

**KARBONISASI HIDROTERMAL SEKAM PADI DAN PROSES
AKTIVASI DENGAN NaOH SERTA APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN ZAT WARNA MALASIT HIJAU DAN RHODAMIN-B**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



SHAHIBUL FAJRI

08031281722053

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**KARBONISASI HIDROTERMAL SEKAM PADI DAN PROSES
AKTIVASI DENGAN NaOH SERTA APLIKASINYA SEBAGAI
ADSORBEN ZAT WARNA MALASIT HIJAU DAN RHODAMIN-B**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

SHAHIBUL FAJRI

08031281722053

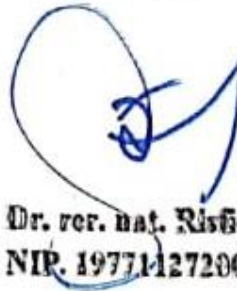
Indralaya, Maret 2021

Pembimbing I



Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197408121998021001

Pembimbing II



Dr. rer. nat. Risdiana Mohadi, M.Si
NIP. 197711272005011003

Mengetahui,

Dekan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “**Karbonisasi Hidrotermal Sekam Padi dan Proses Aktivasi Dengan NaOH Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B**” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 22 Maret 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Maret 2021

Ketua:

1. **Prof. Aldes Lesbani, S.Si., M.Si., Ph.D**
NIP. 197408121998021001

()

Anggota:

2. **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si**
NIP. 197711272005011003
3. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001
4. **Fahma Riyanti, M.Si**
NIP. 197204082000032001
5. **Dr. Miksusanti, M.Si**
NIP. 196807231994032003

()
()
()
()



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Shahibul Fajri
NIM : 080312817220053
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Maret 2021



HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Shahibul Fajri
NIM : 08031281722053
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Karbonisasi Hidrotermal Sekam Padi dan Proses Aktivasi dengan NaOH Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Maret 2021

Yang menyatakan,



Shahibul Fajri

08031281722053

HALAMAN PERSEMBAHAN

- Agar kamu tidak bersedih hati terhadap apa yang luput dari kamu dan tidak pula terlalu gembira terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu. Dan Allah tidak menyukai terhadap orang yang sombong dan membanggakan diri. (QS Al-Hadid : 23).
- Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat dan janganlah kamu melupakan bagianmu dari (kenikmatana) duniawi. (QS Al-Qashas : 77).
- Selamat tinggal hanya untuk mereka yang suka dengan mata mereka. Karena bagi mereka yang suka dengan hati dan jiwa, tidak ada hal seperti pemisah. (Jalaluddin Rumi).
- Ketahuilah, apa pun yang menjadikanmu tergetar, itulah yang terbaik untukmu. Dan karena itulah, kalbu seorang pencinta-Nya lebih besar dari pada Singgasana-Nya. (Jalaluddin Rumi).
- Usahamu untuk mencari-cari kekurangan yang tersembunyi didalam dirimu lebih baik daripada usahamu untuk menyibak tirai gaib yang terhibab bagimu (Syekh Ibnu Athaillah As-Sakandary).

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :

- ❖ Allah SWT
- ❖ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada :

1. Kedua orang tua Asbar dan Ely Faturrahmi.
2. Keluarga besar yang selalu aku sayangi dan cintai.
3. Pembimbing pertama Bapak Prof. Aldes Lesbani, Ph.D.
4. Pembimbing kedua Bapak Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M,Si.
5. Dosen pembimbing akademik Ibu Widia Purwaningrum, M.Si.
6. Seluruh dosen FMIPA Universitas Sriwijaya.
7. Rekan-rekan di Departemen Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Almamater Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Tuhan Yang Maha Esa semata, kita memujinya, memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Karbonisasi Hidrotermal Sekam Padi dan Proses Aktivasi dengan NaOH Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengumpulan data sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril selesai sudah penulisan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Aldes Lesbani, Ph.D** dan Bapak **Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu sangat besar.
2. Bapak Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan MIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Widia Purwaningrum, M.Si selaku pembimbing akademik.
6. Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si, ibu Fahma Riyanti, M.Si dan ibu Dr. Miksusanti, M.Si selaku penguji sidang sarjana.
7. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
8. Kepada kedua orang tua, Asbar dan Ely Faturrahmi, ku tahu betapa sulitnya merawat dan menjagaku, membesarkanku juga mendidikku hingga dewasa, namun semua itu tidak akan kusiasiakan. Ku berjanji, pengorbanan kalian adalah kebahagiaan kalian kelak.
9. Kepada seluruh anggota keluarga, terimakasih banyak atas kasih sayang, dukungan, semangat, serta nasehat-nasehat yang selalu diberikan selama ini.

10. Kepada kekasihku, Patimah Mega Syah Bahar Nur Siregar, aku bersyukur atas hadirmu di kehidupanku, keberadaanmu disisiku membawa cinta dengan versimu sendiri, tak ada alasan bagiku untuk semudah itu pergi meninggalkanmu dengan semua yang telah kamu lakukan dan korbankan untukku, terimakasih sudah hadir dan bertahan bersamaku hingga saat ini.
11. Kepada para sahabatku konco arek (agung, aza, dwi, fakhri, farid, halim, nia, nurul, dan rima) terimakasih atas segala dukungan, hiburan dikala duka, dan motivasi-motivasi yang sangat sangat bermanfaat.
12. Kepada teman-teman forkom (apres, indah, ipro, putam, putra, rise, sisi, utari, vadia, dan yana) terimakasih untuk selalu ada selama 3,5 tahun ini, harapannya silaturrahi kita semua selalu terjaga.
13. Kepada hidrogen family, terimakasih banyak atas nasehat, motivasi, dukungan dan kerja samanya selama satu tahun kepengurusan di himaki.
14. Kepada Hydrochar squad (alfan, elsha, dan redo) terimakasih banyak atas kerja samanya selama penelitian, ilmu yang telah kalian ajarkan, segala suka dan duka yang telah kita lewatkan bersama tak akan mudah untuk dilupakan.
15. Kepada kak aldi, kak erni, kak normah, dan kak vie, terimakasih banyak atas kerecehannya, ketawa ketiwi, serta bantuan dan ilmunya selama di basecamp.
16. Kepada nak basecamp 4 (inces juli dan wak amri) terimakasih banyak atas hiburan kalian berdua ketika kondisiku lagi tidak baik, aku merasakan adanya potensi kalian berdua sebagai pelawak.
17. Kepada Kak Neza terimakasih telah mengajari, berbagi ilmu dan membantu selama penelitian.
18. Kepada adikku caca dan yati yang selalu memberi semangat.
19. Teman-teman seperjuangan Chem17stry Unsri, terima kasih atas kebersamaan selama menempuh perkuliahan.
20. Kepada adek-adek angkatan 2018, 2019 dan 2020, semangat kuliahnya, semoga kalian sukses kedepannya.
21. Mbak Novi dan kak Cosiin yang baik hati selaku admin jurusan kimia yang telah banyak membantu kelancaran proses perkuliahan hingga tugas akhir.

SUMMARY

HYDROTHERMAL CARBONIZATION OF RICE HUSK AND ACTIVATION PROCESS WITH NaOH AND ITS APPLICATION AS ADSORBENT OF MALACHITE GREEN AND RHODAMINE-B

Shahibul Fajri : Supervised by Prof. Aldes Lesbani, Ph.D and
Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University

xxvii + 131 pages, 54 pictures, 25 tabels, 54 attachments

Rice husk as a biomass which is abundant high content of cellulose and hemicellulose can be used as a raw material for the manufactured of adsorbents. Hydrochar from rice husk were prepared using hydrothermal carbonization method with variations of time and temperature and activation process using NaOH as activator agent. The adsorbent preparation and activation results were applied in the adsorption process of malachite green and rhodamine-B dyes with pH, time, concentration and temperature variables followed by observations of several parameters such as kinetics, isotherm, and adsorption thermodynamics. The result of preparation and activation were characterized by XRD, FTIR, SEM, and BET surface area analysis. XRD analysis of rice husk, hydrochar and activated hydrochar showed a diffraction peak at angle of 23° . FTIR spectra showed the presence of functional groups like $-OH$, CH aliphatic, $C\equiv C$, $C=C$, $C-C$, and $C-O$. SEM analysis showed that rice husk has a particle which aggregation each other, hydrochar has an irregular morphology and refers to heterogeneous, while activated hydrochar has a particle with morphology more like needle shape. BET analysis showed an increase in the surface area of material due to the hydrothermal treatment at $250^\circ C$ from $6.094\text{ m}^2/g$ to $39.783\text{ m}^2/g$ and increase again to $62.858\text{ m}^2/g$ after activation. The adsorption process of malachite green and rhodamine-B dyes by five adsorbents were optimum at pH 6 and pH 3. The adsorption kinetics data using the *pseudo second order* kinetics model was more suitable to explain the adsorption process of malachite green and rhodamine-B dyes. Langmuir equation more suitable for adsorption of malachite green dye while Freundlich equation more suitable for adsorption of rhodamine-B dye by five adsorbents. Negative value of ΔG indicated that adsorption process occurs spontaneously and ΔH is positive showed that adsorption process is endothermic and its assume that adsorption process occurs physically. Desorption data showed that desorption of malachite green and rhodamine-B dyes with rice husk adsorbent was more suitable using NaOH solvent, while hydrochar and activated hydrochar were more suitable using ethanol solvent. Activated hydrochar adsorbent was more stable to use in regeneration than rice husk and hydrochar. The adsorption selectivity showed that malachite green dye was more easier to adsorb than the rhodamine-B dye. The result of characterization study in adsorbent after adsorption malachite green and rhodamine-B dyes using XRD showed a shift in diffraction peak which indicated an interaction between the adsorbate and the adsorbent surface.

Keywords : Rice husk, hydrochar, activated hydrochar, adsorption, malachite green, rhodamine-B

Citation : 38 (2006-2020)

RINGKASAN

KARBONISASI HIDROTERMAL SEKAM PADI DAN PROSES AKTIVASI DENGAN NaOH SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA MALASIT HIJAU DAN RHODAMIN-B

Shahibul Fajri : Dibimbing oleh Prof. Aldes Lesbani, Ph.D dan
Dr. rer. nat. Risfidian Mohadi, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xxvii + 131 halaman, 54 gambar, 25 tabel, 54 lampiran

sekam padi sebagai salah satu biomassa yang keberadaannya berlimpah serta memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan adsorben, salah satu adsorben yang dapat dipreparasi dari sekam padi adalah hidrochar. Pada penelitian ini dilakukan preparasi hidrochar dari sekam padi dengan menggunakan metode karbonisasi hidrotermal dengan berbagai variasi waktu dan temperatur serta dilakukan proses aktivasi dengan aktivator berupa NaOH. Adsorben hasil preparasi dan aktivasi diaplikasikan dalam proses adsorpsi zat warna malasit hijau dan rhodamin-B dengan variabel pH, waktu adsorpsi, konsentrasi dan temperatur yang diikuti dengan pengamatan beberapa parameter seperti parameter kinetika, isotherm, dan termodinamika adsorpsi. Adsorben hasil preparasi dan aktivasi dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, SEM, dan analisis luas permukaan BET. Analisis XRD sekam padi, hidrochar dan hidrochar teraktivasi menunjukkan adanya puncak difraksi pada kisaran sudut 2θ . Spektre FTIR menunjukkan adanya gugus -OH, CH alifatik, C≡C, C=C, C-C, dan C-O. Analisis SEM menunjukkan sekam padi memiliki bentuk partikel yang saling beragresi satu sama lain, pada hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal memiliki morfologi tidak beraturan dan cenderung heterogen, sedangkan hidrochar teraktivasi memiliki bentuk morfologi dari partikel yang lebih menyerupai bentuk jarum. Analisis BET menunjukkan terjadinya peningkatan luas permukaan pada material akibat perlakuan secara hidrotermal pada temperatur 250°C dari $6,094\text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $39,783\text{ m}^2/\text{g}$ dan meningkat setelah proses aktivasi menjadi $62,858\text{ m}^2/\text{g}$. Proses adsorpsi zat warna malasit hijau dan rhodamin-B oleh kelima adsorben berturut-turut optimum pada pH 6 dan pH 3. Data kinetika adsorpsi menggunakan model *pseudo second order* lebih sesuai menjelaskan proses adsorpsi malasit hijau dan rhodamin-B. Persamaan Langmuir untuk adsorpsi zat warna malasit hijau pada kelima adsorben lebih sesuai digunakan, sedangkan persamaan Freundlich untuk adsorpsi zat warna rhodamin-B pada kelima adsorben lebih sesuai digunakan. Energi bebas Gibbs bernilai negatif menunjukkan proses adsorpsi berlangsung secara spontan dan entalpi bernilai positif menunjukkan proses adsorpsi berlangsung secara endotermik, dari nilai entalpi yang dihasilkan, proses adsorpsi diasumsikan berlangsung secara fisik. Data desorpsi menunjukkan proses desorpsi zat warna malasit hijau dan rhodamin-B oleh adsorben sekam padi lebih cocok menggunakan pelarut NaOH, sedangkan hidrochar dan hidrochar teraktivasi lebih cocok menggunakan pelarut etanol. Adsorben hidrochar teraktivasi lebih stabil digunakan dalam penggunaan adsorben secara berulang dibandingkan sekam padi dan hidrochar. Selektivitas adsorpsi menunjukkan zat warna malasit hijau lebih

mudah teradsorpsi dibandingkan zat warna rhodamin-B. Hasil studi karakterisasi adsorben setelah adsorpsi zat warna malasit hijau dan rhodamin-B menggunakan XRD menunjukkan adanya pergeseran puncak difraksi yang menandakan adanya interaksi adsorbat dengan permukaan adsorben.

Kata kunci : Sekam padi, hidrochar, hidrochar aktivasi, adsorpsi, malasit hijau, rhodamin-B

Sitasi : 38 (2006-2020)

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH | iv |
| SUMMARY | ix |
| RINGKASAN | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xxi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xxiv |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4. Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Karbonisasi Hidrotermal | 5 |
| 2.2. Hydrochar | 6 |
| 2.3. Aktivasi | 7 |
| 2.4. Adsorpsi dan Desorpsi | 7 |
| 2.5. Regenerasi | 8 |
| 2.6. Zat Warna Malasit Hijau | 9 |
| 2.7. Zat Warna Rhodamin-B | 9 |
| 2.8. Adsorben Sekam Padi | 10 |
| 2.9. Spektrofotometer UV-Vis | 11 |
| 2.10. Karakterisasi | 11 |
| 2.10.1. <i>Fourirer Transform Infra Red (FTIR)</i> | 11 |
| 2.10.2. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> | 13 |
| 2.10.3. <i>Brunauer Emmet Teller (BET)</i> | 14 |

| | |
|--|----|
| 5.10.4 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)..... | 15 |
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1. Waktu dan Tempat..... | 16 |
| 3.2. Alat dan Bahan | 16 |
| 3.2.1. Alat | 16 |
| 3.2.2. Bahan | 16 |
| 3.3. Prosedur Penelitian | 16 |
| 3.3.1. Preparasi Karbon Secara Hidrotermal | 16 |
| 3.3.2. Aktivasi Hydrochar Dengan NaOH..... | 17 |
| 3.3.3. Penentuan pH PZC (<i>Point Zero Charge</i>) | 17 |
| 3.3.4. Pembuatan Larutan Induk Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B Konsentrasi 1000 mg/L..... | 17 |
| 3.3.5. Penentuan Nilai Panjang Gelombang Pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B | 18 |
| 3.3.6. Pembuatan Deret Larutan Standar dan Kurva Kalibrasi Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B | 18 |
| 3.3.7. Aplikasi Material Hasil Karbonisasi Hidrotermal dari Sekam Padi Sebagai Adsorben Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B | 18 |
| 3.3.7.1. Pengaruh pH Adsorpsi | 18 |
| 3.3.7.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi | 19 |
| 3.3.7.3. Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi Adsorpsi | 19 |
| 3.3.8. Desorpsi Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B oleh Hydrochar Sekam Padi..... | 20 |
| 3.3.9. Regenerasi Adsorben Sekam Padi, Hydrochar Sekam Padi, dan Hydrochar Teraktivasi..... | 20 |
| 3.3.10. Selektivitas Campuran Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B oleh Adsorben Hydrochar Sekam Padi ... | 20 |
| 3.3.11. Karakterisasi Adsorben Sekam Padi, Hydrochar Sekam Padi Hasil Karbonisasi Hidrotermal, dan Hydrochar Aktivasi Setelah Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B | 21 |

| | |
|--|----|
| 3.4. Analisis Data | 21 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Karbonisasi Hidrotermal Sekam Padi dan Aktivasinya dengan NaOH | 24 |
| 4.2. Karakterisasi Hidrochar Sekam Padi Hasil Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasinya dengan Menggunakan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> | 27 |
| 4.3. Karakterisasi Hidrochar Sekam Padi Hasil Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasinya dengan Menggunakan Spektrofotometer FT-IR..... | 29 |
| 4.4. Karakterisasi Hidrochar Sekam Padi Hasil Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasinya dengan Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> | 33 |
| 4.5. Karakterisasi Hidrochar Sekam Padi Hasil Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasinya dengan Menggunakan <i>Brunauer Emmet Teller (BET)</i> | 37 |
| 4.6. Penentuan Panjang Gelombang pada Absorbansi Maksimum Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B | 39 |
| 4.6.1. Zat Warna Malasit Hijau | 39 |
| 4.6.2. Zat Warna Rhodamin-B..... | 40 |
| 4.7. Pengaruh pH Adsorpsi | 41 |
| 4.7.1. Zat Warna Malasit Hijau | 41 |
| 4.7.2. Zat Warna Rhodamin-B..... | 43 |
| 4.8. Pengukuran pH <i>Point Zero Charge</i> Adsorben Sekam Padi, Adsorben Hidrochar Hasil Karbonisasi Hidrotermal Pada Temperatur 190°C dan 250°C, Serta Adsorben Hidrochar Teraktivasi..... | 44 |
| 4.9. Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B Menggunakan Adsorben Sekam Padi, Hidrochar Sekam Padi dan Hidrochar Teraktivasi..... | 45 |
| 4.9.1. Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau ... | 45 |
| 4.9.2. Pengaruh Waktu Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 4.10. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B Menggunakan Adsorben Sekam Padi, Hydrochar Sekam Padi dan Hydrochar Teraktivasi..... | 57 |
| 4.10.1. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau | 57 |
| 4.10.2. Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B..... | 68 |
| 4.11. Proses Desorpsi Zat Warna Malasit dan Rhodamin-B..... | 80 |
| 4.12. Proses Regenerasi Adsorben Sekam Padi, Hydrochar Sekam Padi, dan Hydrochar Teraktivasi..... | 82 |
| 4.13. Proses Selektivitas Zat Warna Campuran Malasit Hijau dan Rhodamin-B Pada Adsorben Sekam Padi, Hydrochar Sekam Padi dan Hydrochar Teraktivasi..... | 84 |
| 4.14. Karakterisasi Adsorben Sekam Padi, Hydrochar Sekam Padi Hasil Karbonisasi Hidrotermal dan Hydrochar Teraktivasi Setelah Proses Adsorpsi Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin-B Menggunakan Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) | 86 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1. Kesimpulan..... | 88 |
| 5.2. Saran..... | 90 |
| DAFTAR PUSTAKA | 91 |
| LAMPIRAN..... | 95 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1. Preparasi biomassa menjadi karbon hidrochar..... | 6 |
| Gambar 2. Gambaran partikel hidrochar..... | 7 |
| Gambar 3. Struktur zat warna malasit hijau | 9 |
| Gambar 4. Struktur zat warna rhodamin-B..... | 10 |
| Gambar 5. FTIR sekam padi dan sekam padi modifikasi..... | 13 |
| Gambar 6. XRD sekam padi..... | 14 |
| Gambar 7. SEM sekam padi dan arang sekam padi | 15 |
| Gambar 8. Produk hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C dan temperatur 250°C pada berbagai waktu karbonisasi.... | 24 |
| Gambar 9. Produk hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur . 190°C dan temperatur 250°C teraktivasi | 26 |
| Gambar 10. XRD sekam padi dan hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C dan 250°C dengan berbagai waktu karbonisasi | 27 |
| Gambar 11. XRD hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C selama 6 jam dan 250°C selama 10 jam yang telah teraktivasi..... | 29 |
| Gambar 12. FTIR sekam padi dan hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C dan 250°C dengan berbagai waktu karbonisasi | 30 |
| Gambar 13. FTIR sekam padi dan hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C selama 6 jam dan 250°C selama 10 jam yang telah teraktivasi | 32 |
| Gambar 14. Hasil analisis SEM sekam padi, hidrochar 190°C, hidrochar 250°C, hidrochar 190°C teraktivasi dan hidrochar 250°C teraktivasi..... | 33 |
| Gambar 15. Diagram distribusi partikel untuk adsorben sekam padi..... | 33 |
| Gambar 16. Diagram distribusi partikel untuk adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C..... | 35 |

| | |
|--|----|
| Gambar 17. Diagram distribusi partikel untuk adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C | 35 |
| Gambar 18. Diagram distribusi partikel untuk adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C teraktivasi..... | 36 |
| Gambar 19. Diagram distribusi partikel untuk adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi..... | 36 |
| Gambar 20. Grafik isoterm adsorpsi-desorpsi adsorben sekam padi, hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C, hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C, serta hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C teraktivasi dan hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi | 38 |
| Gambar 21. Spektrum UV-Vis zat warna malasit hijau | 40 |
| Gambar 22. Spektrum UV-Vis zat warna rhodamin-B | 41 |
| Gambar 23. Pengaruh pH adsorpsi zat warna malasit hijau dengan menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar dengan temperatur 190°C, 250°C dan hidrochar setelah proses aktivasi | 42 |
| Gambar 24. Perubahan struktur zat warna malasit hijau pada berbagai pH..... | 42 |
| Gambar 25. Pengaruh pH adsorpsi zat warna rhodamin-B dengan menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar dengan temperatur 190°C, 250°C dan hidrochar setelah proses aktivasi | 43 |
| Gambar 26. Perubahan struktur zat warna rhodamin-B | 44 |
| Gambar 27. Pengukuran pH <i>point zero charge</i> adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi..... | 44 |
| Gambar 28. Pengaruh waktu kontak zat warna malasit hijau dengan adsorben sekam padi | 45 |
| Gambar 29. Pengaruh waktu kontak zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C..... | 46 |
| Gambar 30. Pengaruh waktu kontak zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C..... | 46 |

| | |
|---|----|
| Gambar 31. Pengaruh waktu kontak zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar pada temperatur 190°C teraktivasi | 46 |
| Gambar 32. Pengaruh waktu kontak zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar pada temperatur 250°C teraktivasi | 47 |
| Gambar 33. Pengaruh waktu kontak zat warna rhodamin-B dengan adsorben sekam padi | 51 |
| Gambar 34. Pengaruh waktu kontak zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C..... | 51 |
| Gambar 35. Pengaruh waktu kontak zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C..... | 52 |
| Gambar 36. Pengaruh waktu kontak zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar pada temperatur 190°C teraktivasi | 52 |
| Gambar 37. Pengaruh waktu kontak zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar pada temperatur 250°C teraktivasi | 52 |
| Gambar 38. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben sekam padi | 57 |
| Gambar 39. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C | 58 |
| Gambar 40. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C | 59 |
| Gambar 41. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C teraktivasi..... | 59 |
| Gambar 42. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi..... | 60 |
| Gambar 43. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna rhodamin-B oleh adsorben sekam padi..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Gambar 44. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna rhodamin-B oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C | 69 |
| Gambar 45. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna rhodamin-B oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C | 70 |
| Gambar 46. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna rhodamin-B oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C teraktivasi..... | 71 |
| Gambar 47. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap adsorpsi zat warna rhodamin-B oleh adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi..... | 71 |
| Gambar 48. Proses desorpsi zat warna malasit hijau dengan menggunakan pelarut akuades, etanol, asam klorida dan natrium hidroksida | 81 |
| Gambar 49. Proses desorpsi zat warna rhodamin-B dengan menggunakan pelarut akuades, etanol, asam klorida dan natrium hidroksida | 81 |
| Gambar 50. Diagram regenerasi untuk setiap adsorben pada zat warna malasit hijau | 83 |
| Gambar 51. Diagram regenerasi untuk setiap adsorben pada zat warna rhodamin-B | 83 |
| Gambar 52. Spektrum UV-Vis campuran zat warna malasit hijau dan rhodamin-B pada berbagai waktu adsorpsi pada adsorben sekam padi | 84 |
| Gambar 53. Spektrum UV-Vis campuran zat warna malasit hijau dan rhodamin-B pada berbagai waktu adsorpsi pada adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C, 250°C dan hidrochar 190°C teraktivasi, 250°C teraktivasi | 85 |
| Gambar 54. Difaktogram adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal, dan hidrochar teraktivasi setelah proses adsorpsi zat warna malasit hijau dan rhodamin-B | 86 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Data nilai % rendemen hidrochar sekam padi..... | 25 |
| Tabel 2. Data nilai % rendemen hidrochar teraktivasi | 26 |
| Tabel 3. Data hasil pengukuran BET pada masing-masing adsorben..... | 39 |
| Tabel 4. Konstanta model kinetik zat warna malasit hijau dengan adsorben. sekam padi terhadap pengaruh waktu adsorpsi | 48 |
| Tabel 5. Konstanta model kinetik zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C terhadap pengaruh waktu adsorpsi..... | 48 |
| Tabel 6. Konstanta model kinetik zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C terhadap pengaruh waktu adsorpsi..... | 49 |
| Tabel 7. Konstanta model kinetik zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C yang teraktivasi terhadap pengaruh waktu adsorpsi | 49 |
| Tabel 8. Konstanta model kinetik zat warna malasit hijau dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C yang teraktivasi terhadap pengaruh waktu adsorpsi | 50 |
| Tabel 9. Konstanta model kinetik zat warna rhodamin-B dengan adsorben sekam padi terhadap pengaruh waktu adsorpsi | 54 |
| Tabel 10. Konstanta model kinetik zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C terhadap pengaruh waktu adsorpsi..... | 54 |
| Tabel 11. Konstanta model kinetik zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C terhadap pengaruh waktu adsorpsi..... | 55 |
| Tabel 12. Konstanta model kinetik zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 190°C yang teraktivasi terhadap pengaruh waktu adsorpsi | 55 |
| Tabel 13. Konstanta model kinetik zat warna rhodamin-B dengan adsorben | |

| | | |
|-----------|---|----|
| | hydrochar sekam padi hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C yang teraktivasi terhadap pengaruh waktu adsorpsi | 56 |
| Tabel 14. | Data isotherm adsorpsi zat warna malasit hijau oleh adsorben sekam padi, hydrochar sekam padi, dan hydrochar teraktivasi menggunakan model isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich..... | 61 |
| Tabel 15. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna malasit hijau dengan adsorben sekam padi terhadap pengaruh temperatur..... | 63 |
| Tabel 16. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna malasit hijau dengan adsorben hydrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 190°C terhadap pengaruh temperatur | 64 |
| Tabel 17. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna malasit hijau dengan adsorben hydrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 250°C terhadap pengaruh temperatur | 65 |
| Tabel 18. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna malasit hijau dengan adsorben hydrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 190°C teraktivasi terhadap pengaruh temperatur..... | 66 |
| Tabel 19. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna malasit hijau dengan adsorben hydrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 250°C teraktivasi terhadap pengaruh temperatur..... | 67 |
| Tabel 20. | Data isotherm adsorpsi zat warna rhodamin-B oleh adsorben sekam padi, hydrochar sekam padi, dan hydrochar teraktivasi menggunakan model isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich..... | 73 |
| Tabel 21. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna rhodamin-B dengan adsorben sekam padi terhadap pengaruh temperatur | 74 |
| Tabel 22. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna rhodamin-B | |

| | | |
|-----------|--|----|
| | dengan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 190°C terhadap pengaruh temperatur | 76 |
| Tabel 23. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 250°C terhadap pengaruh temperatur | 77 |
| Tabel 24. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 190°C teraktivasi terhadap pengaruh temperatur..... | 78 |
| Tabel 25. | Data entalpi (ΔH), entropi (ΔS), energi bebas Gibbs (ΔG), dan kapasitas adsorpsi (Q_e) pada adsorpsi zat warna rhodamin-B dengan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotrmal pada temperatur 250°C teraktivasi terhadap pengaruh temperatur..... | 79 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Data digital XRD sekam padi..... | 96 |
| Lampiran 2. Data digital XRD hidrochar temperatur 190°C selama 4 jam..... | 96 |
| Lampiran 3. Data digital XRD hidrochar temperatur 190°C selama 6 jam | 96 |
| Lampiran 4. Data digital XRD hidrochar temperatur 190°C selama 8 jam..... | 96 |
| Lampiran 5. Data digital XRD hidrochar temperatur 190°C selama 10 jam... | 96 |
| Lampiran 6. Data digital XRD hidrochar temperatur 190°C selama 12 jam... | 97 |
| Lampiran 7. Data digital XRD hidrochar temperatur 250°C selama 4 jam..... | 97 |
| Lampiran 8. Data digital XRD hidrochar temperatur 250°C selama 6 jam..... | 97 |
| Lampiran 9. Data digital XRD hidrochar temperatur 250°C selama 8 jam..... | 97 |
| Lampiran 10. Data digital XRD hidrochar temperatur 250°C selama 10 jam... | 97 |
| Lampiran 11. Data digital XRD hidrochar temperatur 250°C selama 12 jam... | 97 |
| Lampiran 12. Data digital XRD hidrochar temperatur 190°C selama 6 jam teraktivasi | 98 |
| Lampiran 13. Data digital XRD hidrochar temperatur 250°C selama 10 jam teraktivasi | 98 |
| Lampiran 14. Data digital XRD sekam padi setelah adsorpsi zat warna malasit hijau..... | 98 |
| Lampiran 15. Data digital XRD hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C selama 10 jam setelah adsorpsi zat warna malasit hijau..... | 98 |
| Lampiran 16. Data digital XRD hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C selama 10 jam teraktivasi setelah adsorpsi zat warna malasit hijau..... | 99 |
| Lampiran 17. Data digital XRD sekam padi setelah adsorpsi zat warna rhodamin-B..... | 99 |
| Lampiran 18. Data digital XRD hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C selama 10 jam setelah adsorpsi zat warna rhodamin-B..... | 99 |
| Lampiran 19. Data digital XRD hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada | |

| | |
|---|-----|
| temperatur 250°C selama 10 jam teraktivasi setelah adsorpsi zat warna rhodamin-B..... | 99 |
| Lampiran 20. Data digital spektrum FTIR sekam padi..... | 100 |
| Lampiran 21. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 190°C selama 4 jam | 100 |
| Lampiran 22. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 190°C selama 6 jam | 101 |
| Lampiran 23. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 190°C selama 8 jam | 101 |
| Lampiran 24. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 190°C selama 10 jam | 102 |
| Lampiran 25. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 190°C selama 12 jam | 102 |
| Lampiran 26. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 250°C selama 4 jam | 103 |
| Lampiran 27. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 250°C selama 6 jam | 103 |
| Lampiran 28. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 250°C selama 8 jam | 104 |
| Lampiran 29. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 250°C selama 10 jam | 104 |
| Lampiran 30. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 250°C selama 12 jam | 105 |
| Lampiran 31. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 190°C selama 6 jam teraktivasi | 105 |
| Lampiran 32. Data digital spektrum FTIR hidrochar temperatur 250°C selama 10 jam teraktivasi | 106 |
| Lampiran 33. Data digital BET sekam padi..... | 107 |
| Lampiran 34. Data digital BET hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada Temperatur 250°C selama 10 jam | 108 |
| Lampiran 35. Data digital BET hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada Temperatur 250°C selama 10 jam teraktivasi | 109 |

| | |
|--|-----|
| Lampiran 36. Data panjang gelombang pada absorbansi maksimum zat warna malasit hijau..... | 110 |
| Lampiran 37. Data panjang gelombang pada absorbansi maksimum zat warna rhodamin-B..... | 110 |
| Lampiran 38. Kurva kalibrasi larutan standar zat warna malasit hijau pada pH 6 | 111 |
| Lampiran 39. Kurva kalibrasi larutan standar zat warna rhodamin-B pada pH 3 | 111 |
| Lampiran 40. Variasi pH zat warna malasit hijau menggunakan adsorben Sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 112 |
| Lampiran 41. Variasi pH zat warna rhodamin-B menggunakan adsorben Sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 114 |
| Lampiran 42. pH PZC adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 116 |
| Lampiran 43. Perhitungan parameter kinetik adsorpsi zat warna malasit hijau menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 118 |
| Lampiran 44. Perhitungan parameter kinetik adsorpsi zat warna rhodamin-B menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 119 |
| Lampiran 45. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi zat warna malasit hijau menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 120 |
| Lampiran 46. Pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi zat warna rhodamin-B menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 121 |
| Lampiran 47. Perhitungan parameter isoterm adsorpsi zat warna malasit hijau menggunakan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi | 122 |
| Lampiran 48. Perhitungan parameter isoterm adsorpsi zat warna rhodamin-B menggunakan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi | 124 |

| | |
|--|-----|
| Lampiran 49. Perhitungan parameter termodinamika adsorpsi zat warna malasit hijau menggunakan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi | 126 |
| Lampiran 50. Perhitungan parameter termodinamika adsorpsi zat warna rhodamin-B menggunakan adsorben hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal pada temperatur 250°C teraktivasi..... | 127 |
| Lampiran 51. Perhitungan desorpsi zat warna malasit hijau menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 128 |
| Lampiran 52. Perhitungan desorpsi zat warna rhodamin-B menggunakan adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi, dan hidrochar teraktivasi | 129 |
| Lampiran 53. Perhitungan regenerasi zat warna malasit hijau menggunakan Adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi dan hidrochar teraktivasi | 130 |
| Lampiran 54. Perhitungan regenerasi zat warna rhodamin-B menggunakan Adsorben sekam padi, hidrochar sekam padi dan hidrochar teraktivasi | 131 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekam padi merupakan salah satu biomassa yang keberadaannya sangat berlimpah (Pertama *et al.*, 2014), serta sekam padi memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang cukup besar dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan adsorben (Wardalia, 2016). Salah satu preparasi bahan karbon dari sekam padi adalah karbon hidrochar yang diproses dengan cara proses karbonisasi hidrotermal.

Karbonisasi hidrotermal merupakan suatu teknik termal basah dengan proses yang sederhana, murah, dan mudah untuk dilakukan dibandingkan dengan teknik lainnya. Kondisi reaksi menggunakan temperatur berkisar antara 180°C hingga 350°C dengan tekanan tertentu pada suatu reaktor, serangkaian reaksi kimia yang terjadi selama proses karbonisasi hidrotermal diantaranya hidrolisis, dehidrasi, dekarboksilasi, aromatisasi, dan polimerisasi. Biomassa harus direndam untuk memastikan bahwa reaksi karbonisasi terjadi selama proses reaksi karbonisasi hidrotermal, produk padat dari karbonisasi hidrotermal disebut sebagai karbon hidrochar (Gao *et al.*, 2016).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Guo *et al.*, (2015) proses karbonisasi hidrotermal dari rumput laut mengakibatkan kandungan kadar karbon secara perlahan meningkat dari 42,9% menjadi 46,15% pada waktu karbonisasi selama 30 menit dengan temperatur 200°C, dan bertambah menjadi 55,43% selama 180 menit dengan temperatur 240°C, hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu dan meningkatnya temperatur saat proses karbonisasi hidrotermal, kandungan kadar karbon yang diperoleh juga semakin meningkat. Khoshbouy *et al.*, (2019) juga melakukan proses karbonisasi hidrotermal dari lumpur limbah untuk adsorpsi zat warna metilen biru dengan kapasitas adsorpsi sebesar 588,2 mg/g jauh lebih tinggi dibandingkan dengan proses termal biasa, hal ini menunjukkan bahwa karbon hidrochar cukup efektif digunakan sebagai adsorben untuk penghilangan zat warna.

Zat warna merupakan salah satu polutan organik yang berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dampaknya dari mutagenik dan karsinogenik yang diakibatkan oleh zat warna tersebut (Eltaweil *et al.*, 2020). Zat warna yang banyak digunakan pada industri tekstil diantaranya metilen biru, *methyl orange*, *congo red*, malasit hijau serta rhodamin-B. Beberapa zat warna tersebut termasuk kedalam zat warna kationik dan kelompok zat warna anionik (Elmoubarki *et al.*, 2017).

Malasit hijau berpotensi sebagai bahan karsinogenik, genotogenik, mutagenik, serta teratogenik yang dapat merusak hati, ginjal, bahkan jantung (Eltaweil *et al.*, 2020). Zat warna rhodamin-B termasuk zat warna yang mengandung unsur toksik karena memiliki gugus klorin serta poli kromatik hidrokarbon (Aryani, 2015). Zat warna tersebut sulit untuk didegradasi sehingga dapat mengganggu cahaya matahari masuk ke dalam perairan yang mengakibatkan organisme yang hidup di perairan sulit untuk berkembang (Ahmad dan Kumar, 2010).

Zhang *et al.*, (2020) melaporkan beberapa upaya telah dilakukan untuk menghilangkan zat warna berbahaya dari air limbah dengan cara seperti degradasi fotokatalitik, degradasi mikroba, filtrasi membran, dan proses adsorpsi. Diantaranya proses adsorpsi merupakan strategi yang paling menjanjikan disebabkan prosesnya yang sederhana serta biaya yang murah. Salah satu adsorben yang bisa digunakan untuk proses adsorpsi yaitu hidrochar. Hidrochar memiliki beberapa kelebihan diantaranya kandungan kadar karbon yang lebih tinggi, memiliki gugus fungsional teroksigenasi pada permukaan, serta tingkat aromatisasi yang tinggi, namun dibalik keunggulan tersebut terdapat beberapa kekurangan, diantaranya luas permukaan dan porositas yang rendah, maka karbon hidrochar perlu diaktivasi supaya porositas dari karbon hidrochar dapat mengalami peningkatan (Başakçılardan Kabakcı & Baran, 2019).

Pada penelitian ini dilakukan preparasi hidrochar dari sekam padi dengan menggunakan metode karbonisasi hidrotermal yang dilanjutkan dengan proses aktivasi secara kimia. Aktivator yang digunakan bersifat basa yaitu NaOH. Hidrochar yang diperoleh dipergunakan untuk adsorpsi limbah zat warna malasit

hijau dan rhodamin-B. Material hasil preparasi yang diperoleh diharapkan memiliki luas permukaan yang besar dan struktur hidrochar yang stabil sehingga memiliki kapasitas adsorpsi yang besar. Material hasil preparasi kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD), spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR), dan BET.

Untuk mengamati kondisi optimum adsorpsi dilakukan variasi dengan beberapa variabel seperti pengaruh pH, pengaruh waktu, dan pengaruh konsentrasi dan temperatur adsorpsi, selanjutnya dilakukan proses desorpsi untuk melepaskan kembali zat warna yang telah diserap, serta regenerasi untuk melihat kemampuan penyerapan adsorben setelah digunakan secara berulang.

1.2. Rumusan Masalah

Sekam padi merupakan biomassa yang keberadaannya cukup berlimpah, sehingga sekam padi dapat berpotensi sebagai adsorben untuk adsorpsi zat warna seperti zat warna malasit hijau dan rhodamin-B, akan tetapi daya adsorpsi dari sekam padi kurang efektif dikarenakan luas permukaannya yang kecil, untuk meningkatkan daya adsorpsi dari sekam padi, maka dilakukan proses karbonisasi hidrotermal.

Hasil karbonisasi hidrotermal disebut sebagai hidrochar, akan tetapi hidrochar dari sekam padi masih tidak cukup efektif untuk proses adsorpsi yang disebabkan oleh luas permukaan, dan porositas yang kecil. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini dilakukan aktivasi pada hidrochar hasil karbonisasi hidrotermal dari sekam padi menggunakan NaOH dengan tujuan adsorben memiliki luas permukaan dan porositas yang tinggi, sehingga memiliki kapasitas adsorpsi yang besar terhadap zat warna malasit hijau dan rhodamin-B. Hidrochar dan hidrochar teraktivasi kemudian dikarakterisasi menggunakan FT-IR, XRD, BET dan SEM.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi juga dipelajari seperti variasi waktu, konsentrasi, dan temperatur. Kinetika adsorpsi dipelajari melalui variasi waktu, dan termodinamika dipelajari melalui variasi konsentrasi dan temperatur. Adsorben yang telah digunakan untuk adsorpsi zat warna dilakukan

proses desorpsi dan regenerasi untuk mengamati kemampuan adsorben setelah digunakan untuk adsorpsi secara berulang serta selektivitas campuran zat warna malasit hijau dan rhodamin-B.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Memperoleh hidrochar hasil preparasi dari sekam padi dan hidrochar yang diaktivasi serta karakterisasinya dengan menggunakan FTIR, XRD, SEM, dan analisis luas permukaan BET.
2. Mengetahui pengaruh pH optimum, pengaruh waktu adsorpsi, serta pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap kemampuan adsorpsi zat warna malasit hijau dan rhodamin-B oleh hidrochar sekam padi dan hidrochar yang telah diaktivasi.
3. Mengetahui kemampuan desorpsi serta regenerasi hidrochar hasil preparasi dan hidrochar yang diaktivasi serta selektivitas campuran zat warna malasit hijau dan rhodamin-B.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai proses preparasi material karbon dari sekam padi secara karbonisasi hidrotermal dan aktivasi yang dapat diaplikasikan sebagai adsorben zat warna malasit hijau dan rhodamin-B dalam upaya mengatasi pencemaran zat warna pada lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., & Kumar, R. (2010). Adsorption studies of hazardous malachite green onto treated ginger waste. *Journal of Environmental Management*, *91*(4), 1032–1038.
- Al, H., Mohammed, S., Adeb, S., Pandey, M., Al, H., & Deepak, S. (2020). Effect of different activation agents on the pollution removal efficiency of date seed activated carbon : process optimization using response surface methodology. *Springer, Applied Water Science*, *10*(166), 1–9.
- Ali, M. H. M., Al-saad, K., Popelka, A., Tilborg, G. Van, & Goormaghtigh, E. (2016). Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and Atomic Force Microscopy in Stroke-Affected Brain Tissue. *Journal of Medicine and Medical Sciences*, *2*(2), 11–24.
- Ambroz, F., Macdonald, T. J., Martis, V., & Parkin, I. P. (2018). Evaluation of the BET Theory for the Characterization of Meso and Microporous MOFs. *Advanced Science News*, *1800173*, 1–17.
- Ana, R. P., Grace, V. E., Julio, C. E., Víctor, P. Ms., Andrés, R. P., & PhD, M. C. (2016). Characterization of Rice Husk and the Crystallization Process of Amorphous Silica from Rice Husk Ash. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, *11*, 1–9.
- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. S. (2007). Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, *10*(1), 79–85.
- Aryani, N. (2015). Efek Paparan Rhodamin-B Terhadap Perubahan Makroskopis dan Histopatologi Mukosa Kolon Mencit Jantan (*Mus Musculus L*). *Jurnal Pendidikan Kimia*. *7*(2). 72-77.
- Azeez, L., Lateef, A., Adebisi, S. A., & Oyedeji, A. O. (2018). Novel biosynthesized silver nanoparticles from cobweb as adsorbent for Rhodamine B : equilibrium isotherm , kinetic and thermodynamic studies. *Applied Water Science*, *8*(1), 1–12.
- Bakri. (2008). Komponen Kimia dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai SCM Untuk Pembuatan Komposit Semen. *Jurnal Perennial*. *5*(1): 9-14.
- Banta, M. T. A., & De Leon, R. L. (2018). Parametric study of rice husk torrefaction for the development of sustainable solid fuel. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, *7*(3), 207–217.
- Başakçılardan Kabakcı, S., & Baran, S. S. (2019). Hydrothermal carbonization of various lignocellulosics: Fuel characteristics of hydrochars and surface characteristics of activated hydrochars. *Waste Management*, *100*, 259–268.
- Behera, S., Ghanty, S., Ahmad, F., Santra, S., & Banerjee, S. (2012). UV-Visible Spectrophotometric Method Development and Validation of Assay of

- Paracetamol Tablet Formulation. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 3(6), 1–6.
- Chun, J., Mo Gu, Y., Hwang, J., Oh, K. K., & Lee, J. H. (2020). Synthesis of ordered mesoporous silica with various pore structures using high-purity silica extracted from rice husk. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 81, 135–143.
- Elena, J., & Lucia, M. D. (2012). Application of X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM) Methods to the Portland Cement Hydration Processes. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 2(1), 35–42.
- Elmoubarki, R., Mahjoubi, F. Z., Elhalil, A., Tounsadi, H., Abdennouri, M., Sadiq, M., Barka, N. (2017). Ni/Fe and Mg/Fe Layered Double Hydroxides and Their Calcined Derivatives : Preparation, Characterization and Application on Textile Dyes Removal. *Journal of Materials Research and Technology*, 6(3), 271–283.
- Eltaweil, A. S., Ali Mohamed, H., Abd El-Monaem, E. M., & El-Subruiti, G. M. (2020). Mesoporous magnetic biochar composite for enhanced adsorption of malachite green dye: Characterization, adsorption kinetics, thermodynamics and isotherms. *Advanced Powder Technology*, 1–11.
- Erbil, H. Y. (2006). *Surface Chemistry of Solid and Liquid Interfaces*. Turkey: Blackwell Publishing Ltd.
- Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2010). Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 2–10.
- Guo, S., Dong, X., Liu, K., Yu, H., & Zhu, C. (2015). Chemical, energetic, and structural characteristics of hydrothermal carbonization solid products for lawn grass. *BioResources*, 10(3), 4613–4625.
- Islam, A. K. M. S. (2016). Preparation of porous bio - char and activated carbon from rice husk by leaching ash and chemical activation. *SpringerPlus*, 5(1248), 1–14.
- Islam, M. A., Ahmed, M. J., Khanday, W. A., Asif, M., & Hameed, B. H. (2017). Mesoporous activated carbon prepared from NaOH activation of rattan (*Lacosperma secundiflorum*) hydrochar for methylene blue removal. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 138, 279–285.
- Kalderis, D., Kotti, M. S., Méndez, A., & Gascó, G. (2014). Characterization of hydrochars produced by hydrothermal carbonization of rice husk. *Solid Earth*, 5(1), 477–483.
- Khandanlou, R., Ngoh, G. C., & Chong, W. T. (2016). Feasibility study and structural analysis of cellulose isolated from rice husk: Microwave irradiation, optimization, and treatment process scheme. *BioResources*, 11(3), 5751–5766.

- Khoshbouy, R., Takahashi, F., & Yoshikawa, K. (2019). Preparation of high surface area sludge-based activated hydrochar via hydrothermal carbonization and application in the removal of basic dye. *Environmental Research*, 175(December 2018), 457–467.
- Kuncaka, A. (2011). Utilization Of Rice Husk As Raw Material In Synthesis Of Mesoporous Silicates MCM-41. *Indo. J. Chem*, 11(3), 279–284.
- Li, M., Li, W., & Liu, S. (2011). Hydrothermal synthesis, characterization, and KOH activation of carbon spheres from glucose. *Carbohydrate Research*, 346(8), 999–1004.
- Maryam, M., Suriani, A. B., Shamsudin, M. S., & Rusop, M. (2013). BET Analysis on Carbon Nanotubes : Comparison Between Single and Double Stage Thermal CVD Method. *Advanced Materials Engineering and Technology*, 626, 289–293.
- Nakason, K., Panyapinyopol, B., Kanokkantapong, V., Viriya-empikul, N., Kraithong, W., & Pavasant, P. (2018). Characteristics of hydrochar and liquid fraction from hydrothermal carbonization of cassava rhizome. *Journal of the Energy Institute*, 91(2), 184–193.
- Ngapa, Y. D. 2017. Kajian Pengaruh Asam dan Basa pada Aktivasi Zeolit dan Karakterisasinya Sebagai Adsorben Pewarna Biru Metilena. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(2), 90-96
- Pertama, I. S., Zahara, T. A., & Wahyuni, N. (2014). *Optimasi Waktu dan Suhu Pengeringan Modifikasi Silika Gel*. 3(4), 39–45.
- Raval, N. P., Shah, P. U., & Shah, N. K. (2017). Malachite green a cationic dye and its removal from aqueous solution by adsorption. *Applied Water Science*, 7(7), 3407–3445.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., & Astuti, P. (2015). Fourier Transform Infrared (FTIR) Application and Genital Observation in Detecting Primate. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 9(2), 156–160.
- Wardalia. (2016). Karakterisasi Pembuatan Adsorben dari Sekam Padi Sebagai Pengadsorp Logam Timbal pada Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2), 83–88.
- Wiyono, E. (2015). Pengaruh Jenis Prekursor dan Suhu Kalsinasi Terhadap Karakterisasi Komposit TiO₂-SiO₂ dan Aplikasinya dalam Degradasi Rhodamin-B. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Wijayanti, I, E dan Eka, A, K. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok Sebagai Adsorben. *EduChemia*. 4(2). 175-184.
- Yao, X., Xu, K., & Liang, Y. (2016). Comparing the Thermo-Physical Properties of Rice Husk and Rice Straw as Feedstock for Thermochemical Conversion

and Characterization of their Waste Ashes from Combustion. *BioResources*, 11(4), 10549–10564.

Zhang, W., Zhang, R. Z., Yin, Y., & Yang, J. M. (2020). Superior selective adsorption of anionic organic dyes by MIL-101 analogs: Regulation of adsorption driving forces by free amino groups in pore channels. *Journal of Molecular Liquids*, 302, 1–8.

Zou, W., Li, K., Bai, H., Shi, X., & Han, R. (2011). Enhanced Cationic Dyes Removal from Aqueous Solution by Oxalic Acid Modified Rice Husk. *American Chemical Society*, 56, 1882–1891.