

UJI KINERJA KOMPOSIT BENTONIT-KARBON AKTIF KULIT DURIAN SEBAGAI ADSORPSI LOGAM BESI (Fe) DALAM LIMBAH TEKSTIL JUMPUTAN

Tiara Reska^{1*}, Rusdianasari¹, Muhammad Zaman²

Jurusan Teknik Kimia, DIV-Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, Kec. Ilir Barat I, Palembang 30128.

*Email: tiarareska203@gmail.com

Abstrak

Kandungan logam besi (Fe) yang terdapat dalam limbah tekstil jumputan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan di sekitar industri. Salah satu metode untuk mengurangi kandungan logam besi (Fe) dalam limbah tekstil jumputan yaitu melalui proses adsorpsi. Kulit durian mengandung selulosa yang tinggi yaitu 50-60%, lignin dan pati masing-masing 5% yang berpotensi dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan karbon aktif. Pembuatan karbon aktif ini dapat dikombinasikan dengan bentonit. Bentonit merupakan adsorben yang dapat digunakan karena banyak mengandung monmorillonite dan kemampuan mengembang. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan kemampuan efisiensi adsorben dan kapasitas adsorpsi maksimum komposit bentonit-karbon aktif kulit durian serta menentukan model isoterm yang digunakan. Penelitian ini menggunakan metode adsorpsi dengan variasi aktivator konsentrasi KOH 2M, 3M dan 4M dan variasi waktu pengontakan 10, 20, 30 dan 40 menit selanjutnya dilakukan analisa konsentrasi logam besi (Fe) menggunakan alat spektrofotometri serapan atom (AAS). Didapatkan hasil yakni bahwa aktivator konsentrasi KOH 3M dengan waktu optimum pengontakan 40 menit didapat nilai efisiensi adsorpsi sebesar 94,96% dan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 3,30 mg/g, serta penentuan model isoterm adsorpsi mengikuti model isoterm langmuir dikarenakan memiliki nilai R^2 yang mendekati 1, yakni dengan nilai yang didapat sebesar 0.9954.

Kata kunci: Adsorpsi, Komposit-karbon aktif, Logam besi

1. PENDAHULUAN

Jumputan merupakan teknik membuat motif dengan cara mengikat beberapa bagian kain secara kencang (*tie and dye*) lalu mencelupkan kain dengan aneka jenis warna lalu direbus, setelah itu kain dilepaskan dari ikatan dan dijemur (Nopilda, 2019). Biasanya dalam proses pencelupan ini menggunakan pewarna sintesis karena intensitas warna yang tinggi dan sangat variatif dibandingkan zat warna alami yang tentunya membahayakan lingkungan. Pewarna yang digunakan dalam proses pencelupan pembuatan kain jumputan yaitu pewarna direk (Susmanto et al., 2020).

Seiring dengan perkembangan industri tekstil, timbulnya pencemaran lingkungan berupa logam berat yang diakibatkan oleh industri kerajinan jumputan, khususnya dari proses pencelupan dan pewarnaan. Limbah dari proses tersebut terdapat kandungan logam berat

seperti besi (Fe), dimana ketika besi hadir sebagai ion Fe akan sangat mudah larut dalam air. Oksigen terlarut dalam air akan mengoksidasi Fe menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang menyebabkan air menjadi keruh kemerahan berkarat dan menimbulkan gangguan kesehatan (Fernianti dkk., 2022).

Salah satu cara untuk menurunkan kandungan logam besi (Fe) didalam limbah jumputan dari proses pencelupan dan pewarnaan tersebut yaitu dengan menggunakan metode adsorpsi. Karbon aktif yang dibuat dari kulit durian dapat digunakan sebagai adsorben. Kulit durian dianggap potensial sebagai adsorben karena memiliki kadar selulosa yang tinggi yaitu 50-60% dan *lignin* serta pati masing-masing sebanyak 5% (Ariyani, 2019).

Karbon aktif adalah salah satu adsorben yang cukup baik dan bermanfaat untuk menyerap zat pengotor organik dan anorganik

yang terdapat didalam limbah hasil industri (Udyani dkk., 2019). Karbon aktif memiliki struktur berbentuk heksagonal dan pada setiap sudutnya terdapat atom C yang telah diaktifkan menggunakan reagen (pereaksi) kimia dalam proses aktivasi. Daya serap dari karbon aktif sangat baik, dimana tingkat daya serap tersebut dipengaruhi oleh luas permukaan dan pori-pori permukaan. Semakin kecil pori-pori permukaan maka semakin besar luas permukaannya yang mengakibatkan daya serap semakin meningkat (Wahyuni & Fathoni, 2019).

Komposit adalah hasil penggabungan dua atau lebih bahan berbeda untuk mencapai sifat fisik dan mekanik yang lebih unggul dibandingkan dengan sifat masing-masing bahan penyusunnya (Arif, 2019). Bentonit merupakan bahan yang digunakan sebagai adsorpsi karena banyak mengandung monmorillonite dan kemampuan mengembang (Sirait, 2018).

Banyak penelitian sebelumnya telah dilakukan mengenai adsorpsi logam Fe pada limbah yang akan dibuang ke lingkungan. Salah satunya dalam penelitian yang dilakukan oleh Beni dkk. (2015) yaitu menguji kualitas karbon aktif yang dibuat dari kulit durian sebagai adsorben logam besi (Fe) dengan mempertimbangkan variasi massa karbon aktif 1, 1,5, 2, 2,5, dan 3 gram, serta waktu kontak 30, 60, 90, dan 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan logam besi paling efektif terjadi pada massa 3 gram dan waktu kontak 90 menit, dengan efisiensi adsorpsi mencapai 96,75%.

Anggraini (2019) meneliti adsorpsi logam besi pada limbah cair domestik dengan menggunakan komposit kitosan-karbon aktif kulit durian. Penelitian tersebut mengindikasikan bahwa waktu pengadukan optimum untuk proses adsorpsi adalah 25 menit, dengan efisiensi mencapai 98,93% dan kapasitas adsorpsi sebesar 16,60 mg/g. Perbandingan nilai R^2 antara persamaan isotherm Langmuir dan Freundlich menunjukkan bahwa persamaan Langmuir

memiliki nilai R^2 yang lebih tinggi dan lebih mendekati 1, yaitu 0,7632, sementara persamaan Freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,7577.

Pada penelitian ini bertujuan membuat karbon aktif kulit durian yang diaktivasi menggunakan KOH, kemudian dikombinasikan dengan komposit bentonit. Penggabungan karbon aktif kulit durian yang dimodifikasi dengan KOH dan komposit bentonit, diharapkan dapat meningkatkan daya adsorpsi adsorben yang dihasilkan, memperbanyak pori-pori pada permukaan komposit sehingga meningkatkan kemampuan penyerapan dan membuat proses adsorpsi menjadi lebih efektif dan efisien.

2. METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah tekstil jumputan dengan kadar Fe lebih dari 1 Mg/L yang diperoleh dari limbah tekstil sisa pencelupan kain jumputan, bentonit, kulit buah durian, KOH, CH_3COOH 2%, STTP-Etanol, CH_2O 0,1 M, dan aquades.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah furnace, hot plate, neraca analitik, ayakan 200 mesh, kertas saring, pipet ukur, bola karet, pipet tetes, spatula, pengaduk, corong kaca, cawan penguap, mortar, gelas kimia, labu ukur, erlenmeyer, magnetic stirrer, dan alat spektrofotometri serapan atom (AAS) untuk analisa hasil adsorpsi.

2.1 Prosedur Penelitian

2.2.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif Kulit Durian

Penelitian dilakukan dengan variasi konsentrasi KOH sebagai aktivator karbon aktif yaitu 2M, 3M dan 4M dan variasi waktu pengontakan komposit-karbon aktif dengan limbah yaitu 10, 20, 30 dan 40 menit, dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Pembuatan karbon aktif dari kulit durian dengan cara membersihkan kulit durian dari kotorannya lalu dikeringkan dengan dijemur di bawah sinar matahari. Selanjutnya kulit durian dipanaskan menggunakan *furnace* pada suhu 500°C selama 1 jam. Setelah pemanasan, arang yang dihasilkan digerus dan diayak 200 *mesh*. Proses

aktivasi dilakukan dengan cara merendam arang menggunakan larutan KOH selama 24 jam. Setelah proses perendaman, arang tersebut disaring, dicuci hingga pH netral menggunakan aquades lalu arang dikeringkan menggunakan oven pada suhu 150°C selama 30 menit.

2.1.2. Proses Pembuatan Komposit-Karbon Aktif

Proses pembuatan komposit bentonit-karbon aktif kulit durian dilakukan dengan cara melarutkan sebanyak 10 gram bentonit kedalam 100 ml asam asetat lalu dilakukan pengadukan selama 4 jam, kemudian ditambahkan sebanyak 25 gram karbon aktif sambil diaduk selama 1 jam. Larutan STTP-etanol sebanyak 500 ml diteteskan sebanyak 1,5 ml per menit ke dalam larutan sambil diaduk selama 7 jam. Setelah proses pencampuran, komposit yang didapat dicuci dengan aquades hingga pH netral, kemudian komposit direndam dalam larutan formaldehid selama 30 menit. Prosedur ini diulang untuk setiap variasi konsentrasi karbon aktif.

2.1.3. Pengontakan Komposit-Karbon Aktif dengan Limbah Tekstil Jumputan

Penurunan konsentrasi logam besi (Fe) dengan melakukan pengontakan komposit bentonit-karbon aktif kulit durian dengan cara sebanyak 250 ml limbah tekstil jumputan dan dimasukan kedalam *erlenmeyer* dan ditambahkan sebanyak 10 gram komposit-karbon aktif kemudian diaduk dengan variasi waktu 10, 20, 30 dan 40 menit dan pengadukan dilakukan dengan kecepatan 150 rpm. Selanjutnya filtratnya disaring dan kemudian dilakukan analisa dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) untuk mengetahui kandungan logam besi (Fe) dalam limbah tekstil jumputan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan menggunakan penggabungan komposit bentonit-karbon aktif kulit durian dengan variasi konsentrasi aktivasi KOH 2M, 3M dan 4M serta variasi waktu pengontakan dengan limbah 10, 20, 30 dan 40 menit. Pada proses adsorpsi aktivator konsentrasi KOH 3M

dengan waktu optimum pengontakan 40 menit diperoleh nilai efisiensi kemampuan adsorben sebesar 94,96% dan nilai kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 3,30 mg/g sehingga dapat dinyatakan bahwa penelitian ini menunjukkan penyerapan pada penggabungan kedua adsorben antara komposit bentonit dan karbon aktif kulit durian mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi dalam menurunkan konsentrasi logam besi (Fe) pada limbah tekstil jumputan.

Tabel 1. Data efisiensi kemampuan adsorben

Ket	10 Mnt (%)	20 Mnt (%)	30 Mnt (%)	40 Mnt (%)
Kom A	86,33	87,77	91,37	92,09
Kom B	79,86	90,65	92,09	94,96
Kom C	79,26	82,73	86,33	88,49

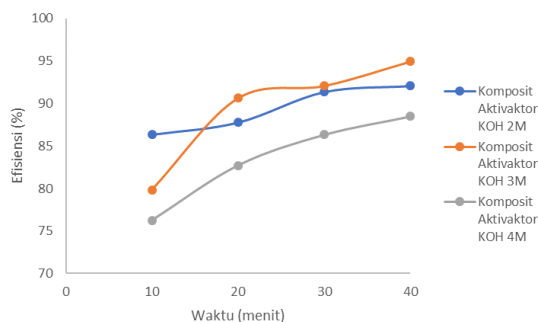
Tabel 2. Data kapasitas kemampuan adsorben

Ket	10 Mnt (mg/g)	20 Mnt (mg/g)	30 Mnt (mg/g)	40 Mnt (mg/g)
Kom A	3,00	3,05	3,18	3,20
Kom B	2,78	3,15	3,20	3,30
Kom C	2,65	2,88	3,00	3,08

3.1. Efisiensi Kemampuan Adsorben

Hasil pengujian waktu kontak adsorben komposit pada logam besi (Fe) bertujuan untuk mengetahui waktu optimum penyerapan logam besi (Fe) dengan adsorben komposit karbon aktif. Adapun variasi waktu pengontakan yang digunakan yaitu 10, 20, 30 dan 40 menit dengan pengadukan 150 rpm.

Efisiensi adsorpsi menentukan seberapa banyak adsorbat yang dihilangkan tergantung pada dosis adsorben dan konsentrasi awal. Efisiensi kemampuan adsorben digunakan untuk mengetahui seberapa besar penyerapan logam besi (Fe) dalam limbah jumputan yang dilakukan oleh komposit-karbon aktif, dengan menghitung konsentrasi logam besi (Fe) yang terserap setelah pengontakan dengan konsentrasi mula-mula logam besi (Fe) sebelum pengontakan.



Gambar 1. Grafik efisiensi kemampuan adsorben

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa waktu optimum yang dibutuhkan untuk proses adsorpsi yaitu 40 menit pada variasi aktivator KOH 3M (komposit C) dengan efisiensi kemampuan adsorben sebesar 94,96%, dimana hal ini menunjukkan semakin lama waktu pengontakan adsorben terhadap limbah, dengan demikian semakin banyak logam besi (Fe) yang diserap oleh adsorben dan semakin tinggi nilai efisiensi yang didapatkan.

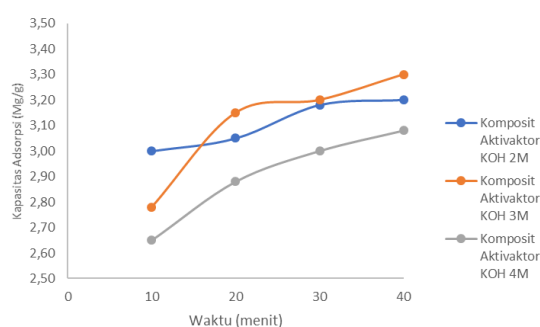
Efisiensi kemampuan adsorpsi maksimum juga dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak pada proses adsorpsi. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pada menit ke 40 didapatkan nilai kemampuan adsorpsi maksimum yang optimum. Hal ini disebabkan pada waktu 40 menit proses adsorpsi mencapai kondisi keadaan optimum. Pada waktu 40 menit tersebut penyerapan logam besi (Fe) dari limbah jumpitan mencapai titik maksimal dimana waktu tersebut merupakan waktu kesetimbangan untuk adsorben yang digunakan. Waktu kontak awal hingga optimum menunjukkan peningkatan daya serap yang tinggi akibat terbukanya pori-pori adsorben oleh aktivator, menunjukkan bahwa adsorben masih baru dan memiliki banyak rongga untuk menyerap logam Fe dari limbah. Namun, jika waktu kontak terlalu lama, adsorben bisa menjadi jenuh, mengakibatkan adsorbat terlepas. Dengan demikian, penambahan waktu kontak tidak mempengaruhi pengurangan logam Fe dalam limbah tekstil jumpitan.

Apabila karbon aktif mencapai titik jenuh, yang berarti kemampuan karbon aktif dalam menyerap zat-zat tertentu akan menurun. Dalam proses adsorpsi karbon aktif memiliki pori yang berfungsi untuk menyerap zat-zat tertentu, seiring berjalannya waktu pori-pori

karbon aktif akan terisi oleh zat-zat yang diserap. Ketika pori-pori tersebut sudah penuh, karbon aktif akan menyerap lebih sedikit zat-zat tertentu yang menyebabkan penurunan efektivitas karbon aktif tersebut.

3.2. Kapasitas Kemampuan Adsorben

Kapasitas adsorpsi menggambarkan jumlah adsorbat yang dapat menumpuk pada permukaan adsorben. Dengan kata lain, ketika proses adsorpsi dilakukan dalam kondisi optimum, akan diperoleh komposit karbon aktif dengan kapasitas adsorpsi maksimum.



Gambar 2. Grafik kapasitas kemampuan adsorben

Pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa kapasitas kemampuan adsorpsi maksimum terdapat pada komposit-karbon aktif yang teraktivasi KOH 3M dengan perolehan nilai kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 3,30 mg/g. Kapasitas adsorpsi maksimum berbanding lurus dengan efisiensi adsorben, sehingga semakin tinggi efisiensi adsorben maka semakin besar kapasitas adsorpsi maksimum yang diperoleh. Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui jumlah logam besi (Fe) yang dapat diserap oleh setiap gram adsorben komposit bentonit-karbon aktif kulit durian.

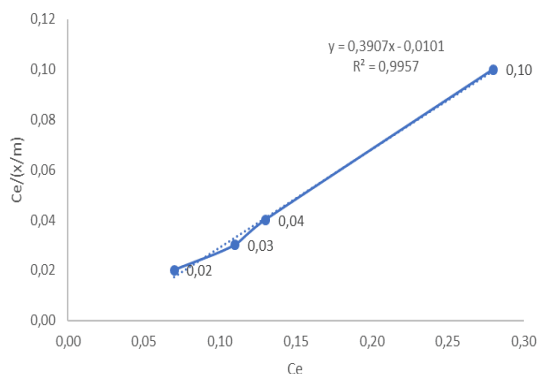
Kapasitas kemampuan adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya aktivator. Aktivator adalah zat (larutan) yang dapat mengurangi pembentukan pengotor dari suatu bahan, membantu pembentukan pori-pori permukaan struktur karbon sehingga luas permukaan karbon menjadi lebih besar. Berdasarkan hasil penelitian aktivator konsentrasi KOH 3M memiliki nilai kapasitas kemampuan adsorben sebesar 3,30 mg/g dimana hal ini menunjukkan bahwa selama

proses aktivasi karbon aktif aktivator konsentrasi KOH 3M mempengaruhi luas permukaan sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi. Luas permukaan karbon aktif berperan penting karena menentukan jumlah pori-pori tempat adsorbat dapat terikat.

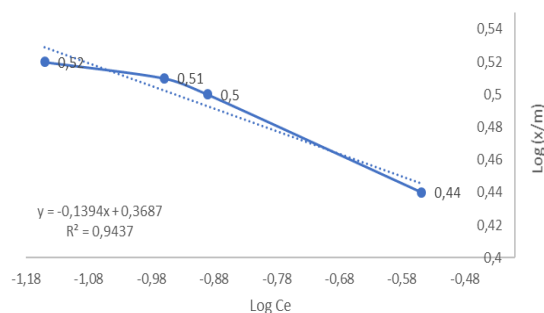
3.3. Penentuan model isotherm Langmuir dan Freundlich

Secara umum, isotherm adsorpsi menunjukkan bagaimana adsorbat berinteraksi dengan adsorben. Dengan menggunakan model isotherm, Kita bisa menentukan jumlah zat adsorbat yang diserap per satuan berat adsorben serta jumlah adsorbat yang masih tertinggal dalam larutan saat mencapai kesetimbangan.

Untuk adsorpsi logam besi (Fe) pada adsorben komposit, model isotherm dapat dianalisis dengan menguji persamaan regresi linear isotherm langmuir, yang mengaitkan konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (C_e) dengan jumlah adsorbat yang diserap per satuan berat adsorben., serta isotherm Freundlich, yang memplotkan $\text{Log } (x/m)$ terhadap $\text{Log } C_e$ untuk memperoleh persamaan garis dan regresi linear. Model isotherm langmuir dan freundlich digunakan untuk menggambarkan bagaimana adsorbat terikat pada adsorben. Model langmuir yaitu adsorpsi monolapis pada permukaan homogen sedangkan model freundlich yaitu adsorpsi multilapis pada permukaan yang heterogen. Adapun beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi meliputi luas permukaan adsorben, konsentrasi aktivator adsorben, jenis zat yang diadsorpsi, dan waktu pengontakan.



Gambar 3. Grafik Persamaan isotherm Langmuir



Gambar 4. Grafik Persamaan isotherm Freundlich

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4, persamaan *isotherm Langmuir* dan *Freundlich* dapat dianalisis dengan memeriksa nilai R^2 yang mendekati 1. Perbandingan antara *isotherm Langmuir* dan *Freundlich* memperlihatkan bahwa *isotherm Langmuir* memiliki nilai R^2 yang lebih tinggi dan mendekati 1, yakni dengan nilai yang didapatkan sebesar 0,9954. Hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi mengikuti model satu lapisan, dimana penyerap atau adsorben mempunyai permukaan yang homogen dan hanya mampu menyerap satu molekul adsorben per situs, membentuk satu lapisan tunggal (*monolayer*) pada kapasitas adsorpsi maksimum. Dengan demikian, mekanisme adsorpsi komposit bentonit-karbon aktif kulit durian terhadap logam besi (Fe) dalam limbah tekstil juputan mengikuti model isotherm langmuir. Model langmuir mendefinisikan proses adsorpsi sebagai adanya lapisan tunggal pada permukaan adsorben, dengan ikatan adsorben yang cukup kuat sehingga terjadi pembentukan ikatan kimia.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan variasi konsentrasi KOH dan waktu kontak, diperoleh kondisi optimal untuk proses adsorpsi adalah 40 menit, dengan efisiensi sebesar 94,96% dan kapasitas adsorpsi mencapai 3,30 mg/g. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa model *isotherm Langmuir* memiliki nilai R^2 sebesar 0,9954, sementara model *isotherm Freundlich* memiliki nilai R^2 sebesar 0,9437. Ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi mengikuti model isotherm Langmuir, yang menggambarkan pembentukan satu lapisan dengan permukaan adsorben yang

homogen. Model *Langmuir* menjelaskan bahwa proses adsorpsi melibatkan lapisan tunggal pada permukaan adsorben, dengan ikatan antara adsorben dan adsorbat yang cukup kuat untuk membentuk ikatan kimia

DAFTAR PUSTAKA

- Aryani, F. (2019). Aplikasi Metode Kimia Fisika Pada Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*cocoa nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 16. <https://doi.org/10.22146.vli2.44734>.
- Arif, S., Irawan, D., & Jainudin, M. (2019). Analisis Sifat Mekanis Perbandingan Campuran Komposit Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan Matriks EPOXY untuk Material Kampas Rem. *Seminar Nasional Teknologi Terapan*, 7, 1-5
- Beni Febriansyah, Chairul., Silvia Reni. (2015). Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Durian Sebagai Adsorben Logam Fe: Kampus Binawijaya, 2(2).
- Dewi Fernianti, Erna Yuliwati., Nuri. (2022). Penyerapan Logam Besi (Fe) Dalam Limbah Pewarnaan Dan Pencucian Industri Kain Jumputan Menggunakan Karbon Aktif Dari Ampa Teh. *Jurnal procedia of engineering and life science: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*.
- Diah Anggraini. (2019). Adsorpsi Logam Besi (Fe) Dalam Limbah Cair Domestik Menggunakan Komposit Ktison- Karbon Aktif Kulit Durian: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Nopilda, L. (2019). *Pemanfaatan Arang Kayu Gelam sebagai Adsorben untuk Meningkatkan Kualitas Air Limbah Zat Warna Kain Jumputan di Sentra Industri Kampung Kain Kelurahan Tuan Kentang Kecamatan Seberang Ulu 1 Kertapati Kota Palembang*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pasca Sarjana Universitas PGRI Palembang, 386–398.
- Susmanto, P., Yandriani, Y., Dila, A. P., and Pratiwi, D. R. (2020). Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumputan Menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa pada Kolom Adsorpsi. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*. 4(2): 77-87.
- Sirait, M. (2018). “Polivinyl Alkohol dan Campuran Bentonit.” Lembaga Penelitian Unimed Medan: Sumatera Utara.
- Udyani, K., Purwaningsih, D.Y., Setiawan, R., & Yahya, K. (2019). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Bakau dengan Microwave. *Jurnal IPTEK*, 23(1), 39-46.
- Wahyuni, I., Fathoni, R. (2019). Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Waktu Aktivasi. *Jurnal Chemurgy*, 3(1), 11,