



**ANALISA DAN KINETIKA ADSORPSI ZAT WARNA METIL ORANGE
MENGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG KEMIRI****Nawardah Hanie, Meriatna*, Zulmiardi, Zainuddin Ginting**Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*e-mail: meriatna@unimal.ac.id

Abstrak

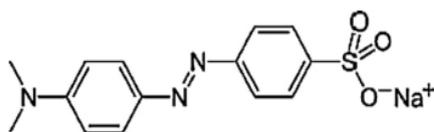
Metil orange (MO) adalah senyawa organik yang dijadikan sebagai indikator untuk menentukan pH suatu larutan. Namun, dalam skala industri kimia, metil orange digunakan sebagai senyawa zat azo yang berfungsi untuk pewarna, sehingga apabila tidak ditanggulangi secara benar akan menjadi polutan yang akan mencemari lingkungan. Cangkang kemiri yang di furnace dengan suhu 500°C selama 70 menit menghasilkan senyawa karbon terikat yang tinggi sehingga digunakan sebagai karbon aktif untuk menyerap metil orange. Cangkang kemiri sangat banyak digunakan untuk mengadsorpsi limbah dan zat warna, namun terkhusus untuk zat warna metil orange sangat minim, sehingga penulis melakukan kajian studi ini. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi metil orange sebesar 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm dan waktu adsorpsi yaitu 30, 40, 50, 60, dan 70 menit yang kemudian dianalisis persamaan keseimbangan dan model kinetika penyerapannya. Larutan akan ditambahkan penyerap sebanyak 4 gram lalu diaduk dengan variabel yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model persamaan Langmuir dan Orde Dua Semu adalah yang paling sesuai diaplikasikan untuk adsorpsi metil orange terhadap karbon aktif dari cangkang kemiri. Dari persamaan Langmuir diperoleh konstanta adsorpsi sebesar 10.35808 L/g dan q_{maks} sebesar 0.258769 mg/g. Sedangkan untuk model Ho dan Mc Kay orde dua semu didapatkan konstanta laju reaksi (K_2) yang cukup besar yaitu 1.2252 – 0.3091 g/mg.min serta nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0.9701 – 0.9999 untuk variasi konsentrasi 10, 20, serta 30 ppm. Karena model Isotherm Langmuir dapat menjelaskan proses adsorpsi metil orange secara menyeluruh, maka sistem adsorpsi metil orange menggunakan karbon aktif dari cangkang kemiri dari penelitian ini adalah homogen dan monolayer. Kajian kinetika menunjukkan bahwa model persamaan orde dua semu yang paling sesuai diaplikasikan. Dari model orde dua semu, laju proses adsorpsi metil orange dikendalikan oleh adsorpsi kimia.

Kata kunci: Adsorpsi, Cangkang Kemiri, Kinetika, Kesetimbangan, Metil Orange

Doi: <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i2.13529>

1. Pendahuluan

, Zat warna adalah suatu senyawa alami atau sintetis yang dapat digunakan sebagai pewarna pada industri. Akumulasi sejumlah besar bahan beracun dan limbah ke dalam air dari industri tekstil telah menyebabkan masalah kesehatan yang parah dan masalah lingkungan (R. Khan et al. 2015). Salah satu pigmen warna yang umumnya digunakan dalam industri tekstil, percetakan dan fotografi adalah metil orange (MO). MO merupakan kontaminan khas dalam air limbah berwarna dan memiliki kemampuan terurai secara hayati yang buruk (Liu et al. 2011). MO yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis aromatik senyawa azo. Struktur molekul dari MO diberikan pada Gambar 1 (Frag et al. 2011). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 yaitu kapasitas maksimum untuk COD dan BOD untuk limbah zat warna masing-masing sebesar 300 dan 150 mg/L.



Gambar 1. Struktur Metil Orange

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengatasi masalah buangan industri, khususnya untuk menghilangkan pewarna buatan, antara lain proses koagulasi, pertukaran ion dan ozonisasi. Namun, metode-metode di atas memerlukan biaya yang cukup tinggi. Selain metode-metode di atas, penghilangan limbah warna dapat dilakukan dengan metode penyerapan menggunakan bahan penyerap berupa karbon aktif, dan dianggap paling mudah penggunaannya, efisiensi tinggi dan biaya rendah, ia menawarkan potensi terbesar dan minimal efek samping yang merugikan (Muhammad et al. 2021). Dalam sistem adsorpsi, terdapat dua bagian yang dinamakan adsorben dan adsorbat. Adsorben merupakan zat yang dapat menyerap, sedangkan adsorbat merupakan zat yang akan diserap (Ngapa and Ika 2020).

Cangkang kemiri menjadi sampah alami yang dapat terurai, namun dengan komposisinya yang tidak mudah pecah, sehingga memerlukan waktu lama untuk

terurai. Cangkang kemiri keras mengandung komponen kimia berupa hemiselulosa 49,22% hingga 54,46% lignin. Lignin adalah suatu senyawa yang mengandung atom karbon yang sangat tinggi, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan baku yang dapat menghasilkan kadar karbon terikat yang tinggi (Dian Halimah Batubara et al. 2018).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk megadsorpsi limbah organik maupun anorganik menggunakan cangkang kemiri seperti (Latupeirissa, Tanasale, and Musa 2018) yang memvariasikan waktu adsorpsi, (Sari Mutiara Indonesia and Aritonang 2018) yang memvariasikan konsentrasi H_3PO_4 , dan Alfonsius (No 2022) yang melakukan studi untuk menghilangkan limbah naftol merah dari industri batik membuktikan cangkang kemiri sangat efisien digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Berdasarkan studi (Baunsele and Missa 2020) dan (Ninu and Baunsele 2023) yang mengkaji kinetika adsorpsi, disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat kecepatan adsorpsi, maka semakin cepat kemampuan adsorben untuk menyerap.

Karbon aktif merupakan salah satu bahan yang memiliki komponen yaitu karbon amorf yang sebagian besarnya terdiri dari atom karbon yang tidak terikat dan memiliki pori-pori sehingga memiliki kemampuan penyerapan yang bagus. Umumnya, bahan ini sering digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan zat pencemar yang ada di dalam air dan bahkan telah digunakan secara bisnis dalam industri.

2. Bahan dan Metode

Metil *orange*. Adsorben karbon aktif dari cangkang kemiri yang di *furnace* dengan suhu $500^{\circ}C$ selanjutnya diaktivasi dengan larutan NaOH 0,1 M. Peralatan yang digunakan yaitu labu ukur, pipet tetes, *magnetic stirrer*, kertas saring, *beaker glass*, ayakan, blender, *funace*, *oven*, dan Spektrofotometer UV-Vis.

Penelitian memiliki empat tahap yaitu persiapan bahan baku, aktivasi karbon aktif menggunakan larutan NaOH, pembuatan limbah sintesis metil *orange*, dan proses penyerapan metil *orange* menggunakan karbon aktif dari cangkang kemiri.

Variasi percobaan yang dilakukan yaitu konsentrasi adsorbat metil *orange* 10, 20, dan 30 mg/L serta variasi waktu kontak adsorpsi yaitu 30, 40, 50, 60, dan 70 menit.

Tahap pertama yaitu pembuatan karbon aktif dilakukan dengan mengoven cangkang kemiri dengan suhu 105°C hingga kadar airnya menghilang lalu di *furnace* dengan suhu 500°C selama 70 menit untuk menjadikan bahan sebagai karbon lalu diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Tahap kedua yaitu karbon diaktivasi menggunakan larutan NaOH 0,1 M selama 24 jam. Keluaran dari oven selanjutnya dicuci menggunakan aquades hingga pH nya netral lalu di *oven* kembali dengan temperatur 105°C. Tahap ketiga, limbah MO dibuat dengan mengencerkan MO menggunakan aquades dengan variasi konsentrasi 10, 20, dan 30 mg/L. Tahap keempat yaitu proses adsorpsi MO dengan karbon aktif yang telah disiapkan sebelumnya. Proses adsorpsi dengan variasi waktu kontak yang telah ditentukan lalu dianalisa kinetika dan model Isotherm adsorpsinya.

Karbon aktif nantinya akan diuji menggunakan Analisa FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang berperan sebagai agen penyerap serta membuktikan proses adsorpsi berhasil secara menyeluruh atau tidak.

Pengenceran limbah MO menggunakan bentuk umum,

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2 \quad (1.1)$$

Analisa kinetika adsorpsi MO dilakukan dengan dua orde yaitu orde satu semu (*Pseudo First orde*) Lagergren dengan persamaan umum,

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (1.2)$$

Orde dua semu (*Pseudo Second Orde*) Ho dan McKay dengan persamaan,

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{q_e} + \frac{1}{K_2 \cdot q_e^2} \frac{1}{t} \quad (1.3)$$

Q_e merupakan suatu jumlah konsentrasi adsorbat yang terserap per-gram penyerap pada kestimbangan reaksi (mg/g), q_t merupakan jumlah konsentrasi adsorbat yang dapat mengikat per-gram penyerap pada saat t (mg/g), k_1 adalah konstanta dari laju penyerapan pada orde satu semu (L/min), k_2 merupakan konstanta laju penyerapan orde dua semu (mg/g.min), dan t adalah waktu (menit).

Untuk analisa model isotherm adsorpsi padat-cair biasanya mengikuti dua model yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Isotherm Langmuir merupakan tipe adsorpsi berlapis – lapis yang tanpa halangan dan terjadi ketika lapisan tunggal yang membentuk berdasarkan prinsip kemampuan suatu partikel tidak bergantung pada titik atau lokasi yang tidak berjauhan dengan persamaan,

$$\frac{ce}{qe} = \frac{ce}{qm} + \frac{1}{K_L \cdot qm} \quad (1.4)$$

Sedangkan isotherm Freundlich merupakan model adsorpsi memiliki permukaan yang homogen sehingga dapat membentuk beberapa *layer* dan memiliki ikatan yang lemah, sehingga adsorpsi ini dapat disebut sebagai adsorpsi fisik, dengan persamaan,

$$\ln q_e = \ln C_e - \frac{1}{n} (\ln K_F) \quad (1.5)$$

Dimana : q_m = Kapasitas Adsorpsi (mg/g)

K_L = Konstanta Langmuir (L/mg)

K_F = Konstanta Freundlich (L/mg)

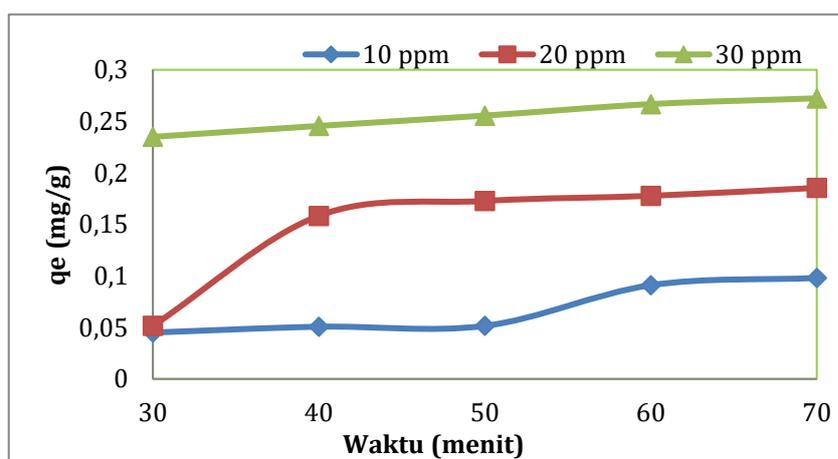
c_e = Konsentrasi adsorbat terlarut pada saat kesetimbangan (mg/L)

q_e = Kapasitas atau daya adsorpsi maksimum (mg/g).

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Kapasitas Penyerapan Zat Warna Metil Orange

Pengaruh waktu terhadap kapasitas penyerapan disajikan pada Gambar 3.1.

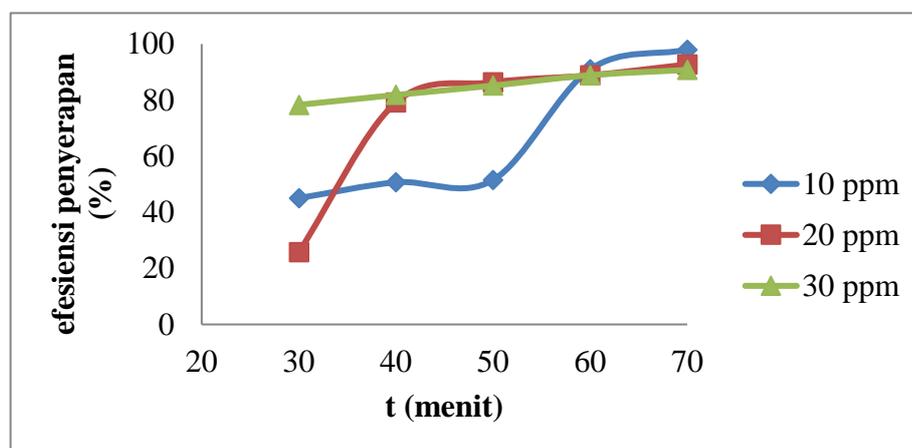


Gambar 3.1 Grafik Pengaruh Waktu Terhadap Kapasitas Penyerapan

Berdasarkan grafik dapat dilihat kapasitas Penyerapan terbaik terjadi pada konsentrasi 30 ppm dengan waktu 70 menit. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama waktu berlangsung, maka akan semakin besar kapasitas penyerapannya serta sejalan dengan hasil penelitian (Ariyanto 2021) yaitu kesetimbangan adsorpsi maksimal terjadi pada waktu kontak yang semakin lama dan semakin bagus antara adsorben dan zat warna MO.

3.2 Efisiensi Penyerapan Zat Warna Metil Orange

Pengaruh perbedaan waktu dan konsentrasi pewarna MO terhadap efisiensi Penyerapan ditunjukkan pada gambar 3.2

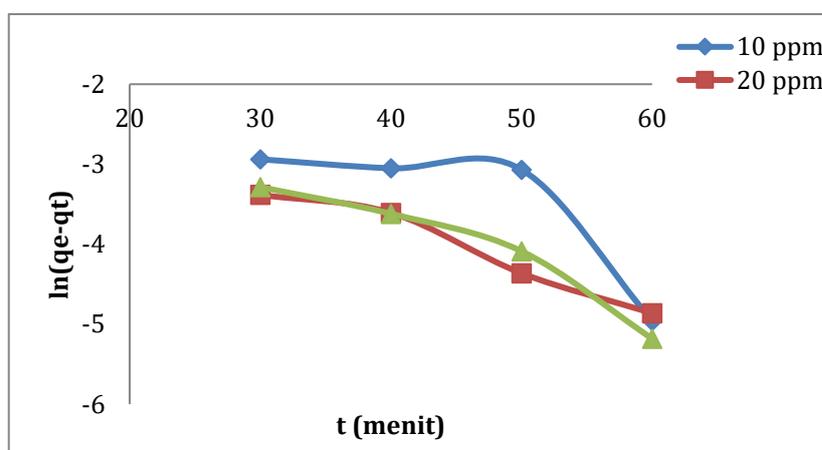


Gambar 3.2 Pengaruh Waktu terhadap Efisiensi Penyerapan Zat Warna Metil Orange

Untuk masing-masing variasi konsentrasi yaitu 10, 20, dan 30 mg/L menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk bersentuhan, maka persen adsorpsi adsorbat semakin besar. Ini yang mengakibatkan jika semakin lama waktu zat penyerap untuk menyerap suatu polutan, maka akan terjadi kesetimbangan maksimal adsorben tersebut untuk bereaksi. Dapat diartikan bahwa waktu yang dibutuhkan semakin lama akan memaksimalkan suatu adsorben untuk menyerap adsorbat.

3.3 Orde Satu Semu (*Pseudo First Orde*)

Kinetika orde satu semu menggambarkan bahwa dinamika dipengaruhi oleh salah satu bahan reaksi yaitu konsentrasi adsorbat. Orde Satu Semu mengasumsikan bahwa konsentrasi zat yang diserap lebih tinggi daripada jumlah tempat yang tersedia pada permukaan penyerap. Untuk menentukan persamaan linier dengan memplotkan nilai $\ln(q_e - q_t)$ dan t pada masing-masing konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kurva persamaan orde satu semu

Nilai parameter orde satu semu dapat dilihat pada Tabel 3.1,

Tabel 3.1 Parameter Orde Satu Semu

C₀ (mg/L)	Q_{e,exp}	Q_{e,calc}	K₁ (1/mg.min)	R²
10	0.0979	0.4634	0.0608	0.6524
20	0.1854	0.1793	0.0519	0.9644
30	0.2723	0.2792	0.0615	0.9238

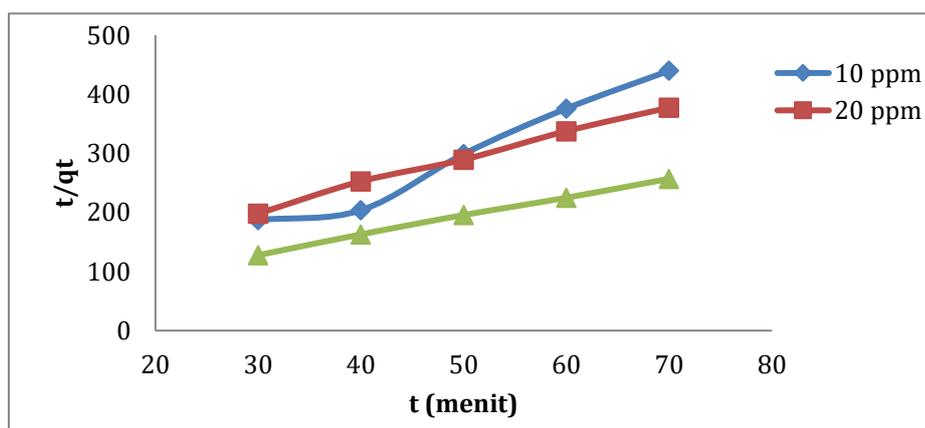
Berdasarkan Tabel 3.1 didapat nilai-nilai koefisien korelasi R^2 yang tinggi. Namun, nilai-nilai $q_{e,exp}$ dan $q_{e,calc}$ sedikit berbeda dan pada konsentrasi 10 mg/L *error value* yang terjadi cukup signifikan. Hal tersebut menunjukkan mulanya MO diserap oleh permukaan luar (eksterior) dari karbon aktif cangkang kemiri, sehingga mengakibatkan proses adsorpsinya menjadi cepat diawal penyerapan.

Ketika penyerapan di sisi luar telah maksimal, zat warna MO teradsorpsi pada bagian permukaan dalam (interior) dari adsorben.

Tetapan laju K_1 memiliki nilai berturut-turut 0.0608, 0.0519 dan 0.0615 $\text{mg}^{-1}\text{min}^{-1}$ untuk konsentrasi 10, 20 dan 30 mg/L . Hal ini mengungkapkan bahwa adsorpsi lebih cepat mencapai keseimbangan dengan konsentrasi awal MO sebesar 30 mg/L . Hasil tersebut menunjukkan kesesuaian dengan teori bahwa semakin besar konsentrasi maka penyerapan akan semakin cepat mencapai kesetimbangan. Atau dalam artian, semakin besar konsentrasi suatu polutan, maka akan semakin besar penyerapannya serta semakin cepat mencapai titik jenuh penyerapan (adsorpsi) (Mulyawan 2022)

3.4 Orde Dua Semu (*Pseudo Second Orde*)

Untuk menentukan persamaan linier dengan memplotkan nilai t/q_t vs q_e dengan variasi konsentrasi untuk mendapatkan persamaan linier seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kurva persamaan Orde Dua Semu

Parameter-parameter nilai orde dua semu dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Parameter Orde Dua Semu

C_0 (mg/L)	$Q_{e,exp}$	$Q_{e,calc}$	K_2	R^2
10	0.0979	0.1476	1.2252	0.9701
20	0.1854	0.2252	0.2851	0.9966
30	0.2723	0.3117	0.3091	0.9999

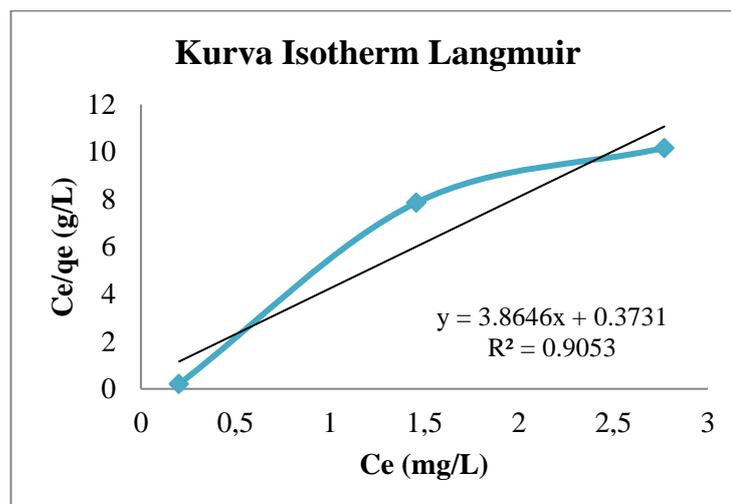
Hasil pengamatan pada Tabel 3.2 menunjukkan nilai-nilai koefisien determinasi (R^2) berturut-turut untuk konsentrasi larutan 10, 20, dan 30 mg/L, yaitu 0.9701, 0.9966, dan 0.9999, dengan nilai $q_{e,calc}$ 0.1476 mg/g untuk 10 mg/L, 0.2252 mg/g untuk 20 mg/L, dan 0.3117 mg/g untuk 30 mg/L. Didapatkan nilai K_2 sebesar 1.2252 untuk 10 mg/L, 0.285160 untuk 20 mg/L, dan 0.309147 untuk 30 mg/L. Mempertimbangkan nilai koefisien korelasi (R^2) masing-masing konsentrasi diatas, dapat disimpulkan bahwa model orde dua semu dapat menjelaskan dengan baik adsorpsi yang terjadi karena nilainya sangat dekat dengan 1 serta nilai K_2 yang didapat menjelaskan bahwa penyerapan lebih efisien untuk mencapai titik jenuh dengan konsentrasi awal MO yang lebih rendah.

3.5 Isotherm Adsorpsi

Uji model keseimbangan dilakukan untuk menetapkan keseimbangan yang tepat yang akan digunakan dalam sebuah penelitian.. Tipe Isotherm yang umumnya digunakan pada fasa padat-cair yaitu tipe Isotherm Freundlich dan Langmuir. Keseimbangan adsorpsi MO dapat ditentukan dengan membandingkan regresi linier dan koefisien relasi (R^2).

3.5.1 Isotherm Langmuir

Analisis dilakukan dengan model isotherm untuk mendapatkan sumbu nilai pada sumbu x dan y. Maka diperoleh nilai untuk harga C_e/q_e yang kemudian diplotkan dengan nilai C_e untuk mendapatkan persamaan Langmuir seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kurva Persamaan Langmuir

Parameter pada isotherm Langmuir dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Parameter Isotherm Langmuir

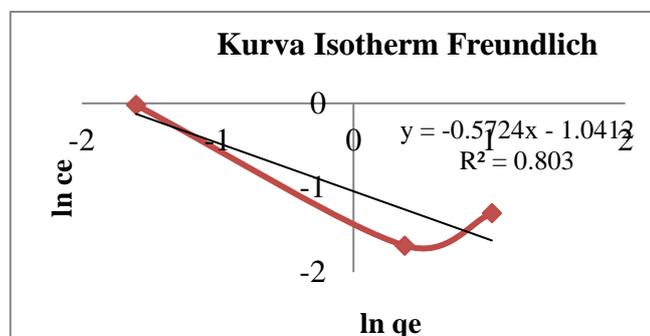
Isotherm Langmuir		
q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2
0.258759	10.35808	0,9053

Hasil penentuan grafik menghasilkan sebuah persamaan linear yang dapat dipergunakan untuk menghitung konstanta., yaitu $y = 3.8646x + 0.3731$, dengan $R^2 = 0,9053$, q_{max} sebesar 0.258759 mg/g serta K_L sebesar 10.35808 L/mg. Langmuir konstanta adsorpsi (K_L) menunjukkan derajat interaksi adsorbat terhadap adsorben. K_L lebih tinggi nilai yang menunjukkan kuat adsorbat-adsorben berinteraksi sedangkan nilai K_L lebih kecil menunjukkan interaksi yang lemah antara adsorbat molekul dan permukaan adsorben.

Proses adsorpsi MO oleh karbon aktif dari cangkang kemiri dijelaskan dengan baik oleh bentuk persamaan linier dari isotherm Langmuir. Hal ini sejalan dengan temuan (Iwuozor et al. 2021) yang menyatakan bahwa adsorpsi zat warna Metil Orange dijelaskan dengan baik menggunakan persamaan langmuir.

3.5.2 Isotherm Freundlich

Pemetaan dengan grafik dapat dilihat pada Gambar 3.6 untuk persamaan Freundlich.



Gambar 3.6 Kurva persamaan Freundlich

Parameter nilai isotherm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Parameter Nilai Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich		
K_F (L/g)	n	R^2
2.83261	-1.74703	0.803

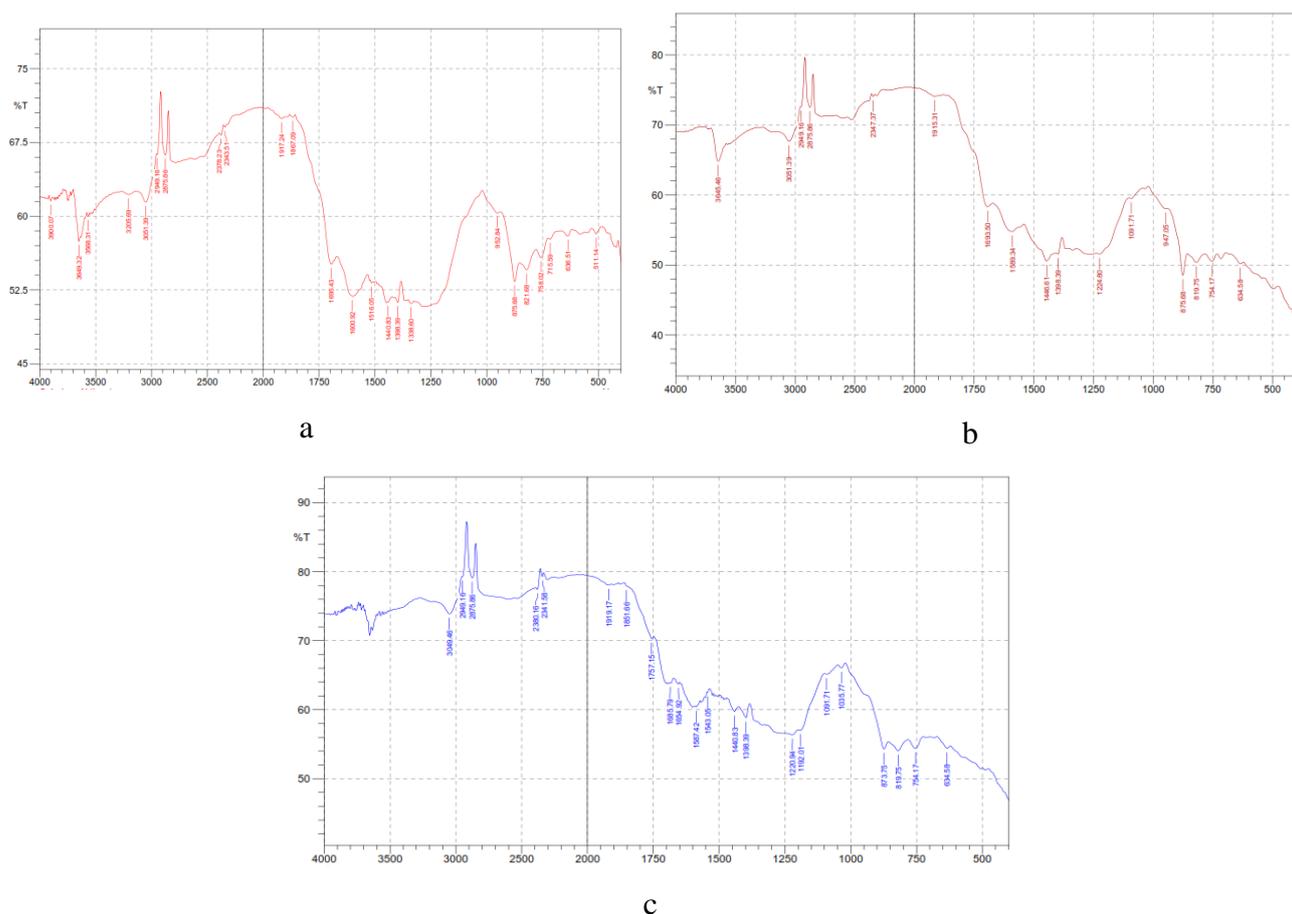
Nilai K_F sebesar 2.83261 L/g, dan nilai n sebesar -1.74703. Isotherm Freundlich menggambarkan adsorpsi reversibel dan tidak terbatas pada pembentukan lapisan tunggal (Ngatijo et al. 2021). Secara umum semakin tinggi nilai K_F maka semakin tinggi kapasitas adsorpsi

Intensitas adsorpsi (n) merupakan suatu variasi dari dari keberaturan penyerapan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kebenaran dari suatu penyerapan. Jika nilai untuk $n = 1$ maka penyerapan yang terjadi adalah searah. Jika nilai untuk $n < 1$ maka proses penyerapan tersebut adalah proses adsorpsi kimia, namun jika nilai untuk $n > 1$ maka adsorpsi tersebut merupakan adsorpsi fisik. Pada nilai $n > 1$ dapat diidentifikasi bahwa penyerapan adsorben terhadap adsorbat yang digunakan dapat dikatakan baik (Özcan, Öncü, and Özcan 2006)

3.6 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Uji karakterisasi karbon aktif dengan menggunakan analisa *Fourier transform*

infrared spectroscopy (FTIR) bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terkandung pada adsorben cangkang kemiri yang memiliki ikatan kovalen yang akan menyerap gelombang elektromagnetik pada jarak tertentu. Data hasil pengujian berupa Gambar 3.7.



Gambar 4.7 Grafik Analisa Gugus Fungsi Karbon aktif cangkang kemiri a. Sebelum Aktivasi, b, Sesudah Aktivasi dan c, Sesudah Adsorbsi

Dari gambar 3.7 menunjukkan hasil FTIR karbon aktif dari cangkang kemiri. Gugus fungsi yang ada pada adsorben sebelum diaktivasi meningkat setelah diberi perlakuan aktivasi dengan larutan NaOH 0,1 M. Terjadinya perubahan bentuk spektra, pergeseran, penurunan intensitas, dan penambahan puncak baru setelah proses aktivasi dapat disebabkan oleh proses karbonisasi dan aktivasi yang menyebabkan dehidrasi dan dekomposisi gugus kompleks

lignoselulosa menjadi gugus yang lebih sederhana (E. A. Khan, Shahjahan, and Khan 2018).

Kandungan gugus fungsi yang menjadi agen penyerapan pada adsorben cangkang kemiri yaitu OH, CO, dan C=O sebelum diaktivasi dan setelah aktivasi meningkat. Hal tersebut membuktikan bahwa proses aktivasi yang dilakukan berhasil karena meningkatnya angka gugus fungsi agen penyerapannya.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa Isotherm adsorpsi metil *orange* menunjukkan kesesuaian dengan model Langmuir, dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9053 dengan q_{maks} sebesar 0,258769 mg/g dan K_L sebesar 10,35808 L/mg, Laju penyerapan zat warna metil *orange* mengikuti model kinetika Ho dan Mc Kay yaitu orde dua semu, dengan konstanta laju reaksi (K_2) yang cukup besar yaitu antara 1.2252 – 0.3091 g/mg.min serta nilai koefisien determinasi (R^2) antara 0.9701 - 0.9999, dan cangkang kemiri sangat layak digunakan sebagai adsorben karena sangat efektif menyerap zat warna metil *orange* yang dibuktikan dengan hasil FTIR setelah adsorpsi seluruh gugus fungsi OH hilang sempurna setelah dikontakkan dengan adsorbat.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dapat menggunakan rentang variasi massa adsorben dan konsentrasi yang lebih tinggi sehingga dapat diketahui kapasitas adsorpsi maksimal dan menggunakan jenis karbon aktif yang lebih bervariasi agar menambah informasi serta literatur bacaan yang lebih lengkap dan banyak.

5. Daftar Pustaka

1. Ariyanto, Eko. 2021. “Adsanalisa Kemampuan Dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Ketapang Terhadap Zat Warna Metil Oranye Adsorptionorption Ability and Kinetics Analyses of Activated.” *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 32 No.2: 166–78.
2. Baunsele, Anselmus Boy, and Hildegardis Missa. 2020. “Kajian Kinetika

Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa.” *Akta Kimia Indonesia* 5(2): 76.

3. Dian Halimah Batubara, Taslim, Seri Maulina, and Iriany. 2018. “Hidrolisis Selulosa Menggunakan Katalis Karbon Tersulfonasi Berbasis Cangkang Kemiri.” *Jurnal Teknik Kimia USU* 7(2): 23–27.
4. Farag, A. A.M., A. M. Mansour, A. H. Ammar, and M. Abdel Rafea. 2011. “Characterization of Electrical and Optical Absorption of Organic Based Methyl Orange for Photovoltaic Application.” *Synthetic Metals* 161(19–20): 2135–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.synthmet.2011.08.015>.
5. Iwuozor, Kingsley O. et al. 2021. “Adsorption of Methyl Orange: A Review on Adsorbent Performance.” *Current Research in Green and Sustainable Chemistry* 4(July): 100179. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100179>.
6. Khan, Equbal Ahmad, Shahjahan, and Tabrez Alam Khan. 2018. “Adsorption of Methyl Red on Activated Carbon Derived from Custard Apple (*Annona Squamosa*) Fruit Shell: Equilibrium Isotherm and Kinetic Studies.” *Journal of Molecular Liquids* 249: 1195–1211. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2017.11.125>.
7. Khan, Rizwan et al. 2015. “Facile Synthesis of ZnO Nanoglobules and Its Photocatalytic Activity in the Degradation of Methyl Orange Dye under UV Irradiation.” *Materials Letters* 152: 163–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2015.03.109>.
8. Latupeirissa, Jola, Matheis F.J.D.P. Tanasale, and Sigit Hardianto Musa. 2018. “Kinetika Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Karbon Aktif Dari Kulit Kemiri (*Aleurites Moluccana* (L) Willd).” *Indo. J. Chem. Res.* 6(1): 12–21.
9. Liu, Ningning et al. 2011. “Ferromagnetic Ni Decorated Ordered Mesoporous Carbons as Magnetically Separable Adsorbents for Methyl Orange.” *Materials Chemistry and Physics* 131(1–2): 52–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2011.06.001>.
10. Muhammad, Muhammad, Meriatna Meriatna, Nia Afriani, and Rizka Mulyawan. 2021. “Oyster Shell Waste (*Crassostrea Gigas*) as A Cheap Adsorbent for Adsorption Of Methylene Blue Dyes: Equilibrium and Kinetics Studies.” *International Journal of Engineering, Science and Information Technology* 1(4): 95–102.
11. Mulyawan, Rizka. 2022. “ADSORPTION OF METHYLENE BLUE AND

CONGO RED ONTO GRANULATED SUGAR BASED ACTIVATED CARBON : EQUILIBRIUM AND.” 13(7): 4882–4907.

12. Ngapa, Yulius Dala, and Yasinta Embu Ika. 2020. “Optimasi Adsorpsi Kompetitif Pewarna Biru Metilena Dan Metil Oranye Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Ende - Nusa Tenggara Timur (NTT).” *Indo. J. Chem. Res.* 8(2): 151–59.
13. Ngatijo, Ngatijo, Nurul Gusmaini, Restina Bemis, and Rahmat Basuki. 2021. “Adsorpsi Methylene Blue Pada Nanopartikel Magnetit Tersalut Asam Humat: Kajian Isoterm Dan Kinetika.” *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles* 4(1): 51.
14. Ninu, Yoaclina D., and Anselmus Boy Baunsele. 2023. “Study of Methylene Blue Adsorption Using Siwalan Fiber Biosorbent Activated By Potassium Hydroxide.” *Spin* 5(1): 50–66.
15. No, Volume. 2022. “Volume 15 No. 1, Juni 2022.” 15(1).
16. Özcan, Adnan, E. Mine Öncü, and A. Safa Özcan. 2006. “Kinetics, Isotherm and Thermodynamic Studies of Adsorption of Acid Blue 193 from Aqueous Solutions onto Natural Sepiolite.” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 277(1–3): 90–97.
17. Sari Mutiara Indonesia, Universitas, and Barita Aritonang. 2018. “Daya Adsorpsi Karbon Aktif Dari Cangkang Kemiri Terhadap Kadar Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas.” *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan* II(1).