

**PENYERAPAN ZAT WARNA *METHYLENE BLUE* OLEH
KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG KEPOK
(*Musa balbisiana* Colla)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains*



Oleh:

**RIDHO HERMAWAN
NIM. 16036086 / 2016**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

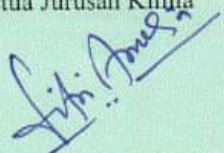
PERSETUJUAN SKRIPSI

PENYERAPAN ZAT WARNA *METHYLENE BLUE* OLEH KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa balbisiana* Colla)

Nama : Ridho Hermawan
NIM : 16036086
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

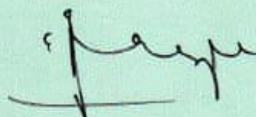
Padang, September 2020

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia



Fitri Amelia, M.Si, Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing



Edi Nasra, S.Si, M.Si
NIP. 19810622 200312 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

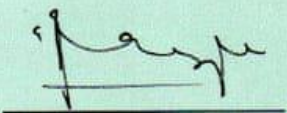
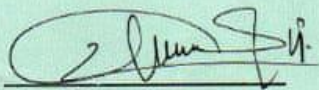
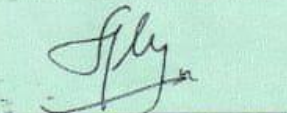
Nama : Ridho Hermawan
NIM : 16036086
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENYERAPAN ZAT WARNA *METHYLENE BLUE* OLEH KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa balbisiana* Colla)

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, September 2020

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Edi Nasra, S.Si, M.Si	
Anggota	: Ananda Putra, M.Si, Ph.D	
Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

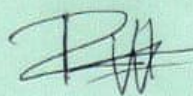
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ridho Hermawan
NIM : 16036086
Tempat/Tanggal Lahir : Pekanbaru/1 September 1998
Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Penyerapan Zat Warna *Methylene Blue* oleh Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla)”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum negara yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun masyarakat dan negara. Demikianlah Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, September 2020

Yang Menyatakan,



Ridho Hermawan
NIM.16036086

PENYERAPAN ZAT WARNA *METHYLENE BLUE* OLEH KARBON AKTIF DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa balbisiana* Colla)

Ridho Hermawan

ABSTRAK

Methylene blue merupakan salah satu limbah industri tekstil yang dapat menyebabkan pencemaran ekosistem perairan. Nilai ambang batas untuk konsentrasi *methylene blue* yang diperbolehkan dalam perairan sekitar (5-10) mg/L. Sehingga perlu suatu metode untuk mengolah air limbah yang terkontaminasi zat warna agar aman dibuang dan tidak mencemari lingkungan. Salah satu metode yang efektif untuk menghilangkan limbah zat warna adalah metode adsorpsi. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah menentukan kondisi optimum penyerapan dan kapasitas maksimum penyerapan *methylene blue* menggunakan karbon aktif dari kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla). Pada penelitian ini, menggunakan metode batch dalam mengadsorpsi zat warna *methylene blue* dengan memvariasikan pH, konsentrasi larutan, ukuran partikel, waktu kontak, dan kecepatan pengadukan. Hasil penelitian ini, didapatkan kapasitas penyerapan pada kondisi optimum pH 6, konsentrasi 50 mg/L, ukuran partikel 250 μm , waktu kontak 120 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm sebesar 5.639 mg/g dengan persentase penyerapan sebesar 93,79%. Mekanisme adsorpsi pada penyerapan *methylene blue* mengikuti persamaan isotherm langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9783, q_m 3,47 mg/g dan KI 0,0408 L/mg. Karbon aktif dari kulit pisang kepok ini dapat digunakan dalam penyerapan zat warna *methylene blue*.

Kata kunci: *Methylene blue*, Adsorpsi, Karbon Aktif, kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla), Metode Batch

ABSORPTION OF METHYLENE BLUE DYE BY ACTIVATED CARBON FROM BANANA PEEL OF KEPOK (*Musa balbisiana* Colla)

Ridho Hermawan

ABSTRACT

Methylene blue is one of the textile industry wastes which can cause pollution to aquatic ecosystems. The threshold value for the permissible concentration of methylene blue in ambient waters (5-10) mg / L. So that we need a method to treat wastewater contaminated with dyes so that it is safe to dispose of and does not pollute the environment. One of the effective methods for removing dye waste is the adsorption method. The purpose of this study was to determine the optimum absorption conditions and maximum absorption capacity of methylene blue using activated carbon from the peel of Kepok banana (*Musa balbisiana* Colla). In this study, using the batch method to adsorb methylene blue dye by varying the pH, solution concentration, particle size, contact time, and stirring speed. The results of this study showed that the absorption capacity at optimum conditions of pH 6, concentration of 50 mg / L, particle size of 250 μ m, contact time of 120 minutes and stirring speed of 150 rpm was 5,639 mg / g with an absorption percentage of 93.79%. The adsorption mechanism for absorption of methylene blue follows the langmuir isotherm equation with R² value of 0.9783, q_m 3.47 mg / g and KI 0.0408 L / mg. Activated carbon from the peel of this Kepok banana can be used in the absorption of the dye methylene blue.

Keywords: Methylene blue, Adsorption, Activated carbon, Kepok Banana peel (*Musa balbisiana* Colla), Batch Method.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla) Sebagai Adsorben dalam Penyerapan Zat Warna *Methylene Blue*”**. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis melibatkan banyak pihak yang telah memberikan bimbingan, dan masukan yang berharga. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Edi Nasra, M.Si selaku Dosen pembimbing dan sekaligus penasehat akademik.
2. Ibu Fitri Amelia, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Kimia dan Bapak Umar Kalmar Nizar S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
3. Bapak Ananda Putra, M.Si, Ph.D dan Ibu Dra. Sri Benti Etika, M.Si sebagai dosen pembahas.
4. Seluruh Staf Pengajar dan tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Laboran Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Semua pihak terkait dan rekan-rekan kimia FMIPA UNP.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Kulit Pisang.....	6
B. <i>Methylene Blue</i>	8
C. Karbon Aktif.....	9
D. Adsorpsi.....	13
E. Spektrofotometer UV-Vis.....	17
F. FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	18
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
B. Objek Penelitian.....	21
C. Variabel Penelitian.....	21
D. Alat dan Bahan.....	21
1. Alat.....	21
2. Bahan.....	22

E. Prosedur Kerja.....	22
1. Pembuatan Reagen.....	22
2. Perlakuan Penelitian dengan Sistem Batch.....	22
F. Design Penelitian.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Karakterisasi karbon aktif.....	26
1. Karakterisasi FTIR.....	26
B. Perlakuan Penelitian Dengan Sistem Batch.....	28
1. Penentuan Panjang Gelombang (λ) Maksimum <i>Methylene Blue</i>	28
2. Penentuan pH Optimum.....	28
3. Penentuan Konsentrasi Optimum.....	30
4. Penentuan Ukuran Partikel Optimum.....	33
5. Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	34
6. Penentuan Kecepatan pengadukan.....	35
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	37
B. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kulit pisang kepok (<i>Musa balbisiana</i> Colla).....	7
2. Struktur <i>methylene blue</i>	8
3. Gugus fungsi pada permukaan karbon aktif.....	10
4. Mekanisme reaksi aktivasi karbon menggunakan larutan HCl.....	13
5. Desain dasar penyerapan sinar ultraviolet atau cahaya tampak terhadap sampel uji.....	17
6. Skema alat spektroskopi FT-IR. (1) Sumber inframerah.(2) Pembagi berkas (beam splitter). (3) Kaca pemantul.(4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display.....	19
7. Spektra FTIR karbon, karbon aktif dan karbon sesudah dikontak dengan <i>methylene blue</i>	27
8. Grafik pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan <i>methylene blue</i> menggunakan karbon aktif.....	29
9. Grafik pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan <i>methylene blue</i> menggunakan karbon aktif.....	30
10. Grafik persamaan isoterm langmuir.....	31
11. Grafik persamaan isoterm freundlich.....	31
12. Grafik hubungan ukuran partikel dengan kapasitas penyerapan <i>methylene blue</i> menggunakan karbon aktif.....	33
13. Grafik hubungan waktu kontak dengan kapasitas penyerapan zat warna <i>methylene blue</i> menggunakan karbon aktif.....	34
14. Grafik hubungan kecepatan pengadukan dengan kapasitas penyerapan <i>methylene blue</i> menggunakan karbon aktif.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Senyawa yang terkandung dalam kulit pisang.....	6
2. Karakteristik <i>methylene blue</i>	8
3. Standar mutu karbon aktif menurut SNI-06-3730-1995.....	11
4. Uji karakteristik Karbon dan karbon aktif.....	26
5. Nilai mekanisme adsorpsi isotherm Langmuir dan Freundlich.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur kerja.....	42
2. Perhitungan dalam reagen.....	45
3. Data Hasil FTIR Karbon, Karbon Aktif, dan Karbon Aktif sesudah kontakkan dengan <i>methylene blue</i>	48
4. Data Hasil Perhitungan Zat Warna <i>Methylene Blue</i>	51
5. Persamaan Isoterm Langmuir dan Freudlich.....	56

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan banyak keuntungan bagi kehidupan manusia, namun efek yang ditimbulkan memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar, contohnya masalah limbah industri. Limbah industri jika tidak dikelola dengan baik dan dibuang begitu saja secara bebas maka akan menyebabkan ekosistem perairan tercemar. Salah satu limbah buangan industri yang menyebabkan pencemaran ekosistem perairan adalah zat warna berbahaya yang dihasilkan oleh industri tekstil.

Dampak negatif industri tekstil terutama berasal dari proses pencelupan (dyeing). Pada proses pencelupan tekstil dihasilkan sekitar 24% zat warna dan 6% garam yang digunakan pada pewarnaan yang kemudian masuk ke lingkungan perairan sebagai limbah. Limbah hasil pencelupan yang dibuang menyebabkan kualitas air akan menurun sehingga ekosistem lingkungan akan terganggu (Huda et al., 2018).

Zat warna pada dasarnya adalah senyawa kimia yang dapat memberikan warna pada permungkaan kain (Yagub, Sen, Afroze, & Ang, 2014). Zat warna memiliki struktur kimia yang kompleks, yang membuatnya sangat stabil terhadap cahaya, oksidasi dan sangat sulit terurai. Salah satu zat warna sintetis yang sering dipergunakan oleh industri tekstil adalah zat warna *methylene blue* (Djilani et al., 2015).

Methylene blue merupakan zat warna dasar yang sangat penting dan relatif murah dibandingkan dengan pewarna lainnya. *Methylene blue* merupakan salah

satu senyawa yang dapat larut dalam air, bersifat kationik dan sering dipergunakan dalam bidang kimia, biologi, ilmu pengobatan dan industri pewarnaan. Pewarna ini tidak terlalu beracun bagi manusia, tetapi dapat menyebabkan iritasi mata, iritasi kulit, efek sistematik termasuk perubahan darah. Selain itu paparan senyawa ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan muntah, mual, diare, pusing keringat berlebih dan radang pencernaan (Fitriani, Oktiarni, & Lusiana, 2015). Nilai ambang batas untuk konsentrasi *methylene blue* yang diperbolehkan dalam perairan sekitar (5-10) mg/L. Maka diperlukan suatu metode untuk mengolah air limbah yang telah terkontaminasi oleh zat warna tersebut (Lestari, Wardhani, & Khunur, 2015).

Beberapa metode telah digunakan oleh peneliti untuk mengolah air limbah yang telah terkontaminasi oleh zat warna, seperti proses oksidasi lanjutan, metode biologis, filtrasi, koagulasi (Stavrinou et al., 2018), bioremediasi, degradasi elektrokimia, pertukaran kation membran, oksidasi foton, fotokatalisis (Jawad, Rashid, Ishak, & Ismail, 2018), dan ultrafiltrasi (Ma et al., 2015). Namun metode tersebut memiliki kekurangan seperti kurang efisien dan mahal dalam proses pengolahannya. Salah satu proses pengolahan limbah zat warna yang saat ini berkembang yaitu metode adsorpsi. Metode ini paling banyak digunakan karena metode ini aman, tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan, peralatan yang digunakan sederhana dan murah, mudah pengerjaannya, dapat didaur ulang, efisien dan ekonomis (Zein, Ramadhani, Aziz, & Suhaili, 2019).

Adsorpsi yang menggunakan karbon aktif adalah metode yang sangat efektif dan banyak digunakan untuk menghilangkan limbah zat warna (Njoku, Foo, Asif, & Hameed, 2014). Namun, karbon aktif yang tersedia secara komersial tetap

terbatas karena tingginya biaya yang dihasilkan dari penggunaan bahan yang mahal yang tidak terbarukan seperti batu bara. Namun, para peneliti berusaha untuk menghasilkan karbon aktif yang lebih murah, efektif, dan ramah lingkungan yang berasal dari limbah pertanian seperti limbah buah-buahan, ampas tebu, sekam padi, sekam kelapa, tongkol jagung dan masih banyak lagi (Djilani et al., 2015).

Pada penelitian ini, kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla) digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif. Karena kulit pisang mengandung sejumlah besar pektin, selulosa, hemiselulosa, lignin, dan oligosakarida (Lu & Li, 2019). Selain itu, produksi pisang di Indonesia dari tahun 1980 hingga 2015 menunjukkan peningkatan yang fluktuatif dengan rata-rata pertumbuhan 4,16% per tahun, dimana jumlah produksi pisang pada tahun 2015 sebanyak 7,3 juta ton. Tingginya produksi pisang maka tinggi pula limbah kulit pisang yang dihasilkan, sehingga limbah kulit pisang perlu dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai ekonominya (Muksin et al., 2019).

Pada penelitian sebelumnya, kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla) telah dimanfaatkan sebagai biosorbent dalam penyerapan ion Cu (II), Cd (II) (Nasra, Kurniawati, & Bahrizal, 2017), Zink (II), (Nasra, Kurniawaty, Bahrizal, & Puspita Sari, 2019) Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , dan Cr^{3+} terhadap penyerapan logam Pb^{2+} (Yollanda et al., 2019), dan fenol (Retno, 2019). Maka pada penelitian ini mengkaji pemanfaatan kulit pisang (*Musa balbisiana* Colla) untuk dijadikan karbon aktif dalam penyerapan *methylene blue* dengan menggunakan metode batch.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Diperlukan penanganan limbah zat warna *methylene blue* salah satunya dengan adsorben dari karbon aktif.
2. Masih banyak sumber adsorben yang belum dimanfaatkan dengan baik seperti karbon aktif dari bahan dasar kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla).

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka penulis membatasi masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Karbon aktif dibuat dari bahan dasar kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla).
2. Zat warna yang akan diadsorpsi adalah zat warna *methylene blue*.
3. Karbon, karbon aktif dan karbon aktif sesudah dikontakan dengan *methylene blue* dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*).
4. Penentuan kapasitas penyerapan optimum pada variasi pH (2-7), konsentrasi larutan (50, 100, 150, 200) mg/L, ukuran partikel (150, 180, 250, 355) μm , waktu kontak (30, 60, 90, 120) menit, Kecepatan pengadukan (150, 200, 250, 300) rpm dianalisisnya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pH, konsentrasi, ukuran partikel, waktu kontak dan kecepatan pengadukan *methylene blue* terhadap daya serap karbon aktif ?
2. Bagaimana kapasitas penyerapan maksimum dari karbon aktif terhadap *methylene blue* ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan kondisi optimum penyerapan zat warna *methylene blue* dari karbon aktif..
2. Menentukan kapasitas penyerapan dari karbon aktif terhadap *methylene blue*.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi dari manfaat kulit pisang kepok sebagai karbon aktif.
2. Menambah wawasan tentang pembuatan karbon aktif.
3. Memberikan informasi seberapa besar kapasitas penyerapan zat warna *methylene blue* menggunakan adsorben dari karbon aktif

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kulit Pisang

Pisang merupakan salah satu tanaman buah terpenting di dunia dan banyak dibudidayakan lebih dari 130 negara (Lu & Li, 2019). Pisang dengan nama latin *Musa paradisiaca* merupakan jenis buah-buahan tropis yang sangat banyak dihasilkan di Indonesia. Produksi pisang di Indonesia dari tahun 1980 hingga 2015 menunjukkan peningkatan yang fluktuatif dengan rata-rata pertumbuhan 4,16% per tahun, dimana jumlah produksi pisang pada tahun 2015 sebanyak 7,3 juta ton. Tingginya produksi pisang maka tinggi pula limbah kulit pisang yang dihasilkan, sehingga limbah kulit pisang perlu dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai ekonominya (Muksin et al., 2019).

Kulit pisang mengandung air sebesar 68,90%, karbohidrat sebesar 18,50%, lignin (6%-12%), pektin (10%-21%), selulosa (7,6%-9,6%) dan hemiselulosa (6,4%-9,4%) (Vilardi et al., 2018), dan adanya unsur oksigen dalam komponen utama kulit pisang dapat meningkatkan aktivitas agen pengaktif, yang akan meningkatkan porositas karbon aktif sehingga, Kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Kandungan kulit pisang dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Senyawa yang terkandung dalam kulit pisang (Vilardi et al., 2018).

Jenis Senyawa	Kandungan (%)
Air	68,90
Karbohidrat	18,50
Lignin	6-12
Pektin	10-21
Selulosa	7.6-9,6
Hemiselulosa	6,4-9,4

Salah satu jenis pisang yang sering digunakan sebagai adsorbent untuk penyerapan polutan air adalah pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla). Pisang kepok merupakan salah satu jenis pisang yang sering diolah oleh masyarakat seperti olahan pisang goreng dan diolah menjadi keripik. Pisang kepok memiliki ciri-ciri sebagai berikut: memiliki kulit yang tebal dengan warna kuning kehijauan, daging buahnya manis, bentuk buah pisang kepok agak gepeng dan bersegi, ukuran buahnya kecil, panjangnya 10-12 cm, beratnya sekitar 80-120 gram, dan tumbuh subur pada suhu 27 °C sampai 38°C (Jubilate, Zaharah, & Syahbanu, 2016) . Kulit pisang kapok dapat dilihat pada Gambar 1.



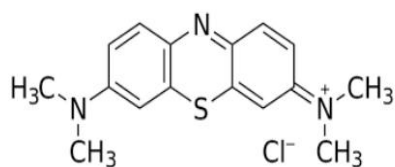
Gambar 1. Kulit pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla)

Klasifikasi pisang kepok (*Musa balbisiana* Colla) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Tracheobionta
 Superdivisi : Spermatophyta
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Liliopsida
 Sub kelas : Zingiberidae
 Ordo : Zingiberales
 Famili : Musaceae
 Genus : *Musa L*
 Spesies : *Musa balbisiana*
 (Jubilate, Zaharah, & Syahbanu, 2016).

B. *Methylene Blue*

Methylene blue merupakan Jenis pewarna kationik, yang memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}ClN_3S$, berat molekul 319.85 g / mol, dengan indeks warnanya biru dasar 9, struktur kimia *methylene blue* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur *methylene blue* (Sanada et al., 2014)

Methylene blue merupakan adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan mempunyai daya adsorpsi yang sangat kuat serta dapat larut dalam air. Karakteristik *methylene blue* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik *methylene blue* (Sanada et al., 2014).

Indeks	<i>Methylene blue</i>
C.I.	52015
Jenis	Kationik
Rumus kimia	$C_{16}H_{18}ClN_3S$
Berat molekul (g/mol)	319,85
<i>Bulk Desnsity</i> (Kg/m ³)	400-600
Kelarutan dalam air (g/L)	50 (pada 20° C)
<i>Odour & form</i>	<i>Odourless & dark blue</i>
Ukuran molekul	1,43x0,61x0,4

Methylene blue banyak digunakan oleh industri seperti industri tekstil, kertas, karet, plastik, kulit, kosmetik, farmasi dan industri makanan (Sayılı, Güzel, & Önal, 2015). *Methylene blue* tidak terlalu beracun bagi manusia, tetapi dapat menyebabkan iritasi mata, iritasi kulit, efek sistematik termasuk perubahan darah, selain itu paparan senyawa ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan muntah, mual, diare, pusing, keringat berlebih dan radang pencernaan (Fitriani, Oktiarni, & Lusiana, 2015).

C. Karbon Aktif

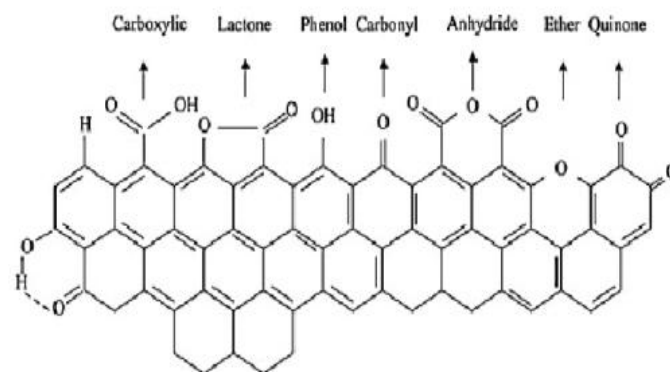
Karbon aktif adalah suatu bahan padat berpori yang merupakan hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon. Karbon aktif merupakan suatu bentuk arang yang telah melalui aktivasi dengan menggunakan gas CO_2 , uap air, atau bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian daya adsorpsinya menjadi tinggi (Simanjuntak, 2008).

Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar, berkisar 500-2.000 m^2/g (Suhas et al., 2016). Sehingga sangat memungkinkan untuk dapat menyerap adsorbat dalam jumlah banyak. Semakin luas permukaan pori-pori dari karbon aktif, maka daya serapnya semakin tinggi. Oleh karena itu, karbon aktif telah banyak dimanfaatkan secara luas seperti pemisahan gas, pemulihan pelarut, penyimpanan gas, elektroda kapasitor super, dukungan katalis, adsorben untuk polutan organik dan anorganik dari air minum, industri obat-obatan, farmasi dan penghilangan bau (Jawad, Rashid, Ishak, & Ismail, 2018).

Karbon aktif terdiri dari pelat-pelat datar, disusun oleh atom-atom C yang terikat secara konvalen dalam satu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya. Pelat-pelat tersebut bertumbuk-tumbuk satu sama lain membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon dan senyawa organik lain yang tertinggal pada permungkaanya.

Karbon adalah suatu zat inert, tidak larut dalam air basa, asam encer dan pelarut organik. Karbon aktif tidak hanya mengandung karbon tetapi sejumlah kecil oksigen dan hidrogen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, lakton, quinon dan gugus eter. Oksida-oksida permukaan tersebut seringkali berasal dari bahan bakunya atau

dapat pula terbentuk dari reaksi dengan udara maupun uap air. Oksida-oksida tersebut biasanya bersifat asam dan akan mempengaruhi sifat karbon aktif (Simanjuntak, 2008). Gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gugus fungsi pada permukaan karbon aktif (Marsh, *et al*, 2006).

Karbon aktif yang baik kualitasnya adalah karbon yang mempunyai kadar C tinggi serta kadar abu dan hidrogen yang rendah, dengan demikian kualitas karbon aktif akan ditentukan dari bahan baku, bahan pengaktif dan cara pembuatannya. Permukaan karbon aktif pada umumnya bersifat nonpolar. Sifat ini menyebabkan adsorpsi elektronik anorganik lebih susah dari pada adsorpsi senyawa organik (Simanjuntak, 2008).

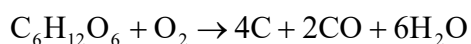
Menurut SNI 06-3730-1995 kualitas karbon aktif yang baik memiliki karakteristik sebagai berikut: bagian yang hilang pada pemanasan 950°C maksimal 25% , air maksimal 15%, abu 10%, daya serap terhadap I₂ minimal 750 mg/g, dan karbon aktif murni 65% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 (Permatasari, Khasanah, & Widowati, 2014).

Tabel 3. Standar mutu karbon aktif menurut SNI-06-3730-1995 (Sahara et al., 2017).

Uraian	Satuan	Persyaratan
Kadar air	%	Maks. 15
Kadar abu	%	Maks. 10
Kadar uap	%	Maks. 25
Uji daya serap iodin	Mg/g	Min.750
Kadar karbon terikat	%	Min. 65

Pembuatan karbon aktif berlangsung tiga tahap yaitu prose dehidrasi, proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses dehidrasi ini bertujuan menghilangkan kadar air dalam bahan baku. Proses ini dapat dilakukan dengan cara bahan dijemur di bawah sinar matahari atau pemanasan dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit (Tumimomor., et al, 2017).

Karbonisasi adalah proses pengarangan karbon pada temperatur tertentu dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas yang biasa disebut dengan pirolisis. Proses pengarangan yang akan menghasilkan karbon melalui reaksi pembakaran yang tidak sempurna yang akan menghasilkan C, CO, dan H₂O. Persamaan reaksi pembakaran dapat dilihat dibawah ini.



Pada proses ini senyawa organik akan diubah menjadi karbon dan senyawa non organik diubah menjadi pengotor. Suhu yang digunakan dalam proses karbonisasi berkisaran antara 300-800° C, jika suhu yang digunakan kecil dari

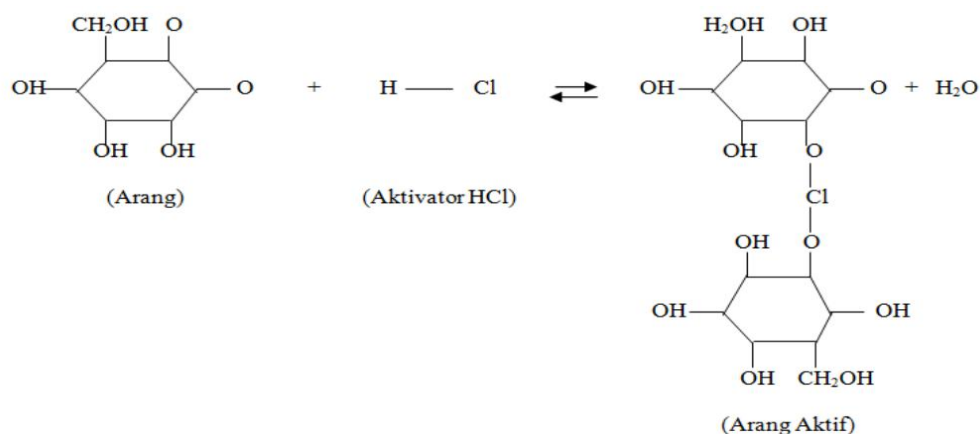
300°C maka proses karbonisasi tidak sempurna, apabila suhu yang digunakan besar dari 800°C maka arang akan diubah menjadi abu (Jubilate et al., 2016).

Proses aktivasi berfungsi untuk membuka pori-pori arang yang tertutupi saat karbonisasi oleh zat-zat sisa pembakaran, untuk menghilangkan hidrokarbon dan air yang terjebak dalam pori-pori karbon. Proses aktivasi terdiri dari dua macam yaitu aktivasi secara fisika dan kimia. (Jubilate et al., 2016).

Aktivasi fisika melibatkan gas CO_2 , O_2 atau uap air yang terbentuk pada temperatur tinggi yaitu sekitar 500-800°C yang bertindak sebagai gas pengoksidasi, gas ini akan bereaksi dengan karbon dan melepaskan karbon monoksida dan hidrogen bila digunakan gas pengoksidasi uap air (Cundari et al., 2016). Sedangkan aktivasi kimia merupakan proses peresapan dari bahan awal dengan bahan kimia dehidrasi, sebelum atau setelah proses karbonisasi. Pada proses aktivasi akan membuat atom-atom karbon menjadi aktif sehingga daya serap karbon meningkat. Bahan kimia yang digunakan untuk aktivasi pada karbon disebut zat aktivator. Sifat dari zat aktivator adalah mengikat air. Zat aktivator akan masuk dalam pori dan membuat permukaan arang yang awalnya tertutup menjadi terbuka. Dengan cara tersebut saat diberi pemanasan, pengotor dalam pori akan mudah diserap dan membuat luas permukaan karbon aktif menjadi besar dan naiknya kemampuan daya serap. (Cundari et al., 2016). Berbagai bahan kimia yang digunakan dalam proses aktivasi adalah asam sulfat, asam klorida, asam nitrat, asam fosfat, kalium hidroksida, natrium hidroksida, dan kalsium karbonat (Danish & Ahmad, 2018).

Asam klorida (HCl) merupakan *activating agent* yang akan mengoksidasi karbon dan merusak permukaan bagian dalam karbon sehingga akan terbentuk

pori dan meningkatkan daya adsorpsi. *Activating agent* HCl berperan sebagai *dehydrating agent* yang akan mempengaruhi dekomposisi pirolisis, menghambat pembentukan tar, dan mengurangi pembentukan asam asetat metanol, dan lain-lain (Manocha et al., 2003). Menurut (Alfiany, 2013) karbon aktif yang menggunakan aktivator HCl lebih baik dibandingkan dengan aktivator lainnya seperti H_2SO_4 dan HNO_3 . Aktivator HCl memiliki daya serap iodine yang besar karena dapat melarutkan pengotor sehingga mengakibatkan pori-pori karbon lebih banyak terbentuk. Sedangkan pada H_2SO_4 dan HNO_3 daya serap iodine kecil karena aktivator ini dapat merusak dinding struktur karbon. Mekanisme reaksi aktivasi karbon menggunakan larutan HCl dapat dilihat pada Gambar 4 .



Gambar 4. Mekanisme reaksi aktivasi karbon menggunakan larutan HCl (Cundari et al., 2016)

D. Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan. Adsorpsi merupakan suatu teknik pemisahan yang digunakan untuk menghilangkan polutan dalam air, contoh lain dari teknik pemisahan adalah ekstraksi dan pemisahan dengan membran. Teknik lain yang dapat digunakan dalam menghilangkan polutan dari air adalah teknik merusak

seperti oksidasi, elektrokimia, dan fotokatalitik. (Sas, Castro, Domínguez, & González, 2019).

Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat diserap masuk kedalam adsorben sedangkan pada adsorpsi, zat yang diserap hanya pada permukaan. Molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan proses kesetimbangan, sebab laju adsorpsi disertai dengan terjadinya desorpsi. Pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat, dan sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat. Ketika laju adsorpsi adalah sama dengan laju desorpsi sering disebut sebagai keadaan berkesetimbangan. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi adalah berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Secara umum waktu tercapainya kesetimbangan adsorpsi melalui mekanisme fisika (fisorpsi) lebih cepat dibandingkan dengan melalui mekanisme kimia atau kemisorpsi (Cahyo et al., 2018).

Terdapat dua metode perlakuan dalam adsorpsi, yaitu perendaman (batch) dan kolom (fixed bed). Metode batch dilakukan pencampuran larutan dan dikocok dengan bahan penyerap hingga terjadi kesetimbangan. Metode kolom dilakukan dengan meletakkan adsorben dalam kolom dan mengalir sorbat melewati kolom yang telah berisi sorben hingga adsorpsi jenuh (Agustiningtyas., 2012). Syarat-syarat sorben yang baik, antara lain: mempunyai daya serap yang besar, zat padat

dengan luas permukaan yang besar, tidak larut dalam zat yang akan diadsorpsi, tidak bereaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan, dapat diregenerasi kembali dengan mudah, dan tidak beracun (Ibrahim., 2011).

Berdasarkan interaksinya adsorpsi dikenal dengan dua macam, yakni adsorpsi secara fisika dan secara kimia. Secara fisika adsorpsi terjadi jika gaya intermolekular lebih kuat dari gaya tarik antarmolekul, atau gaya tarik menarik yang terjadi relatif lemah antara adsorbat dan permukaan adsorbat. Gaya tersebut dikenal dengan gaya Van Der Waals yang memungkinkan adsorbat berpindah dari salah satu bagian permukaan adsorben ke bagian lainnya. Pada adsorpsi kimia terjadi pertukaran atau terpakainya secara bersama elektron antara molekul dari adsorbat dengan permukaan pada adsorben yang memungkinkan adanya reaksi kimia. Ikatan yang terbentuk dari adsorbat dengan adsorben merupakan ikatan kimia yang lebih kuat dari pada adsorpsi fisika. Pada umumnya ada faktor-faktor yang berpengaruh pada proses adsorpsi adalah: luas permukaan adsorben, jenis dari adsorbat, struktur molekul adsorbat, konsentrasi adsorbat, temperatur, pH, kecepatan pengadukan saat adsorpsi, dan waktu kontak (Cundari et al., 2016).

Isoterm adsorpsi menjelaskan hubungan kesetimbangan antara adsorben dan adsorbat, biasanya perbandingan antara diserap dan yang tersisa dalam larutan pada suhu yang tetap dalam kesetimbangan. Ada beberapa jenis isoterm adsorpsi antara lain.

1. Isoterm adsorpsi langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir diasumsikan bahwa proses adsorpsi hanya akan berlangsung pada tempat-tempat tertentu dalam permukaan adsorben dengan

tingkat energi yang sama. Isoterm adsorpsi Langmuir digunakan untuk menggambarkan adsorpsi kimia (Achak et al., 2009).

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{KI \cdot q_m}$$

Dimana :

C_e = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan (mg/L).

q_e = Jumlah adsorbat yang terserap pada kesetimbangan (mg/g).

q_m = Kapasitas serapan maksimum teoritis (mg/g).

KI = konstanta langmuir (L/mg).

Penentuan isoterm Langmuir dilakukan dengan cara membuat kurva hubungan antara $1/C_{akhir}$ dan $1/daya\ serap$, sehingga dapat diperoleh kurva isoterm Langmuir untuk proses adsorpsi (Rakhmawati, 2007).

2. Isoterm adsorpsi freundich

Isoterm adsorpsi Freundich didasarkan pada asumsi adsorpsi terjadi pada situs heterogen dengan distribusi tingkat energi yang tidak seragam. Freundich menjelaskan adsorpsi reversible dan adsorpsi yang terjadi pada beberapa lapisan dan ikatannya tidak kuat (Achak et al., 2009).

Persamaan isoterm adsorpsi Freundich sebagai berikut

$$\log m = \log k + \frac{1}{n} \log c$$

Dimana :

m = berat adsorben (g)

C = konsentrasi sebelum teradsorpsi (mg/L)

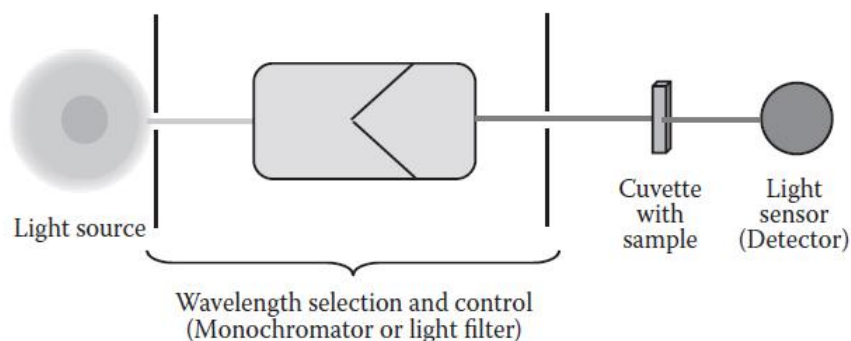
K dan n adalah konstanta

Isoterm adsorpsi Freundlich ditentukan dengan cara membuat kurva hubungan antara $\log C$ akhir dan adsorbat (Rakhmawati, 2007).

E. 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. Spektrofotometer UV / Visible banyak digunakan dalam laboratorium baik di bidang akademis, penelitian serta jaminan kualitas industri (Yildiz Y, 2019). Metode spektrokimia molekul UV-Vis memanfaatkan cahaya di daerah ultraviolet dan cahaya tampak dari spektrum elektromagnetik untuk menganalisis sampel laboratorium untuk senyawa molekul dan ion kompleks. Analisis kualitatif dilakukan dengan membandingkan spektra serapan atau transmisi dengan spektrum yang diketahui.

Analisis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan hukum Beer. Desain dasar instrumen yang menggunakan sinar ultraviolet atau cahaya tampak yang terdiri dari sumber cahaya, detektor, cuvet dengan sampel, dan detektor dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain dasar penyerapan sinar ultraviolet atau cahaya tampak terhadap sampel uji (Kenkel, 2002).

Absorbansi adalah parameter yang penting untuk analisis kuantitatif dan parameter yang meningkat secara linier dengan konsentrasi. Jika suatu analisis mengukur pada transmitansi, ia harus mengubahnya menjadi absorbansi melalui persamaan.

$$A = -\log T$$

Persamaan garis lurus A vs C pada kurva standar dikenal sebagai hukum lambert beer.

$$A = a.b.c$$

Keterangan:

a = Absorbansi

b = Jarak yang ditempuh cahaya melalui larutan yang diukur atau dalam wadah sampel yang ditempatkan pada jalur cahaya .

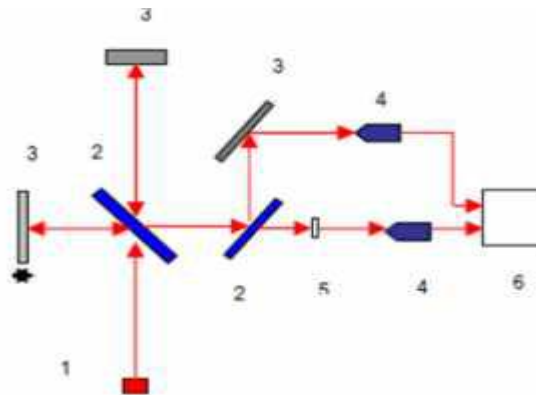
c = Konsentrasi

Konsentrasi dapat dinyatakan dalam satuan apapun, namun biasanya dinyatakan dalam molaritas, ppm, atau gram per 100 mL ketika konsentrasinya dalam molaritas dan panjang lintasan dalam sentimeter, satuan absorptivitas harus liter mol⁻¹ cm (Kenkel, 2002).

F. FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

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. Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional

menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. Skema alat spektroskopi FT-IR (Anam, 2007), dapat dilihat pada Gambar 6



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

Jika suatu sampel organik dilewatkan oleh sinar infra merah, maka sebagian sinar ada yang diserap dan ada yang diteruskan atau di transmisikan. Serapan sinar oleh molekul tergantung pada struktur elektronik dari sampel. Sinar yang diserap sampel menyebabkan terjadinya transisi dari vibrasi dasar ke tingkat vibrasi tereksitasi. Bentuk spektrum dari senyawa-senyawa organik berkaitan dengan transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan energy elektronik. Setiap ikatan mempunyai frekuensi karakteristiknya sendiri sebagai pita serapan dalam spektrum infra merah contohnya: pada panjang gelombang $1700-1725\text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya ikatan $\text{C}=\text{O}$ (carbonyl), pada panjang gelombang $2700-3300\text{ cm}^{-1}$ dan puncak melebar menandakan adanya ikatan $\text{O}-\text{H}$, pada panjang gelombang 3000 menunjukkan adanya ikatan $\text{C}-\text{H}$ stretch yang overlap dengan $\text{O}-\text{H}$, dan pada panjang gelombang $1100-1400$ dan sudut yang terbentuk sempit menandakan adanya ikatan $\text{C}-\text{O}$ (Suseno & Firdausi, 2008), sehingga Spektrum

FT-IR dari sampel dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam sampel (Albarelli, Rabelo, Santos, Beppu, & Meireles, 2011).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karbon aktif mempunyai gugus fungsi -OH pada panjang gelombang 3339 cm^{-1} , C-H 2928 cm^{-1} , C=C berada pada bilangan gelombang 1570-1320 cm^{-1} , dan C-H hemiselulosa pada panjang gelombang 810-770 cm^{-1} .
2. Gugus fungsi yang berperan dalam penyerapan karbon aktif terhadap *methylene blue* adalah O-H *stretching* dan C-H hemiselulosa.
3. Mekanisme adsorpsi pada penyerapan *methylene blue* mengikuti persamaan isotherm langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9783, q_m 3,47 mg/g dan KI 0,0408 L/mg. Sedangkan kapasitas penyerapan pada kondisi optimum pH 6, konsentrasi 50 mg/L, ukuran partikel 250 μm , waktu kontak 120 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm sebesar 5.639 mg/g dengan persentase penyerapan 93,79 %.

B. Saran

1. Melakukan uji BET pada karbon, dan karbon aktif untuk mengetahui luas permukaan internal.
2. Melakukan karakterisasi menggunakan instrumen XRD untuk mengetahui struktur material dari karbon aktif.
3. Melakukan penelitian adsorpsi karbon aktif dari bahan dasar kulit pisang kepok ke adsorbant lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Achak, M., Hafidi, A., Ouazzani, N., Sayadi, S., & Mandi, L. (2009). Low cost biosorbent “banana peel” for the removal of phenolic compounds from olive mill wastewater: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials*, 166(1), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.11.036>
- Agustiningtyas, Z. 2012. *Optimisasi Adsorpsi Ion Pb (II) Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditizon*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Albarelli, J. Q., Rabelo, R. B., Santos, D. T., Beppu, M. M., & Meireles, M. A. A. (2011). Effects of supercritical carbon dioxide on waste banana peels for heavy metal removal. *Journal of Supercritical Fluids*, 58(3), 343–351. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2011.07.014>
- Alfiany, H., Bahriss., Nurakhirawati. (2013). Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jantung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Natural Science*. 2 (3): 75-86. ISSN: 2338-0950
- Almeida, C. A. P., Debacher, N. A., Downs, A. J., Cottet, L., & Mello, C. A. D. (2009). Removal of methylene blue from colored effluents by adsorption on montmorillonite clay. *Journal of Colloid and Interface Science*, 332(1), 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2008.12.012>
- Anam, C., dan Sirojudin. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensindan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*. 10 (1):79-85.
- Cahyo, I, D., Rahmat, M., Wibowo, E. (2018). Study Karakteristik Adsorpsi Metilen Blue Pada Sekam Padi. *Jurnal e-proceeding of engineering*. 5(3). 5625. ISSN: 2355-9365
- Chi, T.D., Trang, D.T., and Minh, T. Le. 2017. *The Removal of Pb (II) and Cr (VI) from Aqueous Solution by Longan Skin Adsorbent*. *Int. J. Innov. Stud. Sci. Eng. Technol.* 3:12, 9–15.
- Cundari, L., Melsi, F, M., Fiat, C. (2016). Pengaruh Waktu Sampling dan Ukuran Partikel Adsorben Terhadap Adsorpsi Kontinyu Limbah Kain Jumputan. *Jurnal Teknik Kimia*. 22(4).
- Danish, M., & Ahmad, T. (2018). A review on utilization of wood biomass as a sustainable precursor for activated carbon production and application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87(February), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.003>
- Djilani, C., Zaghdoudi, R., Djazi, F., Bouchekima, B., Lallam, A., Modarressi, A., & Rogalski, M. (2015). Adsorption of dyes on activated carbon prepared from apricot stones and commercial activated carbon. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 53, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.02.0>

- Falahiya. (2015). Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Abu dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat. Malang: Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim Malang
- Fitriani, D., Oktiarni, D., & Lusiana. (2015). Pemanfaatan Kulit Pisang Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Gradien*, 11(2), 1091–1095.
- Huda, T., Yulitaningtyas, T., K. (2018). Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa Dari Alang-Alang. *Jurnal Chemical Analysis*. 1(1). 9-19
- Ghafur, A., & Mitarlis. (2014). Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Padat Sintesis Furfural Berbahan Dasar Sekam Padi melalui Aktivasi Kimia. *UNESA Journal of Chemistry*, 3(3), 1–8.
- Huda, T., & Yulitaningtyas, K, T. (2018). Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. Indonesian Journal of Chemical Analysis. 1(1). 09-19 ISSN 2622-7401
- Ibrahim, W.M. 2011. *Biosorption of Heavy Metal Ions From Aqueous Solution by Red Macroalgae*. J. Hazard. Mater. 192: 1827-1835.
- Jawad, A. H., Rashid, R. A., Ishak, M. A. M., & Ismail, K. (2018). Adsorptive removal of methylene blue by chemically treated cellulosic waste banana (*Musa sapientum*) peels . *Journal of Taibah University for Science*, 12(6), 809–819. <https://doi.org/10.1080/16583655.2018.1519893>
- Ma, J., D. Huang, J., Zou, L., Li, Y., Kong. (2014). Adsorption of methylene blue and Orange II pollutants on activated carbon prepared from banana peel. *Journal Porous Mater*. DOI 10.1007/s10934-014-9896-2
- Jubilate, F., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Besi (Ii) Pada Air Tanah. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(4), 14–21.
- Kenkel, J. (2002). Analytical Chemistry for Technicians, Third Edition. In *Analytical Chemistry for Technicians, Third Edition*. <https://doi.org/10.1201/9781420056709>
- Lestari, Y. D., Wardhani, S., & Khunur, M. M. (2015). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N/Zeolit dengan Sinar Matahari. *Kimia.Studentjournal*, 1(1), 592–598.
- Lu, Y., & Li, S. (2019). Preparation of Hierarchically Interconnected Porous Banana Peel Activated Carbon for Methylene Blue Adsorption. *Journal Wuhan University of Technology, Materials Science Edition*, 34(2), 472–480. <https://doi.org/10.1007/s11595-019-2076-0>
- Ma, J., Huang, D., Zou, J., Li, L., Kong, Y., & Komarneni, S. (2015). Adsorption of methylene blue and Orange II pollutants on activated carbon prepared from banana peel. *Journal of Porous Materials*, 22(2), 301–311. <https://doi.org/10.1007/s10934-014-9896-2>

- Manocha, S. M. (2003). Poros Carbon. Journal Sardar Patel University. Department of Materials Science. 28. 335-348
- Marsh, H., & Rodríguez-Reinoso, F. (2006). Activated Carbon. In *Elsevier Science & Technology Books*.
<https://doi.org/10.1016/B978-008044463-5/50018-2>
- Muksin I Ketut., dan Luh Arpiwi Ni. 2019. Bioetanol dari Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L.) dengan Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak, JURNAL METAMORFOSA, 6 (1): 106-112.
- Nasra, E., Kurniawati, D., & Bahrizal. (2017). Biosorption of Cadmium and Copper Ions from Aqueous Solution using Banana (*Musa paradisiaca*) Shell as Low-Cost Biosorbent. *International Conference on Chemistry and Engineering in Agroindustry*, 33–36.
- Njoku, V. O., Foo, K. Y., Asif, M., & Hameed, B. H. (2014). Preparation of activated carbons from rambutan (*Nephelium lappaceum*) peel by microwave-induced KOH activation for acid yellow 17 dye adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 250, 198–204.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.03.115>
- Nurhasni., Firdiyono, F., Sya'ban, Q. (2012). Penyerpan Ion Aluminium Dan Besi Dalam Larutan Sodium Silika Menggunakan Karbon Aktif. Jurnal Valensi. 2(4). 516-525
- Permatasari, A. R., Khasanah, L. U., & Widowati, E. (2014). KARAKTERISASI KARBON AKTIF KULIT SINGKONG (*Manihot utilissima*) DENGAN VARIASI JENIS AKTIVATOR. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(2), 70–75. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13004>
- Rakhmawati, E. (2007). *Pemanfaatan kitosan hasil deasetilasi kitin cangkang bekicot sebagai adsorben zat warna*. 1–68.
- Sahara, E, Sulihingtyas, W, D., & Maharsika, I, P, A. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang diaktivasi dengan H₃PO₄. Jurnal Kimia 11(1), 1-9. ISSN 1907-9850
- Sas, O. G., Castro, M., Domínguez, Á., & González, B. (2019). Removing phenolic pollutants using Deep Eutectic Solvents. *Separation and Purification Technology*, 227(April), 115703.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115703>
- Sayili, H., Güzel, F., & Önal, Y. (2015). Conversion of grape industrial processing waste to activated carbon sorbent and its performance in cationic and anionic dyes adsorption. *Journal of Cleaner Production*, 93, 84–93.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.009>
- Simanjuntak, L, E. (2008). Studi Penurunan Konsentrasi Fenol Menggunakan Teknik Adsorpsi Karbon Aktif dan Teknik Elektrokimia . Depok: Universitas Indonesia

- Stavrinou, A., Aggelopoulos, C. A., & Tsakiroglou, C. D. (2018). Exploring the adsorption mechanisms of cationic and anionic dyes onto agricultural waste peels of banana, cucumber and potato: Adsorption kinetics and equilibrium isotherms as a tool. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(6), 6958–6970. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.10.063>
- Suhas, Gupta, V. K., Carrott, P. J. M., Singh, R., Chaudhary, M., & Kushwaha, S. (2016). Cellulose: A review as natural, modified and activated carbon adsorbent. *Bioresource Technology*, 216, 1066–1076. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.106>
- Suseno, J. E., & Firdausi, K. S. (2008). Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*, 11(1), 23-28–28.
- Tumimomor, F., Maddu, A., & Pari, G. (2017). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Bambu Sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(1), 73. <https://doi.org/10.35799/jis.17.1.2017.15802>
- Vilardi Giorgio., Di Palma Luca., & Nicola Verdone.2018. Heavy metals adsorption by banana peels micro-powder: Equilibrium modeling by non-linear models. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 26(3): 455-464. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.06.026>
- Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., & Ang, H. M. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 209, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2014.04.002>
- Yollanda, D., Nasra, D., Kurniawati, D., Dewata, I., & Nizar, U, K. (2019). Pengaruh Ion Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , dan Cr^{2+} Terhadap Penyerapan Logam Pb^{2+} Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L) Sebagai Biosorben. *Menara Ilmu*. XIII(2)
- Zein, R., Ramadhani, P., Aziz, H., & Suhaili, R. (2019). Biosorben cangkang pensi (*Corbicula moltkiana*) sebagai penyerap zat warna metanil yellow ditinjau dari pH dan model kesetimbangan adsorpsi. *Jurnal Litbang Industri*, 9(1), 15. <https://doi.org/10.24960/jli.v9i1.4661.15-22>