

Proses Pirolisis Pengolahan Limbah Tempurung Kemiri menjadi Arang Aktif sebagai Media Penjernihan Air

Pyrolysis of Candlenut Shell Waste Management becomes Active Charcoal as Water Purification Media

Imran¹, Saisa^{2,*}, Zuhaini Sartika², Ida Hasmita²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh 23245, Aceh, Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh 23245, Aceh, Indonesia

*corresponding author: saisa@serambimekkah.ac.id

Tanggal Submisi: . 19 Juli 2020, Tanggal Penerimaan: 24 Agustus 2020

Abstrak

Arang aktif adalah karbon yang sudah diaktifkan oleh zat aktivator sehingga pori-poinnya terbuka, hal ini menyebabkan daya serap karbon aktif lebih lebih besar dari karbon biasa. Variabel yang digunakan dari penelitian ini adalah ukuran mesh (50, 75, dan 100) dan konsentrasi zat aktivator (5%, 7,5%, dan 10%). Dengan tempratur pirolisis 550 °C - 600 °C dan waktu aktivasi (8 jam) yang dianalisa dalam penelitian ini adalah kadar air, daya serap karbon aktif hasil limbah Padat Industri Asap Cair dengan tujuan melihat pengaruh waktu dan konsentrasi penggunaan aktivator KOH terhadap mutu arang aktif yang dihasilkan. Hasil yang didapat dari penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan untuk memurnikan air sumur yang keruh dalam kehidupan masyarakat sehari-hari.

Kata Kunci: Kemiri, Karbon Aktif, Limbah Padat Industri, Asap Cair

Abstract

Activated charcoal is carbon that has been activated by an activator so that its pores are open, this causes the absorption of activated carbon to be greater than ordinary carbon. The variables used in this study were the mesh size (50, 75, and 100) and the concentration of the activator (5%, 7.5%, and 10%). With a pyrolysis temperature of 550 °C - 600 °C and an activation time (8 hours) analyzed in this study were water content, absorption of activated carbon resulting from Liquid Smoke Industry Solid waste with the aim of seeing the effect of time and concentration using KOH activator on the quality of activated charcoal produced. The results obtained from this study are expected to be applied to purify turbid well water in everyday people's lives.

Keywords: Candlenut, Activated Carbon, Industrial Solid Waste, Liquid Smoke



PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan dari proses pemecahan biji kemiri berupa tempurung kemiri selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Berat tempurung kemiri mencapai dua per tiga dari berat biji kemiri utuh dan yang sepertiganya adalah inti dari buah kemiri. Limbah ini tentunya sangat berpotensi bagi masyarakat apabila dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai jual, diantaranya adalah sebagai produk arang aktif.

Proses pengaktifan arang menjadi arang aktif dapat dilakukan dengan beberapa cara, dimana pada prinsipnya adalah untuk menghilangkan atau mengeluarkan kotoran-kotoran yang terdapat pada permukaan arang. Aktifasi arang umumnya dilakukan dengan mengalirkan uap/gas seperti uap air, gas nitrogen, gas CO₂. Sebelum diaktifasi, dapat dilakukan perendaman terhadap arang menggunakan H₃PO₄, NH₄HCO₃, KOH, NaOH yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas arang aktif yang dihasilkan (Sudrajat, 2005).

Beberapa penelitian terdahulu, diantaranya oleh Suhartana (2006), membuat karbon aktif tempurung kelapa dengan metode pengaktifan menggunakan larutan NaOH dan H₂SO₄ yang dapat digunakan untuk menjernihkan air sumur dari Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobongan. Hasil yang diperoleh terjadi penurunan pH sebesar 7,4 dari 8,5, angka kesadahan sebesar 504,15 mg/l dari 581,86 mg/l, dan kekeruhan air (skala NTU) sebesar 3,2 NTU dari 5,2 NTU. Suparno (2012), mengkaji karbon aktif tempurung kelapa sebagai bahan sedimentasi. Hasil yang diperoleh kecepatan sedimentasi kotoran di dalam air dengan bantuan karbon aktif tempurung kelapa $(4,41 \pm 0,24) \times 10^{-3}$ m/s jauh lebih besar dibandingkan menggunakan tawas $(2,62 \pm 0,14) \times 10^{-3}$ m/s.

Rosita Idrus, dkk (2013), menentukan kualitas karbon aktif tempurung kelapa yang dipengaruhi suhu aktivasi terhadap penjernihan air dengan metode pengendapan. Hasil yang diperoleh untuk karakteristik terbaik karbon aktif tempurung kelapa yang diaktifasi pada suhu 1000 °C dengan kadar air sebesar 7,7%, kadar abu 0,84% dan daya serap terhadap iod 568,318 mg/g. Dan Pengujian karbon aktif pada suhu 1000 °C untuk penjernihan air menunjukkan hasil yang maksimal dengan parameter fisik air yaitu warna air menjadi jernih, tidak berbau dan memenuhi pH standar air (7,0 – 7,5)

Berbagai keunggulan proses aktivasi kimiawi dibandingkan dengan aktivasi fisik diantaranya adalah pada proses aktivasi kimiawi, di dalam penyiapannya sudah terdapat zat kimia pengaktif sehingga proses karbonisasi dan proses aktivasi karbon telah terbentuk sehingga metode ini sering disebut juga metode aktivasi satu langkah (*one-step activation*), aktivasi kimiawi biasanya terjadi pada suhu lebih rendah dari pada metode aktivasi fisik, efek *dehydrating agent* dapat memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon, dan

produk dengan menggunakan metode ini lebih banyak jika dibandingkan dengan aktivasi secara fisik.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yaitu tempurung kemiri, sejumlah aquadest dan Kalium Hidroksida (KOH) sebagai activator. Alat yang digunakan berupa gelas ukur, aluminium foil, mortal, oven, Erlenmeyer, beaker glass, timbangan analitik, stopwatch, seperangkat peralatan pirolisis, dan ayakan (mesh).

Variabel Penelitian

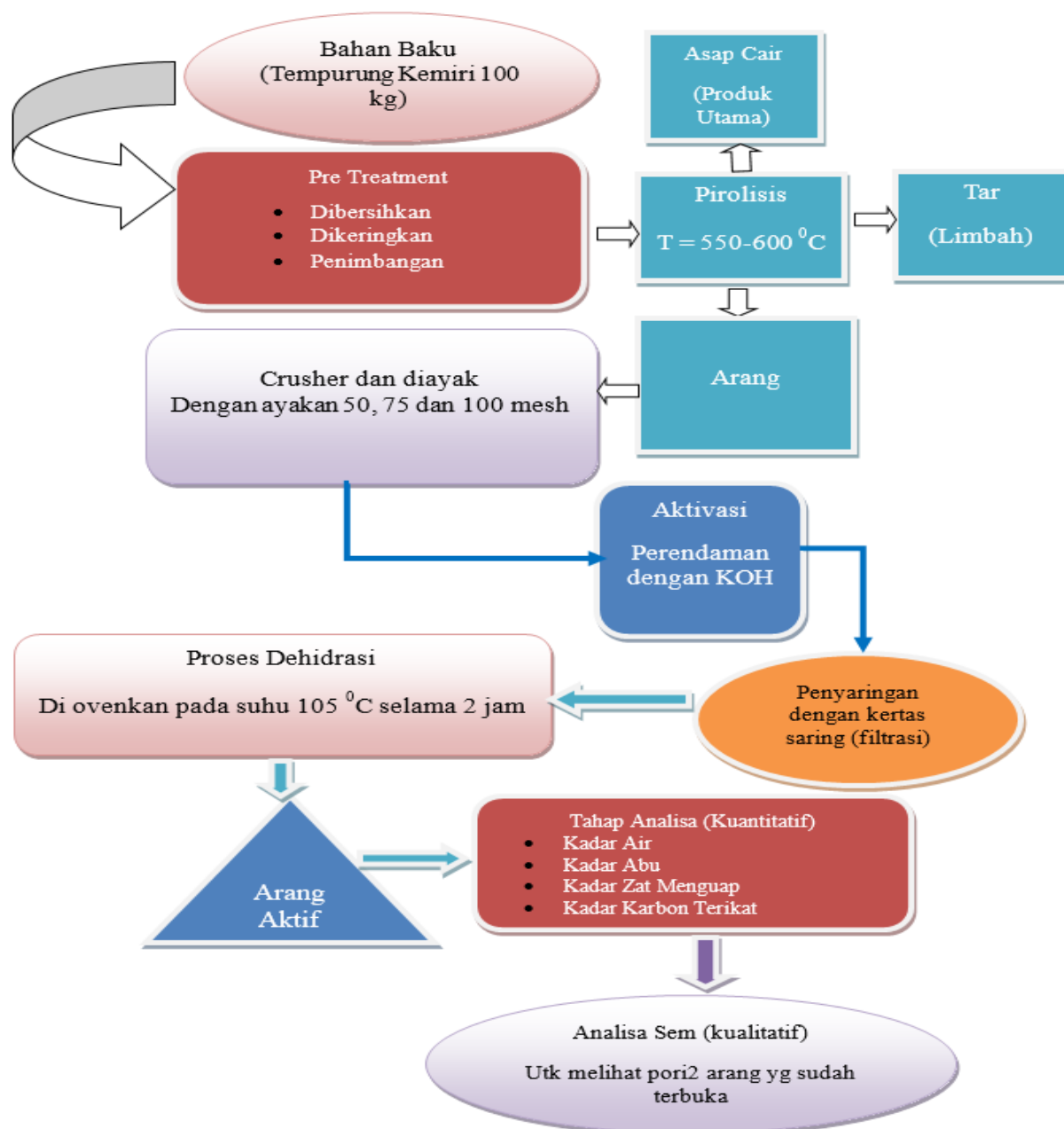
Variabel dalam penelitian ini terbagi dua, yaitu variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap berupa berat tempurung kemiri 100 gram, temperatur pirolisis 550-600 °C, waktu perendaman dengan activator KOH 24 jam, waktu proses karbonasi 8 jam, waktu pengeringan dalam oven 2 jam, dan ukuran ayakan tempurung kemiri 50, 75 dan 100 mesh. Sedangkan yang menjadi variabel bebas yaitu konsentrasi KOH yang digunakan sebagai activator dengan persen konsentrasi 5%, 7,5%, dan 10% b/v.

Proses Pembuatan Arang Aktif Metode Pirolisis

Bahan Baku tempurung kemiri diperoleh dari sebuah industri UD. Meurina Reuleut Kecamatan Muara Batu Kabupaten Aceh Utara (pembuatan asap cair) dan Laboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe (pembuatan arang aktif). Langkah awal proses pembuatan arang aktif dilakukan dengan cara menimbang sejumlah 100 Kg bahan baku tempurung kemiri yang kemudian dilakukan tahap proses pretreatment. Pada proses pretreatment tempurung kemiri dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada tempurung, kemudian dikeringkan dan dilakukan penimbangan untuk dilanjutkan pada tahap proses pirolisis. Proses pirolisis dilakukan pada keadaan operasi tekanan 1 atm dan suhu 550 - 600 °C. Pada proses pirolisis menghasilkan satu produk utama yaitu asam cair yang di dimanfaatkan oleh industri UD. Meurina Reuleut dan dua hasil samping yaitu *tar* (sisa hasil pembakaran) dan arang tempurung (merupakan limbah).

Limbah arang tempurung yang dihasilkan di oleh untuk dijadikan arang aktif, dimana arang di ayak terlebih dahulu dengan ukuran 50, 75 dan 100 mesh. Kemudian dilanjutkan ke tahap proses aktivasi dengan menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi, dilanjutkan ke tahap filtrasi dan proses dehidrasi di dalam oven pada suhu 105 °C selama 2 jam. Hasil proses dehidrasi merupakan arang aktif yang siap dilakukan pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, dan analisis SEM untuk mengetahui ukuran pori dan luar

permukaan dari partikel arang aktif. Diagram alir proses pembuatan arang aktif dengan menggunakan metode pirolisis seperti diperlihatkan pada **Gambar 1** berikut ini.



Gambar 1. Proses pembuatan arang aktif dengan metode pirolisis

Tahapan Hasil Uji Analisis pada Arang Aktif

1. Uji Analisis Morfologi menggunakan SEM

Proses pengamatan mikroskopis menggunakan SEM dilakukan pada permukaan patahan sampel. Kemudian setelah sampel dibersihkan dengan alat peniup, sampel di lapisi dengan emas dan palladium dalam mesin dionspater yang bertekanan 1492×10^{-2} atm, sampel kemudian dimasukkan ke dalam suatu ruangan (*vacum evaporator*) bertekanan 0,2 Torr dengan menggunakan mesin JSM-35 C Shumandzu.

2. Penetapan kadar Air

Penetapan kadar air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif.

- Arang ditimbang sebanyak 1 gram dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C sampai beratnya konstan.
- Kemudian dimasukkan ke dalam desikator sampai bobotnya tetap dan ditentukan kadar airnya dalam persen (%). Kadar air arang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat awal (gram)} - \text{Berat kering tanur (gram)}}{\text{Berat kering tanur (gram)}} \times 100 \%$$

3. Penetapan Kadar Abu

Penetapan kadar abu mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif.

- Cawan yang sudah berisi contoh yang kadar air dan kadar zat menguapnya sudah ditetapkan, digunakan untuk mengukur kadar abu.
- Caranya cawan tersebut diletakkan dalam tanur, perlahan-lahan dipanaskan mulai dari suhu kamar sampai 300 °C selama 3 jam.
- Selanjutnya didinginkan dalam desikator sampai beratnya konstan, kemudian ditimbang bobotnya. Kadar abu arang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu (gram)}}{\text{Berat kering tanur (gram)}} \times 100 \%$$

4. Penetapan Kadar Zat Menguap

Penetapan kadar zat menguap mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif.

- Cawan porselin yang berisi dari penentuan kadar air, ditutup dan diikat dengan kawat chrome.
- Cawan dimasukkan kedalam tanur listrik pada 950 °C selama 6 menit. Sebelumnya dilakukan terlebih dahulu pemanasan pendahuluan pada bagian datar selama 2 menit dan pada pangkal tanur selama 3 menit
- Setelah penguapan selesai cawan dimasukkan kedalam desikator sampai beratnya konstan dan selanjutnya ditimbang. Kadar zat menguap arang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Zat Menguap (\%)} = \frac{\text{Selisih Berat contoh (gram)}}{\text{Berat kering tanur (gram)}} \times 100 \%$$

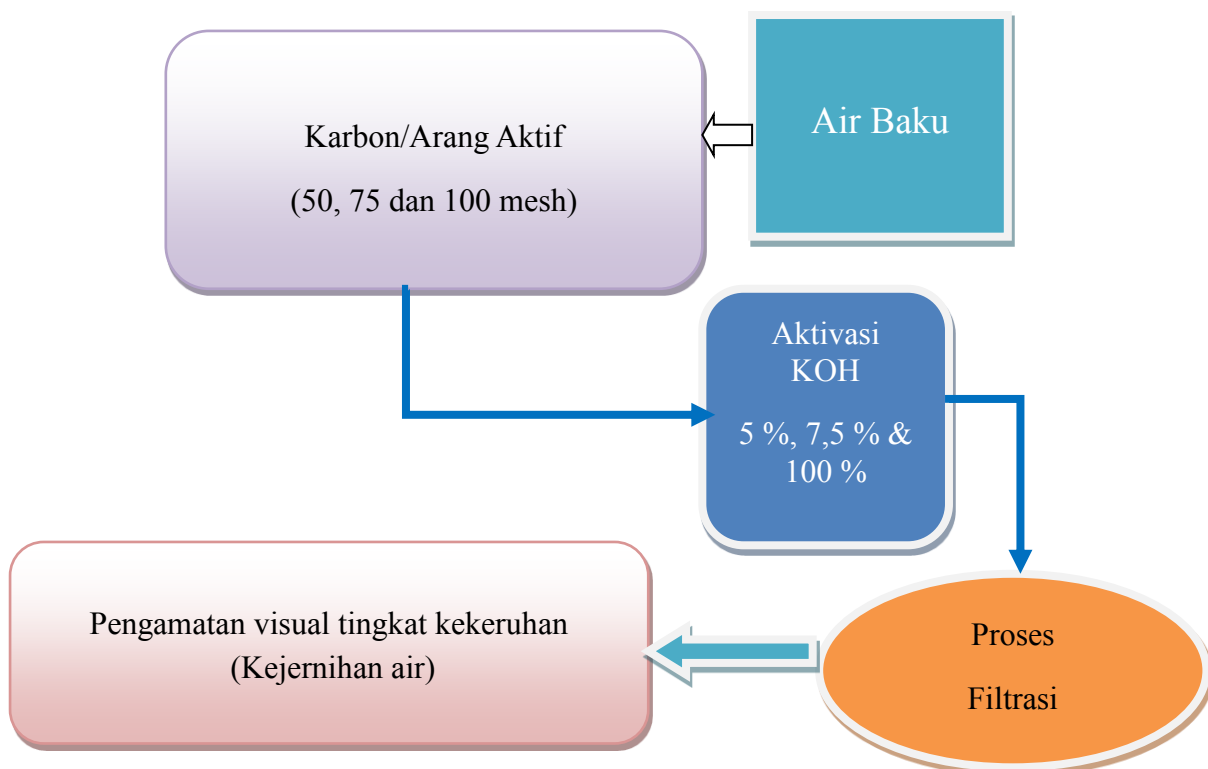
5. Penetapan Kadar Karbon Terikat

Penetapan kadar karbon terikat mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Karbon terikat adalah fraksi karbon yang terikat di dalam ruang selain fraksi air, zat menguap dan abu. Pengukuran kadar karbon terikat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 100 \% - (\text{Kadar zat menguap} + \text{Kadar abu})\%$$

Aplikasi Arang Aktif pada Proses Penjernihan Air

Pengujian arang aktif dilakukan pada proses penjernihan air sumur, dimana langkah kerja proses penjernihan air dijelaskan dalam diagram pada **Gambar 2** berikut ini.

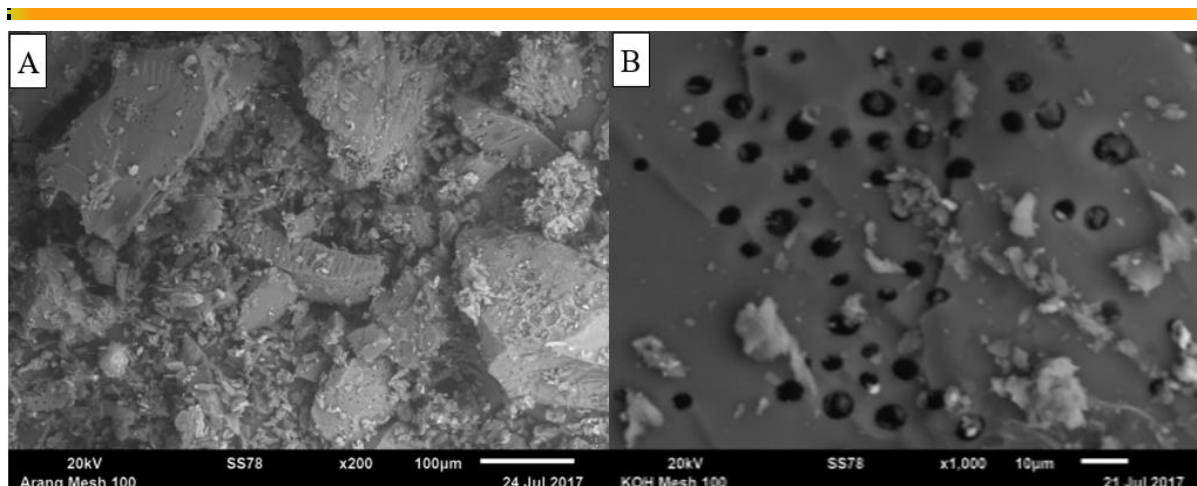


Gambar 2. Aplikasi karbon aktif pada proses penjernihan air baku

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Arang Aktif dengan Uji SEM

Tujuan dari analisa SEM ialah untuk mengetahui perubahan struktur permukaan karbon aktif. Hasil uji SEM arang cangkang kemiri sebelum aktivasi dengan bahan kimia dan hasil uji SEM sesudah aktivasi dengan bahan kimia. *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm.



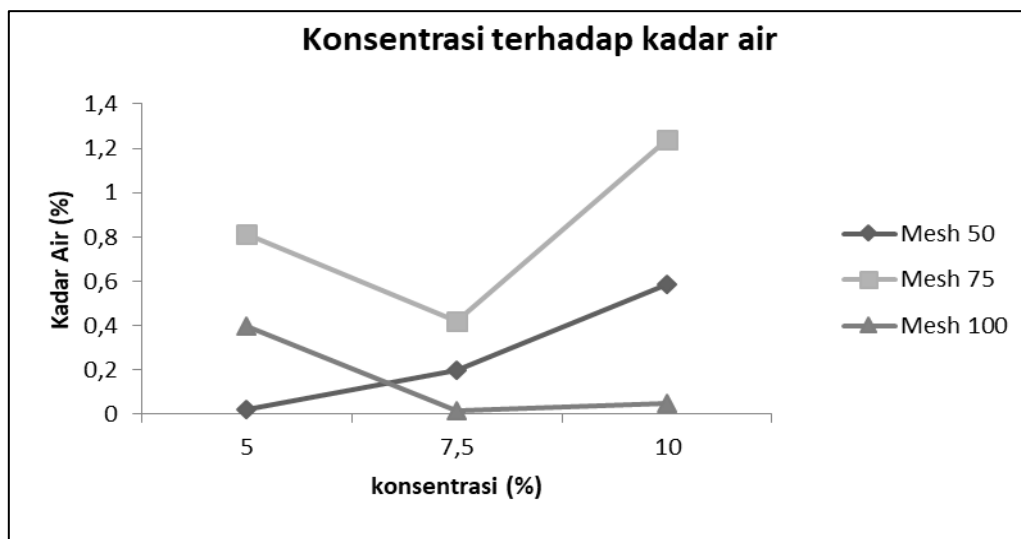
Gambar 3. Hasil karakterisasi arang aktif tempurung kemiri dengan uji SEM, (A) Arang aktif sebelum aktivasi, (B) Arang aktif setelah aktivasi

Gambar 3 diatas menjelaskan bahwa arang aktif sebelum aktivasi dan arang aktif setelah aktivasi terlihat adanya perubahan dari struktur pori, arang tanpa penambahan aktivator dengan arang yang diaktivasi dengan KOH, hal ini disebabkan bahwa konsentrasi aktivator dapat menambah besaran pori dan membentuk pori baru. Morfologi arang aktif dengan aktivasi KOH memiliki struktur pori dengan ukuran paling besar 28,274 μm , ukuran pori yang dihasilkan termasuk ke dalam struktur makropori. Penambahan konsentrasi pada aktivator membuat sampel arang aktif menjadi lebih transparan atau tipis sehingga daya kontak karbon akan semakin besar. Hal ini menandakan bahwa volatile dan tar semakin terlepas dari karbon karena adanya aktivator. Hal tersebut mengakibatkan semakin besarnya luas permukaan aktif dari arang aktif tersebut. Penambahan konsentrasi memiliki hubungan lurus dengan luas permukaan arang aktif tersebut. Secara keseluruhan diameter pori pada permukaan arang aktif tempurung kemiri hasil analisa SEM termasuk ke dalam struktur makro pori (> 5).

Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kadar Air

Penetapan kadar air arang aktif bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif tersebut. Kadar air karbon aktif maksimal terdapat pada ukuran partikel 75, pada konsentrasi 10 % yaitu sebesar 1,241%. Sedangkan kadar air minimal terdapat pada karbon aktif pada ukuran partikel 100 dengan konsentrasi 7,5% yaitu sebesar 0,016%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kualitas karbon aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini cukup baik, dimana kadar air yang terkandung sesuai persyaratan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3703-1995 yaitu maksimum 15%. Arang aktif sendiri sebagaimana kita ketahui mempunyai sifat penyerapan yang besar terhadap air, sehingga sifat yang sangat higroskopis inilah yang menyebabkan arang aktif digunakan sebagai adsorben.

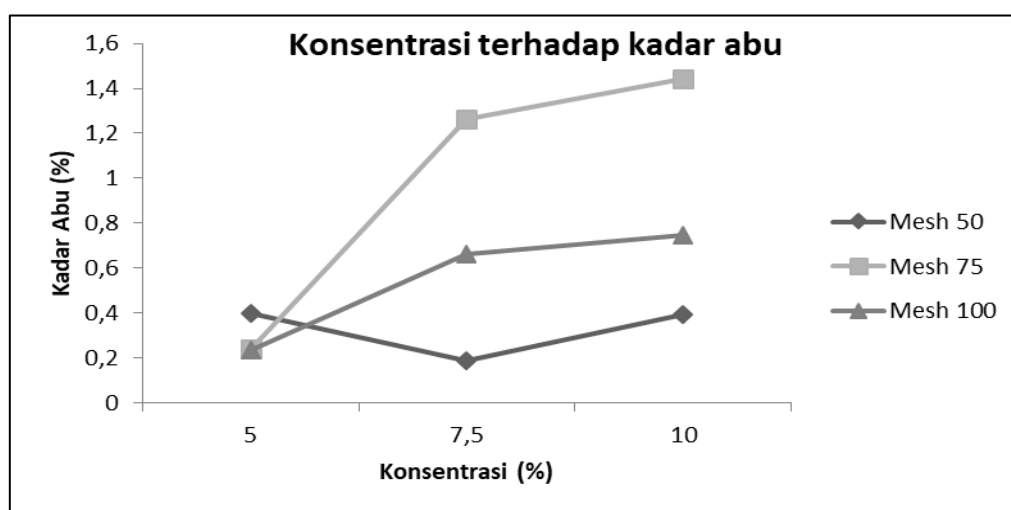
Gambaran yang dapat kita lihat dalam proses diatas yaitu terikatnya molekul air yang ada pada karbon aktif oleh aktivator telah menyebabkan pori-pori pada karbon aktif membesar, dan dengan semakin besar pori-pori tersebut maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah. Hal ini lah yang mengakibatkan meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif tersebut. Hasil analisis kadar air ditunjukkan dalam **Gambar 4** berikut ini.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kadar air

Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kadar Abu

Kadar abu merupakan banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral dalam suatu bahan yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan. Abu merupakan komponen anorganik yang tertinggal setelah bahan dipanaskan pada suhu 500 - 600°C dan terdiri dari kalium, natrium, magnesium, kalsium dan komponen lain dalam jumlah kecil. Penetapan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam tersebut di atas yang terdapat dalam arang aktif.



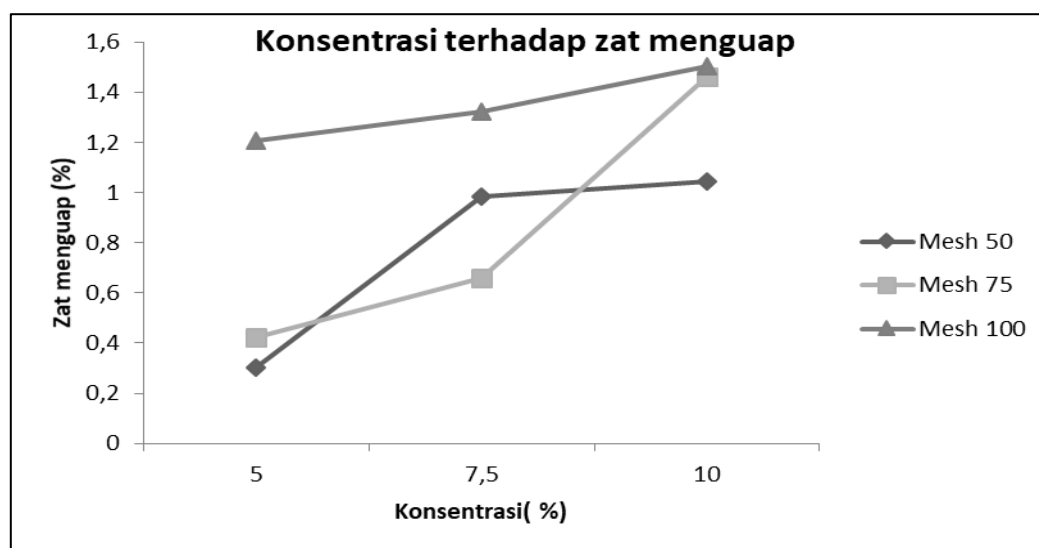
Gambar 5. Pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kadar abu

Dari **Gambar 5** terlihat bahwa kadar abu karbon aktif meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi KOH . Kadar abu karbon aktif maksimal terdapat pada karbon aktif yang konsentrasinya 10 % yaitu sebesar 1,445%. Sedangkan kadar abu minimal terdapat pada karbon aktif yang konsentrasinya 7,5 % yaitu sebesar 0,186%. Keseluruhan kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi SNI 06-3703-1995 yaitu dibawah 10%.

Pada penelitian ini memperlihatkan bahwa pada ukuran partikel dan konsentrasi yang mempengaruhi kadar abu diperoleh, menunjukkan adanya kecenderungan semakin tinggi terhadap konsentrasi KOH sehingga kadar abu semakin meningkat dan hal ini disebabkan adanya kandungan berupa kalsium, kalium, magnesium serta natrium yang dapat menutup dan menghalangi pori-pori arang aktif. Dengan semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka kadar abu yang diperoleh juga akan semakin rendah. Pada arang aktif, kadar abu diupayakan sekecil mungkin karena akan menurunkan kemampuan daya serapnya baik dalam bentuk gas maupun larutan.

Pengaruh Konsentrasi Terhadap Zat Menguap

Penetapan kadar zat menguap bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang belum menguap pada proses karbonasi dan aktivasi, tetapi menguap pada suhu 950°C. Menurut Sudradjat (1985), komponen yang terdapat dalam arang aktif adalah air, abu, karbon terikat, nitrogen dan sulfur. Pada pemanasan diatas 900°C nitrogen dan sulfur akan menguap, dan komponen inilah yang disebut zat menguap.



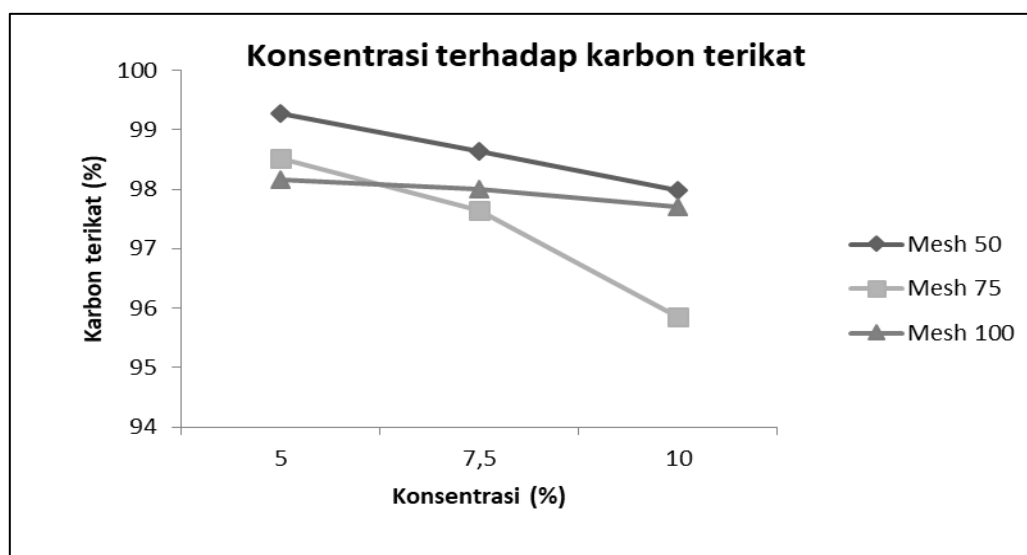
Gambar 6. Pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kadar zat menguap

Nilai kadar zat menguap yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar antara 0,0304-1,505%. Analisis secara rata-rata menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi aktivator dan ukuran partikel terhadap kadar abu ialah semakin tinggi konsentrasi KOH dan semakin halus

ukuran partikel yang digunakan, maka kadar zat menguap akan semakin meningkat hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi, maka semakin sedikit sulfur dan nitrogen dalam bahan yang ikut terbakar, dan menguap pada suhu 950°C atau kadar zat menguap menjadi tinggi. Kadar zat terbang yang tinggi akan mengurangi kemampuan arang aktif dalam menyerap gas dan larutan. Demikian pula berdasarkan teori, peningkatan suhu aktivasi cenderung menurunkan kadar zat mudah menguap. Hal ini terjadi karena pada suhu tinggi penguraian senyawa non karbon seperti CO_2 , CO , CH_4 dan H_2 dapat berlangsung sempurna (Kuriyama, 1961). Kadar zat mudah menguap semua sampel yang dihasilkan memenuhi standar arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95 yaitu maksimum sebesar 25%.

Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kadar Karbon Terikat

Kandungan karbon terikat pada arang aktif dipengaruhi oleh nilai kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang. Kadar karbon terikat akan bernilai tinggi apabila nilai kadar air, kadar abu dan kadar zat menguap rendah.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kadar karbon terikat

Dari **Gambar 7** dapat dilihat secara rata-rata dengan menggunakan aktivator KOH, semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif yang digunakan maka semakin rendah nilai karbon terikat yang dihasilkan dari arang aktif cangkang kemiri. Di mana surface area tertinggi pada konsentrasi aktivator 5 % yaitu sebesar 99,277% pada ukuran partikel 50 mesh dan terendah pada konsentrasi aktivator 10 % pada ukuran partikel 75 mesh yaitu sebesar 95,851%. Zat pengaktif (aktivator) berfungsi sebagai agen pelarut mineral organik sisa pembakaran arang yang menutupi pori-pori arang, sehingga semakin tinggi konsentrasi zat pengaktif maka semakin banyak pula mineral organik yang melarut, hal ini menyebabkan terbukanya pori-pori arang (memperluas permukaan karbon aktif).

Menurut Djatmiko dkk. (1985), arang dapat dibuat menjadi arang aktif bila mengandung kadar karbon terikat yang cukup tinggi yaitu sekitar 70. Nilai kadar karbon terikat yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 95,851% – 99,277% atau nilai rata-rata dari seluruh sample 97,974%. Kadar karbon terikat semua sampel yang dihasilkan memenuhi standar arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95 (minimum 70%).

Aplikasi Proses Penyaringan Air Baku

Sebagai langkah selanjutnya dilakukan proses penyaringan air baku yang berasal dari sumur dangkal wilayah dekat lokasi penelitian yang memiliki kondisi air berwarna kuning/kotor (kekeruhan tinggi). Setelah dialirkan air melalui media sederhana yang berisi karbon aktif hasil aktivasi maka diperoleh kondisi air dengan perubahan warna yang lebih jernih dibanding kondisi air semula.



Gambar 8. Aplikasi arang aktif pada proses penyaringan air baku sumur dangkal

Kondisi hasil penyaringan air baku diatas menunjukkan bahwa arang aktif tempurung kemiri memiliki daya adsorpsi yang sangat baik pada proses penjernihan air.

KESIMPULAN

Hasil pengamatan dan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa karakteristik arang aktif dari cangkang kemiri yang dihasilkan secara keseluruhan memiliki nilai yang lebih baik dan memenuhi standar arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-95 (minimum 70%). Pengaruh konsentrasi KOH terhadap kadar air, kadar abu, zat menguap arang aktif cangkang kemiri, rata-rata semakin tinggi konsentrasi maka nilai kadar air, kadar abu, zat menguap akan semakin meningkat, sedangkan nilai karbon terikat semakin tinggi konsentrasi maka nilainya akan semakin rendah. Arang aktif yang dihasilkan pada kondisi terbaik adalah partikel 100 mesh dengan konsentrasi 7,5 % yang memiliki kadar air terendah 0,016 %. Arang aktif dengan kadar air terendah penggunaannya sangatlah efektif untuk penjernihan air yang diamati secara visual.

SARAN

Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel suhu, dan waktu aktivasi yang berbeda untuk menghasilkan karbon aktif yang lebih baik. Untuk akurasi kualitas air yang dihasilkan, maka perlu juga penelitian tambahan terhadap analisa mutu air bersih yang dihasilkan dari percobaan agar dapat dipaparkan secara spesifik lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang terhingga kepada komisi pembimbing Bapak Saisa, ST., MT dan Ibu Ida Hasmita, ST., MT serta penguji Ibu Zuhaini Sartika, ST., MT atas bantuan ide dan pikiran dalam penyelesaian jurnal ini. Semoga hasil karya ini memiliki manfaat yang baik sebagai rujukan para penulis artikel lainnya untuk mensitasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernasconi, G., H. Gerster, H. Hauser, H. stauble dan E. Scheiter, (1995). *Teknologi Kimia 2*. Penerjemah Lienda Handoyo, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Darmadji, P. (1996). *Aktivitas Anti bakteri Asap Cair yang Diproduksi dari Berbagai-bagai Limbah Pertanian*. Yogyakarta : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada.
- Junifa Layla Sihombing, (2006). Pembuatan Briket Arang dari Limbah Organik dengan Menggunakan Variasi Komposisi dan Ukuran Bahan.
- Ketaren. S. (1986). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan). Cetakan Pertama. Jakarta : UI-Press.
- Modi Lempang, (2012). Sifat dan Mutu Arang Aktif dari Tempurung Kemiri.
- Modi Lempang dan Hermin Tikupadang, (2013). Aplikasi Arang Aktif Tempurung Kemiri Sebagai Komponen Media Tumbuh Semai Melina. Balai Penelitian Kehutanan Makasar.
- Rosita Idrus, dkk., (2013). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif berbahan Dasar Tempurung Kelapa, *Prisma Fisika* Vol I, No.1, hal: 50-55.
- Sunanto, H. (1994). Budidaya Kemiri Komoditas Ekspor. Komisius. Yogyakarta.
- Suhartana, (2006). Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngarangan Kabupaten Grobongan, Vol 9, No.3, ISSN 1410 – 9662.
- Suparno, (2012). Kajian Kristis Terhadap Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Sedimentasi, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA UNY, Yogyakarta.