

PENGUNAAN KARBON AKTIF KULIT BUAH KELAPA MUDA PADA KOLOM ADSORPSI UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK TAHU

Hastami Murdiningsih^{1,*}, Andi Batari Angka², Umar Katu³, Ayuliksia Maega Patulak⁴, Damayanti⁵

¹ Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

² Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

³ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

^{4,5} Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Liquid waste from tofu industry may cause problem for environment when disposed directly to the environment without being well pre-treated. One of several methods to process this liquid waste is called adsorption using active carbon. The aim of this research is to decrease pollutant parameter in tofu industrial liquid waste by utilizing active carbon from young coconut skin solid waste as adsorbent in batch adsorption. The procedure of this research is divided by several stages, begins with: 1) producing active carbon from young coconut skin through carbonization and activated in reflux with H₃PO₄ 10% solution with reflux time variation (60, 90, 120, 150 and 180 minutes), 2) characterizing active carbon produced based on SNI 06-3730-1995, and 3) effectiveness of carbon active in tofu industrial liquid waste to decrease COD, BOD, TSS and pH contents. The result shows active carbon from young coconut skin solid waste activated in phosphate acid fulfills quality standards of SNI 06-3730-1995 in terms of water content, ash content, volatile matter content and carbon content but they are not fulfilled quality standard in term of the number of iodine being adsorbed. Quality of active carbon obtained on reflux process in H₃PO₄ 10% solution is 120 minutes. The effectiveness of active carbon to decrease COD, BOD, and TSS contents in tofu industrial liquid waste is directly proportional to the mass of carbon active used.

Keywords: *Active carbon, young coconut skin, acid reflux, characterization, liquid waste treatment.*

ABSTRAK

Limbah cair pabrik tahu dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan jika langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Salah satu cara pengolahan limbah cair tersebut adalah dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan umum menurunkan parameter pencemar dalam limbah pabrik tahu memanfaatkan karbon aktif yang dibuat dari kulit buah kelapa muda melalui metode adsorpsi secara batch. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yakni: 1) pembuatan karbon aktif kulit buah kelapa muda melalui proses karbonisasi dan aktivasi secara refluks dalam larutan H₃PO₄ 10% dengan variasi waktu refluks (60, 90, 120, 150 dan 180 menit), 2) karakterisasi karbon aktif kulit buah kelapa muda berdasarkan SNI 06-3730-1995, dan 3) aplikasi karbon aktif kulit buah kelapa muda untuk menentukan kadar COD, BOD, TSS dan pH limbah cair pabrik tahu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas karbon aktif kulit buah kelapa muda hasil proses aktivasi refluks dalam larutan asam fosfat telah memenuhi baku mutu SNI 06-3730-1995 untuk parameter kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan karbon murni. Akan tetapi belum memenuhi baku mutu untuk parameter daya serap iod. Kualitas karbon aktif terbaik diperoleh pada proses refluks dengan waktu 120 menit dalam larutan asam H₃PO₄ 10%. Hasil penelitian tentang aplikasi arang aktif menunjukkan efektivitas penurunan kadar COD, BOD, TSS limbah cair pabrik tahu berbanding lurus dengan massa karbon aktif yang digunakan.

Kata kunci: *karbon aktif, kulit buah kelapa muda, Refluks-asam, karakterisasi, pengolahan limbah cair.*

1. PENDAHULUAN

Industri tahu adalah industri rumah tangga atau sektor industri yang telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia. Keberadaan industri ini secara ekonomi cukup menguntungkan khususnya bagi pengrajin dan pedagang tahu. Namun disamping manfaat tersebut, dalam pembuatan tahu juga menghasilkan limbah baik limbah padat maupun cair yang menimbulkan masalah jika langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair ini diketahui mengandung bahan organik tinggi dan kadar BOD, COD yang cukup tinggi pula, jika langsung dibuang ke badan air akan menurunkan daya dukung lingkungan [1].

Guna mengatasi hal tersebut maka limbah cair hasil pembuatan tahu dapat diolah dengan berbagai macam proses pengolahan fisika, kimia, biologis dan kombinasi keduanya. Pengolahan limbah pada penelitian ini akan dilakukan pada sistem kontinyu dengan media kolom. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan karbon aktif kulit buah kelapa muda. Karbon aktif dipilih sebagai salah satu alternatif

pengolahan limbah karena memiliki sifat kimia dan fisika yang dapat menjerap zat organik maupun anorganik, penyerap bau, dan menghilangkan warna [2]. Karbon aktif yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu karbon yang telah diaktivasi dengan larutan H_3PO_4 10% yang dikombinasikan dengan metode refluks. Metode refluks yaitu ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, selama waktu tertentu dengan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dan adanya pendingin balik [3]. Proses aktivasi yang dikombinasikan dengan metode refluks ini diharapkan dapat memaksimalkan proses ekstraksi terhadap zat pengotor yang terkandung dalam karbon, sehingga dapat menghasilkan karbon aktif yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995 [4].

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah: (1) menentukan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan setelah di aktivasi dengan metode refluks berdasarkan SNI 063730-1995 dengan parameter uji meliputi kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon, dan daya serap terhadap I_2 , (2) menentukan kualitas limbah cair pabrik tahu sebelum dan setelah diolah menggunakan metode batch berbahan karbon aktif kulit buah kelapa muda berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No.5 Tahun 2014 [5] dengan parameter uji BOD,COD, TSS dan pH. Penelitian ini menjadi salah satu upaya dalam pencapaian tujuan Rencana Strategis Politeknik Negeri Ujung Pandang (RENSTRA-PNUP) pada bidang Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (PPM) khususnya mengenai pengolahan limbah.

Limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat, atau senyawa-senyawa organik yang cukup tinggi. Adanya bahan organik yang cukup tinggi menyebabkan mikroba menjadi aktif dan menguraikan bahan organik tersebut secara biologis menjadi senyawa asam-asam organik. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), gas-gas lain, dan air [6].

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk industri tahu batasan setiap parameter yang diijinkan: BOD 150 mg/L, COD 300 mg/L, TSS 200 mg/L, pH 6-9 sebelum dibuang ke badan air atau ke lingkungan.

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon yang konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain, serta pori dibersihkan dari senyawa lain sehingga permukaan dan pusat aktif menjadi luas akibatnya daya adsorpsi terhadap cairan atau gas akan meningkat. Karbon aktif memiliki kandungan air 5-15%, abu 2-35% dan sisanya terdiri atas karbon sekitar 87-97%. Karbon aktif disusun oleh atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal di mana molekulnya berbentuk amorf yaitu merupakan pelat-pelat dasar. Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik yang berasal dari tumbuhan, binatang maupun barang tambang seperti berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu-bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi (Pambayun et al., 2013)[7] dan hasil samping pertanian dimana bahan ini di preparasi dengan cara di karbonisasi dan aktivasi sehingga menghasilkan karbon aktif.

Karbon aktif adalah adsorben yang paling efektif digunakan dalam pengolahan air industri karena itu area permukaan besar yang membuatnya menjadi adsorben kuat. Hal ini biasanya diproduksi dalam bentuk bubuk atau biji-bijian, tergantung pada jenis polutan yang akan diserap (Maguie et al., 2017)[8]. Secara umum, kapasitas adsorpsi karbon aktif yang tinggi tergantung pada karakteristik karbon aktif seperti luas permukaan, volume pori dan distribusi ukuran pori serta adanya gugus fungsi pada permukaan pori. Luas permukaan adalah karakteristik yang signifikan dari karbon yang telah diaktifkan yaitu memiliki kisaran antara 500-1000 m^2/g .

Pembuatan karbon aktif khususnya di Indonesia ada beberapa hal yang dijadikan parameter kelayakan, salah satunya adalah persyaratan karbon aktif teknis SNI 06-3730-1995: arang aktif berbentuk serbuk yang berkualitas baik memiliki kadar zat terbang maksimal 25%, kadar air maksimal 15%, kadar abu maksimal 10%, daya serap terhadap I_2 minimum 750 mg/g, karbon aktif murni minimum 65%. Proses yang berlangsung selama pembuatan karbon aktif pada dasarnya adalah penghilangan air, pemecahan senyawa-senyawa organik dan dekomposisi tar yang sekaligus memperluas pori-pori. Proses pembuatan karbon aktif dapat dibagi dua sebagai berikut: 1). Proses kimia, bahan baku dicampur dengan bahan-bahan kimia tertentu, kemudian dibuat padatan. Selanjutnya padatan tersebut dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktivasi dilakukan pada temperatur 100°C. Karbon aktif yang dihasilkan, dicuci dengan air selanjutnya dikeringkan pada temperatur 100°C. Dengan proses kimia, bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu kemudian dicampur dengan bahan-bahan kimia; 2). Proses fisika, bahan baku terlebih dahulu dibuat menjadi karbon. Selanjutnya karbon tersebut digiling, diayak untuk selanjutnya diaktivasi dengan cara pemanasan pada temperatur 100°C yang disertai pengalir uap. Pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap,

yaitu: a). Dehidrasi, yaitu tahap pengurangan kadar air pada bahan yang akan digunakan dengan menggunakan metode pemanasan hingga suhu 170°C; b). Karbonisasi, yaitu pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon yang dilakukan dengan pembakaran dari material yang mengandung karbon dan dilakukan tanpa adanya kontak langsung dengan udara. Proses karbonisasi juga dikenal dengan pirolisis yang didefinisikan sebagai suatu tahapan dimana material organik awal ditransformasikan menjadi sebuah material yang semulanya berbentuk karbon. Pada prosesnya tidak memungkinkan memperoleh oksigen yang benar-benar bebas dari campuran udara lain, karena sejumlah oksigen terdapat dalam beberapa sistem pirolisis, menyebabkan terjadinya peristiwa oksidasi. Reaksi pirolisis dari selulosa: $(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow 6nC + 5nH_2O$. Tahap karbonisasi merupakan tahap pemecahan karbon. Pada tahap ini terjadi tiga pembentukan menurut suhu pemanasan yaitu pada suhu 170°C menghasilkan CO, CO₂, dan asam asetat, pada suhu 275°C terjadi dekomposisi tar, methanol dan hasil samping lainnya dan pada suhu 400–600°C terjadi pembentukan karbon; c). Aktivasi, adalah suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Aktivasi dapat dilakukan melalui proses secara fisik dengan pemberian uap air atau gas CO₂ dan secara kimia dengan penambahan zat kimia tertentu. Aktivator kimia yang digunakan biasanya berupa asam, basa, ataupun garam.

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (soluble) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapannya. Adsorpsi menggunakan istilah adsorben dan adsorbat, dimana adsorben merupakan suatu penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat merupakan suatu media yang diserap [9]. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah karakteristik adsorben, pengadukan (Asip et al., 2008)[10], pH, waktu kontak, temperatur, konsentrasi adsorbat, dan ukuran molekul adsorbat [11].

2. METODE PENELITIAN

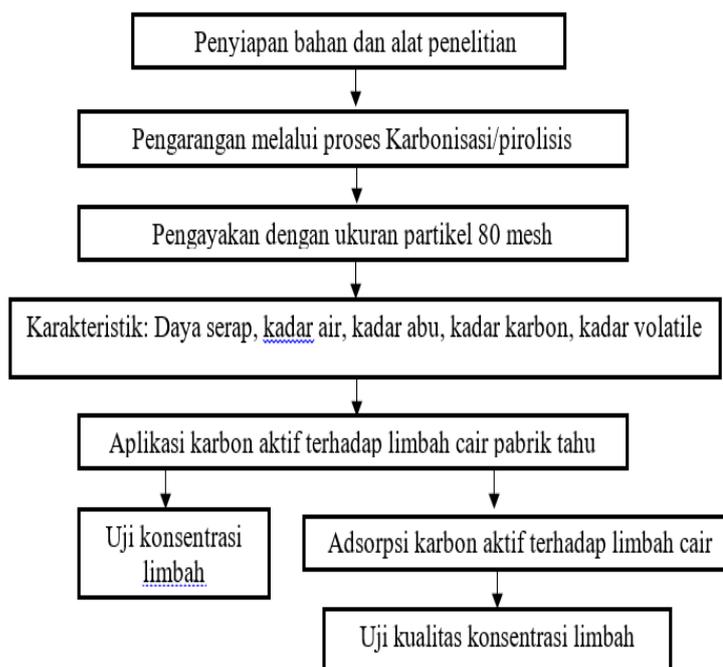
A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) Bahan baku untuk pembuatan karbon aktif: kulit buah kelapa muda, H₃PO₄ 10%, dan aquadest, kertas saring 0,45 µm; (2) bahan untuk karakteristik karbon aktif yang dihasilkan antara lain: I₂, Na₂S₂O₃, amilum 1%, K₂Cr₂O₇, KI, HCl, Aquadest, kertas pH Universal,; (3) bahan untuk analisis kualitas limbah cair: FAS, K₂Cr₂O₇, H₂SO₄, Indikator ferroin, HgSO₄, aquadest, MnSO₄, Alkali Iodida Azida.

Alat yang dibutuhkan: alat pengarangan, ayakan 80 mesh, batang pengaduk, buret, cawan *crucible*, corong pisah, corong kaca, desikator, erlenmeyer, *furnace*, gelas kimia, *hote plate*, labu takar, *magnetic stirrer*, neraca analitik, oven, pipet ukur, pecahan porselin, pompa vakum, rangkaian alat refluks, thermometer.

B. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang digambarkan dalam diagram berikut:



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil karakterisasi arang aktif yang telah diaktivasi dengan variasi waktu refluks disajikan dalam tabel 1. berikut:

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Arang Aktif Kulit Buah Kelapa Muda pada Variasi Waktu Refluks

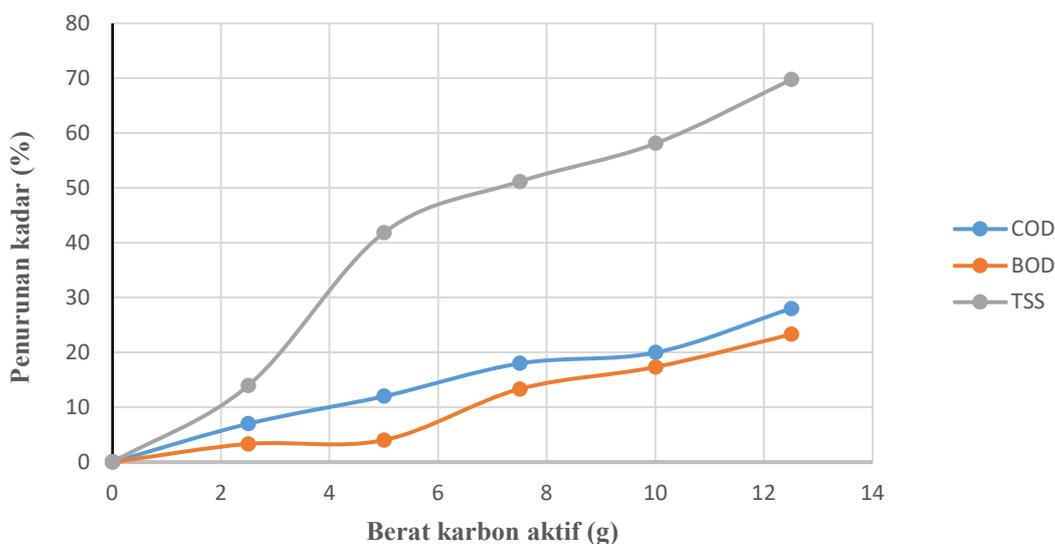
No	Proses Aktivasi	Variasi waktu	Karakterisasi				Daya Serap Iod (mg/g)
			Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Volatil (%)	Kadar Karbon (%)	
1	Refluks dengan larutan H ₃ PO ₄ 10%	60 menit	3,57	1,83	27,45	70,70	233,64
2		90 menit	3,86	2,09	16,60	81,29	248,15
3		120 menit	3,62	1,82	17,13	81,04	242,46
4		150 menit	4,70	1,98	16,36	81,64	248,77
5		180 menit	0,74	1,19	17,64	81,15	248,62

Kualitas karbon aktif terbaik diperoleh pada proses refluks dengan waktu 120 menit dalam larutan asam H₃PO₄ 10%. Penerapan karbon aktif terhadap limbah cair pabrik tahu yaitu variabel tetap karbon aktif kulit buah kelapa muda dengan waktu aktivasi refluks 120 menit. Variabel bebas dari proses pengolahan limbah adalah massa adsorben, dalam hal ini massa adsorben yang digunakan 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5 gram. Pengaplikasian karbon aktif kulit buah kelapa muda dilakukan dengan metode batch dengan volume limbah cair pabrik tahu 150 ml.

Hasil Analisis Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar COD, BOD, TSS, dan pH terhadap limbah cair pabrik tahu disajikan dalam tabel 2 dan grafik berikut.

Tabel 2. Hasil Analisis Penurunan Kadar COD, BOD, TSS, dan pH terhadap limbah cair pabrik tahu

Massa Karbon Aktif (gram)	Kadar COD		Kadar BOD		Kadar TSS		pH
	(mg /L)	Efektivitas penurunan (%)	(mg /L)	Efektivitas penurunan (%)	(mg /L)	Efektivitas penurunan (%)	
0	20000	0	2419	0	172	0	6
2,5	18600	7	2339	3.31	148	13.95	6
5	17600	12	2322	4.01	100	41.86	6
7,5	16400	18	2097	13.31	84	51.16	6
10	16000	20	2000	17.32	72	58.14	6
12,5	14400	28	1855	23.32	52	69.77	6



Gambar 1. Pengaruh berat karbon aktif terhadap % Penurunan Kadar COD, BOD, dan TSS

Tabel 2 dan gambar 1 menunjukkan, bahwa semakin banyak massa karbon aktif yang digunakan semakin meningkat efektivitas penurunan kadar COD, BOD, dan TSS. Semakin banyak massa karbon maka pori-porinya juga semakin banyak sehingga mampu menjerap zat organik yang menyebabkan kadar COD turun. Terjadi juga penjerapan oksigen terlarut dari protein limbah, sehingga mikroorganisme pada saat proses penguraian bahan organik mengalami penurunan BOD. Selain itu juga terjadi penjerapan zat padatan terlarut dalam limbah tahu sehingga terjadi penurunan TSS. pH limbah setelah diadsorpsi relatif tidak mengalami perubahan, hal ini terjadi karena kondisi pH karbon aktif dan limbah netral pada 6 -7.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa: Karbon aktif kulit buah kelapa muda kualitas terbaik didapatkan dengan waktu refluks 120 menit dalam larutan-asam H₃PO₄ 10% dengan kualitas kadar air 3,62%, kadar abu 1,82%, kadar volatil 17,135%, kadar karbon 81% dan daya serap iod 248,62 mg/g berdasarkan perbandingan dengan standar SNI 06-3730-1995. Efektivitas karbon aktif kulit buah kelapa muda berbanding lurus dengan massa karbon aktif yang digunakan dibuktikan dengan semakin banyak massa karbon aktif semakin tinggi efektivitas pengolahan limbah yang dihasilkan, namun pada range variasi massa karbon yang ditentukan kadar COD dan BOD masih di atas ambang batas yang diijinkan. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut, sehingga semua parameter uji kadarnya memenuhi ambang batas sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Direktur, ketua P3M, Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang beserta staf atas dukungannya. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subekti, S., “Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif”, *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1). 2011.
- [2] Utomo, W. P., et al. “Penurunan kadar surfaktan anionik dan fosfat dalam air limbah laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan karbon aktif”, *Akta Kimia Indonesia*, 3(1), 127–140, 2018.
- [3] Susanty, S., & Bachmid, F, “Perbandingan metode ekstraksi maserasi dan refluks terhadap kadar fenolik dari ekstrak tongkol jagung (*Zea mays L.*)”. *Jurnal Konversi*, 5(2), 87–92, 2016.
- [4] SNI, 1995. SNI 06-3730-1995. “Arang Aktif Teknis”, *Badan Standarisasi Nasional*, Jakarta.
- [5] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.
- [6] Raliby, O, et al, “Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif pada industri pengolahan tahu”, *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 7(2), 213–223, 2009.
- [7] Pambayun, G. S., et al., “Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah”. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), F116–F120, 2013.
- [8] Maguie, K. A., et al., “Adsorption Study of the Removal of Copper (II) Ions Using Activated Carbon Based *Canarium Schweinfurthii* Shells Impregnated With $ZnCl_2$ ”. *IRA International Journal of Applied Science*, 8, 18, 2017.
- [9] Miranti, S. T., “Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H_3PO_4 dan KOH ”, *Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia*, 2012
- [10] Asip, F., Mardhiah, R., & Husna, H. “Uji Efektifitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch”, *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 2008.
- [11] Arisna, R., & Titin Anita Zaharah, R., “Adsorpsi Besi Dan Bahan Organik Pada Air Gambut Oleh Karbon Aktif Kulit Durian”. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3), 2016.