

PEMANFAATAN CANGKANG BUAH KARET SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN ARANG AKTIF

Firman¹⁾, Taufik²⁾, Kusyanto¹⁾, Chairun Nisa³⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Kimia Polteknik Negeri Samarinda

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin Polteknik Negeri Samarinda

³⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Polteknik Negeri Samarinda

ABSTRACT

Fruit rubber shell (*Hevea Brasilliensis*) is one of the wastes in agricultural products which has the potentials to be processed as activated charcoal using charcoalization and activation processes because it contains lignin of 33.54%. Activated charcoal is used as an adsorbent, gas purification and a catalyst. This study aims to determine the effect of the temperature of charcoalization on the quality of activated charcoal based on SNI 06-3730-1995 standard. With the variations of charcoalization temperature of 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, and 700°C for 1 hour with material mass of 360 gram for each temperature variation, chemical activation using sulfuric acid of 7% for 1 hour and activation of physics with the temperature of 600°C for 1 hour. The best results showed at a temperature of 500°C with rendement of 21.39%, water content of 12.78%, ash content of 12.78%, volatile matter content of 17.18%, the absorption of iodine 1096.59 mg/g. Moreover, an analysis using SEM pores before activation was 2.92 µm and after activation was 15.41 µm. Activated charcoal before and after activation experienced enlargement of pores of 12.49 µm. As a result, the absorption will be greater when compared with the charcoal of fruit rubber shells without activation.

Keywords: *activated charcoal, activation, charcoalization, fruit rubber shells*

1. PENDAHULUAN

Di Kalimantan Timur perkebunan karet merupakan produksi terbesar kedua dengan luas lahan tanaman karet 113.485 Ha (BPS KalTim, 2015). Tiap 1 Ha lahan tanaman karet biasanya ditanami ±500 pohon dengan penanaman menghasilkan rata-rata 800 biji karet per pohon per tahun (Siregar dan Suhendry., 2013). Dengan presentasi buah karet masak terdiri dari 70% kulit buah dan 30% biji karet dengan berat rata-rata 3 gram/biji (Wizna *et. al.* 2000). Sehingga produksi limbah cangkang buah karet yang dihasilkan per tahun adalah 105.919 ton/tahun.

Potensi tingginya limbah cangkang buah karet yang demikian besarnya sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal, bahkan menjadi suatu limbah yang tidak memiliki nilai jual. Padahal bahan tersebut memiliki potensi untuk diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat dan bernilai jual, misalnya karbon aktif dengan menggunakan proses karbonisasi dan aktivasi.

Komposisi kimia yang terkandung dalam cangkang karet yaitu selulosa 48,64 %, lignin 33,54 %, pentosan 16,81 %, kadar Abu 1,25 %, kadar Silika 0,52 % (Pari., 2003 dalam Vinsiah dkk., 2015). Secara fisik cangkang buah karet memiliki ciri sebagai tumbuhan yang berlignin. Selain pemanfaatannya yang masih kurang optimal, jika dibandingkan dengan bagian buah lainnya, bagian cangkang termasuk bagian yang mengandung lignin yang cukup banyak, sehingga bagian ini cukup potensial untuk diolah menjadi produk karbon aktif yang sangat bermanfaat dan bernilai jual yang tinggi. Hal ini akan membuat cangkang buah karet menjadi lebih bermanfaat.

Kegunaan atau manfaat karbon aktif yaitu sebagai adsorben, *decolorizing*, pemurnian air, katalis dan dalam bidang pengobatan (Shreve Norris R. 1984). Pembuatan karbon aktif menggunakan bahan baku limbah cangkang buah karet dengan memvariasikan temperatur karbonisasi diperoleh kualitas karbon aktif terbaik dicapai pada suhu *furnace* 600°C dimana kadar air 1,584694%, kadar abu 4,597352%, kadar zat *volatile* 20,31735%, penyerapan iodin sebesar 500,6268 mg/g dan penyerapan metilen blue sebesar 14,130096 mg/g (Vinsiah dkk., 2015). Selain itu juga telah dilakukan pembuatan karbon aktif oleh Bangun dkk. (2014) menggunakan bahan baku yang sama dengan memvariasikan konsentrasi aktivasi kimia, temperatur dan waktu aktivasi fisika diperoleh kualitas karbon aktif terbaik pada suhu aktivasi fisika 600°C selama 60 menit menggunakan larutan H₂SO₄ 7% dimana kadar air 14,3105%, kadar abu 0,4094%, dan bilangan Iodin 1163,1654 mg/gr. Karbon aktif cangkang buah karet hasil penelitian mampu menyerap Fe (II) dalam larutan dengan efisiensi 99% pada masa optimum 1,5 gr dan waktu kontak optimum 90 menit.

¹ Korespondensi penulis: Firman, Telp 081235609999, firmansmd@gmail.com

Pada penelitian Vinsiah dkk., (2015) kualitas karbon aktif belum memenuhi salah satu kriteria standar SNI 06-3730-1995 pada penyerapan iodine minimal sebesar 750 mg/g pada penelitian ini didapatkan hanya sebesar 500,6268 mg/g.

Untuk bisa memenuhi SNI 06-3730-1995 maka dilakukan pengembangan dengan variasi temperatur pada penelitian Vinsiah dkk., (2015) dan mengganti larutan aktivator kimia dengan menggunakan konsentrasi hasil terbaik dari penelitian Bangun dkk., (2016) serta menambahkan proses aktivasi fisika hal ini dilakukan untuk memperbaiki kelemahan tersebut. Asam sulfat dipilih sebagai aktivator karena memiliki sifat *dehydrating agent* dan memiliki lebih banyak situs aktif dibandingkan dengan asam pada umumnya. Selain itu asam sulfat juga dapat memperluas pori-pori pada logam dengan cara menghancurkan kotoran berupa oksida-oksida logam (magnesium, besi, aluminium dan kalsium) yang menutupi pori-pori arang tersebut (Asrijal dkk., 2016) dan penambahan aktivasi fisika dapat memperluas diameter pori dengan membuang tar pengotor yang tidak hilang pada proses karbonisasi dan aktivasi kimia serta membuat beberapa pori baru.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh temperatur pada proses untuk memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dan untuk memanfaatkan limbah cangkang buah karet yang diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat dan bernilai jual seperti karbon aktif.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini alat yang digunakan antara lain: ayakan 100 mesh, neraca analitik, *furnace*, oven, buret 50 ml, Erlenmeyer, corong, kertas saring whatman no. 42, kurs porselen, gelas kimia 250 ml, labu ukur, pipet tetes, *shaker*, Bulp, Kertas lakmus, Spatula, Batang pengaduk, Labu ukur 250 ml, Gelas ukur 10 ml, Gegep, Desikator, Botol semprot, Kaca arloji.

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: Cangkang buah karet, Larutan standar H_2SO_4 7%, Aquadest, Larutan iodine 0,1 N, Larutan tiosulfat 0,1 N, Larutan amilum 1%, Indikator universal, Aluminium Foil, $K_2Cr_2O_7$.

Persiapan Sampel dan Pembuatan Arang (Karbon)

Cangkang buah karet dikeringkan lalu dikarbonisasi dalam *furnace* dengan variasi suhu 300°C, 400°C, 500°C, 600°C dan 700°C selama ± 1 jam. Karbon yang dihasilkan dihaluskan lalu diayak dengan ayakan 100 mesh.

Pembuatan Karbon Aktif

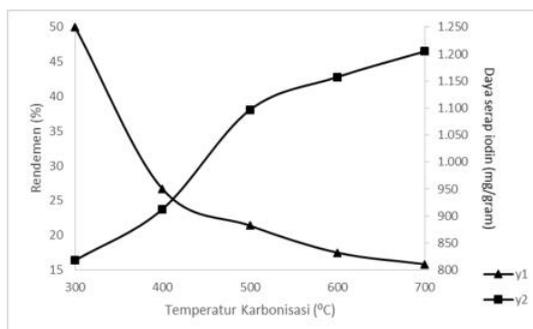
Karbon direndam dalam larutan aktivator H_2SO_4 7% selama 24 jam dengan ratio perbandingan 1:4. Setelah itu, karbon dicuci dan disaring, lalu dikeringkan pada suhu 100°C untuk mengurangi jumlah pelarutnya. Karbon aktif yang didapat selanjutnya dianalisa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi temperatur karbonisasi dalam pembuatan karbon aktif untuk memenuhi standar *SNI No.06-3730-1995*. Dengan melakukan pengolahan data setelah diperoleh data pengamatan saat penelitian maka diperoleh Tabel 3.1 sebagai data hasil karbonisasi karbon aktif.

Pada proses karbonisasi cangkang buah karet, temperatur karbonisasi yang digunakan adalah 300°C, 400°C, 500°C, 600°C dan 700°C selama 1 jam dengan massa bahan yang digunakan 360 gram untuk setiap variasi temperatur, kemudian dilakukan aktivasi secara kimia menggunakan larutan H_2SO_4 7% selama 24 jam dan aktivasi secara fisika dengan temperatur 600°C selama 1 jam setelah itu di analisa dengan perlakuan duplo kadar air, kadar abu, zat mudah menguap dan daya serap iodinnya. Adapun data rendemen hasil karbonisasi yang dihasilkan, kadar air, kadar abu, zat mudah menguap dan daya serap iodinnya ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Rendemen

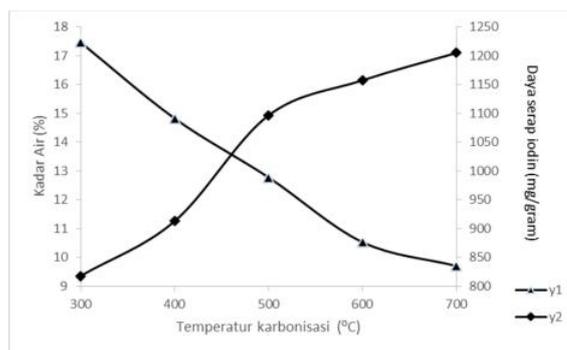


Gambar 3.1 Grafik pengaruh temperatur terhadap rendemen karbon dan daya serap iodine yang dihasilkan

Berdasarkan Gambar 3.1 rendemen karbon yang dihasilkan berkisar antara 15,83 % - 50 %. Pada penelitian Vinsiah dkk., (2015) dihasilkan rendemen karbon berkisar antara 26,40 % - 58,4067 % perbedaan ini dikarenakan semakin tingginya suhu yang digunakan maka ikatan oksigen dan karbon menjadi lemah, sehingga dengan mudah gas hidrogen mereduksi oksigen lepas dari karbon oleh karena berkurangnya oksigen dalam arang maka terjadi penyusutan massa sampel karbon (Widitama dkk., 2013). Temperatur sangat berpengaruh terhadap produk karbon yang dihasilkan, dimana semakin tinggi temperatur akan mempercepat proses pembakaran dan menurunkan jumlah produk rendemen karbon yang dihasilkan dengan penyerapan iodin yang terus meningkat. Pada gambar 4.1 terlihat bahwa produk rendemen karbon terendah dihasilkan pada temperatur 700°C yaitu sebesar 15,83% sedangkan produk rendemen karbon tertinggi dihasilkan pada temperatur 300°C yaitu sebesar 50%, untuk memenuhi kelayakan keekonomian rendemen karbon aktif yang dihasilkan minimal 30 - 40% (Anonim, 2015). Pada penelitian ini hasil yang memenuhi kelayakan keekonomian rendemen karbon aktif adalah variasi pada temperatur 300°C, sedangkan pada variasi temperatur 400°C - 700°C rendemen yang didapatkan semakin menurun. Produk rendemen karbon terus menurun bersamaan dengan meningkatnya temperatur yang digunakan. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin banyak bahan biomaterial seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin yang terdegradasi menjadi karbon dengan menguapkan material non karbonnya yang menyebabkan jumlah padatan berkurang dan untuk daya serap iodin yang dihasilkan semakin tinggi berkisar antara 811,67 – 1.205,55 mg/g. Sesuai SNI 06 – 3730 – 1995 syarat mutu karbon aktif serbuk untuk daya serap iodin adalah minimal 750 mg/g, semua sampel karbon telah memenuhi standar daya serap iodin. Daya serap iodin terendah dimiliki oleh sampel karbon yang dikarbonisasi pada temperatur 300°C yakni sebesar 811,67 mg/g. Nilai tertinggi daya serap iodin oleh karbon aktif ini terjadi pada temperatur 700°C yakni sebesar 1.205,55 mg/g. Pada penelitian Bangun dkk., (2016) daya serap iodin pada temperatur karbonisasi 500°C yakni sebesar 1.119,607 mg/g sedangkan pada penelitian ini daya serap iodin yang didapatkan lebih rendah yakni sebesar 1.096,59 mg/g hal ini dikarenakan pada proses aktivasi kimia dan fisika masih ada zat pengotor yang menutupi pori-pori arang aktif sehingga daya serap yang dihasilkan lebih rendah. Dengan daya serap iodin yang dihasilkan berkisar antara 811,67 – 1.205,55 mg/g maka karbon aktif tersebut dapat digunakan dengan melihat besarnya angka serapan iodin. Untuk kisaran daya serapan iodin 800 – 1000 mg/g digunakan untuk penyaringan industri sirup gula, industri air mineral dan penampungan air hujan, serapan iodin 1100 mg/g digunakan sebagai absorben fase gas, penghilang warna dan bau pada air di area pembangkit listrik, bekerja sebagai pembawa katalis, industri obat dan serapan iodin sebesar 1200 mg/g digunakan pada industri petrokimia, industri listrik, industri makanan dan industri emas (Anonim, 2017).

Kadar Air

Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang dapat teruapkan agar air yang terikat pada karbon aktif cangkang buah karet tidak menutupi pori-porinya.



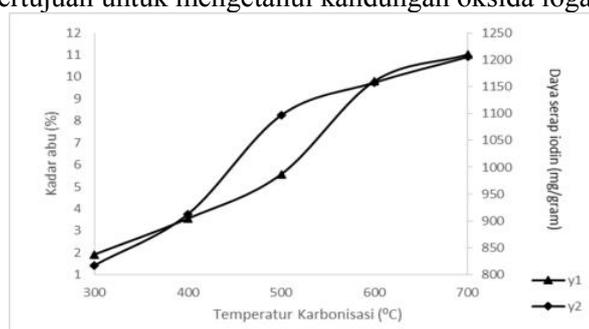
Gambar 3.2 Grafik pengaruh temperatur terhadap kadar air dan daya serap iodin (SNI 06 – 3730 – 1995)

Berdasarkan Gambar 3.2 kadar air yang dihasilkan berkisar antara 9,71 % -17,56 %. Sesuai SNI 06 – 3730 – 1995 syarat mutu karbon aktif serbuk untuk kadar air adalah maksimal 15 %, sampel karbon yang telah memenuhi standar kadar air adalah pada temperatur 400-700°C. Kadar air tertinggi dimiliki oleh sampel karbon yang dikarbonisasi pada temperatur 300°C yakni sebesar 17,56 %. Sedangkan kadar air terendah dimiliki oleh sampel karbon yang dikarbonisasi pada temperatur 700°C yakni sebesar 9,71 %. Pada penelitian Bangun dkk., (2016) kadar air pada temperatur karbonisasi 500°C yakni sebesar 18,322 % sedangkan pada

penelitian ini kadar air yang didapatkan lebih rendah yakni sebesar 12,78 % hal ini dikarenakan pada saat pada proses preparasi cangkang buah karet sudah benar-benar kering sehingga pada proses karbonisasi air terikat pada cangkang buah karet banyak menghilang. Kadar air ini mengalami penurunan seiring dengan naiknya temperatur karbonisasi yang digunakan. Secara kimia H₂O mulai mengalami perubahan fase menjadi gas pada saat telah mencapai titik didihnya, yakni pada temperatur 100°C. Pada titik itu, H₂O bebas yang terikat pada karbon terlepas dan membentuk fase gas. Hal serupa juga diungkapkan oleh Sjostrom dalam Nailul Fauziah (2011) yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin meningkat pula proses dehidrasi dalam karbon sehingga air yang terkandung semakin banyak yang menguap dan kadarnya akan semakin rendah. Kadar air yang semakin tinggi akan menyebabkan daya serap karbon semakin berkurang dengan daya serap iodine yang dihasilkan berkisar antara 811,67 – 1.205,55 mg/g.

Kadar Abu

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam karbon aktif.

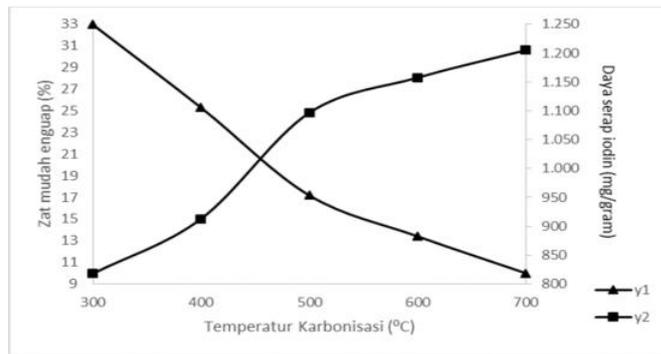


Gambar 3.3 Grafik pengaruh temperatur terhadap kadar abu (SNI 06 – 3730 – 1995)

Berdasarkan data tabel 3.3, Sesuai SNI 06 – 3730 – 1995 syarat mutu karbon aktif serbuk untuk kadar abu adalah maksimal 10%, sampel karbon yang telah memenuhi standar kadar abu adalah pada temperatur karbonisasi 300 - 600°C. Temperatur 300°C merupakan karbon aktif dengan kadar abu terendah yakni sebesar 1,83 %. Sedangkan kadar abu tertinggi dimiliki oleh karbon aktif yang dikarbonisasi pada temperatur 700°C yakni sebesar 11,07 %. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kadar abu bertambah seiring dengan naiknya temperatur yang digunakan dalam proses karbonisasi. Pada penelitian Bangun dkk., (2016) kadar abu pada temperatur karbonisasi 500°C yakni sebesar 0,649 % sedangkan pada penelitian ini kadar abu yang didapatkan lebih tinggi yakni sebesar 5,57 % hal ini dikarenakan karbon aktif yang dihasilkan masih memiliki sisa-sisa bahan organik yang belum sempat menguap yang kadarnya lebih banyak dibandingkan kadar abunya. Semakin tinggi temperatur maka kadar abu semakin meningkat. Menurut Sudrajat dalam Nailul Fauziah (2011), peningkatan kadar abu dapat terjadi akibat terbentuknya garam-garam mineral pada saat proses karbonisasi yang bila dilanjutkan akan membentuk partikel-partikel halus dari garam mineral tersebut. Ini dapat disebabkan karena adanya kandungan bahan mineral yang terdapat di dalam bahan awal biomassa pembuat karbon. Bahan mineral inilah yang kemudian akan membentuk menjadi senyawa abu apabila dilakukan proses oksidasi (Keenan, Kleinfelter dan Wood, 1984:337). Semakin tingginya kadar abu dan temperatur karbonisasi yang digunakan maka daya serap iodine yang dihasilkan akan semakin besar pula dengan daya serap iodine yang dihasilkan berkisar antara 811,67 – 1.205,55 mg/g hal ini dikarenakan kadar abu pada setiap variasi sebagian besar masih masuk dalam standar SNI 06 – 3730 – 1995 syarat mutu karbon aktif serbuk untuk kadar abu adalah maksimal 10% kecuali untuk temperatur karbonisasi 700°C karena jika kadar abu yang dihasilkan melebihi syarat mutu karbon aktif akan mengurangi efektifitas karbon aktif dalam menyerap adsorbat (Pari, 2002)

Kadar zat menguap

Penetapan kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang mudah menguap pada karbon aktif.

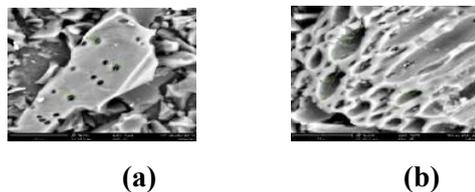


Gambar 3.4 Grafik pengaruh temperatur terhadap zat mudah menguap (SNI 06 – 3730 – 1995)

Berdasarkan gambar 3.4, temperatur karbonisasi yang tinggi akan menghasilkan karbon dengan kadar zat menguap yang rendah. Kadar zat menguap tertinggi dimiliki oleh sampel yang dikarbonisasi pada temperatur 300°C yakni sebesar 33,01 %. Sedangkan kadar *volatile* terendah dimiliki oleh sampel yang dikarbonisasi pada temperatur 700°C sebesar 9,91 %. Penurunan kadar zat menguap ini terjadi seiring dengan naiknya temperatur karbonisasi karbon yang digunakan. Menurut Hendra dan Darmawan dalam Nailul Fauziah (2011), besarnya kadar zat menguap ditentukan oleh waktu dan temperatur pengarangan. Ketika lama proses karbonisasi dan temperatur ditingkatkan maka zat menguap yang terbang akan semakin banyak, sehingga kadar zat menguap akan semakin rendah. Adanya zat menguap yang masih menempel pada karbon akan mempengaruhi daya serap karbon. Semakin tinggi temperatur maka zat menguap yang menutupi karbon semakin banyak yang menguap, sehingga permukaan pori karbon yang tadinya tertutup akan terbuka dan meningkatkan kemampuan menyerap karbon hal ini dapat dilihat dari nilai daya serap iodin yang dihasilkan berkisar antara 811,67 – 1.205,55 mg/g. Berdasarkan dari data yang didapat, hanya data karbonisasi pada temperatur 500-700°C saja yang memenuhi standar kadar *volatile* atau zat menguap yang sesuai standar ketentuan SNI, sedangkan untuk data karbonisasi pada temperatur 300°C dan 400°C tidak.

Analisa Karakterisasi Morfologi Menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Analisa morfologi dilakukan pada bahan baku cangkang buah karet, karbon cangkang buah karet hasil karbonisasi tanpa aktivasi dan karbon aktif dari cangkang buah karet pada temperatur 500°C. Hasil yang didapatkan dari analisa SEM ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.6 Hasil analisa SEM (a) karbon tanpa aktivasi (b) karbon yang telah diaktivasi

Gambar 4.6 dapat dilihat perbedaan antara cangkang buah karet, karbon tanpa aktivasi dan karbon yang telah diaktivasi. Dilihat pada gambar (a) cangkang buah karet terlihat terbentuknya rongga-rongga dan pori-pori yang ada masih sangat sedikit dan ukuran pori yang dihasilkan masih kecil yaitu 2,92 µm. Hal ini disebabkan adanya zat pengotor yang menutupi pori-pori cangkang buah karet tersebut. Setelah cangkang buah karet diberi perlakuan karbonisasi dan aktivasi dapat dilihat pada gambar (b), rongga-rongga telah terbentuk dan pori-porinya semakin bertambah dan membesar menjadi sebesar 15,41 µm. Namun, terdapat perbedaan antara karbon tanpa diaktivasi dan karbon yang telah diaktivasi. Pada karbon yang telah diaktivasi pori-pori yang terbentuk lebih banyak dan telah membentuk rongga pori-pori dengan kedalaman yang lebih besar jika dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi (Hartini dkk, 2014). Hal ini dapat disebabkan karena kandungan air yang terikat dan senyawa zat pengotor seperti tar telah hilang akibat telah diaktivasi secara kimia yang kemudian diaktivasi secara fisika. Hal ini mengakibatkan terbukanya pori-pori sehingga daya serapnya semakin besar.

Hasil terbaik yang diperoleh pada penelitian ini ditunjukkan pada temperatur 500°C dengan rendemen 21,39%, kadar air 12,78%, kadar abu 5,56%, kadar zat mudah menguap 17,18%, daya serap iod 1096,59 mg/g. Selain itu, hasil analisa SEM setelah aktivasi menunjukkan bahwa kandung air yang terikat dan senyawa zat pengotor seperti tar telah menghilang sehingga pori-porinya semakin terbuka, akibatnya daya serapnya semakin besar jika dibandingkan dengan karbon cangkang buah karet tanpa aktivasi.

4. KESIMPULAN

Temperatur pada proses karbonisasi sangat berpengaruh terhadap rendemen dan kualitas karbon aktif. Semakin tinggi temperatur karbonisasi maka semakin rendah rendemen, kadar air, kadar zat mudah menguap yang dihasilkan. Namun semakin besar kadar abu dan daya serap iodine yang dihasilkan.

Hasil terbaik pada penelitian ini ditunjukkan pada temperatur 500°C dengan rendemen 21,39%, kadar air 12,78%, kadar abu 5,56%, kadar zat mudah menguap 17,18%, daya serap iodine 1096,59 mg/g.

Hasil analisa SEM setelah aktivasi menunjukkan kandungan air yang terikat dan senyawa zat pengotor seperti tar telah hilang sehingga pori-pori arang semakin terbuka dari ukuran 2,92 µm menjadi 15,41 µm, akibatnya daya serapnya akan semakin besar jika dibandingkan dengan karbon cangkang buah karet tanpa aktivasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, N.D. (2008). *Analisa SEM (Scanning Electrone Microscopy) dalam pemantauan proses oksidasi magnetite menjadi hematite*. Seminar Nasional-VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS, Bandung.
- Asrijal ST, Chadijah dan Aisyah (2016) “Variasi Konsentrasi Aktivator Asam Sulfat pada Karbon Aktif Ampas Tebu terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal” UIN Alauddin Makassar.
- Bassett, J., Denney, R. C., Jeffery, G. H., Mendham, J. (1994). *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Pustaka, H (Editor). Jakarta: Kedokteran EGC.
- BPS, 2015. Statistic Luas Perkebunan Lahan Karet Provinsi Kalimantan Timur. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. Samarinda.<http://kaltim.bps.go.id/Publikasi/view/id/134>
- Hambali, E., S. Mujdalipah, G. Sulistiyanto, dan T. Lesmana. 2006. Diversifikasi Produk Olahan Jarak Pagar dan kaitannya dengan Corporate Social Responsibility (CSR) perusahaan swasta di Indonesia. SBRC& Eka Cipta Fondation , IPB Bogor. Hlm 38- 45.
- Hassler, J.W., Activated Carbon, Chemical Publishing Co. Inc., New York, 1951.
- Joni Tallo Lembang, dkk, 1995 “Rekayasa Pembuatan Tungku Pembakaran Sekam padi untuk pembuatan Arang Aktif dari Sekam Padi”. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Ujung Pandang.
- Keenan, C.W. dan W. Kleinfelter. 1984. *Ilmu Kimia untuk Universitas Edisi ke-6*. Terjemahan Aloysius Hadyana Pustaka. Erlangga. Jakarta. Hal. 512-543.
- Rananda Vinsiah, Andi Suharman, dan Desi. “Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea Brasiliensis*)”. Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Sriwijaya. 2015.
- Siregar, T.H.S dan I.Suhendry. 2013. *Budidaya dan Teknologi Karet*. Penebar Swadaya. Jakarta <https://books.google.co.id>
- Smisek, M. & Cerny S. 1970. Active Carbon Manufacture Properties and Application. Amsterdam: El Savier Publishing Company. Hal 10-25
- Sudradjat, R., Pari, G. (2011). *Arang aktif: Teknologi dan Pengolahan dan Masa depannya*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan
- Sudradjat, R., Tresnawati, D., Setiawan, D. (2005). *Pembuatan Arang aktif dari Tempurung Biji jarak pagar (Jatropha curcas L.)* Bogor: Pusat LitBang Teknologi Hasil Hutan.
- Surest, A. H., Permana, I., Wibisono, R. G. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Biji Ketapang*. Sumatera Selatan: Universitas Sriwijaya
- Teger Ardyansah Bangun, Tititn Anita Zaharah, dan Anis Shofiyani. “Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Buah Karet untuk Adsorpsi Ion Besi (II) Dalam Larutan”. Program Studi Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura. 2014.
- Utomo, T Pratondo , Udin Hasanudin & Erdi Suroso. 2012. *Agroindustri Karet Indonesia*. Jakarta: PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera
- Wizna, et al. 2000. *Pemanfaatan Produk fermentasi biji karet (Hevea brasiliensis) dengan Rhizopus Oligosporus dalam ransum ayam boiler*. Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner 18-19 September

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Samarinda atas dana penelitian Dosen melalui DIPA Nomor : SP DIPA 024.04.02.401010/2018.