

PEMANFAATAN LIMBAH PADAT *PALM KERNEL CAKE* (PKC) SEBAGAI SUMBER KARBON AKTIF DENGAN PROSES KIMIA

UTILIZATION OF PALM KERNEL CAKE SOLID WASTE (PKC) AS A SOURCE OF ACTIVATED CARBON WITH CHEMICAL PROCESS

Haspiadi¹ dan Saibun Sitorus²

¹ Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda

² Dosen Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

Email : haspiadi.k@yahoo.com

Diterima : 29-02-2016

Direvisi : 12-05-2016

Disetujui : 27-04-2016

ABSTRAK

Limbah padat *palm kernel cake* (PKC) yang dihasilkan dari proses ekstraksi kernel merupakan permasalahan lingkungan yang serius di beberapa industri yang mengolah *Palm Kernel Oil* (PKO). Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah padat *Palm Kernel Cake* (PKC) sebagai sumber karbon aktif. Diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui mutu karbon aktif yang dihasilkan dibandingkan dengan SNI 06 3730-1995. Proses pengolahan yang dilakukan secara kimia dalam skala laboratorium, menggunakan dua jenis aktivator yaitu H_3PO_4 dan KOH dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%. Karbonisasi dilakukan pada suhu 400 °C selama 120 menit. Hasil uji mutu karbon aktif yang dihasilkan berdasarkan parameter kunci dengan pertimbangan penggunaan bahan kimia dengan konsentrasi aktivator terkecil menunjukkan bahwa penggunaan aktivator 6% H_3PO_4 memiliki daya serap terhadap iod sebesar (I_2) 769 mg/g, bila dibandingkan dengan SNI 06 3730-1995 telah dapat memenuhi syarat mutu. Sedangkan penggunaan aktivator KOH 10% dengan pertimbangan penggunaan bahan kimia dengan konsentrasi aktivator terkecil memiliki daya serap terhadap iod sebesar 778 mg/g.

Kata kunci : asam fosfat, kalium hidroksida, karbon aktif, limbah padat, daya serap iod, palm kernel cake

ABSTRACT

Solid waste of Palm kernel cake (PKC) is a by product of oil extraction from palm nut pose a serious environmental problem in some factories of Palm Kernel Oil (PKO). Therefore the research about utilization of palm kernel cake solid waste (PKC) as a source of activated carbon was performed. From this research is to know quality of activated carbon using palm kernel cake as a raw material to compare with the SNI 06-3730-1995. The process was carried out is chemical activation method with in laboratory scale using two types activator, which is phosphoric acid and potassium hydroxide at six different concentration 2%, 4%, 6%, 8%, 10% and 12% respectively. Whereas, carbonization was held at temperature of 400°C during 120 minutes.

The result indicated that the quality of activated carbon according to key parameters using the lowest concentration of activator fulfilling with SNI 06-3730-1995 was produced by H_3PO_4 6% with iodine adsorption capacity 769 mg/g. Meanwhile for activator KOH 10% according to key parameters using the lowest concentration of activator fulfilling with SNI 06-3730-1995 was produced by with condition of iodine adsorption capacity 778 mg/g

Keywords : activated carbon, iodine adsorption capacity, palm kernel cake, phosphoric acid, potassium hydroxide, solid waste

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi unggulan dari sektor pertanian dan berperan strategis dalam perekonomian nasional. Total luasan areal perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Timur sampai dengan bulan Juli tahun 2015 mencapai 1.059.974,61 Ha termasuk di dalamnya kebun inti, kebun plasma dan kebun rakyat. Sedangkan produksi tandan buah segar (TBS) sebesar 8.445.000 ton (Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur, 2015).

Hasil olahan kelapa sawit adalah minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) dan *palm kernel oil* (PKO). Untuk setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah tersisa limbah serat 13 %, cangkang 7 %, dan tandan kosong kelapa sawit 23 % serta inti sawit 5%. Inti sawit diolah untuk menghasilkan minyak inti sawit dan dari proses ini dihasilkan limbah *palm kernel cake* (PKC) sebesar 45-46 % (Elizabeth dan Ginting, 2003).

Bila dihitung dari total tandan buah segar kelapa sawit sampai dengan bulan Juli 2015 di Propinsi Kalimantan Timur jumlah inti sawit yang diolah menjadi minyak inti sawit (PKO) sebesar ± 422.250 ton dapat menghasilkan limbah *palm kernel cake* sebanyak ±194.235 ton atau setara dengan ±43 kg/ton tandan buah segar yang diolah.

Persentase kandungan limbah padat *palm kernel cake* terdiri dari unsur karbon sebesar 96,21%, nitrogen 2,88%, fosfat 0,60% dan kalium sebesar 0,19% (Koladel, at al., 2005). Keberadaan *palm kernel cake* berdampak negatif terhadap lingkungan bila tidak segera ditangani dengan baik. Limbah PKC mudah terurai dan menimbulkan bau yang berdampak terhadap kesehatan dan nilai estetika lingkungan dan menjadi media perkembangbiakan serangga khususnya lalat sebagai vektor penyakit.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan limbah padat *palm kernel cake* sebagai pakan ternak, namun belum maksimal karena mengandung serat

kasar yang tinggi yaitu 11,30% - 17,00% (Sukaryana, 2001). Tingginya serat kasar dalam limbah PKC menyebabkan sulit dicerna oleh hewan (Siregar dan Mirwandhono, 2004). Mengingat jumlah limbah padat PKC terus meningkat, maka diperlukan alternatif penanganan, salah satunya melalui pemanfaatan limbah padat PKC sebagai sumber karbon aktif sehingga diharapkan dapat mencegah dampak negatif terhadap lingkungan berupa pencemaran.

Karbon aktif adalah suatu bahan berupa karbon amorf yang mempunyai luas permukaan dan volume internal besar berkisar antara 500-1500 m²/g sehingga sangat efektif sebagai bahan penyerap. (Suprpto. 2008). Karbon aktif merupakan salah satu penyerap yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi karena memiliki luas permukaan yang lebih baik dibandingkan dengan penyerap lainnya (Sudibandriyo, 2003).

Kebutuhan karbon aktif saat ini cukup tinggi. Data yang dirilis oleh Bank Indonesia tahun 2013 menyebutkan potensi pasar nasional untuk keperluan karbon aktif di atas 200 ton perbulan. Kebutuhan pasar lokal saja sekitar 30 ton per bulan dan kebanyakan digunakan untuk industri pengolahan emas skala kecil. Harga jual karbon aktif kualitas tinggi Rp. 3.250.000/kg (Merck 2015) dan karbon aktif untuk *gold recovery* sekitar Rp.1.700.000/kg dan untuk karbon aktif teknis berkisar Rp. 15.000,- sampai dengan Rp. 225.000/kg.

Karbon aktif banyak dimanfaatkan di industri pangan sebagai bahan penyerap (*adsorpsi*), industri farmasi, industri logam, industri karet, industri kosmetik dan industri berbasis kaca dan pengolahan air serta pengolahan limbah yang spesifik dan akan terus berkembang seiring dengan berkembangnya teknologi.

Melihat permasalahan yang ditimbulkan dari limbah PKC, maka dilakukan penelitian pemanfaatan limbah PKC sebagai sumber karbon aktif yang dapat menjadi salah satu solusi pengelolaan limbah padat di industri CPO/

PKO yang menggunakan sumber daya alam terbarukan (*renewable*) dan ramah lingkungan. Selain itu dapat mendukung program industri hijau (*green industry*) yang dicanangkan oleh pemerintah, serta dari aspek ekonomi diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah limbah PKC, dan menunjang ketersediaan bahan baku alternatif untuk kelangsungan industri karbon aktif.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri bahan proses yaitu limbah padat PKC yang diperoleh dari PT. Sasana Yudha Bhakti, KOH dan H_3PO_4 masing-masing sebagai bahan aktivator, serta bahan pengujian untuk mutu karbon aktif terdiri dari KI, I_2 , $Na_2S_2O_3$, $5H_2O$, indikator amilum, aquadest, kertas saring Whatman No. 42.

Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri dari alat penggiling, tungku bakar untuk karbonisasi limbah padat PKC, oven, timbangan dan ayakan 160 μm (101 mesh). Sedangkan alat uji terdiri dari oven merek Memmert, timbangan analitik merek precises, sentrifius merek rion, cawan porselen 25 mL, botol timbang 50 mL, buret otomatis 10 mL skala 0,05 mL, erlenmeyer 125 mL, 250 mL dan 500 mL, labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL dan 1000 mL serta carbon analyzer merek LECO untuk uji karbon dan peralatan pendukung untuk analisis kelayakan proses terhadap dampak lingkungan, yaitu pH meter merek Adwa AD 8000, TDS meter merek erotech, sound level meter merek lutron SL-400 dan mmisi gas monitor merek sigma sain EG-5C, ppacity meter merek AT-07-01 yang terkalibrasi.

Metode

Metode yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif dari limbah padat *palm kernel cake* pada penelitian ini, merupakan metode yang sudah

dikembangkan sebelumnya untuk pembuatan karbon aktif dari batu bara dan tempurung kelapa menggunakan dua jenis aktivator kimia berbeda, masing-masing H_3PO_4 dan KOH (Siahaan dkk, 2013). Pemilihan proses kimia karena suhu dan tekanan yang dibutuhkan relatif rendah dan efek penggunaan bahan kimia mampu meningkatkan jumlah pori-pori dalam produk serta rendemen yang cukup tinggi dibandingkan proses fisika (Suzuki, *at al.*, 2007).

Proses awal pembuatan karbon aktif yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *palm kernel cake* yang diambil di pabrik CPO/PKO PT. Sasana Yudha Bhakti, group PT. Rea Kaltim Plantation, di Kabupaten Kutai Kartanegara dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kadar air maksimum 7%. Kemudian digiling menggunakan crusher dan diayak hingga diperoleh serbuk dengan diameter butiran lolos ayakan 160 μm . Sampel yang telah berbentuk serbuk di karbonisasi pada suhu 400 °C selama 120 menit dan dilanjutkan dengan proses aktivasi kimia masing-masing menggunakan dua jenis aktivator berbeda yaitu KOH dan H_3PO_4 dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%, perbandingan PKC : aktivator adalah 1:3. Proses aktivasi dilakukan dengan cara perendaman sambil dipanaskan pada suhu 175°C selama kurang lebih 120 menit.

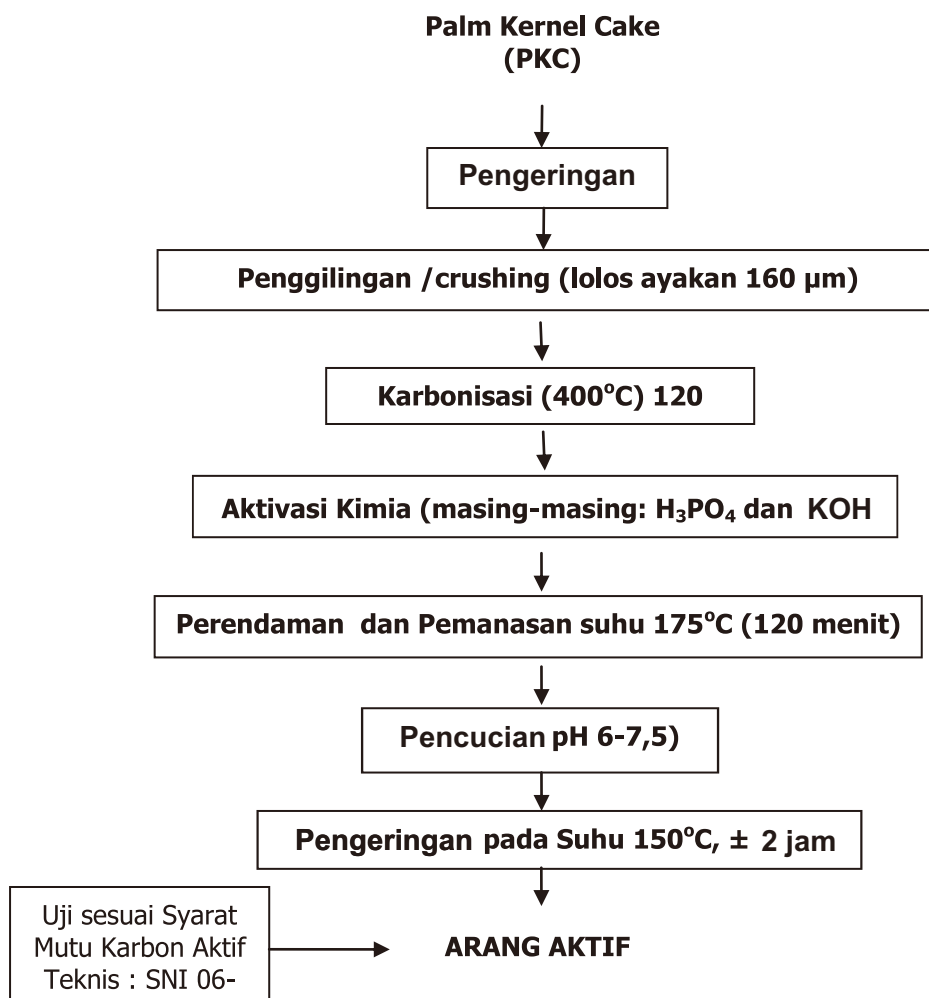
Setelah proses aktivasi selesai, karbon aktif disaring untuk memisahkan sisa larutan aktivator, kemudian karbon aktif dicuci dengan *aquadest* hingga air cucian mendekati nilai pH 6 sampai dengan 7,5. Karbon aktif yang telah disaring dikeringkan dengan oven pada suhu 150°C selama ± 120 menit.

Karbon aktif yang telah kering siap untuk diuji sesuai parameter yang dipersyaratkan SNI 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif. Diagram alir proses pembuatan karbon aktif sebagaimana Gambar 1.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan terdiri pengumpulan data kadar karbon bahan baku dari limbah padat *palm kernel cake* yang diuji sesuai standar ASTM.D 5373-8, *Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Laboratory Samples*, dengan cara mengoksidasi contoh dalam *combustion tube furnace* (CTF), kemudian dibandingkan dengan kadar karbon bahan baku lainnya yang umum digunakan untuk bahan baku karbon aktif.

Pengumpulan data primer dan analisis mutu karbon aktif sesuai SNI 06-3730-1995, tentang Karbon Aktif Teknis yaitu bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, kadar air, kadar abu, bagian tidak terarang, daya serap terhadap iod, kerapatan jenis curah. Perhitungan rendemen karbon aktif yang dihasilkan dengan cara menghitung berat bahan baku yang diolah dibandingkan dengan berat karbon aktif yang dihasilkan (Sitindaon, 2013).



Gambar 1. Proses pembuatan karbon aktif yang dilakukan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Karbon Limbah Padat *Palm Kernel Cake*

Kandungan karbon bahan baku limbah padat *palm kernel cake* yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 63,25% adb. Bila dibandingkan dengan

beberapa bahan baku yang umum digunakan sebagai sumber karbon aktif, seperti kayu keras (*hard wood*) dengan kisaran karbon 40-42 %, cangkang kelapa 40-68 % dan batubara jenis lignit 55-70 % serta batubara tua (*hard coal*) 85-95 %, maka limbah *palm kernel cake* layak digunakan sebagai sumber karbon aktif dengan kadar karbon masih berada dalam kisaran nilai karbon bahan baku karbon aktif yang umum digunakan.

Mutu dan Rendemen Karbon Aktif Kualitas dan Rendemen Karbon Aktif dengan Aktivator H₃PO₄

Hasil uji kualitas karbon aktif sesuai syarat mutu SNI 06-3730-1995, serta rendemen karbon aktif menggunakan aktivator H₃PO₄ sebagaimana Tabel 1.

Bagian yang Hilang pada Pemanasan 950°C.

Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C diujikan untuk mengetahui kesempurnaan penguraian senyawa non-karbon seperti CO₂, CO dan H₂ dan untuk mengetahui kemampuan aktivasi dari setiap larutan aktivator yang digunakan.

Hasil uji bagian yang hilang pada suhu 950°C terjadi penurunan dengan kenaikan konsentrasi aktivator. Hal ini dapat disebabkan oleh laju aktivasi pada suhu 175°C selama 120 menit meningkat dengan kenaikan konsentrasi aktivator untuk memutus rantai karbon dan senyawa organik. sehingga jumlah senyawa kadar zat menguap yang terlepas semakin meningkat. Nilai bagian yang hilang pada suhu 950°C berhubungan terhadap kemurnian dari karbon aktif yang dapat meningkatkan kemampuan penyerapan.

Nilai terendah hasil uji bagian yang hilang pada pemanasan 950°C menggunakan aktivator H₃PO₄ 12% sebesar 16,71% dan tertinggi 19,41% menggunakan aktivator 2%. Semakin rendah bagian yang hilang pada suhu 950°C tingkat kemurnian karbon aktif akan lebih baik. Bila dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis untuk semua perlakuan konsentrasi aktivator dari 2% sampai dengan 12% masih memenuhi syarat mutu yang dipersyaratkan yaitu maksimum 25 %.

Tabel 1. Mutu dan rendemen karbon aktif menggunakan aktivator H₃PO₄

Parameter	Satuan	Konsentrasi H ₃ PO ₄ (%)					
		2	4	6	8	10	12
Bagian yang Hilang pada Pemanasan 950°C	%	19,41	18,64	18,08	17,85	17,20	16,71
Kadar Air	%	3,82	3,41	3,29	3,17	3,08	3,82
Kadar Abu	%	6,99	6,95	6,96	6,91	6,66	6,57
Bagian yang tidak terarang	-	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata
Daya serap terhadap Iod (I ₂)	mg/g	571	617	769	759	796	816
Kerapatan jenis curah	g/ml	0,35	0,33	0,34	0,34	0,34	0,32
Rendemen	%	59,96	60,53	59,87	59,54	59,56	59,45

Sumber: Data primer hasil penelitian

Kadar Air Karbon Aktif

Parameter kadar air penting diukur untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif selama masa penyimpanan setelah proses produksi. Hasil pengujian terendah adalah 2,85% dengan aktivator H₃PO₄ konsentrasi 12% dan tertinggi 3,82%

dengan konsentrasi aktivator 2%. Hasil pengujian kadar air, menunjukkan hubungan berbanding terbalik dengan kenaikan konsentrasi aktivator yaitu kadar air menurun dengan kenaikan konsentrasi. Menurut Miranti (2012), bahwa fungsi aktivator sebagai penhidrasi atau pengikat

air, menyebabkan pelepasan air akan maksimal dengan kenaikan konsentrasi aktivator.

Demikian pula kadar air yang rendah karena adanya ikatan molekul air baik yang terikat maupun bebas dalam bahan arang selama proses aktivasi oleh bahan aktivator, sebagaimana dijelaskan pula oleh Gilar (2013) bahwa Kadar air karbon aktif yang rendah menunjukkan tingkat keberhasilan agen aktivator kimia dalam mengikat molekul air.

Hasil uji kadar air bila dibandingkan dengan SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis, kadar air karbon aktif menggunakan aktivator H_3PO_4 2% sampai dengan 12% masih memenuhi syarat mutu yaitu maksimum 15%.

Kadar Abu Karbon Aktif

Kadar abu karbon aktif dapat memberikan gambaran tingginya kandungan mineral yang terdapat di dalam bahan baku limbah padat *palm kernel cake* yang tidak terbakar pada saat proses karbonisasi dan pelepasan mineral yang terdekomposisi dan terabukan (Tutik, 2001). Dari aspek kualitas karbon aktif kadar abu yang semakin rendah menggambarkan kemurnian dari karbon aktif akan semakin baik.

Secara umum nilai kadar abu untuk setiap konsentrasi aktivator menunjukan kecenderungan yang menurun dengan kenaikan konsentrasi aktivator walupun kecil. Parameter kadar abu karbon aktif hasil pengujian terendah adalah 6,61% menggunakan aktivator H_3PO_4 8% dan tertinggi 7,02% dengan konsentrasi aktivator 2%. Bila dibandingkan dengan SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis, keseluruhan hasil uji kadar abu telah memenuhi syarat mutu yaitu maksimum 10%.

Bagian yang Tidak Terarang dari Karbon Aktif

Parameter bagian yang tidak terarang yang dianalisa secara visual untuk semua perlakuan baik 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% menunjukkan bagian yang

belum terarang tidak tampak atau nihil. Berarti proses karbonisasi pada suhu $400^\circ C$ cukup optimal. Sebagaimana dijelaskan oleh Siahaan, dkk. (2013) bahwa pada suhu $400^\circ C$ terjadi proses dekomposisi termal dari bahan yang mengandung karbon dan menghilangkan spesies non-karbonnya.

Pengamatan terhadap karbon aktif yang dihasilkan untuk semua perlakuan konsentrasi aktivator tidak nyata adanya bagian yang tidak menjadi arang atau secara fisik berbentuk karbon padat sesuai dengan syarat mutu SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Karbon Aktif Teknis.

Daya Serap Terhadap Iod (I_2)

Hasil uji daya serap terhadap iod, secara umum menunjukkan kenaikan dengan kenaikan konsentrasi aktivator yang digunakan kecuali perlakuan konsentrasi 8% terdapat penurunan walaupun sangat kecil. Hasil uji tertinggi adalah 816 mg/g menggunakan aktivator H_3PO_4 dengan konsentrasi 12% dan terendah 571 mg/g menggunakan aktivator 2%.

Karbon aktif yang telah memenuhi syarat mutu sesuai SNI 06-3730-1995 untuk daya serap iod di atas dari batas minimal yang dipersyaratkan yaitu 750 mg/g yaitu menggunakan aktivator dengan konsentrasi 6%, 8%, 10% dan 12%. Sedangkan karbon aktif menggunakan aktivator 2% dan 4% belum memenuhi syarat mutu atau daya serap terhadap iod kurang dari 750 mg/g. Bila dibandingkan dengan karbon aktif yang dihasilkan dari bahan baku pelepah aren menggunakan aktivator H_3PO_4 tertinggi diperoleh untuk daya serap terhadap iod sebesar 767,745 mg/g (Esterlita dan Herlina, 2015), sedangkan karbon aktif dari palm kernel cake dengan aktivator H_3PO_4 6% masih lebih tinggi yaitu 769 mg/g .

Rendahnya daya serap karbon aktif terhadap iod yang menggunakan konsentrasi aktivator kurang dari 6% menunjukkan kemampuan larutan H_3PO_4 pada konsentrasi tersebut untuk melarutkan komponen ter yang terkandung

dalam pori-pori rendah. Sebagaimana dijelaskan oleh Jankowska, *et al* (1991) bahwa pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka pori-pori karbon, akan sangat tergantung pada konsentrasi aktivator.

Demikian pula semakin tinggi konsentrasi aktivator akan menyebabkan semakin banyak zat pengotor berupa zat organik maupun anorganik melarut dan lepas dari permukaan pori-pori karbon, serta terjadinya pergeseran pelat-pelat karbon yang menyebabkan terdorongnya residu-residu hidrokarbon, sehingga akan menyebabkan peningkatan daya serap karbon aktif (Pari dan Sailah, 2001).

Kerapatan Jenis Curah Karbon Aktif

Kerapatan jenis curah karbon aktif terendah adalah 0,32 g/mL dengan aktivator 12% dan tertinggi 0,35 g/mL dengan konsentrasi aktivator 2%. Bila dibandingkan dengan SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis, nilai kerapatan jenis curah telah memenuhi syarat mutu yaitu berada pada kisaran nilai 0,30–0,35 mg/L.

Kerapatan jenis curah sangat dipengaruhi oleh kemurnian dari karbon aktif yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan nilai serapan karbon aktif yang menggambarkan adanya pelepasan senyawa-senyawa hidrokarbon dengan kenaikan konsentrasi yang berpengaruh juga terhadap berat jenis dari karbon aktif yang dihasilkan.

Rendemen Karbon Aktif

Selain uji parameter kimia maupun fisik karbon aktif, juga dilakukan perhitungan rendemen. Hasil perhitungan rendemen karbon aktif yang dihasilkan secara umum untuk konsentrasi aktivator H₃PO₄ 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% tidak berbeda jauh, sebagaimana pada Tabel 4.1. Rendemen berkisar 59,45 - 60,53 (%). Rendemen tertinggi 60,53% untuk konsentrasi aktivator 4% dan terendah untuk aktivator 2% dan 12%. Rendemen karbon aktif yang dihasilkan cenderung menurun seiring kenaikan

konsentrasi aktivator. Hal ini berhubungan dengan bobot karbon aktif yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tingkat kemurnian karena tingginya bahan-bahan terikat dalam pori yang terlepas sebagai *impurities* pada saat proses aktivasi yang berhubungan dengan penurunan bobot. Sebagaimana dijelaskan oleh Ramdja, dkk. (2008) bahwa penurunan rendemen karbon aktif disebabkan oleh meningkatnya laju reaksi antara karbon dan gas-gas di dalam furnace dan makin banyaknya jumlah senyawa kadar zat menguap (*volatile matter*) yang terlepas.

Indikator lainnya yaitu kandungan karbon bahan baku limbah padat *palm kernel cake* yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 63,25%, bila dilihat rendemen karbon aktif yang dihasilkan rata-rata lebih rendah, dapat menunjukkan bahwa sebagian besar komponen penyusun, baik air maupun material lainnya yang mudah menguap ikut teruapkan atau terlepas selama proses aktivasi.

Data hasil uji karbon aktif pada Tabel 4.1, untuk parameter bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, kadar air dan kadar abu menggunakan aktivator H₃PO₄ konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% bila dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995 telah memenuhi syarat mutu. Demikian pula dengan bagian yang tidak terarang, telah sesuai syarat mutu karbon aktif SNI 06-3730-1995 yaitu tidak nyata secara visual.

Parameter daya serap terhadap iod karbon aktif sebagai salah satu parameter kunci yang memenuhi syarat mutu sesuai SNI 06-3730-1995 adalah konsentrasi 6%, 8%, 10% dan 12%, sedangkan konsentrasi 2% dan 4% belum memenuhi atau di bawah dari nilai minimal yang dipersyaratkan yaitu 750 mg/g. Kemudian parameter kerapatan jenis curah karbon aktif menggunakan aktivator H₃PO₄ konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% telah memenuhi (berada dalam kisaran nilai yang ditetapkan) sesuai SNI 06-3730-1995.

Secara keseluruhan parameter uji bagian yang hilang pada suhu 950°C, kadar air, kadar abu, bagian yang tidak terarang dan kerapatan jenis curah telah memenuhi syarat mutu dengan hasil yang bervariasi, kecuali daya serap iod yang memenuhi hanya konsentrasi 6%, 8%, 10% dan 12%. Untuk karbon aktif yang terbaik ditetapkan berdasarkan parameter kunci yaitu daya serap iod menggunakan

konsentrasi aktivator terendah mempertimbangkan penggunaan bahan kimia sekecil mungkin, sehingga dampak negatif dapat dicegah dan biaya yang timbul dapat ditekan, tetapi produk karbon aktif yang dihasilkan tetap memenuhi syarat mutu SNI 06-3730-1995 yaitu karbon aktif menggunakan aktivator 6% H₃PO₄.

Tabel 2. Kualitas dan rendemen karbon aktif menggunakan aktivator KOH.

Parameter	Satuan	Konsentrasi KOH (%)					
		2	4	6	8	10	12
Bagian yang Hilang pada Pemanasan 950°C	%	19,65	19,48	18,39	18,84	18,16	16,94
Kadar Air	%	4,93	3,78	3,64	2,64	2,84	1,65
Abu	%	7,93	6,90	7,74	7,86	7,17	7,71
Bagian yang tidak terarang	-	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata
Daya serap terhadap iod (I ₂)	mg/g	510	661	662	667	778	795
Kerapatan jenis curah	g/ml	0,37	0,35	0,34	0,35	0,32	0,34
Rendemen	%	60,26	60,25	59,16	60,11	59,14	59,85

Sumber : Data primer hasil penelitian

Kualitas dan Rendemen Karbon Aktif dengan Aktivator KOH

Hasil uji kualitas karbon aktif sesuai syarat mutu SNI 06-3730-1995, serta rendemen karbon aktif yang dihasilkan menggunakan aktivator KOH sebagaimana Tabel 2.

Bagian yang Hilang pada Pemanasan 950°C

Parameter bagian yang hilang pada pemanasan 950°C untuk mengetahui kesempurnaan penguraian senyawa non-karbon nilai terendah 16,94% menggunakan aktivator KOH 12% dan tertinggi 19,65% menggunakan aktivator KOH 2%. Bila dibandingkan dengan SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis, untuk semua konsentrasi aktivator dari 2% sampai dengan 12% telah memenuhi syarat mutu yang dipersyaratkan yaitu maksimum 25%.

Rendahnya kandungan material yang terukur dalam pengujian bagian yang hilang pada suhu 950°C dapat menunjukkan kemampuan aktivasi pada

konsentrasi 2% sampai dengan 12% melepaskan zat-zat terbang yang masih tersisa dalam proses karbonisasi berupa uap yang mengembun dan terikat seperti ter.

Kemampuan aktivator KOH melepas zat-zat terikat pada saat proses aktivasi ditunjukkan dengan hubungan berbanding terbalik antara hasil uji bagian yang hilang pada suhu 950°C dengan kenaikan konsentrasi aktivator yaitu konsentrasi aktivator semakin tinggi, bagian yang hilang pada suhu 950°C semakin kecil.

Kadar Air Karbon Aktif

Kadar air karbon aktif yang menggambarkan sifat higroskopis untuk aktivasi menggunakan KOH hasil pengujian terendah adalah 1,65% dengan konsentrasi aktivator 12% dan tertinggi 4,93% dengan konsentrasi aktivator 8%. Penurunan kadar air menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik dengan kenaikan konsentrasi aktivator yaitu semakin tinggi konsentrasi maka semakin rendah kadar air karbon aktif. Hal

ini sesuai dengan fungsi aktivator sebagai penhidrasi yang mengikat molekul air yang terkandung dalam bahan, selama proses aktivasi dengan pemanasan (Miranti, 2012).

Bila dibandingkan dengan SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis maka kadar air karbon aktif untuk konsentrasi aktivator 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% telah memenuhi syarat mutu yaitu maksimum 15%.

Kadar Abu Karbon Aktif

Parameter kadar abu karbon aktif hasil pengujian tertinggi adalah 7,93% menggunakan aktivator KOH 2% dan terendah 6,90% dengan konsentrasi aktivator 4%. Sebagaimana penggunaan aktivator H_3PO_4 , karbon aktif yang menggunakan aktivator KOH dengan konsentrasi berbeda, juga tidak menunjukkan adanya korelasi yang signifikan dengan kenaikan konsentrasi aktivator. Namun secara umum pada kisaran konsentrasi 2% sampai dengan 12% mampu melepaskan sisa abu mineral yang masih terikat dalam pori-pori karbon.

Secara keseluruhan untuk semua konsentrasi aktivator yang digunakan yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%, bila dibandingkan dengan SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis, maka kadar abu telah memenuhi syarat mutu maksimum 10%.

Bagian yang Tidak Terarang

Parameter bagian yang tidak terarang dianalisa secara visual. Hasil pengamatan untuk semua perlakuan baik 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% menunjukkan bagian yang belum terarang tidak tampak atau nihil. Berarti proses karbonisasi pada suhu $400^\circ C$ yang dilakukan mampu mengkonversi bahan non-karbon menjadi karbon. Hasil uji dinyatakan dengan tidak tampak dan bila mengacu syarat mutu SNI Nomor 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif Teknis secara umum telah sesuai.

Daya Serap Terhadap Iod (I_2)

Parameter daya serap terhadap iod (I_2) menunjukkan kenaikan yang berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi aktivator yang digunakan. Hasil uji tertinggi adalah 795 mg/g menggunakan aktivator KOH konsentrasi 12% dan terendah 510 mg/g dengan konsentrasi aktivator 2%.

Hasil uji karbon aktif bila dibandingkan dengan SNI Nomor 06-3730-1995, yang masih memenuhi syarat mutu adalah karbon aktif dengan aktivator konsentrasi terendah 10% memiliki daya serap terhadap iod sebesar 778 mg/g, sedangkan syarat minimal 750 mg/g. Sedangkan karbon aktif dengan konsentrasi aktivator 2% sampai 8% belum memenuhi syarat mutu atau lebih rendah dari 750 mg/g.

Masih rendahnya daya serap karbon aktif terhadap iod menggunakan aktivator kurang dari 8% dapat disebabkan oleh kemampuan larutan KOH pada konsentrasi tersebut untuk melarutkan komponen organik dan anorganik ataupun pengotor lainnya yang terkandung dalam pori sangat rendah yang melapisi permukaan arang. Sebagaimana dijelaskan oleh Jankowska, *et al* (1991) bahwa pembuatan karbon aktif yang bertujuan untuk membuka pori-pori karbon, akan sangat tergantung pada konsentrasi aktivator. Namun bila dibandingkan dengan karbon aktif yang dibuat dari pelepah aren menggunakan aktivator KOH tertinggi dihasilkan adalah 621,81 mg/g (Esterlita dan Herlina, 2015), karbon aktif yang dihasilkan dari bahan baku palm kernel cake umumnya masih lebih tinggi.

Kerapatan Jenis Curah Karbon Aktif

Kerapatan jenis curah dengan hasil uji terendah 0,32 g/mL menggunakan aktivator 10% dan tertinggi 0,37 g/mL dengan konsentrasi aktivator 2%. Karbon aktif dengan konsentrasi aktivator 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% telah memenuhi syarat mutu atau berada dalam kisaran nilai yang dipersyaratkan SNI 06-3730-1995 tentang Syarat Mutu Karbon Aktif

Teknis, sedangkan penggunaan aktivator KOH 2% nilai kerapatan jenis curah belum memenuhi yaitu 0,37 g/mL atau diluar kisaran yang dipersyaratkan yakni 0,30–0,35 mg/L. Nilai tersebut terkait dengan masih tingginya kadar pengotor berupa ter dan bahan anorganik lainnya yang belum mampu terlepas oleh proses aktivasi dengan KOH 2%.

Rendemen Karbon Aktif

Rendemen karbon aktif yang dihasilkan, secara umum untuk semua karbon aktif yang dihasilkan menggunakan aktivator KOH tidak berbeda jauh sebagaimana pada Tabel 4.2. Rendemen berkisar 59,16- 60,26 % dengan rendemen tertinggi 60,26% untuk konsentrasi aktivator 2% dan terendah untuk aktivator 4%.

Rendemen karbon aktif yang dihasilkan terjadi penurunan dengan kenaikan konsentrasi aktivator. Menurunnya rendemen dapat disebabkan tingginya bahan-bahan terikat dalam pori-pori yang terlepas dengan kenaikan konsentrasi aktivator sehingga terjadi pengurangan massa.

Rendemen karbon aktif rata-rata lebih rendah dari kandungan karbon dalam limbah padat *palm kernel cake* yaitu 63,25% yang merupakan komponen utama. Hal ini terjadi karena sebagian besar bahan-bahan non karbon telah terkikis dan teruapkan seperti air dan zat-zat yang mudah menguap lainnya (Mulyati, 2006).

Data Hasil uji karbon aktif pada Tabel 2 untuk parameter bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, kadar air dan kadar abu untuk keseluruhan konsentrasi masih di bawah batas maksimum yang dipersyaratkan oleh SNI 06-3730-1995. Demikian pula dengan bagian yang tidak terarang pengamatan secara visual untuk semua konsentrasi aktivator tidak nyata sebagaimana dipersyaratkan oleh SNI.

Parameter daya serap terhadap iod dari hasil uji karbon aktif menggunakan aktivator KOH yang memenuhi syarat mutu sesuai SNI 06-3730-1995, hanya

konsentrasi 10% dan 12%. Sedangkan konsentrasi 2%, 4%, 6% dan 8% tidak memenuhi syarat mutu atau di bawah batas minimal yang dipersyaratkan yaitu 750 mg/g.

Kerapatan jenis curah karbon aktif yang dihasilkan menggunakan aktivator KOH dengan konsentrasi 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% telah memenuhi syarat mutu sesuai SNI 06-3730-1995, namun untuk konsentrasi 2% tidak memenuhi atau diluar dari kisaran nilai yang dipersyaratkan yaitu antara 0,30 – 0,35.

Secara keseluruhan parameter uji bagian yang hilang pada suhu 950°C, kadar air, kadar abu dan bagian yang tidak terarang untuk semua konsentrasi telah memenuhi syarat mutu dengan hasil yang bervariasi kecuali kerapatan jenis curah dan daya serap iod belum memenuhi semua. Sehingga penetapan karbon aktif yang terbaik berdasarkan parameter kunci yaitu daya serap iod menggunakan konsentrasi aktivator terendah mempertimbangkan penggunaan bahan kimia sekecil mungkin, sehingga dampak negatif dapat dicegah dan biaya yang timbul dapat ditekan, tetapi produk karbon aktif yang dihasilkan tetap memenuhi syarat mutu SNI 06-3730-1995 yaitu karbon aktif yang dihasilkan menggunakan aktivator 10%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Karbon aktif terbaik dari bahan limbah padat *PKC* yang memenuhi syarat mutu SNI 06-3730-1995, dengan pertimbangan parameter kunci yaitu daya serap iod terpenuhi dengan penggunaan aktivator konsentrasi terkecil adalah menggunakan aktivator 6% H₃PO₄ dan KOH 10%.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk konsentrasi aktivator 5% H₃PO₄ dan KOH 9% dengan asumsi pada konsentrasi tersebut masih memungkinkan diperoleh nilai serapan iod yang lebih besar dari 750 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM.D 5373-8, *Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Laboratory Samples*. Vol: 05.06.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. 2013. Potensi Kelapa Sawit di Kalimantan Timur. Kalimantan Timur Dalam Angka 2013.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. SNI 06-3730-1995 Tentang Arang Aktif Teknis, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur, 2015. Rekapitulasi Luas Lahan Perusahaan Perkebunan dan Sawit Rakyat, Pabrik Kelapa Sawit di Kalimantan Timur. Laporan: Posisi s/d Juli 2015
- Elizabeth J. dan Ginting S.P., 2003. Pemanfaatan Hasil Samping Industri Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pakan Ternak Sapi Potong. Lokakarya Sistem Integrasi Kelapa Sawit.
- Esterlita M.O. dan Herlina N., 2015. Pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH dan H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*arenga Pinnata*). Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4 No. 1.
- Gilar S. Pambayun, Remigius Y.E., Yulianto M., Rachimoallah, Endah M.M. dan Putri. 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, Hal. 15-29
- Jankowska H., Swiatkowski A., Choma J. and Horwood E. 1991. "Active Carbon". West Sussex, England, and Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. 2013. Market Brief Kelapa Sawit –ITPC Hamburg.
- Koladel O.O., Coker A.O., Sridhar M.K.C. and Adeoye G.O. 2005. *Palm Kernel Waste Management Through Composting and Crop Production*. Chartered Environmental Health Jurnal. Vol. 5. No.2, pp. 1-6
- Merck 2015. Daftar Harga Tahun 2015. PT. Merck Chemicals and Life Science.
- Miranti S.T., 2012. Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H_3PO_4 dan KOH. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Mulyati S. 2006. Potensi Batubara Lokal dengan Perlakuan sebagai Adsorben untuk Penanganan Limbah Cair Benzena dan Toluena. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, FTUI.
- Pari G. dan Sailah I. 2001. Pembuatan Arang Aktif Dari Sabut Kelapa Sawit Dengan Bahan Pengaktif NH_4HCO_3 Dan $(NH_4)_2CO_3$ Dosis Rendah. Buletin Penelitian Hasil Hutan. Vol.19. No. 4,
- Ramdja A.F., Mirah H. dan Handi J., 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa (*cocus nucifera*). Jurnal Teknik Kimia, Vol. 15. No. 2.
- Sembiring M.T. dan Sinaga T.S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera. Sumatera.
- Siregar Z. dan Mirwandhono E., 2004. Evaluasi Pemanfaatan BIS yang Difermentasi dengan *Aspergillus Niger* hidrolisat tepung bulu ayam dan suplementasi mineral Zn dalam ransum ayam pedaging.
- Sitindaon E. 2013. *Analysis of The Potential of Palm Shell Waste When Used As Activated Charcoal in Riau Province*. Universitas Riau.
- Sudibandriyo M. 2003. "A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High Pressure on Carbon Adsorben". Dissertasi PHD, Oklahoma State University.
- Sukaryana Y. 2001. Pengaruh Fermentasi Bungkil Inti Sawit dengan *Trichoderma Viride* Terhadap Perubahan Komposisi Kimia. Jurnal Penelitian Terapan. Vol 9. No. 3, hal. 66-71.

Suprpto, S. 2008. Karbon Aktif "Ensiklopedia Batubara".

Suzuki R.M., Andrade A.D., Sousa J.C. and Rollemberg M.C., 2007. *Preparation and Characterization of Activated Carbon from Rice Bran*. Departemen of Chemistry, Universidade Estadual de Maringó, Brazil. Bioresource

Technology. Vol. 98. No. 10, pp: 1985-1991

Tutik M. dan Faizah H. 2001. Aktifasi Arang Tempurung Kelapa Secara Kimia dengan Larutan Kimia $ZnCl_2$, KCL dan HNO_3 : Jurusan Teknik Kimia UPN Yogyakarta.