

Skripsi

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF
DARI TEMPURUNG KLUWAK (*Pangium edule* Reinw) DENGAN H₂SO₄
DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA RHODAMIN B**

NOVAYANI PAGILING

H311 14 014



**DEPARTEMEN KIMIA
KULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF
DARI TEMPURUNG KLUWAK (*Pangium edule* Reinw) DENGAN H₂SO₄
DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA RHODAMIN B**

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

Oleh:

NOVAYANI PAGILING

H311 14 014



Optimization Software:
www.balesio.com

MAKASSAR

2019

SKRIPSI

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF
DARI TEMPURUNG KLUWAK (*Pangium edule* Reinw) DENGAN H₂SO₄
DAN APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA RHODAMIN B**

Disusun dan diajukan oleh

**NOVAYANI PAGILING
H311 14 014**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama



**ina Taba, M.Phil
71115 1988 10 2 001**

Pembimbing Pertama



**Dr. Yusafir Hala, M.Si
NIP. 19580510 1988 10 1 001**



PRAKATA

Salam Sejahtera,

Puji dan syukur hanya bagi Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan kasih setiaNya yang tiada berkesudahan boleh dirasakan. Puji Tuhan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Modifikasi Karbon Aktif Tempurung Kluwak (*Pangium edule* Reinw) dengan H₂SO₄ dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B”**, sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Terima kasih kepada Orang Tua **Markus Pagiling** dan **Helena Pendana** atas cinta dan kasih sayangnya yang terus mendoakan yang terbaik untuk anaknya dalam mendapatkan pendidikan setinggi-tingginya. Ucapan syukur selanjutnya untuk kakakku **Reflyan Changer Pagiling** dan adik-adikku **Julian Jeudi Pagiling, Katrieme Pagiling dan Alpandi Pagiling** yang selalu membantu dan mendukung saya serta semua keluarga yang terus memotivasi dan mendoakan saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih tak terhingga penulis sampaikan kepada Ibunda **Dr. Paulina Taba, M.Phil** dan Ayahanda **Dr. Yusafir Hala, M.Si** selaku pembimbing utama dan pertama, yang telah dengan sabar memberikan nasehat, ilmu, pemikiran, serta bimbingan seperti Orang Tua sendiri. Tak lupa pula penulis haturkan permohonan maaf atas semua kesalahan yang tidak sengaja dilakukan

selesainya penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih



1. Tim penguji Ujian Sarjana Kimia **Dr. Firdaus, M.S** (ketua) dan **Dr. Abd. Karim, M.Si** (sekretaris).
2. Ketua Departemen Kimia, **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan Sekretaris Departemen Kimia **Dr. St. Fauziah, M.Si** serta seluruh **Dosen** dan **Staf** yang telah membantu.
3. Bapak **Prof. Dr. Ahyar Ahmad, M.Si** dan Ibu **Dr. Paulina Taba M.Phil** selaku Penasehat Akademik. Terima kasih telah memberikan nasehat dan bimbingan selama mengikuti proses perkuliahan di Departemen 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. Saudara-saudaraku **Prekursor 2014 “kuat kita bersama”**, Terima kasih atas semangat, rasa persaudaraan, kebersamaan dan pengalaman yang sangat berharga.
6. Saudara-saudaraku **MIPA 2014 “kita semua sama”**, Terima kasih atas pengalaman, semangat, kekompakan dan rasa persaudaraan selama ini.
7. Sahabat-sahabat ku **DONO Kamse’ Decong, Ottaya dan Ontae** yang selalu memberi semangat dan motivasi. Terima kasih.
8. Sahabatku **AyPot Faridatun Sholehah, Besse Illang Sari, Ni Putu Kasturiasih, 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 .



9. Rekan penelitian **Eleng, Thyna, Fenti, Kiki, Widya, Uni Nahru, Dian Putri, Kak Edar dan Kak Rusman** terima kasih atas kerja sama dan bantuannya.
10. Seluruh warga dan alumni **KMK FMIPA Unhas**. HMK tempat kita dibina, HMK tempat kita ditempa.
11. Kakak-kakak, adik-adik, serta alumni **KM FMIPA Unhas**. *Salam Use Your Mind Be The Best.*
12. Kakak-kakak, adik-adik, serta alumni **KPL Ozone Kimia Unhas**. *Salam Lestari, Tetap Lestari.*
13. KKN Gel. 96 Kabupaten Takalar, Kecamatan Polongbangkeng Utara, Desa Lassang **Kak Ilham, Erwin, Muti, Indah, Arwidya dan Nia** terima kasih atas kebersamaan dan pengalaman berharga selama di lokasi KKN.
14. **Persekutuan GMKI Komisariat FMIPA UNHAS** sebagai wadah untuk saya bersekutu dan melayani Tuhan dan sesama.
15. Semua pihak turut serta dalam membantu penyelesaian skripsi ini, semoga Tuhan membalas setiap kebaikan kalian.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun diperlukan dalam penulisan selanjutnya. Akhirnya, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan bidang ilmu sains dan bidang ilmu kimia khususnya, Amin.

Makassar, Februari 2019

Penulis



ABSTRAK

Sintesis dan karakterisasi karbon aktif tempurung kluwak (*Pangium edule* Reinw) termodifikasi H_2SO_4 telah dilakukan. Karbon aktif dari tempurung kluwak dibuat dengan beberapa tahap yakni karbonisasi, aktivasi dengan KOH dan modifikasi dengan H_2SO_4 . Material ini digunakan sebagai adsorben zat warna rhodamin B. Adsorpsi rhodamin B dilakukan dengan variasi waktu dan konsentrasi. Jumlah rhodamin B yang diadsorpsi ditentukan dengan spektrofometer sinar tampak. Persamaan Langmuir dan Freundlich digunakan dalam menentukan isoterma adsorpsi rhodamin B oleh adsorben. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum adsorpsi zat warna rhodamin B oleh karbon aktif termodifikasi H_2SO_4 adalah pada waktu kontak 10 menit dan memiliki nilai kapasitas adsorpsi sebesar 6,91 mg/g. Adsorpsi rhodamin B memenuhi persamaan isoterma Langmuir dengan kapasitas adsorpsi (Q_0) sebesar 6,36 mg/g.

Kata Kunci: adsorpsi, karbon aktif, rhodamin B, tempurung kluwak



ABSTRACT

Synthesis and characterization of active carbon of kluwak (*Pangium edule* Reinw) shell modified by H_2SO_4 have been conducted. Active carbon was made by several steps namely carbonization, activation with KOH and modification with H_2SO_4 . The material was used as adsorbent of rhodamine B dyes. Adsorption of dyes was conducted at various contact times and concentration. The amount of rhodamine B adsorbed was determined by a visible spectrophotometer. Langmuir and Freundlich equations were used in determining isotherm adsorption of rhodamine B by adsorbent. The result showed that the optimum time was 10 minutes and an adsorption capacity of 6,91 mg/g. The adsorption of rhodamine B followed the Langmuir isotherm with an adsorption capacity of 6,36 mg/g.

Key words: adsorption, activated carbon, rhodamine B, kluwak shell



DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Adsorpsi.....	6
2.2 Isotermal Adsorpsi.....	9
2.3 Karbon Aktif.....	13
Modifikasi Permukaan Karbon Aktif.....	16
Tempurung Kluwak.....	17
Zat Warna Rhodamin B.....	18
	ix



BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Bahan Penelitian	19
3.2 Alat Penelitian.....	19
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.4 Prosedur Penelitian	20
3.4.1 Preparasi Sampel.....	20
3.4.2 Karbonisasi.....	20
3.4.3 Aktivasi	20
3.4.4 Modifikasi Permukaan	21
3.4.5 Karakterisasi dengan Metode Titrasi Boehm	21
3.4.6 Penentuan Luas Permukaan	22
3.4.7 Pembuatan Larutan Induk Rhodamin B 1000 mg/L	23
3.4.8 Pembuatan Larutan Rhodamin B 10 mg/L	23
3.4.9 Menentukan Panjang Gelombang Maksimum.....	23
3.4.10 Penentuan Waktu Kontak Optimum	23
3.4.11 Penentuan Kapasitas Adsorpsi oleh Tempurung Kluwak.....	24
3.4.12 Karakteristik gugus Fungsi dengan FTIR	25
3.4.12 Desorpsi	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kluwak....	27
4.2 Data Isotermal dan BJH Adsorpsi.....	31
4.3 Waktu Optimum Adsorpsi Rhodamin B	36
Kapasitas Adsorpsi Rhodamin B	38
Hasil FTIR Karbon Aktif setelah Adsorpsi.....	41



4.6 Karakterisasi SEM setelah Adsorpsi	42
4.7 Desorpsi	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	52



DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Syarat Mutu Karbon Aktif	14
2. Hasil analisis luas permukaan dengan metilen biru.....	27
3. Hasil Spektrum FTIR dari KTK, KATK dan KAM	29
4. Hasil analisis dengan menggunakan metode BJH.....	31
5. Nilai R^2 , k_2 , k_1 dan q_e hasil perhitungan adsorpsi rhodamin B oleh KAM	38
6. Data parameter adsorpsi rhodamin B oleh KAM.....	40
7. Data penelitian-penelitian adsorpsi rhodamin B.....	40
8. Data hasil FTIR sebelum dan sesudah adsorpsi.....	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tekanan relatif dengan jumlah yang teradsorpsi	9
2. Tekanan relatif dengan jumlah yang teradsorpsi	10
3. Tekanan relatif dengan jumlah yang teradsorpsi	11
4. Struktur karbon <i>Amorf</i>	13
5. Struktur kimia rhodamin B	18
6. Reaksi sulfonasi pada permukaan karbon	27
7. Hasil analisis SEM dari KTK, KATK dan KAM	28
8. Spektrum FTIR dari KTK, KATK dan KAM	29
9. Analisis titrasi Boehm KATK dan KAM	30
10. Grafik tekanan relatif dengan volume N ₂ yang terserap pada KTK.....	32
11. Grafik tekanan relatif dengan volume N ₂ yang terserap pada KATK.....	32
12. Grafik tekanan relatif dengan volume N ₂ yang terserap KAM	33
13. Grafik diameter pori dengan volume N ₂ yang teradsorpsi pada KTK.....	34
14. Grafik diameter pori dengan volume N ₂ yang teradsorpsi pada KATK.....	24
15. Grafik diameter pori dengan volume N ₂ yang teradsorpsi pada KAM	35
16. Grafik waktu kontak optimum rhodamin B.....	36
17. Grafik kinetika orde satu semu adsorpsi rhodamin B oleh KAM	37
18. Grafik kinetika orde dua semu adsorpsi rhodamin B oleh KAM	37
19. Grafik hubungan antara q _e dengan C ₀	38
20. Isotermal Langmuir untuk adsorpsi rhodamin B oleh KAM.....	39
21. Isotermal Freundlich untuk adsorpsi rhodamin B oleh KAM	39



Grafik spektrum FTIR sebelum dan setelah adsorpsi	41
Hasil analisis SEM karbon sebelum adsorpsi dan karbon setelah adsorpsi	42
Analisis titrasi Boehm untuk adsorpsi rhodamin B dari KAM	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Diagram alir penelitian.....	52
2. Skema kerja penelitian	53
3. Dokumentasi penelitian.....	59
4. Spektrum FTIR dari KTK	63
5. Spektrum FTIR dari KATK	64
6. Spektrum FTIR dari KAM	65
7. Spektrum FTIR dari rhodamin B	66
8. Spektrum FTIR dari KAM setelah adsorpsi	68
9. Data hasil titrasi Boehm	69
10. Data penentuan luas permukaan dengan metilen biru.....	73
11. Hasil analisis dengan metode SEM.....	75
12. Hasil analisis BET	78
13. Data panjang gelombang maksimum rhodamin B	87
14. Data kurva standar rhodamin B.....	88
15. Data waktu optimum adsorpsi rhodamin B oleh KAM	89
16. Data kinetika reaksi orde satu semu dan orde dua semu oleh KAM ...	90
17. Data kapasitas adsorpsi rhodamin B oleh KAM	92
18. Contoh perhitungan nilai Q_0 dan b	93
19. Data desorpsi	95



DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/ 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 merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat (Pratiwi, 2010). Zat warna banyak digunakan pada industri tekstil, plastik, kertas dan industri lainnya (Cahyadi, 2006). Zat warna yang sering dipakai dalam industri tekstil adalah zat warna rhodamin B yang merupakan pewarna sintesis yang berasal dari metanilinilat dan alanin. Zat warna ini berbentuk serbuk kristal yang berwarna merah keunguan dalam bentuk terlarut pada konsentrasi tinggi dan berwarna merah terang pada konsentrasi rendah. Rhodamin B dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, kulit, mata dan saluran pencernaan. Kandungan senyawa *xanthene* terdapat pada rhodamin B bersifat racun dan menyebabkan gangguan hati dan kanker. Oleh karena itu keberadaannya dalam air perlu diminimalkan (Erlin, 2008).

Metode adsorpsi merupakan salah satu cara yang efisien dan efektif untuk menghilangkan zat warna. Penggunaan karbon aktif sebagai penyerap zat warna rhodamin B merupakan salah satu alternatif dalam pengolahan limbah zat warna karena lebih selektif, efektif dan murah. Sejumlah karbon aktif dari biomassa dapat digunakan sebagai adsorben yaitu tempurung kenari (Edwin dkk., 2005), cangkang kelapa sawit (Kurniati, 2008), batang pisang (Muna, 2011), ampas tebu (Pratiwi, 2013), kulit durian (Tanasale dkk., 2014) dan kulit kakao (Sulistyawati dan Utami, 2014). Menurut Sulistyawati (2008) tongkol jagung mengandung selulosa dan pektin dari kulit buah jeruk (Ina dkk., 2013) dapat



dimanfaatkan sebagai adsorben. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah pertanian yang mengandung gugus-gugus fungsi dapat diolah lebih lanjut menjadi karbon aktif dan dapat berfungsi sebagai adsorben untuk menyerap zat warna dari perairan.

Salah satu limbah yang berpotensi digunakan sebagai sumber karbon aktif adalah tempurung kluwak, namun belum diteliti secara luas. Hasil uji proksimat yang dilakukan oleh Latifan dan Susanti (2012) mewujudkan bahwa nilai tetap karbon tempurung kluwak adalah sebesar 92,15 %. Kandungan karbon yang besar berpotensi untuk dijadikan karbon aktif (Habibah dkk., 2014). Selain itu, tempurung kluwak juga mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin yang berkolerasi positif dengan kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Semakin banyak kandungan senyawa tersebut maka karbon aktif yang dihasilkan akan semakin baik (Latifan dan Susanti, 2012).

Karbon aktif dari limbah tempurung kluwak memiliki kapasitas adsorpsi yang cukup baik terhadap iodin (Nurdiansah dan Susanti, 2013). Daya serap karbon aktif tempurung kluwak terhadap larutan iodin adalah 957,17 mg/g dan telah memenuhi standar SNI yang mengharuskan nilai bilangan iodin dari karbon aktif minimal 750 mg/g. Kapasitas adsorpsi karbon aktif dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi, baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan dengan pemanasan sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan agen pengaktivasi seperti kalium hidroksida. Penggunaan

gaktivasi bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dan volume pori aktif (Tanasale dkk., 2014). Senyawa kalium hidroksida sebagai zat yasi memiliki kelebihan karena karbon aktif yang dihasilkan memiliki



pori-pori yang dominan berukuran mikro. Adsorben dengan ukuran pori mesopor dan mikro lebih efektif untuk proses adsorpsi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Liem dkk., (2015) karbon aktif yang diaktivasi dengan kalium hidroksida memiliki daya serap yang cukup tinggi terhadap zat warna metilen biru dengan kapasitas sebesar 674 mg/g.

Selain luas permukaan yang tinggi, modifikasi permukaan juga memiliki pengaruh terhadap karakteristik suatu material karbon (Qu dan Shi, 1998; Liu, dkk., 2008). Modifikasi karbon aktif dengan menggunakan larutan H_2SO_4 98 % mengakibatkan luas permukaan dan diameter pori menjadi lebih kecil dari karbon aktif semula (Andreas dkk., 2005). Ismanto dkk (2010) melakukan modifikasi karbon aktif dengan H_2SO_4 , HNO_3 , dan H_2O_2 . Hasil penelitian menunjukkan modifikasi dengan H_2SO_4 , HNO_3 , dan H_2O_2 dapat meningkatkan gugus fungsional pada permukaan karbon seperti karboksilat, hidroksil, lakton dan lain-lain. Berdasarkan penelitian tersebut, diperoleh kadar gugus karboksilat dengan modifikasi H_2SO_4 , HNO_3 , dan H_2O_2 berturut-turut adalah sebesar 0.51 meq/g, 0.56 meq/g dan 0.34 meq/g. Sedangkan kadar gugus laktonnya dengan modifikasi H_2SO_4 , HNO_3 , dan H_2O_2 berturut-turut adalah 1.04 meq/g, 1,08 meq/g, dan 0.978 meq/g. Kadar gugus fungsional hidroksil dengan modifikasi H_2SO_4 , HNO_3 , dan H_2O_2 adalah berturut-turut 0.66 meq/g, 0.65 meq/g, dan 0.59 meq/g. Berdasarkan penelitian tersebut modifikasi dengan H_2SO_4 dapat meningkatkan gugus hidroksil.



Berdasarkan uraian di atas modifikasi permukaan karbon aktif dari g kluwak dilakukan dengan H_2SO_4 sebagai adsorben zat warna B. Penelitian ini menggunakan larutan zat warna yang dibuat pada

konsentrasi tertentu sebagai limbah cair buatan untuk mempelajari kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi rhodamin B. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi seperti waktu kontak dan konsentrasi akan dipelajari untuk mengetahui kondisi optimum adsorpsi. Model isotermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk mempelajari kapasitas adsorpsi serta gugus fungsi yang terlibat dalam adsorpsi dipelajari dengan FTIR. Selain itu dalam penelitian ini akan dipelajari desorpsi zat warna dari karbon aktif yang akan menjadi kajian penelitian ini untuk mendapatkan informasi apakah adsorben dapat diregenerasi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. bagaimana pengaruh modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kluwak dengan menggunakan H_2SO_4 terhadap perubahan gugus fungsi?
2. berapakah waktu optimum dan kapasitas adsorpsi zat warna rhodamin B oleh karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi H_2SO_4 ?
3. metode isotermal adsorpsi apakah (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna rhodamin B oleh karbon aktif termodifikasi H_2SO_4 ?
4. zat pendesorpsi apa yang baik dalam menarik kembali rhodamin B dari karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi H_2SO_4 ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari

dan karbon aktif dari tempurung kluwak dengan aktivator KOH dalam

adsorpsi zat warna rhodamin B 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 H_2SO_4 terhadap perubahan gugus fungsi.
2. menentukan waktu optimum dan kapasitas adsorpsi zat warna rhodamin B oleh karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi H_2SO_4 .
3. metode isothermal adsorpsi (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna rhodamin B oleh karbon aktif termodifikasi H_2SO_4 .
4. menentukan zat pendesorpsi yang baik dalam menarik kembali rhodamin B dari karbon aktif tempurung kluwak termodifikasi H_2SO_4 .

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan karbon aktif dari tempurung kluwak hasil modifikasi sebagai adsorben zat warna rhodamin B 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 Adsorpsi

Adsorpsi berasal dari bahasa latin *surbene* yang berarti menjerap. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya ikatan yang terbentuk antara adsorben dengan adsorbat. Adsorben merupakan fasa yang dapat terkondensasi yaitu fasa padat dan cair sedangkan adsorbat dapat berupa atom, ion atau molekul dalam fasa padat, cair maupun gas (Monk, 2004).

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh adsorben terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan tanpa meresap ke dalam (Atkins, 1999). Adsorpsi dikelompokkan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia (Mufrodi dkk., 2008).

- a. Adsorpsi fisik (*physorption*), yaitu adsorpsi yang 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 adsorpsi dimana reaksi terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi.

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 bagian kelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian. Sedangkan untuk di permukaan hanya mempunyai gaya tarik ke arah dalam (Asip, 2008).



Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu proses pengadukan, kelarutan adsorben, luas permukaan, konsentrasi, suhu dan pH.

1. Proses pengadukan

Kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh difusi lapisan dan difusi pori juga dipengaruhi oleh pengadukan. Jika proses pengadukan relatif kecil maka adsorben sukar menembus lapisan antara permukaan adsorben dan difusi lapisan yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Dan jika pengadukan sesuai maka akan menaikkan difusi lapisan sampai titik difusi pori yang merupakan faktor pembatas dalam sistem batch dengan kecepatan pengadukan yang tinggi (Hajar dkk., 2016).

2. Kelarutan adsorben

Proses adsorpsi terjadi pada molekul-molekul yang ada dalam larutan harus dapat berpisah dari cairannya dan dapat berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben bila dibandingkan dengan unsur yang tidak larut (Hajar dkk., 2016).

3. Luas permukaan

Semakin besar luas permukaan adsorban, semakin tinggi daya adsorpsi. Pembentukan luas permukaan internal yang berukuran mikro atau meso sebanyak mungkin, semakin kecil dan banyak pori-pori karbon aktif, mengakibatkan luas

semakin besar karena jumlah molekul adsorbat yang diserap oleh akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben (Khuluk, 2016).



4. Konsentrasi

Konsentrasi larutan adsorbat mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin banyak pula zat terlarut yang dapat teradsorpsi oleh adsorben (Tanasal, 2015).

5. Suhu

Semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin tinggi laju adsorpsi (Prasetyo dkk., 2011). Peningkatan kapasitas adsorpsi ini karena pada temperatur yang lebih tinggi terjadi aktivasi sisi aktif permukaan adsorben dan peningkatan energi kinetik ion logam (Zakaria, 2011).

6. Waktu

Semakin lama waktu yang digunakan maka semakin banyak zat yang teradsorpsi sampai tercapai kesetimbangan (Sinta dkk., 2015). Setelah itu, penambahan waktu adsorpsi tidak meningkatkan kemampuan adsorpsi bahkan cenderung menurun. Jadi waktu optimum yang didapatkan dari jumlah zat warna yang diadsorpsi merupakan waktu yang digunakan oleh adsorben pada saat tercapai kesetimbangan (Astuti dkk., 2016).

7. pH

Semakin tinggi pH maka sisi aktif adsorben yang berperan dalam mengikat logam akan meningkat (Gupta dan Bhattacharyya, 2008). Dalam suasana netral karbon aktif mengadsorpsi lebih banyak zat warna dibandingkan dalam suasana asam dan basa (Lacerda dkk., 2015).

Metode adsorpsi yang umum digunakan adalah metode *batch* dan dinamis

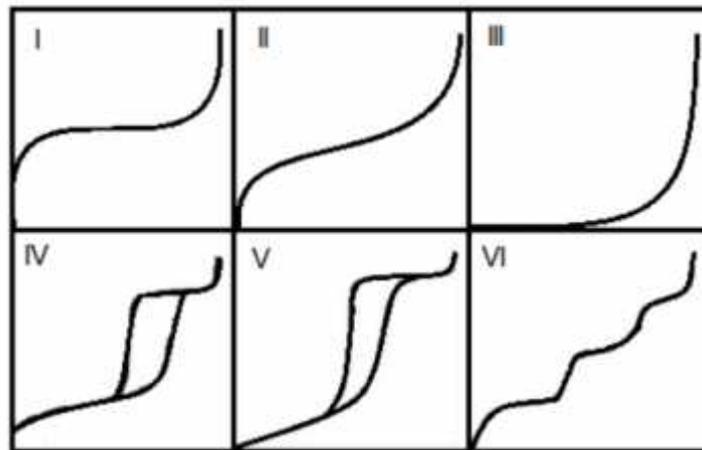
(Sodo, 2008). Metode *batch* untuk adsorpsi zat warna telah banyak diteliti untuk adsorpsi zat warna *congo red* dan rhodamin B dengan menggunakan serabut kapas dan ampas tebu (Widjanarko dkk, 2006) kulit pisang dan jeruk untuk



adsorpsi zat warna sintetik (metil orange, metilen biru, rhodamin B, *congo red* dan metil ungu) (Annadurai dkk, 2002), dan penggunaan limbah industri kertas (Thakur and Kaur, 2017).

2.2 Isotermal Adsorpsi

Isotermal adsorpsi menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dan temperatur tetap (Barrow, 1983 dalam Rakhmawati, 2007). Isotermal adsorpsi dibagi atas 6 tipe yakni tipe I, II, III, IV, V dan VI (Putranto dan Engelina, 2014) seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tekanan Relatif (P/P^0) dengan Jumlah yang teradsorpsi (mmol/g)

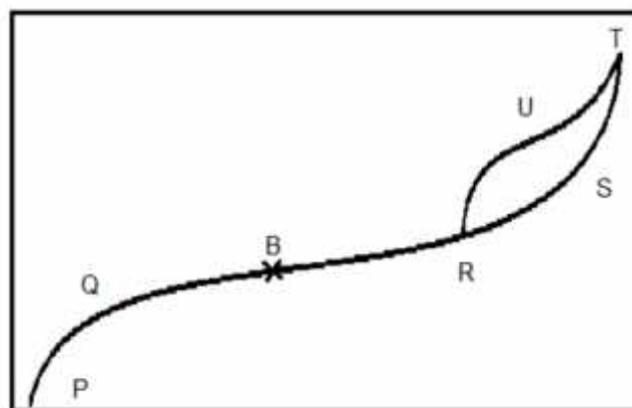
Tipe I, disebut sebagai isotermal Langmuir yang umumnya berlangsung pada adsorben yang luas permukaannya kecil dan ukuran porinya didominasi oleh mikropori. Tipe II menggambarkan adsorpsi pada 2 kondisi yaitu pada permukaan adsorben dengan permukaan terbuka dan mikropori. Isotermal ini memiliki titik

di mana kurva berubah dari cekung ke cembung yang menunjukkan di
kupan monolayer berakhir dan adsorpsi multilayer dimulai. Tipe III
k cembung dan khas dari adsorpsi pada situs dengan potensi adsorpsi



rendah, seperti sistem polimer organik. Plot grafik dari isoterma tipe III menghasilkan bentuk cembung terhadap tekanan relatif. Isotherma tipe ini umumnya berlangsung pada adsorben tak berpori dan adsorben berpori mikro. Tipe IV mirip dengan isoterma tipe II tetapi terjadi pada adsorben dengan ukuran pori yang tergolong mesopori. Tipe V merupakan tipe isoterma dengan karakteristik yang memiliki energi rendah, homogen dan terjadi pada adsorben dengan pori berukuran mesopori. Tipe VI mencirikan isoterma pada permukaan yang sangat homogen seperti grafit pirolitik. Isotherma tipe VI sering dikenal sebagai isoterma hipotetik. Tipe isoterma adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 1.

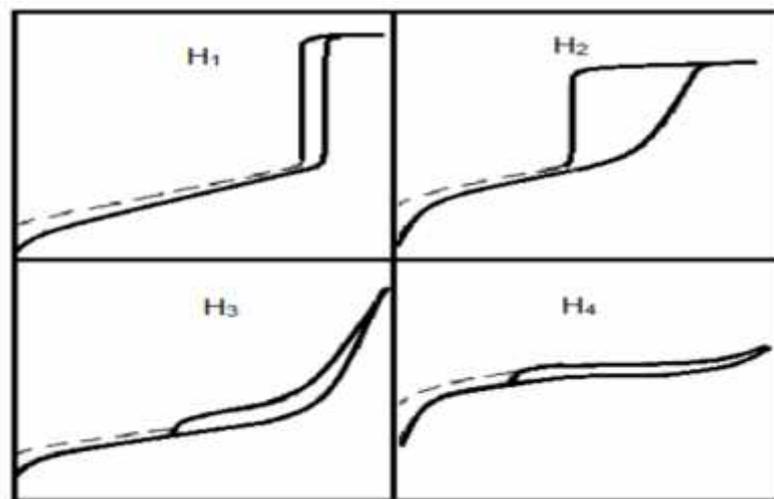
Proses desorpsi dapat berlangsung lebih lambat dari pada proses adsorpsi karena energi aktivasi yang lebih tinggi sehingga membentuk histeresis di mana kurva adsorpsi dan desorpsi isoterma tidak mengikuti jalur yang sama (Gambar 2). Garis PQ menggambarkan adsorpsi dalam mikropori dan permukaan terbuka; 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, 2010).



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



IUPAC telah menetapkan empat kategori loop histeresis (Gambar 3). 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 rendah karena mikroporositas. Bentuk histeresis sering digunakan untuk identifikasi struktur pori spesifik. Tipe *loop* H1 sering dikaitkan dengan bahan berpori dengan bentuk bola 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, 2010).



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



othermal adsorpsi yang sering digunakan dalam studi adsorpsi dalam adalah isothermal Langmuir. Isothermal adsorpsi dapat dianalisis dengan tiga itu Langmuir, Freundlich dan BET. Model isotherm adsorpsi digunakan

untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat (Aji dan Kurniawan, 2012).

1. Isotermal Langmuir

Persamaan isothermal Langmuir diberikan oleh persamaan (1), dimana C (mg/L) adalah konsentrasi kesetimbangan zat dalam larutan, q (mg/g) adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan, Q_0 (mg/g) adalah kapasitas maksimum, dan b (L/mg) adalah konstan Langmuir yang berhubungan dengan energi bebas atau entalpi bersih adsorpsi (Singh dkk., 2008).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (1)$$

2. Isotermal Freundlich

Isothermal Freundlich bergantung pada asumsi bahwa energy permukaan heterogen. Bentuk linier dari persamaan Freundlich diberikan oleh persamaan (2), di mana x adalah jumlah zat terlarut yang diadsorpsi (mg), m adalah banyaknya adsorben yang digunakan dalam gram, C adalah konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L), k dan n adalah konstanta adsorpsi seperti kapasitas dan intensitas adsorpsi (Namasivayam, 2001).

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

3. Isotermal BET

Metode *Brunauer-Emmett-Telle* atau BET digunakan untuk mengetahui luas permukaan dari adsorben dengan menggunakan gas nitrogen sebagai adsorbat. Isothermal BET pertama kali dikemukakan oleh Stephen Brunauer, Paul Hugh, Emmett dan Edward Teller. Konsep dari teori ini merupakan

analogi dari teori Langmuir yang menganggap bahwa adsorpsi juga dapat terjadi atas lapisan *monolayer*. Sehingga, isothermal adsorpsi BET dapat digunakan untuk adsorpsi *multilayer* (Maulana, 2011).

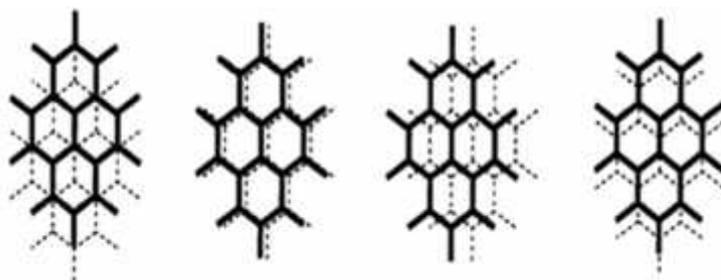


Isothermal BET didasarkan pada penentuan volume molekul teradsorpsi secara fisika setebal satu lapis molekul monolayer pada permukaan adsorben. Bentuk persamaan isothermal BET diberikan oleh persamaan (3), dimana C adalah konstanta BET, P_0 merupakan tekanan uap jenuh yang diadsorpsi pada suhu eksperimen (kPa), P adalah tekanan total gas saat adsorpsi (kPa), V_m adalah volume gas yang diadsorpsi untuk monolayer (cm^3) dan V adalah volume gas yang diadsorpsi pada tekanan P dengan satuan cm^3 (Shofa, 2012).

$$\frac{P}{V\left(\frac{P_0}{P}-1\right)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1) P}{V_m C P_0} \quad (3)$$

2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan arang dengan struktur amorf atau mikrokristalin yang sebagian besar terdiri atas karbon bebas dan memiliki permukaan dalam (*internal surface*), biasanya diperoleh dengan perlakuan khusus dan memiliki luas permukaan berkisar antara 300-2000 m^2/g . Konfigurasi molekul berbentuk pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya, struktur karbon *amorf* dapat dilihat pada Gambar 4 (Sudrajat dan Pari, 2011).



Gambar 4. Struktur Karbon *Amorf* (Tanaka dkk., 1997)



Secara umum, ada dua jenis karbon aktif 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 bentuk butiran (*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 (Ramdja dkk., 2008).

Menurut Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-88) dalam Surest dkk., 2010, syarat mutu karbon aktif diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Karbon Aktif (SII No. 0258-88)

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 %
Karbon terikat (%)	Min 80 %	Min. 65%
Daya serap terhadap I ₂	Min. 750 mg/g	Min. 750 mg/g
Daya serap terhadap metilen biru	Min. 60 mL/g	Min 120 mL/g

Kapasitas adsorpsi karbon aktif bergantung pada jumlah senyawa karbonnya. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi, jika karbon aktif tersebut di aktivasi dengan menggunakan bahan kimia atau dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia (Maulinda dkk., 2015).

sifat dari karbon aktif yang dihasilkan bergantung pada bahan yang digunakan misalnya kulit singkong menghasilkan karbon yang lunak dan cocok



untuk menjernihkan air. Karbon aktif sebagai pemucat, biasanya berbentuk bubuk (*powder*) ukuran diameter butirannya mencapai 1000 Å, digunakan pada fase cair yang berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan. Sedangkan karbon aktif *granular* atau *pellet* yang sangat keras dengan diameter pori berkisar antara 10-200 Å, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan, dan pemurnian gas (Maulinda dkk., 2015).

Pada dasarnya, proses pembuatan karbon aktif terdiri atas dua tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi baik secara kimia, maupun fisika. Karbonisasi merupakan proses pirolisis atau pembakaran tidak sempurna dari bahan dasar yang digunakan tanpa adanya udara, biasanya pada temperatur 500-800 °C. Hasil karbonisasi merupakan bahan penyerap yang kurang aktif. Oleh karena itu proses aktivasi sangat dibutuhkan untuk mengubah arang menjadi karbon aktif yang porositas dan luas permukaan spesifiknya besar. Berbagai bahan aktivator dapat digunakan dalam pembuatan karbon aktif. Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan logam alkali hidroksida, senyawa karbonat, sulfida, $ZnCl_2$, asam sulfat, asam fosfat, dan natrium klorida yang merupakan penyerap air (*dehydrating agent*) (Setiawati dan Suroto, 2010).

Dekomposisi tar dan perluasan pori-pori, dapat dilakukan dengan uap atau CO sebagai aktivator. Karbon dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna.

Pembakaran tidak sempurna tidak terjadi bila hidrokarbon berlebih atau

an oksigen pada pembakaran sempurna dihasilkan CO_2 dan H_2O ,

n pada pembakaran tidak sempurna selain dihasilkan CO_2 dan H_2O juga

n CO_2 dan C (Nurdiansiah dan Susanti, 2013).



2.4 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif

Modifikasi permukaan karbon aktif dilakukan untuk menambah gugus aktif. Gugus aktif yang akan ditambah merupakan gugus oksigen. Pada karbon aktif modifikasi asam nitrat, pori-pori terlihat lebih bersih dan rata. Hal tersebut diasumsikan bahwa pengotor telah hilang karena perlakuan modifikasi (Harti dkk., 2014).

Menurut Setyadhi dkk., (2005), ada beberapa cara memodifikasi sifat kimia permukaan karbon aktif, yaitu oksidasi fasa gas, perlakuan dengan menggunakan larutan kimia dan perlakuan termal.

1. Oksidasi fasa gas yang dilakukan dengan pemberian gas O_2 atau N_2O pada suhu tinggi;
2. Perlakuan dengan menggunakan larutan kimia. Ada dua mekanisme utama yang dapat terjadi secara bersamaan dalam peristiwa oksidasi karbon aktif oleh asam oksidator, yaitu : 1) teradsorpsinya atom-atom oksigen secara kimia pada permukaan karbon sehingga membentuk gugus-gugus oksida, dan 2) teroksidasinya atom karbon sehingga terjadi pelebaran pori pada karbon aktif;
3. Perlakuan termal yakni dengan memanaskan karbon aktif pada suhu sekitar $>700\text{ }^\circ\text{C}$ dengan dialiri gas nitrogen atau juga menggunakan gas hidrogen. Perubahan struktur pori akibat perlakuan termal disebabkan oleh adanya dekomposisi termal dari gugus oksida yang ada pada bagian dalam permukaan pori karbon aktif.



tu permukaan karbon dapat dimodifikasi melalui pembentukan gugus akibat adanya adsorpsi kimia antara permukaan karbon dan oksigen yang udara. Gugus oksida tersebut juga dapat dibentuk melalui penambahan

beberapa jenis larutan oksidator seperti H_2O_2 , HNO_3 , $NaOCl$, $(NH_4)_2SO_4$, $AgNO_3$ dan H_2SO_4 (Wibowo dkk., 2004). Peningkatan gugus oksida pada permukaan karbon akan menyebabkan berkurangnya kerapatan elektron sehingga sifat basa dari karbon aktif tersebut berkurang (Wulandari, 2016).

2.5 Tempurung Kluwak

Kluwak atau pangi (*Pangium edule* Reinw) merupakan jenis tumbuhan yang memiliki banyak potensi. Beberapa manfaat dari pohon pangi yang sudah dikenal oleh masyarakat umum seperti sebagai pohon yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi, biji pangi dimanfaatkan sebagai bumbu masakan dan pengawet serta tempurungnya yang keras jika sudah kering dapat dimanfaatkan sebagai media karbon aktif (Arini, 2012).

Tanaman kluwak dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Arini, 2012):

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Sub Divisio : Angiospermae
Klas : Dikotiledonae
Ordo : Parietales
Famili : Flacouritaceae
Genus : Pangium
Spesies : *Pangium edule* Reinw

Tempurung Kluwak merupakan bahan organik yang selalu terdiri atas

komponen berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa adalah senyawa organik dengan formula $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang terdapat pada



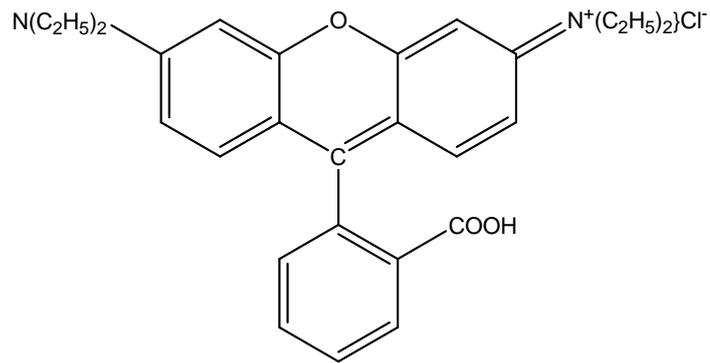
dinding sel dan berfungsi untuk mengokohkan struktur. Kandungan selulosa inilah yang membuat tempurung kluwak memiliki struktur yang keras. Sedangkan hemiselulosa adalah polimer polisakarida heterogen yang tersusun atas unit D-glukosa, larabiosa dan D-xilosa yang mengisi ruang antara serat selulosa di dalam dinding sel tumbuhan. Hemiselulosa adalah matrix pengisi serat selulosa. Selain selulosa dan hemiselulosa pada tumbuhan juga terdapat lignin yang merupakan senyawa kimia yang sangat kompleks dan berstruktur amorf. Lignin juga merupakan polimer dengan berat molekular yang tinggi dengan struktur yang bervariasi. Lignin berfungsi sebagai pengikat untuk sel-sel yang lain dan juga memberikan kekuatan. Semakin banyak kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin maka akan semakin baik karbon aktif yang dihasilkan (Nurdiansah dan Susanti, 2013).

2.6 Zat Warna Rhodamin B

Rhodamin B adalah zat warna yang berbentuk serbuk kristal berwarna kehijauan, berwarna merah kebiruan dalam bentuk tersebut pada konsentrasi tinggi dan berwarna merah terang pada konsentrasi rendah. Berdasarkan data toksikologi dan dermatologi, rhodamin B (Gambar 4) dapat menyebabkan iritasi kuat pada membran mukosa (Hastomo, 2008).

Rhodamin B adalah bahan kimia yang digunakan untuk pewarna merah pada industri tekstil dan plastik. Rhodamin B dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, iritasi kulit, iritasi pada mata, iritasi pada saluran pencernaan (Nurmasari dkk., 2011). Rhodamin B termasuk pewarna golongan *xanthene* basa yang dapat menyebabkan keracunan, gangguan hati dan kanker (Nurmasari dkk., 2014).





Gambar 5. Struktur kimia rhodamin B (Hastomo, 2008).

Rhodamin B mempunyai massa molekul 479,06 g/mol dan mempunyai titik leleh 210-211 °C. Senyawa ini mempunyai rumus molekul $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$ (Purnawati, 2011). Rhodamin B sangat larut dalam air dan alkohol, serta sedikit larut dalam asam klorida dan natrium hidroksida. Rhodamin B sering digunakan sebagai zat pewarna untuk kertas, pewarna untuk tekstil, dan sebagai reagensia (Nurmasari dkk., 2014).

