

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI KULIT
PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA
POLISIKLIK AROMATIK HIDROKARBON FENANTRENA**

(Skripsi)

Oleh

RIRI AULIYA



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON FROM KEPOK BANANA PEEL (*Musa paradisiaca* L.) AS POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON PHENANTHRENE ADSORBENT

By

RIRI AULIYA

Existing contaminants in the aquatic environment, one of which can be caused by Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) compounds type of phenanthrene. In this research, PAH using the adsorption test of activated carbon adsorbent from banana peels that are activated using $ZnCl_2$ impregnation by a ratio of 30% 3:3 has been conducted. Characterization of activated carbon was carried out using SEM to find out surface morphology as well as FT-IR spectrophotometer is used to identify the functional group. Adsorption test was done by the *batch* method to determine the optimum levels of the adsorbent, the time of contact, and the concentration of adsorbat using UV-VIS spectrophotometer at a wavelength of 250 nm. The optimum adsorption results was obtained at a concentration of 3 ppm, in addition of adsorbent levels 25 mg and 60 minutes is the optimum time of 36.67%. Phenanthrene adsorption kinetics data tend to follow the kinetics of pseudo-order two with coefficients of correlation (R^2) 0.9914, while adsorption isotherme data follow isotherme Freundlich with coefficient of correlation (R^2) 0.7863.

Key words: Adsorption, PAH, phenanthrene, banana peels, activated carbon.

ABSTRAK

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA POLISIKLIK AROMATIK HIDROKARBON FENANTRENA

Oleh

RIRI AULIYA

Bahan pencemar yang ada di lingkungan perairan salah satunya dapat disebabkan oleh suatu senyawa polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) jenis fenantrena. Dalam penelitian ini telah dilakukan uji adsorpsi dengan menggunakan adsorben karbon aktif dari kulit pisang yang sudah diaktivasi menggunakan $ZnCl_2$ 30% dengan rasio impregnasi 3:3. Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan serta digunakan spektrofotometer FT-IR untuk mengidentifikasi gugus fungsi. Uji adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* untuk menentukan kadar optimum adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi adsorbat menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 250 nm. Hasil optimasi adsorpsi diperoleh pada konsentrasi 3 ppm, pada penambahan kadar adsorben 25 mg dan waktu optimum 60 menit adalah 36,67 %. Data kinetika adsorpsi fenantrena cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua dengan nilai koefisien korelasi R^2 sebesar 0,9914, sedangkan data isoterm adsorpsi fenantrena mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,7863.

Kata kunci : Adsorpsi, PAH, fenantrena, kulit pisang, karbon aktif.

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI KULIT
PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) SEBAGAI ADSORBEN SENYAWA
POLISIKLIK AROMATIK HIDROKARBON FENANTRENA**

Oleh

RIRI AULIYA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI
KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG
KEPOK (*Musa paradisiaca* L.) SEBAGAI
ADSORBEN SENYAWA POLISIKLIK
AROMATIK HIDROKARBON FENANTRENA**

Nama Mahasiswa : **Riri Auliya**

No. Pokok Mahasiswa : 1417011092

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Rinawati, M.Si.
NIP 19710414 200003 2 001

Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si.
NIP 19770713 200912 2 002

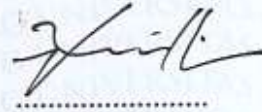
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

Dr. Eng. Sripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

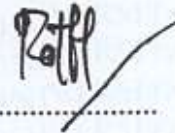
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Rinawati, M.Si.**



Sekretaris : **Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si.**



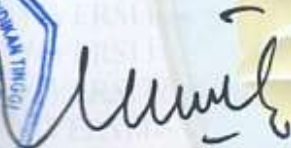
Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.**



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.

NIP. 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Agustus 2018

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Riri Auliya dilahirkan di Kota Metro, pada tanggal 07 Januari 1996, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, putri dari Bapak Riyanto dan Ibu Rina Wahida.

Jenjang pendidikan penulis diawali dari Taman kanak-kanak (TK)

Aisyiyah Bustanul Atfal, Metro Timur, yang diselesaikan pada tahun 2002.

Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 2 Metro Timur, yang diselesaikan pada tahun

2008. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 4 Metro Timur, yang

diselesaikan pada tahun 2011. Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 4

Metro Timur, yang diselesaikan pada tahun 2014. Saat SMA penulis aktif di

organisasi Orientasi Siswa Intra Sekolah (OSIS) dan Pramuka. Tahun 2014,

penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan

Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi

Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan merupakan salah satu

penerima beasiswa BIDIKMISI angkatan kelima Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum, Kimia

Analitik I dan Kimia Analitik II. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata

(KKN) selama 40 hari di Dusun Sukapura, Pekon Pampangan, Kecamatan Cukuh

Balak, Kabupaten Tanggamus pada Bulan Juli-Agustus tahun 2017. Penulis juga

mengikuti aktivitas organisasi, dimulai dengan menjadi Kader Muda Himaki

(KAMI) tahun 2014, anggota Koperasi Mahasiswa (KopMa) Unila tahun 2014. Penulis juga pernah menjadi anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) Himaki FMIPA Unila periode 2015-2016, Sekretaris Biro Sirkulasi dan Periklanan Natural FMIPA Unila, dan Bendahara Umum Himaki FMIPA Unila periode 2016.

Penulis telah melakukan Praktek Kerja Lapangan pada Bulan Januari 2017 di Laboratorium Mikrobiologi dan *Quality Control (QC)*, *Liquid Organic Biofertilizer (LOB) Plant* dan Laboratorium Sentral PT. *Great Giant Foods (GGF)*. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Sukapura, Pampangan, Kecamatan Cukuh Balak, Kabupaten Tanggamus pada Bulan Juli tahun 2017.

MOTTO

**“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”
(Q.S. Asy-syarah: 5)**

**“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih”
(Q.S Ibrahim: 7)**

**“Barang siapa menginginkan kebahagiaan di dunia dan di akhirat maka haruslah memiliki banyak ilmu”
(HR. Ibnu Asakir)**

**“Kerja Keras ! Yang bekerja keras saja belum tentu sukses apalagi yang malas”
(Siti Nur Halimah)**

**“Hidup ini akan sia-sia apabila dihabiskan untuk menjadi sempurna bagi orang lain, jadilah sempurna untuk dirimu sendiri”
(Riri Auliya)**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah yang Maha pengasih lagi Maha penyayang

Dengan mengucap Alhamdulillahil' alamin kepada Allah SWT.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada :

Kedua orang tuaku, yang telah memberikan kasih sayang, cinta, pengorbanan, serta doa tanpa henti untukku. Terima Kasih karena doa kalianlah aku kuat dan sampai di titik ini.

*Saudaraku tersayang,
Adik-adikku Hanif Fathur Rahman dan Nuria Asnah yang selalu mendukung dan mendoakanku serta menghiburku.*

Ibu Dr. Rinawati, M.Si., Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si., dan Ibu Dr. Noviany, S.Si., M.Si. atas bimbingannya selama saya mengerjakan penelitian dan skripsi, serta Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila yang telah memberikan ilmu pengetahuan untukku.

Seluruh sahabat dan teman-teman yang telah mengajarkan arti kebersamaan, kekeluargaan, dan kebahagiaan.

Almamater Tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillahirrobbil'alamiin. Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat yang telah menganugerahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L.) Sebagai Adsorben Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Fenantrena”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program studi Kimia FMIPA Universitas Lampung.

Sholawat teriring salam selalu tercurah kepada suri tauladan terbaik Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat dan keluarganya, semoga kita termasuk umatnya yang mendapat *syafa'at* beliau di *yaumul akhir* nanti, Aamiin.

Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat penulis lalui berkat dukungan, bantuan, dan dorongan semangat dari orang-orang yang hadir di kehidupan penulis,.

Jazakumullahu Khairan Katsiran Wa Jazakumullah Ahsanal Jaza. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak dan Umi tercinta, atas do'a, kasih sayang, dukungan, serta segala pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis, semoga Allah senantiasa melimpahkan segala kebaikan kepada keduanya. *Aamiin yarobbal alamin.*
2. Adik-adikku Hanif Fathur Rahman dan Nuria Asnah, yang telah memberikan do'a, semangat, dan canda tawa yang selalu mengisi hari-hariku saat suka maupun duka.
3. Keluarga besar penulis yang selalu menanyakan perkembangan skripsiku sehingga menjadi semangat tersendiri untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Rinawati, M. Si., selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, perhatian, nasehat, saran, ilmu, motivasi, waktu serta kesabaran dalam membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, nasehat, saran, serta ilmu dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku pembahas dalam penelitian yang telah memberikan nasehat, kritik, saran, dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Ibu Dr. Aspita Laila , selaku pembimbing akademik atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, bantuan, nasehat yang bermanfaat kepada penulis.
8. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Bapak dan ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis.

10. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph. D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
11. Kak Wagiran, S.Si., dan Mba Lina, S.P., yang telah membantu dan membimbing selama proses penelitian berlangsung.
12. Mas Udin dan Mba Iin selaku laboran Laboratorium Kimia Analitik yang telah membantu memberikan saran, nasehat dan menjadi tempat curhat penulis selama proses penelitian berlangsung.
13. Pak Gani, mas Nomo, pakde Man, mba Tri, dan segenap staff administrasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
14. Rina's *Research Group* 2014, Yunita Damayanti, Ayisa Ramadona, dan Heny Wijaya. Terimakasih atas kerjasama, bantuan, konflik, kritik, saran, motivasi, dan do'a yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
15. Kance sepermainan, Yunita Damayanti (Jomblo Fisabilillah), Teguh Wijaya (Si receh sejagad raya), Windi Antika (Si pemancing, taulah yaa), Dellania Frida Yulita (Si bungsu yang Subhanallah), Dessy Tiara (Paling cantik, ditakutin kalau foto), Luthfi Hijrianto (Jegen kita, si bijak), M. Ilham Haqqiqi (Kiyai baik).. Terimakasih selalu menemani dalam proses panjang yang terasa singkat ini, atas keceriaan, kesedihan, kebahagiaan yang telah kita habiskan bersama. Kalian akan selalu punya tempat khusus di kehidupanku. Sempatkan bertemu setelah ini.
16. *Special for you* MIH, terimakasih atas kesabaran dalam menemani saya berproses menjadi lebih baik, mendengar keluh kesah, dan selalu memberikan motivasinya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

17. *Jombs Squad*, Tika Dwi Febriyanti (si emosian, julid tapi baik hati) dan Rizka Ari Wandari (si lemot, kurus (khayalannya) tapi banyak chanel).
Terimakasih atas pelajaran hidup yang banyak diberikan.
18. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Kimia Analitik atas kerjasamanya dan bantuan pinjaman serta segala kebutuhan penelitian yang ikhlas diberikan kepada penulis.
19. Reni Ayu Sefriana, sahabatku yang paling bawel. Terimakasih karena selalu ada disampingku dan selalu mendengar keluh kesahku.
20. *Ngapain's Squad*, Rizki Ayunaeni, Toha, dan Zakaria. Terimakasih atas dukungan, keceriaan dan selalu berada disampingku. Semoga kelak kita akan menua bersama dalam kesuksesan.
21. Keluarga tercinta penyemangatku dikampus Kimia 2014 : *Analitical Research Group* : M. Ilham Haqqiqi, Windi Antika, Teguh Wijaya Hakim, Desi Tiara, Dellania Frida Yulita, Fitrah Adhi Nugroho, Yunita Damayanti, Ayisa Ramadona, Heny Wijaya, Nova Ariska, Siti Fatimah, Rizka Ari Wandari, Fergina Prawaningtyas, Dinda Mezia Physka, Yolla Yashinta Batubara, M. Firza Ersa, Edith Hendri Purnami, M. Firdaus, Riza Umami, M. Arqam, Grace Nadya Putri D, Diani Widya Pangestika, Ismini Hidayati, Agnesa Anugrah. *Inorganic Research Group* : Yusuf Hadi Kurniawan, Reni Anggraeni, Audina Uci Pertiwi, Hafid Darmais Halan, Fikri Muhammad, Lucia Arum Hartati, Rica Royjanah, Devi Tri Lestari, Cindy Claudia Putri, Ainun Nadiyah, Ana Devita Mutiara, Ismi Aditya, Ferita Angriana, Fitria Luziana, Asdini Virginia, Novi Indarwati, Hot Asi, Aniza Vidya Widata, Khumil Ajmila, Putri Sendi Khairunnisa, Widia Sari, Bayu Andani, Deni

Diora, Dira Fauzi Ridwan. *Organic Research Group* : Kartika Dewi
Rachmawati, Elisabeth Yulinda, Gabriela Setiw W, Astriva Novri Harahap,
Laili Dini Ariza, Herda Yulia, Rizky Fijaryani, Nur laelatul K, Hidayatul
Mufidah, Dicky Sildianto, Risa Septiana, Wahyu Fichtiana Dewi, Berliana
Anastasia P, Fendi Setiawan, Erien Ratna P, Fitri Oktavianica, Rahma
Hanifah, Nella Merliani, Fransisca Clodina Dacosta, Dhia Hawari, Hamidin.
Physical Research Group : Erwin Simarmata, Mattew Maranata, Lilian
Elisabet, Meliana Sari Simarmata, Ranaldi Arlento, V. Ari Viggi, M. Ilham
Imanudin, Sola Gratia, Liana Hariyanti, Ganjar Andulangi, Khasandra,
Herliana, Mahliani Erianti, Tika Dwi Febriyanti, Michael Alberto Sihombing,
Rizky Nurfitriyani. *Biological Chemistry Research Group* : Ni Putu Rahma
Agustina, Bunga Lantri Dwinta, Riza Mufarida Akhsin, Rica Aulia, Erika
Liandini, Hestianingsih Famela, Diva Amila, Ayuning Fara M, Jepry
Romansyah, Bidari Maulid Diana, Asrul Fanani, Fernando Silaban, Luthfi
Hijrianto, Leony Fransiska, Agung Setyo Wibowo, Angga Hidayatulla Eza.
Terimakasih atas kebersamaan dan sudah menjadi bagian dalam hidup
penulis. Semoga kita semua dimudahkan dalam karir, usaha, bisnis, dan
membangun keluarga. *We are the best and always be the best. Don't forget,
we are family forever*

22. Mbak Ismi Khomsiah, Mbak Fenti, terimakasih telah memberikan banyak pelajaran dan bantuan untukku. Sukses selalu dan tetap menjadi terbaik.
23. Keluarga Besar Mahasiswa Kimia angkatan 2012, 2013, 2014, 2015, dan 2016 atas kebersamaan dan persaudaraan yang terjalin selama ini.

24. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara tulus dan ikhlas memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis.

Akhir kata, penulis memohon maaf kepada semua pihak apabila skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. *Aamiin.*

Bandar Lampung, Agustus 2018

Penulis

Riri Auliya

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| DAFTAR ISI | i |
| DAFTAR TABEL | iv |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| | |
| I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Tujuan Penelitian | 4 |
| C. Manfaat Penelitian | 5 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| A. Karbon Aktif..... | 6 |
| 1. Klasifikasi Karbon Aktif..... | 9 |
| a. <i>Fiber Activated Carbon</i> (FAC) | 9 |
| b. <i>Powdered Activated Carbon</i> (PAC) | 9 |
| c. <i>Granular Activated Carbon</i> (GAC)..... | 10 |
| d. <i>Extruded Activated Carbon</i> (EAC)..... | 10 |
| 2. Proses Pembuatan Karbon Aktif..... | 11 |
| a. Pemilihan bahan dasar | 12 |
| b. Karbonisasi | 12 |
| c. Aktivasi | 13 |
| 3. Sifat Adsorpsi Karbon Aktif..... | 15 |
| a. Sifat adsorben..... | 15 |
| b. Ukuran partikel | 15 |
| c. Sifat adsorbat | 16 |
| d. Temperatur..... | 16 |
| e. pH (derajat keasaman) | 16 |
| d. Waktu kontak..... | 17 |
| B. Kulit Pisang | 17 |
| C. Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Fenantrena..... | 19 |

| | |
|--|----|
| D. Adsorpsi..... | 22 |
| 1. Kinetika adsorpsi | 24 |
| a. Kinetika adsorpsi pseudo orde satu..... | 25 |
| b. Kinetika adsorpsi pseudo orde dua | 25 |
| 2. Kapasitas Adsorpsi | 25 |
| a. Model isoterm adsorpsi langmuir..... | 26 |
| b. Model isoterm adsorpsi freundlich | 27 |
| E. Karakterisasi | 28 |
| 1. Spektrofotometri UV-VIS | 28 |
| 2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)..... | 32 |
| 3. <i>Fourier Transform-Infra Red</i> (FT-IR)..... | 33 |
| 4. <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)..... | 34 |

III. METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---|----|
| A. Waktu dan Tempat Penelitian | 36 |
| B. Alat dan Bahan | 36 |
| C. Prosedur Penelitian..... | 37 |
| 1. Pembuatan karbon aktif dari kulit pisang..... | 37 |
| 2. Identifikasi karakteristik karbon aktif..... | 38 |
| a. Randemen | 38 |
| b. Kadar air | 39 |
| c. Kadar Abu..... | 39 |
| d. Kadar zat terbang | 40 |
| e. Kadar karbon aktif murni..... | 40 |
| f. Adsorpsi iod..... | 40 |
| 3. Karakterisasi Adsorben..... | 41 |
| 4. Pembuatan Larutan Induk Fenantrena..... | 42 |
| 5. Uji Adsorpsi..... | 42 |
| a. Penentuan massa optimum adsorben | 42 |
| b. Penentuan waktu kontak optimum (laju adsorpsi) | 43 |
| c. Penentuan konsentrasi larutan standar fenantrena optimum | 43 |
| D. Diagram Alir Penelitian | 44 |

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| A. Pembuatan dan Identifikasi Karakteristik Karbon Aktif..... | 45 |
| 1. Pembuatan karbon aktif..... | 45 |
| 2. Identifikasi karakteristik karbon aktif | 46 |
| B. . Karakterisasi Adsorben | 49 |
| 1. Karakterisasi dengan SEM | 49 |
| 2. Karakterisasi dengan PSA..... | 50 |
| 3. Karakterisasi dengan FTIR..... | 52 |
| C. Uji Adsorpsi | 54 |
| 1. Penentuan massa optimum adsorben..... | 55 |
| 2. Penentuan waktu kontak optimum (laju adsorpsi) | 56 |

| | |
|---|----|
| 3. Penentuan konsentrasi larutan standar fenantrena optimum | 58 |
| D. Proses adsorpsi | 62 |

V. KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|---------------------|----|
| A. Kesimpulan | 65 |
| B. Saran..... | 66 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Persyaratan arang aktif menurut SNI 06-3730-1995 | 8 |
| 2. Produksi pisang beberapa provinsi di indonesia tahun 2011-2015..... | 17 |
| 3. Hasil optimum identifikasi karakteristik karbon aktif | 48 |
| 4. Distribusi ukuran partikel dengan aktivator $ZnCl_2$ | 52 |
| 5. Distribusi ukuran partikel dengan aktivator NaCl | 52 |
| 6. Parameter isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich | 61 |
| 7. Identifikasi karakteristik karbon aktif pada variasi kosentrasi $ZnCl_2$ (a) dan NaCl (b)..... | 76 |
| 8. Identifikasi karakteristik karbon aktif pada variasi rasio impregnasi $ZnCl_2$ (a) dan NaCl (b)..... | 77 |
| 9. Penentuan kurva standar fenantrena untuk variasi massa adsorben` | 78 |
| 10. Adsorpsi pada adsorben dengan variasi massa adsorben..... | 79 |
| 11. Pembuatan kurva standar fenantrena untuk variasi waktu kontak | 79 |
| 12. Adsorpsi pada adsorben dengan variasi waktu kontak | 80 |
| 13. Penentuan kurva standar fenantrena untuk variasi konsentrasi..... | 80 |
| 14. Adsorpsi fenantrena pada adsorven dengan variasi konsentrasi | 81 |
| 15. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde satu pada karbon aktif terhadap fenantrena | 81 |
| 16. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde dua pada karbon aktif terhadap fenantrena | 82 |

| | |
|--|----|
| 17. Data perhitungan adsorpsi fenantrena oleh karbon aktif dengan persamaan Langmuir | 82 |
| 18. Data perhitungan adsorpsi fenantrena oleh karbon aktif dengan persamaan Freundlich | 84 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Morfologi permukaan karbon aktif pada perbesaran 4000x | 6 |
| 2. <i>Fiber Activated Carbon (FAC)</i> | 9 |
| 3. <i>Powdered Activated Carbon (PAC)</i> | 10 |
| 4. <i>Granular Activated Carbon (GAC)</i> | 10 |
| 5. <i>Extruded Activated Carbon (EAC)</i> | 11 |
| 6. Skema pembuatan karbon aktif secara umum..... | 11 |
| 7. Senyawa PAH dengan berat molekul rendah (cincin < 4 buah) dan tinggi (cincin = 4 buah)..... | 21 |
| 8. Kisi difraksi | 29 |
| 9. Skema alat spektrofotometer UV-VIS | 31 |
| 10. Skema interaksi antara bahan dan elektron di dalam SEM..... | 32 |
| 11. Skema alat spektroskopi FT-IR..... | 34 |
| 12. Alat <i>Particle Size Analyzer (PSA)</i> | 35 |
| 13. Kulit pisang (a), Kulit pisang setelah dikeringkan (b), dan Kulit pisang setelah karbonisasi (c)..... | 45 |
| 14. Proses aktivasi kimia karbon aktif (a), dan Pencucian karbon aktif (b)..... | 46 |
| 15. Hasil uji adsorpsi iod variasi konsentrasi $ZnCl_2$ (a), dan $NaCl$ (b). | 47 |
| 16. Hasil uji adsorpsi iod variasi rasio impregnasi $ZnCl_2$ (a), dan $NaCl$ (b)..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 17. Hasil SEM dengan perbesaran 3.000x pada permukaan adsorben berupa karbon tanpa aktivasi (a), karbon aktif teraktivasi $ZnCl_2$ (b), karbon aktif teraktivasi NaCl (c)..... | 49 |
| 18. Grafik distribusi ukuran partikel karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$, (a), dan NaCl (b). | 51 |
| 19. Spektrum FT-IR tak teraktivasi (a), teraktivasi NaCl (b), dan teraktivasi $ZnCl_2$ (c)..... | 53 |
| 20. Kurva variasi massa adsorben pada proses adsorpsi fenantrena. | 55 |
| 21. Kurva variasi waktu kontak pada proses adsorpsi fenantrena | 56 |
| 22. Kurva kinetika pseudo orde dua pada karbon aktif terhadap fenantrena. | 57 |
| 23. Kurva variasi konsentrasi fenantrena oleh adsorben karbon..... | 59 |
| 24. Kurva isoterm adsorpsi menurut model Langmuir pada fenantrena oleh karbon aktif | 60 |
| 25. Kurva isoterm adsorpsi menurut model Freundlich pada fenantrena oleh karbon aktif. | 61 |
| 26. Proses adsorpsi senyawa fenantrena dengan karbon aktif dari kulit Pisang | 63 |
| 27. Kurva penentuan panjang gelombang maksimum fenantrena | 78 |
| 28. Kurva standar fenantrena untuk variasi massa adsorben | 78 |
| 29. Kurva standar fenantrena untuk variasi waktu kontak..... | 80 |
| 30. Kurva standar fenantrena untuk variasi konsentrasi | 81 |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan di bidang industri semakin pesat, berbagai aktivitas pembangunan industri telah memberikan peningkatan ekonomi yang berarti bagi masyarakat dan tata pemerintahan. Sementara itu konsumsi energi di dunia terus meningkat dan dapat mencapai peningkatan hingga 56% pada tahun 2040. Sektor industri adalah sektor pengguna energi dengan pertumbuhan paling pesat (Kojima and Lisa, 2010). Hal tersebut menyebabkan semakin besar pula dampak yang ditimbulkan, terutama terjadinya peningkatan dalam masalah pencemaran lingkungan. Material pencemaran lingkungan diantaranya karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), *Particulate Matter* (PM), hidrokarbon (HC), dan juga polutan yang tidak umum seperti *semivolatile organic compound* dan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) (Pongpiachan, *et al.*, 2012).

PAH adalah suatu polutan yang berbahaya bagi kesehatan (Shanker, 2017). Proses pembakaran yang kurang sempurna terhadap senyawa organik dapat menghasilkan senyawa PAH (Wick, *et al.*, 2011). Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melakukan kontrol dan peraturan terkait dengan PAH

(Shanker, 2017). PAH menjadi prioritas *European Union* (EU) dan *Environmental Protection Agency* (EPA) karena bersifat mutagenik, karsinogenik, dan teratogenik (Sverdrup, *et al.*, 2006; Qiao, *et al.*, 2006). Penelitian yang telah dilakukan oleh Gamboa pada tahun 2008 menunjukkan bahwa komponen senyawa PAH dapat menyebabkan kerusakan pada sel limfosit manusia. Sebanyak 17 jenis PAH telah diidentifikasi sebagai penyebab terjadinya gangguan kesehatan pada manusia (Gupta and Gupta, 2015). Senyawa PAH yang sering ditemukan sebagai kontaminan di alam pada umumnya yang memiliki berat molekul rendah salah satunya adalah fenantrena.

PAH dengan berat molekul rendah umumnya memiliki 2-3 cincin aromatik dalam satu hidrokarbon, seperti fenantrena, naftalena, asenaftena, flourena dan antrasena (Hasan, dkk., 2015). Metode yang tepat untuk mengolah limbah yang mengandung senyawa PAH khususnya senyawa fenantrena adalah melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi diharapkan dapat menurunkan atau bahkan menghilangkan konsentrasi senyawa fenantrena yang berbahaya bagi lingkungan. Proses ini melibatkan interaksi antara adsorbat dan adsorben. Beberapa contoh adsorben (zat penjerap) yang dapat digunakan pada proses adsorpsi adalah silika gel, alumina aktif, zeolit, polimer, dan karbon aktif (Wang dan Kaskel, 2012). Adsorben berupa karbon aktif dapat diperoleh dari limbah organik yang mengandung karbon seperti sekam padi, ampas tebu, tempurung kelapa, kulit pisang dan lain sebagainya (Wang dan Kaskel, 2012).

Pisang salah satu tanaman yang banyak dihasilkan di Indonesia. Sentra produksi pisang di Indonesia terdapat di Jawa Timur (1.362.881 ton), selanjutnya Jawa Barat (1.192.861 ton) dan Lampung (817.606 ton) (BPS, 2014). Lampung dapat memproduksi 677.781 ton tahun 2011, 687.761 ton tahun 2012 dan 817.606 tahun 2013 (BPS, 2014). Pisang merupakan buah yang digemari oleh sebagian besar penduduk dunia karena rasanya yang enak, kandungan gizinya tinggi, dan mudah didapat serta hampir seluruh bagian tanaman pisang dapat dimanfaatkan.

Tanaman pisang terdiri dari daun, batang, buah, jantung dan bonggol. Setiap bagian mempunyai berbagai macam manfaat. Namun, bagian kulit pisang masih jarang sekali dimanfaatkan, hanya sesekali digunakan sebagai pakan ternak dan bisa dijadikan teknologi penjernihan air selebihnya dibiarkan menumpuk dan membusuk menjadi limbah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Lubis, 2012). Beberapa penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa kulit pisang sebagai karbon aktif dapat menurunkan kandungan suatu senyawa seperti Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} (Tran, *et al.*, 2016), Cr^{3+} (Ashraf, *et al.*, 2012), dan bahan pewarna (Khalfaoui, *et al.*, 2012). Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukkan adanya pengaruh aktivasi kimia menggunakan aktivator bersifat garam lebih baik pada pembuatan karbon aktif dari kulit pisang ditinjau dari luas permukaan dan kemampuan adsorpsinya (El-Maghraby, *et al.*, 2014). Kulit pisang memiliki komposisi kimia berupa selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil dan zat pektin yang mengandung asam *galacturonic*, *arabinosa*, *galaktosa* dan *rhamnosa* yang merupakan senyawa organik dan memiliki

potensi cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap berupa karbon aktif (Hewwet, *et al.*, 2011).

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan karbon aktif dari salah satu sumber karbon aktif berupa kulit pisang yang telah diketahui mengandung karbon aktif (Ashraf, *et al.*, 2012) dengan menggunakan aktivator $ZnCl_2$ dan $NaCl$ dengan variasi konsentrasi dan perbandingan kadar karbon : aktivator. Selanjutnya, karbon aktif diaplikasikan terhadap salah satu senyawa PAH, yakni fenantrena.

Karakterisasi dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) dan *Particle Size Analyzer* (PSA), serta untuk mengetahui kemampuan adsorpsi akan dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari cara pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari kulit pisang.
2. Mengetahui pengaruh variasi aktivator, konsentrasi aktivator, aktivator dan perbandingan rasio impregnasi terhadap kemampuan adsorpsi karbon aktif berdasarkan identifikasi karakteristik karbon aktif.
3. Mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif dari kulit pisang terhadap senyawa PAH fenantrena berdasarkan pengaruh massa adsorben, waktu kontak dan konsentrasi larutan standar fenantrena.

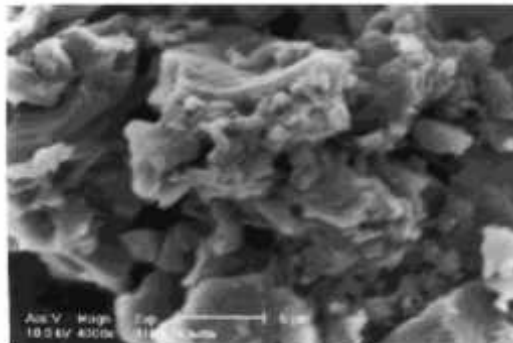
C. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berupa data ilmiah mengenai pemanfaatan limbah kulit pisang kepok untuk dijadikan karbon aktif sebagai adsorben yang bernilai ekonomis dan dapat digunakan sebagai metode dalam menanggulangi masalah pencemaran akibat senyawa PAH.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang memiliki ruang (*porosity*) terselubungi oleh senyawa karbon (Marsh and Fransisco, 2006). Karbon aktif juga dapat didefinisikan sebagai senyawa karbon amorf yang memiliki porositas serta luas area yang tinggi, antara 500-2.000 m²/g (Bansal dan Goyal, 2005). Kvech dan Erika (1998), menyatakan bahwa karbon aktif adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung karbon melalui proses pirolisis. Sebagian dari pori-porinya masih tertutup hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen, dan sulfur. Berikut ini adalah gambar morfologi permukaan karbon aktif pada perbesaran 4000x.



Gambar 1. Morfologi permukaan karbon aktif pada perbesaran 4000x (Kvech dan Erika., 1998).

Karbon aktif bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air (tidak suka air). Karbon aktif diperoleh dengan proses aktivasi, baik aktivasi secara fisika maupun aktivasi secara kimia. Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Luas permukaan (*surface area*) adalah salah satu sifat fisik dari karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar, yakni $1,95 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, dengan total volume pori-porinya sebesar $10,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mg}^{-1}$ dan diameter pori rata-rata $21,6 \text{ \AA}$, sehingga sangat memungkinkan untuk dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang banyak. Semakin luas permukaan pori-pori dari karbon aktif, maka daya serapnya semakin tinggi (Allport, 1997). Karena strukturnya yang berpori inilah, karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti untuk menghilangkan polutan organik (Murti, 2008; Junior, dkk., 2009; Prabowo, 2009; Lienden, *et al.*, 2010), adsorben zat warna (Bouguettoucha, *et al.*, 2016; Doke, *et al.*, 2016), adsorben logam berat (Chen, *et al.*, 2016; Pap *et al.*, 2016), adsorben gas (Syed-Hassan dan Zaini, 2016), *support* katalis, elektroda superkapasitor (Arie, *et al.*, 2014; Teo, *et al.*, 2016), dan lain-lain. Karbon aktif dapat disintesis dari batu bara antrasit atau pun bituminous, akan tetapi biomassa yang tersusun atas lignoselulosa juga berpotensi disintesis sebagai karbon aktif. Menurut SNI (Standar Nasional Indonesia), arang aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Persyaratan arang aktif menurut SNI 06-3730-1995

| Jenis | Persyaratan % |
|-----------------------------------|----------------------|
| Bagian yang hilang pada pemanasan | Maksimum 25 |
| Air | Maksimum 15 |
| Abu | Maksimum 10 |
| Daya serap terhadap Iod | Minimum 750 |

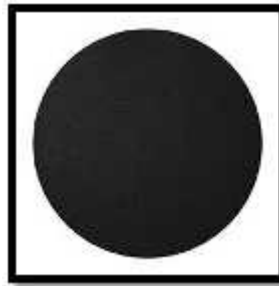
Ukuran pori karbon aktif berkisar 10- >250 A , yang dibagi menjadi tiga kategori yakni makropori pada diameter >250 A , mesopori pada diameter berkisar antara 50-250 A , dan mikropori pada diameter lebih kecil dari 50 A (Beukens, *et al.*, 1985). Selain itu karbon aktif dibagi atas 2 tipe, yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk *powder* yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000 A^o, digunakan dalam fase cair, dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu. Karbon aktif sebagai pemucat ini diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah. Karbon aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 A^o, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Karbon aktif sebagai penyerap ini diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai struktur keras (Kvech dan Erika., 1998).

1. Klasifikasi Karbon Aktif

Ada empat bentuk utama dari karbon aktif (Rahman, *et al.*, 2012) adalah sebagai berikut:

a. *Fiber Activated Carbon (FAC)*

Fiber Activated Carbon memiliki ukuran yang lebih kecil dari karbon aktif *powder*. Sebagian besar karbon aktif fiber memiliki diameter antara 7–15 μm . Aplikasi karbon aktif fiber dapat ditemukan dalam bidang perlakuan udara seperti penangkapan larutan.



Gambar 2. *Fiber Activated Carbon*

b. *Powdered Activated Carbon (PAC)*

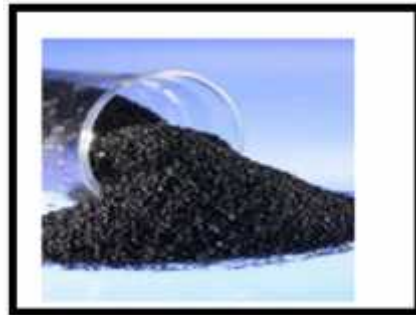
Powdered Activated Carbon atau karbon aktif dalam bentuk serbuk merupakan karbon aktif yang telah dihancurkan sehingga memiliki ukuran berkisar 50–150 μm . Karbon aktif jenis ini biasanya digunakan pada aplikasi fasa cair dan penyaringan pada gas buang.



Gambar 3. *Powdered Activated Carbon*

c. Granular Activated Carbon (GAC)

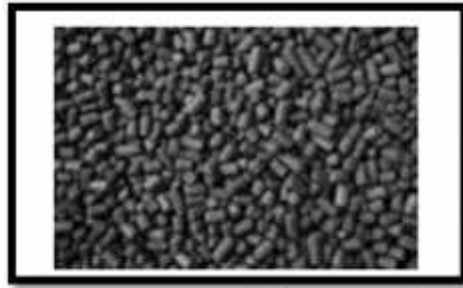
Granular Activated Carbon atau karbon aktif dalam bentuk granular merupakan karbon aktif yang memiliki bentuk tidak beraturan dengan ukuran partikel antara 0,2 sampai 5 mm. Jenis karbon aktif ini digunakan pada kedua aplikasi yaitu fasa cair dan gas.



Gambar 4. *Granular Activated Carbon*

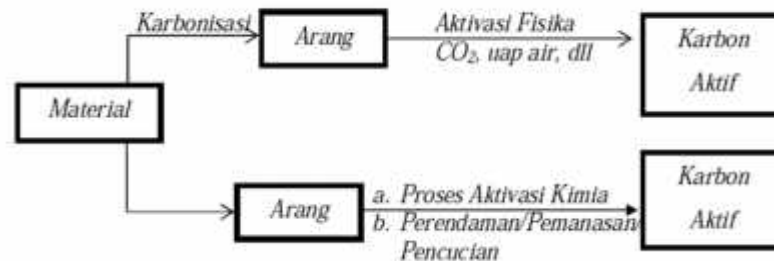
d. Extruded Activated Carbon (EAC)

Extruded Activated Carbon merupakan karbon aktif berbentuk *pellet* dibuat melalui proses ekstruksi dan berbentuk silinder dengan ukuran diameter dari 0,8 sampai 5 mm. Karbon aktif berbentuk *pellet* biasanya digunakan untuk aplikasi pada fasa gas karena nilai *pressure drop*-nya rendah, kekuatan mekanik yang tinggi dan rendah kandungan abu (Rahman, *et al.*, 2012).



Gambar 5. *Extruded Activated Carbon*

2. Proses Pembuatan Karbon Aktif



Gambar 6. Skema pembuatan karbon aktif secara umum (Marsh and Francisco, 2006).

Gambar 5 memaparkan secara skematis proses pembuatan karbon aktif secara umum. Terdapat dua metode yang digunakan untuk membuat karbon aktif, yaitu metode aktivasi fisika (*physical/thermal activation*) dan metode aktivasi kimia (*chemical activation*). Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Namun, pada prinsipnya pembuatan karbon aktif terdiri atas tiga proses yang saling berkelanjutan sebagai berikut.

a. Pemilihan Bahan Dasar

Karbon aktif bisa dibuat dari berbagai macam bahan, selama bahan tersebut mengandung unsur karbon. Pemilihan bahan dasar untuk dijadikan karbon aktif harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu unsur anorganik yang rendah, ketersediaan bahan (tidak mahal dan mudah didapat), memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk diaktivasi (Marsh and Francisco, 2006).

b. Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan dalam tanur lebih dikenal dengan proses pengarangan. Tujuan karbonisasi adalah untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*) yang terkandung pada bahan dasar. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk air, uap asam asetat, tar-tar, dan hidrokarbon. Material padat yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit. Pada saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang meliputi penghilangan air atau dehidrasi, penguapan selulosa, penguapan lignin, dan pemurnian karbon. Pada suhu pemanasan 400°C terjadi penghilangan air, penguapan selulosa, dan penguapan lignin, sedangkan untuk proses pemurnian karbon terjadi pada suhu 500-800°C (Marsh and Francisco, 2006).

c. Aktivasi

Aktivasi adalah bagian dari proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi. Proses aktivasi karbon aktif mampu meningkatkan daya adsorpsi, hal ini dikarenakan karbon aktif hasil karbonisasi biasanya masih mengandung zat lain sehingga menutup pori-pori permukaan karbon aktif. Pada proses ini, karbon aktif akan mengalami perubahan sifat, baik sifat fisika maupun kimia sehingga dapat berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Budiono dkk., 2009). Aktivasi karbon aktif memiliki dua metode yang umum digunakan, yaitu aktivasi kimia dan fisika.

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia (aktivator) sebagai agen pengaktivasi.

Aktivator adalah zat atau bahan kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif pada adsorben karbon aktif sehingga dapat menyebabkan daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator akan memasuki pori dan membuka permukaan karbon aktif yang masih tertutup. Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan merendam arang ke dalam larutan kimia yang bersifat asam (H_3PO_4 dan H_2SO_4), basa (KOH dan NaOH), dan bersifat garam ($ZnCl_2$ dan NaCl) (Dabrowski, *et al.*, 2005).

Antara kedua jenis proses aktivasi yang ada, menurut Suhendra dan Gunawan

(2010), cara aktivasi kimia memiliki berbagai keunggulan tertentu dibandingkan dengan cara aktivasi fisika, diantaranya adalah:

1. Dalam proses aktivasi kimia, zat kimia pengaktif sudah terdapat dalam tahap penyiapannya sehingga proses karbonisasi dan proses aktivasi karbon terakumulasi dalam satu langkah yang umumnya disebut *one-step activation* atau metode aktivasi satu langkah.
2. Dalam proses aktivasi kimia, suhu yang digunakan umumnya lebih rendah dibanding pada aktivasi fisika.
3. Efek dari agen dehidrasi pada aktivasi kimia dapat memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon.
4. Produk yang dihasilkan dalam aktivasi kimia lebih banyak dibandingkan dengan aktivasi fisika.

Sedangkan aktivasi fisika dari karbon aktif diaktivasi menggunakan agen pengaktifasi dari gas CO₂ atau uap pada suhu 500-800°C. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik atau sifat dari karbon aktif yang dihasilkan melalui proses aktivasi fisika antara lain adalah bahan dasar, laju aliran kalor, laju aliran gas, proses karbonasi sebelumnya, suhu pada saat proses aktivasi, agen pengaktifasi yang digunakan, lama proses aktivasi, dan alat yang digunakan (Marsh and Francisco, 2006).

3. Sifat Adsorpsi Karbon Aktif

Sifat adsorpsi dari karbon aktif yang paling utama adalah daya serap. Menurut Kardivelu, *et al.* (2003), ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi karbon aktif yaitu:

a. Sifat Adsorben

Karbon aktif yang dijadikan adsorben adalah suatu padatan berpori, sebagian besar terdiri dari unsur karbon dan berbentuk amorf dengan struktur yang tidak beraturan. Selain komposisi, struktur pori juga merupakan faktor yang penting. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan. Pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, semakin kecil, dan banyak pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas permukaan semakin besar karena jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari adsorben.

b. Ukuran Partikel

Proses adsorpsi akan berlangsung lebih cepat ketika ukuran partikel semakin kecil, sehingga untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi digunakan karbon aktif yang telah dihaluskan dengan ukuran mikro atau meso. Salah satu cara yang digunakan untuk memperkecil ukuran partikel dari suatu adsorben adalah dengan cara penggerusan secara perlahan dan dilakukan pemisahan partikel sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

c. Sifat Adsorbat

Adsorpsi akan semakin besar jika molekul adsorbat lebih kecil dari pori adsorben. Karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terjebaknya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif.

d. Temperatur

Dalam pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk menyelidiki temperatur pada saat berlangsungnya proses. Karena tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa yang mudah menguap, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur yang lebih kecil.

e. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

f. Waktu Kontak

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah karbon aktif yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis karbon aktif. Untuk larutan yang memiliki viskositas tinggi, dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama.

B. Kulit Pisang

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2017), Provinsi Lampung selama kurun waktu tahun 2011 - 2015 selalu menduduki empat besar sebagai daerah produksi pisang terbesar di Indonesia, bahkan pada tahun 2014 - 2015 menduduki peringkat pertama sebagai daerah penghasil produksi pisang nasional, seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Produksi pisang beberapa provinsi di Indonesia tahun 2011 - 2015.

| Provinsi | Produksi (ton) | | | | |
|-------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Jawa Barat | 1.360.126 | 1.192.861 | 1.095.325 | 1.237.171 | 1.306.288 |
| Jawa Timur | 1.188.926 | 1.362.881 | 1.527.376 | 1.336.684 | 1.629.437 |
| Lampung | 687.761 | 817.606 | 938.280 | 1.481.693 | 1.937.349 |
| Jawa Tengah | 750.775 | 617.455 | 560.985 | 519.628 | 581.782 |

Karena tingginya produktivitas pisang, maka diperlukan pengelolaan yang efisien terhadap seluruh bagian tanaman pisang. Saat pasca panen pisang, bagian kulit, batang dan daun pisang, 80% hanya dibuang tanpa pengolahan lanjut. Hal inilah yang mengakibatkan potensi limbah kulit pisang yang cukup besar sehingga perlu adanya penanggulangan pada kulit pisang agar memiliki nilai guna lebih. Kulit

pisang merupakan salah satu limbah pertanian/perkebunan yang dihasilkan dari tanaman pisang yang telah dipanen yang dapat dijadikan sebagai bahan pakan alternatif (Advena, 2014).

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa limbah kulit pisang kepok (basis kering) mengandung abu 0,001%, selulosa sekitar 7,5%, lignin sebesar 7,9%, dan hemiselulosa sekitar 74,9% (Tibolla, *et al.*, 2017), sedangkan pisang raja mengandung 37,52% hemiselulosa, 12,06% selulosa dan 7,04% lignin (Azura, *et al.*, 2015). Lignin akan terdegradasi menjadi karbon pada *range* suhu 250-500°C, hemiselulosa terdegradasi pada suhu sekitar 250°C (Brebun and Vasile, 2009), sementara selulosa pada suhu 500°C (Tang and Weder, 2010). Total karbon yang dimiliki kulit pisang kepok lebih tinggi dibandingkan dengan pisang raja ditinjau dari total lignoselulosa yang dapat terdegradasi menjadi karbon, oleh karena itu kulit pisang kepok sangat berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis karbon aktif (Mohapatra, *et al.*, 2010).

Kulit pisang memiliki kandungan selulosa sebesar 14,4% dan 7,04% lignin (Suprapti, 2005 dalam Pertiwi, 2013) dan senyawa organik yang berpotensi memberikan nilai kalor yang cukup baik (Rusliana, 2010). Jumlah yang melimpah khususnya dari kulit pisang tersebut dapat digunakan menjadi produk yang berdaya guna tinggi. Kandungan selulosa pada kulit pisang yang cukup tinggi berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan karbon aktif, karena kandungan selulosa dalam kulit pisang yang cukup dan kadar ligninnya yang lebih rendah. Sifat lignin yang kurang stabil dan sulit diuraikan tidak cocok dijadikan sebagai

karbon aktif, sehingga semakin kecil kadar lignin yang terdapat pada bahan baku maka kualitas karbon aktif semakin baik (Priatmoko dan Cahyono, 1995).

C. Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Fenantrena

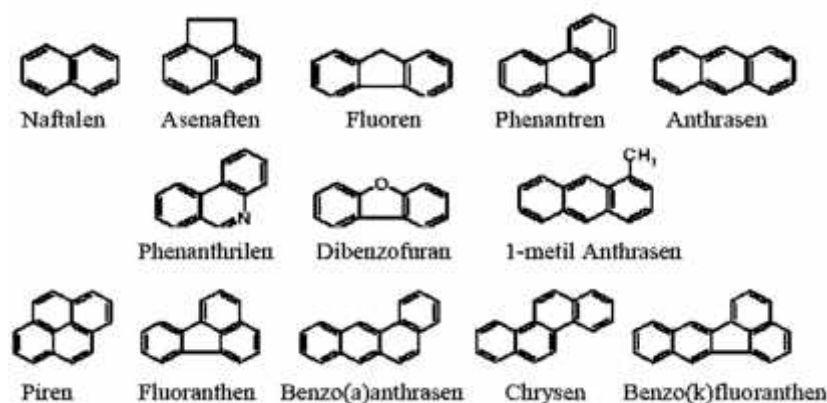
Salah satu kontaminan lingkungan dan termasuk dalam kelompok bahan kimia beracun adalah polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH). PAH merupakan komponen organik yang mengandung lebih dari satu cincin aromatik dalam satu molekul hidrokarbon (Effendi, 2003). Disisi lain, PAH terdiri dari kumpulan senyawa yang mengandung lebih dari 100 senyawa kimia berbeda, terbentuk selama pembakaran tidak sempurna dari batubara, minyak, gas, sampah, dan zat organik lainnya (McGrath, *et al.*, 2007). Keberadaan PAH di alam dapat berasal dari dua sumber, yakni sumber alami dan sumber antropogenik. Sumber alami meliputi; kebakaran hutan dan padang rumput, rembesan minyak bumi, gunung berapi, tumbuhan yang berklorofil, jamur dan bakteri. Sumber antropogenik meliputi; minyak bumi, pembangkit tenaga listrik, pemanas rumah, batu bara, karbon hitam, aspal dan mesin-mesin pembakaran. PAH yang berasal dari proses alami umumnya lebih rendah dari sumber antropogenik (Culoot, *et al.*, 2006).

PAH merupakan kontaminan yang sering dijumpai di laut, dalam sedimen pantai, muara, dan dasar kontinen dalam konsentrasi yang relatif tinggi dibandingkan dengan sumber antropogenik. Umumnya kadar PAH yang tinggi dijumpai dalam sedimen laut yang dekat dengan pantai. Hung, *et al.*, (2011) , dalam penelitiannya di Laut Cina Timur melaporkan tingginya kadar PAH pada stasiun-stasiun yang berada dekat pantai. Senyawa PAH yang mengendap ke dasar perairan bersifat

racun bagi organisme perairan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa PAH yang berasal dari kegiatan manusia dapat menyebabkan kanker dan efek mutagenik pada organisme (Zakaria, dkk., 2006).

Pemanasan bahan organik pada suhu tinggi juga merupakan sumber PAH, misalnya pemanggangan, dapat menyebabkan terbentuknya polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) melalui reaksi pemecahan bahan organik menjadi fragmen yang sederhana (pirolisis) dan pembentukan senyawa aromatik dari fragmen tersebut (pirosintetik) (Morret, *et al.*, 1999; Cano-Lerida, *et al.*, 2008). Selain melalui mekanisme suhu tinggi (200-800°C), molekul PAH diketahui dapat terbentuk pada suhu yang relatif rendah, sekitar 100-150°C, namun dengan waktu yang lebih panjang dibandingkan pirolisis dan pirosintesis (Morret, *et al.* 1999). Sumber lain dari PAH adalah rokok. Rokok mengandung kadar tar cukup tinggi dan pembakaran tar diketahui dapat memicu terbentuknya molekul PAH terutama jenis PAH karsinogenik. PAH umumnya bersifat sangat hidrofobik dikarenakan strukturnya yang memiliki banyak cincin aromatik yang bersifat nonpolar. Karakter fisik dan kimia PAH bervariasi dalam mode reguler lebih atau kurang dengan berat molekulnya. Konsistensi tiap senyawa PAH dalam peristiwa oksidasi dan reduksi cenderung berkurang seiring dengan bertambahnya berat molekul. Tekanan uap dan kelarutan dalam air berkurang secara logaritmik dengan bertambahnya berat molekul. Dalam Neff (1979) disebutkan bahwa Naftalen ($C_{10}H_8$) yang terdiri dari 2 cincin aromatik adalah pemilik berat molekul terendah. Selain Naftalena, ada beberapa jenis lainnya yang memiliki berat molekul yang rendah yakni *fluorene*, *phenanthrene* dan *anthracene* pada Gambar 6. PAH yang berat molekulnya rendah bersifat toksik secara akut terhadap

organisme perairan, dibandingkan dengan yang memiliki berat molekul lebih tinggi. Selain itu, PAH dengan berat molekul yang rendah dapat terdegradasi dengan cara evaporasi dan aktivitas mikroba. Sedangkan berat molekul yang tinggi umumnya terdegradasi oleh sedimentasi dan fotooksidasi. Penyebab relatif dari berbagai proses degradasi pada PAH adalah karakter dari masing-masing senyawa PAH.



Gambar 7. Senyawa PAH dengan berat molekul rendah (cincin < 4 buah) dan tinggi (cincin = 4 buah) (Lundstedt, 2003).

Fenantrena merupakan senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dengan rumus molekul $C_{14}H_{10}$, yang terdiri dari tiga inti benzena dengan berat molekul 178,23 g/mol, dalam bentuk murninya senyawa ini dapat ditemukan dalam tar tembakau, bahan penyebab iritasi, dan bahan pemeka cahaya kulit. Fenantrena digunakan pada produksi bahan pewarna merah alizarin dan bahan pewarna lainnya (Neff, 1979). Fenantrena seperti banyak PAH lainnya, dihasilkan selama proses pembakaran. Paparan terhadap manusia terjadi terutama melalui asap tembakau dan konsumsi makanan yang terkontaminasi dengan produk pembakaran (Hasan, *et al.*, 2015).

D. Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses pemisahan, dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap dilepaskan pada adsorpsi kimia yang merupakan ikatan kuat antara penyerap dan zat yang dijerap sehingga tidak mungkin terjadi proses yang bolak-balik. Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. *Agitation* (Pengadukan)

Tingkat adsorpsi dikontrol melalui difusi film maupun difusi pori, tergantung pada tingkat pengadukan pada sistem.

2. Karakteristik Adsorban (Karbon Aktif)

Ukuran partikel dan luas permukaan merupakan karakteristik penting karbon aktif sesuai dengan fungsinya sebagai adsorban. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi; tingkat adsorpsi naik dengan adanya penurunan ukuran partikel. Oleh karena itu adsorpsi menggunakan karbon *Powdered Activated Carbon* (PAC) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon *Granular Activated Carbon* (GAC). Kapasitas total adsorpsi karbon tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel karbon tidak mempengaruhi luas permukaannya. Oleh sebab itu GAC atau PAC dengan berat yang sama memiliki kapasitas adsorpsi yang sama.

3. Kelarutan Adsorbat Senyawa Terlarut

Kelarutan adsorbat senyawa terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit diadsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.

4. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul adsorbat tingkat adsorpsi pada alifatik, aldehid, atau alkohol biasanya naik diikuti dengan kenaikan ukuran molekul. Hal ini dapat dijelaskan dengan kenyataan bahwa gaya tarik antara karbon dan molekul akan semakin besar ketika ukuran molekul semakin mendekati ukuran pori karbon. Tingkat adsorpsi tertinggi terjadi jika pori karbon cukup besar untuk dilewati oleh molekul.

5. pH Asam Organik

pH asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.

6. Temperatur

Temperatur tingkat adsorpsi naik diikuti dengan kenaikan temperatur dan turun diikuti dengan penurunan temperatur.

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy, 2012). Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis gaya, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-

masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Adsorpsi fisika (*physisorption*) adalah proses interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya Van der Waals, sedangkan adsorpsi kimia (*chemisorption*) terjadi jika interaksi adsorben dan adsorbat melibatkan pembentukan ikatan kimia. Dalam proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya Van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen (Martell and Hancock, 1996).

Menurut Shaw (1980), proses adsorpsi larutan secara teoritis berlangsung lebih rumit dibandingkan proses adsorpsi pada gas, uap atau cairan murni. Hal ini disebabkan pada adsorpsi larutan melibatkan persaingan antara komponen larutan dengan situs adsorpsi. Proses adsorpsi larutan dapat diperkirakan secara kualitatif dari polaritas adsorben dan komponen penyusun larutan. Adsorben polar cenderung lebih kuat menyerap adsorbat polar dibandingkan adsorbat non-polar, begitu pula sebaliknya. Kelarutan adsorbat dalam pelarut merupakan faktor yang menentukan dalam proses adsorpsi, umumnya substansi hidrofilik sukar teradsorpsi dalam larutan encer.

1. Kinetika Adsorpsi

Kinetika mencakup suatu pembahasan tentang kecepatan (laju) reaksi dan bagaimana proses reaksi berlangsung. Laju reaksi merupakan laju yang diperoleh dari perubahan konsentrasi reaktan dalam suatu satuan waktu pada persamaan reaksi kimia yang mengalami kesetimbangan. Laju reaksi bergantung pada konsentrasi reaktan, tekanan, temperatur, dan pengaruh katalis (Oxtoby, 2004).

Beberapa model kinetika adsorpsi yaitu :

a. Kinetika Adsorpsi Pseudo orde Satu

Kinetika ini memiliki arti bahwa laju reaksi berbanding lurus dengan pangkat satu konsentrasi pereaksi yang dinyatakan oleh persamaan 1 berikut :

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log } q_e - K_t (1) \quad (1)$$

Dengan q_e adalah konsentrasi logam teradsorp pada saat kesetimbangan (mg/g), q_t yaitu konsentrasi logam teradsorpsi pada saat waktu t (mg/g), t merupakan waktu kontak (menit) dan k adalah konstanta kinetika adsorpsi pseudo orde satu (g/mg/menit).

b. Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua

Kinetika ini memiliki arti bahwa laju reaksi berbanding lurus dengan pangkat dua konsentrasi pereaksi yang dinyatakan oleh persamaan 2 berikut :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (2)$$

Notasi q_e adalah jumlah ion logam yang teradsorpsi setelah setimbang (mg/g), q_t adalah jumlah ion teradsorpsi pada saat t (mg/g), k adalah konstanta kinetika adsorpsi pseudo orde dua (g/mg/menit) (Demirbas dkk., 2008).

2. Kapasitas Adsorpsi

Model kesetimbangan adsorpsi yang sering digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi adalah isotermal Langmuir dan Freundlich.

a. Model Isoterm Adsorpsi Langmuir

Menurut Oscik (1982), teori Langmuir ini didasarkan pada asumsi bahwa laju adsorpsi akan bergantung pada faktor ukuran, struktur molekul adsorbat, sifat pelarut, porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara *monolayer*. Proses adsorpsi memiliki dua tahap, yaitu perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben dan adsorpsi pada permukaan adsorben. Tahap pertama akan bergantung pada sifat pelarut dan adsorbat yang terkontrol.

Bagian yang terpenting dalam proses adsorpsi yaitu situs yang dimiliki oleh adsorben yang terletak pada permukaan, akan tetapi jumlah situs-situs ini akan berkurang jika permukaan yang tertutup semakin bertambah (Husin and Rosnelly, 2007). Model isoterm adsorpsi Langmuir dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad (3)$$

dimana C adalah konsentrasi kesetimbangan (mg L^{-1}), m adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben pada konsentrasi C (mmol g^{-1}), b adalah jumlah zat yang teradsorpsi saat keadaan jenuh (kapasitas adsorpsi) (mg g^{-1}) dan k adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi (L mol^{-1}). Dari kurva linier hubungan antara C/m versus C maka dapat ditentukan nilai b dari kemiringan (slop) dan k dari intersep kurva. Energi adsorpsi (E_{ads}) yang didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan apabila satu mol zat teradsorpsi dalam adsorben dan nilainya ekuivalen dengan nilai negatif dari perubahan energi Gibbs standar, G° , dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E_{\text{ads}} = -\Delta G^{\circ}_{\text{ads}} = RT \ln k \quad (4)$$

dimana R adalah tetapan gas umum ($8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$), T adalah temperatur (K) dan k adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh dari persamaan Langmuir, sehingga energi total adsorpsi E harganya sama dengan negatif energi bebas Gibbs (Oscik, 1982).

b. Model Isoterm Adsorpsi Freundlich

Model isoterm Freundlich menerangkan bahwa proses adsorpsi pada permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isoterm Freundlich menunjukkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer*. Hal tersebut berkaitan dengan ciri-ciri dari adsorpsi secara fisika dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*) (Husin dan Rosnelly, 2007).

Asumsi yang digunakan:

- a. Tidak ada asosiasi dan disosiasi molekul-molekul adsorbat setelah teradsorpsi pada permukaan padatan.
- b. Hanya berlangsung mekanisme adsorpsi secara fisis tanpa adanya adsorpsi kimia.
- c. Permukaan padatan bersifat heterogen (Noll *et al.*, 1992). Bentuk persamaan Freundlich adalah sebagai berikut:

$$\log q_e = \log k_f + 1/n \log C_e \quad (5)$$

Dengan q_e adalah jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg g^{-1}), C_e adalah konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan (mg L^{-1}), k_f adalah

faktor kapasitas Freundlich (mol g^{-1}), dan n adalah faktor intensitas Freundlich. Selain itu, untuk menentukan jumlah zat warna teradsorpsi, rasio distribusi dan koefisien selektivitas pada proses adsorpsi senyawa terhadap adsorben karbon aktif dapat digunakan persamaan berikut:

$$Q = (C_0 - C_e)V/W \quad (6)$$

Dimana Q menyatakan jumlah senyawa teradsorpsi (mg g^{-1}), C_0 dan C_e menyatakan konsentrasi awal sebelum teradsorpsi dan konsentrasi senyawa setelah teradsorpsi (mmol L^{-1}), W adalah massa adsorben (g), V adalah volume larutan (L) (Buhani *et al.*, 2009).

E. Karakterisasi

1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-Vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Sinar ultraungu (*ultra violet*) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Pengukuran panjang gelombang dan absorbansi analit menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Day dan Underwood, 2002).

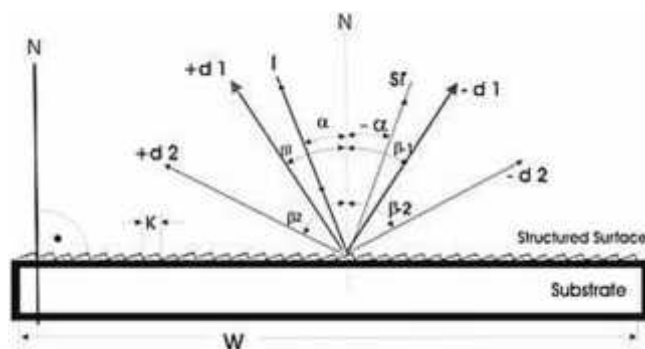
Menurut Skoog (1996), menjelaskan bahwa secara garis besar spektrofotometer terdiri dari 4 bagian penting yaitu:

1. Sumber Cahaya

Sebagai sumber cahaya pada spektrofotometer, haruslah memiliki pancaran radiasi yang stabil dan intensitasnya tinggi. Sumber energi cahaya yang biasa untuk daerah tampak, ultraviolet dekat dan inframerah dekat adalah sebuah lampu pijar dengan kawat rambut terbuat dari wolfram (tungsten). Lampu ini mirip dengan bola lampu pijar biasa, daerah panjang gelombang () adalah 350 - 2200 nanometer (nm). Lampu hidrogen atau lampu deuterium digunakan untuk sumber pada daerah ultraungu (UV). Lampu wolfram juga digunakan sebagai sumber cahayanya, kelebihan lampu wolfram adalah energi radiasi yang dibebaskan tidak bervariasi pada berbagai panjang gelombang. Sumber cahaya untuk spektrofotometer inframerah, sekitar 2 ke 15 μm menggunakan pemijar Nernst.

2. Monokromator

Monokromator adalah alat yang berfungsi untuk menguraikan cahaya polikromatis menjadi beberapa komponen panjang gelombang tertentu (monokromatis) yang berbeda. Ada 2 macam monokromator yaitu prisma dan kisi difraksi. Kisi difraksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Kisi difraksi (Skoog, 1996).

Cahaya monokromatis ini dapat dipilih panjang gelombang tertentu yang sesuai untuk kemudian dilewatkan melalui celah sempit yang disebut slit. Ketelitian dari monokromator dipengaruhi juga oleh lebar celah yang dipakai.

3. Kuvet

Kuvet spektrofotometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat sampel atau cuplikan yang akan dianalisis. Kuvet harus memenuhi syarat- syarat sebagai berikut :

- a) Tidak berwarna sehingga dapat mentransmisikan semua cahaya.
- b) Permukaannya secara optis harus benar- benar sejajar.
- c) Harus tahan (tidak bereaksi) terhadap bahan- bahan kimia.
- d) Tidak boleh rapuh.
- e) Mempunyai bentuk yang sederhana

Kuvet biasanya terbuat dari kwarsa, *plexiglass*, plastik dengan bentuk tabung empat persegi panjang 1x1 cm dan tinggi 5 cm. Pada pengukuran di daerah UV dipakai kuvet kwarsa atau *plexiglass*, sedangkan kuvet dari kaca tidak dapat dipakai sebab kaca mengabsorpsi sinar UV. Semua macam kuvet dapat dipakai untuk pengukuran di daerah sinar tampak.

4. Detektor

Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Detektor akan mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh penampil data dalam bentuk jarum penunjuk atau angka digital. Syarat-syarat ideal sebuah detektor :

- a. Kepekaan yang tinggi
- b. Perbandingan isyarat atau signal dengan bising tinggi

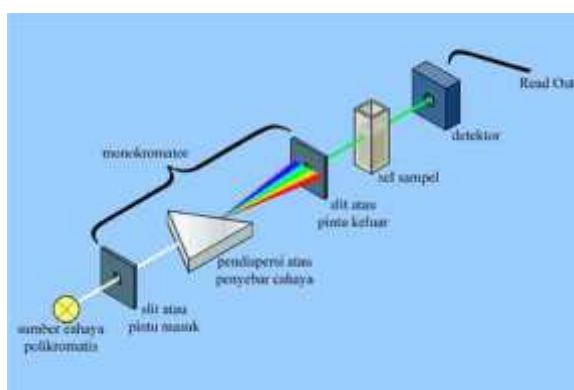
- c. Respon konstan pada berbagai panjang gelombang.
- d. Waktu respon cepat dan signal minimum tanpa radiasi.
- e. Signal listrik yang dihasilkan harus sebanding dengan tenaga radiasi.

Prinsip kerja dari alat ini adalah cahaya yang berasal dari lampu deuterium maupun wolfram yang bersifat polikromatis diteruskan melalui lensa menuju ke monokromator pada spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer.

Monokromator kemudian akan mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas-berkas cahaya dengan panjang tertentu kemudian akan dilewatkan pada sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu. Oleh karena itu, terdapat cahaya yang diserap (diadsorpsi) dan ada pula yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian diterima oleh detektor.

Detektor kemudian akan menghitung cahaya yang diterima dan mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel sehingga akan diketahui konsentrasi zat dalam sampel secara kuantitatif.

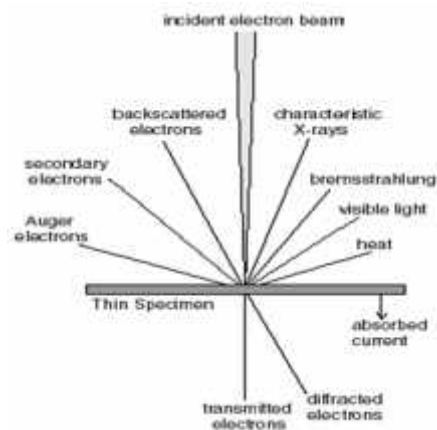
Berikut ini merupakan skema alat spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 9. Skema alat spektrofotometer UV-Vis (Harvey, 2000).

2. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron digunakan sebagai alat pendeteksi objek pada skala kecil. *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk menentukan struktur dan ukuran pori. Interaksi antara bahan dan elektron di dalam SEM dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 10. Skema interaksi antara bahan dan elektron di dalam SEM.

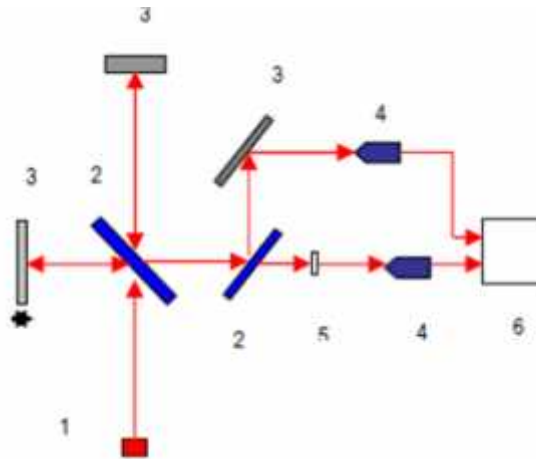
Prinsip kerja SEM adalah deteksi elektron yang dihamburkan oleh suatu sampel padatan ketika ditembak oleh berkas elektron berenergi tinggi secara kontinu yang dipercepat di dalam kumparan elektromagnetik yang dihubungkan dengan tabung sinar katoda sehingga dihasilkan suatu informasi mengenai keadaan permukaan suatu sampel senyawa.

Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra permukaan yang tajam adalah permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. memiliki sifat demikian adalah logam. Jika permukaan logam diamati di bawah SEM maka

profil permukaan akan tampak dengan jelas. Sementara, pada profil permukaan bukan logam untuk diamati dengan SEM, permukaan material tersebut harus dilapisi dengan logam. Film tipis logam dibuat pada permukaan material tersebut sehingga dapat memantulkan berkas elektron. Metode pelapisan yang umum dilakukan adalah *coating* (Abdullah, dkk., 2008). SEM memiliki beberapa keunggulan, diantaranya mampu menggambarkan area yang besar secara komparatif dari spesimen, mengukur komposisi dan sifat dasar dari spesimen, serta memiliki resolusi tinggi (Wijaya, 2008).

3. *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR)

Fourier Transform-Infra Red (FT-IR) merupakan salah satu instrumen dengan menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi ini merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam, 2007). Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak (Chusnul, 2011). Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. Penelitian sebelumnya telah menggunakan instrumen ini untuk mengetahui jenis-jenis gugus fungsi yang dapat mengindikasikan komposisi umum dari obat dan limbah. Skema alat spektroskopi FT-IR dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 11. Skema alat spektroskopi FT-IR. (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (beam splitter). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display (Anam, dkk. 2007)

4. Particle Size Analyzer (PSA)

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengetahui ukuran dari suatu partikel antara lain metode ayakan (*Sieve analyses*), *Laser Diffraction*, metode sedimentasi, analisa gambar (mikrografi), *electronical sensing zone*, dan *electron microscope*. Para peneliti mulai menggunakan metode *laser diffraction* yang dinilai lebih akurat untuk sampel-sampel dalam orde nanometer maupun submikron. Metode ini menjadi prinsip dasar dalam instrumen *Particle Size Analyzer* (PSA). Prinsip dari *laser diffraction* ialah berdasarkan sinar laser yang melewati partikel, kemudian akan menghasilkan sinar yang terserap atau hamburan dari sinar yang diteruskan, penjumlahan dari hamburan tersebut akan dibaca oleh detektor, sehingga distribusi ukuran partikel dari sampel dapat diketahui (Horiba, 2014).

Terdapat dua metode dalam PSA, yakni metode basah dan kering. Metode basah menggunakan media pendispersi untuk mendispersikan material uji. Sedangkan metode kering memanfaatkan udara atau aliran udara yang berfungsi untuk melarutkan partikel dan membawanya ke *sensing zone*.



Gambar 12. Alat *Particle Size Analyzer* (PSA).

Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA biasanya menggunakan metode basah. Metode ini dinilai lebih akurat jika dibandingkan dengan metode kering ataupun pengukuran partikel dengan metode ayakan dan analisa gambar, terutama untuk sampel-sampel dalam orde nanometer yang cenderung memiliki aglomerasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam media sehingga partikel tidak saling aglomerasi. Selain itu hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk distribusi, sehingga hasil pengukuran dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel (Horiba, 2014).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Mei 2018 di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Karakterisasi adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan uji adsorpsi menggunakan spektrofotometer UV-VIS (*Ultra Violet-Visible*) dilaksanakan di Unit Pelayanan Teknis Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPT-LTSIT) Universitas Lampung, sedangkan karakterisasi menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) dilaksanakan di Laboratorium Sentral Universitas Padjajaran.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, mortar dan alu, pH meter, *shaker*, kertas saring biasa, oven, *furnace*, neraca analitik, ayakan 106 μ m, desikator, *centrifuge*, *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Particle Size Analyzer* (PSA), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan Spektrofotometer *Ultra Violet-Visible* (UV-VIS).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit pisang, $ZnCl_2$ (5, 10, 30, 40, 60, 70 %), NaCl (5, 10, 30 %), HCl 0,2 N, Metanol (HPLC *grade*), aquabides, air suling dan larutan standar fenantrena, larutan iodium 0,1 N, larutan natrium thiosulfat 0,1 N, dan amilum 1%.

C. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Pisang

Kulit pisang dipotong kecil-kecil dan dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel, kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3 hari, selanjutnya dikeringkan kembali dalam oven pada suhu $110^{\circ}C$ sampai berat konstan. Kulit pisang yang telah dikeringkan, kemudian dikarbonisasi dengan *furnace* pada suhu $500^{\circ}C$ selama 1 jam (Sari dan Mutia, 2017). Karbon yang dihasilkan kemudian didinginkan dalam desikator, lalu dihaluskan dengan mortar dan alu. Optimasi pembuatan karbon aktif dilakukan dengan variasi mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Karbon yang diperoleh diaktivasi secara kimia dengan variasi aktivator $ZnCl_2$ menggunakan variasi konsentrasi 5, 10, 30, 40, 60 dan 70%, sedangkan NaCl menggunakan variasi konsentrasi 5, 10, 30%.
- b. Ditambahkan 150 mL air suling ke dalam campuran karbon aktif - $ZnCl_2$ dan campuran karbon aktif - NaCl, lalu dicampur hingga terbentuk *slurry* lalu didiamkan selama 24 jam.
- c. Masing-masing dipanaskan dalam oven pada suhu $120^{\circ}C$ selama 2 jam.

- d. Karbon aktif yang telah diaktivasi secara kimia, kemudian diaktivasi secara fisika menggunakan *furnace* pada suhu 700°C selama 1 jam.
 - e. Karbon aktif yang diperoleh didinginkan dalam desikator dan dicuci dengan HCl 0,2 N kemudian dicuci kembali dengan aquades hingga pH netral.
 - f. Selanjutnya, karbon aktif dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C sampai berat konstan.
 - g. Karbon aktif yang diperoleh disimpan dalam desikator agar karbon aktif tetap kering, lalu dihaluskan dengan mortar dan alu.
 - h. Karbon yang sudah dihaluskan, diayak dengan ayakan berukuran 106µm.
 - i. Dilakukan identifikasi karakteristik karbon aktif
 - j. Selanjutnya, menggunakan konsentrasi optimum yang telah diperoleh dilakukan variasi perbandingan karbon aktif : aktivator yaitu 1:5, 2:4, 3:3, 4:2, dan 5:1.
- Langkah selanjutnya mengikuti *point* 1.b - 1.i.

2. Identifikasi Karakteristik Karbon Aktif

Prosedur identifikasi karakteristik karbon aktif mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif.

Identifikasi karakteristik yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Rendemen

Analisis rendemen karbon aktif dilakukan dengan cara menimbang massa awal karbon aktif dan massa akhir karbon aktif setelah aktivasi.

$$\text{Rendemen} = \frac{b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = massa awal karbon aktif

b = massa akhir karbon aktif setelah aktivasi

b. Kadar Air

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 g, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang kemudian dimasukkan dalam oven pada suhu 115 ± 5 C selama 3 jam. Hasil yang diperoleh kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar air} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = massa awal karbon aktif (g)

b = massa akhir karbon aktif (g)

c. Kadar Abu

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 g, lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang, kemudian dimasukkan dalam *furnace* pada suhu 800 C hingga seluruh karbon aktif menjadi abu. Hasil yang diperoleh kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar abu dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar abu} = \frac{b}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = massa awal karbon aktif (g)

b = massa akhir karbon aktif (g)

d. Kadar Zat Terbang

Analisis kadar zat terbang karbon aktif dilakukan dengan:

- Menimbang karbon aktif sebanyak 1 g, dimasukkan dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan ditimbang, kemudian dimasukkan dalam *furnace* sampai suhu 900 C, setelah suhu tercapai cawan dan isinya biarkan dingin, kemudian keluarkan dan dinginkan dalam desikator.
- Hasil yang diperoleh kemudian ditimbang

Kadar zat terbang dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{a - b}{a} \times 100\% - \% \text{ kadar air}$$

Keterangan:

a = massa awal karbon aktif (g)

b = massa akhir karbon aktif (g)

e. Kadar Karbon Aktif Murni

Kadar karbon dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar karbon} = 100\% - \%(\text{kadar abu} + \text{kadar zat terbang})$$

f. Adsorpsi Iod

Adsorpsi iod atau daya serap iod dilakukan dengan :

- Karbon aktif dipanaskan dahulu pada suhu 115 ± 5 C selama 1 jam, kemudian ditimbang sebanyak 0,5 g dan dicampurkan dengan 50 mL larutan Iodium 0,1 N. Kemudian dikocok selama 15 menit, lalu disentrifus selama 10 menit.
- Filtrat sebanyak 10 mL dititrasikan dengan larutan Natrium Tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N hingga berwarna kuning muda lalu diberi beberapa tetes larutan amilum 1% dan dititrasikan kembali hingga warna biru tepat hilang. Daya serap iod dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Adsorpsi iod (mg/g)} = \frac{\left(V_{\text{sampel}} - \frac{V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times N_1}{N_2} \right) \times W \times \text{fp}}{m_{\text{sampel}}}$$

Keterangan:

V_{sampel} = volume filtrat yang dititrasikan (mL)

$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ = volume titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)

N_1 = konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)

N_2 = konsentrasi Iod (N)

W = berat Iod (12,693 mg/mL)

fp = faktor pengenceran (5)

m_{sampel} = berat karbon (0,5 gram)

3. Karakterisasi Adsorben

Karbon aktif kulit pisang yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan SEM untuk melihat morfologi permukaan dari karbon aktif. Selain itu, karbon aktif kulit

pisang juga dikarakterisasi menggunakan PSA untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dan menggunakan FT-IR untuk menentukan gugus fungsi.

4. Pembuatan Larutan Induk Fenantrena

Larutan induk fenantrena 25 ppm dibuat dengan cara melarutkan 12,5 mg padatan fenantrena ke dalam labu takar 500 mL lalu ditambahkan pelarut metanol (HPLC *Grade*) dan aquabides dengan perbandingan pelarut (50:50) hingga tanda tera dan dihomogenkan. Untuk mengetahui panjang gelombang maksimum dari larutan fenantrena, dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

5. Uji Adsorpsi

Prosedur uji adsorpsi karbon aktif mengacu pada penelitian yang telah dilakukan terhadap senyawa PAH fenantrena (Permana, 2017), meliputi :

a. Penentuan Massa Optimum Adsorben

Sebanyak 20 mL larutan fenantrena 3 ppm ditambahkan adsorben dengan variasi massa 5, 10, 15, 20, 25, 30, dan 35 mg. Campuran tersebut diaduk menggunakan *shaker* selama 1 jam pada kecepatan 150 rpm. Kemudian larutan disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi larutan standar fenantrena yang teradsorpsi.

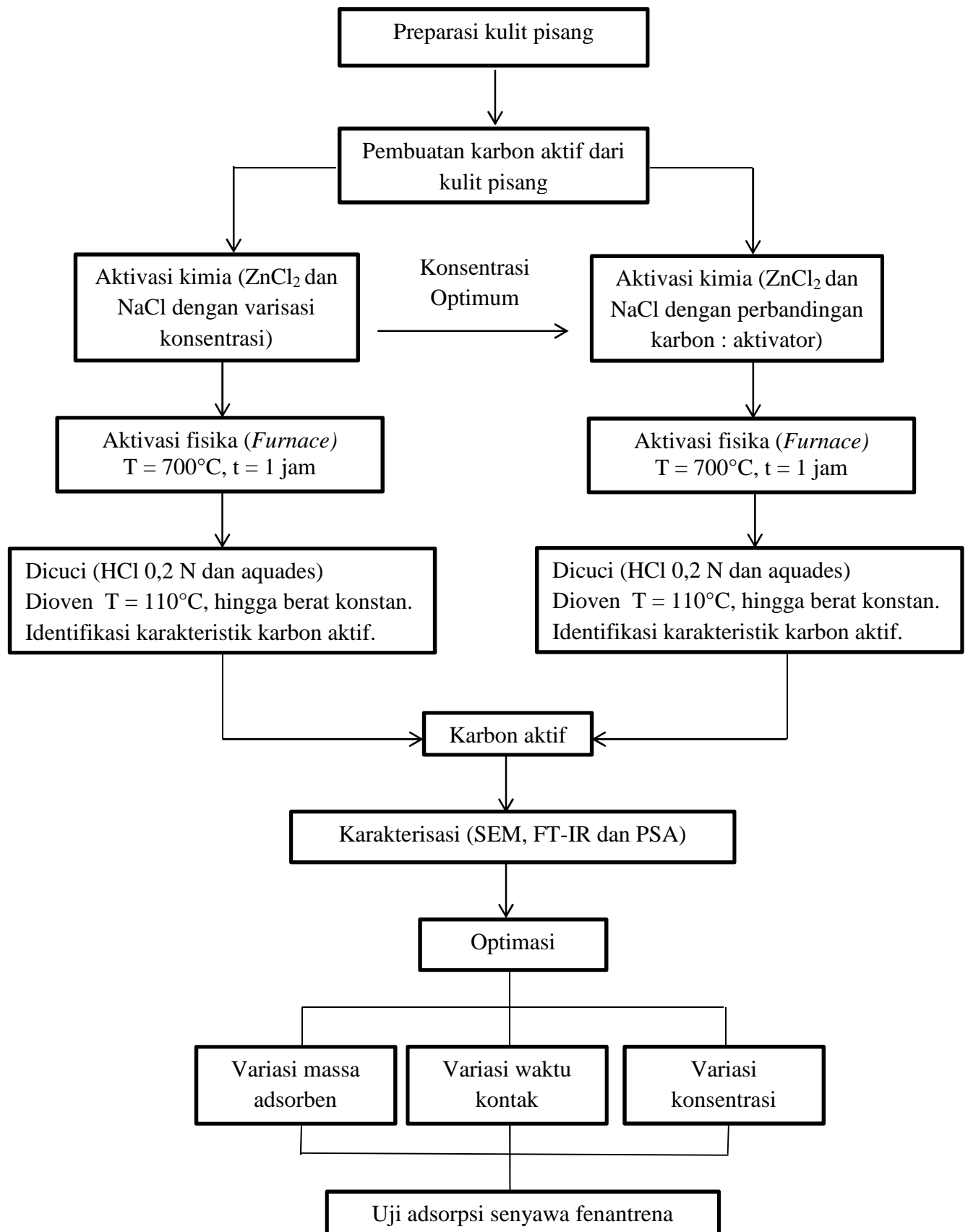
b. Penentuan Waktu Kontak Optimum (Laju Adsorpsi)

Sebanyak 20 mL larutan fenantrena 3 ppm ditambahkan massa adsorben optimum. Campuran tersebut diaduk menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 10, 30, 60, 90 dan 120 menit pada kecepatan 150 rpm. Selanjutnya, larutan disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi larutan standar fenantrena yang teradsorpsi.

c. Penentuan Konsentrasi Larutan Standar Fenantrena Optimum

Sebanyak 20 mL larutan fenantrena dengan variasi konsentrasi 1, 3, 5, 7, dan 9 ppm masing-masing ditambah adsorben dengan massa optimum. Campuran tersebut diaduk dengan waktu kontak optimum pada kecepatan 150 rpm. Kemudian larutan disentrifugasi dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Filtrat yang dihasilkan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi larutan standar fenantrena yang teradsorpsi.

D. Diagram Alir Penelitian



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Pembuatan karbon aktif dari kulit pisang telah berhasil dilakukan, hal ini dibuktikan dengan hasil identifikasi karakteristik SNI 06-3730-1995, karakterisasi SEM, dan karakterisasi menggunakan PSA.
2. Kemampuan adsorpsi tertinggi pada karbon aktif teraktivasi ZnCl_2 30% dengan rasio impregnasi 3:3 dibuktikan dengan hasil terbaik diantara variasi lain pada uji identifikasi karakteristik SNI 06-3730-1995, dan karakterisasi SEM.
3. Adsorpsi fenantrena oleh adsorben karbon aktif optimum pada massa 25 mg dengan waktu kontak selama 60 menit, menggunakan konsentrasi 3 ppm, sehingga diperoleh adsorpsi sebesar 36,67 %.
4. Laju adsorpsi fenantrena mengikuti kinetika kimia pseudo orde dua dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9914 dengan nilai konstanta laju sebesar $0,80258 \text{ g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$.
5. Isoterm adsorpsi fenantrena oleh adsorben karbon aktif pada penelitian ini cenderung mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,7863.

B. Saran

Pada penelitian lebih lanjut disarankan :

1. Melakukan pembuatan karbon aktif dari kulit pisang dengan zat aktivator lainnya.
2. Melakukan analisis adsorpsi senyawa fenantrena dengan menggunakan karbon aktif dari bahan alam lainnya.
3. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap adsorpsi zat PAH lain oleh karbon aktif dari kulit pisang sehingga dapat diaplikasikan di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., R. M. Khair, dan M. W. Saputra. 2015. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.) sebagai Karbon Aktif untuk Pengolahan Air Sumur Kota Banjarbaru: Fe dan Mn. *Jurnal Teknik Lingkungan*. **1**(1): 8-15.
- Abdullah, Mikrajuddin, dan Khairurrijal. 2008. Karakterisasi Nanomaterial. *A Review: Jurnal Nanoscience dan Teknologi*. **2**(1).
- Advena, D. 2014. Fermentasi Batang Pisang Menggunakan Probiotik dan Lama Inkubasi Berbeda Terhadap Perubahan Kandungan Bahan Kering, Protein Kasar dan Serat Kasar. (Skripsi). Universitas Taman Siswa. Palembang.
- Allport, H. B. 1997. *Activated Carbon*. Encyclopedia of Science and Technology Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Anam, C., dan Sirojudin. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*. **10**(1):79-85.
- Arie, A. A., H. Kristianto, I. Suharto, M. Halim, and J. K. Lee. 2014. Preparation of Orange Peel Based Activated Carbons as Cathodes in Lithium Ion Capacitors. *Advanced Materials Research*. **896**:95-99.
- Ashraf, A., S. Khalid, and M. Fazal. 2012. Removal of Chromium (VI) from Aqueous Medium using Chemically Modified Banana Peels as Efficient Low-Cost Adsorbent. *Alexandria Engineering Journal*. 1-10.
- Azura, Nst. S. L., S. R. Sutri, dan Iriany. 2015. Pembuatan Etil Asetat dari Hasil Hidrolisis, Fermentasi, dan Esterifikasi Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca* L.). *Jurnal Teknik Kimia USU*. **4**(1).
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Produksi Tanaman Hortikultura Provinsi Lampung*. Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. Bandar Lampung.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2017. *Provinsi Lampung dalam Angka Tahun 2016*. BPS Provinsi Lampung, Bandar Lampung.

- Bansal, R. C., and M. Goyal. 2005. *Activated Carbon Adsorption*. Taylor and Francis Group. France.
- Beukens, A., H. Keirsse, J. Schoeters and A. Verbeeck. 1985. *Production of Activated Carbon from Euphorbia Tiraculli*. University of Chicago Press. Brussel.
- Bouguettoucha, A., A. Reffas, D. Chebli, T. Mekhalif, and A. Amrane. 2016. Novel Activated Carbon Prepared from an Agricultural Waste, Stipa Tenacissima, Based on ZnCl₂ Activation-Characterization and Application to the Removal of Methylene Blue. *Desalination and Water Treatment*. **57**(50):24056-24069.
- Brebu, M., and C. Vasile. 2009. Thermal Degradation of Lignin – A Review. *Cellulose Chemistry and Technology*. **44**(9):353-363.
- BSN. 1995. SNI 06-3730-1995. Arang Aktif Teknis. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Budiono, A; Suhartana; dan Gunawan. 2009. Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Sulfat dan Asam Posfat untuk Adsorpsi Fenol. *E-Journal*. Universitas Diponegoro. 1-12.
- Buhani, Narsito, Nuryono, and E.S. Kunarti. 2009. Amino and Merkapto-Silika Hybrid for Cd (II) Adsorption in Aqueous Solution. *Indonesian Journal of Chemistry*. **9**(2): 170-176.
- Cano-Lerida L, M. Rose, and P. Walton. 2008. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons of Bioactive Compounds in Food*. Blackwell Publishing. Oxford.
- Chen, C., P. Zhao, Z. Li, and Z. Tong. 2016. Adsorption Behavior of Chromium(VI) on Activated Carbon from Eucalyptus Sawdust Prepared by Microwave-Assisted Activation with ZnCl₂. *Desalination and Water Treatment*. **57**(27):12572-12584.
- Chusnul. 2017. Spektroskopi IR. *www.scribd.com*. Diakses Pada tanggal 27 Desember 2017 Pukul 20.01 WIB.
- Crittenden, Barry dan W.J. Thomas. 1998. *Adsorption Technology and Design*. Elsevier Science & Technology Books. United Kingdom.
- Culoota, L., D. Stefano, A. Gianguzza, M.R. Mannino, and S. Orecchio. 2006. *The PAH Composition of Surface Sediments from Stagnone Coastal Lagoon*. Marsala. Italy.
- Dabrowski, A., P. Podkoscielny, Z. Hubicki, and M. Barczak. 2005. Adsorption

- of Phenolic Compounds by Activated Carbon. *Chemosphere*. pp. 1049-1070.
- Day, R. A. dan A. L. Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Erlangga. Jakarta.
- Doke, K. M., M. Yusufi, R. D. Joseph, and E. M. Khan. 2016. Comparative Adsorption of Crystal Violet and Congo Red onto ZnCl₂ Activated Carbon. *Journal of Dispersion Science and Technology*. **37**(11):1671-1681.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- El-Maghraby, A., N.A. Taha, and A.M. A. El-Aziz. 2014. Preparation of Activated Carbon (Chemically and Physically) from Banana Pith for Heavy Metal Removal from Wastewater. *Journal of Scientific Issues*. **2**(9):399-403.
- Gupta, H., and Gupta, B., 2015. Photocatalytic Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Benzo[a]pyrene by Iron Oxides and Identification of Degradation Products. *Chemosphere*. **138**:924-931.
- Harvey, D. 2000. *Chemistry: Modern Analytical Chemistry First Edition*. The Mc-Graw Hill Company. USA.
- Hasan, S.S.M., W.I.M.E. Azab, H.R.Ali, and M.S.M. Mansour. 2015. Green Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles for Photocatalytic Degradation of Anthracene. *Advances in Natural Sciences*. **6**:1-11.
- Hewwet, E., A. Stem and Wildfong. 2017. Banana Peel Heavy Metal Water Filter. <http://users.wpi.edu>. Diakses pada tanggal 5 November 2017 pukul 18.49 WIB.
- Horiba, S. 2017. A Guidebook to Particle Size Analysis. https://www.horiba.com/fileadmin/uploads/scientific.document/PSA/PSA_Guidebook.pdf. Diakses pada tanggal 23 Desember 2017 pukul 19.00 WIB.
- Hung, C. C., F-C. Ko, G-C. Gong, K-S. Chen, J-M. Wu, H-L. Chiang, S-C. Peng, and P. H. Santschi. 2014. Increased Zoo Plankton PAH Concentrations Across Hydrographic Fronts in the East China Sea. *Mar. Poll. Bull.* **83**:248-257.
- Husin, H. dan C. M. Rosnelly. 2007. Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Karbon Aktif dari Batang Pisang. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. ISSN: 0215-4609. pp. 1-10.
- Junior, O. K., and L.V. Gurgel. 2009. Adsorption of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) from Aqueous Single Metal Solutions by Mercerized Cellulose and

Mercurized Sudarcane Bagasse Chemically Modified with EDTA Dianhydride (EDTAD). *Carbohydrate Polymers* **77**(3) : 643-650.

- Kardivelu, K., M. Kavipriya, C. Karthika, M. Radhika, N. Vennilamani, and S. Pattabhi. 2003. Utilization of Various Agricultural Wastes for Activated Carbon Preparation on Application for The Removal of Dyes and Metal Ions from Aqueous Solutions. *Bioresource Technology*. pp. 1-2.
- Khalfaoui, A., A. H. Meniai, and K. Derbal. 2012. Isotherm and Kinetics Study of Biosorption of Cationic Dye onto Banana Peel. *Energy Procedia*. **19**:286-295.
- Kojima, K. and R. Lisa. 2010, *Transport Energy Efficiency: Implementation of IEA Recommendations since 2009 and Next Steps*. International Energy Agency. France.
- Kvech, S. and T. Erika. 1998. *Activated Carbon*. Departement of Civil and Environmental Engineering. Virginia Tech University. United States of America.
- Lienden, C., L. Shan, S. Rao, E. Ranieri, and T. M. Young. 2010. Metals Removal from Stormwater by Commercial and Non-Commercial Granular Activated Carbons. *Water Environment Research*. **82**(6):351-356.
- Lubis, Z. 2012. *Pengaruh Penambahan Tepung Kulit Pisang Raja (Musa paradisiaca) Terhadap Daya Terima Kue Donat*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Lundstedt, S. 2003. *Analysis of PAHs and Their Transformation Products in Contaminated Soil and Remedial Processes*. Department of Chemistry. Environmental Chemistry. Umeå University. Sweden.
- Marsh, H., and R. R. Francisco. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Science and Technology Books. Ukraina.
- Martell, A.E., and R.D. Hancock. 1996. *Metal Complexes in Aqueous Solution*. Plenum Press. New York.
- McGrath, T.E., T.E. McGrath, J.B. Wooten, C.W. Geoffrey, and M.R. Hajaligol. 2007. Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons From Tobacco : The Link Between Low Temperature Residual Solid (Char) and PAH Formation. *Food and Chemical Toxicology*. **45**(6):1039-1050.
- Mohanty, AK, M. Misra, and L. T. Drzal. 2005. *Natural Fibers, Biopolymers, and their Biocomposites*. CRC Press. Boca Raton, Florida.

- Mohapatra, D., S. Mishra, and N. Sutar. 2010. Banana and its by-Product Utilisation: an Overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*. **69**:323-329.
- Morret, S., C. Lanfranco, and D. Daniela. 1999. Assessment of Polycyclic Aromatic Content of Smoked Fish by Means of a Fast HPLC/HPLC Method. *J Agric & Food Chem*. **47**:1367-1371.
- Murti, S. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Neff, J. M. 1979. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment*. Applied Science Publishers. London.
- Noll, K.E., V. Gournaris, and W.S. Hou. 1992. Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control. *Lewish Publisher Incorporated Michigan*. pp.1-8.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited. England.
- Oxtoby, D. W. 2004. *Prinsip-prinsip Kimia Modern Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Pap, S., J. Radonic, S. Trifunovic, D. Adamovic, I. Mihajlovic, M. V. Miloradov, and M. T. Sekulic. 2016. Evaluation of the Adsorption Potential of Eco-Friendly Activated Carbon Prepared from Cherry Kernels for the Removal Of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Ni^{2+} from Aqueous Wastes. *Journal of Environmental Management*. **184**(2):297-306.
- Permana, F. D. 2017. Adsorpsi Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Fenantrena dengan Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dari Sekam Padi (*Oryza sativa*). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Pertiwi, C., 2013. Pengaruh Iradiasi Sinar terhadap Pembentukan Ikatan Silang Kulit Pisang Epiklorohidrin. (Skripsi). Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Pongpiachan, S., P. I. Hirunyatraku, Kittikoon and C. Khumsup. 2012. *Parameters Influencing on Sensitivities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Measured by Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra*. Intech China. Shanghai.
- Prabowo, A. L. 2009. Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya Untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Prachpreecha, O., K. Pipatpanyanugoon, and P. Sawangwong. 2016. A Study of Characterization and Efficiency of Activated Carbon Prepared from Peel

- and Bunch of Banana for Methyl Orange Dye Adsorption. *Journal of Environmental Science*. **10**:17-26.
- Priatmoko, S. dan E. Cahyono. 1995. *Struktur dan Pembuatan Arang Aktif. Media Pendidikan MIPA edisi No.3*. IKIP. Semarang.
- Qiao, M., W. Chunxia, H. Shengbiao, and W. Zijian. 2006. Composition, Sources, and Potential Toxicological Significance of PAH in the Surface Sediments of The Meiliang Bay, China. *Environmental International*. **32**:28-33.
- Rahman, M.M., M. Awang, B. S. Mohosina, B.Y. Kamaruzzaman, W.B. Wan Nik, and C.M.C. Adnan. 2012. Waste Palm Shell Converted to High Efficient Activated Carbon by Chemical Activation Method and its Adsorption Capacity Tested by Water Filtration. *Procedia*. **1**:293-298.
- Rohadin Moradi Rad, Leila Omid, Hossein Kakooei, Farideh Golbabaee, Hamed Hassani, Rezvan Abedin Loo dan Kamal. 2014. Adsorption of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons on Activated Carbon Kinetic and Isoterm Curve Modeling. *International Journal of Occupational Hygiene*. University of Tehran. Iran.
- Rusliana, E. 2010. *Karakteristik Briket Bioarang Limbah Pisang dengan Perekat Tepung Sagu. Makalah Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sari, P. R., dan A. S. Mutia. 2017. *Sintesis Karbon Aktif dari Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa paradisiaca) dengan Aktivator ZnCl₂ dan Aplikasinya sebagai Filter Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Shanker, U., V. Jassal, and M. Rani. 2017. Green Synthesis of Iron Hexacyanoferrate Nanoparticles: Potential Candidate for the Degradation of Toxic PAHs. *J. Environ. Chem. Eng.* **5**:4108-4120.
- Shaw, D. J. 1983. *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Butter Whorths. London.
- Skoog, D. A. 1996. *Fundamental of Analytical Chemistry 7th edition*. Saunders College Publishing. United States of America.
- Suhendra, D. dan E. R. Gunawan. 2010. *Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penyerapan Ion Tembaga (II)*. Universitas Mataram. Mataram.
- Sverdrup, N. L.E., and P.H. Krogh. 2006. Soil Ecotoxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Relation to Soil Sorption, Lipophilicity, and Water Solubility, *Environ. Technol.* **36**:2429-2435.

- Syed-Hassan, S. S. A. and Zaini M. S. M. 2016. Optimization of the Preparation of Activated Carbon from Palm Kernel Shell for Methane Adsorption using Taguchi Orthogonal Array Design. *Korean J. Chem. Eng.* **33**(8):2502-2512.
- Tandy, E. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU.* **1**(2).
- Tang, L., and C. Weder. 2010. Cellulose Whisker/Epoxy Resin Nanocomposites. *ACS Appl.Matter. Interfaces.* **2**(4):1073-1080.
- Teo, E. Y. L., L. Muniandy, E. P. Ng, F. Adam, A. R. Mohamed, R. Jose, and K. F. Chong. 2016. High Surface Area Activated Carbon from Rice Husk as A High Performance Supercapacitor Electrode. *Electrochimica Acta.* **192**:110-119.
- Tibolla, H., M. Fransciele, Pelissari, M. I. Rodrigues, and F. C. Menegalli. 2017. Cellulose Nanofibers Produced from Banana Peel by Enzymatic Treatment: Study of Process Conditions. *Industrial Crops and Products.* **95**:664-674.
- Trans, V. T., T. P. Q. Bui, D. N. Trinh, T. T. H. Van, and G. B. Long. 2016. Response Surface Methodology Approach for Optimization of Cu^{2+} , Ni^{2+} and Pb^{2+} Adsorption using KOH-Activated Carbon from Banana Peel. *Surfaces and Interfaces.* **3**:1-9.
- Wang, J., and S. Kaskel. 2012. KOH Activation of Carbon-Based Materials for Energy Storage. *J. Mater. Chem.* **22**:23710-23725.
- Wick, A. F., W. H. Nicholas, F. S. Beshr, C. H. Kathryn, and W. L. Daniels. 2011. *Remediation of PAH-Contaminated Soils and Sediments: A Literature Review, Blacksburg, Department of Crop and Soil, Environmental Sciences.* Polytechnic Institute and State University. Virginia.
- Wijaya L. 2008. *Modifikasi Elektroda Karbon dengan Nanopartikel Emas dan Aplikasinya sebagai Sensor Arsen (III).* Skripsi .Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Yansya, R. 2013. *Sintesis Adsorben Biomassa Alga Tetraselmis sp dengan Pelapisan Silika Magnetit untuk Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cu(II).* Skripsi. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- Zakaria, M. P., and A. A. Mahat. 2006. Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) in Sediments in The Langet Estuary. *Coastal Marine Science.* **30**(1):387.

Zhang, Z.L., Hong, H.S., Zhou, J.L., Yu, G., 2009. *Phase association of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Minjiang river Estuary*. *Sci. Total Environ.* **32**(3) 71-86.