



EFEKTIVITAS KARBON AKTIF KULIT SINGKONG (*Manihot Esculenta Crantz*) TERHADAP ADSORPSI ION LOGAM Fe^{2+} DENGAN AKTIVATOR NaOH

Novi Sylvia¹, Yogi Ardhika Wijaya¹, Masrullita¹, Ferri Safriwardy²

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

Korespondensi: 081320936938, masrullita@unimal.ac.id

Abstrak

Salah satu pencemar yang berbahaya dalam limbah buangan industri yaitu logam berat besi (Fe^{2+}). Banyak teknik pengolahan yang dilakukan untuk menurunkan kadar logam berat besi. Salah satunya diantaranya adalah dengan teknik adsorpsi. Adsorpsi sering digunakan karena prosesnya yang sederhana dan efektif untuk mengurangi kadar logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas karbon aktif kulit singkong sebagai adsorben pada penyerapan logam besi (Fe^{2+}), mengkaji pengaruh waktu kontak dan variasi konsentrasi aktivator terhadap daya serap besi (Fe^{2+}) serta mekanisme penyerapan melalui metode pendekatan isotherm adsorpsi Freundlich dan Langmuir. Penelitian ini dilakukan dengan suhu karbonasi 300 °C selama 2 jam dengan variasi konsentrasi aktivator 10%, 20%, 25%, dan 30% serta memvariasikan waktu kontak selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Hasil yang diperoleh adalah, % efisiensi adsorpsi maksimum yaitu 94,07% serta kapasitas adsorpsi maksimum yaitu 470,35 mg/g pada konsentrasi aktivator 30% dan waktu kontak 120 menit. Mekanisme adsorpsi yang terjadi mendekati persamaan isotherm Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,9999$, diduga proses penyerapan terjadi secara adsorpsi monolayer. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak dan semakin tinggi konsentrasi aktivator maka semakin tinggi kapasitas adsorpsi dan % efisiensi adsorpsi Fe^{2+} yang diperoleh.

Kata kunci: adsorpsi, aktivator, isotherm adsorpsi, karbon aktif kulit singkong, logam berat

1. Pendahuluan

Besi (Fe) merupakan logam berat yang banyak digunakan pada industri seperti elektroplating, baja maupun sebagai logam pendukung dalam berbagai industri. Hasil samping dari penggunaan tersebut akan menghasilkan limbah yang

dapat mencemari air dan tanah. Limbah. Fe yang ada didalam tanah akan diserap oleh akar tanaman dalam bentuk ion Fe^{3+} dan ion Fe^{2+} , dan dalam senyawa khelat (Sembiring dkk, 2016). Fe di dalam tanah dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Mengonsumsi Fe dalam dosis diatas ambang batas dapat menyebabkan toksisitas yang dapat menyebabkan kerusakan hati dan ginjal (Widowati, 2008). Kadar Fe di dalam air perlu diturunkan karena dampak yang ditimbulkan akibat keracunan logam ini cukup berbahaya. Berdasarkan Permenkes Republik Indonesia No. 492 tahun 2010, tentang persyaratan air minum, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk Fe adalah 0,3 mg/L. Kadar besi pada perairan alami berkisar antara 0,05 - 0,2 mg/l dan kadar pH maksimum dalam air limbah adalah 6,0 – 9,0 (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 68 tahun 2016).

Singkong merupakan salah satu bioadsorben yang dapat mengadsorbsi logam berat seperti Fe. Kulit singkong memiliki kandungan protein, selulosa non reduksi, serat kasar yang tinggi sehingga efektif mengikat ion logam (Suhaeri, A., dkk, 2014). Setiap kilogram ubi kayu biasanya dapat menghasilkan 15-20% kulit umbi. Persentase kulit ubi kayu yang dihasilkan berkisar 8-15% dari berat umbi yang dikupas (Suhaeri, A., dkk, 2014). Kandungan selulosa atau karbon (C) yang cukup besar 59,31 % pada kulit singkong, maka dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif atau arang aktif alami.

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi, dengan menggunakan gas, uap air dan bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka (Maulinda et al., 2015). Arang aktif bersifat multifungsi, antara lain dapat menyerap muatan positif seperti metilen blue dan ion logam seperti Fe, Mg, Pb, Cr^{6+} dan lain-lain, muatan netral seperti I_2 dan muatan negatif seperti zat warna remazol yellow FG (Krismayanti,2019).

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif kulit singkong dalam mengadsorbsi Besi II (Fe^{2+}).dan kondisi operasi yang paling efektif pada variasi konsentrasi aktivator kimia NaOH. Hasil yang diperoleh dapat dibandingkan dengan hasil adsorpsi arang aktif lainnya, sehingga hasil yang

diperoleh dapat dijadikan informasi tentang adsorben yang efektif dalam menyerap Besi II (Fe^{2+}).

2. Bahan dan Metode

Peralatan yang digunakan adalah *furnace*, gelas kimia, oven, pH meter, instrumen Spektrofotometer UV/Vis dan *magnetic stirrer*. Bahan yang digunakan yaitu kulit singkong (singkong putih), padatan NaOH, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan aquades. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu persiapan adsorben (termasuk aktivasi), pembuatan larutan limbah artifisial Fe^{2+} dengan konsentrasi 5 ppm, karakterisasi karbon aktif dan proses adsorpsi.

Pada tahap pembuatan adsorben, kulit singkong dibersihkan dan dipotong kecil-kecil. Kemudian dijemur dibawah terik matahari sampai kering dan di *furnace* pada suhu 300°C dengan waktu selama 2 jam. Selanjutnya karbon diayak dengan ukuran 100 mesh dan diaktivasi dengan cara direndam dalam larutan NaOH 10%, 20%, 25% dan 30% lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, bahan baku dipisahkan dengan pelarutnya menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan aquades sampai pH-nya netral yaitu 6,5-7. Kemudian karbon aktif dipanaskan didalam oven selama 3 jam pada suhu 110°C sampai masa karbon aktif konstan.

Tahap kedua merupakan tahap pembuatan limbah artifisial Fe^{2+} dengan konsentrasi 5 ppm. Pada tahap ketiga yaitu proses adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi konsentrasi aktivator yaitu 10%, 20%, 25% dan 30%. Kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu kontak yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit, kemudian disaring. Tahap terakhir merupakan tahap pengujian karbon aktif, yang meliputi penentuan % efisiensi adsorpsi Fe^{2+} dan kapasitas adsorpsi Fe^{2+} .

Penentuan kandungan logam besi (Fe^{2+}) dan efektivitas adsorpsi di dalam limbah artifisial ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV/Vis. Penentuan % Efisiensi adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$\% \text{ efisiensi} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

C_i = konsentrasi awal (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir (mg/L)

Perhitungan kapasitas adsorpsi (q_e) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

q_e = Pb yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g)

C_i = Konsentrasi awal Pb (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir Pb (mg/L)

m = massa adsorben (g)

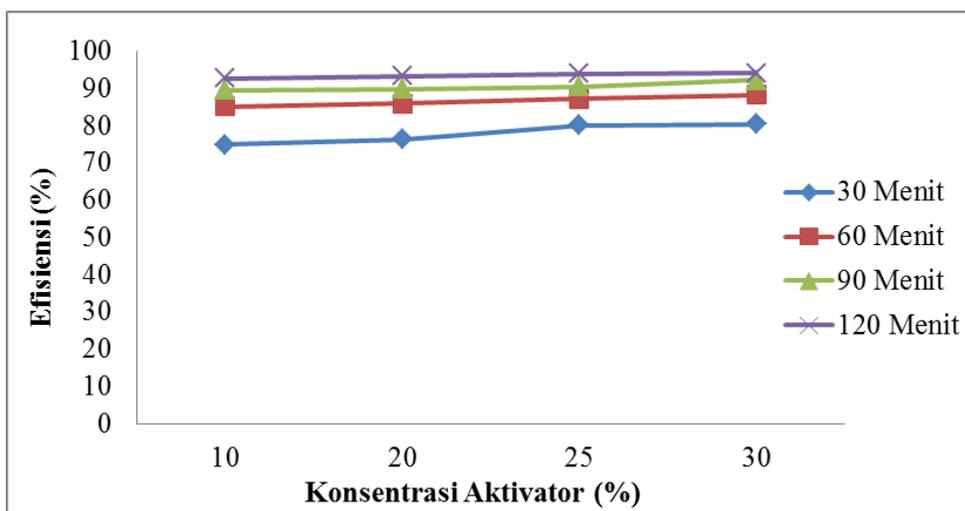
V = Volume larutan yang diadsorpsi (L)

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Karakterisasi Karbon Aktif

3.2 Pengaruh antara Konsentrasi Aktivator dan Waktu Kontak Terhadap % Efisiensi Adsorpsi

Persentase efisiensi atau disebut juga dengan % penyisihan menyatakan kadar logam yang terserap oleh adsorben. Adapun pengaruh konsentrasi aktivator terhadap % efisiensi dapat dilihat pada Gambar 1.



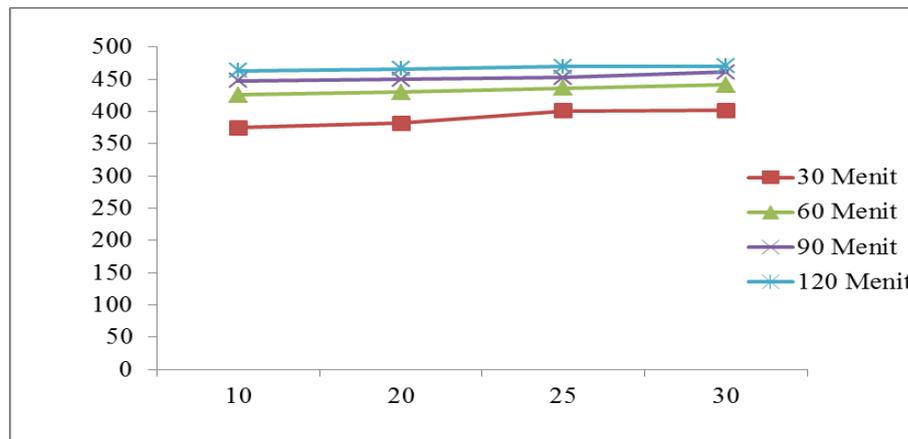
Gambar 1. Hubungan Antara Konsentrasi Aktivator dan Waktu Kontak Terhadap % Efisiensi pada Konsentrasi Limbah Fe^{2+} 5 ppm.

Berdasarkan Gambar 1. didapatkan % efisiensi adsorpsi tertinggi yaitu pada konsentrasi aktivator 30% dengan waktu kontak 120 menit yaitu 94,07%.

Sedangkan % efisiensi adsorpsi terendah didapatkan pada konsentrasi aktivator 10% dengan waktu kontak 30 menit yaitu 74,92%. Persen efisiensi adsorpsi terbaik diperoleh pada konsentrasi aktivator 30% dan waktu kontak 120 menit. Semakin besar konsentrasi aktivator karbon aktif dan lamanya waktu kontak yang diberikan dapat meningkatkan % efisiensi adsorpsi logam Fe^{2+} . Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi aktivator yang digunakan maka semakin banyak permukaan yang aktif melakukan penyerapan terhadap logam..

D & Devianti, V.A. (2020) menggunakan bioadsorben kulit pisang kepok untuk mengadsorpsi logam besi (Fe) dalam limbah artifisial, menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi dosis adsorben maka akan memperbesar % adsorpsi maupun kapasitas adsorpsi, sehingga akan semakin besar pula logam Fe yang terserap oleh adsorben dengan % adsorpsi tertinggi yaitu 86,387%.

3.3 Pengaruh Antara Konsentrasi Aktivator dan Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi



Gambar 2. Hubungan Antara konsentrasi aktivator dan Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi pada Konsentrasi Limbah Fe^{2+} 5 ppm

Berdasarkan Gambar 2. menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi mengalami kenaikan dengan meningkatnya konsentrasi aktivator dan semakin lama waktu kontak. Kapasitas adsorpsi tertinggi didapat pada konsentrasi aktivator 30% dengan waktu kontak 120 menit yaitu 470,35 mg/g, sedangkan kapasitas adsorpsi terendah didapat pada konsentrasi aktivator 10% dengan waktu kontak 30 menit yaitu 374,61 mg/g. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi

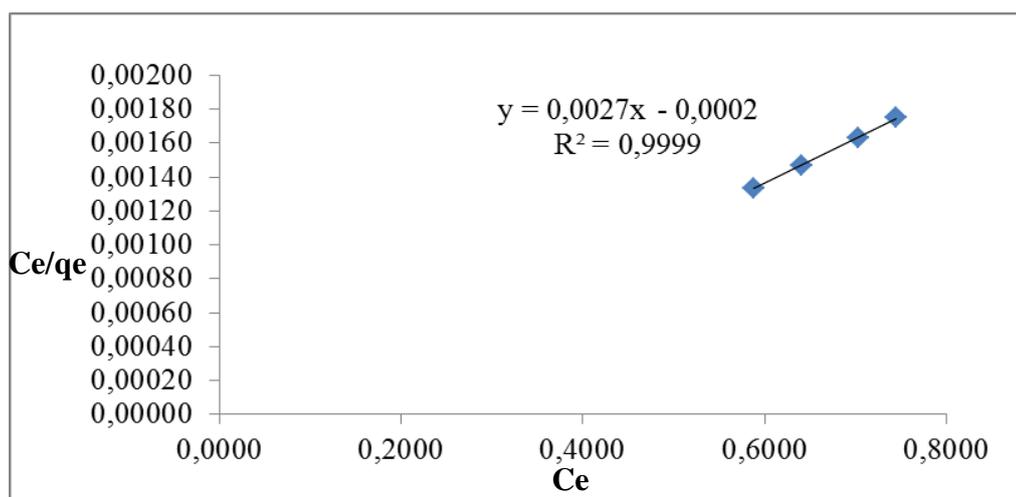
konsentrasi aktivator dapat mengikat zat-zat pengotor atau senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon aktif semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut.

Pada penelitian pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku arang aktif dengan variasi konsentrasi NaOH dan suhu Ariyani (2017) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH maka semakin besar untuk meyerap logam Fe pada air sungai dan lebih optimum sehingga konsentrasi Fe mengalami penurunan pada setiap konsentrasi NaOH.

3.7 Tinjauan Metode Isotherm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

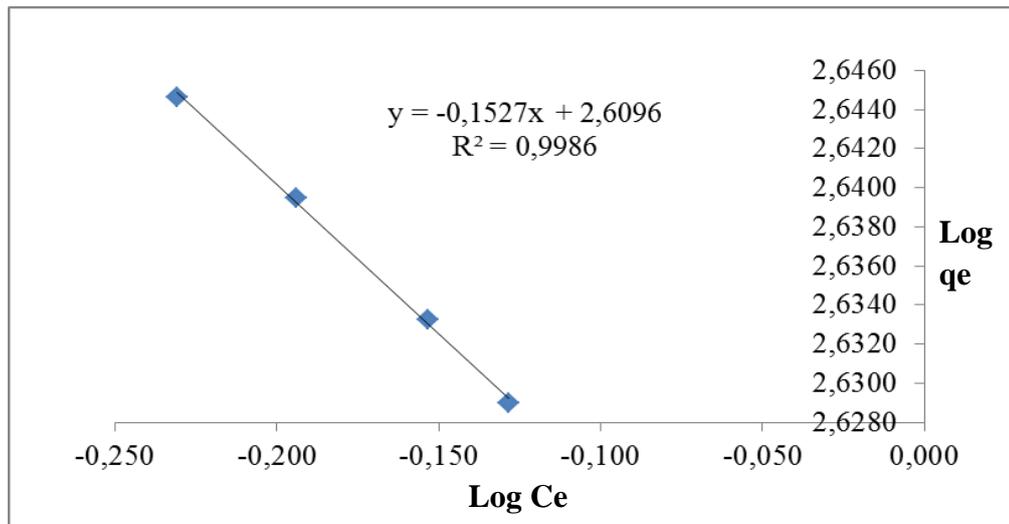
Adsorpsi fase padat-cair pada umumnya menggunakan tipe isotherm Langmuir dan Freundlich. Tipe isotherm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Penurunan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir sistem padat-cair didasarkan pada kesetimbangan proses adsorpsi dan desorpsi adsorbat di permukaan padatan.

Pengujian model Isotherm adsorpsi Langmuir dan freundlich dapat dilakukan dengan cara membuat kurva hubungan C_e vs C_e/q_e dan kurva hubungan $\log C_e$ vs $\log q_e$. Adapun kurva isotherm adsorpsi Langmuir dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Kurva C_e vs C_e/q_e Kesetimbangan Isotherm Adsorpsi Langmuir

Adapun kurva isotherm adsorpsi Freundlich dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Kurva log Ce vs log qe Kesetimbangan Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm adsorpsi dapat dilihat dari nilai R^2 yang didapat dari kurva. Hasil penelitian menunjukkan proses penyerapan menggunakan adsorben karbon aktif kulit singkong memberikan nilai linier untuk isoterm Langmuir sebesar 99,99% dan 99,86% untuk isoterm Freundlich. Berdasarkan nilai linier tersebut dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi logam Fe^{2+} menggunakan adsorben karbon aktif kulit singkong mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir. model isoterm adsorpsi Langmuir lebih tepat digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi logam Fe^{2+} menggunakan karbon aktif kulit singkong. Adapun nilai parameter isotherm Langmuir dan Freundlich dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.1

Langmuir				
R^2	$1/q_m$	q_m	$1/q_m K_t$	K_t
0,9999	0,0027	370,37	0,0002	-13,5

Tabel 3.1 Nilai Parameter Langmuir

Freundlich

R²	1/n	n	Log Kf	Kf
0,9986	-0,1527	-6,54	2,6096	407,01

Tabel 3.2 Nilai Parameter Freundlich

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Mahbul (2014) menjelaskan bahwa nilai q_m yang didapat pada isotherm Langmuir menggambarkan ikatan antara adsorben dan Fe^{2+} membentuk lapisan monolayer dalam jumlah yang signifikan dan menunjukkan kapasitas penyerapan maksimum atau jenuh dimana semua *sorption sites* telah penuh, dengan terbentuknya lapisan pada permukaan adsorben. Nilai K_t menunjukkan tingkat afinitas antara Fe^{2+} dengan permukaan adsorben, dimana pada penelitian ini nilai $K_t < 1$ yang mengindikasikan tingkat afinitas yang lemah antara logam Fe^{2+} dan adsorben.

4. Simpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu persen efisiensi adsorpsi ion logam Fe^{2+} maksimum menggunakan karbon kulit singkong yaitu sebesar 94,07% dengan kapasitas adsorpsi maksimum 470,35 mg/g pada konsentrasi aktivator 30% dengan waktu kontak 120 menit. Semakin tinggi konsentrasi aktivator dan semakin lama waktu kontak yang diberikan pada konsentrasi limbah Fe^{2+} 5 ppm maka semakin tinggi kapasitas adsorpsi dan semakin tinggi persen efisiensi adsorpsi yang diperoleh; dan penyerapan yang terjadi terhadap logam berat Fe^{2+} mengikuti kepada metode isotherm Langmuir dengan nilai R^2 0,9999.

Pada penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan memvariasikan pH limbah, jenis aktivator, suhu karbonasi, variasi temperatur pada saat proses adsorpsi, dan tinjauan kinetika reaksi.

5. Daftar Pustaka

1. Antonia Nunung Rahayu, A. (2014). *Pemanfaatan Tongkol agung Sebagai Adsoeben Besil Pada Air Tanah*, *Antonia*, 3(10), 1489–1497.
2. Arifiyana, D., & Devianti, V. A. (2020). Biosorpsi Logam Besi (Fe) Dalam Media Limbah Cair Artifisial Menggunakan Adsorben Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata). *Jurnal Kimia Riset*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.20473/jkr.v5i1.20245>
3. Ariyani, A., R., P. A., P., E. R., & R., F. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dengan Variasi Konsentrasi Naoh Dan Suhu. *Konversi*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.20527/k.v6i1.2992>
4. Ashari Yusuf, M. (2013). Adsorpsi Ion Cr(Vi) Oleh Arang Aktif Sekam Padi (Adsorption Ions of Cr (Vi) By Active Rice Husk Charcoal). *UNESA Journal of Chemistry*, 2(1), 84–88.
5. El-Hendawy, A. N. A. (2003). Influence of HNO₃ oxidation on the structure and adsorptive properties of corncob-based activated carbon. *Carbon*, 41(4), 713–722. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(03\)00029-0](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(03)00029-0)
6. Husin, A., & Hasibuan, A. (2020). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H₃PO₄) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(2), 80–86. <https://doi.org/10.32734/jtk.v9i2.3728>
7. Masitoh, Y., & Sianita, M. (2013). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (Theobroma Cacao L.) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (Ii) Dalam Pelarut Air (Utilization of (Theobroma Cacao. L) Cacao Skin for Activated Carbon As Adsorbent Cadmium (Ii) in Solution). *UNESA Journal of Chemistry*, 2(2), 23–28.
8. Maulinda, L., Za, N., Sari, D. N., Kimia, J. T., Teknik, F., & Malikussaleh, U. (2015). Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11–19.
9. Pane, G. C., & Hamzah, F. (2018). Pemanfaatan Kulit Buah Durian Pada Pembuatan Arang Aktif Dengan Metode Aktivasi Fisika-Kimia Menggunakan Asam Fosfat. *Jom Faperta*, 5(2), 1–14.
10. Putu, N., Krismayanti, A., Manurung, M., Gusti, N., Made, A., & Adhi, D. (2019). Sintesis Arang Aktif Dari Limbah Batang Bambu Dengan Aktivator Naoh Sebagai Adsorben Ion Krom (Iii) Dan Timbal (Ii). *Cakra Kimia*, 7(Iii), 189–197.
11. Suhaeri, A., Maryono, & Side, S. (2014). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong Terhadap IonCr 6 + Adsorption Capacity Of Activated Carbon From Cassava Peel Against. *Jurnal Chemica*, 15, 95–104.