



PENGUNAAN LIMBAH KULIT SINGKONG PADA FILTER AIR SEDERHANA SKALA RUMAH TANGGA

Ihat Solihat^{1*}
Agustina Dyah Setyowati^{2*}

¹Dosen Universitas Pamulang, Program Studi Teknik Mesin

² Dosen Universitas Pamulang, Program Studi Teknik Kimia

*email: dosen00990@unpam.ac.id
dosen00991@unpam.ac.id

Received : 30 Desember 2020; Accepted : 18 Januari 2021; Publish : Januari 2021

ABSTRAK

Singkong (*Manihot utilissima*) merupakan makanan pokok bagi masyarakat Indonesia setelah padi dan jagung. Singkong merupakan hasil alam (produk) yang melimpah di Indonesia, khususnya daerah Tawa Tengah dan Jawa Barat. Karbon aktif adalah bahan berpori yang berasal dari bahan karbon dengan cara pembakaran atau dekomposisi termal. Karbon aktif banyak dimanfaatkan pemurnian air, obat, pengolahan limbah dan sebagai filter dalam udara terkompresi (Lam et al., 2017). Tujuan penelitian ini yaitu kualitas arang aktif dari kulit singkong daya serap karbon aktif dari kulit singkong sebagai filter air terutama untuk penghilangan logam Cu (II) dengan variasi aktivator serta waktu lama pengontakan paling optimum dengan penggunaan karbon aktif pada filter air sederhana skala rumahan. Hasil penelitian yaitu kualitas arang aktif dari limbah kulit singkong yang meliputi kualitas rendemen, kadar air, kadar abu dan daya serap terhadap iodium telah memenuhi Standar Mutu Arang Aktif SNI No.06-3730-1995. semakin tinggi konsentrasi maka semakin besar penyerapan arang aktif pada logam logam Cu (II), dan dari data variasi activator yang paling optimal adalah arang aktif dengan activator KOH 0,3m. Hasil pengotakan arang aktif tersebut dalam waktu 5 jam dengan hasil rata-rata didapatkan hasil 0.1898 mg per liter memenuhi standar air bersih yaitu sesuai perda jatim th 2008 menyebutkan bahwa kandungan Cu pada air pada ambang batas 0,2 mg per liter.

Kata Kunci: *Singkong, Karbon Aktif dan Filter Air*

ABSTRACT

Cassava (Manihot utilissima) is a staple food for Indonesians after rice and corn. Cassava is a natural product (product) which is abundant in Indonesia, especially in the areas of Central Tawa and West Java. Activated carbon is a porous material derived from carbon material by combustion or thermal decomposition. Activated carbon is widely used for water purification, medicine, waste treatment and as a filter in compressed air (Lam et al., 2017). The purpose of this research is the quality of activated charcoal from cassava peel absorption capacity of activated carbon from cassava peels as a water filter, especially for removal of Cu (II) metal with a variety of activators and the optimum duration of contact with the use of activated carbon in a simple home scale water filter. The results showed that the quality of activated charcoal from coffee grounds which includes the quality of yield, moisture content, ash content and absorption of iodine has met SNI No.06-3730- 1995 Activated Charcoal Quality Standards. The higher the concentration, the greater the absorption of activated charcoal on Cu (II) metal, and from the variation data the most optimal activator is activated charcoal with a KOH activator of 0.3 m. The results of boxing the activated charcoal within 5 hours with an average yield of 0.1898 mg per liter meet the clean water standards, namely according to the 2008 East Java Regional Regulation which states that the Cu content in water is at a threshold of 0.2 mg per liter.

Keywords: *Cassava, Activated Carbon and Water Filters*



PENDAHULUAN

Singkong (*Manihot utilisima*) merupakan makanan pokok bagi masyarakat Indonesia setelah padi dan jagung. Singkong merupakan hasil alam (produk) yang melimpah di Indonesia, khususnya daerah Tawa Tengah dan Jawa Barat. Berdasarkan data statistik Indonesia, produksi singkong di Indonesia mencapai 23,824,000 ton dan provinsi Jawa Barat mencapai 3,600,000 ton. Sekitar 16% dari berat singkongnya merupakan limbah kulit dan serat. Kulit singkong merupakan limbah agroindustri pengolahan ketela pohon seperti industri tepung tapioka, industri fermentasi, dan industri pokok makanan. Limbah ini mengandung hampir 70% air dan 30% berat kering. Dalam berat fraksi kering ini terdapat 30% protein, 10% serat, 11%

lignin, 14% selulosa, dan 27% hemiselulosa. (Ratnadewi, A. A. I., *et al.*2015). Selain itu juga limbah kulit singkong mengandung unsur karbon yang cukup tinggi sebesar 59,31% (Suherman, I Melati, 2009).

Karbon aktif adalah bahan berpori yang berasal dari bahan karbon dengan cara pembakaran atau dekomposisi termal. Karbon aktif banyak dimanfaatkan untuk pengaplikasian seperti pemurnian gas, dekafeinasi, pemurnian emas, ekstraksi logam, pemurnian air, obat, pengolahan limbah dan sebagai filter dalam udara terkompresi (Lam et

al.,2017). Aktivasi merupakan perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperluas pori salah satunya dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang aktif mengalami perubahan sifat, baik kimia maupun fisika, yaitu memperbesar luas permukaan dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, 2003).

Ada dua proses aktivasi karbon yang dapat diaplikasikan yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisik. Aktivasi kimia dikenal sebagai metode langkah tunggal mempersiapkan karbon aktif dengan bahan kimia. Aktivasi fisik melibatkan CO₂ atau uap. Hasil karbon aktivasi kimia lebih tinggi dari pada aktivasi fisik (Ndlovu et al.,2013).

Polusi air yang disebabkan oleh Cu (II) telah menjadi serius di seluruh dunia, masalah lingkungan dengan meningkatnya penggunaan Cu (II) dalam tembaga elektroplating, tekstil, cat, finishing logam, dan manufaktur industri kimia (L. Yang et al.,2016). Dan konsumsi Cu berlebihan (II) dapat menyebabkan nyeri epigastrium, mual, muntah, diare, dan bahkan kematian untuk manusia (R.A.K. Rao, S et al.,2011). Saat ini, banyak metode telah digunakan untuk menghilangkan Cu (II) dari air limbah, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, proses pemisahan elektrokimia, filtrasi membran, dan adsorpsi teknik tion. Di antara



metode ini, teknik adsorpsi adalah satu metode yang paling disukai karena pengoperasian yang mudah, efisiensi tinggi, dan efektivitas biaya (Y. Niu, R et Al., 2013).

Penelitian dengan bahan dasar limbah untuk pemanfaatannya bertujuan mengetahui kemampuan penyerapan karbon aktif dari kulit singkong pada penggunaan filter air skala rumah tangga, untuk mengetahui hal-hal dari proses penyerapan seperti lama waktu karbonasi, lama waktu pengontakan, dan untuk mengetahui suhu karbonasi (400⁰C, 600⁰C, 800⁰C) dan jenis aktivator yang paling baik menyerap logam terutama Cu (II). Jenis aktivator yang digunakan: KOH, NaOH, Ca(OH)₂. Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, diantaranya limbah kulit singkong digunakan sebagai karbon aktif yang dapat dijadikan sebagai pendapatan tambahan atau sesuatu yang bernilai jual tinggi bagi pengusaha kecil dan menengah sekaligus juga memperkecil adanya limbah industri rumah tangga. Selain itu karbon aktif dari limbah kulit singkong juga dapat dijadikan sebagai bahan penyaringan atau penjernih air yang ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Beberapa bahan yang digunakan antara lain kulit singkong 500 gram, KOH 0,3N, NaOH

0,3N, Ca(OH) 0.3N, HCL dengan konsentrasi 0,1N, aquadest, sample (air danau, air sumur, dan limbah rumah tangga) kertas saring, serta alumunium foil.

1) Data penelitian

Data yang penulis gunakan adalah data yang dihasilkan dari penelitian ini dengan variasi zat aktivasi dan lama waktu karbonasi.

2) Sifat Penelitian

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental dan deskriptif kuantitatif, yaitu menjelaskan dengan melakukan penelitian yang kemudian membahas permasalahan dan hasil analisa data.

B. Preparasi bahan dan pembuatan karbon aktif

1. Preperasi Bahan

Kulit singkong didapatkan dari kabupaten Serang. Kulit singkong dibersihkan dan dicuci dari kotoran yang menempel. Kemudian kulit singkong dipotong menjadi bentuk korek api dengan ukuran panjang 3 cm. Kulit singkong tersebut dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100⁰C selama 4 jam.

Membagi sample preparasi menjadi 9 sampel, variasi activator dan variasi suhu karbonasinya. Masing-masing sample berisi 100 gram.



2. Pembuatan Karbon Aktif

- a. Tahap aktivasi dilakukan secara kimia dengan menggunakan tiga jenis larutan sebagai aktivator, yaitu larutan KOH 0.3 N, NaOH 0.3 N, Ca(OH)₂ dan 0.3 N. Proses ini dilakukan dengan merendam kulit singkong kedalam larutan selama 24 jam (Ariyanti Putri, et al, 2017).
- b. Kulit singkong dikeringkan kembali dengan cara dioven pada suhu 120⁰C selama 5 jam, kemudian proses karbonisasi dengan cara kulit singkong dibakar menggunakan *furnace* pada masing-masing suhu 400⁰C, 600⁰C, dan 800⁰C selama 4 jam hingga menjadi arang.
- c. Kulit singkong yang sudah dikarbonisasi kemudian dibuat netral dengan menggunakan larutan HCl 0.1 N. Kemudian karbon aktif kulit singkong disiram dengan aquadest panas dan dingin secara bergantian hingga pHnya netral. Selanjutnya karbon aktif dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 100⁰C. Setelah itu dihaluskan menggunakan mortal dan alu yang kemudian diayak untuk mendapatkan serbuk arang aktif.

C. Pengujian karbon aktif

Beberapa pengujian yang dilakukan dalam pembuatan karbon aktif, meliputi uji

kadar air, uji kadar abu, dan uji daya serap terhadap iodium. Prosedur penetapan kadar air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif

1. Kadar air

Kadar air ditentukan dengan cara pengeringan. Sebanyak 2 gram karbon aktif diletakkan di dalam cawan aluminium yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰C hingga bobot konstan. Selanjutnya didinginkan di dalam desikator selama 15 menit kemudian ditimbang beratnya. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\% \text{kadar air} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Dengan : a = massa awal karbon aktif (g)

b = massa akhir karbon aktif

(g)

2. Kadar Abu

Untuk uji kadar abu, sebanyak 2 gram arang aktif dimasukkan dalam cawan yang telah diketahui bobotnya, kemudian di *furnace* pada suhu 400⁰C hingga seluruh sampel menjadi abu, kemudian didinginkan hingga suhu konstan kemudian ditimbang. Kadar abu karbon dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{kadar abu} = \frac{b}{a} \times 100\%$$

Dengan: a = massa awal karbon aktif (g)



b = massa akhir karbon aktif (g)

3. Daya serap terhadap iod

Daya serap iodium diuji dengan menimbang karbon aktif 5 gram dicampurkan dengan 100 ml larutan Iodium 0,1 N. Kocok selama 15 menit, selanjutnya memindahkan ke dalam tabung sentrifugal sampai karbon aktif turun, kemudian mengambil 10 ml cairan itu dan titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Jika warna kuning pada larutan mulai samar, tambahkan larutan amilum 1 % sebagai indikator. Titrasi kembali warna biru tua hingga menjadi warna bening. Rumus perhitungan daya serap Iodium yaitu sebagai berikut:

Dengan : A = Volume larutan iodin (mL)

B = Volume $Na_2S_2O_3$ yang terpakai (mL)

fp = faktor pengenceran

α = bobot karbon aktif (g)

$N(Na_2S_2O_3)$ = kosentrasi $Na_2S_2O_3$ (N)

N (iodin) = kosentrasi iodin

(N) 126,93 = jumlah iodin

sesuai 1 mL larutan $Na_2S_2O_3$

D. Metode pengumpulan data: (pengontakan karbon aktif dengan sample)

Karbon aktif yang sudah kering dikontakan dengan sample air danau, air sumur dan air limbah rumah tangga selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* (Ariyanti Putri, et al, 2017). Pada saat pengontakan sample dibagi menjadi beberapa sample tergantung dari variasi suhu karbonasi dan activator karbon aktif. Masing-masing ditimbang masing-masing 100 gram.

E. Metode analisis data: analisa daya serap sample

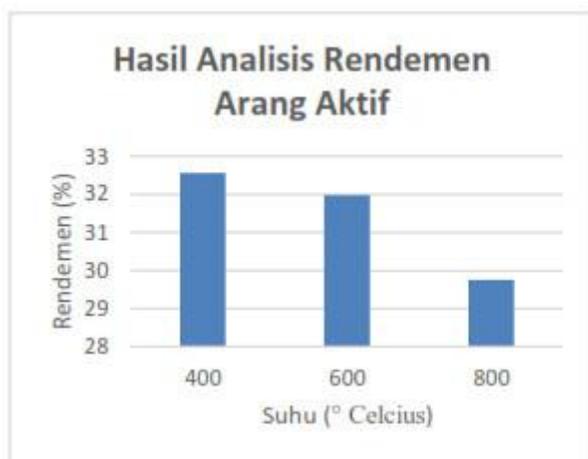
1. Sampel dibagi menjadi beberapa dengan variasi suhu maupun activator yang telah dikontakan dengan karbon aktif kemudian disaring
2. Kemudian diamati dan diuji kandungan Cu(II) dengan menggunakan alat Uv-vis. Kegiatan ini dilakukan oleh peneliti pertama dibantu oleh peneliti kedua berdasarkan referensi yang kemudian dicatat hasilnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen karbon aktif yang bernilai rendah dikarenakan jumlah udara saat karbonisasi, ukuran bahan baku karbon aktif dan suhu akhir karbonisasi. Ukuran bahan baku karbon aktif yang terlalu kecil terdapat kemungkinan akan kehilangan arang dalam jumlah yang relatif banyak karena banyak



menghasilkan abu, begitu juga ukuran bahan baku yang terlalu besar juga akan kurang menguntungkan karena menyebabkan tidak meratanya pengarangan sehingga semua bahan tidak terkarbonisasi secara sempurna. Suhu akhir hasil karbonisasi mempengaruhi jumlah rendemen yang kecil maupun besar karena dihasilkan dalam jumlah yang banyak. Rendemen arang aktif setelah karbonasi terbesar pada suhu 400°C yaitu sebesar 32,56%. Hal ini dapat disebabkan pada suhu 400°C belum banyak kandungan air dan zat organik yang teruapkan. Semakin tinggi suhu semakin banyak pula air dan zat organik yang menguap sehingga mengakibatkan berkurangnya rendemen arang aktif. Jumlah minimum maupun maksimum untuk rendemen setelah melalui proses karbonisasi tidak ditentukan dalam SNI. Berikut hasil grafik rendemen arang aktif.



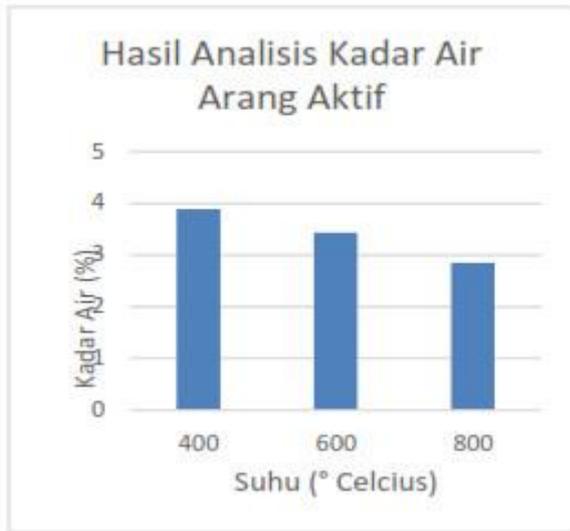
Gambar 1. Hasil Analisis Rendemen Arang Aktif

Kadar air diuji bertujuan untuk mengetahui sifat arang aktif terutama sifat higroskopis. Kadar air yang dihasilkan dari

penelitian relatif kecil. Hal ini terlihat bahwa kandungan air terikat bahan baku yang dikarbonisasi lebih dahulu keluar sebelum diaktivasi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Akibat Kadar air yang tinggi dapat membuat kualitas arang aktif menurun karena dapat mengurangi daya serap terhadap gas atau cairan. Hambatan molekul-molekul lain untuk masuk semakin besar melalui semakin besarnya molekul air di dalam karbon yang teraktivasi (Sutawati dalam Sari, 2007). Struktur arang aktif yang tersusun dari 6 atom C pada setiap sudut heksagonal akan mengikat air, dengan pemanasan pada suhu tinggi akan menyebabkan air menguap sehingga kadar airnya rendah. Sehingga molekul air yang hilang pada karbon aktif menyebabkan pori-pori pada karbon aktif semakin besar. Semakin besar pori-pori maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah. Bertambahnya luas permukaan ini mengakibatkan semakin meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif maka semakin baik kualitas dari karbon aktif tersebut. Dari hasil penelitian kadar air pada karbon aktif yang dihasilkan relatif kecil, yaitu 3,89%, 3,43 %, dan 2,85%. Kadar air yang terkandung dalam karbon aktif pada pemanasan baik pada suhu 400°C, 600°C dan 800°C memenuhi standar kualitas arang aktif berdasarkan SNI 06- 3730-1995 yaitu maksimum 15%. Berikut grafik hasil analisis

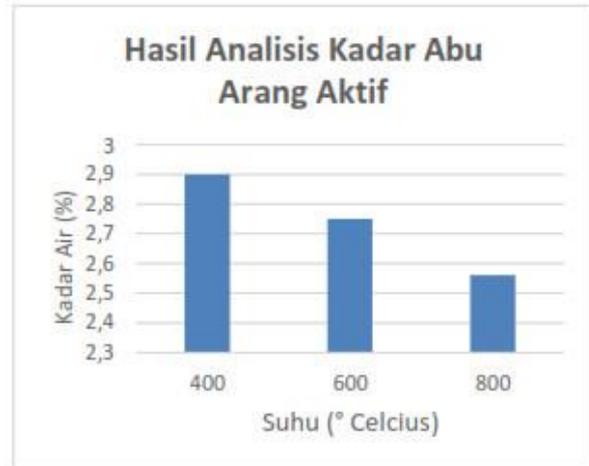


kadar air.



Gambar 2. Hasil Analisis Kadar Air Arang Aktif

Kadar abu yang dihasilkan akan mempengaruhi mutu karbon aktif sebagai adsorben. Kadar abu diuji dengan memanaskan arang aktif dalam *furnace* dengan berbagai variasi suhu selama 3 jam. Kemudian akan di peroleh abu berupa oksida-oksida logam yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan. Penetapan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam yang terdapat dalam karbon aktif. Berikut adalah grafik hasil analisis kadar abu arang aktif yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis Kadar Abu Arang Aktif

Penetapan kadar abu arang aktif bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kandungan mineral yang terdapat dalam karbon aktif. Karbon aktif merupakan lapisan-lapisan bertumpuk satu sama lain yang membentuk pori. Pada pori-pori karbon aktif biasanya terdapat pengotor yang berupa mineral anorganik dan oksida logam yang menutupi pori. Selama proses aktivasi menggunakan HCl, pengotor tersebut ikut menguap sehingga menyebabkan pori-pori semakin besar. Hal ini mengakibatkan semakin luas permukaan dari karbon aktif, semakin baik mutu dari karbon aktif sebagai adsorben. Kadar abu yang tinggi dapat menurunkan kualitas arang aktif karena semakin tinggi kadar abu maka semakin banyak pula kandungan bahan anorganik yang terdapat dalam bahan tinggi (Pujiartidan Gentur, 2005). Dari hasil penelitian kadar abu pada karbon aktif yang dihasilkan relatif kecil, yaitu 2,90%, 2,75%, dan Gentur, 2005). Dari hasil penelitian kadar abu pada karbon aktif



yang dihasilkan relatif kecil, yaitu 2,90%, 2,75%,

Uji daya serap iod merupakan parameter untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil dan zat dalam fasa cair. Penambahan larutan iod berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh karbon aktif sebagai adsorbennya.

Terserapnya larutan iod ditunjukkan dengan adanya pengurangan konsentrasi larutan iod. Pengukuran konsentrasi iod sisa dapat dilakukan dengan menitrasi larutan iod dengan natrium thiosulfat 0,1 N dan indikator yang digunakan yaitu amilum. Semakin tinggi angka iod maka semakin baik arang aktif dalam menyerap molekul yang kecil atau zat dalam fasa cair (Cheremissinoff, 1987). Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iod mempunyai korelasi dengan luas permukaan karbon aktif. Kereaktifan karbon aktif dapat dilihat dari kemampuannya mengadsorpsi substrat. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod. Semakin besar nilai angka iod maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben. Dari penelitian, hasil analisis daya serap iod untuk suhu 400°C, 600°C dan 800°C memenuhi standar kualitas arang aktif berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 yaitu sebesar 750,75 mg/L, 760,20 mg/L dan 787,24 mg/L. Daya serap karbon aktif dari kulit singkong yang paling baik sebagai filter air terutama untuk penghilangan logam Cu (II) dengan variasi aktivator. dan 2,56%. Kadar abu yang terkandung dalam karbon aktif pada pemanasan baik pada suhu 400°C, 600°C dan

800°C memenuhi standar kualitas arang aktif berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 yaitu maksimum 10%.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Kualitas arang aktif dari ampas kopi yang meliputi kualitas rendemen, kadar air, kadar abu dan daya serap terhadap iodium telah memenuhi Standar Mutu Arang Aktif SNI No.06-3730-1995.
2. Hasil analisis menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin besar penyerapan arang aktif pada logam-logam Cu (II), dan dari data variasi aktivator yang paling optimal adalah arang aktif dengan aktivator KOH 0,3 M
3. Dari hasil penelitian didapatkan hasil pengotakan arang aktif tersebut dalam waktu 5 jam dengan hasil rata-rata didapatkan hasil 0.1898 mg per liter memenuhi standar air bersih yaitu sesuai perda jatim th 2008 menyebutkan bahwa kandungan Cu pada air pada ambang batas 0,2 mg per liter

B. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan saran-saran sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui manfaat penggunaan arang aktif dari kulit singkong dalam pengolahan limbah terhadap parameter pengujian yang lain. Misalnya penggunaan arang aktif pada penyaringan dan pengolahan air limbah



industri penggunaan arang aktif dari kulit singkong untuk pengujian kadar TSS atau TDS.

2. Dapat dilakukan sosialisasi kepada masyarakat bahwa arang aktif dari kulit singkong dapat dimanfaatkan untuk penyaringan air maupun dapat pula menurunkan kadar COD dan BOD pada air limbah sehingga dapat menghasilkan air limbah yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- A.R, Ariyana Putri., R.P, Eka., dan R. Fathoni. "Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dengan Variasi Konsentrasi NaOH dan Suhu", *Konversi*, Vol. 6, No.1. 2017.
- Anazawa, K., Kaida, Y., Shinomura, Y. Tomiyasu,T., and Sakamoto, H. 2004. Heavy-Metal Distribution in River Waters and Sediments Around a "Firefly Village", Shihoku, Japan: Application of Multivariate Analysis. *Analytical Sciences*, Januari Vol. 20: 79-84.
- Lam, S.S., *et al.* "Microwave-assisted pyrolysis with chemical, an innovative method to convert orange peel into activated carbon with improve properties as dye adsorbent", *Clean.Prod*, Vol.162:1376-1387. 2017.
- Landiana, E. L. dan Arkilaus, S. "Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif". *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, Vol. 1:32-36. 2016.
- Leni, M. Nasrul, ZA2. Dara, N. "Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif". *Jurnal Teknik Kimia Unimal*, Vol. 4. No.2. Halaman 11-19
- Lilik,H. Eny,Y. Rif'atul, M. 2014."Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl Dari Ampas Tahu". *Alchemy*, Vol. 3:145 - 153 . 2015.
- Permatasari, Anugrah Rizqi., Khasanah, Umi Lia dan Widowati, Esti. "Karakteristik Karbon Aktif Kulit singkong (Manihot utilissima) Dengan Variasi Jenis Aktivator", *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. 7:2. 2014.
- Ratnadewi, A. A. I., et al. "Application of Cassava Peel and Waste as Raw Materials for Xylooligosaccharide Production using Endoxylanase from Bacillus subtilis of Soil Termite Abdomen", *Procedia Chemistry*, Vol.18:31-38. 2015
- R.A.K. Rao, S. Ikram. "Sorption studies of Cu(II) on gooseberry fruit (*emblica officinalis*) and its removal from electroplating wastewater", *Desalination*. Vol. 277: 390–398. 2011.
- Suherman, I., Melati. Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong, UKM Tapioka Kabupaten Pati, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Bandung. 2009.
- Y. Niu, R. et al. "Adsorption of Pb(II) from



aqueous solution by silica-gel supported
hyperbranched polyamidoamine
dendrimers”, J. Hazard. Mater. Vol. 244–
245.276–286.