

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG PALA
(*Myristica fragrans*) DENGAN H₂SO₄ DAN APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING**

A ALIFA AINUN AULIA

H31116504



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI
TEMPURUNG PALA (*Myristica fragrans*) DENGAN H₂SO₄ DAN
APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL
KUNING**

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

Oleh:

A ALIFA AINUN AULIA

H31116504



MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG
PALA (*Myristica Fragrans*) DENGAN H_2SO_4 DAN APLIKASINYA
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METANIL KUNING

Disusun dan diajukan oleh:

A ALIFA AINUN AULIA

H31116504

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kimia Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 13 September 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

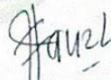
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Paulina Taba, M.Phill
NIP. 19571115 198810 2 001

Pembimbing Pertama,



Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202 199903 2 002

Ketua Departemen Kimia,




Dr. Abd. Karim, M.Sc
NIP. 19620710 198803 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : A Alifa Ainun Aulia
NIM : H311 16 504
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dari Tempurung Pala (*Myristica fragrans*)
dengan H₂SO₄ dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Metanil Kuning

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Oktober 2021



A Alifa Ainun Aulia

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran 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 Pala (*Myristica fragrans*) dengan H₂SO₄ 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 **Andi Sultan** dan Ibunda **Andi Ritawati** 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 **Andi Abdillah, Andi Aini dan Keluarga Besarku** yang selalu mendukung, menyemangati, memotivasi, menasehati dan yang tiada henti memberikan doa terbaik. Semoga penulis bisa diberi kesempatan untuk bisa membahagiakan mereka.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Dr. Paulina Taba M.Phil** selaku pembimbing utama dan Ibu **Dr. Siti Fauziah, 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 **Dr. Abd. Karim, M.Si** (Ketua), **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si, M.Si** (Sekretaris), **Dr. Paulina Taba M.Phil** (Ex. Officio), dan **Dr. St. Fauziah, M.Si** (Ex. Officio)
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 **Prof. Ahyar Ahmad, PhD** 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.
5. Terimakasih kepada seluruh keluarga besar **“Petta Rapi Family”** atas bantuan materil maupun non materil
6. Saudara-saudara **Kromofor 2016 “Totalitas Hingga Akhir”**. Terima kasih atas semangat, rasa persaudaraan, penghibur dikala suka dan duka, serta memberikan pengalaman yang sangat berharga dalam kehidupan kampus dan untuk kepribadianku

7. Saudara-saudaraku **MIPA 2016 “Seperti Seharusnya”**. Terimakasih atas pengalaman, semangat, kekompakan dan rasa persaudaraan selama ini.
8. Sahabat-sahabatku **Elis, Nunu, Fifi dan Jihan** yang selalu setia menjadi pendengar keluh kesahku selama ini
9. Saudariku **Wiu, Amma, Dindong, Liaw dan Dinar** terimakasih yang selalu ada disaat suka duka serta kenangan-kenangan yang tak terlupakan selama berada di kampus dan di daerah rantauan semoga pertemanan yang kita jalani bernilai ibadah.
10. Rekan penelitian **Wiwi, Elya, Ismul dan Nisya** terimakasih atas kerjasama dan bantuannya
11. Terimakasih juga kepada **Kak Ridha, Kak Liki, Kak Wahidah, Kak Bahrn, Kak Kolo, Kak Innah, Kak Miftah, Kak Desy, Kak Irma, Kak Akbar, Kak Iin, Kak Andin, dan Kak Ida** atas bantuannya selama ini di laboratorium.
12. Seluruh warga dan alumni **KMK FMIPA Unhas**. HMK tempat kita dibina, HMK tempat kita ditempa.
13. Kakak-kakak, adik-adik, serta alumni **KM FMIPA Unhas**. *Salam Use Your Mind Be The Best.*

Makassar, 06 Agustus 2021

Penulis

ABSTRAK

Modifikasi permukaan karbon aktif berbahan dasar tempurung pala (*Myristica fragrans*) telah dilakukan dengan H₂SO₄ untuk diaplikasikan sebagai adsorben zat warna metanil kuning. Karbon aktif disintesis melalui serangkaian tahapan yaitu proses karbonisasi pada suhu 370 °C, aktivasi kimiawi dengan H₃PO₄ 9 % dan modifikasi dengan H₂SO₄ 50%. Karbon aktif dan modifikasi di karakterisasi dengan menggunakan FTIR, SEM, uji metilen biru dan titrasi Boehm. 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 dan dapat digunakan sebagai adsorben. Hasil SEM menunjukkan morfologi permukaan karbon hasil modifikasi mengalami pembentukan pori yang tampak jelas jika dibandingkan dengan karbon sebelum modifikasi. Luas permukaan karbon yang diperoleh dengan metode metilen biru mengalami peningkatan 285,68 m²/g pada KATP menjadi 426,55 m²/g pada KAM, setelah dilakukan proses modifikasi. Waktu optimum adsorpsi metanil kuning oleh KATP dan KAM berturut-turut adalah 30 dan 75 menit serta kapasitas adsorpsi zat warna adalah 1,55 mg.g⁻¹ oleh KATP dan 4,21 mg.g⁻¹ oleh KAM. Zat pendesorpsi yang paling baik adalah etanol dengan persentasi desorpsi 69,96 %.

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

ABSTRACT

Modification of activated carbon made from shell (*Myristica Fragrans*) has been carried out with H₂SO₄ 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 9% H₃PO₄ and modification with H₂SO₄ 50%. Activated carbon and modified carbon was characterization by FTIR, SEM, methylene blue test and Boehm titration analysis, 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 and 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. The carbon surface area obtained by the methylene blue method increase 285,68 m²/g for KATP to 426,55 m²/g for KAM after the modification process. The optimum time for methanil yellow adsorption by KATP and KAM are 30 and 75 minutes, adsorption capacity are 1,55 mg g⁻¹ by KATP and mg g⁻¹ by KAM the best desorping agent is Etanol with a desorption percent is 69,96%.

Keywords: activation, adsorption capacity, desorption, pala shell and modification.

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SIMBOL & 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	7
2.1.1 Zat Warna Alam	7
2.1.2 Zat Warna Sintetik.....	8
2.1.3 Zat Warna Azo.	9
2.1.4 Metanil Kuning.	9
2.2 Adsorpsi.....	10
2.3 Isoterm Adsorpsi.	13
	x

2.4 Karbon Aktif	15
2.5 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif	19
2.6 Tempurung Pala Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif Tempurug Pala	20
2.7 Desorpsi	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Bahan Penelitian.....	23
3.2 Alat Penelitian.....	23
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.4 Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1 Preparasi Sampel	24
3.4.2 Karbonisasi.....	24
3.4.3 Aktivasi.....	24
3.4.4 Modifikasi Permukaan.....	25
3.4.5 Pembuatan Larutan Pereaksi.....	25
3.4.5.1 Pembuatan Larutan Na_2CO_3 0,05 N	25
3.4.5.2 Pembuatan Larutan NaHCO_3 0,05 N.....	25
3.4.5.3 Pembuatan Larutan HCl 0,05 N	25
3.4.5.4 Pembuatan Larutan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,05 N.....	25
3.4.5.5 Pembuatan Larutan NaOH 0,05 N.....	26
3.4.5.6 Pembuatan Larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,05 N.....	26
3.4.5.7 Standarisasi Larutan HCl dengan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,05 N.....	26
3.4.5.8 Standarisasi Larutan NaOH dengan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,05 N	26
3.4.5.9 Karakterisasi Permukaan Karbon Melalui Titrasi Boehm	26
3.4.6 Penentuan Luas Permukaan dengan Metilen Biru	28
3.4.7 Pembuatan Larutan Induk Metanil Kuning 1000 mg/L.....	29

3.4.8 Pembuatan Larutan Metanil Kuning 50 mg/L	29
3.4.9 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	29
3.4.10 Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	29
3.4.11 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Pala Termodifikasi.....	30
3.4.12 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	31
3.4.13 Desorpsi	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Karakterisasi Permukaan Karbon.....	33
4.1.1 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	33
4.1.2 Karakterisasi dengan Titrasi Boehm	35
4.1.3 Karakterisasi Permukaan dengan SEM	36
4.1.4 Karakterisasi Luas Permukaan dengan Metilen Biru	37
4.2 Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Metanil Kuning.....	38
4.3 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Metanil Kuning.....	40
4.3.1 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Metanil Kuning oleh KATP dan KAM.	40
4.4 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR Setelah Adsorpsi.....	45
4.4.1 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR Setelah Adsorpsi pada KATP dan KAM.....	45
4.5 Karakterisasi dengan SEM Setelah Adsorpsi	48
4.6 Desorpsi	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kandungan Buah Pala.....	21
2. Hasil Spektrum FTIR dari KATP dan KAM.....	34
3. Data Parameter Adsorpsi Metanil Kuning oleh KATP dan KAM.....	44
4. Data FTIR Sebelum dan Sesudah Adsorpsi oleh KATP dan KAM	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Struktur Kimia Metanil Kuning	10
2. Struktur Karbon Amorf	16
3. Tempurung dan Biji Pala	21
4. Spektrum FTIR.....	34
5. Hasil Titration Boehm KATP dan KAM	36
6. Hasil SEM KATP dan KAM	37
7. Grafik Luas Permukaan KATP dan KAM.....	38
8. Grafik Waktu Optimum Metanil Kuning oleh KATP.....	39
9. Grafik Waktu Optimum Metanil Kuning oleh KAM.....	39
10. Grafik Hubungan C_e dan q_e pada KATP	40
11. Grafik Hubungan C_e dan q_e pada KAM	41
12. Isotermal Langmuir untuk Adsorpsi Metanil Kuning oleh KATP.....	42
13. Isotermal Freundlich untuk Adsorpsi Metanil Kuning oleh KATP	42
14. Isotermal Langmuir untuk Adsorpsi Metanil Kuning oleh KATP.....	43
15. Isotermal Freundlich untuk Adsorpsi Metanil Kuning oleh KAM	43
16. Spektrum FTIR Sebelum dan Sesudah Adsorpsi pada KATP.....	45
17. Spektrum FTIR Sebelum dan Sesudah Adsorpsi pada KAM	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Bagan Kerja	67
2. Dokumentasi Penelitian	74
3. Analisis FTIR	78
4. Analisis dengan Metode Titrasi Boehm	82
5. Analisis SEM	90
6. Analisis Luas Permukaan dengan Metilen Biru	94
7. Data Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	105
8. Data Absorbansi Kurva Standar Larutan Metanil Kuning	106
9. Penentuan Waktu Kontak Optimum Metanil Kuning	107
10. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Metanil Kuning	108
11. Contoh Perhitungan Nilai Q_0 dan b	109
12. Desorpsi	111

DAFTAR SIMBOL & SINGKATAN

KTP	: Karbon Tempurung Pala
KATP	: Karbon Aktif Tempurung Pala
KAM	: Karbon Aktif Modifikasi
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
FTIR	: <i>Fourier transform infrared spectroscopy</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Warna, bau, rasa, dan tekstur memegang peranan penting dalam makanan untuk diterima oleh konsumen. Warna merupakan faktor yang penting bagi kualitas makanan (Man, 1997). Zat pewarna makanan menurut asalnya terdiri atas zat warna alami dan zat warna sintetis (Winarti dkk., 2008).

Zat warna alami merupakan zat alami dari ekstrak pigmen tumbuhan dan juga buah-buahan. Zat pewarna alami telah digunakan sejak dahulu untuk pewarna makanan dan sampai sekarang penggunaannya dianggap lebih aman daripada zat warna sintetis (Aji dkk., 2013), sedangkan zat warna sintetis adalah zat yang dibuat dengan menggunakan reaksi kimia (Saputri dkk., 2017). Penggunaan zat warna sintetis sangat berbahaya bagi kesehatan karena adanya residu logam berat yang sifatnya karsinogenik dan beracun (Winarno, 1997).

Zat warna sintetis biasanya banyak digunakan dalam industri, salah satunya dalam industri tekstil. Zat warna tekstil umumnya berasal dari senyawa azo yang merupakan turunan dari benzena. Senyawa azo bila lama berada di lingkungan akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogenik dan mutagenik (Christina dkk., 2007). Salah satu pencemaran zat warna dalam limbah industri tekstil adalah zat warna yang umumnya terbuat dari senyawa azo, yaitu Metanil Kuning [$C_{18}H_{14}N_3O_3SNa$] (Bhernama dkk., 2015). Metanil Kuning merupakan zat pewarna sintetis yang berbentuk padat serta berwarna kuning kecoklatan. Paparan dari Metanil Kuning dalam jangka waktu lama sangat berbahaya karena menyebabkan kanker pada saluran kemih dan kandung kemih

Walintukan, 2019). Oleh karena itu, cara yang efektif diperlukan untuk menghilangkan zat warna tersebut.

Beberapa metode telah diterapkan untuk menurunkan kadar zat warna pada limbah zat warna, antara lain melalui proses biodegradasi menggunakan fotokatalis (Natarajan dkk., 2018), bioremediasi menggunakan mikroorganisme tertentu (Ghosh dkk., 2017), ozonisasi (Hu dkk., 2016) maupun adsorpsi (Arifin dkk., 2012; Banerjee dan Chattopadhyaya, 2017; Jain dkk., 2010). Diantara metode yang telah digunakan, metode adsorpsi merupakan salah satu cara yang efisien dan efektif untuk penghilangan zat warna. Pada metode ini, adalah lumpur atau slurry tidak terbentuk, 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 cangkang kelapa sawit (Gultom dkk., 2014), ampas tebu (Utomo dkk., 2019), kulit buah mahoni (Salamah, 2008), tempurung kemiri (Bukasa dkk., 2012) dan lain sebagainya. Limbah lain yang berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben pada penelitian ini adalah tempurung buah pala (*Myristica fragrans houtt*) yang memiliki manfaat biji dalam industri makanan, minuman, farmasi dan kosmetik. Indonesia memenuhi 60% kebutuhan pala dunia, yakni berupa biji pala sebanyak 17.000 ton dan selaput biji (fuli) kering sebanyak 3.000 ton (Deriyanti dkk., 2014). Namun, tempurung pala belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu alternatif untuk memanfaatkan limbah tempurung pala adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Direktorat Perdagangan Republik Indonesia masih mengimpor karbonaktif

(Salamah, 2008), oleh karena itu sangat perlu ditemukan alternatif bahan baku baru untuk karbon aktif, salah satunya adalah tempurung pala.

Kemampuan karbon aktif sebagai adsorben perlu ditingkatkan sehingga modifikasi harus dilakukan (Agustinus dkk., 2013). Modifikasi permukaan karbon aktif dilakukan untuk menambah gugus aktif. Gugus aktif yang akan ditambah merupakan gugus yang mengandung oksigen. Gugus-gugus aktif pada permukaan karbon hilang pada waktu pembuatan karbon aktif. Hal itu terjadi karena pembuatan karbon aktif menggunakan temperatur tinggi yang mengakibatkan hilangnya gugus-gugus aktif tersebut. (Harti dkk., 2014).

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. Rahmayanti (2017), Amiruddin dkk., (2016) dan Sholehah (2018) telah melakukan modifikasi permukaan karbon aktif dengan menggunakan larutan, H_2SO_4 , H_2O_2 dan HNO_3 . Penelitian yang dilakukan oleh Harti dkk., (2014) menunjukkan bahwa modifikasi dengan menggunakan asam nitrat menyebabkan pori-pori terlihat lebih bersih dan rata. Hal tersebut diasumsikan bahwa pengotor telah hilang karena penggunaan asam nitrat pada saat modifikasi. Modifikasi permukaan karbon aktif menggunakan asam nitrat dapat meningkatkan gugus fungsi pada permukaan karbon aktif khususnya gugus fungsi yang mengandung oksigen seperti karboksil, lakton dan fenol (Tamara, 2016).

Oksidator kuat akan mengoksidasi atom karbon sehingga karbon kehilangan elektron dan menjadi bermuatan positif. Dengan bertambahnya

konsentrasi H_2SO_4 permukaan karbon menjadi lebih bermuatan positif sehingga molekul oksigen yang teradsorpsi akan semakin banyak (Setyadhi dkk., 2005).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi karbon aktif dari tempurung pala dengan H_2SO_4 sebagai adsorben zat warna metanil kuning. Parameter yang berpengaruh seperti waktu kontak, dan konsentrasi terhadap adsorpsi zat warna oleh karbon aktif tempurung pala juga akan dipelajari. Selain itu, 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 pala menggunakan H_2SO_4 terhadap kemampuan adsorpsi?
2. berapakah waktu optimum dan kapasitas adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif tempurung pala termodifikasi?
3. metode isotermal adsorpsi apakah (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif termodifikasi?
4. zat pendesorpsi apa yang efektif dalam menarik kembali metanil kuning dari karbon aktif tempurung pala?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk membuat dan mempelajari kemampuan karbon aktif tempurung pala yang diaktivasi dengan H_3PO_4 dan dimodifikasi dengan H_2SO_4 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 pala menggunakan HNO_3 terhadap kemampuan adsorpsi zat warna metanil kuning
2. berapakah waktu optimum dan kapasitas adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif tempurung pala termodifikasi,
3. menentukan metode isothermal adsorpsi apakah (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna metanil kuning oleh karbon aktif termodifikasi,
4. menentukan agen pendesorpsi yang efektif dalam menarik kembali metanil kuning dari karbon aktif tempurung pala.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan karbon aktif dari tempurung pala hasil modifikasi sebagai adsorben zat warna 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 adalah estetika yang penting, karena melalui warna keindahan suatu objek dapat dibedakan dengan jelas. Warna dapat didefinisikan secara subjektif/psikologis yang merupakan pemahaman langsung oleh pengalaman indera penglihatan kita dan secara objektif/fisik sebagai sifat cahaya yang dipancarkan. Secara objektif/fisik warna diproyeksikan dari panjang gelombang warna, dan panjang gelombang warna yang masih bisa ditangkap mata manusia berkisar 380-780 nanometer. Cahaya yang tampak oleh mata merupakan salah satu bentuk pancaran energi sempit dari gelombang elektromagnetik (Meilani, 2013). Warna merupakan sebuah sensasi yang dihasilkan otak dari cahaya yang masuk melalui mata (Marysa dkk., 2016). Warna merupakan spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna yang berwarna putih. Identitas suatu warna ditentukan oleh panjang gelombang cahaya tersebut. Sebagai contoh, warna biru memiliki panjang gelombang 460 nm. Radiasi yang tersebar secara merata akan tampak sebagai cahaya putih yang akan terurai dalam warna-warna spektrum bias dengan adanya penyaringan oleh prisma yang dipersepsikan sebagai sinar foton (Agustina, 2016). Zat warna menurut asalnya terdiri atas zat warna alami dan zat warna sintetik (Winarti dkk., 2008).

2.1.1 Zat Warna Alam

Zat warna alami (pigmen) adalah zat warna yang secara alami terdapat dalam tanaman maupun hewan. Zat warna alami dapat dikelompokkan sebagai

warna hijau, kuning dan merah (Winarti dkk., 2008). Setiap tanaman dapat menjadi sumber zat pewarna alami karena mengandung pigmen alam. Potensi sumber zat pewarna alami ditentukan oleh intensitas warna yang dihasilkan serta bergantung pada jenis zat warna yang ada dalam tanaman tersebut (Setiawan, 2003). Zat warna alam untuk bahan tekstil pada umumnya diperoleh dari hasil ekstrak berbagai bagian tumbuhan seperti akar, kayu, daun, biji ataupun bunga (Manurung, 2012). Zat warna alam telah direkomendasikan sebagai pewarna yang ramah baik bagi lingkungan maupun kesehatan karena kandungan komponen alaminya mempunyai nilai beban pencemaran yang relatif rendah, mudah terdegradasi secara biologis dan tidak beracun (Atmaja, 2011).

2.1.2 Zat Warna Sintetik

Zat warna sintetik adalah pewarna yang dibuat secara sintetik dengan menggunakan reaksi kimia (Saputri dkk., 2017). Penggunaan pewarna sintetik dapat menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan. Penggunaan pewarna sintetik seperti Rhodamin B, Metanil Kuning dan Amaranth pada makanan dan minuman sangat berbahaya bagi kesehatan karena dapat memicu terjadinya kanker serta kerusakan ginjal dan hati (Pujilestari, 2015).

Zat warna sintetik lebih sering digunakan karena keuntungannya antara lain stabilitasnya lebih tinggi dan penggunaannya dalam jumlah kecil sudah cukup memberikan warna yang diinginkan, namun penggunaan zat warna menimbulkan kerusakan pada bahan makanan maupun kemasannya dan merupakan zat yang beracun bagi tubuh yang dapat mengakibatkan efek samping yang menunjukkan sifat karsinogenik. Selain itu pewarna sintetik pada makanan kurang aman untuk konsumen karena diantaranya ada yang mengandung logam

berat yang berbahaya bagi kesehatan (Winarti dkk., 2008). Limbah pewarna sintetis dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan merupakan bahan berbahaya, karena beberapa pewarna dapat terdegradasi menjadi senyawa yang bersifat karsinogenik dan beracun (Widjajanti dkk., 2011; Kant, 2012).

2.1.3 Zat Warna Azo

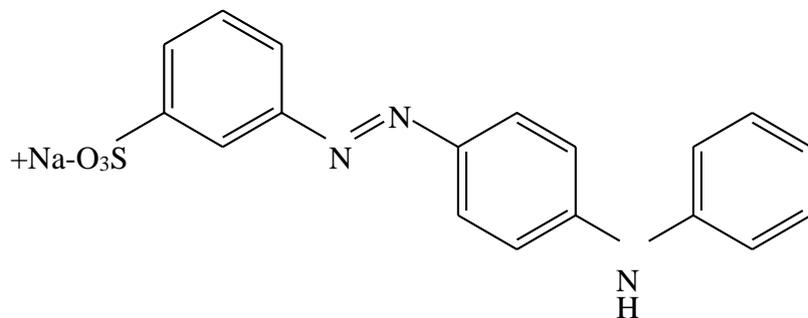
Sekitar 70 % zat warna sintetis yang digunakan merupakan zat warna golongan azo (Sastrawidana, 2011). Senyawa azo merupakan senyawa organik yang berwarna yang mengandung paling sedikit dengan ikatan azo ($-N=N-$). Zat warna azo berbahaya karena sifatnya yang toksik dan mutagenik untuk kehidupan (Adyasari dkk., 2010). Zat warna azo adalah zat warna reaktif yang memiliki struktur cincin benzena enam sampai sepuluh sehingga sangat stabil dan sulit untuk didegradasi secara biologi (Aisyahlika, 2018). Zat pewarna azo juga banyak digunakan untuk mewarnai berbagai bahan seperti kertas, kulit, plastik, obat-obatan, percetakan, cat, pernis, zat diagnostik, desinfektan dan zat dalam proses pengobatan (Dwiasi dkk., 2007). Potensi bahaya limbah cair yang mengandung zat warna azo selain masalah gangguan estetika juga adanya bahaya terhadap kesehatan masyarakat terkait senyawa pecahan zat warna golongan azo tertentu yang berpotensi karsinogenik (Sugiyana dkk., 2017). Salah satu zat warna yang dapat menimbulkan pencemaran adalah Metanil Kuning (Bhernama dkk., 2015).

2.1.4 Metanil Kuning

Metanil kuning [$C_{18}H_{14}N_3O_3SNa$] merupakan pewarna golongan azo, dimana dalam strukturnya terdapat ikatan $N=N$ dengan nama kimia adalah natrium 3-[(4-N-fenilamino)fenilazo]benzena sulfonat dan garam natrium dari

metanil azo difenilamin. Struktur kimia dari zat warna ini diberikan pada Gambar 1. Metanil kuning dengan warna kuning dibuat dari asam metanilat dan difenilamin (Bhernama dkk., 2015). Metanil kuning berbentuk serbuk berwarna kuning yang bersifat racun dan karsinogenik bagi manusia dan hewan. Metanil kuning dapat larut dengan baik dalam air sehingga jika sudah sampai ke lingkungan penyebarannya akan cepat. Metanil kuning dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit dan saluran pernapasan. Metanil kuning juga bisa mengakibatkan tumor dalam jaringan hati, kandung kemih, saluran pencernaan dan jaringan kulit (Safni dkk., 2009).

Metanil kuning merupakan salah satu zat warna yang dijumpai pada jajanan pasar dan makanan ringan (Ayesha dkk., 2015).



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

2.2 Adsorpsi

Berbagai metode telah dikembangkan dalam penanganan limbah zat warna di antaranya ozonisasi, oksidasi, koagulasi, dan adsorpsi. Diantara metode-metode tersebut, adsorpsi merupakan metode yang paling umum digunakan karena metode ini sederhana dan ekonomis. Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut

(Widjajanti dkk., 2011). Zat yang diadsorpsi disebut adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben. Berbagai adsorben seperti kitosan, zeolit, silica gel, bentonit dan arang aktif dapat digunakan (Tanglo, 2013). Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah prosesnya relatif sederhana, efektifitas dan efesiensinya relatif tinggi serta tidak memberikan efek samping berupa zat beracun (Safrianti dkk., 2012).

Beberapa aspek yang dapat mempengaruhi adsorpsi adalah pH media, waktu kontak, berat adsorben, dan suhu, dimana jika adsorpsi dilakukan pada kondisi optimum untuk setiap aspeknya maka proses adsorpsi akan terjadi secara maksimal (Puspita dkk., 2017). Adsorpsi dapat terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik-menarik permukaan. Sifat dari masing-masing permukaan berbeda, bergantung pada susunan dalam molekul-molekul zat. Setiap molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian. Sedangkan, molekul di permukaan hanya mempunyai gaya tarik ke arah dalam (Asip dkk., 2008).

Faktor- faktor mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu: luas permukaan adsorben, 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 (Nafi'ah, 2016).

2. Ukuran Partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan, maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Zikra dkk., 2016).

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 (Apecsiana dkk., 2016).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi ukuran pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben. Zat pengasorpsi atau adsorben umumnya merupakan bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau letak-letak tertentu didalam partikel tersebut (Kusumastuti, 2013).

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 (Aisyahlika dkk., 2018).

Proses adsorpsi digolongkan menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Surest dkk., 2008).

- a. Adsorpsi fisika (*physical adsorption*), yaitu berhubungan dengan gaya van der Waals dan merupakan suatu proses bolak-balik apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia (*chemisorption*), yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi

2.3 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah hubungan kesetimbangan antara fase cair (adsorbat) dan konsentrasi di dalam partikel adsorben pada suhu tertentu (Puspita dkk., 2017). Terdapat tiga pola isoterm adsorpsi, yaitu isoterm adsorpsi Freundlich, Langmuir, dan BET (Brunauer, Emmet dan Teller) (Emelda dkk., 2013). Isoterm adsorpsi menunjukkan konsentrasi yang bergantung pada kesetimbangan distribusi ion-ion logam antara larutan dan fase padat pada suhu tetap. Data kesetimbangan dapat diperoleh dengan membuat variasi konsentrasi awal, sedangkan massa adsorben dalam tiap sampel tetap. Hubungan data antara adsorben dan konsentrasi larutan pada kesetimbangan dapat diuji dengan menggunakan model isoterm adsorpsi yaitu model isoterm Langmuir dan Freundlich (Nomanbhay dan Palanisamy, 2005).

Model isoterm adsorpsi ini digunakan untuk menentukan proses adsorpsi serta mengetahui besarnya kapasitas maksimum adsorben terhadap adsorbat.

Model isoterm Langmuir merupakan suatu proses adsorpsi satu lapis (*monolayer*) artinya jumlah situs aktif yang ada dalam adsorben mengadsorpsi adsorbat dengan jumlah yang sama sedangkan isoterm Freundlich menggambarkan suatu proses adsorpsi multilayer sehingga lebih berinteraksi secara fisisorpsi (Ahda, 2013).

Terdapat 2 jenis isoterm yang umum digunakan yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich (Handayani dkk., 2009).

1. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Adsorpsi zat terlarut (dari suatu larutan) pada padatan adsorben merupakan hal yang penting. Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain penghilangan warna larutan (*decolorizing*) dengan menggunakan batu apung (*charcoal*) dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi. Pendekatan isotermal adsorpsi yang cukup memuaskan dijelaskan oleh Herbert Freundlich. Menurut Freundlich, jika x adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan C_e adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Berdasarkan konsep tersebut dapat diturunkan persamaan (1).

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

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 mempengaruhi proses adsorpsi, seperti kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi. Nilai n dan k diperoleh dari kemiringan dan *intercept* kurva linier $\log (x/m)$ vs $\log C_e$ (Edwin dkk, 2005).

2. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Menurut Oscik (1994), isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan pada beberapa asumsi, yaitu (a) adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (*monolayer*), (b) panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan dan (c) semua situs dan permukaannya bersifat homogen. Persamaan isothermal adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi (Day dan Underwood, 2002).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_o b} + \frac{C_e}{Q_o} \quad (2)$$

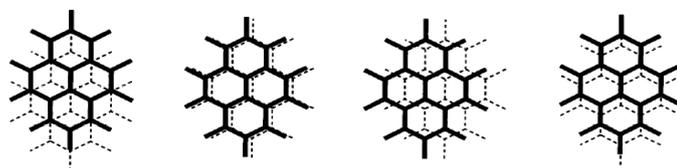
Persamaan isoterm Langmuir diberikan oleh persamaan (2), dimana C_e (mg/L) adalah konsentrasi kesetimbangan zat dalam larutan, q_e (mg/g) adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan, Q_o (mg/g) adalah kapasitas maksimum, dan b (L/mg) adalah konstan Langmuir yang berhubungan dengan energi bebas atau entalpi bersihadsorpsi

2.4 KarbonAktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, bergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Kemampuan adsorpsi karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif (Hendra, 2006).

Karbon Aktif adalah karbon yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya terbuka. Hidrokarbon pada permukaan tersebut dihilangkan, maka permukaan karbon menjadi lebih luas sehingga kapasitas adsorpsinya menjadi lebih besar. Karbon aktif dari tempurung kelapa lebih dikenal di pasaran selama ini, namun sebenarnya karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan organik maupun non organik, selama bahan tersebut mengandung unsur karbon (Surest dkk., 2008).

Karbon aktif biasa dibuat dari tongkol jagung, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, serbuk gergaji, kayu keras, dan batu bara (Prabarini, 2008). Beberapa limbah hasil pertanian seperti jerami padi, jerami gandum, kulit kacang, bambu dan serabut kelapa dapat dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif dan telah dikaji secara mendalam dengan berbagai prosedur yang berbeda (Yalcin, 2000; Lartey, 1999; Baksi dkk., 2003 Dalam Saputro, 2010). Sampai saat ini, beberapa penelitian telah melaporkan penggunaan berbagai material dasar untuk menyiapkan karbon aktif, antara lain tempurung kelapa (Jamilatun dan Setyawan, 2014), sabut kelapa sawit (Puspita dan Firdaus, 2017), sekam padi (Sangandita dan Utami, 2019) dan ampas tebu (Azhar dkk., 2005; Sari dkk., 2017). Struktur karbon amorf dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Karbon *Amorf* (Tanaka dkk., 1997)

Secara umum, jenis karbon aktif ada dua yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas. Karbon aktif fasa cair dihasilkan dari material dengan berat jenis rendah, seperti arang dari bambu kuning yang mempunyai bentukbutiran

(powder), rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya. Sedangkan, karbon aktif fasa gas dihasilkan dari material dengan berat jenis tinggi (Surest dkk., 2008).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi karbon aktif adalah sifat karbon aktif, sifat adsorbat, sifat larutan dan sistem kontak. Kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya. Sifat karbon aktif sendiri selain dipengaruhi oleh jenis bahan baku, luas permukaan, penyebaran pori dan sifat kimia permukaan arang aktif, namun juga dipengaruhi oleh cara aktivasi yang digunakan (Laos dkk., 2016).

Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi.

A. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan air pada bahan baku yang dilakukan dengan pengeringan di bawah sinar matahari atau pemanasan dalam oven sampai diperoleh berat konstan (Sembiring dkk., 2003, Miranti, 2012).

B. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan proses ini sempurna pada suhu 400-600°C (Kurniawan dkk., 2014). Karbonisasi dilakukan dengan pembakaran bahan baku menggunakan udara terbatas pada suhu antara 300-900 °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 metode yang dilakukan untuk memperoleh luas adsorben yang lebih luas. Aktivasi dapat dilakukan secara kimia dan secara fisika. Aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia sedangkan aktivasi fisika proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂. Studi tentang karbon aktif banyak yang menyajikan beberapa keuntungan aktivasi kimia dibandingkan aktivasi fisika. Keuntungan penting dari aktivasi kimia adalah bahwa proses ini memungkinkan untuk diperoleh luas permukaan karbon aktif yang sangat tinggi (Kurniawan dkk., 2014) . Luas permukaan dan jumlah pori karbon dapat ditingkatkan, dengan cara diaktivasi menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan suhu antara 700-1100 °C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Idrus dkk.,2013).

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Untuk aktivasi kimia, aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti: hidroksida ligan alkali garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl₂, asam-asam anorganik seperti H₂SO₄ dan H₃PO₄. Aktivator tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses

karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Yuliastuti dan Cahyono,2018).

2.5 Modifikasi Permukaan KarbonAktif

Penggunaan karbon aktif yang semakin meningkat dapat menumbuhkan kreativitas untuk memaksimalkan fungsi karbon, bukan hanya dari luas permukaan dan pori-porinya saja tetapi pada permukaan karbonnya juga. Proses modifikasi permukaan karbon dapat menggunakan larutan oksidator. Beberapa larutan oksidator yang pernah digunakan dalam penelitian sebelumnya seperti H_2O_2 , NaOCl, $(NH_4)_2S_2O_8$, $AgNO_3$, HNO_3 dan H_2SO_4 Selain itu, penelitian menggunakan tetra butil ammonium iodida (TBAI) dan natrium dietil dithiokarbamat (SDDC) juga telah dilakukan (Harti dkk., 2014).

Modifikasi permukaan karbon aktif dilakukan untuk menambah gugus aktif. Gugus aktif yang akan ditambah merupakan gugus yang mengandung oksigen. Gugus-gugus aktif pada permukaan karbon hilang pada waktu pembuatan karbon aktif. Hal itu terjadi pada saat pembuatan karbon aktif dengan menggunakan temperatur yang tinggi sehingga mengakibatkan gugus-gugus aktif terlepas dan tersisa karbon (Harti dkk., 2014). Gugus fungsi pada permukaan karbon aktif tidak hanya dapat diidentifikasi ataupun dihitung secara kuantitas, tetapi gugus fungsi ini juga dapat dimodifikasi, yakni secara selektif menghilangkan beberapa gugus fungsi tertentu dan sebaliknya memasukkan gugus fungsi baru atau meningkatkan ekuivalen gugus yang sudah ada (Pereira dkk., 2003 dan Faria dkk., 2004). Walaupun secara umum, karbon bersifat hidrofobik tetapi dengan melakukan modifikasi dapat dihasilkan karbon yang hidrofilik (Rodriguez dkk., 1998).Memodifikasi gugus fungsi permukaan

karbon dapat menghasilkan karbon aktif dengan kegunaan yang lebih spesifik (Rios dkk., 2003, Pereira dkk., 2003 dan Faria dkk., 2004). Modifikasi permukaan dengan larutan asam umumnya digunakan untuk mengoksidasi permukaan pori karbon, meningkatkan karakter asam, menghilangkan unsur-unsur mineral, dan meningkatkan sifat hidrofilik dari permukaan karbon aktif (Amiruddin, 2016). Penggunaan oksidator seperti HNO₃ akan meningkatkan 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).

2.6 Tempurung Buah Pala Sebagai Bahan Baku KarbonAktif

Tanaman pala (*Myristica fragrans houtt*) adalah tanaman asli Indonesia yang berasal dari pulau Banda. Tanaman ini merupakan tanaman yang dapat berumur panjang hingga lebih dari 100 tahun.

Taksonomi tanaman pala diberikan berikut ini (Becker dan Van de Brick, 1968)

Kingdom :Plantae
Sub kingdom : Tracheobionta
Super divisi : Spermatophyta
Divisi :Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Subkelas : Magnoliidae
Ordo : Magnoliales
Famili :Myristicaceae

Genus :Myristica

Spesies : Myristica fragrans houtt

Biji dan tempurung pada dapat dilihat pada Gambar3.



Gambar 3. Pala (*Myristica fragrans houtt*) (Nanan, 2007).

Bagian buah pala yang paling tinggi nilai ekonominya adalah biji dan fuli (selaput biji) umumnya digunakan pada makanan manis dan kaya rempah, seperti produk roti dan juga sebagai bumbu dalam masakan daging serta produk minuman dan makanan penutup (dessert). Sementara itu, fuli digunakan sebagai bahan penambah rasa pada produk roti, seperti *cake*, *cookies*, *pie*, dan *topping*, juga sebagai bumbu pada masakan laut, pikel dan minuman (Tuasikal 2016). Komposisi buah pala dapat diberikan pada Tabel 1.

Bagian Buah	Persentase Basah (%)	Persentase Kering (%)
Daging	77,8	9,93
Fuli	4	2,09
Tempurung	15,1	-
Biji	13,1	8,4

Tabel 1. Kandungan Buah Pala (Rismunandar 1990).

2.7 Desorpsi

Proses desorpsi merupakan proses pengambilan kembali bahan yang diadsorpsi 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 adsorbat dan adsorben (Rahmawati, 2007). Studi desorpsi membantu untuk menjelaskan sifat adsorpsi dan daur ulang dari adsorben bekas. Pada proses desorpsi, zat pendesorpsi yang biasanya digunakan adalah air, asam klorida, magnesium asetat, asam nitrat dan natrium EDTA (Lesbani, 2011). Desorpsi zat warna oleh asam mineral menunjukkan bahwa zat warna yang teradsorpsi ke adsorben secara fisisorpsi (Arivoli, 2009).