

*Skripsi*

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG  
KLUWAK (*Pangium edule* Reinw) DENGAN  $\text{HNO}_3$  DAN APLIKASINYA  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING**

**FARIDATUN SHOLEHAH**

**H31114 030**



**DEPARTEMEN KIMIA  
KULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2018**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG  
KLUWAK (*Pangium edule* Reinw) DENGAN HNO<sub>3</sub> DAN APLIKASINYA  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

**Oleh:**

**FARIDATUN SHOLEHAH**

**H31114 030**



**MAKASSAR**

**2018**



**SKRIPSI**

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG  
KLUWAK (*Pangium edule* Reinw) DENGAN HNO<sub>3</sub> DAN APLIKASINYA  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING**

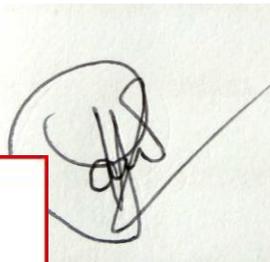
**Disusun dan diajukan oleh**

**FARIDATUN SHOLEHAH**

**H311 14 030**

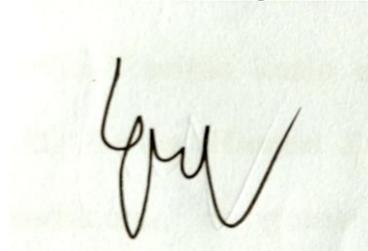
**Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:**

**Pembimbing Utama**



**Ina Taba, M.Phill**  
**71115 198810 2 001**

**Pembimbing Pertama**



**Dr. H. Yusafir Hala, M.Si**  
**NIP. 195805 10 198810 1 001**



## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah serta ilmu pengetahuan yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Berhasilnya penyusunan skripsi dengan judul “**Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (*Pangium edule* Reinw) dengan  $\text{HNO}_3$  dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Metanil Kuning**” menandakan berakhirnya suatu dimensi perjuangan syarat akan makna dan penuh kenangan dalam menggapai ilmu di Strata Satu Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Kampus Merah Universitas Hasanuddin.

Keberhasilan penulis ketahap penulisan skripsi tidak lepas dari bantuan, baik berupa materi maupun spirit dari orang-orang terdekat dan yang berada dilingkungan penulis. Dengan setulus hati, pertama dari yang paling utama, melalui lembaran ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orangtua penulis Ayahanda **Drs. H. Muhdar** dan Ibunda **Dra. Hj. Nafisah** tercinta untuk perhatian, pengorbanan, kasih sayang, kesabaran, dukungan materi dan ketulusan doa yang tiada henti bagi penulis. Semoga Allah SWT membalas pengorbanan mereka dengan Jannah-Nya. Terima kasih untuk saudaraku tercinta **Briptu M. Khalid Rijaluddin S.H, Ishma Humai Datur Rasidah dan Keluarga Besarku** yang selalu mendukung, menyemangati, memotivasi, menasehati dan yang tiada henti berikan doa terbaik. Semoga penulis bisa diberi kesempatan untuk bisa mengabdikan mereka.



Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Dr. Paulina Taba M.Phil** selaku pembimbing utama dan bapak **Dr. Yusafir Hala, M.Si** selaku pembimbing pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan dengan penuh kesabaran dan pengertian dalam memberikan ilmu yang tak ternilai selama penelitian dan penyusunan skripsi sehingga berbagai kendala dapat diatasi serta ucapan maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih juga kepada:

1. Dosen penguji ujian sarjana kimia, yaitu **Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab** (Ketua), **Dr. Hasnah Natsir** (Sekretaris), **Dr. Paulina Taba M.Phil** (Ex. Officio), **Dr. Yusafir Hala, M.Si** (Ex. Officio) dan **Syadza Firdausiah, S.Si, M.Si** (Anggota).
2. Ketua Departemen Kimia bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan Sekretaris Departemen Kimia **Dr. St. Fauziah, M.Si** beserta dosen dan staf Departemen Kimia yang telah membantu penulis dalam perjalanan selama menempuh pendidikan di Departemen Kimia.
3. Bapak **Dr. Maming M.Si** dan Ibu **Dr. Paulina Taba M.Phil** selaku Penasehat Akademik. Terima kasih telah memberikan nasehat dan bimbingan selama mengikuti proses perkuliahan di Jurusan Kimia.
4. Seluruh **Analisis laboratorium kimia** Departemen Kimia, Universitas Hasanuddin, **Pak Sugeng, Kak Fiby, Kak Linda, Ibu Tini, Kak Anti, Pak Iqbal** dan **kak Hanna**. Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.



audara-saudaraku **Prekursor 2014 “kuat kita bersama”**, Terima kasih atas semangat, rasa persaudaraan, penghibur dikala suka dan duka, serta

memberikan pengalaman yang sangat berharga dalam kehidupan kampus dan untuk kepribadianku.

6. Saudara-saudaraku **MIPA 2014 “kita semua sama”**, Terima kasih atas pengalaman, semangat, kekompakan dan rasa persaudaraan selama ini.
7. Sahabat-Sahabat ku **Jumratun Tri Novianti S.Kep** dan **Iin Indriani** yang selalu setia menemaniku, merawat dan membantuku dikala suka dan duka di daerah rantauan.
8. Terimakasih sebesar-besarnya kepada orang yang selalu menyalurkan ilmu, membantu dan merawat di kala suka maupun duka serta pengalaman yang berharga selama ini, semoga ALLAH membalas semua kebaikannya.
9. Rekan Aypot **Besse Illang Sari, Ni Putu Kasturiasih, Novayani Pagiling, Elva Sihaya, Nadia Yuli Parmitha** dan **Risma Achmad**, terima kasih yang selalu ada disaat suka duka serta kenangan-kenangan yang tak terlupakan selama berada dikampus dan di daerah rantauan semoga pertemanan yang kita jalani bernilai ibadah.
10. Rekan penelitian **Novayani Pagiling, Risma Achmad, Helen Saludung, Ayu Hartina, Fenti sampe siala, Muzakir, Widya Aulia, Wahyuni Nahru** dan **Dian Putri Ayunita** terima kasih atas kerja sama dan bantuannya.
11. Seluruh warga dan alumni **KMK FMIPA Unhas**. HMK tempat kita dibina, HMK tempat kita ditempa.
12. Kakak-kakak, adik-adik, serta alumni **KM FMIPA Unhas**. *Salam Use Your Mind Be The Best.*



KN Gel. 96 Kabupaten Maros, Kecamatan Cenrana, Posko Rompegading:  
upriadhi, Dien Fitri Awalia Rahman dan teman” KKN Kec. Cenrana

terima kasih atas kebersamaan dan pengalaman berharga selama di lokasi KKN.

14. Teman-temanku **MTs N 02 KOTA BIMA** dan **“GRANAD” SMAN 1 KOTA BIMA**. terima kasih atas motivasi dan pengalaman berharga selama di bangku MTs dan SMA.
15. **Semua pihak** yang tidak sempat disebut namanya yang telah memberikan bantuan, dukungan dan doa kepada penulis.

Penulisan skripsi ini tidak luput dari kekhilafan, maka dari itu penulis sangat menghargai apabila ada kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi dan perkembangan ilmu pengetahuan serta penelitian kedepannya. Semoga skripsi ini bernilai ibadah di sisi Allah SWT dan dapat memberikan kepada kita semua. Aamiin  
Allahumma Aamiin

Makassar, Desember 2018

Penulis



## ABSTRAK

Modifikasi permukaan karbon aktif berbahan dasar tempurung kluwak (*Pangium edule* Reinw) telah dilakukan dengan  $\text{HNO}_3$  untuk diaplikasikan sebagai adsorben zat warna metanil kuning. Karbon aktif disintesis melalui serangkaian tahapan yaitu proses karbonisasi pada suhu  $370\text{ }^\circ\text{C}$ , aktivasi kimiawi dengan  $\text{KOH}$  25% dan modifikasi dengan  $\text{HNO}_3$  4 M. Karakterisasi karbon hasil modifikasi dilakukan dengan analisis titrasi Boehm, instrument FTIR, SEM, BET dan uji metilen biru. Hasil titrasi Boehm menunjukkan peningkatan gugus karboksil, lakton, fenol dan asam total sementara gugus basa mengalami penurunan. Adanya ikatan O-H dan C-O pada spektrum FTIR menunjukkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan cenderung bersifat polar. Dengan demikian karbon aktif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben. Hasil SEM menunjukkan morfologi permukaan karbon hasil modifikasi mengalami pembentukan pori yang tampak jelas jika dibandingkan dengan karbon sebelum modifikasi. Karakterisasi karbon dengan metode BET sebelum dan sesudah modifikasi diperoleh diameter pori masing-masing 4,20 dan 5,35 Å sedangkan volume pori karbon adalah 0,03 dan 0,06  $\text{cm}^3$ . Luas permukaan karbon yang diperoleh dengan metode metilen biru mengalami penurunan (712,6050 menjadi 697,6429) setelah dilakukan proses modifikasi. Waktu optimum adsorpsi metanil kuning adalah 30 menit serta kapasitas adsorpsi 22,72  $\text{mg gr}^{-1}$  dan zat pendesorpsi yang paling baik adalah air dengan rasio desorpsi 73,60 %.

**Kata kunci:** Aktivasi, desorpsi, kapasitas adsorpsi, modifikasi dan tempurung kluwak.



## ABSTRACT

Modification of activated carbon made from shell (*Pangium edule* Reinw) has been carried out with HNO<sub>3</sub> to be applied as an adsorbent for methanil yellow. Activated carbon was synthesized through the stages of carbonization process at 370 °C, chemical activation with 25% KOH and modification with HNO<sub>3</sub> 4 M. Modified carbon was characterization by Boehm titration analysis, FTIR, SEM, BET instrument and methylene blue test. The results of Boehm titration showed that the carboxyl group, lactone, phenol and total acid increase while the base group decreased. The presence of O-H and C-O bonds in the FTIR spectrum shows that activated carbon produced tends to be polar. Thus, activated carbon can be used as an adsorbent. SEM results showed that the modified carbon surface morphology experienced pore formation which was more compared to carbon before modification. Carbon characterization using the BET method before and after modification obtained pore diameters of 4.20 and 5.35 Å and respectively, while the carbon pore volume was 0.03 and 0.06 cm<sup>3</sup>. The carbon surface area obtained by the methylene blue method decreased (712.6050 to 697.6429) after the modification process. The optimum time for methanil yellow adsorption is 30 minutes and adsorption capacity are 22.72 mg gr<sup>-1</sup> and the best desorping agent is water with a desorption ratio of 73.60%.

**Keywords:** activation, adsorption capacity, desorption, kluwak shell and modification.



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Zat Warna.....	6
2.1.1 Zat Warna Alam.....	7
2.1.2 Zat Warna Sintesis.....	7
2.1.3 Zat Warna Azo.....	8
2.1.4 Zat Warna Metanil Kuning.....	8
2.2 Adsorpsi.....	10
	xi



2.3 Isotermal Adsorpsi .....	12
2.4 Karbon Aktif .....	18
2.5 Modifikasi Karbon Aktif .....	22
2.6 Tempurung Kluwak sebagai Bahan Baku Karbon Aktif.....	24
2.7 Desorpsi.....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>28</b>
3.1 Bahan Penelitian.....	28
3.2 Alat Penelitian.....	28
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
3.4 Prosedur Penelitian.....	29
3.4.1 Preparasi Sampel.....	29
3.4.2 Karbonisasi.....	29
3.4.3 Aktivasi.....	29
3.4.4 Modifikasi Permukaan.....	30
3.4.5 Pembuatan Larutan Pereaksi.....	30
3.4.6 Metode Titrasi Boehm .....	32
3.4.7 Penentuan Luas Permukaan.....	33
3.4.8 Pembuatan Larutan Induk .....	34
3.4.9 Pembuatan Larutan Zat Warna .....	34
3.4.10 Penentuan Panjang Gelombang Maksimal.....	34
3.4.11 Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	35
3.4.12 Penentuan Kapasitas Adsorpsi .....	36
3.4.10 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	36
3.4.11 Desorpsi.....	36



BAB IV HASIL DAN PEMBAHAS .....	38
4.1 Karakterisasi dengan FTIR.....	38
4.2 Karakterisasi dengan Titrasi Boehm .....	40
4.3 Karakterisasi Permukaan Karbon dengan SEM.....	41
4.4 Karakterisasi Luas Permukaan dengan Metilen Biru.....	42
4.5 Karakterisasi Diameter dan Volume Pori dengan menggunakan Metode BJH.....	45
4.2.....	Penentuan
Waktu Optimum Metanil Kuning .....	48
4.3 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Metanil Kuning .....	49
4.4 Karakterisasi FTIR Karbon sebelum dan sesudah Adsorpsi ..	52
4.5 Karakterisasi SEM Karbon sebelum dan sesudah Adsorpsi.....	54
4.6 Desorpsi.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN.....	64



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Standar Kualitas Karbon Aktif .....	19
2. Komposisi Tempurung Kluwak .....	26
3. Hasil Spektrum FTIR dari KTK, KATK dan KAM .....	40
4. Hasil analisis dengan menggunakan metode BJH.....	45
5. Data parameter adsorpsi metanil kuning oleh KAM.....	54
6. Data penelitian-penelitian adsorpsi metanil kuning.....	54
7. Data hasil FTIR sebelum dan sesudah adsorpsi.....	56



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>halaman</b>
1. Struktur Kimia Metanil Kuning .....	10
2. Tekanan Relatif ( $P/P^0$ ) Vs Jumlah yang teradsorpsi (mmol/g) .....	14
3. Tekanan Relatif ( $P/P^0$ ) Vs Jumlah yang teradsorpsi (mmol/g) .....	15
4. Tekanan Relatif ( $P/P^0$ ) Vs Jumlah yang teradsorpsi (mmol/g) .....	16
5. Struktur Karbon Amorf .....	18
6. Struktur pori karbon aktif granular dan fibrous .....	19
7. Kluwak ( <i>Pangium edule</i> Reinw) .....	25
8. Hasil XRD Tempurung Kluwak .....	27
9. Spektrum FTIR .....	39
10. Hasil Titrasi Boehm KATK dan KAM .....	41
11. Hasil SEM KATK dan KAM .....	42
12. Grafik luas permukaan KTK, KATK dan KAM.....	44
13. Grafik tekanan relatif Vs volume $N_2$ yang terserap pada KTK.....	46
14. Grafik tekanan relatif Vs volume $N_2$ yang terserap pada KATK.....	47
15. Grafik tekanan relatif Vs volume $N_2$ yang terserap KAM.....	47
16. Grafik diameter pori Vs volume $N_2$ yang teradsorpsi pada KTK.....	48
17. Grafik diameter pori Vs volume $N_2$ yang teradsorpsi pada KATK.....	49
18. Grafik diameter pori Vs volume $N_2$ yang teradsorpsi pada KAM.....	49
19. Grafik waktu kontak optimum metanil kuning .....	50
20. Grafik hubungan antara $q_e$ dengan $C_0$ .....	52



21.	Isotermal	
	Langmuir untuk adsorpsi metanil kuning oleh KAM.....	53
22.	Isotermal	
	Freundlich untuk adsorpsi metanil kuning oleh KAM .....	53
23.	Spektrum	
	FTIR sebelum dan sesudah adsorpsi.....	55
24.	Hasil SEM	
	karbon sebelum adsorpsi dan karbon setelah adsorpsi.....	57
25.	Desorpsi	
	metanil kuning dari KAM.....	58



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>		<b>halaman</b>
1. ....		B
agan Kerja.....		67
2. ....		D
okumentasi Penelitian.....		74
3. ....		A
nalisis FTIR.....		78
4. ....		A
nalisis dengan Metode Titrasi Boehm.....		82
5. ....		A
nalisis SEM.....		90
6. ....		A
nalisis Luas Permukaan dengan Metilen Biru.....		94
.....		A
dengan BJH.....		96



8. ....	D
ata Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	105
9. ....	D
ata Absorbansi Kurva Standar Laarutan Metanil Kuning.....	106
10. ....	Pe
entuanWaktu Kontak Optimum Metanil Kuning.....	107
11. ....	P
enetuan Kapasitas Adsorpsi metanil kuning.....	108
12. ....	C
ontoh Perhitungann Nilai $Q_0$ dan b.....	109
13. ....	C
ontohPerhitungan Nilai K dan n.....	110
14. ....	D
esorpsi.....	111

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN



Singkatan

Arti

KTK	Karbon Tempurung Kluwak
KATK	Karbon Aktif Tempurung Kluwak
KAM	Karbon Aktif Modifikasi
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
FTIR	<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i>
BJH	<i>Barret Joyner Hallenda</i>



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Zat warna adalah senyawa organik yang digunakan untuk memberi warna pada suatu objek (Fessenden & Fessenden, 1999). Zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna (Agustina dan Amir, 2012). Zat warna dapat digolongkan menurut sumber yaitu zat warna alam dan zat warna sintetik (Christie, 2001).

Zat warna alam (pigmen) adalah zat warna yang diperoleh secara alami. Penggunaan zat warna alam tidak memberikan kerugian bagi kesehatan sedangkan zat warna sintetik merupakan salah satu pencemar organik yang non biodegradabel. Zat warna sintetik umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya dari gugus benzena (Agustina dan Amir, 2012; Munawaroh, 2012). Zat warna yang diproduksi di dunia diperkirakan lebih dari 10.000 ton pertahun dengan tipe zat warna yang berbeda, namun secara pasti jumlahnya tidak diketahui, sekitar 4% diantaranya merupakan zat warna reaktif yang tergolong zat warna azo (Forgacs dkk., 2004).

Zat warna azo adalah bahan pewarna utama industri tekstil yang tergolong bahan kimia yang sulit terdegradasi dan perlu waktu lama untuk mendegradasinya (Manatap dkk., 2016). Salah satu golongan zat warna senyawa azo aromatik adalah metanil kuning, yang dibuat dari asam metanilat dan difenilamin yang berwujud

warna kuning kecoklatan (Sarkar dan Ghosh, 2012; Bhername dkk., 2015).

ini sudah dinyatakan berbahaya oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI 039/Men.Kes/Per/V/85 karena dapat menyebabkan keracunan, kerusakan



jaringan hati, kandung kemih, jaringan kulit, tenggorokan, hidung, iritasi paru-paru, mata dan usus pada manusia (Bhernama dkk., 2015; Nabila, 2017; Sarkar dan Ghosh, 2012;). Oleh karena itu, cara yang efektif diperlukan untuk menghilangkan zat warna tersebut.

Berbagai metode telah dilakukan untuk menangani permasalahan penghilangan zat warna, antara lain metode koagulasi, penukar ion dan ozonisasi. Tetapi metode-metode tersebut membutuhkan biaya yang relatif tinggi. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengatasi bahaya dari limbah zat warna dalam larutan adalah adsorpsi (Hadayani dkk., 2015). Metode adsorpsi merupakan salah satu cara yang efisien dan efektif untuk penghilangan zat warna. Keunggulan metode ini adalah tidak terbentuk lumpur atau *slurry*, zat warna dapat dihilangkan dengan baik dan adsorben yang telah digunakan dapat diregenerasi sehingga zat tersebut dapat digunakan kembali untuk proses pengolahan limbah (Liem dkk., 2015).

Beberapa karbon aktif telah digunakan sebagai adsorben dan diperoleh dari berbagai limbah seperti batang pisang (Muna, 2011), ampas tebu (Astandana dan Yenti, 2016), kulit kakao (Purnamawati dan Utami, 2014), kulit pisang raja (Dewi dkk., 2015) dan lain sebagainya. Limbah lain yang berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben adalah tempurung biji kluwak. Kluwak (*Pangium edule Reinw*) merupakan tanaman yang memiliki beberapa manfaat yaitu bijinya dapat digunakan sebagai bumbu masakan rawon dan daunnya dapat berfungsi sebagai

a. Namun tempurung kluwak belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Uji proksimat yang dilakukan oleh Latifan dan Susanti, (2012) nilai karbon



total tempurung kluwak adalah 92,15%. Karena kandungan karbon yang dimiliki cukup tinggi, tempurung kluwak ini berpotensi untuk dijadikan karbon aktif (Habibah dkk, 2014).

Salah satu upaya untuk memaksimalkan fungsi karbon aktif bukan hanya dari luas permukaan dan pori-porinya saja tetapi juga pada permukaan karbonnya dengan melakukan modifikasi permukaan (Harti dkk., 2014). Selain luas permukaan yang besar, modifikasi permukaan juga memiliki pengaruh terhadap karakteristik suatu material karbon. Modifikasi permukaan karbon aktif bertujuan untuk menciptakan gugus fungsi pada permukaan karbon aktif (Ismanto dkk., 2010).

Modifikasi permukaan dengan menggunakan larutan asam umumnya digunakan untuk mengoksidasi permukaan pori karbon, meningkatkan karakter asam, menghilangkan unsur-unsur mineral dan meningkatkan sifat hidrofilik dari permukaan karbon aktif. Ismanto dkk., (2010), Salmawati, (2016) dan Amiruddin, (2016) telah melakukan modifikasi permukaan karbon aktif dengan menggunakan larutan  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi total asam pada permukaan meningkat setelah karbon aktif dimodifikasi dengan  $\text{HNO}_3$  (Ismanto dkk., 2010; Amiruddin, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Harti dkk., (2014) menunjukkan bahwa pori-pori karbon aktif setelah modifikasi dengan  $\text{HNO}_3$  terlihat lebih bersih dan rata. Hal tersebut diasumsikan bahwa pengotor telah hilang karena penggunaan  $\text{HNO}_3$  pada saat modifikasi (Harti dkk., 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Setyadi dkk., (2005), menunjukkan bahwa modifikasi dengan menggunakan  $\text{HNO}_3$  dapat meningkatkan gugus karboksil, lakton



dan fenol pada permukaan karbon aktif karena  $\text{HNO}_3$  merupakan oksidator kuat yang akan mengoksidasi atom karbon sehingga karbon kehilangan elektron dan menjadi bermuatan positif. Dengan semakin bertambahnya konsentrasi  $\text{HNO}_3$  akan membuat karbon menjadi lebih bermuatan positif sehingga molekul oksigen yang teradsorpsi akan semakin banyak pula.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi karbon aktif dari tempurung kluwak dengan  $\text{HNO}_3$  sebagai adsorben zat warna metanil kuning. Parameter yang berpengaruh seperti waktu kontak dan konsentrasi terhadap adsorpsi zat warna oleh karbon aktif tempurung kluwak juga akan dipelajari. Selain itu dalam penelitian ini, desorpsi zat warna dari karbon aktif akan menjadi kajian penelitian ini untuk mendapatkan informasi apakah adsorben dapat diregenerasi atau tidak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. bagaimana pengaruh modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kluwak dengan menggunakan  $\text{HNO}_3$  terhadap perubahan gugus fungsi?
2. berapakah waktu optimum dan kapasitas adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi  $\text{HNO}_3$ ?
3. metode isotermal adsorpsi apakah (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif termodifikasi  $\text{HNO}_3$ ?
4. zat pendesorpsi apa yang efektif dalam menarik kembali metanil kuning dari karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi  $\text{HNO}_3$ ?

### Isi dan Tujuan Penelitian



### 1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari kemampuan karbon aktif dari tempurung kluwak dengan aktivator KOH hasil modifikasi permukaan dengan  $\text{HNO}_3$  dalam mengadsorpsi zat warna metanil kuning dalam larutan air.

### 1.3.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. menentukan pengaruh modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kluwak dengan menggunakan  $\text{HNO}_3$  terhadap perubahan gugus fungsi.
2. menentukan waktu optimum dan kapasitas adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi  $\text{HNO}_3$ .
3. metode isothermal adsorpsi (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif termodifikasi  $\text{HNO}_3$
4. menentukan zat pendesorpsi yang efektif dalam menarik kembali metanil kuning dari karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi  $\text{HNO}_3$ .

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan karbon aktif dari tempurung kluwak hasil modifikasi  $\text{HNO}_3$  sebagai adsorben metanil kuning dan dapat meminimalkan adanya pencemaran lingkungan khususnya zat warna. Penelitian ini diharapkan juga dapat memperkaya macam-macam adsorben yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Zat Warna

Warna merupakan salah satu daya tarik utama dan menjadi kriteria penting untuk penerimaan produk seperti tekstil, kosmetik, pangan dan lainnya (Rymbai dkk., 2011). Zat warna sangat diperlukan untuk menambah nilai artistik dan digunakan dalam memvariasikan suatu produk (Jos dkk., 2011). Seni aplikasi warna telah dikenal manusia mulai dari zaman dahulu, pada 3500 SM (sebelum masehi) (Kant, 2012).

Warna merupakan spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna yang berwarna putih. Identitas suatu warna ditentukan oleh panjang gelombang cahaya tersebut. Radiasi yang tersebar secara merata akan tampak sebagai cahaya putih dan yang akan terurai dalam warna-warna spektrum bias dengan adanya penyaringan oleh prisma yang dipersepsikan sebagai sinar foton. Molekul zat warna terdiri atas zat organik tidak jenuh yang memiliki kromofor sebagai pembawa warna dan aoksokrom sebagai pengikat warna. Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Gugus aoksokrom terdiri atas dua golongan, yaitu golongan kation dan golongan anion. (Agustina dan Amir, 2012). Berdasarkan sumbernya zat warna dapat digolongkan atas zat warna alam dan zat warna sintetik (Christie, 2001). Menurut Forgacs dkk., (2004) produksi

di dunia diperkirakan lebih dari 10.000 ton pertahun dengan berbagai tipe a dan sekitar 4% diantaranya merupakan zat warna reaktif yang tergolong azo.



### 2.1.1 Zat Warna Alam

Zat warna alam (pigmen) diperoleh secara alami, baik secara langsung maupun tidak langsung dari tanaman, hewan, maupun bahan metal. Zat warna alam dapat dikelompokkan atas zat warna hijau, kuning dan merah. Bahan pewarna alam yang biasa digunakan untuk tekstil diperoleh dari hasil ekstrak berbagai bagian tumbuhan seperti akar, kayu, daun biji ataupun bunga. Zat warna dari tumbuhan yang biasanya digunakan antara lain: *indigofera* (warna biru), *Sp Bixa orrellana* (warna ungu jingga), *Morinda citrifolia* (warna kuning). Zat warna yang berasal dari kerang (*Tyran purple*), insekta (*Ceochikal*) dan insekta warna merah (*Loe*). Penggunaan zat warna alam tidak memberikan kerugian bagi kesehatan (Agustina dan Amir, 2012; Catanho, 2006; Winarti dan firdaus, 2010).

### 2.1.2 Zat Warna Sintetik

Zat warna sintetik merupakan salah satu pencemar organik yang non biodegradabel. Zat warna sintetik umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya dari gugus benzena. Gugus benzena sangat sulit didegradasi, meskipun bisa membutuhkan waktu yang lama (Munawaroh, 2012). Zat warna sintesis adalah zat warna buatan dengan bahan dasar buatan, misalnya: hidrokarbon aromatik dan naftalena yang berasal dari batubara. Hampir semua zat warna yang digunakan dalam industri merupakan zat warna sintetik, karena zat warna jenis ini mudah diperoleh dengan komposisi yang tetap, mempunyai aneka warna yang banyak, mudah cara pemakaiannya dan harganya relatif murah (Agustina dan Amir, 2012).

Peraturan mengenai penggunaan bahan pewarna yang diizinkan dan yang

untuk pangan diatur melalui SK Menteri Kesehatan RI Nomor kes/Per/IX/88 mengenai bahan tambahan makanan, tetapi sering terjadi



penyalahgunaan pemakaian bahan pewarna berbahaya untuk bahan pangan, misalnya bahan pewarna untuk tekstil dipakai untuk mewarnai bahan pangan. Hal ini jelas sangat berbahaya bagi kesehatan karena adanya residu bahan pewarna tersebut. Timbulnya penyalahgunaan bahan pewarna disebabkan oleh ketidaktahuan masyarakat mengenai pewarna untuk pangan dan juga karena harga bahan pewarna untuk industri relatif jauh lebih murah dibandingkan dengan bahan pewarna untuk pangan. Selain itu, warna dari bahan pewarna tekstil biasanya lebih menarik (Yuliarti, 2007).

### 2.1.3 Zat Warna Azo

Zat warna golongan azo merupakan senyawa aromatik yang kompleks yang biasanya digunakan dalam industri pewarna tekstil, makanan, kertas dan kosmetik. Senyawa azo merupakan kelompok senyawa sintetik dan berwarna dengan ikatan azo (-N=N-). Proses produksi zat warna yang dihasilkan oleh industri tekstil menyebabkan terjadi pencemaran lingkungan, terutama pencemaran pada air yang berupa limbah cair. Limbah yang dihasilkan dari proses industri zat warna yaitu sekitar 60% - 70% umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradabel yang mengandung senyawa azo dan bersifat sangat karsinogenik (Maddhinni dkk., 2006; Christina, 2007). Salah satu zat warna azo yang dapat mencemari lingkungan adalah metanil kuning [ $C_{18}H_{14}N_3O_3SNa$ ] (Bhernama dkk., 2015).

### 2.1.4 Mentanil Kuning

Metanil kuning [ $C_{18}H_{14}N_3O_3SNa$ ] merupakan pewarna yang mempunyai ikatan  $=N$  dengan nama kimia natrium 3-[(4-N-fenilamin) fenilazo] benzena dan garam natrium dari metaniliazodifenilamin. Metanil Kuning merupakan



zat warna sintetik yang berwujud padat, berwarna kuning kecoklatan, bersifat larut dalam air dan sangat stabil dalam berbagai rentang pH, pemanasan dan memiliki efek toksik (Bhernama dkk., 2015; Sarkar dan Ghosh, 2012).

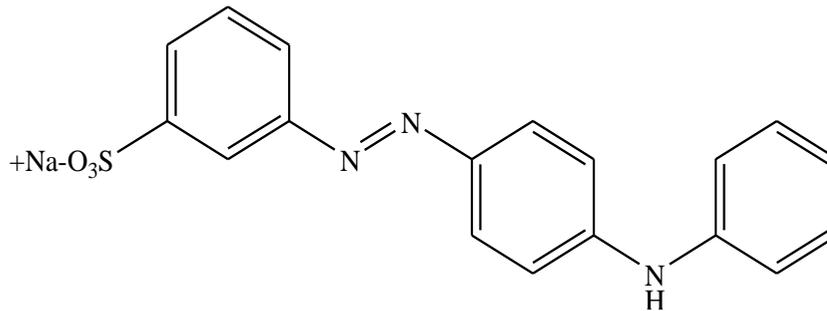
Metanil kuning dapat menyebabkan iritasi pada mata jika dikonsumsi dalam jangka panjang. Metanil kuning juga bertindak sebagai zat pemicu tumor dan dapat menyebabkan keracunan, iritasi paru-paru, mata dan usus pada manusia, kerusakan jaringan hati, kandung kemih, jaringan kulit, tenggorokan dan hidung. Metanil kuning yang dibuat dari asam metanilat dan difenilamin, digunakan sebagai pewarna tekstil yang sering disalah gunakan sebagai pewarna makanan. Metanil kuning biasa digunakan untuk mewarnai wool, nilon, kulit, kertas, cat, alumunium, detergen, kayu, bulu dan kosmetik. Pewarna ini sudah dinyatakan berbahaya oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 239/Men.Kes/Per/V/85 (Bhernama dkk., 2015; Nabila, 2017).

Beberapa produk makanan yang banyak dikonsumsi masyarakat dan mengandung zat warna diantaranya adalah tahu kuning, tahu, kerupuk, tape, permen, geplak, dodol, jelly, saos dan masih banyak lagi. Tahu kuning dan krupuk merupakan salah satu jenis produk makanan yang banyak digemari oleh masyarakat. Tahu kuning dan krupuk banyak dijual di beberapa supermarket termasuk pasar-pasar tradisional secara murah dengan berbagai merek dan kemasan.

Tahu kuning dan Krupuk yang dijual di pasar mengandung zat warna sintesis. Zat yang terdapat dalam tahu kuning dan krupuk adalah metanil kuning (Nabila,

struktur kimia metanil kuning dapat dilihat pada Gambar 1.





**Gambar 1.** Struktur Kimia Metanil Kuning (Bhernama dkk., 2015).

## 2.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penjerapan oleh adsorben terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan adsorben karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan tanpa meresap ke dalam (Atkins,1994). Jika interaksi antara padatan dan molekul relatif lemah, maka proses itu disebut adsorpsi fisik. Walaupun adsorpsi biasanya dikaitkan dengan penjerapan suatu gas atau cairan ke suatu permukaan padatan, penjerapan dari suatu gas ke suatu permukaan cairan dapat pula terjadi. Zat yang dapat menyerap suatu partikel disebut bahan pengadsorpsi atau adsorben, sedangkan zat atau molekul yang teradsorpsi disebut adsorbat (Suryawan dan Bambang, 2004).

Faktor- faktor mempengaruhi kapasitas adsorpsi (Kusmiati, 2015) adalah luas permukaan, ukuran partikel, waktu kontak, distribusi ukuran pori dan derajat keasaman (pH).

### 1. Luas Permukaan Adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

### 2. Ukuran Partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka makin besar kecepatannya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, dan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh.



### 3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik namun, setelah mencapai waktu optimum kemampuan adsorpsi akan menurun yang disebabkan oleh permukaan karbon yang telah jenuh.

### 4. Distribusi ukuran pori

Distribusi ukuran pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel adsorben. Kebanyakan zat pengasorpsi atau adsorben merupakan bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut.

### 5. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Keasaman mempengaruhi muatan pada situs aktif atau gugus fungsi di mana ion  $H^+$  akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif adsorben. Selain itu, pH juga akan mempengaruhi muatan situs aktif, seperti gugus karboksil yang terdapat pada permukaan karbon aktif.

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika suatu permukaan padatan berinteraksi dengan molekul-molekul yang disebabkan oleh adanya gaya Van der Waals dan interaksi kimiawi antar molekul (Wang dkk., 2003). Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dapat dibagi

dua jenis, yaitu adsorpsi fisika (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi) (Sudrajat, 1983).



### 1. Adsorpsi Fisika (*Physical Adsorption*)

Adsorpsi ini terjadi karena gaya Van der Waals dimana gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar dari pada gaya tarik zat terlarut dan larutan sehingga zat terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Adsorpsi fisika ini memiliki gaya tarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah yakni sekitar 20 kJ/mol. Lapisan yang terbentuk pada permukaan adsorben dapat berbentuk monolayer maupun multilayer (Castellan, 1983). Contohnya adsorpsi oleh karbon aktif. Aktivasi pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar.

### 2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)

Adsorpsi kimia mencakup pembentukan ikatan kimia. Pada adsorpsi kimia ikatannya sedemikian kuat sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan lagi. Bentuk lapisan pada adsorpsi kimia biasanya merupakan lapisan tunggal (Atkin, 1999). Adsorpsi kimia bersifat spesifik dan terjadi karena reaksi kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi jenis ini bersifat tidak reversibel dan hanya membentuk satu lapisan tunggal (*monolayer*). Adsorpsi kimia umumnya terjadi pada temperatur tinggi sehingga kalor adsorpsi yang dibebaskan tinggi. Adsorben yang mengadsorpsi secara kimia umumnya sulit diregenerasi (Suryawan dan Bambang, 2004).

## 2.3 Isotermal Adsorpsi

Isotermal adsorpsi merupakan grafik hubungan antara massa adsorbat dan volume gas yang teradsorpsi pada suhu tertentu. Seluruh isotermal adsorpsi harus sesuai dengan minimal 1 tipe grafik dari 6 klasifikasi isotermal adsorpsi. Berikut ini adalah

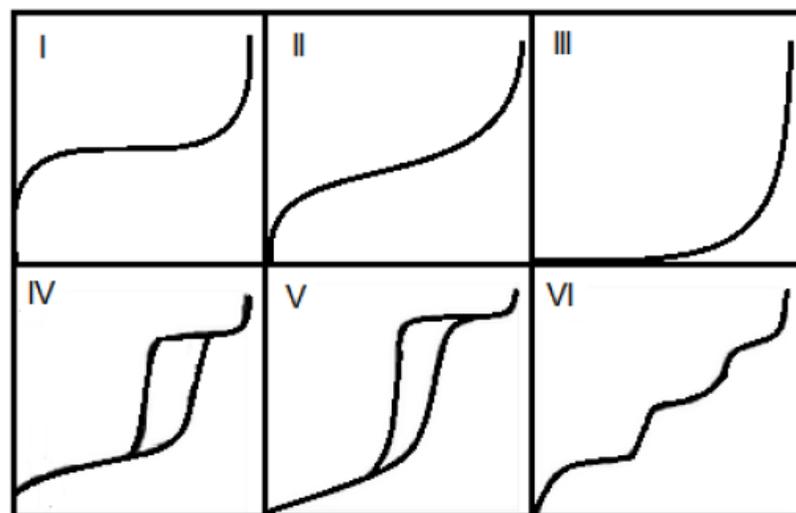


klasifikasi isotermal adsorpsi menurut IUPAC (Hasanudin dan Rachmad, 2010; Putranto dan Engelina, 2014):

1. tipe I, juga disebut sebagai isotermal Langmuir. Isotermal ini mencapai nilai maksimum adsorpsi dimana ketajaman kemiringan isotermal dari  $P / P^0$  memiliki nilai nol hingga 0,05 yang menunjukkan ukuran mikropori. Isotermal tipe I umumnya berlangsung pada adsorben yang luas permukaannya kecil dan ukuran porinya didominasi oleh mikropori. Contoh adsorpsi yang termasuk dalam isotermal tipe I adalah adsorpsi nitrogen oleh karbon pada 77 K dan adsorpsi amonia pada arang pada 273 K.
2. tipe II, menggambarkan adsorpsi pada 2 kondisi yaitu pada permukaan adsorben dengan permukaan terbuka dan mikropori. Isotermal ini memiliki titik infleksi di mana kurva berubah dari cekung ke cembung yang menunjukkan di mana cakupan monolayer berakhir dan adsorpsi multilayer dimulai. Isotermal tipe ini terjadi pada adsorben non-poris atau makroporis. Adsorpsi fisika gas oleh padatan tak berpori termasuk dalam klasifikasi isotermal tipe II.
3. tipe III, berbentuk cembung dan khas dari adsorpsi pada situs dengan potensi adsorpsi rendah, seperti sistem polimer organik. Plot grafik dari isotermal tipe III menghasilkan bentuk konveks terhadap tekanan relatif. Isotermal tipe ini umumnya berlangsung pada adsorben tak berpori dan adsorben berpori mikro. Interaksi lemah antara adsorbat dan adsorben menyebabkan sedikit adsorbat yang teradsorpsi pada kondisi tekanan relatif rendah, tetapi ketika suatu molekul telah teradsorpsi pada situs utama adsorpsi, akan terjadi interaksi yang kuat antara adsorbat dengan adsorben. Interaksi kuat tersebut menjadi gugus pendorong bagi adsorpsi sehingga mempercepat penyerapan adsorbat pada tekanan relatif lebih tinggi.



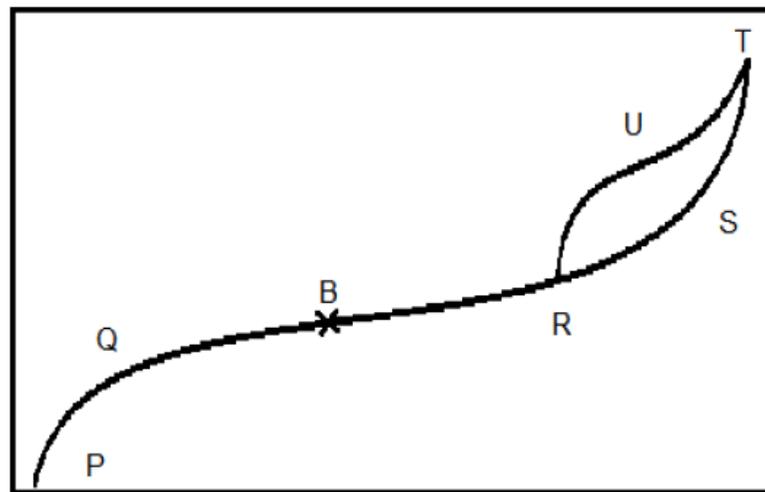
4. tipe IV, isotermal tipe ini mirip dengan isotermal tipe II tetapi terjadi pada adsorben dengan ukuran pori yang tergolong mesopori. Isotermal tipe IV memiliki *hysteresis loop*. Tipe isotermal ini memiliki bentuk unik untuk tiap sistem adsorpsi.
5. tipe V, merupakan tipe isotermal dengan karakteristik memiliki energi rendah, homogen dan terjadi pada adsorben dengan pori berukuran mesopori. Isotermal tipe V memiliki bentuk grafik konveks terhadap tekanan relatif dan merupakan karakteristik dari interaksi lemah antara adsorbat dengan adsorben. Tipe isotermal ini juga terjadi pada padatan dengan ukuran mikropori. Contoh adsorpsi yang mengikuti isotermal ini adalah adsorpsi molekul air pada karbon.
6. tipe VI, mencirikan isotermal pada permukaan yang sangat homogen seperti grafit pirolitik. Isotermal tipe VI sering dikenal sebagai isothermal hipotetik. Bentuk grafik dari isotermal ini disebabkan oleh formasi lengkap dari lapisan monomolekul sebelum terjadi peningkatan menuju ke lapisan berikutnya. Contoh adsorpsi yang mengikuti isotermal tipe VI adalah adsorpsi kripton oleh karbon hitam pada 90 K.



ambar 2. Tekanan Relatif ( $P/P^0$ ) dengan Jumlah yang teradsorpsi (mmol/g)



Proses desorpsi dapat berlangsung lebih lambat dari pada proses adsorpsi karena energi aktivasi yang lebih tinggi sehingga membentuk histeresis di mana kurva adsorpsi dan desorpsi isothermal tidak mengikuti jalur yang sama (Gambar 3). Garis PQ menggambarkan adsorpsi dalam mikropori dan permukaan terbuka; ukuran pori yang lebih kecil menghasilkan garis PQ yang lebih curam. Garis QR menunjukkan adsorpsi reversibel di mesopori terkecil. Garis RS menunjukkan kondensasi kapiler. Setelah menurunkan tekanan, desorpsi mengikuti garis TUR (Hasanudin dan Rachmad, 20101).



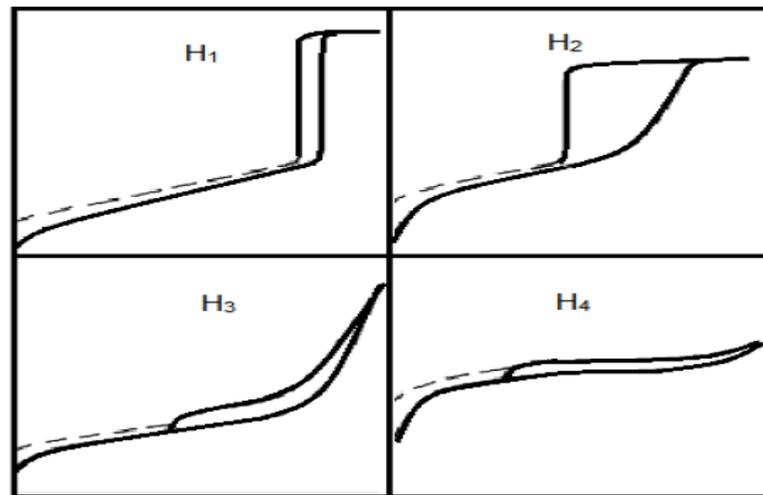
**Gambar 3.** Tekanan Relatif ( $P/P^0$ ) dengan Jumlah yang teradsorpsi (mmol/g)

IUPAC telah menetapkan empat kategori loop histeresis (Gambar 4). Ketika loop histeresis terjadi dalam rentang multilayer dari isothermal adsorpsi gas (tekanan relative  $> 0,2$ ), biasanya berhubungan dengan kondensasi kapiler pada mesopores, ditunjukkan sebagai *loop* H1 dan *loop* H4. *Loop* H2 dan H3 *histeresis* merupakan penengah antara dua ekstrem ini. Garis putus-putus menunjukkan *histeresis* tekanan

arena mikroporositas. Bentuk histeresis sering digunakan untuk identifikasi pori spesifik. Tipe *loop* H1 sering dikaitkan dengan bahan berpori dengan pola seragam dan distribusi ukuran pori yang sempit. Tipe *loop* H2 tidak



memiliki distribusi atau bentuk ukuran pori yang terdefinisi dengan baik. Tipe loop H3 dikaitkan dengan pori-pori berbentuk celah karena partikel seperti piring. Tipe loop H4 juga terkait dengan pori-pori berbentuk celah tetapi karakter isotermik Tipe I menunjukkan mikroporositas (Hasanudin dan Rachmad, 20101).



**Gambar 4.** Tekanan Relatif ( $P/P^0$ ) dengan Jumlah yang teradsorpsi (mmol/g)

Isotermal adsorpsi menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dan temperatur tetap. Persamaan isotermal adsorpsi yang sering digunakan adalah persamaan Langmuir dan Freundlich.

#### 1. Isotermal Adsorpsi Langmuir

Menurut Oscik (1994), isotermal adsorpsi Langmuir didasarkan pada beberapa asumsi, yaitu (a) adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (*monolayer*), (b) panas adsorpsi tidak bergantung pada penutupan permukaan dan (c) semua situs dan permukaannya bersifat homogen. Persamaan isotermal adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan

molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul zat yang tidak teradsorpsi (Day dan Underwood, 2002).



$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_o b} + \frac{C_e}{Q_o} \quad (1)$$

Persamaan isotermal Langmuir diberikan oleh persamaan (1), dimana  $C_e$  (mg/L) adalah konsentrasi kesetimbangan zat dalam larutan,  $q_e$  (mg/g) adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan,  $Q_o$  (mg/g) adalah kapasitas maksimum dan  $b$  (L/mg) adalah konstanta Langmuir yang berhubungan dengan energi bebas atau entalpi bersih adsorpsi

## 2. Isotermal Adsorpsi Freundlich

Isotermal Freundlich menggambarkan hubungan antara sejumlah komponen yang teradsorpsi per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut pada kesetimbangan. Isotermal Freundlich menganggap bahwa pada semua sisi permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi pada kondisi yang diberikan. Isotermal Freundlich tidak mampu memperkirakan adanya sisi-sisi pada permukaan yang mampu mencegah adsorpsi pada saat kesetimbangan tercapai dan hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Dong dkk., 2010). Bentuk linier dari persamaan Freundlich diberikan oleh Persamaan (2).

$$\log (x/m) = \log k + 1/n (\log C_e) \quad (2)$$

di mana  $x$  adalah jumlah yang diadsorpsi (mg),  $m$  adalah massa adsorben yang digunakan (g),  $C_e$  merupakan konsentrasi kesetimbangan (mg/L),  $k$  dan  $n$  merupakan tetapan-tetapan yang menghubungkan semua faktor yang

garuhi proses adsorpsi, seperti kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi.

an  $k$  diperoleh dari kemiringan dan *intercept* kurva linier  $\log (x/m)$  dengan

dwin dkk, 2005).

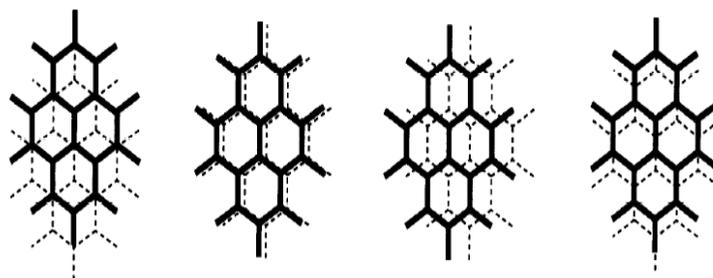


Alberty, (1992) melaporkan bahwa isothermal adsorpsi mencakup 5 asumsi mutlak yaitu:

1. molekul yang teradsorpsi mengarah ke sifat ideal
2. molekul yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan monomolekul
3. permukaan adalah homogen, artinya afinitas dari setiap kedudukan ikatan untuk setiap molekul adalah sama.
4. tidak ada antaraksi lateral molekul adsorbat
5. molekul yang teradsorpsi terlokalisasi artinya tidak bergerak pada permukaan

## 2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon yang konfigurasi atomnya dibebaskan dari ikatan hidrogen, gugus hidrokarbon dan unsur lain sehingga permukaan karbon atau pusat aktif dan pori-pori menjadi bersih dan lebih luas. Karbon aktif merupakan suatu bahan hasil proses pirolisis arang pada suhu 600-900 °C. Karbon aktif disusun oleh atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal yang molekulnya berbentuk *amorf* seperti pelat-pelat datar. Konfigurasi molekul berbentuk pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya, struktur karbon *amorf* dapat dilihat pada Gambar 5 (Sudrajat dan Pari, 2011).



**Gambar 5.** Struktur Karbon *Amorf* (Tanaka dkk., 1997)



karbon aktif mengandung 5-15% air, 2-3% abu dan sisanya terdiri atas unsur Karbon yang sekarang banyak digunakan berbentuk butiran (granular) dan

berbentuk bubuk (tepung). Karbon yang berbentuk bubuk memerlukan waktu kontak lebih cepat dibandingkan karbon berbentuk butiran, tetapi karbon berbentuk bubuk lebih sukar ditangani. Karbon berbentuk butiran dapat diaktifkan kembali untuk digunakan selanjutnya, yaitu dengan cara memanaskan di dalam pembakar (furnace) (Latifan dan Susanti, 2012). Struktur pori karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Struktur pori karbon aktif *granular* (a) dan *fibrous* (b) (Manocha, 2003)

Komposisi karbon aktif yang dihasilkan dari bahan alami biasanya terdiri atas 85-90% C; 0,5% H; 0,5% N; 5% O; dan 1% S serta 5-6% unsur-unsur anorganik (Amelia dkk., 2013). Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan Standar Industri Indonesia (SII) 06-3730-1995 pada Tabel 1 (Laos dkk., 2016).

**Tabel 1.** Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-88), untuk karbon aktif (Laos dkk., 2016).

Jenis Uji	Persyaratan	
	Butiran	Padatan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	Max .15%	Max. 25%
Kadar Air	Max. 4,4%	Max. 15%
Kadar Abu	Max.2,5%	Max. 10%
Fixed Karbon	Min. 80%	Min. 65%
ap terhadap I <sub>2</sub>	Min. 750 mg/g	Min.750 mg/g
ap terhadap Metilen Blue	Min.60 ml/g	Min. 120 ml/g



Pengolahan karbon menjadi karbon aktif pada prinsipnya adalah membuka pori-pori arang menjadi lebih luas yaitu  $2 \text{ m}^2/\text{g}$  menjadi  $300\text{-}2000 \text{ m}^2/\text{g}$  pada karbon aktif (Sudrajat dan Pari, 2011). Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu dehidrasi, aktivasi dan karbonisasi.

a) Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses untuk menghilangkan kandungan air pada bahan baku yang dilakukan dengan pengeringan di bawah sinar matahari atau pemanasan dalam oven sampai diperoleh berat konstan (Miranti, 2012).

b) Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pembakaran material organik pada bahan baku yang akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik menjadi unsur karbon dan pengeluaran pengotor di mana sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini (Labanni, 2015; Prasetyo dan Nasrudin, 2013). Karbonisasi dilakukan dengan pembakaran bahan baku menggunakan udara terbatas pada suhu antara  $300\text{-}900 \text{ }^\circ\text{C}$  sesuai dengan tingkat kekerasan bahan baku yang digunakan. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar dan hidrokarbon. Proses karbonisasi ini menghasilkan karbon dalam bentuk arang dengan permukaan spesifik yang sempit (Ramdja dkk., 2008).

c) Aktivasi

Aktivasi adalah proses untuk mengurangi senyawa hidrokarbon pengotor sisa dari hasil proses pembakaran suatu bahan mentah (Aisyah, 2010). Proses aktivasi

adalah proses penting dalam pembuatan karbon aktif (Rahayu dan Warman, 2014). Aktivasi merupakan proses untuk memperbesar porositas



dan luas permukaan. Aktivasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika (Prasetyo dan Nasrudin, 2013). Pada proses aktivasi fisika, biasanya karbon dipanaskan di dalam tanur pada temperatur 800-900 °C (Ramdja dkk., 2008). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan mereaksikan karbon dari hasil karbonasi dengan bahan-bahan kimia yang biasanya digunakan untuk proses aktivasi kimia contohnya  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $CaCl_2$ ,  $K_2S$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $NaCl$ ,  $KOH$  dan  $Na_2CO_3$  setelah proses karbonisasi (Juliandini dan Trihadiningrum, 2008). Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktivasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktivasi dengan uap (Ramdja dkk., 2008).

Menurut Latifan dan Susanti (2012), besarnya daya serap karbon aktif sangat dipengaruhi oleh keadaan pori-pori yang terbentuk. Pori-pori pada karbon aktif memiliki beberapa jenis sebagai berikut:

1. mikropori dengan diameter di bawah 2 nm,
2. mesopori dengan diameter antara 2 - 50 nm,
3. makropori dengan diameter diatas 50 nm.

Karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben adalah arang yang telah diaktifkan baik secara fisika maupun kimia yang memiliki diameter pori-pori yang sangat kecil. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini bisa menjadi tinggi jika arang tersebut diaktivasi dengan aktivator bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi (Iskandar, 2012). Selama proses pembuatan karbon aktif, pori-pori yang dibentuk pertama kali oleh oksidasi pada

ur rendah adalah makropori. Makropori terbentuk di permukaan bahan baku.

tu mesopori terbentuk pada daerah yang lebih dalam yang terlihat seperti



saluran dari dinding yang terdapat makropori. Akhirnya mikropori terbentuk akibat penyerangan oksidasi pada struktur bahan baku. Pada bahan baku yang berbeda dan perlakuan yang berbeda dominasi pori-pori yang terbentuk juga berbeda. Karbon aktif dengan dominasi mikropori sangat sesuai untuk digunakan sebagai adsorben molekul-molekul kecil seperti molekul gas dan dengan tingkat kontaminan rendah. Sedangkan karbon aktif dengan dominasi makropori sesuai untuk adsorpsi molekul yang lebih besar seperti molekul cairan dan sangat cocok untuk penghilangan warna (Latifan dan Susanti, 2012).

## 2.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif

Efisiensi adsorpsi dari karbon aktif sangat dipengaruhi oleh struktur pori atau porositas dan luas permukaan total karbon, serta sifat-sifat kimianya seperti jenis dan sifat gugus fungsi pada permukaan karbon aktif tersebut (Babatunde dkk., 2016; Setyadhi dkk., 2005; Vasu, 2008). Porositas karbon akan mempengaruhi kapasitas adsorpsi sedangkan gugus fungsi permukaan berpengaruh pada sifat kimia permukaan karbon aktif, yakni bersifat asam atau basa (Setyadhi dkk., 2005).

Masalah yang muncul pada pembuatan karbon aktif adalah hilangnya gugus-gugus aktif pada permukaan karbon. Hal itu terjadi karena pembuatan karbon aktif menggunakan temperatur yang tinggi sehingga gugus-gugus aktif terlepas dan tersisa karbon. Oleh karena itu, sangat diperlukan modifikasi untuk menambah gugus aktif pada permukaan karbon aktif (Harti dkk., 2014). Dengan demikian karbon aktif dengan kegunaan yang lebih spesifik dapat diperoleh (Setyadhi dkk., 2005).

Modifikasi sifat kimia permukaan karbon aktif dapat dilakukan secara kimia (*chemical treatment* atau *impregnation*) dan secara fisik (*heat treatment*). Modifikasi



secara kimia (*acidic treatment*) dapat meningkatkan gugus karbonil, sementara itu modifikasi secara fisik (*heat treatment*) dapat meningkatkan luas permukaan, volume pori dan gugus karbonil. Sifat kimia permukaan karbon aktif dapat dimanipulasi dengan menggunakan teknik ini untuk menghasilkan adsorben yang disesuaikan untuk fungsi tertentu (Faulconer, 2012). Tujuan dari semua perlakuan ini adalah untuk memodifikasi ukuran pori-pori, mengendalikan distribusi ukuran pori-pori dan modifikasi polaritas untuk meningkatkan selektifitas kelat unsur karbon (Babatunde dkk., 2016).

Gugus karbonil dapat dibentuk melalui perlakuan asam di mana jumlah oksigen yang diperoleh bergantung pada metode dan prekursor yang digunakan. Oksidasi kimia dengan metode basa menggunakan oksidator seperti ozon, asam nitrat dan hidrogen peroksida. Penggunaan asam nitrat paling banyak digunakan untuk meningkatkan keasaman total dalam oksidasi kimiawi basa. Oksidasi kimia dengan metode basa umumnya bertujuan untuk mengubah karakteristik kimia permukaan seperti ukuran pori distribusi. Namun, beberapa peneliti telah menemukan bahwa penggunaan asam nitrat pekat justru akan mengurangi luas permukaan BET dan volume pori total serta lebar pori meningkat karena terjadi kerusakan struktur pori. Sedangkan, penggunaan hidrogen peroksida dapat meningkatkan volume pori dengan diameter ~ 6A (Faulconer, 2012).

Suatu permukaan karbon dapat dimodifikasi melalui pembentukan gugus oksida akibat adanya adsorpsi kimia antara permukaan karbon dan oksigen yang ada

Gugus oksida tersebut juga dapat dibentuk melalui penambahan beberapa oksidator seperti  $H_2O_2$ ,  $HNO_3$ ,  $NaOCl$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $AgNO_3$  dan  $H_2SO_4$



(Wibowo, 2004). Peningkatan gugus oksida pada permukaan karbon akan menyebabkan berkurangnya kerapatan elektron sehingga sifat basa dari karbon aktif tersebut berkurang. Dengan adanya gugus aktif yang bersifat asam dan basa ini, akan dipengaruhi kemampuan adsorpsi suatu karbon aktif terhadap suatu senyawa dan nilai kapasitansi spesifik akan dipengaruhi (Wulandari dkk., 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk., (2016), modifikasi permukaan dengan menggunakan asam oksidatif seperti  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dapat meningkatkan nilai kapasitansi spesifik pada permukaan karbon aktif tempurung kemiri. Modifikasi dilakukan dengan cara menambahkan gugus fungsional berbasis nitrogen pada permukaan karbon aktif. Keberadaan gugus fungsional berbasis nitrogen diharapkan dapat meningkatkan kapasitas penyerapan  $\text{CO}_2$  melalui bentuk ikatan kovalen antara  $\text{CO}_2$  dan gugus amin hasil modifikasi (Susanto dkk., 2013).

Menurut Susanto dkk., (2013), untuk mengetahui keberhasilan modifikasi, permukaan kimia karbon aktif sebelum dan setelah modifikasi dapat dibandingkan dengan menggunakan data hasil analisis FTIR. Selain karakteristik kimia yang dimiliki, kapasitas adsorpsi suatu adsorben juga sangat dipengaruhi oleh ukuran partikelnya (*specific surface area*). Pengamatan terhadap ukuran partikel karbon aktif dapat dikarakterisasi dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM).

## 2.6 Tempurung Kluwak Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif

Kluwak (*Pangium edule* Reinw) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang tumbuh di sekitar pohon dan tersebar sangat luas di wilayah Indonesia, Malaysia, Filipina, Papua, Timor Leste, Mikonesia dan Melanisia. Dalam khasanah flora Indonesia, kluwak memiliki berbagai khasiat baik sebagai bahan rempah, sayur, atau



obat-obatan, namun tempurung kluwak belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Berikut taksonomi tanaman kluwak (Arini, 2012).

Regnum : Plantae  
Divisio : Spermatophyta  
Sub divisio : Angiospermae  
Classis : Dikotyledoneae  
Subclassis : Dialypetalae  
Ordo : Parietales  
Familia : Flacourtiaceae  
Genus : *Pangium*  
Spesies : *Pangium edule*



**Gambar 7.** Kluwak (*Pangium edule* Reinw) (Arini, 2012)



hasil uji *proximate* yang dilakukan oleh Rio Latifan dan Diah Susanti (2012),  
menyatakan bahwa nilai *fixed carbon* tempurung kluwak adalah 92,15%. Nilai

*fixed carbon* yang dimiliki oleh tempurung kluwak lebih besar dibanding dengan nilai *fixed carbon* pada tempurung kelapa yaitu 20,96% yang telah diuji oleh Wei Li (2008) dan juga lebih tinggi dibanding dengan nilai *fixed carbon* pada eceng gondok yang hanya sebesar 72,02% yang telah diuji oleh Abu dan Suhariono (2012). Karena kandungan karbon yang dimiliki cukup tinggi, tempurung kluwak ini berpotensi untuk dijadikan karbon aktif (Habibah dkk., 2014). Tabel 2 memberikan gambaran komposisi tempurung kluwak. Berdasarkan kandungan karbon sebesar (92,15%), tempurung kluwak sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku karbon aktif (Latifan dan Susanti, 2012).

**Tabel 2.** Komposisi Tempurung Kluwak (Nurdiansah dan Susanti, 2012)

Komposisi	Tempurung Kluwak
Kadar Abu	1,61%
Kadar Volatil	7,85%
Kadar Karbon total	92,15%

Tempurung kluwak merupakan bahan organik yang terdiri atas beberapa komponen seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa merupakan senyawa organik dengan formula  $(C_6H_{10}O_5)_n$  yang terdapat pada dinding sel dan berfungsi untuk mengokohkan struktur. Kandungan selulosa inilah yang membuat tempurung kluwak memiliki struktur yang keras sama seperti tempurung kelapa. Sedangkan hemiselulosa adalah polimer polisakarida heterogen yang tersusun atas unit D-

L-arabiosa dan D-ksilosa yang mengisi ruang antara serat selulosa dinding sel tumbuhan. Jadi hemiselulosa adalah matriks pengisi serat



selulosa. Selain selulosa dan hemiselulosa, tumbuhan juga memiliki lignin yang merupakan senyawa kimia yang sangat kompleks dan berstruktur *amorf*. Lignin juga merupakan polimer dengan berat molekul yang tinggi dengan struktur yang bervariasi. Lignin berfungsi sebagai pengikat untuk sel-sel yang lain (Nurdiansah dan Susanti, 2012).

## 2.7 Desorpsi

Proses desorpsi merupakan proses pengambilan kembali bahan yang diserap oleh adsorben. Bahan yang telah teradsorpsi dikeluarkan dengan cara pemanasan, penurunan tekanan, pencucian dengan bahan yang dapat diadsorpsi, pendesakan dengan bahan yang dapat teradsorpsi lebih baik ataupun dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut (Tamara, 2016). Desorpsi bertujuan untuk mengetahui jenis interaksi yang terjadi antara adsorbant dan adsorben (Rahmawati, 2007). Studi desorpsi membantu untuk menjelaskan sifat adsorpsi dan daur ulang dari adsorben bekas. Dalam proses desorpsi, zat pendesorpsi yang biasanya digunakan adalah air, asam klorida, magnesium asetat, asam nitrat dan natrium EDTA (Lasbani, 2011). Desorpsi zat warna oleh asam mineral menunjukkan bahwa zat warna yang teradsorpsi ke adsorbent terjadi secara fisisorpsi (Arivoli, 2009).

