

Perbandingan Penggunaan Aktivator NaOH dan KOH pada Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Singkong (*Manihot utilissima*)

Comparison of the Use of NaOH and KOH Activators in the Manufacture of Activated Carbon from Cassava Peel (*Manihot utilissima*)

Mitha Puspitasari*, Wibiana Wulan Nandari, Faizah Hadi

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

Artikel histori :

Diterima 22 Juni 2022
Diterima dalam revisi 8 Juli 2022
Diterima 9 Juli 2022
Online 28 Agustus 2022

ABSTRAK: Singkong (*Manihot utilissima*) merupakan makanan pokok ketiga setelah padi dan jagung bagi masyarakat Indonesia. Kulit singkong merupakan limbah agroindustri pengolahan ketela pohon seperti industri tepung tapioka, industri fermentasi, dan industri pokok makanan. Limbah ini mengandung unsur karbon yang cukup tinggi sebesar 59,31%. Karbon aktif dari kulit singkong berpotensi untuk dibuat karena kandungan karbon dalam kulit singkong yang tinggi. Pembuatan karbon aktif ini dilakukan melalui tahapan penyiapan bahan baku, karbonisasi, aktivasi, penetralan serta analisis kadar air, abu, bilangan iodine dan analisis luas permukaan pori dari karbon aktif. Aktivasi karbon aktif ini menggunakan NaOH dan KOH dengan konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 N. Hasil yang menunjukkan parameter yang mendekati SNI 06-3730-1995 adalah karbon aktif yang menggunakan aktivator NaOH 0,4 N dan KOH pada konsentrasi 0,5 N. Dan penggunaan activating agent NaOH dapat meningkatkan luas permukaan karbon aktif dibanding dengan aktivator KOH.

Kata Kunci: aktivator, NaOH, KOH, karbon aktif, kulit, singkong

ABSTRACT: Cassava (*Manihot utilissima*) is a staple food beside rice and corn for Indonesian people. Cassava peel is a waste of cassava processing agroindustries such as tapioca flour industry, fermentation industry, and staple food industry. This waste contains a fairly high carbon element of 59,31%. Cassava peel has the potential to be used as raw material for activated carbon because of its high carbon content. Activated carbon production involved some steps such as preparing raw materials, carbonization, activation, neutralization, and analysis of water content, ash, iodine number, and analysis of the pore surface area of activated carbon. Activated carbon was activated using NaOH and KOH with concentrations of 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; and 0.5N. The results showed that activated carbon which activated with 0.4N NaOH and 0.5N KOH provided the closest parameter with SNI 06-3730-1995 standard. The use of NaOH activator can increase the surface area of activated carbon compared to KOH activator.

Keywords: activator, NaOH, KOH, activated carbon, peel, cassava,

1. Pendahuluan

Singkong (*Manihot utilissima*) merupakan makanan pokok ketiga setelah padi dan jagung bagi masyarakat Indonesia. Tanaman ini dapat tumbuh sepanjang tahun di daerah tropis dan memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap kondisi berbagai tanah. Bagi masyarakat di daerah Magelang, Jawa Tengah singkong dimanfaatkan untuk pembuatan makanan ringan yaitu gethuk. Limbah utama dari industri makanan tersebut adalah kulit singkong. Kulit singkong memiliki prosentase 15% dari total singkong (Kurniasih, 2002). Selain itu kulit singkong mengandung unsur C sebesar 59,31%, H 9,78%

, O 28,7%, N 2,06 % dan S 0,11 % (Sulaiman dkk.,2019). Sehingga limbah ini memiliki kandungan unsur karbon yang tinggi.



Gambar 1. Limbah Kulit Singkong

* Corresponding author

Email: mitha.puspitasari@upnyk.ac.id

Karbon aktif adalah suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon (Maulinda, 2017). Disamping itu pada tahun 2018 kebutuhan karbon aktif di Indonesia mencapai 11.860,851 ton/tahun (BPS,2020). Karbon aktif banyak digunakan untuk penghilangan logam berat dan pemurnian air dari material organik (Kazemi dkk., 2019). Karbon aktif dipanaskan pada suhu tinggi, sehingga pori-porinya terbuka. Karbon aktif merupakan adsorben yang sangat bagus dan banyak digunakan karena luas permukaan dan volume mikropori sangat besar, dan relatif mudah di regenerasi. Sehingga daya adsorbsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat warna dan bau. Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan SNI 06-3730-1995 seperti pada Table 1 berikut (BSN,1995);

Tabel 1. Standar kualitas karbon aktif

Uraian	Persyaratan kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar air (%)	Maksimal 4,5	Maksimal 15
Kadar abu (%)	Maksimal 2,5	Maksimal 10
Daya serap terhadap iodium	Minimal 750	Minimal 750

Proses aktivasi karbon aktif dapat dilakukan dengan metode fisik dan kimia (Tran dkk.,2018). Pada metode fisik bahan baku di pirolisis menggunakan bantuan steam, CO₂ dan udara atau campuran ketiganya untuk mengoptimalkan proses oksidasi di permukaan karbon (Baek dkk.,2019), Kong dkk.,2017). Sedangkan pada metode kimia proses aktivasi dijalankan dengan mencampurkan bahan baku dengan *activating agents*. *Activating agent* yang dapat digunakan yaitu KOH, K₂CO₃, NaOH, H₂SO₄, ZnCl₂. Setelah proses pencampuran dengan *activating agent*, bahan baku kemudian dikarbonisasi untuk mengembangkan pori-pori karbon aktif yang terbentuk (Singh dkk., 2019). KOH dipakai sebagai *activating agent* karena dapat meningkatkan luas permukaan dan porositas bahan, sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi terhadap gas CO₂ (González-García, 2018). NaOH merupakan larutan basa yang dapat digunakan untuk aktivasi. Penggunaan NaOH 0,1 N memiliki daya serap terhadap sampel sebesar 66,27% (Utomo, 2014).

Dengan pertimbangan tersebut maka kulit singkong digunakan untuk memproduksi karbon aktif. Penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan penggunaan konsentrasi aktivator NaOH dan KOH dengan cara menguji kandungan kadar air, kadar abu, bilangan iodin, luas permukaan dan diameter pori karbon aktif.

2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah kulit singkong, NaOH, KOH, aquadest, iodine dan Natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃). Kulit singkong didapat dari daerah Magelang, Jawa Tengah. Terdapat beberapa alat yang digunakan yaitu oven, furnace dan rangkaian alat aktivasi yang terdiri dari hot plate, magnetic stirrer yang berfungsi untuk mempercepat pengadukan dan reaksi sehingga semua karbon dapat teraktivasi secara sempurna. Karbon aktif

yang terbentuk dianalisis kandungan air, abu, pengujian bilangan iodin dan juga di analisa *Brunauer-Emmett-Teller* (BET) untuk mengetahui luas permukaan (*surface area analysis*).

Pembuatan karbon aktif diawali dengan menguji kadar karbon yang dimiliki bahan baku. Kulit singkong di uji menggunakan metode gravimetri. Hasilnya kandungan karbon dalam kulit singkong dalam sampel sebesar 32,88%. Kemudian menyiapkan kulit singkong yang telah dibersihkan dan memotong menjadi bagian-bagian kecil. Menimbang berat awal kulit singkong, kemudian mengeringkan kulit singkong dibawah matahari. Selanjutnya sampel dioven selama 2 jam dan dijaga pada suhu 150°C. Selanjutnya kulit singkong yang telah dioven kemudian di karbonisasi. Proses karbonisasi dilakukan menggunakan furnace pada suhu 300°C selama 2 jam. Setelah terbentuk karbon kemudian didinginkan dalam desikator. Karbon yang sudah didinginkan kemudian dihaluskan dan disaring menggunakan ayakan ukuran 80 mesh, sehingga didapat karbon dalam bentuk serbuk. Proses selanjutnya adalah proses aktivasi. Langkah pembuatan karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Langkah-langkah percobaan

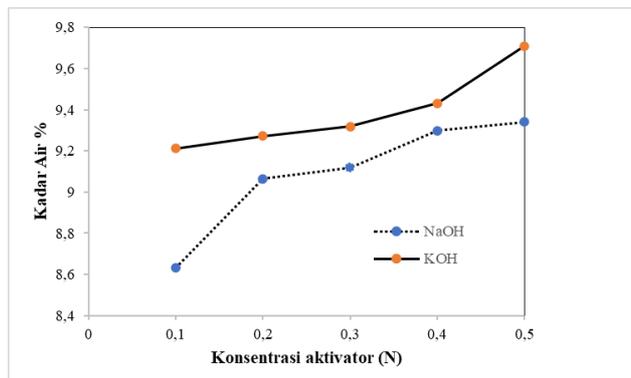
Membuat larutan aktivator KOH dan NaOH dengan konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5N. Menimbang 10 gram karbon lalu merendam karbon tersebut kedalam larutan aktivator dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 jam. Setelah proses aktivasi selesai maka karbon di netralkan dengan cara pencucian dengan aquadest. Karbon aktif dicuci menggunakan aquades sampai pH netral. Selanjutnya karbon aktif dikeringkan di dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya konstan. Dan karbon aktif siap untuk di analisis kandungan abu, air, bilangan iodin dan Brunauer-Emmett-Teller (BET) untuk mengetahui ukuran pori karbon aktif yang dihasilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kandungan Kadar air Karbon Aktif

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam karbon aktif setelah mengalami karbonisasi pada suhu 300°C. Karbon aktif yang berukuran -80+100 mesh diuji kadar airnya. Dari Gambar 3. Menunjukkan kadar air pada karbon aktif meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi zat pengaktif. Hal ini disebabkan karena semakin pekat konsentrasi zat pengaktif maka proses pelarutan tar sisa karbonisasi dan mineral pada permukaan arang akan lebih

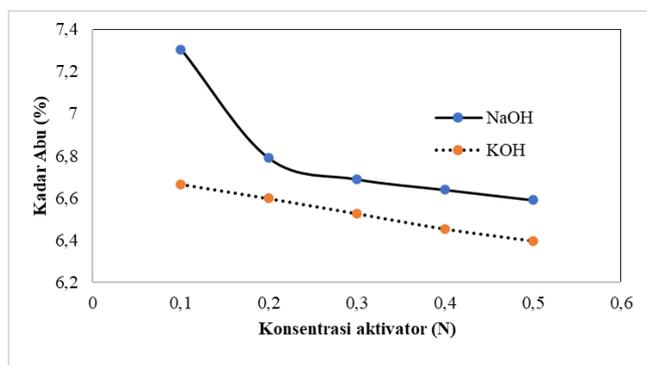
optimal, sehingga pori-pori yang dihasilkan akan semakin terbuka. Pori-pori yang bertambah banyak ini juga meningkatkan sifat karbon aktif untuk menyerap air dari udara (sifat higroskopis) (Subadra dkk., 2005). Dari hasil penelitian, kadar air maksimal terdapat pada konsentrasi KOH 0,5 N yaitu sebesar 9,7%. Sedangkan kadar air minimal terdapat pada karbon aktif dengan konsentrasi KOH 0,1 N yaitu sebesar 9,2%. Sehingga kualitas kadar air terbaik terdapat pada konsentrasi 0,5 N sebesar 9,7%. Karena semakin tinggi kadar air maka daya serap karbon aktif semakin baik. Hal ini menunjukkan kualitas karbon aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini cukup baik. Kadar air yang terkandung sesuai persyaratan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3703-1995 yaitu maksimum 15%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Konsentrasi aktivator (N) vs Kadar air (%)

3.2 Kandungan Kadar abu Karbon Aktif

Kadar abu menunjukkan adanya jumlah bahan dan mineral yang tidak dapat terbakar pada saat proses karbonisasi (Siahaan dkk., 2013). Gambar 4. menunjukkan pengaruh jenis konsentrasi aktivator yang digunakan terhadap nilai presentase kadar abu karbon aktif dari limbah kulit singkong.



Gambar 4. Grafik Hubungan Konsentrasi aktivator (N) vs Kadar abu (%)

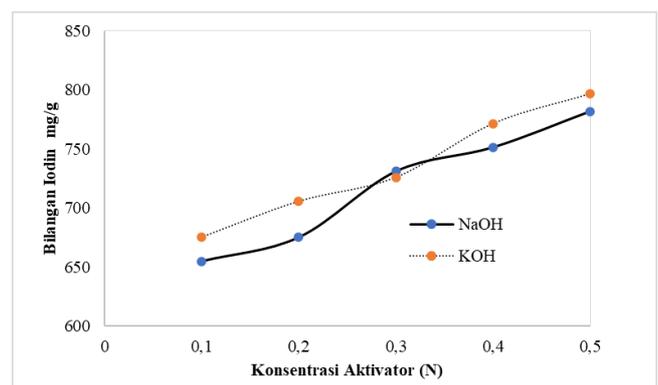
Dari gambar 4 juga menunjukkan kadar abu menurun seiring dengan naiknya konsentrasi zat pengaktif, dimana untuk kadar abu pada aktivator NaOH 0,1 N sebesar

7,3050%, kadar abu pada aktivator NaOH 0,2 N sebesar 6,7891%, kadar abu pada aktivator NaOH 0,3 N sebesar 6,6894%, kadar abu pada aktivator NaOH 0,4 N sebesar 6,6396%, dan kadar abu pada aktivator NaOH 0,5 N sebesar 6,5907%. Kadar abu berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Dimana ketika keberadaan abu berlebihan, dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang dan menyebabkan keefektifan penggunaan karbon aktif juga berkurang (Batu dkk.,2022). Berdasarkan uji kadar abu yang telah dilakukan menghasilkan kadar abu terbaik dihasilkan pada konsentrasi aktivator NaOH 0,5 N yaitu sebesar 6,5907%. Kadar abu karbon aktif pada berbagai variable telah memenuhi standar mutu SNI 06-3730-1995 untuk kadar abu maksimum sebesar 10%. Kadar abu maksimal terdapat pada konsentrasi KOH 0,1 N yaitu sebesar 6.66%. Sedangkan kadar abu minimal terdapat pada karbon aktif dengan konsentrasi KOH 0,5 N yaitu sebesar 6,39%

3.3 Bilangan Iodin Karbon Aktif

Pengujian kualitas daya serap terhadap iodine pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kemampuan mengadsorpsi larutan yang berwarna. Daya serap karbon aktif terhadap iodine adalah jumlah milligram iodine yang teradsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Gambar 5 menunjukkan pengaruh jenis konsentrasi aktivator NaOH yang digunakan terhadap nilai presentase daya serap terhadap iodine pada karbon aktif dari limbah kulit singkong.

Dari Gambar 5 menunjukkan kenaikan konsentrasi aktivator juga meningkatkan daya serap terhadap iodine, dimana untuk nilai daya serap iodine pada konsentrasi aktivator NaOH 0,1 N sebesar 654,8556 mg/g, konsentrasi aktivator NaOH 0,2 N sebesar 675,1612 mg/g, konsentrasi aktivator NaOH 0,3 N sebesar 731,0016 mg/g, konsentrasi aktivator NaOH 0,4 N sebesar 751,3072 mg/g, dan konsentrasi aktivator NaOH 0,5 N sebesar 781,7656 mg/g.



Gambar 5. Grafik Hubungan Konsentrasi aktivator vs Bilangan Iodine

Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya konsentrasi aktivator maka semakin banyak pori yang terbentuk sehingga daya serap karbon aktif juga meningkat (Pambayun dkk., 2013). Berdasarkan hasil analisis daya serap iodine yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa

karbon aktif dengan daya serap iodine terbaik adalah karbon dengan konsentrasi aktivator 0,5 N yaitu sebesar 781,7656 mg/g karbon. Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa daya serap iodin terhadap karbon aktif pada berbagai variabel telah memenuhi SNI 06-3703-1995 yaitu minimal 750 mg/g.

Daya serap iodin karbon aktif meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi aktivator. Daya serap iodin karbon aktif maksimal terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH 0,5 N yaitu sebesar 796,99 mg/g. Sedangkan daya serap iodin minimal terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH 0,1 N yaitu sebesar 675,16 mg/g. Daya serap iodin pada konsentrasi KOH 0,4 N dan 0,5 N yang diperoleh pada penelitian ini sudah memenuhi standar SNI yaitu minimal 750 mg/g.

3.4 Luas Permukaan Karbon Aktif

Luas permukaan karbon aktif merupakan bagian terpenting dalam kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif dengan kualitas tinggi merupakan salah satu adsorben potensial yang digunakan dalam proses adsorpsi. Sebelum dianalisa sampel karbon di degassing terlebih dahulu untuk menghilangkan kontaminasi gas pada mikropori karbon aktif agar menghasilkan hasil analisis yang lebih akurat (Mutiara dkk., 2016).

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian BET dari luas permukaan pori-pori karbon aktif. Pengujian dilakukan pada suhu 300°C selama 2 jam dengan ukuran karbon aktif -80+100 mesh dengan konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5N didapatkan *surface area* dengan menggunakan Uji BET yaitu sebesar 109,075 m²/gram; 104,926 m²/gram; 98,331 m²/gram; 95,7983 m²/gram; 76,210 m²/g. Di mana *surface area* tertinggi pada aktivator NaOH 0,4N yaitu sebesar 117,185 m²/gram dan terendah pada konsentrasi aktivator 0,5N yaitu sebesar 76,210 m²/gram. Zat pengaktif (aktivator) berfungsi sebagai agen pelarut mineral organik (*volatile matter*) dan tar sisa pembakaran arang yang menutupi pori-pori arang, sehingga semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif maka semakin banyak pula mineral organik dan tar yang melarut, hal ini menyebabkan terbukanya pori-pori arang (memperluas permukaan karbon aktif). *Volatile matter* merupakan pengotor dalam karbon aktif sehingga perlu dihilangkan. Banyaknya *volatile matter* ini disebabkan karena berbagai hal, salah satunya yaitu suhu dan waktu karbon yang tidak optimum pada proses karbonasi. Suhu dan waktu yang optimum pada karbonasi yaitu 600°C dan 2 jam dengan metode pirolisis, tetapi pada penelitian ini proses karbonasi dilakukan pada suhu 300°C dan waktu 2 jam. Hal ini dikarenakan karakteristik sampel kulit singkong yang digunakan akan cepat rusak ketika dijalankan pada suhu diatas 300°C.

Luas permukaan karbon aktif terbesar terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH 0,1 N yaitu sebesar 165.362 m²/g. Sedangkan luas permukaan terkecil terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH 0,5 N yaitu sebesar 74,5 m²/g. Hal ini terjadi karena terdapat banyak *volatile matter* pada karbon aktif. Banyaknya *volatile matter* ini disebabkan karena

berbagai hal, salah satunya yaitu suhu dan waktu yang tidak optimum pada proses karbonasi.

3.5 Diameter Pori Karbon Aktif

Tabel 2 menunjukkan ukuran diameter pori berdasarkan beberapa konsentrasi *activating agent* yang dipakai. Permukaan pori yang luas membuat karbon aktif memiliki daya serap yang besar. Karbon aktif dengan kemampuan menyerap Iod tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro dan pori yang lebih besar (Afidah, 2010). Karbon aktif digolongkan menjadi ukuran mikropori, mesopori, dan makropori dalam strukturnya.

Tabel 2. Diameter Pori

Konsentrasi (N)	NaOH		KOH	
	Surface area (m ² /gram)	Diameter pori (Å)	Surface area (m ² /gram)	Diameter pori (Å)
0,1	109,075	2590,1	200,90	2463,9
0,2	104,926	2368,6	129,60	2576,1
0,3	98,331	2355,2	39,43	2023,5
0,4	117,185	3857,3	139,50	2044,2
0,5	76,21	2891,8	74,51	2891,8

Ukuran ini memiliki peran penting dalam menentukan kinerja karbon aktif sebagai adsorben (Yahya, 2018). Pada karbon aktif dari kulit singkong dengan aktivator NaOH ini termasuk kedalam kategori makropori karena diameter yang dihasilkan lebih besar dari 250 Å yaitu diameter terbesar pada NaOH dengan konsentrasi 0,4 N sebesar 3857,3 Å sementara diameter terkecil pada NaOH dengan konsentrasi 0,3 N sebesar 2355,2 Å.

4. Kesimpulan

Karbon aktif terbaik adalah karbon aktif yang diaktivasi menggunakan NaOH 0,4 N dan KOH pada konsentrasi 0,5 N. Penggunaan aktivator NaOH 0,4 N pada karbon aktif memiliki kandungan air 9,2988 %; kadar abu 6,6396 %; Bilangan Iodin 751,3072 mg/g; luas permukaan 117,185 m²/g; diameter pori 3857,3 Å. Sedangkan penggunaan aktivator KOH 0,5N memiliki kandungan air 9,7%; kadar abu 6,3 %; Bilangan Iodin 796,99 mg/g; luas permukaan 74,51 m²/g; diameter pori 2891,8 Å. Penggunaan aktivator NaOH dapat meningkatkan luas permukaan karbon aktif dibanding dengan penggunaan aktivator KOH. Serta karbon aktif yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu SNI 06-3730-1995.

Ucapan Terima kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UPN "Veteran" Yogyakarta atas dukungan dana untuk penelitian ini dengan Nomor B/41/UN.62/PT/IV/2021. Serta mahasiswa yang telah membantu dalam kelancaran pengambilan data di laboratorium terutama kepada Primmada Sutha, Zahra Amanda Prasanti, Ahyano Bintang Saputra dan Felia Seila Nazira.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik, "Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan IV-2019," Www.Bps.Go.Id, 2020.
- Badan Standardisasi Nasional, **1995**, Standar Nasional Indonesia Arang Aktif Teknis. SNI 06-3730-1995. ICS 75.160.10. Jakarta.
- Baek, J., Lee, H.-M., Roh, J.-S., Lee, H.-S., Kang, H.S., Kim, B.-J., **2016**, Studies on preparation and applications of polymeric precursor-based activated hard carbons: I. Activation mechanism and microstructure analyses, *Microporous Mesoporous Mater*, Vol. 219, January:258–264.
- Batu, M.S., Naes,E., Kolo, M. M., 2022, Pembuatan karbon aktif dari limbah sabut pinang asal pulau timor sebagai biosorben logam ca dan mg dalam air tanah, *Jurnal Integritas Proses*, Vol.11, No.1, 21-25.
- González-García, P., **2018**, Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications, *Renew. Sustain. Energy Rev.* Vol. 81, 1393–1414.
- Kazemi, F., Younesi, H., Ghoreyshi, A.A., Bahramifar, N., Heidari, A., **2016**, Thiol-incorporated activated carbon derived from fir woodsawdust as an efficient adsorbent for the removal of mercury ion: Batch and fixed-bed column studies, *Process Saf. Environ. Prot. Met.* Vol. 100, 22–35.
- Kong, L., Su, M., Peng, Y., Hou, L.a., Liu, J., Li, H., Diao, Z., Shih, K., Xiong, Y., Chen, D., **2017**, Producing sawdust derived activated carbon by co-calcinations with limestone for enhanced Acid Orange II adsorption, *J Clean Prod*, Vol. 168, December: 22–29
- Kurniasih, T. N., **2002**, Pembuatan Asam Oksalat dari Kulit Ubi Kayu Varietas Randu dengan Larutan NaOH, *Laporan Penelitian Universitas Muhammadiyah Surakarta*, Surakarta.
- Maulinda, L., Z. A. Nasrul, and Sari,D. N., **2015**, Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 4.2: 11-19.
- Mutiara, T.; Fajri, R.; Nurjannah, I., **2016**, Karakterisasi karbon aktif dari serbuk kayu nangka limbah industri penggergajian dan evaluasi kapasitas penyerapan dengan *methylene blue number*, *Teknoin*, Vol. 22, No. 6, Desember: 452–460.
- Pambayun, G.S., Yulianto, R.M.E, Rachimoellah.M., Putri, E.M.M, 2013, 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 POMITS*, Vol.2, No.1, F116-F120.
- Siahaan, S.; Hutapea, M.; Hasibuan, R., **2013**, Penentuan kondisi optimum suhu dan waktu karbonisasi pada pembuatan arang dari sekam padi, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 2 No.1, 26–30.
- Singh, J., Bhunia, H., Basu, S., **2019**, Adsorption of CO₂ on KOH activated carbon adsorbents: Effect of different mass ratios, *Journal of Environmental Management*, Vol. 250, November:109457
- Sulaiman, F., Septiani, M., Aliyasih, S., and Huda, N., **2019**, Effectiveness of a cassava peel adsorbent on the absorption of copper (Cu²⁺) and zinc (Zn²⁺) metal ions, *International Journal of Advance Science Engineering*, Vol. 9 No. 4, 1296–1301.
- Subadra, I. Setiaji, B. dan Tahir, I., **2005**, Activated Carbon Production From Coconut Shell With (Nh₄)Hco₃ Activator As An Adsorbent In Virgin Coconut Oil Purification, *Prosiding Seminar Nasional Dies ke 50 FMIPA UGM*, hlm.1-8.
- Tran, H.N., Chao, H.-P., You, S.-J., **2018**, Activated carbons from golden shower upon different chemical activation methods: Synthesis and characterizations, *Adsorpt. Sci.Technol*, Vol. 36 Issue 1-2, Januari: 95–113.
- Utomo, S., **2014**, Pengaruh waktu aktivasi dan ukuran partikel terhadap daya serap karbon aktif dari kulit singkong dengan aktivator NaOH, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, ISSN 2407- 1846, hlm. 1-4.
- Yahya, M.A., **2018**, A brief review on activated carbon derived from agriculture by-product, *AIP. Conf. Proc.* hlm. 1 – 8