

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI
TEMPURUNG KELAPA (*Cocous nucifera* L.) SEBAGAI ADSORBEN ZAT
WARNA METILEN BIRU**

(Skripsi)

Oleh

RIFKI HUSNUL KHULUK



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA (*Cocous nucifera* L.) SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METILEN BIRU

Oleh

RIFKI HUSNUL KHULUK

Pada penelitian ini telah dilakukan proses pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa yang diaktivasi baik secara fisika maupun kimia untuk meningkatkan daya serap adsorpsinya terhadap metilen biru. Proses aktivasi fisika dilakukan dengan cara pembakaran menggunakan tanur pada suhu 700 °C dan aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan aktivator H₃PO₄. Karbon aktif hasil aktivasi fisika (KAF) mempunyai daya serap yang lebih besar daripada karbon aktif hasil aktivasi kimia (KAK) dengan masing-masing daya serap terhadap metilen biru sebesar 99,42 dan 98,64%. Analisis morfologi permukaan pada adsorben dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil SEM menunjukkan bahwa KAF memiliki morfologi permukaan yang relatif sama dengan KAC. Uji adsorpsi yang dilakukan meliputi penentuan pH optimum, laju adsorpsi, dan isotherm adsorpsi metilen biru. Hasil pH optimum KAK, KAF, dan KAC masing-masing diperoleh pada pH 8 dan waktu kontak optimum diperoleh masing-masing pada 40, 60, dan 80 menit. Data kinetika adsorpsi metilen biru pada KAC, KAF, dan KAK cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua dengan koefisien korelasi (R^2) masing-masing sebesar 0,937; 0,950; dan 0,999. Adsorpsi isotherm metilen biru pada KAC, KAF, dan KAK cenderung mengikuti model isotherm Freundlich.

Kata Kunci : adsorpsi, isotherm, aktivasi, karbon aktif, tempurung kelapa.

ABSTRACT

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON FROM COCONUT SHELL (*Cocous nucifera* L.) AS METHYLENE BLUE ADSORBENT

By

RIFKI HUSNUL KHULUK

This research has been conducted on process of production activated carbon from coconut shells which are activated both physics and chemistry to improve the adsorption of methylene blue. The process of physical activation is done by burning using tanur at a temperature of 700 °C and chemical activation is done by using H₃PO₄ activator. The result of activated carbon physical activation (KAF) has a greater absorbency than activated carbon chemical activation (KAK) with each of the absorption of methylene blue at 99,42 and 98,64%. Analysis of surface morphology on the adsorbent was performed by using a Scanning Electron Microscope (SEM). SEM results indicate that (KAF) has a surface morphology that is relatively similar to commercial activated carbon (KAC). Adsorption test was conducted on the determination of the optimum pH, adsorption rate, and isotherm adsorption of methylene blue. The Results of the optimum pH on KAK, KAF, and KAC respectively obtained at pH 8 and the optimum contact time is obtained respectively at 40, 60 and 80 minutes. Adsorption kinetics data of methylene blue on KAC, KAF, and KAK tend to follow the pseudo second order kinetics with a correlation coefficient (R^2) is 0,937; 0,950; and 0,999, respectively. Adsorption isotherm of methylene blue on KAC, KAF, and KAK tend to follow the model of Freundlich isotherms.

Keywords: adsorption, isotherms, activation, activated carbon, coconut shell.

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI
TEMPURUNG KELAPA (*Cocous nucifera* L.) SEBAGAI ADSORBEN ZAT
WARNA METILEN BIRU**

Oleh

RIFKI HUSNUL KHULUK

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

: **PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON
AKTIF DARI TEMPURUNG KELAPA
(*Cocous nucifera* L.) SEBAGAI ADSORBEN ZAT
WARNA METILEN BIRU**

Nama Mahasiswa

: **Rifki Husnul Khufuk**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1217011046

Jurusan

: **Kimia**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Buhani, M.Si.
NIP 19690416 199403 2 003



Prof. Suharjo, Ph.D.
NIP 19690430 199512 1 001

2. Ketua Jurusan Kimia

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

MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Buhani, M.Si.

Sekretaris

: Prof. Suharso, Ph.D.

**Penguji
Bukan Pembimbing**

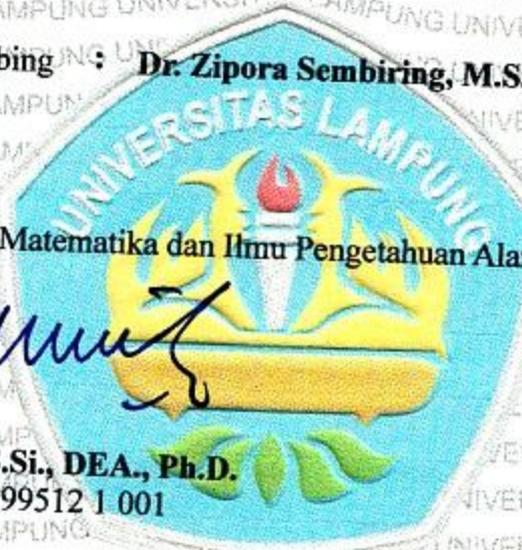
: Dr. Zipora Sembiring, M.S.

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.

NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 03 Oktober 2016



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tasikmalaya, pada tanggal 05 Desember 1994, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, putra dari Saepul Uyun dan Noneng Supartika.

Jenjang pendidikan diawali dari Sekolah Dasar (SD) di SDN Sindangjaya Tasikamaya, diselesaikan pada tahun 2006. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTs Muhammadiyah 6 Al-Furqon Tasikmalaya diselesaikan pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di MA Muhammadiyah Al-Furqon Tasikmalaya, diselesaikan pada tahun 2012. Tahun 2012, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Unila melalui jalur UM (Ujian Mandiri).

Pada tahun 2015, penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia FMIPA Unila di Bandar Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum, Kimia Anorganik I, dan Kimia Anorganik II. Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai ketua Bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi (KPO) kepengurusan 2014-2015 dan Ketua Komisi C Dewan Perwakilan Mahasiswa FMIPA Unila 2015-2016.



□ // ▲ ▲ // □
(motto)

Mempelajari kimia adalah sebuah proses yang menjadikan aku untuk lebih menyukai hidupku

Orang tua merupakan spirit terbesar dalam kesempurnaan hidup

Selalu berusaha, berdo'a, bersyukur dan bertawakal atas semua Karunia yang diberikan Allah kepada kita

Hidup sekali, hiduplah yang berarti untuk menggapai ridho Ilahi



Assalamu"alaikum Wr. Wb

Kupersembahkan karya sederhana ini sebagai wujud cinta kasih, sayang dan tanggung jawab saya kepada :

Orang-orang yang aku sayangi terutama Kedua orang tuaku, Papah dan Mamah yang telah memberikan cinta kasih dan sayang serta doa untukku, yang telah memberikan semangat dan bekerja keras banting tulang untuk menyekolahkanku hingga tercapainya gelas S1 ini. Terima Kasih saya ucapkan, kalianlah inspirasi tuk masa depanku.

*Adikku terkasih Riah Lasty Maulina dan Ismi Aditya Nugraha(Alm) yang selalu ada dalam bayangan dan do'aku, semoga neng bisa menjadi orang yang menjadi kebanggaan keluarga dan untuk (Alm) de ismi, semoga ade bahagia dialam sana dan bisa menjadi penolong bagi papah dan mamah kelak,
Amiin*

Pembimbing dan dosen-dosen yang selalu membagi ilmunya untukku

Keluarga besarku yang telah mendukungku

Seluruh sahabat terbaikku

dan Almamater tercinta

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala nikmat, anugrah, dan kasih sayang-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul "**Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera* L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru**" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat penulis lalui karena Anugrah sang Pencipta Allah SWT serta bantuan dan dorongan semangat dari orang-orang yang hadir dalam kehidupan penulis. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan nasihat, saran, ilmu, bantuan, perhatian, serta kesabaran dalam membimbing penulis selama menjadi mahasiswa.
2. Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si., selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan nasihat, saran, ilmu, motivasi, perhatian, serta kesabaran dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

3. Bapak Prof. Suharso, Ph.D., selaku pembimbing II yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.S., selaku penguji yang telah memberikan semangat, kritik, saran, motivasi, dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Dr. Eng Suropto Dw Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila. Besar harapan penulis semoga jurusan kimia semakin jaya.
6. Bapak Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berharga kepada penulis selama kuliah. Semoga ilmu yang diberikan dapat bermanfaat dan berkah.
8. Seluruh staff administrasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Kedua orang tuaku yang sangat saya cintai. Bapakku “Saepul Uyun” yang selalu menjadi inspirasi dan semangat dalam segala hal. Terima kasih pak atas do’amu dan segala bentuk pengorbananmu sehingga anakmu ini bisa menyelesaikan studi di jurusan kimia. Mamahku “Noneng Supartika” yang selalu memberikan kasih sayang, kesabaran dalam menghadapi jerit tangisanku dan selalu mendo’akanku setiap waktu. Dengan segala ketulusan dan kerendahan hati kuucapkan terima kasih atas segala hal terbaik. Semoga Allah selalu memberikan keberkahan dan kemudahan kepada Antuma.
10. Saudariku yang amat sangat aku sayangi dan banggakan “Riah Lasty Maulina” terima kasih ya neng atas do’a dan dukungannya, semoga Allah

memberikan kemudahan dan pertolongan disetiap jalanmu. Saudaraku “Ismi Aditya Nugraha (Alm)” terima kasih ya dek semoga adek bisa tenang di Syurga sana dan bisa menolong kami di Syurga nanti. Amiin.

11. Kepada segenap keluarga besarku. Terima kasih saya ucapkan atas do’a, dukungan, motivasi, kritik, dan sarannya.
12. Untuk Saudariku tercinta Intan, Adis, Mela, dan lainnya. Terima kasih atas do’a dan dukungan kalian. Kalian adalah saudara terbaik bagiku.
13. Keluarga kecilku “Kimia Angkatan 2012”: *Bujang Kimia* : Adi Setiawan, Aditian Sulung S, Agus Ardiansyah, Arif Nurhidayat, Arya Rifansyah, Derry Vardella, Edi Suryadi, Feby Rinaldo P K, Ferdinan Haryanto S, Khoirul Anwar, M. Rizal R, Radius Uly Artha, Riandra Pratama U, Rizal Rio S, Sukamto, Sofian Sumilat R, Tian Reno, Tri Marital, dan Zubaidi. *Gadis Kimia* : Ajeng Wulandari, Ana Maria K, Apri Welda, Atma Istanami, Ayu Imani, Ayu Setianingrum, Debora Jovita, Dewi Aniatul F, Diani Iska M, Dwi Anggraini, Eka Hurwaningsih, Elsa Zulh, Erlita Aisyah, Febita Glyssenda, Fenti Visiamah, Fifi Adriyanthi, Indah Wahyu P, Indri Yani S, Intan Mailani, Ismi Khomsiah, Jean Pitaloka, Maria Ulfa, Meta Fosfi B, Murni Fitria, Nila Amalin N, Putri Ramadhona, Rizki Putriyana, Ruliana Juni A, Ruwaid: Mulina, Siti Aisah, Siti Nur Halimah, Susy Isnaini, Suwarda Dua I D, Syatira Assegaf, Tazkiya Nurul, Tiara Dewi A, Tiurma Debora S, Ulfatun Nurun, Wiwin Esty S, Yepi Triapriani, dan Yunsi’U Nasy’Ah. Terima kasih teman atas dukungan, pertemanan, persahabatan, dan kebersamaannya. Semoga tali silaturahmi ini tetap ada sampai kapanpun.
14. Pemimpin Himaki FMIPA Unila periode 2014-2015 dengan motto kita “*Kepedulian Terbaik adalah Kontribusi yang Nyata*”. Terima kasih teman-

teman atas do'a dan kerjasamanya selama menjadi Pimpinan Himaki.

15. Kepada penghuni *Adsorption Grup : Special for all My Partner* penelitian yaitu Imah, Indri, dan Iin terima kasih atas semua bantuan, motivasi, dan kerjasamanya. *Thank you so much friends*. Ibu Rahmawaty terima kasih atas arahan dan bimbingannya dan untuk adik-adik Rado, Melita, Fentri, Murnita, Mega, Ismini, Ferita, Anna, dan Asdini. Terima kasih atas dukungan kalian semoga kalian bisa cepat menyusul. Amiin.
16. Kakak-kakak Kimia Angkatan 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, Ka TB, Ka Ruski, Ka Eko, Ka Idrus, Ka Sobari, Ka Heri, Ka Slamet, Ka Alan, Ka Elen, Ka Dani, Ka Yahya, Ka Awan, Ka Agung, Ka Fajri, Ka Niko, Ka Yusri, Ka Junaidi, dan Ka Rio. Terima kasih atas pengalaman, kritik, dan saran yang telah diberikan kepada saya, semoga bisa menjadi berkah. Amiin.
17. Terima kasih kepada seseorang *special* yang selalu mendukung, memotivasi, menyemangati, dan mendo'akan penulis "Ismi Ambalika", *thank you so much*. Semoga Allah membalas semua kebaikanmu dan bisa menyusul secepatnya. Amiin.
18. Terima kasih kepada Anton, Siti, Yuda, dan adik-adik kimia angkatan 2013 atas dukungannya dan canda tawanya selama ini. Semoga cepat menyusul dan tetap semangat penelitiannya, semoga cepat menyusul. Amiin.
19. Terima kasih kepada Fikri, Hafid, Fendi, Teguh, Jepri, Herda, Riri, Reni, Uci, Kartika, Grace, Ucup, Pew dan teman-temannya serta seluruh punggawa angkatan 2014 atas do'a dan dukungannya semoga cepat menyusul. Amiin.
20. Terima kasih juga kepada seluruh angkatan 2015 kimia FMIPA Unila atas segala do'a dan dukungannya.

21. Kance DPM FMIPA Unila 2015-2016 terima kasih atas do'a, semangat, dan dukungannya. Sukses selalu untuk kita semua. Amiin.
22. Teman-teman anggota kosan tercinta "Wisma Erlangga" : Arif, Kamto, Fian, Novan, Regi, Aldo, Dandi, Basri, Bagus, dan Wahyu. Terima kasih atas kebersamaan selama ini.
23. Teman-teman KKN Unila 2015 tepatnya di Desa Tanjung Qencono (Fajar, Rama, Tina, Aul, Ayu, dan Tasya). Terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya.
24. Terima kasih saya ucapkan kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara tulus dan ikhlas memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih kurang dari kesempurnaan. Penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 03 Oktober 2016
Penulis

Rifki Husnul Khuluk

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DARTAR TABEL	iii
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.....	10
2. Proses Pembuatan Karbon Aktif.....	10
a. Pemilihan Bahan Dasar.....	11
b. Karbonisasi	11
c. Aktivasi.....	12
i. Aktivasi Fisika	12
ii. Aktivasi Kimia	13
3. Sifat Adsorpsi Karbon Aktif.....	14
a. Sifat Adsorben	14
b. Ukuran Partikel.....	14
c. Sifat Adsorbat	15
d. Temperatur.....	15
e. pH (Derajat Keasaman)	15
f. Waktu Kontak.....	16
B. Tempurung Kelapa	16
C. Metilen Biru.....	17
D. Adsorpsi.....	19
1. Kinetika Adsorpsi	21
2. Kapasitas dan Energi Adsorpsi	23
a. Model Isoterm Adsorpsi Langmuir	23

b. Model Isoterm Adsorpsi Freundlich	25
E. Karakterisasi	27
1. Spektrofotometer UV-Vis	27
2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	31

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	33
B. Alat dan Bahan Penelitian	33
C. Prosedur Penelitian	34
1. Penyiapan Karbon Aktif	34
a. Karbon Aktif Komersil	34
b. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa	34
2. Karakterisasi	34
3. Uji Adsorpsi	35
a. Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru 1000 ppm	35
b. Penentuan Dosis Adsorben	35
c. Penentuan pH Optimum	35
d. Laju Adsorpsi	36
e. Isoterm Adsorpsi	36

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa	37
B. Karakterisasi dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	39
C. Uji Adsorpsi	41
1. Penentuan Dosis Adsorben	42
2. Penentuan pH Optimum	43
3. Laju Adsorpsi	44
4. Isoterm Adsorpsi	48

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	52
B. Saran	53

DAFTAR PUSTAKA	54
----------------------	----

LAMPIRAN	60
----------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persyaratan arang aktif menurut SII No.0258-79	8
2. Klasifikasi karbon aktif berdasarkan bentuknya	10
3. Komposisi kimia tempurung kelapa	16
4. Nama dan struktur kimia kromofor	19
5. Parameter kinetika adsorpsi metilen biru terhadap KAC, KAF, dan KAK	48
6. Parameter isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich metilen biru pada KAC, KAF, dan KAK	50
7. Data absorbansi metilen biru untuk pembuatan kurva standar	61
8. Data hasil aktivasi fisika karbon aktif dengan variasi suhu aktivasi yang berbeda	62
9. Data hasil aktivasi karbon aktif dengan menggunakan zat aktivator $ZnCl_2$, H_3PO_4 , dan H_2SO_4	62
10. Data hasil penentuan dosis adsorben optimum	63
11. Adsorpsi metilen biru pada KAC dengan variasi pH	63
12. Adsorpsi metilen biru pada KAF dengan variasi pH	63
13. Adsorpsi metilen biru pada KAK dengan variasi pH	63
14. Adsorpsi metilen biru pada KAC dengan variasi waktu kontak	64
15. Adsorpsi metilen biru pada KAF dengan variasi waktu kontak	64

16. Adsorpsi metilen biru pada KAK dengan variasi waktu kontak	64
17. Adsorpsi metilen biru pada KAC dengan variasi konsentrasi metilen biru	64
18. Adsorpsi metilen biru pada KAF dengan variasi konsentrasi metilen biru	65
19. Adsorpsi metilen biru pada KAK dengan variasi konsentrasi metilen biru	65
20. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde satu pada KAC terhadap metilen biru	65
21. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde satu pada KAF terhadap metilen biru	67
22. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde satu pada KAK terhadap metilen biru	68
23. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde dua pada KAC terhadap metilen biru	69
24. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde dua pada KAF terhadap metilen biru	70
25. Data perhitungan hasil kinetika pseudo orde dua pada KAK terhadap metilen biru	71
26. Data perhitungan menggunakan model persamaan Langmuir pada adsorpsi metilen biru terhadap adsorben KAC	72
27. Data perhitungan menggunakan model persamaan Langmuir pada adsorpsi metilen biru terhadap adsorben KAF	73
28. Data perhitungan menggunakan model persamaan Langmuir pada adsorpsi metilen biru terhadap adsorben KAK	74
29. Data perhitungan menggunakan model persamaan Freundlich pada adsorpsi metilen biru terhadap adsorben KAC	75
30. Data perhitungan menggunakan model persamaan Freundlich pada adsorpsi metilen biru terhadap adsorben KAF	76
31. Data perhitungan menggunakan model persamaan Freundlich pada adsorpsi metilen biru terhadap adsorben KAK	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi permukaan karbon aktif pada pembesaran 4000x	6
2. Struktur grafit dari arang aktif	8
3. Skema pembuatan karbon aktif secara umum	10
4. Struktur metilen biru	18
5. Model isoterm adsorpsi Langmuir	25
6. Model isoterm adsorpsi Freundlich	26
7. Kisi difraksi	29
8. Skema alat spektrofotometer UV-Vis	31
9. Hasil preparasi sampel (a) Tempurung kelapa, (b) tempurung kelapa halus, dan (c) arang halus	37
10. Hasil karakterisasi SEM pada pembesaran 2000x (a) tempurung kelapa sebelum diaktivasi, (b) KAC, (c) KAF, dan (d) KAK	40
11. Hasil pengukuran penentuan dosis adsorben	42
12. Adsorpsi metilen biru pada KAC, KAF, dan KAK dengan variasi pH	43
13. Adsorpsi metilen biru pada KAC, KAF, dan KAK dengan variasi waktu kontak	45
14. Kinetika pseudo orde satu KAC, KAF, dan KAK terhadap metilen biru	46
15. Kinetika pseudo orde dua pada KAC, KAF, dan KAK terhadap metilen biru	47

16. Adsorpsi metilen biru pada KAC, KAF, dan KAK dengan variasi konsentrasi metilen biru yang berbeda.....	49
17. Pola isoterm Langmuir pada KAC, KAF, dan KAK yang diinteraksikan dengan metilen biru	49
18. Pola isoterm Freundlich pada KAC, KAF, dan KAK yang diinteraksikan dengan metilen biru	50
19. Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum metilen biru	61
20. Kurva standar metilen biru	61
21. Kurva pengaruh waktu interaksi pada adsorpsi metilen biru oleh KAC	66
22. Kurva pengaruh waktu interaksi pada adsorpsi metilen biru oleh KAF	67
23. Kurva pengaruh waktu interaksi pada adsorpsi metilen biru oleh KAK	68
24. Kurva pengaruh waktu interaksi pada adsorpsi metilen biru oleh KAC	69
25. Kurva pengaruh waktu interaksi pada adsorpsi metilen biru oleh KAF	70
26. Kurva pengaruh waktu interaksi pada adsorpsi metilen biru oleh KAK	71
27. Isoterm adsorpsi Langmuir pada KAC terhadap metilen biru	72
28. Isoterm adsorpsi Langmuir pada KAF terhadap metilen biru	73
29. Isoterm adsorpsi Langmuir pada KAK terhadap metilen biru	74
30. Isoterm adsorpsi Freundlich pada KAC terhadap metilen biru	75
31. Isoterm adsorpsi Freundlich pada KAF terhadap metilen biru	76
32. Isoterm adsorpsi Freundlich pada KAK terhadap metilen biru	77

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini pencemaran air menjadi masalah yang serius di dunia. Perkembangan industri dan penggunaan senyawa organik sintetik baik untuk budidaya tanaman maupun untuk keperluan industri memberikan dampak negatif yaitu tercemarnya sumber daya air permukaan maupun sumber daya air tanah. Pencemar organik yang merupakan senyawa biodegradabel dan non-biodegradabel mempunyai sifat racun. Pencemar organik dari limbah industri antara lain adalah senyawa fenol, zat warna tekstil, pestisida, poliklorobinefil (PCB), trikloroetilen (TCE), dan senyawa aromatik lain atau senyawa organik lain yang telah ada dalam badan air akibat proses alami, misalnya asam humus di daerah rawa (Andayani dan Sumartono, 1999).

Polusi zat warna dari industri tekstil adalah salah satu sumber yang paling penting dari kontaminasi lingkungan. Setelah pewarna masuk ke dalam air limbah, maka campuran tersebut menjadi lebih stabil dan lebih sulit untuk terurai karena struktur kimia kompleks yang terbentuk (Forgacs *et al.*, 2004). Hampir 10.000 jenis zat warna dengan jumlah yang lebih dari 7×10^5 ton diproduksi setiap tahun. Sebanyak 10-15% dari zat warna hilang dalam eluen selama proses pewarnaan (Singh *et al.*, 2003). Pada dasarnya bahaya zat warna merupakan racun bagi tubuh manusia,

seperti halnya zat warna metilen biru yang banyak digunakan dalam industri tekstil. Limbah yang mengandung metilen biru akan menimbulkan masalah kesehatan apabila dimanfaatkan oleh manusia. Metilen biru dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit (Hamdaoui and Chiha, 2006). Oleh karena itu, pencemaran zat warna perlu mendapat perhatian yang serius agar tidak sampai masuk ke dalam tubuh manusia melalui air yang diminum.

Pemisahan zat warna dari limbah yang berasal dari berbagai industri tekstil, pewarnaan, pembuatan kertas, dan industri makanan merupakan masalah umum yang dihadapi saat ini. Beberapa metode konvensional telah dilakukan untuk menanggulangi masalah limbah pewarna, seperti oksidasi (Vaiano *et al.*, 2015), koagulasi dan flokulasi (Saitoh *et al.*, 2014), adsorpsi (Weber *et al.*, 2014), dan pertukaran ion (Wu *et al.*, 2008). Menurut Wang dan Li (2013), metode konvensional di atas sangat rumit dan mahal karena beberapa metode tersebut memerlukan tambahan bahan kimia sehingga dapat menghasilkan produk beracun. Diantara metode di atas, salah satu teknik yang efektif untuk memisahkan zat warna dari limbah adalah dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi ini memiliki kelebihan dari metode yang lain karena prosesnya yang lebih sederhana, biayanya relatif murah, ramah lingkungan (Patel and Suresh, 2008; Gupta and Bhattacharyya, 2006), dan tidak adanya efek samping zat beracun (Blais *et al.*, 2000).

Proses adsorpsi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah yang diharapkan dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam atau senyawa organik yang

berlebihan. Salah satu adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi adalah karbon aktif. Karbon aktif dipilih karena memiliki permukaan yang luas, kemampuan adsorpsi yang besar, mudah diaplikasikan, dan biaya yang diperlukan relatif murah (Bansal *et al.*, 1988). Namun, karbon aktif yang tersedia secara komersial sangat mahal dan memiliki biaya regenerasi tinggi. Beberapa studi telah dilakukan untuk mencari kemungkinan pembuatan karbon aktif yang harganya lebih murah namun bisa digunakan sebagai pembanding dengan karbon aktif komersial khususnya dalam daya serap adsorpsinya. Karbon aktif dapat dibuat dari limbah pertanian atau dari senyawa yang mengandung karbon. Beberapa limbah pertanian yang dapat dijadikan sebagai adsorben antara lain dari tempurung kelapa (Pambayun dkk., 2013), tandan kosong kelapa sawit (Purwanto, 2011; Hartanto dan Ratnawati, 2010), tempurung kenari (Hala dkk., 2010), serbuk kayu gergajian campuran (Hendra, 2006), limbah kayu sengon (Pari dkk., 2005), dan limbah kayu jati (Sudarja dan Caroko, 2012). Diantara limbah pertanian di atas, salah satu limbah yang berpotensi untuk menghasilkan karbon aktif adalah tempurung kelapa yang dihasilkan sekitar 86 ton per tahun dan sampai saat ini hanya dijadikan bahan bakar rumah tangga. Padahal tempurung kelapa ini dapat diolah menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi yaitu sebagai karbon aktif. Pemilihan tempurung kelapa sebagai karbon aktif karena memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air yang tinggi, memiliki daya serap yang tinggi, tidak berbahaya bagi lingkungan, dan mempunyai reaktivitas yang tinggi (Dhidan, 2012).

Pada penelitian yang telah dilakukan Hameed (2009), dijelaskan bahwa karbon aktif yang diaktivasi secara fisika pada temperatur 500-800 °C mampu mengadsorpsi zat warna metilen biru dengan kapasitas adsorpsi sebesar 185,2 mg g⁻¹. Menurut Gilar dkk. (2013), menyatakan bahwa karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa yang diaktivasi secara kimia dengan menggunakan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ mampu mengadsorpsi zat warna fenol dengan persentase penyerapannya sebesar 99,74%.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi aktivasi karbon aktif dari tempurung kelapa baik secara fisika maupun kimia untuk meningkatkan daya adsorpsinya terhadap metilen biru. Parameter adsorpsi karbon aktif dari tempurung kelapa terhadap zat warna metilen biru yang akan dipelajari meliputi penentuan laju dan kapasitas serta konstanta kesetimbangan adsorpsi.

B. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari cara pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari tempurung kelapa.
2. Membandingkan kemampuan adsorpsi karbon aktif dari tempurung kelapa dan karbon aktif komersil.
3. Menentukan laju dan isoterm adsorpsi metilen biru dengan menggunakan karbon aktif dari tempurung kelapa dan karbon aktif komersil.

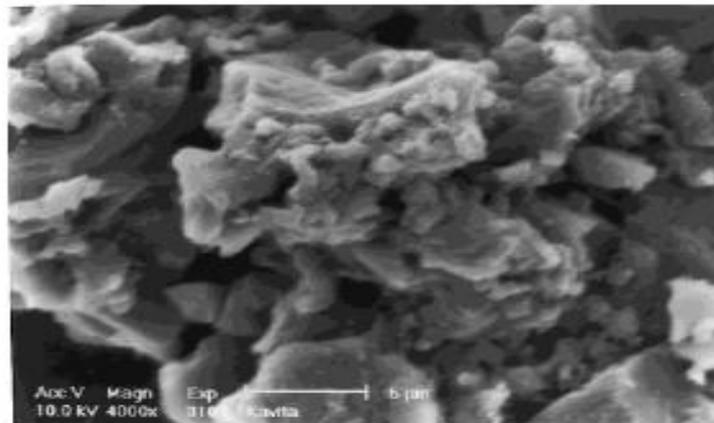
C. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang proses pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa yang diaktivasi baik secara fisika maupun kimia, sehingga dapat digunakan untuk menanggulangi masalah pencemaran zat warna khususnya metilen biru.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Kvech *et al.* (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.

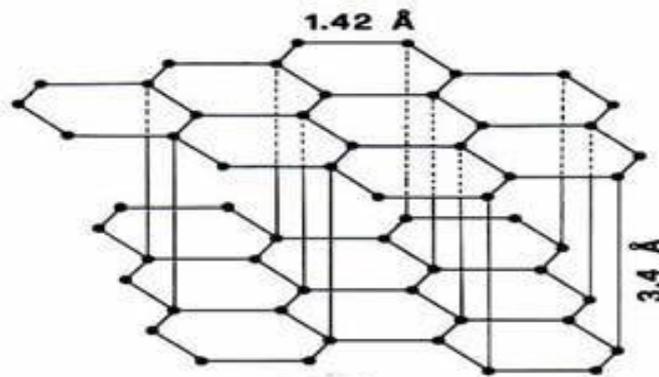


Gambar 1. Morfologi permukaan karbon aktif pada pembesaran 4000x (Kvech *et al.*, 1998).

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif bersifat

hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif diperoleh dengan proses aktivasi. 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 $1,95 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, 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).

Hartanto dan Ratnawati (2010), melaporkan bahwa karbon aktif merupakan karbon amorf dari pelat-pelat datar tersusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya seperti yang terlihat pada Gambar 2, sedangkan menurut Hendra (2006) karbon aktif adalah arang yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain, serta rongga atau pori dibersihkan dari senyawa lain atau kotoran sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas dan daya serap terhadap cairan dan gas akan meningkat.



Gambar 2. Struktur grafit dari arang aktif (Hartanto dan Ratnawati, 2010).

Aplikasi karbon aktif komersil dapat digunakan sebagai penghilang bau dan resin, penyulingan bahan mentah, pemurnian air limbah, penjernih air, dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi bahan yang berasal dari cairan maupun fasa gas (Kvech *et al.*, 1998 dan Worch, 2012). Daya serap karbon aktif itu sendiri ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap karbon aktif dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon aktif akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

Menurut SII (Standar Intenasional Indonesia), arang aktif yang baik mempunyai persyaratan seperti yang tercantum pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Persyaratan arang aktif menurut SII No.0258-79

Jenis	Persyaratan (%)
Bagian yang hilang pada pemanasan	Maksimum 15
Air	Maksimum 10
Abu	Maksimum 2,1
Daya serap terhadap Iod	Minimum 20

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 \AA , 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 $10\text{-}200 \text{ \AA}$, 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 *et al.*, 1998).

Pada penelitian sebelumnya karbon aktif digunakan sebagai adsorben zat warna. Menurut Ningrum dkk. (2012), menjelaskan bahwa karbon aktif dapat mengurangi kadar warna dari *Remazol brilliant blue* dengan hasil kapasitas adsorpsi maksimumnya sebesar $10,1010 \text{ mg g}^{-1}$ sedangkan pada penelitian Widhianti (2010), karbon aktif dari biji kapuk dapat mengadsorpsi zat warna *Rhodamin B*, dengan kapasitas adsorpsi sebesar $15,4296 \text{ mg g}^{-1}$. Sehingga dari hasil penelitian di atas menjelaskan bahwa karbon aktif merupakan adsorben yang baik untuk adsorpsi zat warna.

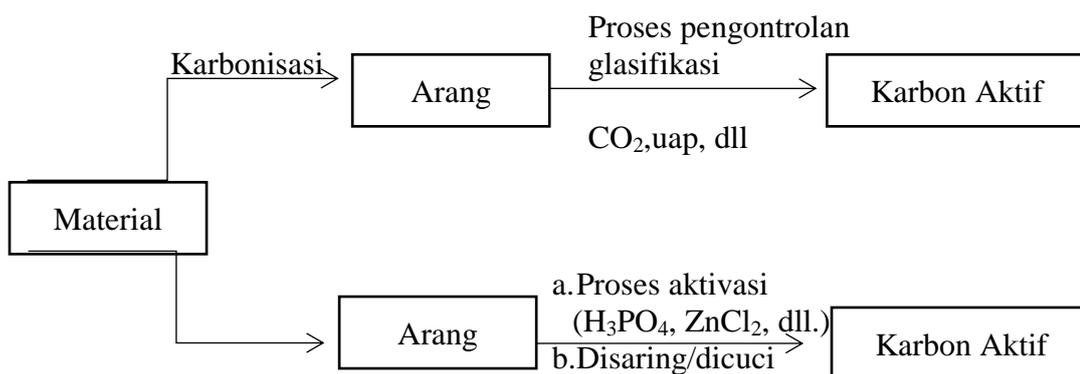
1. Klasifikasi Karbon Aktif

Tabel 2. Klasifikasi karbon aktif berdasarkan bentuknya

Jenis Karbon	Ukuran (mm)	Kegunaan	Bentuk
<i>Powdered Activated Carbon (PAC)</i>	<0.18	Digunakan pada fasa cair	
<i>Granular Activated Carbon (GAC)</i>	0.2-5	Digunakan pada fasa cair dan gas	
<i>Extruded Activated Carbon (EAC)</i>	0.8-5	Digunakan pada fasa gas	

(Martin, 2008).

2. Proses Pembuatan Karbon Aktif



Gambar 3. Skema pembuatan karbon aktif secara umum (Marsh and Francisco, 2006).

Dari Gambar 3 di atas, menjelaskan secara skematis proses pembuatan karbon aktif secara umumnya. Ada 2 metode yang digunakan untuk membuat karbon aktif, yaitu metode aktivasi fisika (*physical/thermal activation*) dan aktivasi kimia (*chemical activation*). 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 seperti batubara, tempurung kelapa, kayu, sekam padi, tulang binatang, kulit biji kopi, dan lain-lain. 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 atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan dalam tanur. 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 sampai 400 °C terjadi penghilangan air,

penguapan selulosa, dan penguapan lignin, sedangkan untuk proses pemurnian karbon terjadi pada suhu 500-800 °C. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu 500-800 °C (Marsh and Francisco, 2006).

c. Aktivasi

Aktivasi adalah bagian dalam proses pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka, menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi. Melalui proses aktivasi karbon aktif akan memiliki daya adsorpsi yang semakin meningkat, karena karbon aktif hasil karbonisasi biasanya masih mengandung zat yang masih menutupi pori-pori permukaan karbon aktif. Pada proses aktivasi karbon aktif akan mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia sehingga dapat berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Budiono dkk., 2009).

Dalam hal aktivasi karbon aktif ini, terdapat 2 metode aktivasi yang umum digunakan, yaitu aktivasi fisika dan kimia.

i. Aktivasi Fisika

Bahan dasar dari karbon aktif diaktivasi menggunakan agen pengaktivasi dari gas CO₂ atau uap pada temperatur 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 pengaktivasi yang digunakan, lama proses aktivasi, dan alat yang digunakan (Marsh and Francisco, 2006).

ii. Aktivasi Kimia

Aktivasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Pada cara ini, proses aktivasi dilakukan dengan mempergunakan 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).

Dari 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.

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 merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang 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

Ukuran partikel dapat mempengaruhi proses adsorpsi, semakin kecil ukuran partikel akan semakin cepat proses adsorpsi. 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. Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak dibagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3-6 mm. Tempurung kelapa yang memiliki kualitas yang baik yaitu tempurung kelapa tua dan kering ditunjukkan dengan warna gelap kecoklatan. Tempurung kelapa dikategorikan sebagai kayu keras tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar 6-9% (Maryono dkk., 2013). Secara kimiawi tempurung kelapa memiliki komposisi yang sama dengan kayu yaitu tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Komposisi kimia tempurung kelapa dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia tempurung kelapa

Komponen	Persentase (%)
Lignin	36,51
Hemiselulosa	19,27
Selulosa	33,61

(Maryono dkk., 2013).

Tempurung kelapa di Indonesia produksinya sangat melimpah dan dianggap sebagai masalah lingkungan. tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif dimana karbon aktif dari tempurung kelapa mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Selain itu juga industri pembuatan arang aktif di Indonesia telah mengalami kemajuan yang cukup pesat. Hal ini disebabkan meningkatnya permintaan pasar. Peningkatan permintaan pasar ini disebabkan banyaknya manfaat dari karbon aktif sebagai adsorben logam-logam berat seperti merkuri, fenol dan lain-lain (Tilman, 1981).

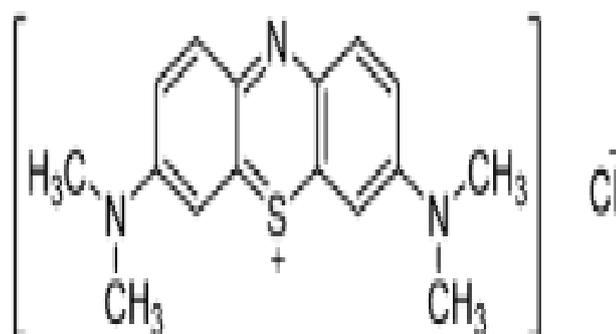
Tempurung kelapa kebanyakan hanya dianggap sebagai limbah industri pengolahan kelapa, ketersediaannya yang melimpah dianggap masalah lingkungan, namun didaur ulang, dan murah. Padahal arang tempurung kelapa ini masih dapat diolah lagi menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomis tinggi yaitu sebagai karbon aktif. Tempurung kelapa merupakan bahan terbaik karena memiliki mikropori sangat banyak, kadar abu rendah, dan kelarutan dalam air sangat tinggi. Serta beberapa sifat karbon aktif dari tempurung kelapa antara lain adalah strukturnya sebagian besar mikropori, kekerasannya tinggi, mudah diregenerasi dan daya serap iodinnya tinggi sebesar 1100 mg g^{-1} (Pambayun dkk., 2013).

D. Metilen Biru

Metilen Biru yang memiliki rumus kimia $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$, adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Zat warna metilen biru digunakan secara luas

pada industri tekstil dan menjadi perhatian besar dalam proses pengolahan limbah karena warnanya yang sulit diuraikan. Senyawa ini bersifat toksik, menyebabkan mutasi genetik dan berpengaruh pada reproduksi. Metilen biru memiliki berat molekul $319,86 \text{ g mol}^{-1}$, dengan titik lebur di $105 \text{ }^\circ\text{C}$, berwarna biru, tidak berbau, dan stabil dalam udara serta mudah larut dalam air (larutannya berwarna biru tua), kloroform, alkohol, dan daya larut sebesar $4,36 \times 10^4 \text{ mg L}^{-1}$ (Hawley, 1981).

Struktur metilen biru tertera pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur metilen biru

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna. Zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen (Manurung dkk., 2004).

Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Pada Tabel 4 dapat dilihat beberapa nama gugus kromofor dan struktur kimianya yang memberi daya ikat terhadap serat yang diwarnainya. Kromofor zat warna reaktif biasanya merupakan sistem azo dan antrakuinon dengan berat molekul

relatif kecil. Daya serap terhadap serat tidak besar. Sehingga zat warna yang tidak bereaksi dengan serat mudah dihilangkan. Gugus-gugus penghubung dapat mempengaruhi daya serap dan ketahanan zat warna terhadap asam atau basa. Gugus-gugus reaktif merupakan bagian-bagian dari zat warna yang mudah lepas. Dengan lepasnya gugus reaktif ini, zat warna menjadi mudah bereaksi dengan serat kain pada pakaian. Pada umumnya agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu (Manurung dkk., 2004).

Tabel 4. Nama dan struktur kimia kromofor

Nama Gugus	Struktur Kimia
Nitroso	NO atau (-N-OH)
Nitro	NO ₂ atau (NN-OOH)
Grup Azo	-N=N-
Grup Etilen	-C=C-
Grup Karbonil	-CO-
Grup Karbon-Nitrogen	-C=NH ; CH=N-
Grup Karbon Sulfur	-C=S ; -C-S-S-C-

(Manurung dkk., 2004).

E. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Interaksi yang terjadi akan menyebabkan sifat- sifat senyawa akan mengalami modifikasi atau perubahan. Adsorpsi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat dapat dibedakan dengan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Jika adsorbat dan permukaan adsorben berinteraksi hanya dengan gaya Van der Waals, maka yang terjadi adalah adsorpsi fisika. Molekul

yang teradsorpsi terikat secara lemah pada permukaan dan panas adsorpsi rendah sehingga naiknya temperatur ditandai dengan turunnya jumlah adsorpsi. Dalam adsorpsi kimia partikel molekulnya pada permukaan dan membentuk ikatan kimia kovalen (Mc Cash, 2001).

Adsorpsi merupakan fenomena yang terjadi pada permukaan. Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Adsorpsi menyangkut akumulasi atau pemutusan substansi adsorbat pada adsorben dan pada hal ini dapat terjadi pada antar muka dua fasa. Fasa yang menyerap disebut adsorben dan fasa yang terserap disebut adsorbat. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang memiliki pori karena berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau letak-letak tertentu didalam adsorben (Adamson dan Gast, 1997). Menurut Oscik (1982), adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan.

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).

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. Kecenderungan adsorben polar lebih kuat menyerap adsorbat polar dibandingkan adsorbat non-polar, demikian pula sebaliknya. Kelarutan adsorbat dalam pelarut umumnya substansi hidrofilik sukar teradsorpsi dalam larutan encer (Shaw, 1983).

1. Kinetika Adsorpsi

Kinetika kimia 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).

Analisa kinetika didasarkan pada kinetika reaksi terutama pseudo orde pertama atau mekanisme pseudo pertama bertingkat. Untuk meneliti mekanisme adsorpsi, konstanta kecepatan reaksi adsorpsi kimia untuk ion-ion logam, digunakan persamaan sistem pseudo orde pertama oleh Lagergren dan sistem pseudo orde kedua (Buhani *et al.*, 2010). Persamaan pseudo orde satu adalah persamaan yang biasa digunakan untuk menggambarkan adsorpsi dan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

Dimana q_e adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g^{-1}), q_t adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1}), t adalah waktu (menit) dan k_1 adalah konstanta laju pseudo orde pertama (menit^{-1}). Persamaan dapat diintegrasikan dengan memakai kondisi-kondisi batas $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$ pada $t = t$, persamaan menjadi:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

Model persamaan pseudo orde dua dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

Dengan q_e adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg g^{-1}), q_t adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg g^{-1}), k_2 adalah konstanta laju pseudo orde kedua (dalam $\text{g mmol}^{-1} \text{menit}^{-1}$). Setelah integrasi dan penggunaan kondisi-kondisi batas $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$ pada $t = t$, persamaan linier dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

Laju penyerapan awal, h (mg g^{-1} menit) sedangkan $t = 0$ dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$h = k_2 q_e^2 \quad (5)$$

Laju adsorpsi awal (h), kapasitas adsorpsi kesetimbangan (q_e) dan konstanta laju pseudo orde dua (k_2) dapat ditentukan secara eksperimen dari slop dan intersep plot dari t/q_t versus t (Ho and Mc Kay, 1998).

2. Kapasitas dan Energi Adsorpsi

Kesetimbangan adsorpsi yaitu suatu penjabaran secara matematika suatu kondisi isotermal yang khusus untuk setiap sorbat/sorben. Jadi untuk masing-masing bahan penyerap (adsorben) dan bahan yang diserap (adsorbat) memiliki kesetimbangan adsorpsi tersendiri dimana jumlah zat yang diserap merupakan fungsi konsentrasi pada temperatur tetap (Husin dan Rosnelly, 2005). Model kesetimbangan adsorpsi yang sering digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi adalah isotermal Langmuir dan Freundlich.

a. Model Isoterm Adsorpsi Langmuir

Model kinetika adsorpsi Langmuir ini berdasarkan pada asumsi sebagai berikut: laju adsorpsi akan bergantung pada faktor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara *monolayer*. Proses adsorpsi heterogen memiliki dua tahap, yaitu: (a) perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben dan (b) 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 dan Rosnelly, 2005).

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir tersebut ditulis dalam bentuk persamaan linier yaitu sebagai berikut:

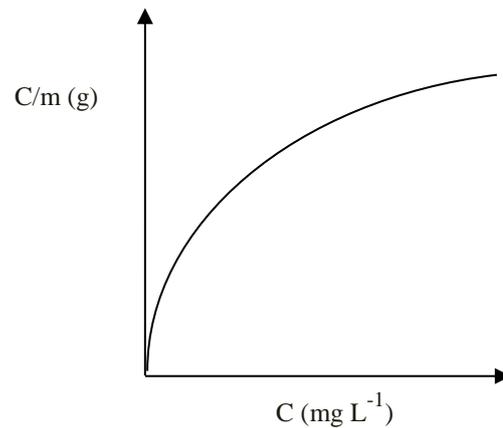
$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad (6)$$

Dengan C adalah konsentrasi kesetimbangan (mg L^{-1}), m adalah jumlah metilen biru yang teradsorpsi per gram adsorben pada konsentrasi C (mg g^{-1}), b adalah jumlah metilen biru 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 metilen biru teradsorpsi dalam adsorben dan nilainya ekuivalen dengan nilai negatif dari perubahan energy Gibbs standar, ΔG° , dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E = -\Delta G^\circ_{\text{ads}} = RT \ln K \quad (7)$$

Dengan R adalah tetapan gas umum ($8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}$), 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).

Adapun grafik isoterm adsorpsi Langmuir diperlihatkan pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Model isotherm adsorpsi Langmuir (Husin dan Rosnelly, 2005).

Berdasarkan harga energi adsorpsinya, fenomena adsorpsi diperkirakan terjadi akibat adanya gaya-gaya yang tidak seimbang pada batas antar permukaan, sehingga mengakibatkan perubahan jumlah molekul, atom atau ion. Proses adsorpsi melibatkan berbagai gaya yaitu: gaya Van der Waals, ikatan hidrogen, gaya elektrostatik (ikatan ionik), dan ikatan kovalen koordinasi, maka dapat diperkirakan jenis adsorpsi yang terjadi. Apabila energi adsorpsinya kurang dari 20 kJ mol^{-1} , maka jenis adsorpsinya adalah adsorpsi fisika. Sedangkan apabila energi adsorpsinya melebihi $20,92 \text{ kJ mol}^{-1}$, maka jenis adsorpsinya adalah adsorpsi kimia (Adamson and Gast, 1997). Adsorpsi fisika (*physisorption*) melibatkan gaya antarmolekular diantaranya gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen. Sedangkan adsorpsi kimia (*chemisorption*) melibatkan ikatan kovalen koordinasi akibat pemakaian bersama pasangan elektron oleh adsorbat dan adsorben (Oscik, 1982).

b. Model Isotherm Adsorpsi Freundlich

Model isotherm Freundlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian 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, 2005).

Adapun bentuk persamaan linier Freundlich adalah sebagai berikut :

$$Q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \quad (8)$$

Dimana:

Q_e = Banyaknya zat yang terserap per satuan berat adsorben (mol/g)

C_e = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mol/L)

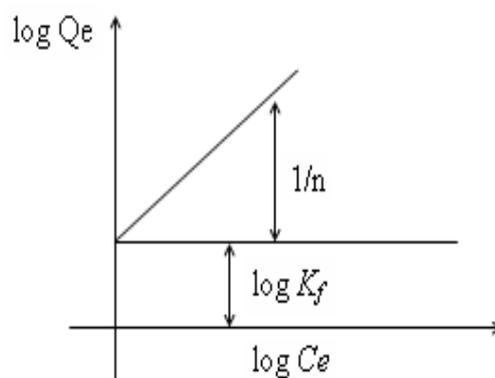
n = Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

K_f = Konstanta freundlich (L/mol)

Persamaan di atas dapat diubah kedalam bentuk linier dengan mengambil bentuk logaritmanya:

$$\log q_e = \log k_f + 1/n \log C_e \quad (9)$$

Sehingga dari rumus diatas dapat dibuat Grafik seperti pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Model isoterm adsorpsi Freundlich (Husin dan Rosnelly, 2005).

Bentuk linier dapat digunakan untuk menentukan kelinieran data percobaan dengan cara mengplotkan C/Q terhadap C_e . Konstanta Freundlich K_f dapat diperoleh dari kemiringan garis lurus nya dan $1/n$ merupakan harga slop. Bila n diketahui K_f dapat dicari, semakin besar harga K_f maka daya adsorpsi akan semakin baik dan dari harga K_f yang diperoleh, maka energi adsorpsi akan dapat dihitung (Rousseau, 1987).

Selain itu, untuk menentukan jumlah metilen biru teradsorpsi, rasio distribusi dan koefisien selektivitas pada proses adsorpsi zat warna metilen biru terhadap adsorben karbon aktif dapat digunakan persamaan berikut:

$$Q = (C_o - C_a)V/W \quad (10)$$

Dimana Q menyatakan jumlah metilen biru teradsorpsi (mg/g), C_o dan C_a menyatakan konsentrasi awal dan kesetimbangan dari metilen biru (mg/L), W adalah massa adsorben (g), V adalah volume larutan metilen biru (L) (Buhani and Suharso, 2009).

F. 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 absorban 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:

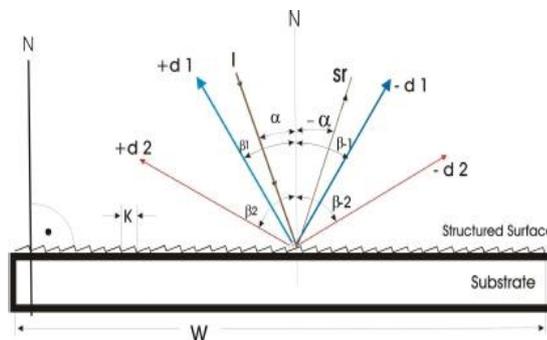
1. Sumber Cahaya

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 (λ) 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 7. 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 :

- 1) Tidak berwarna sehingga dapat mentransmisikan semua cahaya.
- 2) Permukaannya secara optis harus benar- benar sejajar.
- 3) Harus tahan (tidak bereaksi) terhadap bahan- bahan kimia.
- 4) Tidak boleh rapuh.
- 5) 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

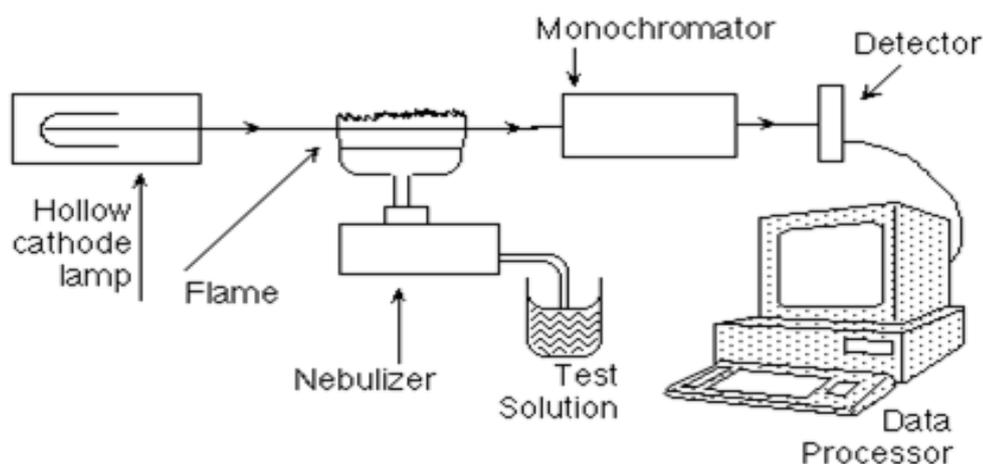
Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Detektor akan mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh penampil data dalam bentuk jarum penunjuk atau angka digital. Syarat-syarat ideal sebuah detektor :

- 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 di teruskan 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 di terima 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 8. Skema skema alat spektrofotometer UV-Vis (Skoog, 1996).

2. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop elektron digunakan sebagai alat pendeteksi objek pada skala yang amat kecil. *Scanning Electron Microscope (SEM)* digunakan untuk menentukan struktur dan ukuran pori. 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. Sebelum dianalisis dengan SEM, dilakukan preparasi sampel yang meliputi penghilangan pelarut, pemilihan sampel, dan lapisan. Detektor didalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut akan

memberi informasi profil permukaan benda. Bila elektron dengan energi cukup besar menumbuk pada sampel, maka akan menyebabkan terjadinya emisi sinar-X yang energinya dan intensitasnya bergantung pada komposisi elemental sampel (Abdullah dkk., 2008).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan dari bulan Maret sampai Juni 2016 di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung, analisis karbon aktif menggunakan SEM dilakukan di Laboratorium SEM FMIPA Institut Teknologi Bandung dan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, timbangan analitik, oven, cawan porselin, indikator pH universal, kertas saring *Whatman* No. 42, *magnetic stirrer* (Thermolyne), pompa vakum (PH 137AC), tanur (Heraeus KR170E), SEM (JEOL-JSM-6510LA), dan Spektrofotometer UV-Vis (Cary 100).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif tempurung kelapa dan komersial (Meikelin), zat warna metilen biru (Solarbio), H₃PO₄ 10%, HCl 0,1 M, NaOH 0,1 M, dan akuades.

C. Prosedur Penelitian

1. Penyiapan Karbon Aktif

a. Karbon Aktif Komersil

Karbon aktif komersil yang diperoleh dianalisis menggunakan SEM dan langsung digunakan dalam uji adsorpsi.

b. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa kering yang sudah dibersihkan, diarang dengan cara dibakar langsung di atas api pada tempat pembakaran, setelah itu digiling dan disaring dengan ukuran 600 μm . Kemudian arang tersebut diaktivasi secara fisika dan kimia. Untuk aktivasi secara fisika, sebanyak 50 gram arang tempurung kelapa dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 700 °C selama 1 jam. Setelah itu, didinginkan dalam desikator sedangkan untuk aktivasi secara kimia, sebanyak 20 gram arang tempurung kelapa hasil aktivasi secara fisika direndam dalam 30 mL larutan H_3PO_4 10% (b/v) selama 24 jam. Kemudian campuran tersebut disaring menggunakan kertas saring *Whatmann* No. 42 dan dicuci dengan akuades sampai pH 6. Selanjutnya, dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 1 jam (Budiono dkk., 2010).

2. Karakterisasi

Untuk mengetahui morfologi permukaan karbon aktif maka dilakukan analisis dengan menggunakan SEM dan untuk menentukan kadar warna metilen biru yang teradsorpsi oleh karbon aktif dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer

UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 664,00 nm.

3. Uji Adsorpsi

a. Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru 1000 ppm

Sebanyak 1 g metilen biru dimasukkan dalam labu takar 1000 mL, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

b. Penentuan Dosis Adsorben

Sebanyak 20 mL larutan metilen biru 100 ppm ditambah adsorben dengan variasi konsentrasi 50; 100; 200; 300; dan 500 mg. Campuran tersebut diaduk selama 1 jam dan dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan pompa vakum dan kertas saring *Whatman* No. 42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Bharathi *et al.*, 2013).

c. Penentuan pH Optimum

Sebanyak 20 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi 100 ppm ditambahkan karbon aktif dengan konsentrasi optimum, kemudian campuran diaduk selama 1 jam dengan variasi pH 2, 4, 6, 8, 10, dan 12. Penurunan pH dilakukan dengan penambahan HCl 0,1 M, sedangkan peningkatan nilai pH dilakukan dengan penambahan NaOH 0,1 M. Selanjutnya campuran tersebut disaring dengan menggunakan penyaring vakum dan kertas saring *Whatman* No. 42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Bharathi *et al.*, 2013).

d. Laju Adsorpsi

Sebanyak 20 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi 100 ppm ditambah adsorben dengan konsentrasi optimum. Kemudian dilakukan pengaturan pH sampai mencapai pH optimum. Setelah itu dilakukan pengadukan dengan variasi waktu yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 menit. Selanjutnya campuran disaring dengan menggunakan penyaring vakum dan kertas saring *Whatman* No. 42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Bharathi *et al.*, 2013).

e. Isoterm Adsorpsi

Sebanyak 20 mL larutan metilen biru dengan variasi konsentrasi 50; 100; 150; 200, dan 250 ppm masing-masing ditambah adsorben dengan konsentrasi optimum dan diatur pada pH optimum. Lalu masing-masing larutan tersebut diaduk dengan lama pengadukan sesuai dengan waktu kontak optimum. Selanjutnya campuran tersebut disaring dengan menggunakan penyaring vakum dan kertas saring *Whatman* No. 42. Absorbansi filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Bharathi *et al.*, 2013).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Karbon aktif hasil aktivasi fisika (KAF) mempunyai daya serap yang besar daripada karbon aktif hasil aktivasi kimia (KAK) dengan masing-masing daya serap terhadap metilen biru sebesar 99,42 dan 98,64%.
2. Hasil analisis morfologi permukaan dengan SEM menunjukkan susunan morfologi permukaan pada KAF relatif sama dengan KAC yang memiliki ukuran pori yang lebih besar daripada KAK.
3. Laju adsorpsi metilen biru oleh KAC, KAF, dan KAK cenderung mengikuti pseudo orde 2 dengan nilai k_2 masing-masing 1,0497; 0,2898; dan 1,2571 $\text{g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$.
4. Isoterm adsorpsi metilen biru oleh KAC, KAF, dan KAK cenderung mengikuti model isoterm Freundlich.

B. Saran

Pada penelitian lebih lanjut disarankan:

1. Melakukan studi lebih lanjut terhadap karbon aktif yang diperoleh agar daya serap adsorpsinya setara dengan karbon aktif komersil.
2. Melakukan karakteristik lebih lanjut terhadap karbon aktif yang diperoleh agar kualitas karbon aktifnya bisa menyamai kualitas karbon aktif komersil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin, dan Khairurrijal. 2008. Karakterisasi Nanomaterial. *A Review: Jurnal Nanoscience dan Teknologi*. Vol. 2, No.1.
- Adamson, A. W. dan A. P. Gast. 1997. *Physical Chemistry of Surface 6th edition*. John Willy and Sons. Inc. New York.
- Allport, H. B. 1997. *Activated Carbon*. Encyclopedia of Science and Technology. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Andayani, W. dan A. Sumartono. 1999. Aplikasi Radiasi Pengion dalam Penguraian Limbah Industri Radiolisis Larutan Standar Zat Warna Reaktif Cibacron Violet 2 R. *Batan (Online)*. Vol. 32, No. 1.
- Ansari, R. dan Z. Mosayebzadeh. 2010. Removal of basic dye methylene blue from aqueous solutions using sawdust and sawdust coated with polypyrrole. *Journal of the Iranian Chemical Society*. pp. 339–350.
- Bansal, C. R., J. B. Donnet, and F. Stoecli. 1988. *Active Carbon*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Bharathi, K. S. and S. T. Ramesh. 2013. Removal of dyes using agricultural waste as low-cost adsorbents: a review. *Journal of Applied Water Science*. pp. 773–790.
- Blais, J. F., B. Dufresne., and G. Mercier. 2000. State of The Art of Technologies for Metal Removal From Industrial Effluents. *Journal of Water Science*. pp. 687-711.
- Budiono, A; Suhartana; dan Gunawan. 2009. Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Sulfat dan Asam Posfat untuk Adsorpsi Fenol. *E-Journal*. Universitas Diponegoro. pp. 1-12.
- Buhani and Suharso. 2009. Immobilization of *Nannochloropsis* sp biomass by sol gel technique as adsorbat of metal ion Cu(II) from aqueous solution. *Asian Journal of Chemistry*. pp. 3799-3808.
- Buhani, Suharso, and Sumadi. 2010. Adsorption kinetics and isotherm of Cd(II) ion on *Nannochloropsis* sp biomass imprinted ionic polymer. *Desalination*. pp. 140-146.

- Dabrowski, A., P. Podkoscielny, Z. Hubicki, and M. Barczak. 2005. Adsorption of phenolic compounds by activated carbon. *Chemosphere*. pp. 1049-1070.
- Dhidan, K. S. 2012. *Removal of Phenolic Compounds from Aqueous Solution by Adsorption on to Activated Carbons Prepared from Date Stones by Chemical Activation with FeCl*. Chemical Engineering Department-College Of Engineering University Of Baghdad. Iraq.
- Forgacs, E., T. Cserhati, and G. Oros. 2004. Removal of Synthetic Dyes from Wastewater. *A Review: Environment International*. pp. 953-971.
- Gialamouidis, D., M. Mitrakas, and M. Liakopoulou-Kyriakides. 2010. Equilibrium, Thermodynamic and Kinetic Studies on Biosorption of Mn(II) from Aqueous Solution by *Pseudomonas* sp., *Staphylococcus xylosus* and *Blakeslea trispora* Cells. *Journal of Hazardous Material*. pp. 672-680.
- Gilar, S. P., Y. E. Y. Remigius, M. Rachimoellah, M. M. P. Endah. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2, No. 1.
- Gupta, S.S. and K. G. Bhattacharyya. 2006. Adsorption of Ni(II) on Clay. *Journal of Chemistry Society*. pp. 21-32.
- Hala, Y., P. Taba, dan A. B. Susilawati. 2010. Adsorpsi Rhodamin B Dalam Air Oleh Karbon Aktif Tempurung Kenari. *Jurnal Alam dan Lingkungan*. Vol. 1 No.1.
- Hamdaoui, O. and M. Chiha. 2006. Removal Of Methylene Blue From Aqueous Solution By Wheat Bran. *Acta Chimica Slovenica*. pp. 407-418.
- Hameed, B. H. 2009. Evaluation of papaya seeds as a novel non-conventional low-cost adsorbent for removal of Methylene blue. *Journal of Hazardous Materials*. pp. 939-944.
- Hameed, B. H. dan A. A. Ahmad. 2009. Batch adsorption of Methylene blue from aqueous solution by garlic peel, an agricultural waste biomass. *Journal of Hazardous Materials*. pp. 870-875.
- Han, R., W. Zou, W. Yu, S. Cheng, Y. Wang, J. Shi. 2007. Biosorption of methylene blue from aqueous solution by fallen Phoenix tree's leaves. *Journal of Hazardous Materials*. pp. 156-162.
- Hartanto, S. dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol. 12, No. 1.
- Hawley. 1981. *Condensed Chemical Dictionary 8th edition*. Van Norstrand Reinhold. New York.

- Hendra, D. 2006. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dan Serbuk Kayu Gergajian Campuran. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 24, No. 2.
- Ho, Y. S. and G. Mc Kay. 1998. *Process Biochemistry 34: Pseudo Second Order Model for Sorption Process*. Harpel College Publisher. New York.
- Husin, H. dan C. M. Rosnelly. 2005. Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Logam Timbal (Pb) Menggunakan Karbon Aktif dari Batang Pisang. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. ISSN: 0215-4609. pp. 1-10.
- Idris, M. N., Z. A. Ahmad., and M. A. Ahmad. 2011. Adsorption Equilibrium of Malachite Green Dye onto Rubber Seed Coat Based Activated Carbon. *International Journal of Basic and Applied Sciences*. pp. 305-311.
- 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.
- Kvech, Steve, and T. Erika. 1998. *Activated Carbon*. Departement of Civil and Environmental Engineering. Virginia Tech University. United States of America.
- Manurung, R., R. Hasibuan, dan H. Irvan. 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob*. E-USU Repository Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Marit J, B. Mc Enaney, J. Stencil, M. Thwaites, dan F. Derbyshire. 2006. Activated Carbons from Bituminous Coals by Reaction with H_3PO_4 : Influence of coal Cleaning. *University of Kentucky Center for Applied Energy Resource 3572 Iron Works Pike*. Lexington, KY.
- 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.
- Martin, A. 2008. *Farmasi Fisika Dasar-Dasar Farmasi Fisik dalam Ilmu Farmasetik Edisi Ketiga jilid 2*. UI Press. Jakarta.
- Maryono, Sudding, dan Rahmawati. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 14, hal. 74-83.
- Mc.Cash. E. M. 2001. *Surface Chemistry*. Oxford University Press. Oxford

- Ningrum, L. P., Lusiana, R. A., Nuryanto, R. 2012. *Dekolorisasi Remazol Brilliant Blue dengan Menggunakan Karbon Aktif*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Diponegoro. Semarang.
- Onal, Y., C. Akmil-Basar, D. Eren, C. Sarıci-Ozdemir, dan T. Depci. 2006. Adsorption kinetics of Malachite green onto activated carbon prepared from Tuncbilek lignite. *Journal of Hazardous Materials*. pp. 150–157.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited. England.
- Oxtoby, D. W. 2004. *Prinsip-prinsip Kimia Modern Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Pambayun, G. S., Y. E. Y. Remigius, M. Rachimoellah, dan M. M. P. Endah. 2013. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator $ZnCl_2$ Dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2, No. 1.
- Pari, G., K. Sofyan, W. Syafii, dan Buchari. 2005. Pengaruh Lama Aktivasi terhadap Struktur Kimia dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Sengon. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 23, No. 3.
- Patel, R. and S. Suresh. 2008. Kinetic and equilibrium studies on the biosorption of reactive black 5 dye by *Aspergillus foetidus*. *Bioresour Technology*. pp. 51-58.
- Purwanto, D. 2011. Arang dari Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*). Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 29, No. 1.
- Rousseau, R. W. 1987. *Handbook Of Separation Process Technology*. John Wiley and Sons Inc. United States of America.
- Saitoh, T., M. Saitoh, C. Hattori, and M. Hiraide. 2014. Rapid removal of cationic dyes from water by co precipitation with aluminum hydroxide and sodium dodecyl sulfate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. pp. 752–758.
- Salleh, M. A. M., D. K. Mahmoud, W. A. W. A. Karim, dan A. Idris. 2011. Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review. *Desalination*. pp. 1–13.
- Shaw, D. J. 1983. *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Butter Whorths. London.
- Singh, K. P., D. Mohan, S. Sinha, G. S. Tondon, and D. Gosh. 2003. Color Removal from Wastewater Using Low-Cost Activated Carbon Derived from Agricultural Waste Material. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. pp. 1965-1976.

- Skoog, D. A. 1996. *Fundamental of Analytical Chemistry 7th edition*. Saunders College Publishing. United States of America.
- Somboon, P., B. Benthem, N. Khantikul, K. Panart, P. J. Kessels, and L. Oskam. 2002. Knowledge and Use Of Prevention Measures Related to Dengue in Northern Thailand. *Tropical Medicine and International Health*. pp. 993-1003.
- Sontheimer, J. E. 1985. Activated Carbon for Water Treatment. Netherlands. Elsevier, pp. 51-105 .
- 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.
- Sudarja dan N. Caroko. 2012. Kaji Eksperimental Efektifitas Penyerapan Limbah Cair Industri Batik Taman Sari Yogyakarta Menggunakan Arang Aktif Mesh 80 dari Limbah Gergaji Kayu Jati. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. Vol. 14, hal. 50-58.
- Tandy, E. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 1, No. 2.
- Tilman, D. 1981. *Wood Combution: Principles, Processes and Economics*, Academic Press Inc. New York.
- Vaiano, V., O. Sacco, D. Sannino, and P. Ciambelli. 2015. Nanostructured N-doped TiO coated on glass spheres for the photocatalytic removal of organic dyes under UV or visible light irradiation. *Journal of Applied Catalysis B: Environmental*. pp. 153–161.
- Wang, S. A., and F. L. Li. 2013. Invertase SUC2 Is the key hydrolase for inulin degradation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Applied Environmental Microbiology*. pp. 403-406
- Wang, S., H. Li, S. Xie, S. Li, dan L. Xu. 2006. Physical and chemical regeneration of zeolitic adsorbents for dye removal in wastewater treatment. *Chemosphere*. pp. 82–87
- Weber, C. T., G. C. Collazzo, M. A. Mazutti, E. L. Foletto, and G. L. Dotto. 2014. Removal of hazardous pharmaceutical dyes by adsorption onto papaya seeds. *Water Science and Technology*. pp. 102–107
- Widhianti, W. D. 2010. *Pembuatan Arang Aktif Dari Biji Kapuk (Ceiba Pentandra L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B [Skripsi]*. Bidang Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Airlangga. Surabaya.
- Worch, E. 2012. *Adsorption Technology in Water Treatment*. Walter de Gruyter GmbH and Co. Berlin.

Wu, J. S., C. H. Liu, K. H. Chu, and S.Y. Suen. 2008. Removal of cationic dye methyl violet 2B from water by cation exchange membranes. *Journal of Membrane Science*. pp. 239–245.