr}$$

• Co = 910 ppm; Ce = 778,509 ppm

$$q_e = \frac{(910,088 - 778,509) \times 0,05}{0,3}$$

$$= 21,930 \text{ mg/gr}$$

8. Isotermal Langmuir

Model isothermal adsorpsi Langmuir didapatkan dengan memasukkan nilai ce/qe dan ce ke dalam grafik dengan ce/qe sebagai sumbu y dan ce sebagai x dan dilinierisasi untuk mendapatkan nilai R² serta persamaan linierisasinya sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_e} C_e + \frac{1}{Q_0 K_L}$$

Dimana : Ce/qe = sumbu y

Ce = sumbu x

$$1/q_e = a$$

$$1/Q_0 K_L = b$$

Diketahui:

Tabel 8. Data Isotermal Langmuir

Konsentrasi Awal	Ce	qe
498	291,67	34,36
669	469,30	33,26
715	537,28	29,61

820	666,67	25,58
910	778,51	21,93

Ditanya : Berapa nilai q_e/c_e pada masing-masing konsentrasi awal, persamaan isothermal Langmuir, dan R^2 ?

Jawab :

- Konsentrasi 498

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{291,667}{34,357}$$

$$= 8,489$$

- Konsentrasi 669

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{469,298}{33,260}$$

$$= 14,110$$

- Konsentrasi 715

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{537,281}{29,605}$$

$$= 18,148$$

- Konsentrasi 820

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{666,667}{25,585}$$

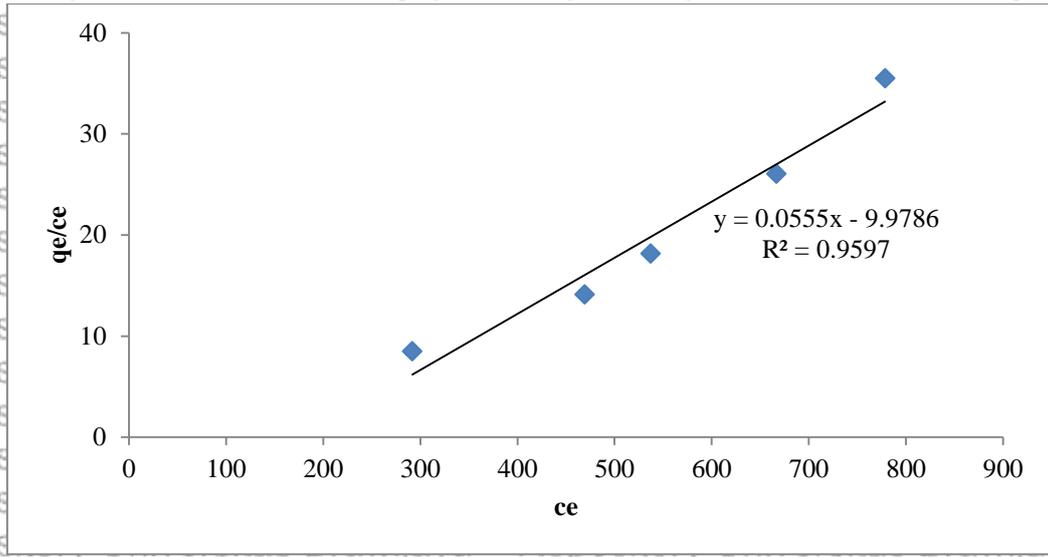
$$= 26,057$$

- Konsentrasi 910

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{778,509}{21,930}$$

$$= 35,500$$





Gambar 2. Grafik Isotermal Langmuir Adsorpsi Sulfat menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Candi

Persamaan Isotermal Langmuir $\rightarrow Y = 0,0555 X - 9,9786$
 $R^2 = 0,9597$

9. Q_0 , K_L , dan R_L

Nilai Q_0 didapatkan dari persamaan isothermal Langmuir dengan mengurai a, sedangkan K_L didapatkan dari persamaan isothermal Langmuir dengan mengurai b, dan R_L didapatkan dengan persamaan berikut:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0}$$

Diketahui : $Y = 0,0555 X - 9,9786$
 $a = 0,0555$ $b = 9,9786$

Ditanya : Berapa nilai Q_0 , K_L , dan R_L pada masing-masing konsentrasi awal?

Jawab :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_e} C_e + \frac{1}{Q_0 K_L}$$

$$a = 1/q_e \qquad b = 1/Q_0 K_L$$

$$a = \frac{1}{Q_0} \qquad b = \frac{1}{Q_0 K_L}$$

$$0,0555 = \frac{1}{Q_0} \qquad 9,979 = \frac{1}{18,02 K_L}$$

$$Q_0 = 18,02 \frac{\text{mg adsorbat}}{\text{gr adsorben}} \qquad K_L = 0,0056$$

- Konsentrasi Awal = 498 ppm

$$R_L = \frac{1}{1 + 0,0056 \times 498}$$

$$= 0,265$$

- Konsentrasi Awal = 669 ppm

$$R_L = \frac{1}{1 + 0,0056 \times 669}$$

$$= 0,212$$

- Konsentrasi Awal = 715 ppm

$$R_L = \frac{1}{1 + 0,0056 \times 715}$$

$$= 0,201$$

- Konsentrasi Awal = 820 ppm

$$R_L = \frac{1}{1 + 0,0056 \times 820}$$

$$= 0,180$$

- Konsentrasi Awal = 910 ppm

$$R_L = \frac{1}{1 + 0,0056 \times 910}$$

$$= 0,165$$

10. Isotermal Freundlich

Model isotermal adsorpsi Freundlich didapatkan dengan memasukkan nilai $\log q_e$ dan $\log c_e$ ke dalam grafik dengan $\log q_e$ sebagai sumbu y dan $\log c_e$ sebagai x dan dilinierisasi untuk mendapatkan nilai R^2 serta persamaan linierisasinya sebagai berikut:

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

Diketahui :



Tabel 8. Data Isotermal Langmuir

Konsentrasi Awal	Ce	qe
498	291,67	34,36
669	469,30	33,26
715	537,28	29,61
820	666,67	25,58
910	778,51	21,93

Ditanya : Berapa nilai log qe dan log ce pada masing-masing konsentrasi, persamaan isothermal Freundlich, dan R^2 ?

Jawab :

- Konsentrasi Awal = 498 ppm

$$\text{Log Ce} = 2,465 \quad \text{Log qe} = 1,536$$

- Konsentrasi Awal = 669 ppm

$$\text{Log Ce} = 2,671 \quad \text{Log qe} = 1,522$$

- Konsentrasi Awal = 715 ppm

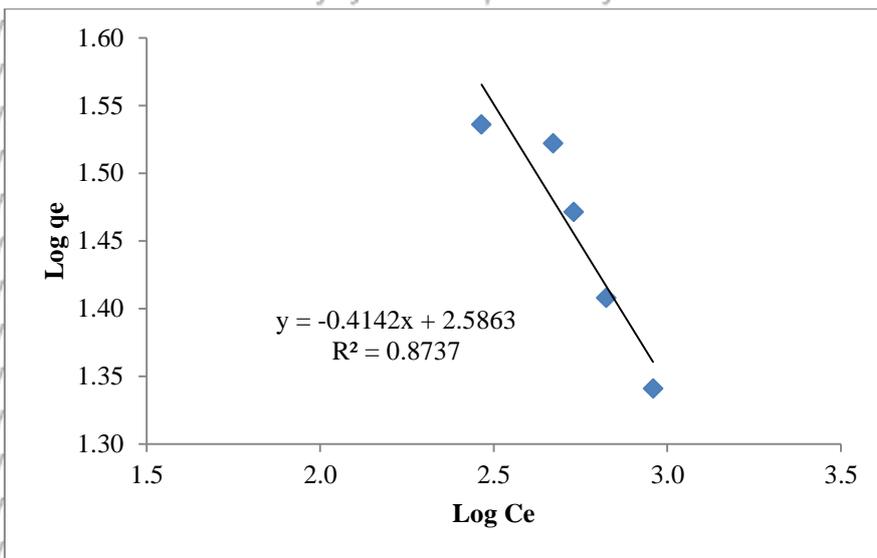
$$\text{Log Ce} = 2,730 \quad \text{Log qe} = 1,471$$

- Konsentrasi Awal = 820 ppm

$$\text{Log Ce} = 2,824 \quad \text{Log qe} = 1,408$$

- Konsentrasi Awal = 910 ppm

$$\text{Log Ce} = 2,959 \quad \text{Log qe} = 1,341$$



Gambar 3. Grafik Isotermal Freundlich Adsorpsi Sulfat menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Candi

$$\text{Persamaan Isotermal Langmuir} \rightarrow Y = -0,4142 X + 2,5863$$

$$R^2 = 0,8737$$

11. n dan K_F

Nilai n didapatkan dari persamaan isothermal Langmuir dengan mengurai a sedangkan K_F didapatkan dari persamaan isothermal Langmuir dengan mengurai b

Diketahui : $Y = -0,4142 X + 2,5863$

$$a = 0,4142 \quad b = 2,5863$$

Ditanya : Berapa nilai n dan K_F ?

Jawab :

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

$$a = 1/n \quad b = \text{Log } K_F$$

$$0,414 = \frac{1}{n} \quad 2,586 = \text{Log } K_F$$

$$n = 2,414 \quad K_F = 385,745$$



LAMPIRAN 2 DOKUMENTASI PENELITIAN

No.	Dokumentasi	Deskripsi Kegiatan
1.		<p>Treatment awal yang dilakukan pada percobaan ini adalah pencucian Kulit Pisang Candi yang telah diperoleh untuk menghilangkan kotoran — kotoran pada kulit pisang</p>
2.		<p>Kulit Pisang yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan pada oven ($T=105^{\circ}\text{C}$) hingga mendapatkan berat konstan untuk menghilangkan kadar air.</p>
3.		<p>Kulit Pisang yang telah dikeringkan hingga berat konstan kemudian dihaluskan dan diayak dengan no. Mesh 80 yang kemudian akan digunakan untuk proses karbonisasi.</p>



4.



Karbonisasi serbuk kulit pisang ($T = \pm 600\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 90\text{ menit}$).

5.



Hasil Karbonisasi Kulit Pisang.

6.



Aktivasi Karbon Kulit Pisang dengan H_2SO_4 disertai pengadukan ($v = 100\text{ rpm}$, $t = 120\text{ menit}$)

7.



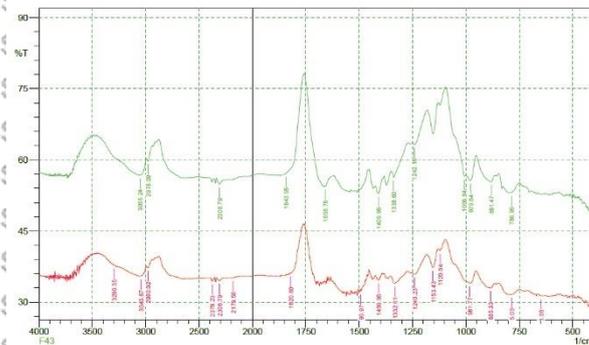
Pencucian Karbon teraktivasi H_2SO_4 hingga pH yang hasil pencucian sama dengan pH aquades yang digunakan pada pencucian.

8.



Karbon Kulit Pisang Teraktivasi

9.



Hasil Uji Pembacaan FTIR

10.



Adsorpsi SO_4^{2-} menggunakan karbon aktif ($m = 0,3 \text{ gr}$, $v = \pm 100 \text{ rpm}$, $t = 60 \text{ menit}$) dengan pengambilan 2 ml setiap 10 menit.

11.



Uji Turbiditas untuk penentuan Konsentrasi SO_4^{2-}



LAMPIRAN 3

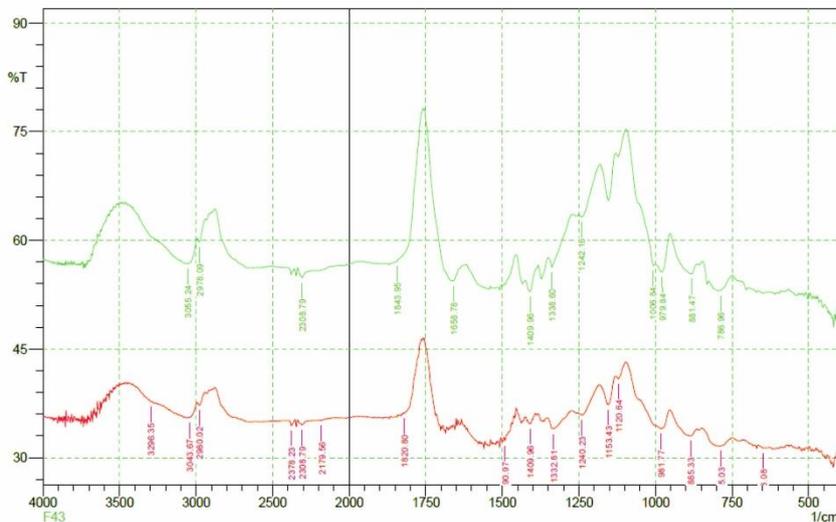
UJI FT-IR



LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU
(LABORATORIUM SENTRAL)
FMIPA UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)
Jl. Semarang 5 Malang, Telp. (0341) 551312(psw 200)/574895/085106001088
Email : laboratoriumsentrallum@yahoo.co.id ; Website : central-laboratory.um.ac.id

HASIL ANALISIS FT IR

Nama sampel : Kulit pisang candi aktivasi H₂SO₄ 2M (merah) & Kulit pisang candi non aktivasi (hijau)
Sampel diterima tanggal : 12 April 2017
Sampel diuji tanggal : 17 April 2017
Pemberi Order : Mahardika Rizki F. – UB



1. Muncul puncak pada angka gelombang 675-995 & 3010-3095 cm⁻¹ yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus C-H Alkena yang biasanya muncul pada angka gelombang tersebut.
2. Muncul puncak pada angka gelombang 690-900 & 3010-3100 cm⁻¹ yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus C-H cincin aromatik yang biasanya muncul pada angka gelombang tersebut.
3. Muncul puncak pada angka gelombang 1050-1300 cm⁻¹ yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus C-O Alkohol/ eter/ asam karboksilat/ ester yang biasanya muncul pada angka gelombang tersebut.
4. Muncul puncak pada angka gelombang 1180-1360 cm⁻¹ yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus C-N Amina/ amida yang biasanya muncul pada angka gelombang tersebut.
5. Muncul puncak pada angka gelombang 1340-1470 cm⁻¹ yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus C-H Alkana yang biasanya muncul pada angka gelombang 1340-1470 & 2850-2970 cm⁻¹.
6. Muncul puncak pada angka gelombang 1300-1370 & 1500-1570 cm⁻¹ yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus NO₂ Senyawa-senyawa nitro yang biasanya muncul pada angka gelombang tersebut.



**LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU
(LABORATORIUM SENTRAL)**

FMIPA UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)

Jl. Semarang 5 Malang, Telp. (0341) 551312(psw 200)/574895/085106001088

Email : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id ; Website : central-laboratory.um.ac.id

7. Muncul puncak pada angka gelombang $1610-1680\text{ cm}^{-1}$ yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus C=C Alkena yang biasanya muncul pada angka gelombang tersebut

Malang, 17 April 2017

Pengelola Sub Laboratorium Analitik

Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.

NIP. 196605281991032001





LAMPIRAN 4
RIWAYAT HIDUP

MAHASISWA 1

Mahardika Rizki Fauji, Malang 8 September 1995 anak dari ayah Amrul Fauji dan ibu Sulistinah, lulus dari SDN Jenggolo 01 pada tahun 2006 , lulus dari SMPN 4 Kepanjen pada tahun 2010, lulus dari MAN 3 Malang pada tahun 2013, Pengalaman kerja pada Praktek Kerja Lapang PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur.

Malang, 13 Juli 2017

Penulis



LAMPIRAN 5 RIWAYAT HIDUP

MAHASISWA 2

Lingga Dewa Ishaq Perdana, Kediri 25 Nopember 1994 anak dari ayah Dana Teja Koswara dan ibu Lilik Ishariati, lulus dari SDN Tanjunganom II pada tahun 2006, lulus dari SMPN 1 Nganjuk pada tahun 2010, lulus dari SMAN 2 Nganjuk pada tahun 2013, Pengalaman kerja sebagai asisten Mikrobiologi Industri di Laboratorium Bioproses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2015 dan asisten Kimia Analisis di Laboratorium Sains Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2017. Pernah Praktek Kerja Lapang di PT. Pertamina RU IV, Cilacap tahun 2016. Pernah menjabat sebagai Staff Departemen PSDM (Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa) Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2014/2015, Staff Departemen PSDM (Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa) Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2015/2016, dan menjabat sebagai Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Periode 2016/2017

Malang 13 Juli 2017

Penulis