

**KINETIKA ADSORPSI METIL ORANYE  
PADA ADSORBEN KARBON AKTIF  
DARI CANGKANG KETAPANG  
(*Terminalia catappa*)**

**DIAN DWI LESTARI  
NIM 94217017**



**TESIS**

**Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik Kimia  
pada Universitas Muhammadiyah Palembang  
Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang Dr.Abid Djazuli, S.E., M.M.  
Dipertahankan pada tanggal 15 Februari 2020 Di Universitas Muhammadiyah Palembang**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

**TAHUN 2020**

**KINETIKA ADSORPSI METIL ORANYE  
PADA ADSORBEN KARBON AKTIF  
DARI CANGKANG KETAPANG  
(*Terminalia catappa*)**

TESIS

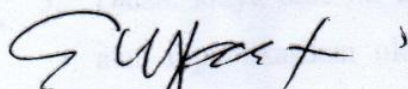
Nama : Dian Dwi Lestari

NIM : 94217017

Disetujui untuk disampaikan kepada Panitia Penguji

Pada Tanggal 15 Februari 2020

Pembimbing 1,



**Eko Ariyanto, S.T., M.Chem.Eng., Ph.D.**  
NIDN 0217067604 / NBM 856363

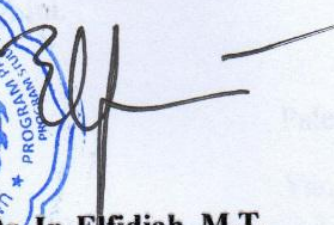
Pembimbing 2,



**Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIDN 0222048201 / NBM 1254846

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



  
**Dr. Ir. Elfidiah, M.T.**  
NIDN 0202066401 / NBM 953342

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dian Dwi Lestari

NIM : 94217017

Program Studi : Teknik Kimia

Konsentrasi : Teknologi Proses

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Teknik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, Februari 2020

Yang membuat pernyataan,



(Dian Dwi Lestari)

## **Adsorption Kinetics of Methyl Orange in Adsorbent of Activated Carbon from *Terminalia catappa* Shell**

### ***ABSTRACT***

Adsorption of methyl orange dye using HCl-activated carbon from catappa shells has been done in this research. The objectives of the research are to increase the effectiveness and adsorption capacity of the activated carbon. The adsorbent was characterized using water content, ash content, volatile matter, and iodine absorption analysis based on the Indonesian Industrial Standards (SII 0258-88), where the results are 2.87%, 0.66%, 14.55%, and 818.90 mg/g, respectively. Activated adsorbent shows the addition of C-O and C-OH bonds that confirmed using FTIR (Fourier Transform Infrared) spectroscopy. The surface morphology of the adsorbent using SEM (Scanning Electron Microscopy) showed that the adsorbent pore size is between 0.9 to 1.5  $\mu\text{m}$  (before activation) and 6 to 14  $\mu\text{m}$  (after activation). From the research result, the maximum adsorption of methyl orange in the activated carbon is 3.77 mg/g, with an optimum pH of 4.2. Adsorption behaviors of the activated carbon from *Terminalia catappa* shells followed the Lagergren pseudo-first-order kinetics model and best fitted to the Freundlich isotherm model ( $R^2 = 0,989$ ).

Keywords: Activated carbon, adsorption kinetics, methyl orange dye, *Terminalia catappa* shell

## Kinetika Adsorpsi Metil Oranye Pada Adsorben Karbon Aktif dari Cangkang Ketapang (*Terminalia catappa*)

### ABSTRAK

Adsorpsi zat warna metil oranye menggunakan karbon aktif dari cangkang ketapang yang telah diaktifasi menggunakan asam klorida (HCl) 0,1 M telah dilakukan pada penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efektivitas dan kapasitas adsorpsi dari karbon aktif yang telah diaktifasi. Karakterisasi adsorben dilakukan melalui uji kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan daya serap iodium, dimana prosedur yang dilakukan berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII 0258-88), dengan hasil yang diperoleh adalah 2,87%, 0,66%, 14,55% dan 818,90 mg/g pada masing-masing analisa. Pada adsorben yang telah diaktifasi terdapat penambahan gugus fungsi C-O dan C-OH yang dikonfirmasi melalui uji spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Berdasarkan uji permukaan adsorben melalui spektrofotometer SEM (*Scanning Electron Microscope*) didapatkan ukuran pori adsorben antara 0,9 – 1,5  $\mu\text{m}$  (sebelum aktifasi) dan 6 – 14  $\mu\text{m}$  (setelah aktifasi). Dari hasil penelitian didapatkan kapasitas adsorpsi maksimum zat warna metil oranye pada adsorben cangkang ketapang adalah 3,77 mg/g, dengan pH optimum 4,2. Adsorpsi dari karbon aktif cangkang ketapang mengikuti model kinetika Lagergren pseudo orde satu dan sesuai dengan model isoterm Freundlich ( $R^2 = 0,989$ ).

Kata kunci : Karbon aktif, kinetika adsorpsi, zat warna metil oranye, cangkang ketapang

## PRAKATA

*Bismillahirrahmaanirrahim*

Alhamdulillah sebagai ungkapan rasa syukur atas rahmat dan karunia yang dilimpahkan-Nya sehingga proposal tesis dengan judul “**Kinetika Adsorpsi Metil Oranye Pada Adsorben Karbon Aktif Dari Cangkang Ketapang (*Terminalia catappa*)**” dapat diselesaikan sesuai dengan target. Dalam penyelesaian tesis ini tidaklah semudah pembalikan telapak tangan. Banyak kendala dan kesulitan yang bersifat teknis serta kendala akademis yang ditemukan. Dengan kenyataan tersebut disadari bahwa tesis ini belum sempurna dan butuh perbaikan secara akademis terutama pada pendalaman observasi yang perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, dari pengorbanan dan jerih payah dalam penyelesaian tesis ini maka besar harapan agar tesis ini dapat bermanfaat bagi siapa saja, walaupun masih ada banyak kekurangan dan kelemahan yang ada pada tesis ini. Pada akhirnya dalam kesempatan ini disampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada berbagai pihak yang telah berperan dalam pemberian bantuan berupa arahan, bimbingan, dan dorongan semangat yang diberikan selama proses penyelesaian proposal tesis ini. Oleh karena itu, diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. **Dr. Ir. Elfidiah, M.T.** sebagai Ketua Program Studi Fakultas Teknik Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah berperan dalam pemberian ilmu pengetahuan melalui perkuliahan dan seminar, baik pemberian materi, metode, motivasi, inspirasi, dan kritikan yang menjadi pondasi ilmu pengetahuan dalam penyelesaian tesis ini.
2. **Eko Ariyanto, S.T., M.Chem.Eng., Ph.D.** dan **Dian Kharismadewi, S.T., M.T., Ph.D.** sebagai dosen pembimbing yang menjadi inspirasi serta telah banyak berperan dalam pengorbanan waktu, tenaga, juga fikirannya dalam pengarahan, pembimbingan, dan pemberian dorongan semangat sampai tesis ini terwujud.
3. **Semua Dosen** Program Studi Fakultas Teknik Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang tidak dapat disebutkan satu

4. persatu, terima kasih untuk ilmu, motivasi, inspirasi, kritikan, bimbingan, semangat yang luar biasa sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. **Kedua Orang Tua**, Ayah M. Sidik dan Ibu Yuniar yang setiap detik mendoakan dan mensupport dalam menyelesaikan pendidikan Program Studi Magister Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang. Serta Keluarga Besar Suratno terkhusus yang tersayang dan tercinta suamiku Sepriadi, S.T., M.T. dan anak-anakku R.M. Alif Rahman Habibi, Bunga Kusuma Dwi Putri, dan R.M. Luthfan Khairul Azzam.
6. **Dan pihak-pihak lain** yang tidak bisa disebutkan semuanya karena keterbatasan halaman. Semoga peran serta semua pihak tersebut menjadi catatan amal baik di Jannah-Nya.

Penulis berdoa semoga amal kebaikan dari berbagai pihak tersebut diperoleh pahala yang berlipat ganda dari Allah swt serta semoga hasil tesis ini menjadi manfaat bagi siapa saja yang membacanya. Aamiin Yaa Rabbal 'aalamiin.

Palembang, Februari 2020

**Penulis**

## DAFTAR ISI

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....   | i              |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....  | ii             |
| <b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</b> .....                                  | iii            |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | iv             |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | v              |
| <b>PRAKATA</b> .....   | vi             |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | viii           |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | x              |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....   | xi             |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |                |
| A. Latar Belakang Penelitian .....   | 1              |
| B. Rumusan Masalah .....   | 3              |
| C. Tujuan Penelitian .....   | 4              |
| D. Kegunaan dan Manfaat Penelitian .....                                     | 4              |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS</b>               |                |
| A. Kajian Pustaka.....   | 5              |
| B. Kerangka Pemikiran .....  | 30             |
| C. Hipotesis .....   | 32             |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>   |                |
| A. Objek Penelitian.....   | 34             |
| B. Metode Penelitian... ..   | 35             |
| C. Operasionalisasi Variabel .....   | 35             |
| D. Populasi Sampel.....  | 36             |
| E. Metode, Instrumen Pengumpulan Data dan Jenis Data yang<br>Digunakan... .. | 36             |
| F. Instrumen Penelitian dan Uji Instrum.....                                 | 38             |
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>                                |                |



|    |  |    |
|----|--|----|
| A. | Hasil Penelitian Karakterisasi Karbon Aktif Cangkang<br>Ketapang.....                              | 55 |
| B. | Karakterisasi Karbon Aktif Cangkang Ketapang. FTIR.....  | 59 |
| C. | Karakterisasi Karbon Aktif Cangkang Ketapang. SEM .....  | 62 |
| D. | Waktu Kontak Adsorpsi Metil Oranye pada Karbon Aktif<br>Ketapang.....                              | 65 |
| E. | Pengaruh pH Adsorpsi Metil Oranye Pada Karbon Aktif<br>Cangkang Ketapang .....                     | 67 |
| F. | Pengaruh Konsentrasi Awal Metil Oranye.....  | 68 |
| G. | Penentuan Kinetika dan Mekanisme Adsorpsi Metil<br>Oranye pada Karbon Aktif Cangkang Ketapang..... | 68 |

## **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

|    |               |    |
|----|---------------|----|
| A. | Simpulan..... | 76 |
| B. | Saran.....    | 76 |

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Tabel 1 Komposisi Kimia Cangkang Buah Ketapang . . . . .   | 7              |
| Tabel 2 Standar Karbon Aktif (SNI 060258-88).....  | 25             |
| Tabel 3 Penelitian Terdahulu Tentang Cangkang Ketapang.....  | 31             |
| Tabel 4 Standar Mutu Karbon Aktif (SII 0258-88).....   | 47             |
| Tabel 5 Persyaratan Karbon Aktif Menurut Standar Industri Indonesia<br>(SII 0258-88).....              | 55             |
| Tabel 6 Perbedaan Karakterisasi Serapan Infra Red (IR) Adsorben<br>Karbon Aktif Cangkang Ketapang..... | 61             |

## DAFTAR GAMBAR

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Gambar 1 Buah Ketapang .....   | 7              |
| Gambar 2 Hubungan antara Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa.....                                 | 8              |
| Gambar 3 Rantai Molekul Lignin, Sellulosa, Hemisellulosa.....                                      | 8              |
| Gambar 4 Metil Oranye.....   | 13             |
| Gambar 5 Struktur Kimia Metil Oranye.....  | 14             |
| Gambar 6 Proses Adsorpsi.....  | 20             |
| Gambar 7 Struktur Fisika Karbon Aktif.....   | 23             |
| Gambar 8 Struktur Kimia Karbon Aktif.....  | 24             |
| Gambar 9 Kerangka Berfikir Penelitian.....   | 30             |
| Gambar 10 Komponen Spektrofotometer UV-Vis.....  | 40             |
| Gambar 11 SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....   | 42             |
| Gambar 12 FTIR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ).....   | 43             |
| Gambar 13 Adsorben Cangkang Ketapang Sebelum dan Sesudah Diaktifasi..                              | 60             |
| Gambar 14 Mikrostruktur karbon aktif cangkang ketapang.....  | 63             |
| Gambar 15 Kurva Waktu Kontak Adsorpsi Metil Oranye pada Karbon<br>Aktif Cangkang Ketapang.....     | 66             |
| Gambar 16 Kurva pH Adsorpsi Metil Oranye pada Karbon Aktif<br>Cangkang Ketapang.....               | 67             |
| Gambar 17 Kurva Pengaruh Konsentrasi Awal Metil Oranye pada<br>Karbon Aktif Cangkang Ketapang..... | 69             |
| Gambar 18 Kurva Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde satu (Lagergren).....                                | 72             |
| Gambar 19 Kurva Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Dua (Ho & McKay).....                                | 72             |
| Gambar 20 Kurva Isoterm Adsorpsi Langmuir.....   | 74             |
| Gambar 21 Kurva Isoterm Adsorpsi Freundlich.....   | 74             |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Penelitian

Perkembangan industri tekstil di Indonesia saat ini mengalami pertumbuhan produksi yang sangat pesat dari tahun ketahun. Perkembangan ini selain memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Hal ini disebabkan oleh limbah yang dihasilkan, salah satunya adalah limbah zat warna akibat dari proses pewarna tekstil. Zat warna tekstil merupakan salah satu pencemar yang bersifat *non-biodegradable*, umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzene. Senyawa azo digunakan sebagai bahan celup, yang dinamakan azo *dyes*.

Limbah tekstil bila dibuang ke perairan dapat menyebabkan air mempunyai tingkat warna yang tinggi dan juga akan menyebabkan kenaikan BOD (Gupta dkk., 1988). Senyawa azo adalah senyawa yang paling banyak terdapat dalam limbah tekstil, yaitu sekitar 60-70 % (Endang, 2009). Senyawa azo bila terlalu lama berada dilingkungan, akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogenik dan mutagenik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif efektif untuk menguraikan limbah tersebut (Cristina et.al., 2007). Salah satu zat warna azo yang banyak digunakan dalam proses pencelupan adalah metil oranye. Metil oranye (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 oranye berbahaya untuk kesehatan karena bersifat karsinogenik dan mutagenik.

Upaya penanganan limbah tekstil hingga saat ini telah banyak dilakukan. Pengolahan limbah cair industri tekstil dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa proses yaitu kimia, fisika, dan biologi maupun kombinasi antara ketiga proses tersebut. Beberapa metode yang telah dikembangkan diantaranya metode adsorpsi, koagulasi, sedimentasi, dan lumpur aktif. Cara yang paling mudah diterapkan adalah cara adsorpsi, yaitu suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut (Widjajanti, 2011). Salah satu metode alternatif untuk menghilangkan zat warna dari air yang tercemar oleh metil oranye adalah adsorpsi dengan menggunakan adsorben yang murah dan mudah didapatkan, seperti karbon aktif dari cangkang ketapang (*Terminalia catappa*).

Ketapang (*Terminalia catappa*) adalah pohon yang banyak tumbuh ditepi-tepi jalan dan ditanam sebagai pohon peneduh ditaman atau disekitar kampus, khususnya kampus Universitas Muhammadiyah Palembang. Ketapang merupakan tanaman yang multiguna mulai dari akar, batang, daun dan buahnya sudah banyak dimanfaatkan.

Daun ketapang banyak digunakan di dunia pengobatan seperti obat diabetes, antioksidan dan antiinflamasi (Mohamed El-Rafie and Abdel-Aziz Hamed, 2014), antibakteri (Tampemawa, Pelealu dan Kandou, 2016).

Biji ketapang sendiri bisa dimanfaatkan untuk pembuatan tepung pembuat kue, roti, mie, selai dan tempe dari ketapang. Minyak ketapang bisa digunakan dalam industri kosmetik dan sebagai *biodiesel* (Iha et.al., 2014). Sedangkan cangkang buah ketapang biasanya langsung dibuang atau tidak dimanfaatkan.

Dalam studi literatur tentang penyerapan zat warna azo jenis zat warna metilen biru banyak menggunakan daun ketapang (Asnifa Yully, 2015), sedangkan cangkang ketapang sudah pernah dibuat karbon aktif untuk menyerap zat warna metilen biru (Saheeda, Adekola and Olatunja, 2016) namun masih mahal dengan pemanasan yang tinggi. Sintesis karbon aktif cangkang ketapang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Surest, et.al., 2010, Megiyo, et.al., 2017) akan tetapi belum ada yang menganalisis tentang penyerapan warna metil oranye dari karbon aktif cangkang ketapang.

Oleh karena itu, penelitian ini mencoba memanfaatkan cangkang ketapang untuk dibuat adsorben berupa karbon aktif dari cangkang ketapang sebagai penyerap warna metil oranye sehingga dapat mengurangi limbah industri tekstil di perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan adsorpsi cangkang ketapang terhadap warna metil oranye. Dengan parameter proses yang meliputi waktu kontak, pH dan konsentrasi metil oranye.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan limbah cangkang ketapang menjadi karbon aktif untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan bagaimana

kemampuan dan kinetika adsorpsi adsorben dari cangkang ketapang terhadap zat warna metil oranye.

### **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh aktivasi asam pada adsorben karbon aktif cangkang ketapang.
2. Mengetahui pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi warna metil oranye pada adsorben karbon aktif cangkang ketapang.
3. Mengetahui laju kinetika dan model isoterm adsorpsi warna metil oranye pada adsorben karbon aktif cangkang ketapang.

### **D. Kegunaan dan Manfaat Penelitian**

Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat, seperti :

1. Memberikan informasi mengenai alternatif lain pembuatan karbon aktif dari cangkang ketapang sehingga dapat mengurangi limbah cangkang ketapang dan memberikan kontribusi ilmiah dalam upaya meningkatkan nilai ekonomis cangkang ketapang.
2. Memberikan informasi mengenai kemampuan adsorpsi karbon aktif cangkang ketapang terhadap warna metil oranye.
3. Mendapatkan data kinetika dan model isoterm adsorpsi warna metil oranye pada adsorben karbon aktif cangkang ketapang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2003. Syarat Mutu dan Uji Arang Aktif SII No. 0258-88. Palembang: Balai Perindustrian dan Perdagangan.
- Adamson, A. W.. 1990. Physical Chemistry of Surface, 4nd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Adinda, Nurul., dkk.. 2015. Arang Cangkang Ketapang (*Terminalia catappa*) Sebagai Adsorben Untuk Mengadsorpsi Kation Fe (III) di dalam Larutan.
- Akhmad, Abu. 2012. Pengaruh Temperatur Karbonisasi dan Konsentrasi Zink Klorida ( $ZnCl_2$ ) Terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Eceng Gondok. Teknik Material dan Metalurgi. ITS
- Allen, S., J., Whitten, L. J., Murray, M., Duggan, O., Brown, P.. 1997. The Adsorption of Pollutants by peat, Lignite and Actived Chars, J. Chem. Tech. Biotechnol, 68, 442-452.
- Alias Mohd Yusof dan Nik Ahmad Nizam. 2009 . Removal of Cr (IV) and As (V) from Aqueous Solution by HDMTA-modified zeolite Y, Journal of Hazard Materials, Vol 162: 1019-1024.
- Andani, Yurika. 2017. Karbonisasi Cangkang Buah Ketapang (*Terminalia catappa*) dan Aplikasinya Pada Pengolahan Air Gambut. Pekanbaru: Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.
- Anggari, Destria. 2017. Efektifitas Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD) Air Sungai Musi Di UPTD Laboratorium Lingkungan Hidup dan Pertanian Provinsi Sumatera Selatan.
- Asnawati, A, Kharismaningrum, R R, Andarini, N.. 2017. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B Dalam Sistem Dinamis. Jurnal Kimia Riset, Volume 2(1), 23-29.
- Atkins, P.W.. 1990. Kimia Fisika Jilid 2 Edisi Keempat, Penerjemah I.I. Kartohadiprodjo. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Backer, C.A. dan B.V.D. Brink. 1963. Flora of Java Vol. I.N.V.P Noordhoff Groningen The Netherlands.
- Blue on Low-Cost Adsorbents; a review. Journal of Hazardous Materials, 177, 70-80. doi : 10.1016 / J. Jhazmat. 2009. 12. 047.



- Chen, C.Y., Lin, C.I., dan Chen, H.K.. 2003. Kinetic of Adsorption of  $\beta$ -Caroten from Soy Oil with Rice Hull Ash, *J. Chem. Eng. Jpn*, 3(36), 265-270.
- Christina P.M., Mu'nisatun S., Saptaaji R., dan Marjanto D.. 2007. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 Kev/10 Ma, *JFN*, No.1, Vol.1. 31-44
- Damayanti, A.. 2011. Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Biji Ketapang. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 3(1) : 41-46.
- Daulay, L.R.. 2009. Adhesi Penguat Serbuk Pulp Tandan Kosong Sawit Teresterifikasi Dengan Matriks Komposit Polietilena. Medan: Disertasi Universitas Sumatera Utara.
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan. 2003. Syarat Mutu dan Uji Arang Aktif SII No. 0258-88. Palembang: Balai Perindustrian dan Perdagangan.
- Endang Widjajanti. 2009. Kajian Penggunaan Adsorben Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Zat Pewarna Tekstil. Proseding Seminar Nasional Kimia, 17 Oktober 2009.
- Fahri Ferdinand Poli. 2017. Pengaruh Suhu dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa. Balai Riset dan Standardisasi Industri Matado.
- Fessenden, R.J., Fessenden, J.S.. 1984, Kimia Organik II Edisi kedua, Terjemahan A. Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Freundlich, Uber Die Adsorption in Losungeng (Adsorption in Solution), *Z. Phys. Chem.* 57 (1906) 384-470.
- Girun Alfathoni. 2002. Rahasia untuk Mendapatkan Mutu Produk Karbon Aktif dengan Serapan Iodin diatas 1000 mg/g. Gresik.
- Gupta G.S., Prasad G., Panday K.K. and Singh V.N.. 1988. Removal of Chrome Dyes from Aqueous Solution by fly Ash, *J. Water, Air and Soil Pollution*, 32, 384– 395
- Handayani Ratna. 2005. Perbandingan Daya Serap Arang Aktif Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Direct Blue. Semarang: Tugas Akhir II FMIPA UNNES
- Hartanto, L.. 2009. Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending, Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polyester BQTN 157. Surakarta: Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hendaway. 2003. Influence of  $\text{HNO}_3$  Oxidation on the Structure and Adsorptive Properties of Corncob-Based Activated Carbon, *Carbon* 41, 713-722. Elsevier. UK.

Hessler, J.W.. 1951. Activated Carbon. New York: Chemical Publishing Co. Inc..

Ho, Y., dan McKay, G.. 1999. Pseudo-Second Order Model for Sorption Processes, *Process Biochem.*, 34(5), 451-465

Ho, Y.S.. 2004. Citation Review of Lagergren Kinetic Rate Equation on Adsorption Reactions, *Scientometrics*, 59(1), 171-177.

Ho, Y.S.. 2006. Review of Second-order Models for Adsorption System, *J. Hazard. Mater.*, B136, 681-689.

Ho, Y.S.. 2006. Second-order Kinetic Models for The Sorption of Cadmium onto Tree Fern : A Comparison of Linear and Non-linear Methods, *Water Res.*, 40, 119-125.

<http://biofuel.webgarden.com/sections/blog/pictures-for-lignocellulose>

<http://cropstechnology.wordpress.com/category/biopolymer/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Hemicellulose>

<https://ardra.biz/tag/international-union-of-pure-and-applied-chemistry>

[https://www.bing.com/search?q=daftar+pustaka+klasifikasi+pori+menurut+international+union+of+pure+and+applied+chemistry+\(iupac\)&form=EDGTCT&qs=PF&cvid=4ea632a3206646e288378ba238ffb27a&cc=ID&setlang=en-US&PC=NMTS](https://www.bing.com/search?q=daftar+pustaka+klasifikasi+pori+menurut+international+union+of+pure+and+applied+chemistry+(iupac)&form=EDGTCT&qs=PF&cvid=4ea632a3206646e288378ba238ffb27a&cc=ID&setlang=en-US&PC=NMTS)

Isroi. Potensi Bioethanol dari Biomassa Lignoselulosa  
<http://isroi.wordpress.com/2008/02/13/potensi-bioethanol-dari-biomassa-lignoselulosa/>, diakses 26 September 2010.

Isroi., Millati, R., Syamsiah, S., et.al. Biological Pretreatment of Lignocelluloses with White-Rot Fungi and Its Applications: A Review, *J. Bioresources*6(4):5224-5259.

Jankwoska, H., Swiatkowski, A., dan Chorma, J.. 1991. Active Carbon. USA: 1<sup>st</sup> Published Ellis Hardwood.

Jelantah. 2017. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya. Bangka Belitung.

Jnr, M. H. and Vicente, L.. 2007. Kinetic Study of Liquid-Phase Adsorptive Removal of Heavy Metal Ions by Almond Tree (*Terminalia catappa L.*) Leaves Waste. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* 21 (3) : 349-362.

Kirk, R.E., and Othmer, D.F.. 1978. Encyclopedia of Chemical Technology, vol. 1, The Interscience Encyclopedia Inc., New York

- Kirk, R. E., & Othmer, F.. 1992. Encyclopedia of Chemical Technology. Ln K. S. Suslick (Ed.). New York : Interscience Publishing Incorporated.
- Kroschwitz, J.. 1990. Polymer Characterization and Analysis. Canada: John Wiley and Sons, Inc..
- Kwaghger, A. & Ibrahim, J. S.. 2013. Optimization of Condition for the Preparation of Activated Carbon from Mango Nuts using HCl. American Journal of Engineering Research, 2(7), pp. 74-85.
- Kyzas George Z. 2012. A Decolorization Technique with Spent Greek Coffee Grounds as Zero-Cost Adsorbents for Industrial Textile Wastewaters, Department of Petroleum and Natural Gas Technology, Technological Educational Institute of Kavala.
- Langmuir, The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum, J. Am. Chem. Soc. 40 (1918) 1361-1368.
- Lha, O. K. et.al.. 2014. Potential Application of *Terminalia catappa L.* and *Carapa guianensis* Oils for Biofuel Production : Physical-chemical properties of neat vegetable oils, their methyl-esters and bio-oils (hydrocarbons), Industrial Crops and Products. Elsevier B.V., 52, pp. 95-98. doi : 10.1016/j. indcrop. 2013. 10.001.
- Lynam, M. M., Kilduff, J. E., Weber, W. J. Jr.. 1995. Adsorption of p-nitrophenol from Dilute Aqueous Solution, J. Chem Edu, 72, 80-84.
- Megiyo, Aldila, H., Afriani, F., Mahardika, R. G., & Enggiwanto, S., 2017. Sintesis Karbon Aktif Tempurung Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Adsorben Minyak Jelantah. Surakarta: SNFA Universitas Sebelas Maret.
- Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L. T., Selke, S.E., Harte, B. R. and Hinrichsen. 2005. Natural Fibers, Biopolymers And Biocomposite: An intrduction. Chapter 1 in Natural Fibers, Biopolymers, And Biocomposite, edited by Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L. T., CRC Press, Taylor And Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA.
- Mohamed El Rafie, H. and Abdel-Aziz Hamed, M.. 2014. Antioxidant and anti - inflammatory activities of silver nanoparticles biosynthesized from aqueous leaves extracts of four *Terminalia* species, Advances in Natural Sciences ; Nanoscience and Nanotechnology, 5(3). doi : 10.1088/2043-6262/5/3/035008.
- MSDS from ScienceLab.com, Inc. Sandberg, Richard G.; Henderson, Gary H.; White, Robert D.; Eyring, Edward M.. 1972. Kinetics of acid dissociation-ion recombination of aqueous methyl orange. The Journal of Physical Chemistry. 76 (26): 4023–4025. doi:10.1021/j100670a024

- Muhdarina, Agnes. 2017. Abu Cangkang Ketapang (*Terminalia catappa*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. Pekanbaru: Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.
- Oscik, J.. 1982. Adsorption, Ellis Horwood Limited, England.
- Pandey, A., P., Singh, L., and Iyengar. 2007. Bacterial Decolorization and Degradation of Azo Dyes,. Int Biodet and Biodeg, 59 : 73-84
- Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah. 1997. Manfaat Karbon Aktif dalam Dunia Industri Sumber. LIPI
- Rafatullah, M., Sulaiman, O., Hashim, R., & Ahmad, A.. 2009. Adsorption of Methylene
- Rizky, A. 2016. Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Tebu, Untuk Menurunkan Kadar Logam Pb.
- Saheeda, I. O., Adekola, F.A. and Olatunji, G.A.. 2016. Adsorption of p-Phenylenediamine onto activated carbon prepared from *Jatropha curcas* and *Terminalia catappa* seed coats. Jordan Journal of Chemistry, 11(1), pp. 50-67. doi : 10. 18596/jotcsa. 287337.
- Sastrohamidjojo, H.. 1992. Spektroskopi Inframerah. Yogyakarta: Liberty.
- Sontheimer dalam Pujjyanto. 1985. Pembuatan Karbon Aktif, 3-5.
- Sumarni, W., 2001, Penyerapan Zat Warna Tekstil Procion oleh Adsorben Selulosa Menggunakan Sistem Kolom. Semarang: Jurnal MIPA, Universitas Negeri Semarang.
- Said Nurul Faradilah, dan Nurul Widiastuti. 2008. Adsorpsi Cu (II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT Ipmomi Paiton, Jurnal Zeolit Indonesia, Vol. 7.
- Sha, Z., and J. S. Wu, Enhanced visible-light photocatalytic performance of BiOBr / UiO-66 (Zr) composite for dye degradation with the assistance of UiO-66. Rsc Advances, 2015. 5(49) : pp. 39592-39600.
- Sudibandriyo, M. 2003. A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High Pressure Adsorption on Carbon Adsorbents. Tesis. Stillwater: Oklahoma State University.
- Surest, A. H., Permana, I., & Wibisono, R. G.. 2010. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Biji Ketapang. Jurnal Teknik Kimia, 17, pp. 1-11.
- Smith, K.S. 1992. Predicting Water Contamination From Metal Mines and Mining Wastes. Colorado: Denver Federal Center.

- Tampemawa, P.V, J. J. and Kandou, F.E. 2016. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa L.*) Terhadap Bakteri *Bacillus Amyloliquefaciens*, PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT, 5(1), pp. 2302-2493.
- Taty, V. C., Costodes Fauduet, H., Porte, C., dan Delacroix, A., 2003, Removal of Cd (II) and Pb (II) Ions, from Aqueous Solutions, by Adsorption Onto Sawdust of Pinus Sylvestris, J. Hazard. Mater, 105, 121-142.
- Wahyuni, Putri., dkk.. 2016. Bioarang Cangkang Buah Ketapang (*Terminalia catappa*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru.
- Widjajanti Endang, Regina Tutik P., dan M. Pranjoto Utomo. 2011. Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah dan Metil Jingga. Yogyakarta: Skripsi Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Yahdiana. 2011. Studi Degradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Suspensi TiO<sub>2</sub>. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok. Hal. 4-8.
- Yully, A. 2015. Karakterisasi Bioarang Limbah Daun Ketapang (*Terminalia catappa Linn*) : Pengaruh Waktu Karbonisasi. Pekanbaru: Skripsi Universitas Riau.
- Yully, A., Muhdarina dan Nurhayati. 2015. Bioarang Limbah Daun Ketapang (*Terminalia catappa L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru Dalam Larutan Berair. JOM FMIPA. 2(1) : 246-252.