

KARBON AKTIF DARI BATUBARA LIGNITE DENGAN PROSES AKTIVASI MENGGUNAKAN HIDROGEN FLOURIDA

Ajie Novananda, Ira Rahmawati, Sani^{*)}, Dwi Hery Astuty, Lilik Suprianti

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Surabaya, 60294, Indonesia Telp. (031) 876369
*Email : sanisjamsu@gmail.com

Abstrak

Lignit merupakan jenis batu bara yang mengandung banyak pengotor dan memiliki nilai kalor relatif rendah sehingga tidak banyak dimanfaatkan untuk bahan bakar, tetapi mengandung senyawa karbon yang cukup tinggi sehingga mempunyai peluang untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan karbon aktif. Pada penelitian ini dilakukan sintesa lignit menjadi karbon aktif dengan menggunakan aktivator Hidrogen Florida (HF). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator HF dan suhu aktivasi pada pembuatan karbon aktif dari batubara lignit. Proses sintesa lignit menjadi karbon aktif diawali dengan melakukan preparasi batubara melalui proses karbonasi pada temperatur 500°C selama 2 jam. Selanjutnya serbuk batu bara dihaluskan dan diayak untuk diperoleh ukuran yang seragam 100 mesh. Serbuk batu bara direndam pada larutan HF dengan perbandingan 1:10. Konsentrasi larutan HF bervariasi sebesar: 2, 2,5, 3, 3,5, 4 % volume. Perendaman dilakukan selama 5 jam pada temperatur 30°C, kemudian larutan disaring dan residu batu bara diaktivasi menggunakan furnace dengan variabel temperatur 700; 750; 800; 850; 900 °C selama 2 jam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa karbon aktif terbaik didapatkan pada konsentrasi HF 4% dan suhu aktivasi 900°C dengan daya serap terhadap iodin (I₂) sebesar 810,75 mg/g, kadar air 1,9992%, kadar zat terbang 0,192%, kadar abu 5,408% dan fixed carbon mencapai 92,401%.

Kata kunci: aktivasi fisika ; aktivasi kimia ; batubara ; hidrogen fluoride ; carbon aktif ; lignit.

ACTIVATED CARBON FROM LIGNITE BY HYDROGEN FLUORIDE ACTIVATION

Abstract

Lignite is a lowest rank type of coal containing high enough impurity minerals and relatively low calorific value, so it is rarely used. This study aims to determine the best conditions by understanding the effect of HF activator concentration and activation temperature on activated carbon from lignite coal. The factors that influence the activation process are particle size of the material, type of activator, activator concentration, activation time and activation temperature. Coal was prepared by carbonization at 500°C for 2 hours. Then, 100 mesh coal was immersed using HF solution with a concentration of: 2, 2.5, 3, 3.5, 4% for 5 hours at 30°C at a ratio of 1:10. The sample was filtered and the next process was physical activation using a furnace at an activation temperature of 700; 750; 800; 850; 900°C for 2 hours. In this study, the best results obtained activated carbon at a concentration of 4% HF and an activation temperature of 900°C with an adsorption of I₂ of 810.75 mg/g, moisture content of 1.9992%, volatile matter 0.192%, ash content of 5.408% and fixed carbon reached 92.401%.

Keyword : activated carbon ; coal ; chemical activation ; hydrogen fluoride ; lignite; physics activation.

PENDAHULUAN

Di Indonesia cadangan batubara sebanyak 25,2 millar ton yang tersebar di Sumatera sebanyak 81,3 %, Kalimantan 18,2 %, Sulawesi 0,3 %, Jawa 0,1 % dan

Irian sebesar 0,015 % (Pari, 2000). Dari cadangan batubara tersebut, penambangan batu bara lebih banyak dilakukan untuk jenis batubara bitumine dan sub-bitumine yang memiliki kualitas lebih baik, sedangkan batubara lignit kurang ekonomis dan tidak

dapat memenuhi kriteria pasar. Dengan demikian dapat diprediksi bahwa yang tersisa dimasa mendatang adalah sejumlah besar cadangan batubara lignit. Lignit merupakan batubara peringkat rendah. Kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara. Sifat batubara jenis lignit adalah: berwarna hitam, sangat rapuh, memiliki nilai kalor yang relatif rendah, mempunyai kandungan karbon relatif kecil, kandungan air, abu dan sulfur cukup banyak (Billah, 2010).

Pemanfaatan batubara lignit salah satunya adalah sebagai karbon aktif. Karbon aktif memiliki tekstur dengan porositas tinggi dan luas permukaan yang besar serta memiliki gugus fungsional yang berbeda beda tergantung teknik pembuatannya (Jawad *et al.*, 2019).

Berdasarkan sifat kimia, karbon aktif tidak hanya mengandung atom karbon saja, tetapi juga mengandung sejumlah kecil oksigen dan hidrogen yang terikat secara kimia dalam bentuk gugus-gugus fungsi yang bervariasi, misalnya gugus karbonil (CO), karboksil (COO), fenol, lakton, dan beberapa gugus eter. Berdasarkan sifat fisika, karbon aktif mempunyai beberapa karakteristik, antara lain berupa padatan yang berwarna hitam, tidak berasa, tidak berbau, bersifat higroskopis, tidak larut dalam air, asam, basa ataupun pelarut-pelarut organik. Di samping itu, karbon aktif juga tidak rusak akibat pengaruh suhu maupun penambahan pH selama proses aktivasi (Bansal dan Goyal, 2005).

Proses pembuatan karbon aktif ada dua tahap yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses karbonisasi adalah pembakaran biomassa tanpa adanya kehadiran oksigen, sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter* dan menyisakan kandungan karbonnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan hasil karbonisasi adalah berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Menurut Putro (2015) semakin tinggi temperatur dan waktu karbonisasi, maka nilai kalor, kadar karbon dan kadar abu semakin meningkat. Sedangkan kadar air dan *volatile matter* semakin menurun (Putro dkk, 2015). Dalam studi yang dilakukan zanderson (1999) menunjukkan peningkatan temperatur karbonisasi dari 320°C sampai 600°C juga meningkatkan kadar karbon yang terikat pada proses karbonisasi ampas tebu (Zandersons *et al.*, 1999) tebu terhadap kandungan karbon terikat dalam arang.

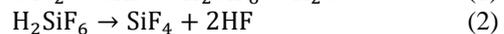
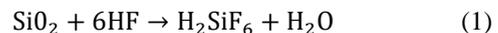
Proses aktivasi pada prinsipnya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Pada aktivasi kimia dilakukan perendaman pada karbon dengan dengan senyawa kimia diantaranya H₃PO₄, HF, NH₄Cl, AlCl₃, HNO₃, KOH, NaOH, KMnO₄, SO₃, H₂SO₄ dan K₂S. Sedangkan aktivasi fisika adalah aktivasi karbon secara fisika dengan menggunakan osidator lemah, misalnya uap air, gas CO₂, N₂, O₂ dan gas pengoksidasi lainnya. Proses ini tidak terjadi oksidasi terhadap atom-atom karbon,

tetapi oksidator tersebut hanya mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan pori pada arang. Prinsip aktivasi ini dimulai dengan mengalir gas-gas ringan, seperti uap air, CO₂, atau udara ke dalam retort yang berisi arang atau karbon dan dipanaskan pada suhu 800 - 1000°C. Pada suhu di bawah 800°C, proses aktivasi dengan uap air atau gas CO₂ berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu di atas 1000°C, akan menyebabkan kerusakan struktur kisi-kisi heksagonal arang atau karbon (Lempang, 2014).

Sintesa lignit menjadi karbon aktif telah dilakukan oleh bebarapa peneliti pendahulu. Namun penentuan kondisi optimum karbonasi dan aktivasi serta pemilihan aktivator menarik untuk terus dilakukan dalam upaya peningkatan kualitas dari karbon aktif yang dihasilkan. Suliestiyah dan Astuti, 2004, melakukan pembuatan karbon aktif dari batubara lignit dengan proses karbonisasi dilakukan pada temperatur 500°C selama 2 jam menggunakan aktivator ZnCl₂. Kondisi optimum dihasilkan pada penambahan aktivator ZnCl₂ sebanyak 40 %. Hasil terbaik yaitu dihasilkan *fixed carbon* 42,38% dan daya serap iodine 1288,8 mg/g (Suliestyah dan Astuti, 2014).

Penelitian Patmawati dan Kurniawan (2017) menjelaskan proses karbonisasi batu bara lignit dilakukan pada temperature 600°C selama 3 jam. Proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan aktivator H₃PO₄ dan kombinasi H₃PO₄-NaHCO₃. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan aktivator kombinasi H₃PO₄-NaHCO₃ dengan waktu aktivasi 6 jam. Nilai *fixed carbon* didapatkan sebesar 71,78% dan daya serap iodine sebesar 505,01 mg/g (Patmawati dan Kurniawan, 2017).

Pada penelitian ini, akan dilakukan peningkatan kualitas karbon dengan melakukan proses karbonisasi pada batubara lignit yang selanjutnya dilakukan aktivasi kimia (pengontakan) dengan larutan HF. Pemilihan aktivator tersebut didasarkan pada pemurnian karbon aktif dengan jalan menghilangkan impuritis yang merupakan logam oksida (abu) salah satu dominannya adalah SiO₂. Pemilihan HF juga didasarkan pada fenomena reaksi kimia sebagai berikut:



(Vogel, 1979).

Penggunaan larutan HF sebagai aktivator pada proses sintesa karbon aktif karena larutan HF mampu melarutkan 99,5% silika dalam karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif bertambah. Pelarut HF dipilih karena bersifat hydrophobic cukup kuat, dan banyak menghilangkan pengotor tetapi tidak merusak struktur karbon (Rahmah, Zakir dan Ramang, 2017).

Pada penelitian ini akan dicari kondisi optimum proses aktivasi baik secara kimia maupun fisika yang menghasilkan karbon aktif dengan perfor-

ma terbaik, dimana penentuan konsentrasi aktivator HF terbaik belum pernah diteliti sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah batubara lignite yang berasal dari kota Batulicin, Kalimantan Selatan. Larutan Hidrogen fluorida (HF) 55% sebagai zat aktivator yang didapat dari Toko Kurnia Kimia, Rewin, Surabaya. Larutan Iodine (I_2) 0,1 N dan Natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) 0,1 N sebagai bahan pembantu untuk analisa bilangan iodine karbon aktif.

Alat

Pada penelitian ini digunakan peralatan utama yaitu Furnace. Alat tambahan adalah seperangkat alat titrasi.

Prosedur

Tahap persiapan

Pada tahap persiapan, batubara lignit dianalisa dengan uji proximate. Analisa Uji proximate dilakukan untuk mengetahui kadar air, kadar zat mudah terbang (*volatile matter*), kadar abu dan kadar fixed karbon. Uji proximat dilakukan di laboratorium Mineral & Material Maju, Universitas Negeri Malang.

Tahap karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan H_2O serta untuk mengubah struktur atom karbon. Proses karbonisasi dilakukan dengan pemanasan menggunakan furnace pada suhu $500^\circ C$ selama 2 jam.

Tahap aktivasi

Setelah melalui tahap karbonisasi, karbon yang dihasilkan didinginkan terlebih dahulu kemudian dihaluskan. Untuk mendapat ukuran yang seragam, serbuk karbon ditapis dengan menggunakan ayakan ukuran 100 mesh, pada proses aktivasi diambil sejumlah 50 gram serbuk karbon dan direndam menggunakan larutan HF dengan perbandingan 1:10 untuk setiap variabe konsentrasi larutan HF dengan variabel konsentrasi 2; 2,5; 3; 3,5 dan 4% volume. Perendaman dilakukan selama 5jam pada suhu kamar atau sekitar $30^\circ C$. Masing masing sampel selanjutnya disaring lalu padatan yang diperoleh dibagi menjadi 5 bagian dengan masing-masing bagian sejumlah 10gram. Setiap bagian sampel kemudian diaktivasi secara fisika yaitu dengan pemanasan menggunakan furnace dengan variabel suhu 700, 750, 800, 850 dan $900^\circ C$ selama 2 jam. Kemudian sampel didinginkan dan dilakukan tahap pengujian.

Analisa morfologi

Analisa morfologi dari kristal karbon dilakukan dengan analisa *Scanned Electron Microscope* (SEM) di laboratorium pada labotaroium instrumet

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.

Analisa bilangan Iodine

Bilangan Iodine menunjukkan besarnya daya serap karbon aktif terhadap molekul I_2 . Prosedur analisa bilangan iodine adalah karbon aktif adalah sebanyak 0,15 gram dicampurkan dengan 50 ml larutan Iodine 0,1 N. kemudian diadukan selama 15 menit secara berkala. Pindahkan larutan dalam tabung sentrifugal sampai karbon aktif turun atau mengendap. Ambil 10 ml larutan Iodine dan titrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N hingga warna kuning larutan mulai samar. Tambahkan larutan amilum 1% sebagai indikator. Titrasi kembali dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N hingga warna biru tua menjadi bening. (Surest, Kasih dan Wisanti, 2008).

Penentuan kadar air

Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Prosedur penetapan kadar air sebagai berikut: Timbang 1gram sampel karbon aktif dan masukkan dalam cawan porselen. Panaskan dalam oven pada suhu $105-110^\circ C$ selama 1jam. Dinginkan dalam desikator kemudian timbang beratnya hingga konstan.

$$\text{Kadar air} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

a = Berat karbon aktif awal (gram)

b = Berat karbon aktif setelah dipanaskan (gram)

(Surest, Kasih dan Wisanti, 2008)

Penentuan kadar zat terbang (*volatile matter*)

Analisa *volatile matter* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar permukaan karbon aktif mengandung zat lain sehingga mempengaruhi daya serapnya. Prosedurnya adalah, timbang 1gram sampel karbon aktif dan masukkan dalam cawan porselen kemudian ditutup. Pasangkan pada kaitan kawat *nichron*, panaskan dibagian atas furnace ($\pm 650^\circ C$) selama 15 menit. Dinginkan dalam desikator kemudian timbang beratnya hingga konstan.

$$\text{kadar volatile matter} = \frac{a-b}{a} \times 100\% - \text{kadar air} \quad (4)$$

Keterangan:

a = Berat karbon aktif awal (gram)

b = Berat karbon aktif setelah dipanaskan (gram)

Penentuan kadar abu

Abu di dalam karbon aktif adalah kadar mineral yang terkandung di dalamnya, yang tidak terbakar pada saat proses karbonisasi dan tidak terpisah pada saat diaktivasi. Kandungan abu berpengaruh pada karbon aktif, dimana keberadaan abu yang berlebihan dapat membuat pori-pori karbon aktif tersumbat, sehingga luas permukaan karbon aktif berkurang. Adapun serangkaian prosedurnya sebagai berikut: Timbang

1gram sampel karbon aktif dan masukkan dalam cawan porselen kemudian ditutup. Panaskan dalam furnace pada suhu 750-800°C selama 1jam.

Pemanasan diteruskan sampai sampel karbon aktif sempurna menjadi abu (berat konstan). Didinginkan dalam desikator kemudian timbang beratnya hingga konstan.

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat contoh}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

Berat contoh = Berat sampel karbon aktif (gram)
(Billah, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa awal batubara lignit

Hasil analisa awal batubara lignit dengan uji proximate ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Analisa Proximate Batubara lignin

Bahan	Kadar Air (%)	Volatile Matter (%)	Kadar Abu (%)	Fixed Carbon (%)
Batubara lignit	3,1712	40,96	14,411	41,458

Sumber: (Laboratorium Mineral & Material Maju, Universitas Negeri Malang, 2019).

Dari Tabel 1. terlihat bahwa kandungan awal karbon (*fixed carbon*) pada batu bara lignit cukup rendah, yaitu kurang dari 50%. Sedangkan kandungan zat terbang, *volatile matter* sangat tinggi yaitu 40,96%. Sementara kadar abu juga cukup tinggi yaitu 14,4%.

Pada proses sintesa karbon aktif, lignit pertama dilakukan karbonisasi dengan menggunakan furnace pada temperatur 500°C, menurut Kusdarini (2017) proses karbonisasi diperlukan untuk menguraikan senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar dan hidrokarbon. Pemanasan dilakukan pada temperatur antar 300-900°C (Kusdarini, Budianto dan Ghafarunnisa, 2017) Setelah tahap karbonisasi maka tahap selanjutnya adalah aktivasi secara kimia dan fisika. Untuk aktivasi secara kimia menggunakan larutan Hidrogen Florida (HF). Aktivasi karbon aktif menggunakan asam kuat dapat memperbesar pori dari karbon aktif sehingga meningkatkan daya serap. Selain itu larutan HF juga mengikat pengotor pada permukaan karbon aktif. Aktivasi fisika dilakukan dengan pemanasan menggunakan furnace dengan variabel temperatur pemanasan. Pengaruh konsentrasi aktivator pada proses aktivasi kimia serta pengaruh temperatur pemanasan pada aktivasi fisik dijelaskan dalam pembahasan berikut.

Hasil analisa daya serap karbon aktif terhadap Iodin

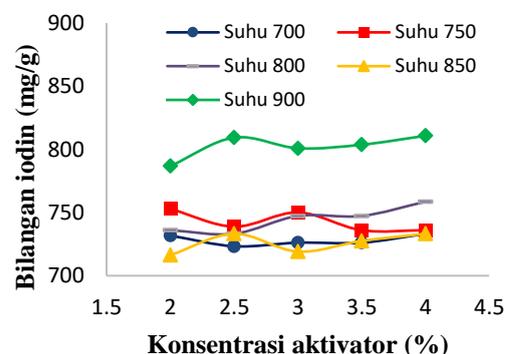
Produk karbon aktif yang dihasilkan dilakukan analisa uji iodine untuk mengetahui

besarnya daya serap karbon aktif terhadap iodine. Tabel 2 menunjukkan bahwa pengaruh suhu aktivasi terhadap besarnya daya serap karbon aktif pada iodine sangat signifikan akan tetapi pengaruh konsentrasi aktivator HF terhadap daya serap karbon aktif pada iodine juga mengalami kenaikan ini diperjelas dengan Gambar 1. yang memperlihatkan bahwa pada suhu

Tabel 2. Hasil analisa daya adsorpsi karbon aktif dengan iodine pada berbagai konsentrasi aktivator HF dan suhu aktivasi.

Suhu aktivasi	Konsentrasi Hidrogen Flourida (%)				
	Bil. 2	2,5	3	3,5	4
Iod. (mg/g)					
700	731,79	723,33	726,15	726,15	733,2
750	752,94	738,84	750,12	736,02	736,02
800	736,02	733,2	747,3	747,3	758,58
850	716,28	733,2	719,1	727,56	733,2

aktivasi antara 700-850°C nilai kenaikan daya serap karbon aktif tidak terlalu besar yaitu 716,28-733,2mg/g, pada suhu aktivasi 850°C terjadi penurunan daya serap terhadap iodin di hampir semua variabel konsentrasi HF, hal ini terjadi karena pori yang terbentuk masih belum sempurna sehingga molekul Iod yang masuk ke dalam rongga karbon aktif hanya sedikit (Pari, 2000).



Gambar 1. Hubungan antara bilangan iodin terhadap konsentrasi aktivator pada berbagai

Bilangan iodine terendah terdapat pada karbon aktif dengan suhu aktivasi 850°C, dengan variabel konsentrasi aktivator HF 2% yaitu iodine yang terserap karbon aktif adalah 716,28 mg/g. Pada suhu aktivasi 900°C dengan konsentrasi HF antara 2-4%, daya serap karbon aktif terhadap iodine mengalami kenaikan sangat besar yaitu berkisar antara 786,78-810,75mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi zat aktivator, cenderung dapat mengikat zat-zat yang masih tertinggal dan menutupi sebagian pori-pori arang selama proses karbonisasi dan mendorongnya keluar melewati mikro pori-pori. Hasil ini sesuai pada penelitian (Sani, 2012) bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator, semakin besar pula pengaruhnya untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati rongga atau pori-pori karbon aktif. Sehingga volume pori semakin luas, dengan demikian

daya serapnya semakin besar pula. Bilangan iodine tertinggi terdapat pada karbon aktif dengan suhu aktivasi 900°C dan konsentrasi aktivator HF 4% yaitu bilangan iodine 810,75 mg/g. Hasil ini sudah memenuhi standart SNI 06-3783-1995 yang menyatakan daya serap terhadap I₂ minimal adalah 750 mg/g.

Hasil analisa Proximate

Karbon aktif hasil aktivasi pada suhu 900°C dengan konsentrasi HF 2-4% dianggap sebagai hasil terbaik karena memiliki bilangan iodine tertinggi dan sudah memenuhi standart SNI 06-3783-1995 yaitu daya serap iodin minimum 750 mg/g. Selanjutnya karbon aktif terbaik dilakukan analisa proximate untuk mengetahui parameter kadar air, kadar zat menguap (*volatile matter*), kadar abu dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Hasilnya analisa proximate pada Tabel 3.

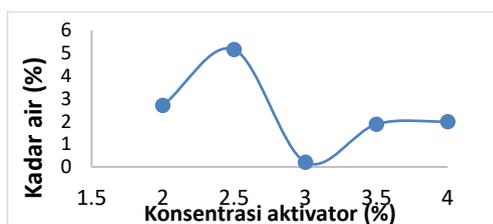
Tabel 3. Hasil analisa Proximate karbon aktif

Konsentrasi Aktivator	Kadar air (%)	Volatile Matter (%)	Kadar abu (%)	Fixed Carbon (%)
2%	2,704	3,401	4,67	89,225
2,5%	5,160	6,344	6,302	82,194
3%	0,214	9,24	6,118	84,428
3,5%	1,877	1,259	5,448	91,415
4%	1,9992	0,192	5,408	92,401

Tabel 3. terlihat bahwa kandungan fixed karbon mengalami peningkatan apabila dibandingkan dengan keadaan awal lignit untuk semua konsentrasi aktivator. Peningkatan persentase *fixed carbon* lebih dari dua kali lipat, dimana pada batu bara lignit hanya sekitar 40%, setelah dilakukan *treatment* kandungan *fixed carbon* menjadi 82-92%. Dimana kandungan *fixed carbon* terbesar adalah pada konsentrasi aktivator larutan HF sebesar 4%. Sementara nilai kadar air, kadar zat terbang dan kadar abu mengalami penurunan yang signifikan. Peningkatan konsentrasi *fixed carbon* ini membuktikan bahwa proses sintesa yang dilakukan telah berhasil menghilangkan pengotor, yaitu salah satunya diikat oleh larutan HF, serta proses pemanasan telah menghilangkan sebagian besar kandungan air dan zat terbang, *volatile matter*

Kadar air

Hubungan antara konsentrasi penambahan aktivator dengan kadar air dapat dilihat pada Gambar 2.

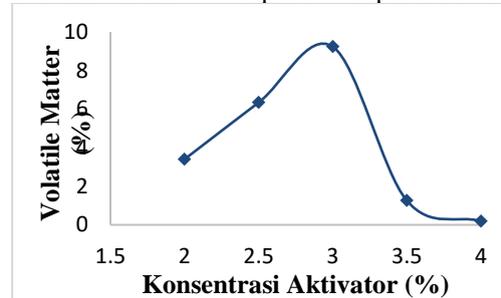


Gambar 2. Hubungan kadar air dari karbon aktif terhadap konsentrasi HF

Gambar 2. menunjukkan bahwa, karbon aktif pada suhu aktivasi 900°C masih mengandung kadar air antara 0,214-5,16%. Pada konsentrasi HF 3,5-4% kadar air cenderung konstan. Kadar air tertinggi terdapat pada karbon yang diaktivasi dengan HF 2,5%, yaitu sebesar 5,16%. Tingginya kadar air ini disebabkan oleh terjadinya penyerapan uap air dari udara saat proses pendinginan setelah proses aktivasi, karena salah satu sifat carbon aktif adalah higroskopis. Kadar air terendah terdapat pada karbon yang diaktivasi dengan konsentrasi HF 3%, yaitu sebesar 0,214%. Kadar air pada karbon aktif ini telah memenuhi standar SNI 06-3783-1995, yaitu kurang dari 15%.

Kadar zat terbang (*volatile matter*)

Hubungan antara kadar zat terbang dengan konsentrasi aktivator larutan HF dapat dilihat pada Gambar 3.



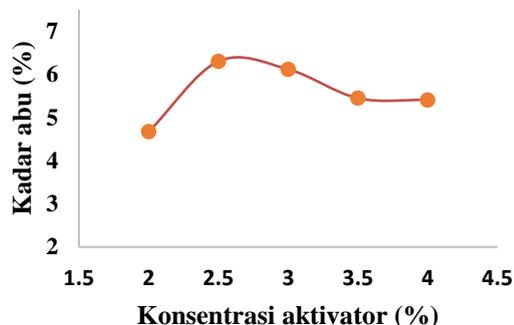
Gambar 3. Hubungan antara volatile matter karbon aktif terhadap konsentrasi aktivator HF pada suhu aktivasi 900°C

Gambar 3. menunjukkan bahwa karbon aktif pada suhu aktivasi 900°C memiliki kadar zat menguap (*volatile matter*) yang fluktuatif, namun cenderung mengecil seiring bertambah besarnya konsentrasi aktivator yaitu berkisar antara 0,192-9,24%. Kadar zat menguap (*volatile matter*) telah memenuhi standart SNI 06-3783-1995, yaitu maksimal 25%. Kadar zat *volatile* terendah terdapat pada karbon yang diaktivasi dengan HF 4%, yaitu sebesar 0,192%. Rendahnya kadar zat terbang disebabkan karena pori-pori pada karbon semakin terbuka karena adanya penetrasi panas yang tinggi dan adanya efek asam dari zat aktivator. Jika ada pori yang terbentuk maka akan meningkatkan diameter pori yang menyebabkan senyawa kompleks terutama yang menutupi arang keluar. Sehingga kualitas karbon aktif jadi semakin baik dengan rendahnya kadar zat terbang. Besarnya kadar zat *volatile* yang dihasilkan disebabkan karena penguraian senyawa non karbon seperti CO₂, CO, CH₄ dan gas H₂ yang terdapat dalam karbon aktif tidak sempurna. (Kusdarini,2017).

Kadar abu

Hubungan antara kadar zat terbang dengan konsentrasi aktivator dapat dilihat pada Gambar 4. yang menunjukkan bahwa karbon aktif mengandung kadar abu antara 4,67- 6,302% dan sudah memenuhi

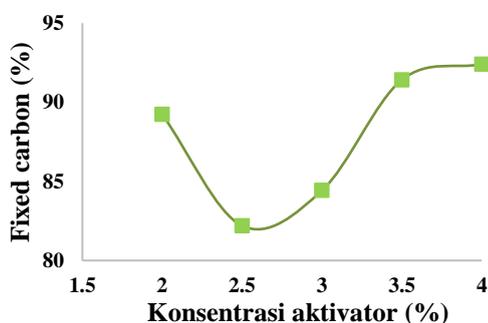
standart SNI 06-3783-1995, yaitu maksimal 10%. Kadar abu tertinggi terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi dengan HF 2,5%, yaitu sebesar 6,302%. Kadar abu cenderung konstan terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi dengan konsentrasi HF 3.5-4 %.



Gambar 4. Hubungan % kadar abu dengan konsentrasi aktivator pada aktivasi pemanasan 900°C

Kadar abu dalam karbon aktif menunjukkan kadar mineral yang terkandung di dalamnya, yang tidak terbakar pada saat proses karbonisasi dan tidak terpisah pada saat diaktivasi. Sehingga mempengaruhi kualitas dari karbon aktif. Dimana keberadaan abu yang berlebihan dapat membuat pori-pori karbon aktif tersumbat, sehingga luas permukaan karbon aktif berkurang. Kadar abu disebabkan adanya komponen di dalam karbon aktif yang tidak menguap sehingga abu atau zat-zat anorganik hasil pembakaran banyak terbentuk. Kadar abu juga dipengaruhi oleh besarnya kadar silikat, semakin besar kadar silikat maka kadar abu yang dihasilkan akan semakin besar.

Peningkatan kualitas hasil karbon aktif dapat dilakukan dengan menghilangkan pengotor, salah satunya adalah kandungan abu. Kadar abu juga dipengaruhi oleh besarnya kadar silikat, semakin besar kadar silikat maka kadar abu yang dihasilkan akan semakin besar. Aktivator HF berfungsi mengikat silika sehingga menurunkan kadar abu pada karbon (Pari, 2000).



Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi aktivator dengan fixed carbon

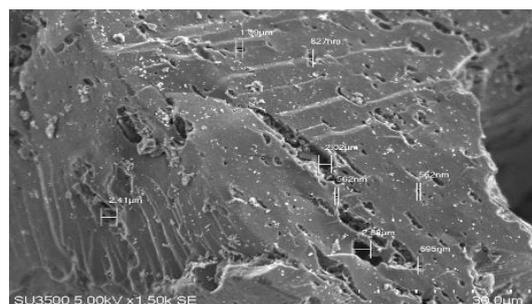
Kadar karbon terikat (fixed carbon)

Hubungan antara konsentrasi aktivator dengan kandungan *fixed carbon* dapat dilihat pada Gambar 5, yang menunjukkan bahwa hasil analisa

kadar karbon terikat (*Fixed carbon*) pada karbon aktif dengan suhu aktivasi 900°C berkisar antara 82,194-92,401%. Hasil ini sudah memenuhi standart SNI 06-3783-1995, yaitu minimal mengandung karbon murni 65%. Kadar karbon terikat pada bahan baku awal batubara tercatat sebesar 41,4577%. Setelah dilakukan aktivasi fisika pada suhu 900°C dan aktivasi kimia dengan HF 4%, didapatkan kadar karbon terikat sebesar 92,401%. ini menunjukkan bahwa proses aktivasi fisika dan aktivasi kimia dengan HF yang dilakukan sangat mempengaruhi kualitas karbon aktif. Kadar karbon terikat terendah terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi dengan HF 2,5%, yaitu sebesar 82,194%.

Hasil analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisa morfologi Hasil penelitian karbon aktif pada suhu aktivasi 900°C dengan konsentrasi HF 4% sebagai hasil terbaik, karena memiliki bilangan iodine dan kandungan *fixed carbon* paling tinggi, kemudian dilakukan analisa SEM untuk mengetahui geometri pori dan gambar struktur mikro yang terbentuk pada karbon aktif. Hasil foto SEM karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Analisa SEM karbon aktif perbesaran 1500 kali

Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat karakteristik karbon setelah diaktivasi terlihat pori-pori yang terbentuk. Perbesaran yang digunakan adalah 1500 dengan harapan karakteristik karbon dapat terlihat dengan jelas, Gambar 6. menunjukkan bahwa pada permukaan karbon aktif hasil aktivasi pada suhu 900°C dan HF 4% masih terdapat sedikit sisa-sisa pengotor yang tidak terdegradasi selama proses aktivasi berlangsung. Namun dapat dilihat bahwa hasil aktivasi membuat pori-pori pada karbon aktif terlihat rata. Ini dapat disimpulkan bahwa banyak zat pengotor yang telah hilang karena perlakuan menggunakan Hidrogen fluorida pada saat aktivasi kimia dan pemanasan pada aktivasi fisika sehingga mempengaruhi bentuk morfologi dari karbon aktif.

SIMPULAN

Konsentrasi aktivator hidrogen fluoride (HF) dan suhu aktivasi dapat meningkatkan daya serap karbon aktif terhadap iodine. Daya serap karbon aktif

terhadap iodine tertinggi pada suhu aktivasi 900°C dan konsentrasi HF 4% sebesar 810,75mg/g. Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) tertinggi terbentuk pada konsentrasi aktivator 4% dan suhu aktivasi 900°C, yaitu sebesar 92,401%. Karbon aktif pada suhu aktivasi 900°C memiliki kadar air sebesar 0,214-2,704%, kadar zat terbang (*volatile matter*) sebesar 0,192-9,24%, kadar abu sebesar 4,67-6,302%, dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*) mencapai 82,194-92,401% telah memenuhi standart SNI 1995.

Saran

1. Untuk menghasilkan karbon dengan daya adsorpsi terhadap iodine tinggi dapat dilakukan dengan meningkatkan suhu aktivasi, yaitu lebih dari 850°C.
2. Untuk meningkatkan kualitas karbon dapat dilakukan dengan meningkatkan konsentrasi aktivator atau mengkombinasikannya dengan zat aktivator lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bansal, R. C. dan Goyal, M. (2005) *Activated Carbon Adsorption*. CRC press.
- Billah, M. (2010) "Peningkatan nilai kalor batubara peringkat rendah dengan menggunakan minyak tanah dan minyak residu," *Universitas Pembangunan Nasional. Press. Jawa Timur*.
- Jawad, A. H. *et al.* (2019) "Conversion of Malaysian low-rank coal to mesoporous activated carbon: Structure characterization and adsorption properties," *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 27(7), hal. 1716–1727. doi: 10.1016/j.cjche.2018.12.006.
- Kusdarini, E., Budianto, A. dan Ghafarunnisa, D. (2017) "Produksi Karbon Aktif Dari Batubara Bituminus Dengan Aktivasi Tunggal H₃PO₄, Kombinasi H₃PO₄-Nh₄Hco₃, Dan Termal," *Reaktor*, 17(2), hal. 74. doi: 10.14710-/reaktor.17.2.74-80.
- Lempang, M. (2014) "Pembuatan dan kegunaan arang aktif," *Buletin Eboni*, 11(2), hal. 65–80.
- Pari, G. (2000) "Pembuatan arang aktif dari batubara," *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 17(4), hal. 220–230.
- Patmawati, Y. dan Kurniawan, A. (2017) "Pemanfaatan Batubara Lignit Kalimantan Timur Menjadi Karbon Aktif," hal. 1–4.
- Putro, S. dan others (2015) "Variasi Temperatur dan Waktu Karbonisasi untuk Meningkatkan Nilai Kalor dan memperbaiki Sifat Proximate Biomassa sebagai Bahan Pembuat Briket yang Berkualitas." Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rahmah, S., Zakir, M. dan Ramang, M. (2017) "Synthesis And Characterization of Rise Husk Nanopores carbon Through Ultrasonic Irradiation with H₃PO₄ Activator as Electrochemical Energy Atorage Materials," *Indonesia Chimica Acta*, 10(2), hal. 43–55.
- Sani, S. (2012) "Activated Carbon Production From Turf Soil," *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), hal. 400–406.
- Sulistyah, S. dan Astuti, A. D. (2014) "Pemanfaatan Batubara Peringkat Rendah Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif dengan Aktivator ZnCl₂," *MINDAGI*, 8(02).
- Surest, A. H., Kasih, J. A. F. dan Wisanti, A. (2008) "Pengaruh Suhu, Konsentrasi Zat Aktivator Dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri," *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2).
- Vogel, A. (1979) *Vogel's Textbook of macro and semimicro qualitative inorganic analysis, Vogel's textbook of macro and semimicro qualitative inorganic analysis*.
- Zandersons, J. *et al.* (1999) "Studies of the Brazilian sugarcane bagasse carbonisation process and products properties," *Biomass and Bioenergy*. Elsevier, 17(3), hal. 209–219.