

**AKTIVASI ARANG HASIL TOREFAKSI DARI CANGKANG
KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA
METILEN BIRU**

SKRIPSI



**OLEH
SISWO
HAB 118 003**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2022**

**AKTIVASI ARANG HASIL TOREFAKSI DARI CANGKANG
KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA
METILEN BIRU**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alama

**OLEH
SISWO
HAB 118 003**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2022**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Aktivasi Arang Hasil Torefaksi dari Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru”** adalah karya saya sendiri yang dibuat dengan arahan dari dosen pembimbing. Semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk dalam skripsi ini telah saya nyatakan dengan benar. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, November Tahun 2022

Nama : Siswo

NIM : HAB 118 003

Tanda Tangan :



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Aktivasi Arang Hasil Torefaksi dari Cangkang Kelapa Sawit
Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru
Nama : Siswo
NIM : HAB 118 003

Palangka Raya, 28 November 2022

Disetujui Oleh

1. Pembimbing I : Karelius, S.Si., M.Sc

2. Pembimbing II : Wahyu Nugroho, S.Si., M.Si

3. Penguji I : Lilis Rosmainar, S.Si., M.Si

4. Penguji II : Rasidah, S.Pd., M.Sc

Diketahui Oleh

Dekan FMIPA



Dr. Sri Sunaryati, M.Si

NIP. 19600516 198503 2 003

Ketua Program Studi

Lilis Rosmainar, S.Si., M.Si

NIP. 19850503 201903 2 011

Nama : Siswo
Program Studi : HAB 118 003
Pembimbing 1 : Karelius, S.Si., M.Sc
Pembimbing 2 : Wahyu Nugroho, S.Si., M.Si
Judul Skripsi : Aktivasi Arang Hasil Torefaksi dari Cangkang Kelapa
Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru

ABSTRAK

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu material yang memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang tinggi. Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang tinggi ini maka cangkang kelapa sawit berpotensi sebagai salah satu material yang dapat dijadikan arang aktif sebagai adsorben pada zat warna metilen biru. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat kinerja adsorben arang aktif untuk mengadsorpsi zat warna metilen biru yang ditinjau dari beberapa parameter yakni pH optimum, waktu kontak optimum, isoterm adsorpsi dan termodinamika adsorpsi. Pembuatan arang aktif dilakukan dengan menggerus arang dari cangkang kelapa sawit sampai halus. Kemudian diayak menggunakan ayakan 60 mesh untuk mendapatkan bentuk yang seragam. Setelah itu, pembuatan arang aktif dilakukan dengan mencampurkan arang dengan larutan HCl 1 M yang didiamkan selama 24 jam, disaring dan dicuci menggunakan akuades sampai pH netral. Setelah di pH netral arang aktif kemudian di oven pada suhu 110°C selama 3 jam dan dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bahwa arang aktif dari cangkang kelapa sawit memiliki sifat dominan amorf. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR adanya gugus fungsi ikatan *stretching* ikatan aromatik C-C, *stretching* asimetris ikatan C-O-C dan Vibrasi ulur C-H aromatik. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben arang aktif mampu mengadsorpsi metilen biru pada pH 7 dengan nilai (%) teradsorpsi sebesar 99,34% dengan waktu kontak optimum pada 60 menit (%) adsorpsi sebesar 98,42%. Berdasarkan data kesetimbangan adsorpsi adsorben arang aktif dari cangkang kelapa sawit mengikuti model isoterm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi maksimum mencapai 49,088 mg/g serta memiliki nilai $\Delta G^\circ = -15,069 \text{ KJ/mol}$. Dengan demikian interaksi antara adsorben dengan adsorbat terjadi pada lapisan multilayer, dan reaksi berjalan dengan spontan.

Kata Kunci: *arang aktif, adsorpsi, cangkang kelapa sawit, isoterm adsorpsi, energi adsorpsi*

Name : Siswo
Study Program : Chemistry
Supervisor 1 : Karelius, S.Si., M.Sc
Supervisor 2 : Wahyu Nugroho, S.Si., M.Sc
Title of Thesis : Activation of Torrefactive Charcoal from Palm Shells as an Adsorbent for Methylene Blue Dye

ABSTRACT

Oil palm shell is a material that contains high cellulose, hemicellulose, and lignin. The high content of cellulose, hemicellulose, and lignin makes palm shells a potential material that can be used as activated charcoal as an adsorbent on methylene blue. The purpose of this study was to see the performance of activated charcoal adsorbents for adsorbing methylene blue in terms of several parameters namely optimum pH, optimum contact time, adsorption isotherm, and adsorption thermodynamics. The production of activated charcoal is carried out by grinding the charcoal from the shells of the palm oil until it is melted. Then sieved using a 60 mesh sieve to get a uniform shape. After that, activated charcoal was prepared by mixing the charcoal with 1 M HCl solution which was left for 24 hours, filtered, and washed using distilled water until the pH was neutral. After neutral pH, the activated charcoal was then baked in the oven at 110°C for 3 hours and characterized using FTIR and XRD. Based on the results of research conducted that activated charcoal from oil palm shells has dominant amorphous properties. The results of the characterization using FTIR showed that there were stretching bond functional groups of C-C aromatic bonds, asymmetric stretching of C-O-C bonds, and aromatic C-H stretching vibrations. Based on the results of the study showed that activated charcoal adsorbent was able to adsorb methylene blue at pH 7 with an adsorption (%) value of 99.34% with optimum contact time at 60 minutes (%) adsorption of 98.42%. Based on adsorption equilibrium data of activated charcoal adsorbent from palm shell following the Freundlich isotherm model with a maximum adsorption capacity of 49.088 mg/g and a value of $\Delta G^\circ = -15.069 \text{ KJ/mol}$. Thus the interaction between the adsorbent and the adsorbate occurs in the multilayer layer, and the reaction proceeds spontaneously.

Keywords: activated charcoal, adsorption, palm shell, adsorption isotherm, adsorption energy

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aktivasi Arang Hasil Torefaksi dari Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru”.

Penulisan mengucapkan banyak terima kasih Kepada Bapak Karelius, S.Si., M.Sc , selaku dosen pembimbing I dan Bapak Wahyu Nugroho S.Si., M.Si , selaku dosen pembimbing II serta semua pihak yang turut membantu menyusun dan memberikan bimbingan, arahan, saran, nasihat, dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yakni Bapak Surianto selaku ayahanda dan Ibu Mariatul selaku ibunda yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan moril dan materil. Serta pihak-pihak lainnya yaitu:

- (1) Ibu Dr. Siti Sunaryati selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya.
- (2) Ibu Lilis Rosmainar, S.Si., M.Si selaku Penguji I dan Ketua Program Studi Kimia FMIPA Universitas Palangka Raya.
- (3) Ibu Rasidah, S.Pd., M.Sc selaku dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
- (4) Bapak Erwin Prasetya Toepak, S.Si., M.Si selaku Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Palangka Raya.
- (5) Kak Alfian Purba, S.Psi selaku Staf Program Studi Kimia FMIPA Universitas Palangka Raya.
- (6) Abang dan Kaka kandung saya yang telah memberikan dukungan yang luar biasa baik materil maupun moril. Penulis juga mengucapkan terima kasih telah menjadi bagian yang penting dalam hidup saya.
- (7) Untuk sahabat saya yang tidak bisa saya definisikan Nia Fitriyani, Rahayu Andini, Novia Rahmadana, Elsa Nadika Anggri, Ahmad Fajrianor dan Aderama Aryo S yang telah banyak membantu memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini sampai dengan selesai. Terima kasih untuk selalu searah walaupun kita tidak searah.

- (8) Sahabat-sahabat terbaik saya yaitu Elda Alyatikah, Riaa Safitri, Sari Namarito Simarmata, Elfrida Roulina Simanjuntak, Dominikus Niholan Tukan, Ferry Purwanto, Mitha Deviyanti, Febriani Sembiring, Anisa Puspa Putri serta teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Palangka Raya, 28 November 2022

Siswo
HAB 118 003

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Zat Warna Metilen Biru.....	5
2.2 Adsorpsi	9
2.3 Keseimbangan Adsorpsi	12
2.4 Termodinamika.....	14
2.5 Cangkang Kelapa Sawit.....	14
2.6 Arang Aktif.....	16
2.7 Instrumentasi.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Prosedur Kerja	21
3.4 Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Aktivasi dan Karakterisasi Adsorben Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit	25
4.2 Kurva Standar Zat Warna Metilen Biru.....	28
4.3 Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Adsorben Arang dan Arang Aktif	30

4.4	Isoterm dan Termodinamika Adsorpsi.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		40
DAFTAR LAMPIRAN.....		46
RIWAYAT HIDUP		59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu Pengolahan Limbah Zat Warna Metilen Biru	8
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Berbagai Adsorben.....	12
Tabel 2.3 Kandung-Kandungan Kimia Pada Limbah Cangkang Kelapa	16
Tabel 4.1 Perbandingan Pola Serapan FTIR Arang Tanpa Aktivasi dan Arang Aktif	27
Tabel 4.2 Nilai Absorbansi Larutan Standar Metilen Biru Dengan Berbagai Variasi Konsentrasi	29
Tabel 4.3 Data Persamaan Model Isoterm Adsorpsi	36
Tabel 4.4 Perbandingan Nilai ΔG° Adsorpsi Zat Warna	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Molekul Zat Warna Metilen Biru hal.....	5
Gambar 2.2 Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru hal	6
Gambar 2.3 Spesiasi Metilen Biru Dalam Larutan hal	6
Gambar 2.4 Mekanisme Proses Adsorpsi	9
Gambar 2.5 (a) Buah Kelapa Sawit dan (b) Cangkang Kalapa Sawit	14
Gambar 2.6 Pantulan Sinar Pada Bidang Kristal	18
Gambar 2.7 Difraktogram XRD dari Arang Aktif	18
Gambar 4.1 Adsorben Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit	25
Gambar 4.2 Karakterisasi FTIR Sampel Arang Tanpa Aktivasi dan Arang Aktif	26
Gambar 4.3 Karakterisasi Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan XRD	28
Gambar 4.4 Kurva Standar Larutan Metilen Biru	29
Gambar 4.5 Penentuan pH Optimum Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit	30
Gambar 4.6 Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Arang Aktif dan Arang Tanpa Aktivasi dari Cangkang Kelapa Sawit	3.2
Gambar 4.7 Model Isoterm Langmuir Sampel Adsroben Arang Tanpa Aktivasi	34
Gambar 4.8 Model Isoterm Langmuir Sampel Arang Aktif.....	34
Gambar 4.9 Model Isoterm Freundlich Sampel Arang Tanpa Aktivasi	35
Gambar 4.10 Model Isoterm Freundlich Sampel Arang Aktif	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan Asam Klorida (HCl) Sebagai Aktivator	47
Lampiran 2. Pembuatan Larutan Dan Kurva Standar Zat Warna Metilen Biru ...	48
Lampiran 3 Penentuan pH Optimum dan (%) Adsorpsi	50
Lampiran 4. Penentuan Waktu Kontak Optimum Dan (%) Adsorpsi.....	51
Lampiran 5. Pembuatan Larutan Untuk Parhitungan Kapasitas Adsorpsi.....	52
Lampiran 6. Perhitungan Model Isoterm Langmuir Adsorben Arang Aktif	54
Lampiran 8. Perhitungan Model Isoterm Freundlich Arang Aktif	55
Lampiran 9. Karakterisasi Arang Aktif Menggunakan FTIR.....	56
Lampiran 10. Karaterisasi Arang Aktif Menggunakan XRD	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa sebagai berikut:

- a. Hasil karakterisasi adsorben arang aktif menggunakan XRD didapat bahwa arang aktif menunjukkan dominan amorf dan untuk karakterisasi menggunakan FTIR adsorben arang tanpa aktivasi adanya ikatan vibrasi gugus O-H, *stretching* ikatan C-C dari cincin aromatik, *stretching* asimetris ikatan C-O-C dan *bending* C-H aromatik. Sedangkan untuk adsorben arang aktif adanya ikatan *stretching* C-C, C-H, *Asymmetrical streatching* C-O-C, dan vibrasi ulur C-H aromatik.
- b. Berdasarkan hasil uji parameter yang telah dilakukan bahwa adsorpsi zat warna metilen biru menggunakan arang aktif memiliki pH optimum netral yakni 7 dengan persentase 99,34% dan Sedangkan adsorben arang tanpa aktivasi adsorpsi pH optimum 7 dengan % teradsorpsi 94,82%.
- c. Berdasarkan hasil uji parameter waktu kontak didapatkan bahwa adsorben arang aktif memiliki waktu kontak optimum 60 menit dengan persen teradsorpsi yakni 98,42%. Sedangkan arang tanpa aktivasi memiliki waktu kontak optimum adsorpsi selama 60 menit dengan persentase 96%
- d. Adsorben arang aktif dari cangkang kelapa sawit mempunyai kapasitas adsorpsi sebesar 49,088 mg/g dan 11,59311 mg/g untuk arang tanpa aktivasi. Berdasarkan perhitungan yang didapatkan bahwa sampel arang aktif mengikuti mode isoterm Freundlich dengan nilai R^2 0,90135 dan mempunyai energi adsorpsi $\Delta G^\circ = -15,069 \text{KJ/mol}$, sehingga tergolong reaksi spontan dengan interaksi adsorben dan adsorbat pada lapisan multilayer.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai adsorben arang aktif dari cangkang kelapa sawit adalah:

- a. Melakukan pengajian mengenai modifikasi adsorben arang aktif dari cangkang kelapa sawit agar mendapatkan adsorben yang memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, dan waktu kontak yang lebih cepat.

- b. Melakukan pengkajian mengenai kemampuan adsorben untuk digunakan kembali (*reusability*).
- c. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk adsorben dalam bentuk yang mudah untuk diaplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R., Fauziah, S., & Zakir, M. (2020). Pembuatan Dan Modifikasi Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit (*Cocus Nucifera L.*) Sebagai Adsorben Metilen Biru (Preparation And Modification Of Activated Carbon From Palm Oil (*Cocus Nucifera L.*) As Adsorbent Of Blue Methylene). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(2), 1-10.
- Afrizon, A. (2017). Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) Dengan Pemberian Pupuk Organik dan Anorganik. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 4(1), 95-105.
- Alfiany, H., Bahri, S., & Nurakhirawati, N. (2013). Kajian penggunaan arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben logam Pb dengan beberapa aktivator asam. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 2(3).
- Alkaykh, S., Mbarek, A., & Ali-Shattle, E. E. (2020). Photocatalytic degradation of methylene blue dye in aqueous solution by MnTiO₃ nanoparticles under sunlight irradiation. *Heliyon*, 6(4), e03663.
- Arung, S., Yudi, M., & Chadijah, S. (2014). Pengaruh konsentrasi aktivator asam klorida (HCl) terhadap kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah kakao (*Theobroma cacao. L*) pada zat warna Methanil Yellow. *Al-Kimia*, 2(1), 52-63.
- Akbar, M. I. (2011). Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Zat Warna pada Biodiesel.
- Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Kinetic Adsorption Of Activated Carbon In Decreasing Concentrations Of Copper (Cu) And Lead (Pb) Metals. *Jurnal Kinetika Vol*, 12(02), 29-37.
- Arung, S., Yudi, M., & Chadijah, S. (2014). Pengaruh konsentrasi aktivator asam klorida (HCl) terhadap kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah kakao (*Theobroma cacao. L*) pada zat warna Methanil Yellow. *Al-Kimia*, 2(1), 52-63
- Askaputra, A., & Yuliansyah, A. T. (2020). Pengaruh Variasi Suhu Hidrotermal dan Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kemampuan Hydrochar sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Metilen Biru. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 160-168.
- Astuti, W. (2018). Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa. In Unnes Press.
- Baryatik, P., Moelyaningrum, A. D., Asihta, U., Nurcahyaningstih, W., Baroroh, A., & Riskianto, H. (2019). Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Kadmium pada Air Sumur. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 11-19.

- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian kinetika adsorpsi metilen biru menggunakan adsorben sabut kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76-85.
- Baunsele, A. B. (2021). Langmuir and Freundlich Equation Test on Methylene Blue Adsorption by Using Coconut Fiber Biosorbent. *Walisongo Journal of Chemistry*, 4(2), 131-138.
- Bernard, E., & Jimoh, A. (2013). Adsorption of Pb, Fe, Cu and Zn from industrial electroplating wastewater by orange peel activated carbon. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(2), 95-103.
- Che Noraini, C. H., Morad, N., Norli, I., Teng, T. T., & Ogugbue, C. J. (2012). Methylene blue degradation by *Sphingomonas paucimobilis* under aerobic conditions. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(8), 5131-5142.
- Choiriyah, D., Riandini, E., & Wulandari, A. (2015). Preparation micro-filtration ceramic membrane from natural zeolite for procion red MX8B and methylene blue filtration. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 11(1), 8-14.
- Contreras, M., Grande-Tovar, C. D., Vallejo, W., & Chaves-López, C. (2019). Bio-removal of methylene blue from aqueous solution by *Galactomyces geotrichum* KL20A. *Water*, 11(2), 282.
- Donda, D., Silalahi, M., & Fransisco, Y. (2019). PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI ARANG AKTIF DALAM ADSORBSI MINYAK GORENG BEKAS. *Ready Star*, 2(1), 74-78
- Dinh, V. P., Le, H. M., Nguyen, V. D., Dao, V. A., Hung, N. Q., Tuyen, L. A., ... & Tan, L. V. (2019). Insight into the adsorption mechanisms of methylene blue and chromium (III) from aqueous solution onto pomelo fruit peel. *RSC advances*, 9(44), 25847-25860
- Dwijayanti, U., Gunawan, G., Widodo, D. S., Haris, A., Suyati, L., & Lusiana, R. A. (2020). Adsorpsi Methylene Blue (MB) menggunakan abu layang batubara teraktivasi larutan Naoh. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(1), 1-14.
- Edmund, C. O., Christopher, M. S., & Pascal, D. K. (2014). Characterization of palm kernel shell for materials reinforcement and water treatment. *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, 5(1), 1-6.
- El-Sersy, N. A. (2007). Bioremediation of methylene blue by *Bacillus thuringiensis* 4 G 1: application of statistical designs and surface plots for optimization. *Biotechnology*, 6(1), 34-39.
- Eslami, H., Sedighi Khavidak, S., Salehi, F., Khosravi, R., Fallahzadeh, R. A., Peirovi, R., & Sadeghi, S. (2017). Biodegradation of methylene blue from aqueous solution by bacteria isolated from contaminated soil. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 5(1), 10-15.
- Firdaus, I. M., Febiyanto, F., Fitriany, T., Zulhidayah, L. Z., Septiarini, D. A., & Wibowo, O. D. (2019). Synthesis of Cellulose Acetate-Polystyrene

- Membrane Composites from Pineapple Peel Wastes for Methylene Blue Removal. *Al-Kimia*, 7(2), 113-125.
- Hardian, A., Putri, R. H., Budiman, S., & Syarif, D. G. (2021). Sintesis Keramik Komposit ZrO_2 - $ZnFe_2O_4$ sebagai Fotokatalis Magnetik untuk Degradasi Metilen Biru. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 43-53.
- Hadayani, L. W., Riwayati, I., & Ratnani, R. D. (2015). Adsorpsi pewarna metilen biru menggunakan senyawa xanthat pulpa kopi. *Majalah Ilmiah Momentum*, 11(1).
- Harahap, S. Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue dan Malachite Green (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Haryanti, A., Norsamsi, N., Sholiha, P. S. F., & Putri, N. P. (2014). Studi pemanfaatan limbah padat kelapa sawit. *Konversi*, 3(2), 57-66.
- Hasna, N. (2021). Pemanfaatan daun ketapang (*Terminalia* sp.) sebagai bioadsorben zat warna sintesis Rhodamin B teraktivasi asam fosfat (H_3PO_4) (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Hastuti, S., S.H. Mawahib, dan Setyaningsih, 2012, Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat warna Precion Red Mx 8b. *Jurnal Ekosains*, Vol.4, No. 1 : 41-47
- Hikmawati, D. I. (2018). Studi Perbandingan Kinerja Serbuk dan Arang Biji Salak Pondoh (*Salacca zalacca*) pada Adsorpsi Metilen Biru. *Chimica et Natura Acta*, 6(2), 85-92.
- Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) yang di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1).
- Ilmi, M. M., Khoiroh, N., Firmansyah, T. B., & Santoso, E. (2017). Optimasi Penggunaan Biosorbent Berbasis Biomassa: Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia Crossipes*) Untuk Meningkatkan Kualitas Air. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 6(2).
- Ismail, M. N. (2021). Pemanfaatan Limbah Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit Dalam Pembuatan Batako. *Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil*, 10(1), 54-60.
- Joshi, S., & Pokharel, B. P. (2013). Preparation and characterization of activated carbon from lapsi (*Choerospondias axillaris*) seed stone by chemical activation with potassium hydroxide. *Journal of the Institute of Engineering*, 9(1), 79-88.
- Karelius, K., Rosmainar, L., Toemon, A. N., & Dirgantara, M. (2020). Pemurnian Asap Cair Hasil Torefaksi Cangkang Sawit dengan Cara Destilasi dan Filtrasi dengan Arang Aktif: Purification of Liquid Smoke from Torrefaction

- of Palm Oil by Distillation and Filtration with Activated Charcoal. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 2(2), 61-64.
- Khan, I., Saeed, K., Zekker, I., Zhang, B., Hendi, A. H., Ahmad, A., ... & Khan, I. (2022). Review on methylene blue: its properties, uses, toxicity and photodegradation. *Water*, 14(2), 242.
- Kecili, R., & Hussain, C. M. (2018). Mechanism of adsorption on nanomaterials. In *Nanomaterials in Chromatography* (pp. 89-115). Elsevier.
- Mashkooor, F., & Nasar, A. (2020). Magsorbents: Potential candidates in wastewater treatment technology—A review on the removal of methylene blue dye. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 500, 166408.
- Meili, L., Lins, P. V. S., Costa, M. T., Almeida, R. L., Abud, A. K. S., Soletti, J. I., ... & Erto, A. (2019). Adsorption of methylene blue on agroindustrial wastes: experimental investigation and phenomenological modelling. *Progress in biophysics and molecular biology*, 141, 60-71.
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., & Wijayanti, H. (2013). Pembuatan arang aktif dari cangkang kelapa sawit dengan aktivasi secara fisika, kimia dan fisika-kimia. *Konversi*, 2(1), 45-50.
- Mohammed, H. A., Ali, S. K., & Basheer, M. I. (2020, June). Heavy metal ions removal using advanced oxidation (UV/H₂O₂) technique. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 870, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Moosavi, S., Li, R. Y. M., Lai, C. W., Yusof, Y., Gan, S., Akbarzadeh, O., ... & Johan, M. R. (2020). Methylene blue dye photocatalytic degradation over synthesised Fe₃O₄/AC/TiO₂ nano-catalyst: degradation and reusability studies. *Nanomaterials*, 10(12), 2360.
- Mumpuni, I. D., Maslahat, M., Susanty, D., & Agrindo, P. M. S. (2021). Activation of oil palm empty bunches with hydrochloride acid & phosphoric acid and characterization based SNI No. 06-3730-1995. *Jurnal Sains Natural*, 11(1), 16-23.
- Muslim, Z. R., & Kadhim, R. F. (2017). Photocatalytic removal of methylene blue dye by using of ZnS and CdS. *Iraqi Journal of Physics*, 15(33), 11-16.
- Ngapa, Y. D., & Ika, Y. E. (2020). Optimasi Adsorpsi Kompetitif Pewarna Biru Metilena dan Metil Oranye Menggunakan Adsorben Zeolit Alam Ende-Nusa Tenggara Timur (NTT). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 8(2), 151-158.
- Omri, A., & Benzina, M. (2012). Characterization of activated carbon prepared from a new raw lignocellulosic material: *Ziziphus spina-christi* seeds. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 14, 175-183.
- Rumbang, N., Trissan, W., Karelius, K., & Agnestisia, R. (2021). Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Umbut Rotan (*Calamus* sp) Sebagai Adsorben Metilen Biru. *Jurnal Ilmiah Berkala Sains dan Terapan Kimia*, 15(2), 164-174.

- Parvin, S., Rahman, M. W., Saha, I., Alam, M. J., & Khan, M. M. R. (2019). Coconut tree bark as a potential low-cost adsorbent for the removal of methylene blue from wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 146(1), 385-392.
- Pemanfaatan Arang Aktif Tempurung Kenari (*Canarium Vulgare* Leenh) Teraktivasi Hcl Sebagai Adsorben Senyawa Fosfat Pada Limbah Domestik.
- Priya, R., Stanly, S., Kavitharani, T., Faruq, M., & Suresh, S. (2020). Highly effective photocatalytic degradation of methylene blue using $\text{PrO}_2\text{-MgO}$ nanocomposites under UV light. *Optik*, 206, 164318
- Rangabhashiyam, S., Lata, S., & Balasubramanian, P. (2018). Biosorption characteristics of methylene blue and malachite green from simulated wastewater onto *Carica papaya* wood biosorbent. *Surfaces and Interfaces*, 10, 197-215.
- Riwayati, I., Fikriyyah, N. M., & Suwardiyono, S. (2019). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Abu Alang-Alang (*Imperata Cylindrica*) Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2).
- Romadhoni, A. F. (2019). Isotermis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi malasit hijau pada batang Jagung (*Zea mays* L.) termodifikasi asam sitrat (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Rumbang, N., Dirgantara, M., & Suastika, K. G. (2021, June). Chemical Modifications of Torrefied Palm Kernel Shell Using COMB Method. In *International Conference on Sustainable Biomass (ICSB 2019)* (pp. 225-229). Atlantis Press.
- Romadhoni, A. F. (2019). Isotermis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi malasit hijau pada batang Jagung (*Zea mays* L.) termodifikasi asam sitrat (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Saraswati, I. G. A. A., Diantariani, N. P., & Suarya, P. (2015). Fotodegradasi zat warna tekstil congo red dengan fotokatalis ZnO -arang aktif dan sinar ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*, 9(2), 175-182.
- Sari, R. A., Firdaus, M. L., & Elvia, R. (2017). Penentuan Keseimbangan, Termodinamika dan Kinetika Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit pada Zat Warna Reactive Red dan Direct Blue. *Alotrop*, 1(1).
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. (2012). Karakterisasi Material. Rifan Hardian.
- Kamble Sharad, K., & Shinde Sunita, S. A Review: Various Adsorbent Carriers used for Enhancing Dissolution Profile.
- Suryandari, E. T. (2019). Sintesis membran komposit pvdf-zeolit untuk penghilangan metilen biru. *al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 6(2), 58-66
- Tan, I. A. W., Abdullah, M. O., Lim, L. L. P., & Yeo, T. H. C. (2017). Surface modification and characterization of coconut shell-based activated carbon

- subjected to acidic and alkaline treatments. *Journal of applied science & process engineering*, 4(2), 186-194.
- Tanasale, M. F., Killay, A., & Laratmase, M. S. (2012). Kitosan dari limbah kulit kepiting rajungan (*Portunus sanguinolentus* L.) sebagai adsorben zat warna biru metilena. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), 165-171.
- Wang, X., Wang, W., Wang, X., Zhao, J., Zhang, J., & Song, J. (2016). Insight into visible light-driven photocatalytic degradation of diesel oil by doped TiO₂-PS floating composites. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(18), 18145-18153.
- Wardhani, S., Bahari, A., & Khunur, M. M. (2017). Aktivitas fotokatalitik beads TiO₂-N/Zeolit-Kitosan pada fotodegradasi metilen biru (kajian pengembangan, sumber sinar dan lama penyinaran). *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 3(2), 78-84.
- Widihati, I. A. G., Diantariani, N. P., & Nikmah, Y. F. (2011). fotodegradasi metilen biru dengan sinar uv dan katalis Al₂O₃. *Jurnal Kimia (Journal of chemistry)*.
- Yulianti, A., Taslimah, T., & Sriatun, S. (2020). Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit untuk Pemucatan Minyak Goreng Sisa Pakai. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 13(2), 36-40.
- Yuniarizky, F. F., & Nazriati, N. (2021). Adsorpsi Zat Warna Remazol Red menggunakan Nanokomposit Silika Aerogel-Karbon Aktif. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, 5(2), 25-33.
- Zannah, M. (2020). Isoterm Adsorpsi Metilen Biru Oleh Biochar Dari Kulit Singkong (*Manihot Esculenta* Crantz) Yang Dimodifikasi Menggunakan Magnetit (Fe₃O₄). Skripsi.
- Zulkurnai, N. Z., Ali, U. M., Ibrahim, N., & Manan, N. A. (2017, June). Carbon dioxide (CO₂) adsorption by activated carbon functionalized with deep eutectic solvent (DES). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 206, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.