

**ADSORPSI MONOKOMPONEN DAN BIKOMPONEN ZAT PEWARNA
METIL JINGGA DAN FENOL OLEH KARBON AKTIF CANGKANG
BUAH KARET (*Hevea Brasiliensis*)**

(SKRIPSI)

Oleh

Muhammad Rois Abdillah



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

2022

ABSTRACT

ADSORPTION OF MONOCOMPONENT AND BICOMPONENT METHYL ORANGE AND PHENOL BY ACTIVE CARBON RUBBER FRUIT SHELL (*Hevea Brasiliensis*)

By

Muhammad Rois Abdillah

In this research, the manufacture and characterization of activated carbon adsorption from rubber fruit shells has been carried out. The manufacturing stage is through physical activation, followed by chemical activation and the characterization process. Physical activation was carried out at a temperature of 700°C, physico-chemical activation was carried out by drying in an oven at a temperature of 100°C. The synthesized activated carbon was analyzed proximately and characterized using a Scanning Electron Microscope (SEM) to determine its surface morphology. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) to determine the functional groups on the surface of activated carbon. The final result of the adsorbate was characterized and analyzed using a UV-Vis Spectrophotometer to determine changes in functional groups. The adsorption test on activated carbon against methyl orange and phenol was carried out by testing the pH and optimum contact time to determine the kinetics model and the optimum adsorbate concentration to determine the pattern of adsorption isotherms. The results of the proximate analysis showed that the value of water

content and volatile matter content in CAF was less than in CAFK. While the value of ash content and carbon content bound to CAF is more than CAFK. The FTIR characterization of the adsorption results of CAF and CAFK produced a hydroxy group (O-H), an aromatic C=C bond, a methyl group (CH₃), and a C=O carboxylic acid group. CAF Potential of Zero Charge (PZC) values at pH 6 and CAFK pH 8. Optimum methyl orange adsorption at CAF pH 6 and CAFK pH 8, while the optimum phenol adsorption at CAF pH 8 and CAFK pH 6. The optimum contact time was 60 minutes with percent adsorption of phenol (CAF 94% ; CAFK 91%) and Methyl Orange (92% CAF; CAFK 94%). The optimum concentrations were 0.4 and 0.6 grams of adsorbent. The adsorption kinetics data tended to follow the pseudo second-order kinetic model and the adsorption isotherm tended to follow the Freundlich isotherm pattern.

Key Words : Rubber fruit shells, activated carbon, characterization, adsorption test, methyl orange, phenol

ABSTRAK

ADSORPSI MONOKOMPONEN DAN BIKOMPONEN ZAT PEWARNA METIL JINGGA DAN FENOL OLEH KARBON AKTIF CANGKANG BUAH KARET (*Hevea Brasiliensis*)

Oleh

Muhammad Rois Abdillah

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan dan karakterisasi adsorpsi karbon aktif dari cangkang buah karet. Tahap pembuatan melalui aktivasi fisika yang dilanjutkan pada aktivasi kimia dan proses karakterisasi. Aktivasi fisika dilakukan dengan suhu 700°C, aktivasi fisika-kimia dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 100°C. Karbon aktif hasil sintesis dilakukan analisis proksimat dan dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaannya. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi pada permukaan karbon aktif. Hasil akhir adsorbat dikarakterisasi dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis* untuk mengetahui perubahan gugus-gugus fungsi. Uji adsorpsi pada karbon aktif terhadap metil jingga dan fenol dilakukan dengan pengujian ph dan waktu kontak optimum untuk mengetahui model kinetika dan konsentrasi adsorbat optimum untuk mengetahui pola isoterm adsorpsi. Hasil analisis proksimat menunjukkan nilai kadar air dan kadar zat menguap pada CAF lebih sedikit daripada CAFK. Sedangkan nilai kadar abu dan kadar karbon terikat pada CAF lebih banyak daripada CAFK. Karakterisasi FTIR pada hasil adsorpsi CAF dan CAFK

menghasilkan gugus hidroksi (O-H), ikatan C=C aromatic, gugus metil (CH₃), dan gugus asam karboksilat C=O. Nilai Potential of Zero Charge (PZC) CAF pada pH 6 dan CAFK pH 8. Adsorpsi metil jingga optimum pada CAF pH 6 dan CAFK pH 8, sedangkan adsorpsi fenol optimum pada CAF pH 8 dan CAFK pH 6. Waktu kontak optimum adalah 60 menit dengan persen adsorpsi fenol (CAF 94% ; CAFK 91%) dan Metil Jingga (CAF 92% ; CAFK 94%). Konsentrasi optimum adalah 0,4 dan 0,6 gram adsorben. Data kinetika adsorpsi cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua dan isoterm adsorpsi cenderung mengikuti pola isoterm Freundlich.

Kata Kunci : Cangkang buah karet, karbon aktif, karakterisasi, uji adsorpsi, metil jingga, fenol

**ADSORPSI MONOKOMPONEN DAN BIKOMPONEN ZAT PEWARNA
METIL JINGGA DAN FENOL OLEH KARBON AKTIF CANGKANG
BUAH KARET (*Hevea Brasiliensis*)**

Oleh

Muhammad Rois Abdillah

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

**: ADSORPSI MONOKOMPONEN DAN
BIKOMPONEN ZAT PEWARNA
METIL JINGGA DAN FENOL OLEH
KARBON AKTIF CANGKANG BUAH
KARET (*Hevea Brasiliensis*)**

Nama Mahasiswa

: Muhammad Rois Abdillah

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1757011008

Jurusan

: Kimia

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Buhani, M.Si.

NIP 19690416 199403 2 003

Dr. Mita Rilyanti, M.Si.

NIP 19720530 200003 2 001

2. Ketua Jurusan Kimia

Mulyono, Ph.D.

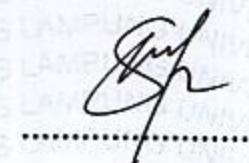
NIP 19740611 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Buhani, M.Si.



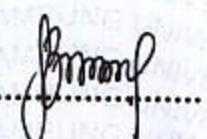
Sekretaris

: Dr. Mita Rilyanti, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si.

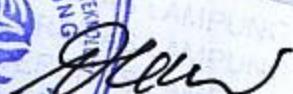


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.

NIP 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 April 2022

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Rois Abdillah

NPM : 1757011008

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul :

**“Adsorpsi Monokomponen Dan Bikomponen Zat Pewarna Metil Jingga Dan Fenol
Oleh Karbon Aktif Cangkang Buah Karet (Hevea Brasiliensis)”**

Apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini baik data, gagasan, serta pembahasannya adalah benar karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini saya susun dengan mengikuti aturan dan etika akademik yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar atau terdapat kecurangan, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 22 Agustus 2022

Yang menyatakan



Muhammad Rois Abdillah
NPM 1757011008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bogor pada tanggal 01 Februari 2000, anak tunggal dari pasangan Bapak Toto Widianto, A.Md. dan Ibu Ina Supriatin, M.Pd. Penulis menamatkan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Miftahul Fallah Kota Tangerang pada tahun 2005, SDIT Asshobar Kabupaten Tangerang pada tahun 2011, SMPIT Permata Insani Kabupaten Tangerang pada tahun 2014, dan SMAN 13 Kabupaten Tangerang pada tahun 2017. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan S1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Mandiri.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dibidang hubungan masyarakat dan mahasiswa melalui Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) tahun 2017, Rohani Islam Fakultas (ROIS FMIPA) tahun 2018, dan Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung (BEM UNILA) tahun 2019. Penulis melakukan Penelitian Praktik Kerja Lapangan tentang “Pengaruh Konsentrasi Asam Asetat Dalam Pelindian Limbah Aki Terhadap Persen Ekstraksi Timbal” di Laboratorium Hidroelektro Metalurgi Balai Penelitian Teknologi Mineral (BPTM), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan.

Penulis meneliti dibidang adsorpsi limbah zat warna menggunakan bahan karbon aktif dari cangkang buah karet. Selama mengisi waktu luang, peneliti aktif mengamati eskatologi hubungan internasional dan konflik bersenjata. Penulis memiliki hobi bermain futsal dan kegiatan outdoor.

Kupersembahkan karya ini sebagai wujud bakti dan tanggung
jawab kepada :

Kedua orang tuaku,
Bapak Paling Keren Toto Widianto dan Ibu Paling Cantik Ina Supriatin
Yang senantiasa memberikan cinta kasih, perhatian, dukungan, motivasi,
doa, dan uang jajan untukku.

Keluarga Besarku,
Kakek nenek di bogor, mbah akung (Alm) dan mbah uti (Alm) di
magelang, serta paman, bibi, pakde, budhe, om, tante, adik ipar dan kaka
ipar di bogor dan magelang.

Pembimbing Penelitianku,
Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si., Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si., dan Ibu Dr.
Kamisah D Pandiangan, M.Si.

Terima kasih, Sahabat, Kerabat, dan Teman.

Almamater Tercinta

Motto

Jangan Pernah Menunggu, Tidak Ada Waktu Yang Tepat

- Madro -

**Sebenarnya Masalah Hidup Itu Cuman Satu, Gasadar
Kalau Banyak Masalah**

- Madro -

Selalu bersyukur, bersabar dan memafikan

- Madro -

SANWACANA

Alhamdulillahirobil' alamin, puji syukur atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Adsorpsi Monokomponen Dan Bikomponen Zat Pewarna Metil Jingga Dan Fenol Oleh Karbon Aktif Cangkang Buah Karet (*Hevea Brasiliensis*)". Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita mendapatkan syafaat di yaumil akhir nanti. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Unila. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, bapak Toto Widiyanto, A.Md. dan ibu Ina Supriatin, M.Pd atas kasih sayang, ke sabaran, do'a serta ketulusan yang tak kenal lelah dalam mendidik dan membesarkan saya.
2. Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si selaku pembimbing I dan ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si selaku pembimbing II saya yang dengan sabar membimbing dan memotivasi saya selama pengerjaan skripsi.
3. Ibu Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si selaku pembahas dan pembimbing akademik saya atas kritik, saran, motivasi dan arahan serta bimbingan selama perkuliahan.
4. Kakek dan nenek, serta keluarga besar saya di Tangerang, Bogor dan Jogjakarta yang telah memberikan semangat dan dukungannya kepada penulis.
5. Teman penyemangat hidup, Mutia Dinda Lestari yang selalu setia menyemangati dan mendengarkan keluh kesah saya.
6. Teman seperjuangan tim penelitian anorganik, Windi, Iffah, Putri, kak Pina, kak Desria dan kak Desy yang telah membantu saya selama pengerjaan penelitian dan skripsi.

7. Teman-teman sejawat kimia angkatan 2017, terutama Rusdi, Jeremia, Andre, Davincent, dan Naura atas kesabaran dan ketulusannya membersamai saya selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman KKN desa Sindang Panon, Eka, Dea, Ega, dan Jihan yang telah membantu saya selama kegiatan KKN dan menyemangati saya selama pengerjaan skripsi.
9. Teman-teman ikatan mahasiswa muhammadiyah IMM Unila yang telah menjadi wadah saya dalam mengembangkan diri dan berorganisasi.
10. Teman-teman kontrakan D3/14, labuhan alam residen, rumah Qur'an, dan bumi manti 4 sebagai rumah serta keluarga yang senantiasa membantu, menyemangati dan mendukung saya.
11. Diri sendiri, yang tidak pernah menyerah, berjuang dan berusaha dengan baik dalam penyelesaian skripsi ini.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian.....	4
C. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Adsorpsi	5
1. Pengertian Adsorpsi	5
2. Adsorpsi Fisika.....	6
3. Adsorpsi Fisika Kimia	6
4. Kinetika Adsorpsi.....	7
5. Isoterm Adsorpsi	9
6. Isoterm Adsorpsi Bi-komponen	11
B. Cangkang Buah Karet	12
C. Karbon Aktif	13
D. Zat Warna	14
E. Metil Jingga.....	15

F. Fenol.....	16
G. Potential of Zero Charge.....	17
H. Karakterisasi.....	18
I. Analisis Proksimat.....	22
J. Zeta Potensial.....	23
III. METODE PENELITIAN.....	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
B. Alat dan Bahan.....	25
C. Prosedur Penelitian.....	26
1. Preparasi dan Pembuatan Karbon	26
2. Aktivasi Karbon Aktif	26
3. Karakterisasi Karbon Aktif	27
4. Penentuan Nilai Zeta Potensial Adsorben.....	27
5. Analisis Proksimat	27
6. Uji Adsorpsi Monokomponen	28
7. Uji Adsorpsi Bikomponen.....	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. Preparasi dan Pembuatan Karbon Aktif	31
B. Proses Aktivasi Fisika dan Kimia	32
C. Analisis Proksimat.....	33
D. Karakterisasi Karbon Aktif	34
1. Karakterisasi dengan menggunakan Spektrofotometri IR	34
2. Karakterisasi dengan menggunakan <i>Scanning Electron Microscope</i> yang dirangkai dengan <i>Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX)	36
E. Penentuan Nilai Zeta Potensial	38
F. Uji Adsorpsi Monokomponen	39

1. Penentuan Dosis Optimum.....	39
2. Penentuan pH Optimum	40
3. Penentuan Waktu Optimum.....	41
4. Penentuan Konsentrasi Optimum.....	44
G. Uji Adsorpsi Bi-komponen	48
V. KESIMPULAN DAN SARAN	54
A. Kesimpulan.....	54
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Table	Halaman
1. Adsorpsi fisika dan kimia	7
2. Komposisi cangkang buah karet	13
3. Serapan khas beberapa gugus fungsi.....	20
4. Hasil analisis proksimat karbon aktif.....	34
5. Parameter Kinetika Adsorpsi pada CAF dan CAFK terhadap Metilen Jingga dan Fenol.....	44
6. Parameter isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich metilen jingga dan fenol terhadap CAF dan CAFK.....	48
7. Parameter isoterm bikomponen adsorpsi langmuir dan freundlich metilen jingga dan fenol terhadap CAF dan CAFK.....	52
8. Parameter isoterm adsorpsi langmuir biner.....	53
9. Data absorbansi metil jingga dengan variasi dosis	62
10. Data absorbansi fenol dengan variasi dosis	62
11. Adsorpsi metil jingga dan fenol pada adsorben dengan variasi dosis.....	64
12. Data absorbansi metil jingga dan fenol dengan variasi pH.....	64
13. Adsorpsi metil jingga dan fenol pada adsorben dengan variasi pH.....	66
14. Data absorbansi metil jingga dan fenol dengan variasi waktu	66
15. Adsorpsi metil jingga dan fenol pada adsorben dengan variasi waktu	68
16. Data absorbansi metil jingga dan fenol dengan variasi konsentrasi	68
17. Adsorpsi metil jingga dan fenol pada adsorben dengan variasi konsentrasi...	70
18. Data absorbansi metil jingga dan fenol untuk bikomponen.....	70
19. Adsorpsi metil jingga dan fenol pada adsorben dengan variasi bikomponen.	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Karbon aktif	14
2. Struktur metil jingga	16
3. Struktur fenol	17
4. Klasifikasi panjang gelombang dalam nanometer untuk spektrum warna tertentu	19
5. Hasil Preparasi Sampel Cangkang Buah Karet (A) Karbon Cangkang Buah Karet Kasar (B)	31
6. Karbon aktivasi fisika (CAF)	32
7. Karbon aktivasi fisika kimia (CAFK)	33
8. Spektra Spektrofotometri FTIR CA (A) CAF (B) CAFK (C)	35
9. Mikrogaf Permukaan Adsorben pada Perbesaran 5000x (A) Karbon Aktivasi Fisika (B) Karbon Aktivasi Fisika Kimia	36
10. Hasil spektra EDX dari adsorben (A) CAF (B) CAFK	37
11. Hasil perhitungan nilai zeta potensial	38
12. Kurva dosis optimum pada adsorpsi metil jingga (a) dan kurva dosis optimum pada adsorpsi fenol (b)	39
13. Kurva pH optimum pada adsorpsi metil jingga (a) dan kurva pH optimum pada adsorpsi fenol (b)	41
14. Kurva waktu optimum pada adsorpsi metil jingga (a) dan kurva waktu optimum pada adsorpsi fenol (b)	42
15. Kinetika pseudo orde satu (a) Kinetika pseudo orde dua (b)	43
16. Kurva konsentrasi optimum pada adsorpsi metil jingga (a) dan kurva konsentrasi optimum pada adsorpsi fenol (b)	45
17. Pola isoterm langmuir pada metil jingga (a) dan fenol (b)	46

18. Pola isotherm freundlich pada metil jingga (a) dan fenol (b)	47
19. Kurva uji bikomponen pada adsorpsi metil jingga dan fenol oleh karbon aktif CAF (a) dan CAFK (b)	49
20. Pola isotherm adsorpsi bikomponen menggunakan analisis Langmuir (a) dan freundlich (b)	51
21. Kurva standar larutan metil jingga (A) dan fenol (B) dengan variasi dosis....	63
22. Kurva standar larutan metil jingga (A) fenol (B) dengan variasi pH.....	65
23. Kurva standar larutan metil jingga (A) dan fenol (B) dengan variasi waktu ..	67
24. Kurva standar larutan metil jingga (A) dan fenol (B) dengan variasi konsentrasi	69
25. Kurva standar bikomponen metil jingga (A) dan fenol (B)	71

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu masalah yang perlu diketahui karena dampaknya yang dapat merusak keseimbangan ekosistem lingkungan. Pencemaran lingkungan dapat terjadi karena banyaknya zat pencemar dilingkungan. Zat-zat pencemar dapat berasal dari berbagai bidang kehidupan, salah satunya yaitu bidang industri. Meskipun industri sendiri merupakan salah satu bidang yang menyokong perekonomian Indonesia namun dalam praktiknya bidang industri justru menjadi salah satu penghasil terbesar zat pencemar lingkungan (Buhani *et al.*, 2015).

Industri tekstil adalah salah satu industri yang paling banyak menghasilkan limbah cair terutama dari proses pewarnaan (Herlina, 2014). Zat warna metil jingga sering digunakan dalam proses pewarnaan pada berbagai industri seperti industri tekstil, industri plastik dan keramik (Badr *et al.*, 2008). Zat warna metil jingga termasuk zat warna azo yang bersifat toksik dan memiliki intensitas limbah metil jingga dan fenol yang tinggi di perairan. Oleh karena itu, sebelum limbah industri dibuang diperairan diperlukan pengolahan terlebih dahulu. Ada beberapa metode untuk menghilangkan limbah cair yaitu adsorpsi, fotodegradasi, penukaran ion dan lain-lain. Diantara metode tersebut adsorpsi menjadi pilihan karena ekonomis dan efisien. Adsorben yang dibutuhkan agar dapat menyerap zat warna dari limbah industri tersebut harus memiliki sifat seperti luas permukaan yang besar, dan diameter pori kecil (Bhargavi *et al.*, 2015).

Zat warna metil jingga umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya dari gugus benzen. Gugus benzen sangat sulit didegradasi, kalaupun dimungkinkan dibutuhkan waktu yang lama. Senyawa azo bila terlalu lama berada di lingkungan, akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogenik dan mutagenik, karena itu perlu dicari alternatif efektif untuk menguraikan limbah tersebut. Zat warna ini berasal dari sisa-sisa zat warna yang tidak larut dan juga dari kotoran yang berasal dari serat alam. Zat warna bersifat racun dan sukar dihilangkan (Nigam *et al.*, 2000).

Fenol sebagai limbah cair yang berasal dari industri tekstil, obat, perekat, dan sebagainya. Fenol sebagai komponen dalam air limbah yang sangat berbahaya, karena beracun dan bersifat korosif terhadap kulit serta karsinogenik. Limbah senyawa fenol dihasilkan dari limbah cair industri mikroelektronik, industri minyak dan gas, tekstil, kertas, otomotif, pabrik bahan kimia, fiberglass, pulp kertas, perekat, kayu lapis, farmasi, cat, tekstil, keramik, plastik, formaldehid, dan sebagainya. Senyawa fenol dapat menimbulkan rasa dan bau tidak sedap dan pada konsentrasi nilai tertentu akan menyebabkan kematian organisme di perairan. Senyawa fenol dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi oleh organisme perairan (akuatik), fenol dapat masuk ke dalam tubuh melalui air minum dan makanan yang berasal dari organisme akuatik.

Beberapa cara penghilangan zat warna dan senyawa organik yang ada dalam pengolahan limbah cair industri dapat dilakukan secara kimia, fisika, biologi ataupun gabungan dari ketiganya. Pengolahan limbah cair secara fisika dapat dilakukan dengan cara adsorpsi, filtrasi dan sedimentasi. Adsorpsi dilakukan dengan penambahan adsorben seperti karbon aktif atau sejenisnya. Filtrasi dilakukan dengan cara pemisahan padat-cair melalui suatu alat penyaring(filter). Sedimentasi merupakan proses pemisahan padat-cair dengan cara mengendapkan partikel tersuspensi dengan adanya gaya gravitasi (Abramian, 2009).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran

lingkungan akibat logam berat dan zat warna antara lain metode presipitasi, koagulasi, kompleksasi, ekstraksi pelarut, pemisahan membran, pertukaran ion, dan adsorpsi. Metode adsorpsi sering digunakan dalam penyerapan limbah cair. Metode ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode lain seperti prosesnya lebih sederhana, biaya relatif murah, ramah lingkungan, tidak ada efek samping zat beracun, dan menawarkan fleksibilitas dalam desain operasi seperti adsorbennya dapat digunakan kembali (Buhani *et al.*, 2015).

Proses adsorpsi oleh karbon aktif sebagai pendekatan fundamental yang paling efisien dan menjanjikan dalam proses pengolahan air limbah (Ali *et al.*, 2009). Penggunaan teknologi adsorpsi dalam pengolahan air limbah masih merupakan proses yang mahal, terutama karena mahalnya biaya adsorben. Karbon aktif komersial diproduksi untuk menghasilkan sifat permukaan yang presisi dan akurasi tinggi, tetapi membutuhkan proses reaktivasi dan regenerasi yang rumit. Proses seperti itu sering menyebabkan degradasi sifat adsorpsi karbon, yang selanjutnya mempengaruhi kelangsungan ekonomi operasi. Akibatnya, diperlukan adsorben berbiaya rendah untuk penggunaan skala besar dalam proses dekontaminasi air. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena memiliki efisiensi yang tinggi. Selain itu, adsorpsi juga memiliki keunggulan lainnya seperti biaya yang relatif murah, metode yang lebih sederhana, bersifat ramah lingkungan serta tidak adanya efek samping yang beracun (Buhani *et al.*, 2017).

Pemanfaatan cangkang buah karet sebagai karbon aktif masih kurang optimal. Jika dibandingkan dengan bagian buah lainnya, bagian cangkang mengandung lignin yang berpotensi menjadi karbon aktif (Safitri, 2003). Cangkang buah karet yang mudah ditemukan di Indonesia dengan harga yang terjangkau mampu menjadi karbon aktif yang sangat bermanfaat dan bernilai jual tinggi. Maka dari itu perlu adanya penelitian tentang potensi yang dimiliki oleh karbon aktif dari cangkang buah karet.

Pada penelitian ini telah dipelajari adsorpsi monokomponen dan bikomponen metil jingga dan fenol oleh karbon aktif cangkang buah karet. Cangkang buah karet dipilih karena harga yang murah dan mudah ditemukan sebagai limbah pertanian. Cangkang buah karet telah diaktivasi menjadi karbonaktif secara fisika dan kimia. Kemudian diuji kadar air, abu, dan uap. Setelah diaktivasi, karbon aktif dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX, Spektrofotometer UV-Vis, dan FTIR serta diuji adsorpsi monokomponen dan bikomponen pada zat pewarna metil jingga dan fenol.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari cara aktivasi dan karakterisasi karbon aktif dari cangkang buah karet.
2. Mempelajari pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi zat pewarna metil jingga dan fenol dengan adsorpsi karbon aktif dari cangkang buah karet.
3. Mempelajari adsorpsi monokomponen dan bikomponen zat pewarna metil jingga dan fenol oleh karbon aktif dari cangkang buah karet.

C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi tentang proses pembuatan dan karakterisasi adsorpsi karbon aktif dari cangkang buah karet yang dapat digunakan untuk mengurangi limbah zat pewarna metil jingga dan fenol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Adsorpsi

1. Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pemisahan secara selektif terhadap suatu komponen atau zat pengotor (*impurity*) yang terkandung di dalam fluida dengan cara mengontakkan fluida tersebut dengan adsorben padatan. Proses dimana suatu komponen bergerak dari suatu fasa menuju permukaan yang lain sehingga terjadinya perubahan konsentrasi pada permukaan atau sering disebut juga kemampuan menempel atau menyerap suatu zat pada permukaan, sedangkan kemampuan suatu zat untuk melepaskan diri dari permukaan disebut desorpsi. Zat yang diserap disebut adsorbat sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Adsorben dapat berupa zat padat maupun zat cair (Atkins, 1999).

Adsorpsi sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Adsorpsi menyangkut pemasukan substansi adsorbat yang terjadi antarmukadua fasa. Fasa yang menyerap disebut adsorben dan fasa yang diserap disebut adsorbat. Proses adsorpsi secara fisik (interaksi antara adsorbat dan permukaan) terjadi akibat adanya interaksi melalui gaya Van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen, dan ikatan kovalen. Gaya Van der Waals mempunyai jarak jauh, tetapi lemah, dan energi yang dilepaskan jika partikel terfisisorpsi mempunyai orde besaran yang sama dengan entalpi kondensasi (Atkins, 1999).

2. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi karena gaya Van der Waals yaitu ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Adsorpsi ini memiliki gaya tarik Van der waals yang kekuatannya relatif kecil. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol. Semakin luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi (Atkins, 1999).

Adsorpsi fisika merupakan peristiwa bolak-balik, jika dalam keadaan setimbang kondisinya bisa diubah misalnya tekanan diturunkan atau temperatur dinaikkan, maka sebagian adsorbat akan terlepas dan akan membentuk kesetimbangan baru. Peristiwa adsorpsi disertai dengan pengeluaran panas, umumnya panas adsorpsi fisik rendah berkisar 5-10 kkal/g mol⁻¹ dan terjadi pada temperatur rendah yaitu di bawah titik didih adsorbat. Hal ini dapat menyebabkan kesetimbangan dari proses adsorpsi fisik bersifat bolak-balik dan berlangsung sangat cepat (Huang, 2015).

3. Adsorpsi Fisika Kimia

Adsorpsi kimia terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. Adsorpsi ini juga terjadi dengan adanya adsorpsi fisika, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Partikel-partikel dalam adsorpsi kimia pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia dan cenderung mencari tempat yang memaksimumkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999). Untuk memahami lebih lanjut tentang adsorpsi fisika dan kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Adsorpsi fisika dan kimia

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya van der waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai 800kJ/mol
Dapat membentuk lapisan multilayer	Dapat membentuk lapisan monolayer
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
Energi aktivasi kurang dari 1 kkal g^{-1} mol	Energi aktivasi antara 10-60 kkal g^{-1} mol
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

(Seader and Henley, 1998).

4. Kinetika Adsorpsi

Mekanisme adsorpsi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sistem pseudo pertama oleh Lagergen dan mekanisme pseudo orde kedua (Buhani *et al.*, 2010). Persamaan pseudo orde satu adalah persamaan yang digunakan untuk menggambarkan adsorpsi dan ditentukan dengan Persamaan 1 :

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

Dimana:

q_e : jumlah ion yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/g)

q_t : jumlah ion yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg/g)

t : waktu (menit)

k_1 : konstanta laju pseudo orde pertama (menit-1)

Persamaan dapat diintegrasikan dengan memakai kondisi batas seperti $q_t=0$ pada $t=0$ dan $q_t=q_e$ pada $t=t$, sehingga persamaan berubah menjadi Persamaan 2 :

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

Persamaan pseudo orde dua ditentukan dengan Persamaan 3:

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

Dimana :

q_e : jumlah ion yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/g)

q_t : jumlah ion yang teradsorpsi pada waktu tertentu (mg/g)

t : waktu (menit)

k_2 : konstanta laju pseudo orde kedua (g/mg.menit)

Persamaan dapat diintegrasikan dengan penggunaan kondisi batas $q_t=0$ pada $t=0$ dan $q_t=q_e$ pada $t=t$, sehingga diperoleh Persamaan 4 :

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

Untuk menghitung laju penyerapan awal, h (mg/g.menit) dengan kondisi $t=0$ dapat ditentukan dengan Persamaan 5 :

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

Dimana:

h : laju adsorpsi awal (mg/g.menit)

q_e : kapasitas adsorpsi kesetimbangan (mg/g)

k_2 : konstanta laju pseudo orde dua (g/mg.menit)

Laju adsorpsi awal (h), kapasitas adsorpsi kesetimbangan (q_e), dan konstanta laju pseudo orde dua (k_2) dapat ditentukan secara eksperimen dari slop dan intersep plot dari t/q_t versus t (Buhani *et al.*, 2013; Buhani *et al.*, 2015; Buhani *et al.*, 2017).

5. Isoterm Adsorpsi

Hubungan yang menyatakan keseimbangan antara konsentrasi dalam fasa cair dan konsentrasi dalam partikel adsorben pada suhu tertentu disebut isoterm adsorpsi. Jenis isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Adsorpsi fase cair-padat biasanya mengikuti modelisoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich (Buhani *et al.*, 2012; Buhani *et al.*, 2013; Buhani *et al.*, 2015; Buhani *et al.*, 2017).

a. Isoterm Adsorpsi Langmuir

Adsorpsi model Langmuir ini menyatakan laju adsorpsi bergantung pada faktor ukuran dan struktur molekul adsorbat, sifat pelarut dan porositas adsorben, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi yang terjadi yaitu *monolayer*. Dua tahapan yang terjadi selama proses adsorpsi yaitu perpindahan adsorbat dari fasa larutan ke permukaan adsorben dan adsorpsi adsorbat pada permukaan adsorben.

Model isoterm adsorpsi Langmuir dapat dinyatakan dalam Persamaan 6 :

$$\frac{C}{n} = \frac{1}{nmK} + \frac{C}{nm} \quad (6)$$

Dimana :

C : konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

n : jumlah zat yang teradsorpsi per g adsorben (mg/g)

nm : jumlah zat yang teradsorpsi pada keadaan jenuh (mg/g)

K : konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mg)

Energi adsorpsi adalah energi yang dihasilkan apabila satu mol zat teradsorpsi dalam adsorben dan jumlahnya ekuivalen dengan nilai negatif dari perubahan energi Gibbs standar (ΔG°) yang dapat dihitung dengan Persamaan 7 :

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

Dimana :

R : tetapan gas umum (8,314 J/molK)

T : temperatur (K)

K : konstanta kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh dari persamaan Langmuir (L/mg)

Dengan persamaan tersebut maka energi total adsorpsi E harganya sama dengan negatif energi bebas Gibbs (Oscik, 1982).

b. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Adsorpsi isoterm Freundlich menjelaskan bahwa proses adsorpsi pada bagian permukaan adalah heterogen dimana tidak semua permukaan adsorben mempunyai daya adsorpsi. Model isoterm Freundlich menunjukkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer*. Hal tersebut berkaitan dengan ciri-ciri dari adsorpsi secara fisika, dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*) (Buhani *et al.*, 2012; Buhani *et al.*, 2015).

Adapun bentuk persamaan linier Freundlich terdapat pada Persamaan 8 :

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (8)$$

Dimana :

q_e : jumlah zat yang teradsorpsi per g adsorben (mg/g)

C_e : konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan (mg/L)

K_F : faktor kapasitas Freundlich (mg/g)(L/mg) $^{1/n}$

n : faktor intensitas Freundlich (mol/g)

Bentuk linier dapat digunakan untuk menentukan kelinearan data percobaan dengan cara mengeplotkan C/q terhadap C_e . Konstanta Freundlich (K_F) dapat

diperoleh dari kemiringan garis lurusnya dan $1/n$ merupakan harga sloop. Bila n diketahui maka K_f dapat dicari, semakin besar harga K_f maka daya adsorpsi akan semakin baik dan dari harga K_f yang diperoleh maka energi adsorpsi dapat dihitung (Buhani *et al.*, 2012; Buhani *et al.*, 2013; Buhani *et al.*, 2015).

6. Isoterm Adsorpsi Bi-komponen

Pada umumnya limbah industri merupakan campuran ion yang bersinggungan di antara lingkungannya sendiri untuk pola biadsorben aktif, yaitu penting untuk penentuan selektivitas ion dalam larutan oleh bahan biosorben. Model Langmuir multi-komponen adalah yang paling sering digunakan agar sesuai dengan data biadsorpsi biner. Perhitungan ekspresi yang mewakili model isoterm Langmuir untuk campuran biner dapat dituliskan sebagai Persamaan 9.

$$q_{j*} = \frac{q_m b_j c_j}{1 + b_j c_j} \quad (9)$$

di mana q_m , b_1 dan b_2 adalah konstanta isoterm biner Langmuir.

Sanchez *et al.* (2017), telah menerapkan rumus model awalnya yang dikembangkan kembali oleh Bailey dan Ollis untuk mewakili data biner kesetimbangan biadsorpsi. Model aslinya dikembangkan untuk menggambarkan penghambatan non-kompetitif selama proses kinetika enzimatik.

Model ini diwakili oleh Persamaan 10.

$$q_1 = \frac{q_m c_1 b_1 [1 + \left(\frac{k}{b_1}\right) c_2]}{1 + b_1 c_1 + b_2 c_2 + 2 k c_1 c_2} \quad (10)$$

dimana qm , $b1$, $b2$ dan K adalah konstanta model.

Chong telah menggunakan model modifikasi dari isoterm Langmuir untuk mewakili data kesetimbangan biadsorpsi dalam campuran biner. Model ini telah dikembangkan melalui penggabungan yang baru parameter ke model asli dari isoterm Langmuir Persamaan (Fagundes, 2007).

B. Cangkang Buah Karet

Karet atau memiliki nama latin *Hevea brasiliensis*, merupakan tanaman asli dari lembah sungai Amazon, Brazil, Amerika Selatan. Tanaman dapat tumbuh baik di daerah daratan rendah, dengan tumbuh ketinggian 200 meter dari permukaan laut dengan kebutuhan sinar matahari minimum 5-7 jam perhari. Karet mampu tumbuh hingga mencapai ketinggian 15-25 meter. Dalam dunia tunbuhan karet memiliki taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Euphorbiales
Famili : Euphorbiaceae
Genus : *Hevea*
Species : *Hevea brasiliensis*

Secara fisik cangkang buah biji karet memiliki ciri ini sebagai tumbuhan yang berlignin. Konstruksi cangkang yang keras mengindikasi bahwa cangkang biji karet ini mengandung senyawa aktif berupa lignin. Selain pemanfaatannya yang masih kurang optimal, jika dibandingkan dengan bagian buah lainnya, bagian cangkang termasuk bagian yang mengandung lignin yang cukup banyak, sehingga bagian ini cukup potensial untuk diolah menjadi

produk karbon aktif yang sangat bermanfaat dan bernilai jual yang tinggi dengan komposisi kimia yang tertuang pada Tabel 2 (Tumpal, 2013).

Tabel 2. Komposisi cangkang buah karet

Komponen Penyusun	Percentase %
Selulosa	48,64
Lignin	33,54
Pentose	16,81
Kadar abu	1,25
Silica	0,52

(Esih S, 2003).

C. Karbon Aktif

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

Karbon aktif bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif diperoleh dengan proses aktivasi. Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon aktif. Luas permukaan (*surface area*) adalah salah satu sifat fisik dari karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar $1,95 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, dengan total volume pori-porinya sebesar $10,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mg}^{-1}$ dan diameter pori rata-rata $21,6 \text{ \AA}$, sehingga sangat memungkinkan untuk dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang banyak. Semakin luas permukaan pori-pori dari karbon aktif, maka daya serapnya semakin tinggi (Allport, 1997).

Karbon aktif sebagai senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat

adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-99% terhadap berat karbon aktif (Darmawan, 2008).

Karbon aktif telah mengalami perbesaran pori atau luas permukaan sehingga dapat menyerap zat-zat lain yang ada di sekitarnya. Karbon aktif umumnya banyak digunakan sebagai zat penyerap (adsorben) zat-zat pengotor yang terkandung di dalam air dan sebagai norit (obat diare) dalam dunia medis. Karbon aktif juga memiliki kelebihan lain yakni mudah untuk dibuat, karena proses pembuatannya termasuk proses yang cukup sederhana (Purnomo, 2010).

Karbon aktif sebagai suatu bahan yang mengandung karbon amorf yang memiliki permukaan dalam (*internal surface*) sehingga memiliki daya serap tinggi. Karbon aktif adalah karbon amorf yang telah mendapat perlakuan dengan uap dan panas sampai mempunyai afinitas yang kuat sekali untuk menyerap (absorpsi) berbagai bahan. Menurut Austin (1996). Karbon aktif yang telah yang telah mendapatkan perlakuan khusus dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Karbon aktif

D. Zat Warna

Zat warna dari limbah industri tekstil berbahaya bagi lingkungan antara lain senyawa fenol, zat warna tekstil, pestisida, poliklorobifenil (PCB), trikloroetilen (TCE), senyawa organik, dan senyawa aromatik lainnya.

Keberadaan zat warna beberapa mmol/L dapat menyebabkan perubahan warna air, mengurangi penetrasi sinar matahari dan menghambat fotosintesis (Panic *et al.*, 2014). Terdapat lebih dari 1000 jenis zat warna dengan jumlah lebih dari 100 ton diproduksi setiap tahun. Sebanyak 10-15% dari zat warna hilang dalam eluen selama proses pewarnaan (Gao *et al.*, 2016).

Penggunaan jenis zat warna kationik pada industri tekstil diketahui cukup luas, pewarna kationik seperti metilen biru dan kristal violet dianggap lebih beracun dibandingkan zat anionik. Industri tekstil biasanya menggunakan zat warna pada proses pencelupan. Pada proses pencelupan pewarnaan dengan menggunakan zat warna dapat memenuhi kebutuhan skala besar dengan warna yang bervariasi dan lebih praktis dalam pemakainya (Singh *et al.*, 2005).

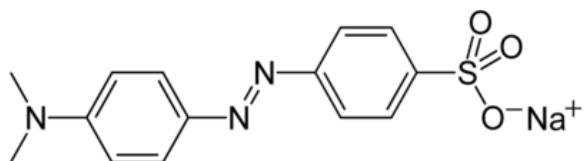
Limbah zat warna dari industri tekstil merupakan salah satu sumber kontaminan di lingkungan. Setelah pewarna masuk ke dalam air limbah, maka campuran tersebut menjadi lebih stabil dan sulit untuk terurai karena struktur kimia kompleks yang terbentuk (Forgacs *et al.*, 2004). Zat warna sintetik yang paling sering digunakan dalam industri tekstil adalah metilen biru dan kristal violet (Ruswati, 2003).

E. Metil Jingga

Metil jingga merupakan pewarna yang digunakan untuk memberikan warna pada zat, terutama kain. Metil jingga berbahaya untuk kesehatan karena bersifat toksik dan mutagenik. Jumlah metil jingga dalam perairan harus dikurangi, karena keberadaan zat warna di perairan dapat mengurangi kadar oksigen dalam air yang disebabkan oleh terganggunya proses fotosintesis tanaman karena berkurangnya serapan cahaya matahari (Nurlaili *et al.*, 2017).

Salah satu zat warna azo yang banyak digunakan dalam proses pencelupan adalah metil jingga. Metil jingga (MO) atau metil jingga adalah senyawa

organik dengan rumus $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$, dibuat dari asam sulfanilat dan *N, N-dimethylaniline*. Metil oranye merupakan pewarna yang digunakan untuk memberikan warna pada zat, terutama kain. Metil jingga berbahaya untuk kesehatan karena bersifat karsinogenik dan mutagenik. Adapun struktur metil jingga dapat dilihat pada Gambar 2

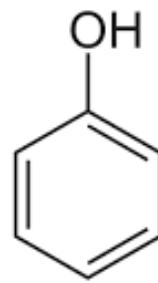


Gambar 2. Struktur metil jingga (Madjid *et al.*, 2015)

F. Fenol

Fenol atau hydroxybenzene dengan rumus molekul C_6H_5OH dan memiliki berat molekul sebesar 94, 11 g/mol merupakan komponen campuran yang memiliki satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat pada cincin aromatik. Pada suhu ruang fenol memiliki ciri fisik berupa kristal putih dan perlahan berubah menjadi berwarna merah muda apabila terkena paparan panas atau cahaya. Fenol juga memiliki bau khas yaitu berbau manis. Dalam kelarutannya, zat ini sedikit sukar larut dalam air pada suhu 0-65 °C dan melarut sempurna pada suhu diatas 65,3 °C. Fenol sangat larut dalam alkohol, benzene, klorofom, eter, dan hampir semua jenis pelarut organik. Fenol juga biasa disebut asam karbolat, asam fenat, asam fenilat, fenil hidroksida, fenil hidrokksida, atau oksibenezena (Othmer, 1998).

Polifenol memiliki banyak gugus fenol dalam molekulnya dan spektrum yang luas dengan kelarutan yang berbeda-beda, serta menunjukkan banyak fungsi biologis seperti perlindungan terhadap stres oksidatif dan penyakit degeneratif secara signifikan. Senyawa ini mungkin secara tidak langsung menunjukkan aktivasi sistem pertahanan endogen dengan proses modulasi signal seluler. Adapun struktur metil jingga dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Struktur fenol (Othmer, 1998)

G. Potential of Zero Charge

Nilai *Potential of Zero Charge* (PZC) merupakan parameter penting untuk mengetahui kestabilan dispersi partikel dalam suatu suspensi. Suspensi yang stabil ditunjukkan oleh nilai zeta potensial yang besar, karena menunjukkan adanya gaya tolak menolak yang besar antar partikel yang satu dengan partikel yang lain dalam suatu sistem suspensi. Nilai PZC yang tinggi juga menunjukkan kapasitas dispersi yang tinggi. Kegunaan nilai PZC yaitu untuk mengetahui kestabilan suatu larutan, untuk memprediksi morfologi permukaan suatu partikel, dan untuk mengetahui muatan permukaan. Nilai PZC menunjukkan tingkatan tolak menolak antara partikel yang bermuatan sama yang saling berdekatan. Pada sistem koloid, nilai zeta potensial yang tinggi akan memberikan stabilitas larutan untuk menolak alegasi (Ravikumar *et al.*, 2012).

Sebaliknya, ketika nilai PZC rendah maka daya tarik menarik muatan antar partikel dispersi melebihi daya tolak menolaknya sehingga terjadi flokulasi. Jadi koloid dengan nilai PZC yang tinggi adalah elektrik stabil. Sedangkan koloid dengan nilai PZC yang rendah cenderung akan mengental/flokulasi. Elektroforesis digunakan untuk memperkirakan nilai PZC suatu partikel. Dalam praktiknya, nilai PZC larutan diukur dengan menerapkan medan listrik di seluruh larutan. Partikel dalam larutan dengan nilai zeta potensial akan berpindah menuju elektroda dengan muatan berbeda, dimana kecepatannya sebanding dengan besarnya nilai PZC. Nilai PZC dalam medium polar

memiliki sifat hidrofilik yang menyebabkan ikatan koloid dengan air menjadi lebih kuat. Koloid-koloid bermuatan tak sejenis saling tarik menarik melebihi daya tolak menolaknya sehingga terjadi flokulasi. Terjadinya flokulasi menunjukkan potensi perubahan nilai PZC dan kemungkinan tak ada kelebihan muatan di permukaan. Dengan melakukan pengukuran PZC terhadap aliran limbah yang dihasilkan suatu industri kimia akan membuat kondisi pengolahan limbah menjadi lebih optimal (Ravikumar *et al.*, 2012).

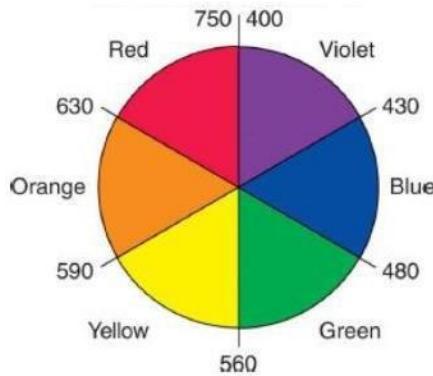
H. Karakterisasi

Pada karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui analisis penyerapan panjang gelombang pada sampel. Fungsi karakterisasi FTIR adalah untuk menganalisis gugus fungsi karbonil, hidroksil, karboksilat dari karbon aktif. Selain itu, BET *surface area* berfungsi untuk menghilangkan kandungan gas yang terperangkap dan mengukur luas permukaan dalam karbon aktif. SEM juga dilakukan untuk mengetahui morfologi dan topologi permukaan serta EDX berfungsi untuk mengetahui komposisi dari karbon aktif, yaitu C, H,O dan N beserta zat pengotor lainnya. Adapun penjelasan lebih lanjut terkait karakterisasi karbon aktif berikut ini.

1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri Ultraviolet (UV) dan tampak (Vis) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur banyaknya radiasi ultraviolet dan tampak yang diserap oleh senyawa sebagai fungsi dari panjang gelombang radiasi. Absorpsi cahaya ultraviolet atau cahaya tampak mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Spektrum sinar UV terentang antara panjang gelombang 100 – 400 nm, sedangkan untuk spektrum tampak (*visible*) terentang antara panjang gelombang 400 nm (ungu) hingga 800 nm (merah) (Fessenden, 2006).

Klasifikasi panjang gelombang untuk spektrum warna tertentu dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Klasifikasi panjang gelombang dalam nanometer untuk spektrum warna tertentu (Fessenden, 2003)

Absorbansi sampel tergantung pada konsentrasi larutan (c dalam mg/L), panjang sel pada sampel (b dalam cm) dan karakterisasi konstanta fisika darisampel yang menyerap (absorptivitas, a dalam mg/L). Ketergantungan ini diekspresikan dalam hukum Lambert-Beer (Sastrohamidjojo, 1999).

Untuk sistem spektrofotometri, UV-Vis paling banyak tersedia dan paling popular digunakan. Kemudahan metode ini adalah dapat digunakan baik untuk sampel berwarna juga untuk sampel tak berwarna seperti senyawa organik yang berdasarkan transisi atau dan karena itu memerlukan kromofor di dalam molekulnya. Transisi ini terjadi dalam daerah spektrum kira – kira 200-700 nm.

Spektrofotometri ultraviolet-visible atau spektrofotometri ultraviolet-visible (UV-Vis atau UV/Vis) melibatkan spektroskopi dari foton dalam daerah UV-terlihat. Ini berarti menggunakan cahaya dalam terlihat dan berdekatan (dekat ultraviolet (UV) dan dekat dengan inframerah (NIR) kisaran. Penyerapan dalam rentang yang terlihat secara langsung mempengaruhi warna bahan kimia yang terlibat. Di wilayah ini dari spektrum elektromagnetik, molekul

mengalami transisi elektronik. Teknik ini melengkapi fluoresensi spektroskopi, di fluoresensi berkaitan dengan transisi dari *ground state* ke *eksited state*.

2. Spektrofotometer Inframerah

Spektrofotometer inframerah adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada penyerapan sinar inframerah, yakni sinar yang berada pada jangkauan panjang gelombang 2,5–25 μm atau jangkauan frekuensi 400– 4000 cm^{-1} . Sinar ini muncul akibat vibrasi atom-atom pada posisi kesetimbangan dalam molekul dan kombinasi vibrasi dengan rotasi menghasilkan spektrum vibrasi-rotasi. Cara mengidentifikasi senyawa yang tidak dikenal adalah dengan membandingkan spektrum inframerah dengan sederat spektrum standar yang dibuat pada kondisi yang sama (Khopkar, 2001).

Spektrum IR suatu molekul diperoleh dari hasil transisi antara tingkat energi vibrasi dan osilasi. Bila molekul menyerap radiasi IR, energi yang diserap akan menyebabkan kenaikan amplitudo getaran atom-atom yang terikat sehingga molekul-molekul tersebut berada pada keadaan vibrasi tereksitasi (*excited vibrational state*), energi yang diserap ini akan dibuang dalam bentuk panas bila molekul itu kembali ke keadaan dasar. Panjang gelombang dari adsorpsi oleh suatu tipe ikatan, tergantung pada macam vibrasi dari ikatan tersebut. Oleh karena itu, tipe ikatan yang berlainan menyerap radiasi IR pada panjang gelombang yang berbeda (Sastrohamidjojo, 1999). Serapan khas beberapa gugus fungsi dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Serapan khas beberapa gugus fungsi

Gugus	Jenis senyawa	Daerah Serapan (cm^{-1})
C-H	Alkane	2850-2960, 1350-1470
C-H	Alkena	3020-3080, 675-870
C-H	Aromatic	3000-3100, 675-870
C-H	Alkuna	3300
C=C	Alkena	1640-1680
C=C	Aromatic (cincin)	1500-1600

C-O	Alkohol, eter, asam karboksilat, ester	1080-1300
C=O	Aldehida, keton, asam karboksilat, ester	1690-1760
O-H	Alkohol, fenol (monomer)	3610-3640
O-H	Alkohol, fenol (ikatan H)	2000-3600 (lebar)
O-H	Asam karboksilat	3000-3600 (lebar)
N-H	Amina	3310-3500
-NO ₂	Nitro	1515-1560, 1345-1385
C-N	Amina	1180-1360
C-H	Alkane	2850-2960, 1350-1470
Si-O-Si	Silika	1087, 85
Fe-O-Fe	Magnetit	586, 36

(Sastrohamidjojo, 1999).

3. Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray (SEM EDX)

SEM adalah sebuah mikroskop elektron yang digunakan untuk menyelidiki bagian permukaan dari objek solid yang dipadukan dengan EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) sehingga dapat digunakan untuk observasi dan karakterisasi struktur terkecil benda-benda padat dari material organik maupun anorganik yang heterogen. SEM-EDX juga dapat melihat permukaan bahan dengan skala mikrometer bahkan sampai sub- mikrometer menggunakan sumber medan emisi dan mempunyai resolusi gambar 1,5 nm (Abdullah, 2009).

Prinsip kerja dari SEM adalah deteksi elektron yang dihamburkan oleh padatan ketika ditembak oleh berkas elektron berenergi tinggi di dalam *electromagnetic coil* yang dihubungkan dengan *cathode ray tube* (CRT) sehingga dihasilkan suatu informasi mengenai keadaan permukaan suatu sampel senyawa. Secara bersamaan pula dialirkan arus pada kawat filamen tersebut dan dilakukan pemasan sehingga dihasilkan elektron. Elektron tersebut dikumpulkan dengan tegangan tinggi dan berkas elektron difokuskan dengan sederetan lensa elektromagnetik. Ketika berkas elektron mengenai

target, informasi dikumpulkan melalui tabung sinar katoda yang mengatur intensitanya (Nurjana, 2015).

Setiap jumlah sinar yang dihasilkan dari tabung sinar katoda dihubungkan dengan jumlah target. Berkas elektron akan kehilangan energi karena terjadi ionisasi atom dari cuplikan padatan. Elektron bebas ini tersebar keluar dari aliran sinar utama, kemudian elektron dialirkan ke unit demagnifikasi dan dideteksi oleh detektor dan selanjutnya dicatat sebagai suatu foton (Nurjana, 2015).

I. Analisis Proksimat

Analisis proksimat berfungsi untuk mengetahui kadar air, kadar abu, kadar uap, dan kadar ion terikat. Analisis proksimat merupakan analisis yang menggolongkan komponen yang terdapat pada bahan pakan berdasarkan komposisi kimia dan fungsinya (Suparjo, 2010).

Analisis proksimat pertama kali dikembangkan oleh Henneberg dan Stokmann. Analisis proksimat memiliki kelebihan seperti, banyaknya laboratorium yang menggunakan sistem ini untuk penelitian, biaya analisa lebih murah, menghasilkan analisis secara garis besar dan dapat menghitung *total digestible nutrient* (TDN). Analisis proksimat memiliki kekurangan yaitu, tidak menjelaskan secara rinci kandungan gizi makanan, sering terjadi kekeliruan analisis serat kasar dan lemak kasar yang mempengaruhi nilai ekstrak tanpa nitrogen Bahan Ekstrak Tanpa Komponen (BETN), proses yang lama dan tidak dapat menerangkan daya cerna. Analisis proksimat terdiri atas 6 fraksi yaitu kadar air, kadar abu, protein kasar, lemak kasar, dan BETN (Suparjo, 2010).

1. Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air pada suatu bahan. Kadar air dapat ditentukan dengan berat basah atau berat kering. Kadar air memiliki peran terhadap mutu pakan. Kadar air pada pakan menentukan penerimaan, kesegaran dan daya tahan sampel. Semakin tinggi kadar air dalam suatu sampel maka semakin besar resiko kerusakannya (Sulaiman, 2014). Fungsi air adalah media transportasi zat-zat kimia dan mengatur temperature suhu.

2. Kadar Abu

Abu merupakan bahan anorganik yang didapatkan setelah penghilangan bahan-bahan organik dalam suatu bahan. Penghilangan bahan-bahan organik dilakukan dengan cara membakar bahan baku. Perhitungan kadar abu bertujuan untuk mengetahui komponen asli dan zat pengotornya. Kadar abu tidak member nilai penting dan hanya digunakan untuk perhitungan BETN. Semakin tinggi kadar abu maka akan semakin buruk kualitas sampel tersebut. Abu terdiri dari berbagai jenis mineral dan tidak dapat menjelaskan kandungan mineral yang ada didalamnya (Angelina, 2015).

J. Zeta Potensial

Potensial zeta biasanya digunakan untuk mengkarakterisasi sifat muatan permukaan nanopartikel, berkaitan dengan interaksi elektrostatik nanopartikel. Interaksi elektrostatik akan menentukan kecenderungan agregasi dan tolak menolak. Potensial zeta adalah ukuran muatan permukaan partikel yang tersebar dalam medium pendispersi. Idealnya, muatan potensial zeta partikel harus lebih tinggi daripada medium pendispersi untuk mencegah agregasi. Potensial zeta harus dapat dikendalikan (Vaughn dan Williams, 2007). Nanopartikel dengan nilai potensial zeta lebih kecil dari -30 mV dan lebih besar dari +30mV memiliki stabilitas lebih tinggi (Murdock *et al.*, 2008). Sistem dispersi dengan nilai zeta potensial yang rendah lebih mudah

membentuk agregat seiring dengan gaya Van der Waals dalam interaksi partikel (Nanocomposix, 2012).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Januari 2021 - Juli 2021 di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik Universitas Lampung. Analisis morfologi permukaan dan komposisi unsur pada karbon aktif menggunakan *Scanning Electron Microscope* yang dirangkai dengan *Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung. Analisis gugus fungsi secara kualitatif dalam suatu senyawa kimia yang terdapat di dalam karbon aktif dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan di Laboratorium Instrumental Universitas Islam Indonesia (UII). Analisis hasil adsorpsi logam menggunakan Spektrofotometer UV- Vis dilakukan di Laboratorium Biokimia Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain peralatan gelas, spatula, neraca analitik, pengayak (*siever*) ukuran 100 μm , pengaduk magnet, cawan porselin, alat pengaduk, Spektrofotometer UV-Vis, tanur tipe Heraus KR170E0, SEM-EDX tipe JEOL-JSM-6510LA, dan penganalisis gugus fungsi FTIR tipe SHIMADZU IR Tracer 100.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu arang cangkang buah karet, alumunium foil, kertas saring, pH indikator universal, akuades fenol, metil jingga, H_3PO_4 , HNO_3 , HCl , NaOH , dan larutan Buffer.

C. Prosedur Penelitian

1. Preparasi dan Pembuatan Karbon

Cangkang buah karet yang diperoleh dari CV. MANUNGGAL Provinsi Lampung dicuci bersih dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Cangkang buah karet yang telah bersih selanjutnya dikarbonisasi dengan cara dibakar di dalam drum selama kurang lebih 8 jam sehingga diperoleh karbon cangkang buah karet yang selanjutnya dihaluskan menggunakan alat penggiling lalu diayak dengan pengayakan berukuran 100 mesh. Karbon cangkang buah karet yang lolos dari ayakan selanjutnya diaktivasi dengan 2 cara yaitu aktivasi secara fisika dan dilanjutkan aktivasi secara kimia.

2. Aktivasi Karbon Aktif

a. Aktivasi Fisika

Proses aktivasi secara fisika dilakukan dengan cara menimbang karbon yang telah diayak 100 mikron kemudian dibakar dalam tanur pada suhu 700°C selama 1 jam. Kemudian di dinginkan dalam desikator hingga suhunya stabil dan diperoleh karbon aktif fisika (CAF) (Khuluk, 2016).

b. Aktifasi Fisika-Kimia

Karbon aktif hasil aktivasi fisika diambil sebanyak 20 g lalu direndam dalam 40 mL larutan H_3PO_4 10% selama 24 jam. Selanjutnya karbon aktif disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH 6 dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator hingga suhunya stabil diperoleh karbon aktif fisika-kimia (CAFK) (Khuluk, 2016).

3. Karakterisasi Karbon Aktif

Karbon aktif cangkang buah karet sebagai adsorben yang telah diaktivasi fisika dan kimia dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaannya. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi pada permukaan karbon aktif. Hasil akhir adsorbat dikarakterisasi dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis* untuk mengetahui perubahan gugus-gugus fungsi.

4. Penentuan Nilai Zeta Potensial Adsorben

Adsorben CAFK dan Carbon Aktif Fisika (CAF) masing-masing sebanyak 0,1g dimasukkan ke dalam 9 gelas beaker yang berbeda. Lalu ditambahkan 20 mL larutan NaNO_3 0,1 M ke dalam masing-masing gelas beaker. Kemudian masing-masing larutan diatur pH yang berbeda yaitu 3 - 12. Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan HCl 0,1 M untuk suasana asam dan penambahan NaOH 0,1 M untuk suasana basa. Selanjutnya ditambahkan buffer untuk mempertahankan nilai pH, untuk pH 3 dan 6 digunakan buffer sitrat dan untuk pH 7–12 digunakan buffer fosfat. Lalu diaduk selama 24 jam. Setelah 24 jam diamati dan diukur pH akhir setiap larutan (Shen *et al.*, 2009).

5. Analisis Proksimat

a. Kadar Air Total

Pengukuran kadar air total dilakukan dengan metode termogravimetri (metode oven). Sampel sebanyak 1 g ditimbang pada cawan yang sudah diketahui bobotnya lalu dikeringkan pada oven suhu 105° C selama 3 jam. Setelah itu didinginkan dalam eksikator dan ditimbang hingga diperoleh bobot tetap. Perhitungan kadar air diperoleh dengan membandingkan bobot sampel sebelum dikeringkan dan bobot yang hilang setelah dikeringkan dikali 100%.

b. Kadar Abu Total

Pengukuran kadar abu total dilakukan dengan metode *drying ash*. Sampel sebanyak 1 g ditimbang pada cawan yang sudah diketahui bobotnya. Lalu diarangkan di atas nyala pembakaran dan diabukan dalam tanur pada suhu 650°C hingga pengabuan sempurna. Setelah itu didinginkan dalam deksikator dan ditimbang hingga diperoleh bobot tetap. Perhitungan kadar abu dilakukan dengan membandingkan berat abu dan berat sampel dikali 100%.

c. Kadar Zat Menguap

Cawan *crucible* kosong beserta tutupnya terlebih dahulu dipijarkan di dalam tanur selama 30 menit, didinginkan dan ditimbang (M_1 g), kemudian ditimbang dengan teliti sebanyak 1 g sampel ke dalam cawan kosong tersebut (M_2 g). Cawan selanjutnya ditutup dan dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 900°C selama 15 menit, didinginkan selama 30 menit dan ditimbang (M_3 g).

d. Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dihitung dari 100 % berat awal dikurangi dengan kadar air karbon aktif, dikurangi kadar abu karbon aktif, dikurangi kadar zat menguap.

6. Uji Adsorpsi Monokomponen**a. Pembuatan Larutan Induk Adsorbat**

Larutan fenol dan metilen jingga masing-masing sebanyak 1g dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang berbeda, masing-masing labu ukur

ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu dihomogenkan dan terbentuk larutan dengan konsentrasi 1000 ppm.

b. Pengaruh dosis adsorben

Sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 gram adsorben dimasukkan masing-masing ke dalam 5 erlenmeyer yang berisi 25 mL fenol dan 5 erlenmeyer yang berisi 25 mL metil jingga dengan konsentrasi 0,1 mmol/L kemudian diaduk dengan alat pengaduk selama 1 jam. Selanjutnya larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 15 menit. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

c. Pengaruh pH Optimum

Sebanyak 25 mL larutan fenol dan metil jingga 0,1 mmol/L dimasukkan dalam 10 erlenmeyer kemudian larutan dibuat pada variasi pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 dan 12. Penurunan pH dilakukan dengan penambahan larutan HCL 0,1 M dan peningkatan pH dilakukan dengan penambahan larutan NaOH 0,1 M. Setelah itu ditambahkan larutan buffer pada masing- masing erlenmeyer, buffer asetat untuk mempertahankan pH 3 sampai 6, buffer phospat untuk pH 7 dan 8, dan buffer universal untuk pH 9 dan 10. Lalu ditambahkan adsorben sebanyak 0,4 g kemudian larutan diaduk selama 1 jam dengan alat pengaduk. Setelah itu larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 15 menit. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

d. Pengaruh waktu kontak optimum

Sebanyak 25 mL larutan adsorbat 0,1 mmol/L masing-masing dimasukkan dalam 5 erlenmeyer dibuat pada pH optimum dan ditambahkan adsorben sebanyak 0,4 gram kemudian diaduk dengan alat pengaduk dengan variasi waktu yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Setelah itu larutan dipisahkan

dengan teknik sentrifugasi selama 15 menit. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

e. Konsentrasi Optimum

Sebanyak 25 mL larutan adsorbat dengan variasi konsentrasi 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1 mmol/L masing-masing dimasukkan dalam 6 erlenmeyer lalu dibuat pada pH optimum dan ditambahkan adsorben sebanyak 0,4 g. Kemudian diaduk menggunakan alat pengaduk pada waktu kontak optimum. Setelah itu larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 15 menit. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

7. Uji Adsorpsi Bikomponen

a. Pembuatan Larutan Induk Adsorbat Bikomponen

Serbuk fenol dan metilen jingga sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang berbeda, labu ukur ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu dihomogenkan dan diperoleh konsentrasi masing-masing 1000 ppm.

b. Isoterm Adsorpsi

Sebanyak 12,5 mL larutan fenol dan 12,5 mL metil jingga dengan variasi masing-masing konsentrasi 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1 mmol/L dimasukkan dalam 12 erlenmeyer (6 CAF dan 6 CAFK) lalu dibuat pada pH optimum dan ditambahkan adsorben sebanyak 0,4 g. Kemudian diaduk menggunakan alat pengaduk pada waktu kontak optimum. Setelah itu larutan dipisahkan dengan teknik sentrifugasi selama 15 menit. Filtrat yang diperoleh diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 464 nm (metil jingga) dan 269 nm (fenol).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Aktivasi karbon aktif melalui aktivasi fisika (CAF) dan aktivasi fisika kimia (CAFK) telah berhasil dilakukan yang dibuktikan dengan munculnya pita serapan pada CAF dan CAFK yang menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksi (O-H) dengan ditandai vibrasi ulur. Proses karbonisasi dan aktivasi juga telah membentuk ikatan C=C aromatik.
2. Model kinetika adsorpsi CAF dan CAFK terhadap metilen jingga dan fenol cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua.
3. Isoterm adsorpsi monokomponen dan bikomponen metil jingga dan fenol oleh CAF dan CAFK cenderung mengikuti model isoterm freundlich.

B. Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut yaitu :

1. Melakukan aktivasi lain selain aktivasi fisika dan kimia ataupun modifikasi untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif.
2. Menggunakan zat warna yang lain sebagai adsorbat dalam proses adsorpsi karbon aktif cangkang buah karet.
3. Menggunakan adsorben lain selain karbon aktif cangkang buah karet.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2009. Review: Karakterisasi Nanomaterial . *Journal Nanosains dan Nanoteknologi*. 2(1):1-2.
- Aksu Z. 2005. Application of Biosorption for The Removal of Organic Pollutants: A Review. *Process Biochemistry*. 40: 997-1026.
- Allen, S.J., G. McKay. and J.F. Porter. 2004. Adsorption Isotherm Models for Basic Dye Adsorption by Peat in Single and Binary Component Systems. *Journal of Colloid and Interface Science*. 280: 322-333.
- Allport, H. B.1997. *Activated Carbon*. Encyclopedia of Science and Technology. Mc Gaw Hill Book Company. New York.
- Atkins. 1999. *Kimia Fisik III*. Erlangga. Jakarta. 946-947.
- Atkins, P. W. 1999. *Kimia Fisik Edisi Ke-2*. Penerjemah Indarto Purnomo Wahyu. Erlangga. Jakarta.
- Babick, Frank. 2020. Karakterisasi Nanopartikel Proses Pengukuran untuk Nanopartikel. *Jurnal Teknologi Mikro dan Nano*. Halaman 137.
- Badrudoza, A. Z. 2013. Fe₃O₄. Cyclodextrin Polymer Nanocomposites for Selective Heavy Metals Removal from Industrial Waste Waste. *Carbohydrate Polymers*.91(1): 322-332.

Benjelloun Y. 2017. Mater. *Environmental Science*. 8(7): 2259.

Buhani, D. Herasari, Suharso, and S. D. Yuwono. 2017. Correlation of Ionic Imprinting Cavity Sites on the Amino-Silica Hybrid Adsorbent with Adsorption Rate and Capacity of Cd²⁺ Ion in Solution. *Oriental Journal of Chemistry*. 33(1):418-429.

Buhani, Narsito, Nuryono, and E. S. Kunarti. 2009. Amino and Mercaptosilica Hybrid for Cd(II) Adsorption in Aqueous Solution. *Indonesia Journal of Chemistry*. 9(2):170-176.

Buhani, Narsito, Nuryono, Kunarti, E.S and Suharso. 2014. Adsorption Competition of Cu(II) Ion in Ionic Pair and Multi-Metal Solution by Ionic Imprited Amino-Silica Hybrid Adsorbent. *Desalination and Water Treatment*. 1-13.

Buhani, Narsito, Nuryono, E. S. Kunarti, and Suharso. 2015. Adsorption Competition of Cu(II) Ion in Ionic Pair and Multi-Metal Solution by Ionic Imprinted Amino-Silica Hybid Adsorbent. *Desalination and Water Treatment*. 55(5):1240-1252.

Buhani and Suharso. 2006. The Influence of pH Towards Multiple Metal Ion Adsorption of Cu(II), Zn(II), Mn(II), and Fe(II) on Humic Acid. *Indonesian Journal of Chemistry*. 6(1):43-46.

Buhani dan Suharso. 2010. Modifikasi Silika dengan 3- Aminopropil trimetoksisilan melalui Proses Sol Gel untuk Adsorpsi Ion Cd(II) dari Larutan. *Jurnal Sains MIPA Universitas Lampung*. 8(3):177-183.

- Buhani, Suharso, and A.Y. Fitriyani. 2013. Comparative Study of Adsorption Ability of Ni(II) and Zn(II) Ionic Imprinted Amino-Silica Hybrid Toward Target Metal in Solution. *Asian Journal of Chemistry*. 25(5):2875-2880.
- Buhani, Suharso, H. Satria. 2011. Hybridization of *Nannochloropsis* sp Biomass- Silica through Sol-Gel Process to Adsorb Cd(II) Ion in Aqueous Solutions. *European Journal of Scientific Research*. 51(4):467-476.
- Buhani, Suharso, and Sumadi. 2010. Adsorption Kinetics and Isotherm of Cd(II) Ion on *Nannochloropsis* sp Biomass Imprinted Ionic Polymer. *Desalination*. 259(1-3):140-146.
- Buhani, Suharso, and Sumadi. 2012. Production of Ionic Imprinted Polymer from *Nannochloropsis* sp Biomass and Its Adsorption Characteristics Toward Cu(II) Ion In Solutions. *Asian Journal of Chemistry*. 24(1):133-140.
- Buhani, Suharso, M. Rilyanti, and Sumadi. 2018. Implementation of Sequential Desorption in Determining Cd (II) Ion Interaction with Adsorbent of Ionic Imprinting Amino-Silica Hybrid. *Rayasan Journal of Chemistry*. 11(2):865-870.
- Buhani, Narsito, Nuryono and E. S. Kunarti. 2010. Production of Metal Ion Imprinted Polymer from Mercapto-Silica through Sol-Gel Process as Selective Adsorbent of Cadmium. *Desalination*. 251: 83-89.
- Buhani, Narsito, Nuryono, dan E. S. Kunarti. 2012. Proses Sol-Gel dalam Pembuatan Hibrida Merkapto-Silika untuk Adsorpsi Ion Cu(II) dalam Larutan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 19(3): 264-272.

- Buhani, Suharso, and L. Aprilia. 2012. Chemical Stability and Adsorption Selectivity on Cd²⁺ Ionic Imprinted Nannochloropsis sp. Material with Silica Matrix from Tetraethyl Orthosilicate. *Indonesian Journal of Chemistry*. **12**(1): 94-99.
- Buhani, Suharso, and Sumadi. 2010. Immobilization of *S. duplicatum* Supported Silica Gel Matrix and Its Application on Adsorption-Desorption of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) Ions. *Desalination*. **263**(1-3): 64-69.
- Cabrera, L., S. Gutierrez, N. Menendez, M. P. Morales. and P. Herrasti. 2008. Magnetite Nanoparticles: Electrochemical Synthesis and Characterization. *Electro Chimica Acta*, 53: 3436-3441.
- Chang Y C, Chen D H. 2005. Preparation and Adsorption Properties of Monodisperse Chitosan-Bound Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles for Removal of Cu(II) Ions. *Journal of Colloid Interface Science*. 283: 446-451.
- Clarke, H.T. and R. Kirner. 1941. *Methyl Red. Org. Synth: Coll.* 1:374.
- Cullity, B. D. 1978. *Element of X-Ray Diffraction*. Departement of Metallurgical Engineering and Materials Science. Addison-Wesley Publishing Company. Inc. USA. 514: 285-310.
- Cullity, B. D. dan S. R. Stock. 2001. *Element of X-Ray Diffraction*. Third Edition, Prentice Hall. New Jersey. 27-28.
- Darmawan, S., Pari G., dan Sofyan K. 2009. Optimasi Suhu dan Lama Aktivasi dengan Asam Phospat dalam Produksi Arang Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. Bogor. 2(2):51-56.

- Fagundes, Klen. 2007. Equilibrium Study Of The Binary Mixture Of Cadmium– Zinc Ions Biosorption By The *Sargassum Filipendula* Species Using Adsorption Isotherms Models And Neural Network. *Biochemical Engineering Journal*. 34 : 136–146
- Forgacs, E., T. Cserhati, and G. Oros. 2004. Removal of Synthetics Dyes from Wastewater. *Environment International*. 30(7): 953-971.
- Gao, W., S. Zhao, H. Wu, W. Deligeer, pS. 2016. Asuha, Direct Acid Activation of Kaolinite and Its Effects on The Adsorption of Methylene Blue. *Applied Clay Science*. 126-127.
- Nurlaili, T., Kurniasari, L., & Ratnani, R.D. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Jingga Dalam Larutan. *Inovasi Teknik Kimia*. 2(2): 11-14.
- Ravikumar, C., S. Kumar and R. Bandyopadhyaya. 2012. Aggregation of Dextran Coated Magnetic Nanoparticles in Aqueous Medium: Experiment and Monte Carlo Simulation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*. 403:1-6.
- Ruswati. 2003. *Sintesis dan Karakterisasi Algasorb Chlorella sp dalam Polistirena*. Tugas Akhir II. Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Semarang. 27-28.
- Sandberg, G. Richard, G.H. Henderson, R. D. White, E. M. Eyring. Kinetic of acid dissociation-ion recombination of aqueous methyl orange. *The Journal of Physical Chemistry*. 76 (26): 4023-4025.
- Singh, S., B. N. Kate, and U.C. Banerjee. 2005. Bioactive Compounds from Cyanobacteria and Microalgae: an overview. *Critical Reviesw in Biotechnology*. 25: 73-95.

Supriyanto, Agung. 2014. *Kajian Adsorpsi Ion-Ion Logam Divalen Ca(II), Cu(II), dan Cd(II) oleh Biomassa Alga Merah (Porphyridium sp)* (Skripsi). Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. 18-19.

Tumpal, Siregar. 2013. Budidaya dan Teknologi Karet. Agromedia Pustaka. Surabaya.

Teja, A. S. and P. Y. Koh. 2008. Synthesis, Properties, and Applications of Magnetic Iron Oxide Nanoparticles. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*. 20: 1-24