

Analisis Kinerja Pembakar Siklon Berbahan Bakar Batubara pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Luthfi Adhyaksadiputra*, Solihin, Ika Monika

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*luthfi.adhyaksadiputra@gmail.com

Abstract. Activated carbon is a material compound that has the ability to absorb (adsorption) of substances that are around it. As a carbon material, activated carbon can be made from various substances with high carbon composition such as coal, seeds, bones, waste pulp, oil palm, wood, and coconut shell. Coconut shell is the main fuel in the activated carbon industry in Indonesia. The purpose of this study was to determine the stability of the cyclone burner temperature, determine the quality of temperature at T1 and temperature at T2, find out the best quality of activated carbon during activation activities, and determine the percentage of ash content of activated carbon. The process of making activated carbon consists of two methods, namely chemical activation and physical activation. The method used in this activity uses physical activation using water vapor. The tool used is a rotary kiln. So far, activated carbon factories operate rotary kilns for heating and activation processes using diesel or gas-fired boilers. *TekMIRA* Research and Development Center has developed coal-fired boilers. The coal-fired burner is a cyclone burner. The final results of the activation process in the form of activated carbon will be tested in the laboratory to obtain iodine numbers and ash content. The temperature stability of the cyclone burner 900°C - 1000°C is reached after the cyclone burner operates > 24 hours. The higher the temperature in the cyclone burner the higher the temperature at T1. Similarly, the higher the temperature at T1, the higher the temperature at T2. The best quality activated carbon is activated carbon which has an iodine number > 1000mg/gr. This value is reached at the temperature conditions at T1 and temperature at T2 ± 900°C, temperature at T3 and temperature at T4 500°C - 600°C, feed rate 35-75 kg/hour, residence time 4-5 hours, rotary kiln speed 28 Hz, speed exhauster 12 Hz, and the steam pressure in the boiler between 4-7 bar. Ash content of activated carbon with iodine number > 1000 mg/gr is 5-10%.

Keywords : Activated Carbon, Coconut Shell, Coal, Activation, Iodine Number, Ash Content.

Abstrak. Karbon aktif adalah senyawa material yang memiliki kemampuan untuk menyerap (adsorpsi) zat yang ada di sekitarnya. Sebagai material karbon, karbon aktif dapat dibuat dari berbagai zat dengan komposisi karbon tinggi seperti batubara, biji-bijian, tulang, limbah *pulp*, kelapa sawit, kayu, dan tempurung kelapa. Tempurung kelapa adalah bahan bakar utama pada industri karbon aktif di Indonesia. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui kestabilan suhu pembakar *siklon*, mengetahui kualitas suhu di T1 dan suhu di

T2, mengetahui kualitas karbon aktif terbaik saat melakukan kegiatan aktivasi, dan mengetahui persentase kadar abu karbon aktif. Proses pembuatan karbon aktif terdiri atas dua metoda, yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Metoda yang digunakan dalam kegiatan ini menggunakan aktivasi fisika dengan menggunakan uap air. Alat yang digunakan adalah *rotary kiln*. Selama ini pabrik karbon aktif mengoperasikan *rotary kiln* untuk proses pemanasan dan aktivasi menggunakan *boiler* berbahan bakar solar atau gas. Puslitbang tekMIRA telah mengembangkan *boiler* berbahan bakar batubara. Pembakar berbahan bakar batubara tersebut yaitu pembakar *siklon (cyclone burner)*. Hasil akhir dari proses aktivasi berupa karbon aktif yang akan diuji dilaboratorium untuk mendapatkan bilangan iodin dan kadar abu. Kestabilan suhu pembakar *siklon* 900°C - 1000°C tercapai setelah pembakar *siklon* beroperasi > 24 jam. Semakin tinggi suhu pada pembakar *siklon* semakin tinggi suhu di T1. Demikian pula semakin tinggi suhu di T1, suhu di T2 semakin tinggi. Kualitas karbon aktif terbaik yaitu karbon aktif yang memiliki nilai bilangan iodin > 1000mg/gr. Nilai ini tercapai pada kondisi suhu di T1 dan suhu di T2 ± 900°C, suhu di T3 dan suhu di T4 500°C - 600°C, laju umpan 35-75 kg/jam, waktu tinggal 4-5 jam, kecepatan putaran *rotary kiln* 28 Hz, kecepatan *exhauster* 12 Hz, dan tekanan uap di *boiler* antara 4-7 bar. Kadar abu karbon aktif dengan bilangan iodin > 1000 mg/gr adalah 5-10 %.

Kata kunci : Karbon Aktif, Tempurung Kelapa, Batubara, Aktivasi, Bilangan Iodin, Kadar Abu.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Karbon aktif adalah senyawa material yang memiliki kemampuan untuk menyerap (adsorpsi) zat yang ada di sekitarnya. Karbon aktif terbuat dari material karbon yang mengalami proses aktivasi sehingga luas permukaan dan volume pori-porinya menjadi besar. Sebagai material karbon, karbon aktif dapat dibuat dari berbagai zat dengan komposisi karbon tinggi seperti batubara, biji-bijian, tulang, limbah *pulp*, kelapa sawit, kayu, dan tempurung kelapa. Tempurung kelapa adalah bahan bakar utama pada industri karbon aktif di Indonesia.

Tempurung kelapa memiliki beberapa alasan untuk digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif antara lain karena kandungan karbon sangat banyak serta kemudahan untuk mendapatkan tempurung kelapa secara komersial sehingga sering disebutkan bahwa tempurung kelapa merupakan bahan dasar yang paling cocok untuk proses pembuatan karbon aktif.

Proses pembuatan karbon aktif terdiri atas dua metoda, yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi kimia menggunakan bahan-bahan kimia dengan cara perendaman, pencucian, dan pemanasan. Sedangkan aktivasi fisika relatif sederhana, melalui proses pengarangaran atau karbonisasi terlebih dahulu kemudian proses aktivasi dengan uap atau gas seperti nitrogen atau karbondioksida (CO₂). Metoda aktivasi uap paling banyak digunakan karena hanya membutuhkan air sebagai zat aktivatornya. Metoda aktivasi yang digunakan juga sangat tergantung pada jenis pemanfaatan karbon aktifnya, namun metoda aktivasi uap merupakan metoda yang paling banyak untuk pembuatan karbon aktif tempurung kelapa.

Di Indonesia dari 17 pabrik yang ada produksi karbon aktif tempurung kelapa umumnya menggunakan metoda aktivasi uap. Alat yang digunakan adalah *rotary kiln*. Operasional dengan *rotary kiln* meskipun biaya investasinya tinggi namun pengaturan kondisi prosesnya lebih mudah. Selama ini pabrik karbon aktif mengoperasikan *rotary kiln* untuk proses pemanasan dan aktivasi menggunakan *boiler* berbahan bakar solar atau gas. Puslitbang

tekMIRA telah mengembangkan *boiler* berbahan bakar batubara. Pembakar berbahan bakar batubara tersebut yaitu pembakar *siklon* (*cyclone burner*). Pembakar *siklon* berupa reaktor atau tungku horizontal berbentuk seperti tabung tidak berputar dengan prinsip pembakaran yaitu batubara disemurkan dengan bantuan udara dari *blower* ke dalam tungku untuk selanjutnya dibakar sehingga pembakaran batubara akan berputar dengan turbulensi tinggi (*cyclone*). Panas yang dihasilkan digunakan untuk memanaskan *boiler* dan memproduksi uap.

Untuk mengetahui sejauh mana kinerja (*performance*) pembakar *siklon* tersebut terhadap produksi uap untuk proses aktivasi maka dilakukan pengamatan selama proses aktivasi berlangsung. Proses aktivasi menggunakan bahan baku arang tempurung kelapa. Indikator kinerja pembakar *siklon* beroperasi secara optimal dilihat dari kualitas karbon aktif yang dihasilkan yaitu dari nilai bilangan iodin dan kadar abu. Nilai bilangan iodin tinggi dan kadar abu rendah menunjukkan kinerja pembakar *siklon* bekerja secara optimal pada *boiler* sehingga data pengamatan kondisi proses optimal dapat dijadikan acuan untuk operasional *boiler* berbahan bakar batubara pada pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kestabilan suhu pembakar *siklon*.
2. Mengetahui kualitas suhu di T1 dan suhu di T2.
3. Mengetahui kualitas karbon aktif terbaik saat melakukan kegiatan aktivasi.
4. Mengetahui persentase kadar abu rata-rata karbon aktif > 1000 mg/gr.

2. Landasan Teori

Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100 % terhadap berat karbon aktif (Darmawan, 2008).

Aplikasi karbon aktif komersil dapat digunakan sebagai penghilang bau dan resin, penyulingan bahan mentah, pemurnian air limbah, penjernihan air, dan dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi bahan yang berasal dari cairan maupun fasa gas (Kvech et al., 1998 dan Worch, 2012). Daya serap karbon aktif itu sendiri ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap karbon aktif dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, karbon aktif akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia.

Proses Pembuatan Karbon Aktif

1. Proses Karbonisasi
Proses karbonisasi merupakan salah satu tahap penting dalam pembuatan karbon aktif. Pada umumnya proses ini dilakukan pada suhu 400°C hingga 600°C (Smisek and Cerny, 1970). Proses karbonisasi adalah proses perubahan material organik menjadi karbon melalui pemanasan dalam suatu ruang tanpa oksigen. Pada proses karbonisasi yang cukup panjang akan terjadi penghilangan sebagian besar zat-zat terbang (*volatile matter*) dan bergabungnya sebagian senyawa karbon membentuk suatu kristalit dan menghasilkan partikel-partikel berpori yang mempunyai daya adsorpsi.
2. Proses Aktivasi
Proses Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat,

baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring dan Sinaga, 2003). Produk dari karbonisasi tidak dapat diaplikasikan sebagai adsorben (karena struktur porusnya tidak berkembang) tanpa adanya tambahan aktivasi. Dasar metode aktivasi terdiri dari perawatan dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Proses aktivasi menghasilkan karbon oksida yang tersebar dalam permukaan karbon karena adanya reaksi antara karbon dengan zat pengoksidasi (Kinoshita, 1988).

Bilangan Iodin

Sebagaimana kita ketahui bahwa karbon aktif merupakan adsorben yang paling sering digunakan dalam mengurangi kontaminan logam berat. Namun akhir-akhir ini ditemukan karbon aktif masih relatif mahal. Penelitian mengenai adsorben yang murah dan mudah diperoleh menjadi bahan pertimbangan saat ini (Fenglian Fu, Qi Wang, 2010). Bilangan iodin merupakan parameter utama yang digunakan untuk melihat karakteristik dari adsorben maupun karbon aktif. Bilangan ini sering ditulis dengan satuan mg/g. Bilangan ini mengukur kandungan mikropori dengan cara menyerap iodin dari larutan (Itodo A. U., Abdulrahman F. W., Hassan L. G., Maigandi S.A., Itodo H.U., *Application of Methylene Blue and Iodine*, 2010). Dalam menentukan kapasitas adsorpsi adsorben, bilangan iodin telah digunakan pada berbagai penelitian. Kemampuan adsorben dalam penyerapan senyawa iodin menunjukkan kemampuan adsorben tersebut untuk menyerap komponen dengan berat molekul yang rendah (Sukmawati, 2006)

Bahan Baku Karbon Aktif

1. Tempurung Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) disebut juga tanaman serbaguna, karena dari akar sampai ke daun kelapa bermanfaat. Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu sabut kelapa, tempurung kelapa, daging buah kelapa, dan air buah kelapa. Daging buah adalah komponen utama yang dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai ekonomi tinggi. Sedangkan air, tempurung dan sabut sebagai hasil samping (*by product*) dari buah kelapa juga dapat diolah menjadi berbagai produk yang nilai ekonominya tidak kalah dengan daging buah.

2. Arang Tempurung Kelapa

Arang merupakan suatu produk yang dihasilkan dari proses karbonisasi dari bahan yang mengandung karbon terutama *biomass* kayu. Produk ini utamanya banyak digunakan sebagai sumber energi. Proses pembuatan arang sesungguhnya dapat dihasilkan berbagai arang yang mempunyai kegunaan berbeda misalnya arang biasa hasil dari pembakaran hanya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghasilkan panas. Sedangkan arang dengan melalui proses pengaktifan fungsinya dapat berubah untuk kesehatan, pertanian, dan kecantikan (Pari *et al*, 2012). Arang tempurung kelapa adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung kelapa. Sebagai bahan bakar, arang lebih menguntungkan dibanding kayu bakar. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi dan asap yang lebih sedikit. Arang dapat ditumbuk, kemudian dikempa menjadi briket dalam berbagai macam bentuk. Briket lebih praktis penggunaannya dibanding kayu bakar. Arang dapat diolah lebih lanjut menjadi arang aktif, dan sebagai bahan pengisi dan pewarna pada industri karet dan plastik (Hendra, 2007).

Bahan Bakar

1. Batubara

Batubara adalah batuan sedimen, yang merupakan bahan bakar hidrokarbon, yang terbentuk dari tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen dan terkena pengaruh panas serta tekanan yang berlangsung lama sekali. Secara garis besar batubara terdiri dari zat organik, air dan bahan mineral. Batubara dapat diklarifikasikan menurut tingkatan yaitu

lignit, sub bitumuminus, bituminus dan antrasit (Ibrahin, 2005). Menurut C. F. K. Diessel (1992) pembentukan batubara diawali dengan proses *biokimia*, kemudian diikuti oleh proses *geokimia* dan *fisika*, proses yang kedua ini sangat berpengaruh terhadap peringkat batubara (*coal rank*), yaitu perubahan jenis mulai dari gambut ke lignit, bituminus, sampai antrasit.

3. Hasil Penelitian

Hasil Pengamatan Pembakar *Siklon Rotary Kiln*

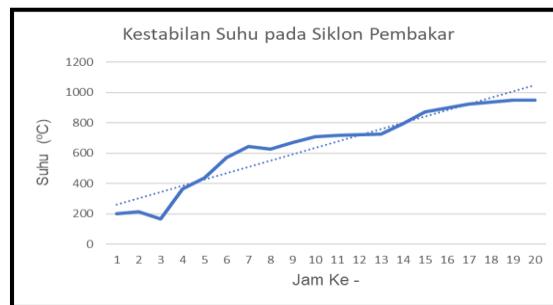
Hasil pengamatan pada kondisi pembakar *siklon* selama proses aktivasi berlangsung dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1 Kondisi Proses Pada Pembakar *Siklon*

Jam Ke -	Suhu (°C)	Umpan (Kg)	Screw Feeder (Hz)
1	199	80	15
2	214	40	15
3	165	40	15
4	366	40	15
5	436	40	15
6	572	40	15
7	644	40	15
8	626	40	15
9	669	40	15
10	706	40	15
11	715	40	15
12	720	40	15
13	724	40	15
14	795	40	15
15	873	40	15
16	897	40	15
17	923	40	15
18	937	40	15
19	950	40	15
20	949	40	15

Data pada **Tabel 1** laju umpan bahan bakar yang masuk ke dalam *hopper* ditetapkan sebesar 40 kg/jam. Sedangkan laju umpan batubara yang masuk ke dalam pembakar siklon diatur menggunakan *screw feeder*. *Setting* kecepatan pada motor *screw feeder* ditetapkan sebesar 15 Hz. Hz (*Hertz*) merupakan satuan frekuensi yang menyatakan banyaknya putaran setiap detik. Untuk mengkonversikan dari Hz ke rpm adalah 1 Hz sama dengan 60 rpm. *Rotation per minutes* (rpm) merupakan satuan frekuensi yang menyatakan banyaknya putaran dalam menit.

Penentuan nilai kecepatan 15 Hz (900 rpm) berdasarkan hasil uji coba sebelumnya, yang menunjukkan bahwa untuk mencapai suhu didalam pembakar siklon 900-1000°C, kecepatan motor pada *screw feeder* adalah 15 Hz. Dari data pada **Tabel 1** menunjukkan pada jam ke 16 suhu mulai naik mendekati 900°C dan berdasarkan grafik pada **Gambar 1** terlihat kestabilan suhu tercapai pada jam ke 18, dengan kisaran suhu antara 900-1000°C.



Gambar 1 Kestabilan Suhu pada *Siklon* Pembakar Terhadap *Rotary Kiln*

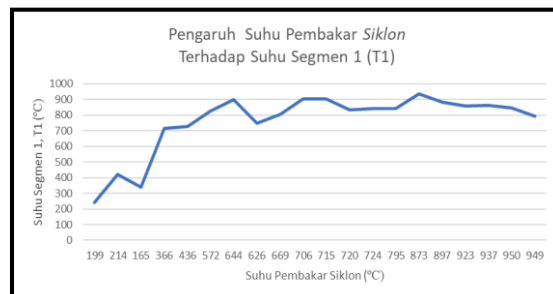
Setelah 20 jam pembakar *siklon* beroperasi suhu relatif stabil pada 900-1000°C. bahkan setelah 2 hari beroperasi suhu didalam pembakar *siklon* mencapai > 1000°C. Lamanya waktu yang diperlukan untuk meningkatkan dan mencapai kestabilan suhu di dalam pembakar *siklon*, karena ruang di dalam *rotary kiln* merupakan material refraktori yang terdiri atas bata api. Meskipun lapisan bata api (refraktori) tahan terhadap suhu tinggi, namun bata api memiliki ekspansi panas yang rendah, sehingga membutuhkan waktu lama untuk pemanasan dan kestabilan suhunya.

Hasil Pengamatan Pada *Rotary Kiln*

Dengan kondisi suhu di pembakar *siklon* 900-1000°C, maka pengamatan berikutnya adalah melihat pengaruh suhu dari *siklon* terhadap suhu *rotary kiln*

Pengaruh Suhu Pembakar *Siklon* Terhadap Suhu di T1

Pengamatan awal dilakukan terhadap suhu di T1 yang merupakan segmen utama proses awal aktivasi berlangsung dimana distribusi uap sebagai zat aktivator dialirkan mulai diarea T1. Hasil pengamatan pengaruh suhu pembakar *siklon* terhadap suhu *rotary kiln* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Pengaruh Suhu Pembakar *Siklon* Terhadap Suhu Segmen 1 (T1) Jam Ke - 1 Sampai Jam Ke - 20

Berdasarkan hasil pengamatan pada **Gambar 2** suhu pembakar *siklon* beroperasi selama ± 20 jam terlihat suhu di T1 mencapai $\pm 800^{\circ}\text{C}$ pada jam ke - 6. Kemudian suhu terlihat turun ke 749°C pada jam ke - 8. Proses aktivasi idealnya berlangsung pada suhu $\pm 900^{\circ}\text{C}$. Oleh karena itu pada saat tercapai suhu $\pm 900^{\circ}\text{C}$ (jam ke - 10), arang tempurung kelapa dimasukkan ke dalam *rotary kiln* untuk proses aktivasi. Hasil percobaan sebelumnya masuknya umpan bahan baku yang merupakan material karbon dan memiliki energi (bersifat terbakar) akan meningkatkan suhu didalam *rotary kiln*, sehingga suhu proses aktivasi $800-900^{\circ}\text{C}$ selain itu pengaruh panas yang bersumber dari pembakar *siklon* juga dari material bahan baku itu sendiri. Hal ini terlihat pada **Gambar 3**.

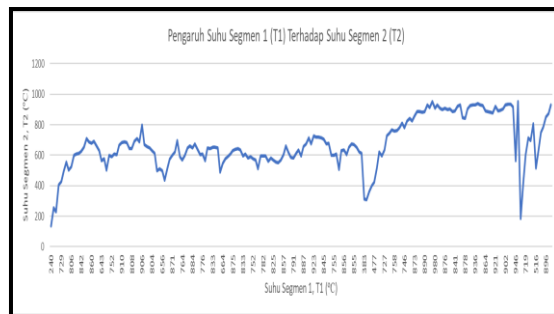


Gambar 3 Pengaruh Suhu Pembakar *Siklon* Terhadap Suhu Segmen 1 (T1) Setelah Jam Ke - 20

Pada **Gambar 3** menunjukkan kestabilan suhu di T1 relatif stabil pada 800-900°C. Pada beberapa titik suhu di turun < 800°C pada saat suhu di pembakar *siklon* < 950°C. Namun hal ini tidak bisa disimpulkan bahwa seandainya suhu di pembakar *siklon* < 950°C maka suhu di T1 turun menjadi < 800°C. Karena pada hasil pengamatan lainnya, meskipun suhu di pembakar *siklon* > 950°C bahkan beberapa titik mencapai > 1000°C terdapat suhu di T1 < 800°C. Meskipun demikian, titik pengamatan utama adalah tercapainya kestabilan suhu di T1 800-900°C.

Pengaruh Suhu di T1 Terhadap Suhu di T2

Melihat pengaruh suhu pembakar *siklon* terhadap suhu di T1, selanjutnya adalah melihat ekspansi panas dari T1 ke T2. Suhu di T2 umumnya > 600°C. Secara teoritis suhu pada T2 harus lebih kecil di T1, namun pada beberapa kondisi suhu di T2 dibutuhkan sama dengan suhu di T1 atau lebih. Hal ini disebabkan ruang T2 juga merupakan area aktivasi di mana distribusi uap dialirkan. Uap bertekanan akan bereaksi dengan ter yang menutupi pori-pori arang pada suhu tinggi ($\pm 900^\circ\text{C}$) menjadi gas CO dan H₂. Ter adalah karbon yang pada suhu tinggi berbentuk gas dan pada saat suhu rendah berbentuk cair bahkan padat pada suhu ruang. Suhu tinggi pada area T2 diperoleh melalui pengaturan *exhauster*, yang berfungsi menghisap dan mendistribusikan panas di dalam ruang *rotary kiln*. Hal ini menunjukkan peningkatan kecepatan motor pada *exhauster* mengakibatkan suhu di T2 menjadi tinggi. Hal ini terlihat pada **Gambar 4**.



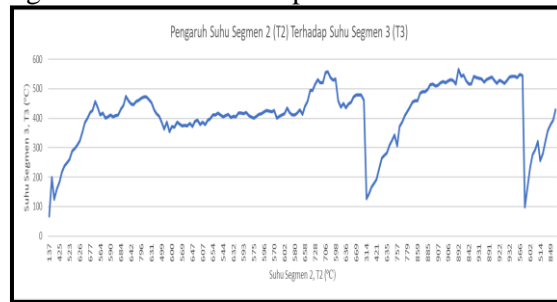
Gambar 4 Pengaruh Suhu Segmen 1 (T1) Terhadap Suhu Segmen 2 (T2)

Suhu di segmen dua mengalami stagnan pada jam ke - 9 sampai jam ke - 124 yang berada dikisaran suhu 500°C - 780°C kemudian suhu mengalami penurunan pada jam ke - 125 berada disuhu 314°C dan suhu kembali naik pada jam ke - 127 sampai jam ke - 184 dengan kisaran 600°C - 950°C.

Pengaruh Suhu di T2 Terhadap Suhu di T3

Setelah dari segmen dua (T2) bahan baku menuju ke segmen tiga atau T3, dimana di segmen 3 juga merupakan bagian area menuju area pendinginan material. Sama seperti halnya pengaruh

suhu T2 terhadap T1, pengaruh suhu T2 terhadap T3 terlihat fluktuatif (**Gambar 5**).



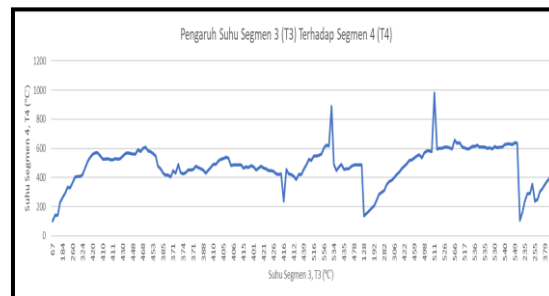
Gambar 5 Pengaruh Suhu Segmen 2 (T2) Terhadap Suhu Segmen 3 (T3)

Data pada **Gambar 5**, umumnya menunjukkan jika suhu di T2 berkisar antara 500°C - 650°C , maka kisaran suhu di T3 rata-rata antara 400°C - 600°C . Demikian jika suhu di T2 $> 700^{\circ}\text{C}$, maka suhu di T3 meningkat menjadi 500°C - 600°C . Peningkatan suhu ini juga disebabkan turunnya kecepatan motor pada *exhauster*, dari 10 Hz menjadi 8 Hz. Penurunan kecepatan motor menyebabkan panas tidak terdistribusi ke area T3.

Suhu di segmen tiga mengalami stagnan pada jam ke - 17 sampai jam ke - 124 yang berada dikisaran suhu 400°C - 560°C kemudian suhu mengalami penurunan pada jam ke - 125 berada disuhu 128°C dan suhu kembali naik pada jam ke - 127 sampai jam ke - 184 dengan kisaran 160°C - 550°C .

Pengaruh Suhu di T3 Terhadap Suhu di T4

Pengaruh suhu T3 terhadap suhu di T4 menunjukkan tidak terjadi penurunan suhu, meskipun area T4 merupakan area terakhir dimana posisi panas pada pembakar *siklon* memiliki jarak terjauh bahkan pada **Gambar 6** terlihat suhu di T4 relatif sama dengan suhu T3 yaitu berkisar antara 400°C - 600°C . Namun terdapat pula pada beberapa titik pengamatan suhu di T4 lebih tinggi dari suhu di T3.



Gambar 6 Pengaruh Suhu Segmen 3 (T3) Terhadap Suhu Segmen 4 (T4)

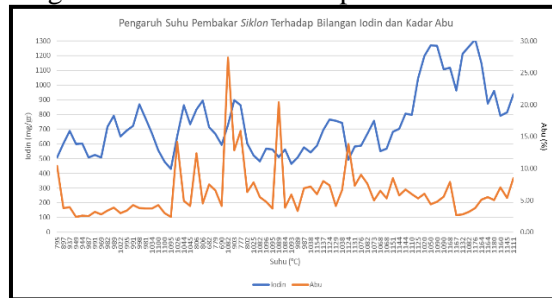
Suhu di segmen empat mengalami stagnan pada jam ke - 17 sampai jam ke - 124 yang berada dikisaran suhu 200°C - 600°C kemudian suhu mengalami penurunan pada jam ke - 125 berada disuhu 138°C dan suhu kembali naik pada jam ke - 127 sampai jam ke - 184 dengan kisaran 160°C - 550°C . Hasil dari segmen empat ini berupa karbon aktif.

Pengamatan Hasil Aktivasi

Pengamatan hasil aktivasi dilakukan terhadap data laju umpan, bahan baku, suhu, kecepatan putaran *rotary kiln*, dan kecepatan *exhauster*. Indikator kondisi optimum adalah memperoleh karbon aktif dengan bilangan iodin tertinggi. Sedangkan kadar abu perlu diketahui karena berkaitan dengan teknik pemanfaatannya. Karbon aktif yang memiliki kadar abu tinggi saat digunakan pada media filtrasi atau yang bertekanan maka abu tersebut akan menyumbat sistem filtrasi atau terdorong keluar akibat tekanan.

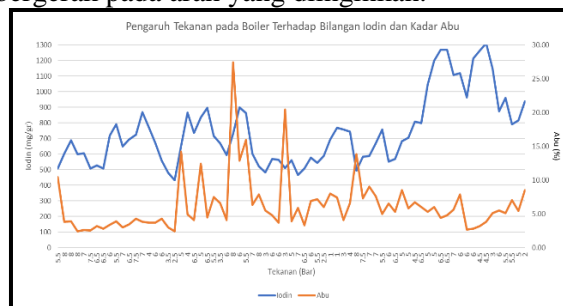
Data yang ditunjukkan laju umpan bahan baku ditetapkan sebesar 100 kg/jam. Sedangkan kecepatan putaran *rotary kiln* dan *exhauster* sebesar 28 Hz dan 10 Hz. Pada kondisi Volume 6, No. 1, Tahun 2020

ini waktu tinggal di dalam *rotary kiln* ± 2 jam. *Exhauster* yang ditempatkan pada *output rotary kiln* berfungsi untuk membantu *transfer* panas di dalam *rotary kiln* yang bersumber dari pembakar *siklon*. Pengaruh jumlah umpan, waktu tinggal, dan suhu selama proses aktivasi berlangsung akan mempengaruhi kualitas karbon aktif. Selain itu tekanan uap yang dihasilkan dari *boiler* juga mempengaruhi kualitas karbon aktif. Hasil pengujian kualitas karbon aktif dapat dilihat dari nilai bilangan iodin dan kadar abu pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7 Pengaruh Suhu Pembakar *Siklon* Terhadap Bilangan Iodin dan Kadar Abu

Data pada **Gambar 7** menunjukkan nilai bilangan iodin tertinggi (> 1000 mg/gr) diperoleh pada suhu di pembakar *siklon* 1050°C - 1164°C . Hasil ini diperoleh pada saat laju umpan diturunkan dari 100 kg menjadi 35 kg, 50 kg, dan 75 kg. Penyebab turunnya bilangan iodin karena adanya kendala-kendala yang ada di pembakar *siklon* seperti adanya *slagging*. *Slagging* merupakan fenomena menempelnya partikel abu baik berbentuk padat maupun leburan, pada permukaan dinding penghantar panas yang terletak di dinding pembakar *siklon* sebagai akibat dari proses pembakaran. Cara mengatasi *slagging* yaitu dengan dilakukan *maintenance* dan dilakukan pembersihan di dinding pembakar *siklon* saat terjadi *slagging*. Kendala selanjutnya seperti adanya penumpukan bahan bakar batubara di pembakar *siklon*. Cara mengatasi penumpukan bahan bakar di pembakar *siklon* yaitu dengan memastikan bahan bakar batubara terbakar lalu lakukan pengumpanan secara bertahap. Kemudian kendala lainnya *exhauster* tidak berputar. Cara mengatasi *exhauster* tidak berputar yaitu dengan mengecek *bearing*. *Bearing* berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar bergerak pada arah yang diinginkan.



Gambar 8 Pengaruh Tekanan Boiler Terhadap Bilangan Iodin dan Kadar Abu

Data pada **Gambar 8** menunjukkan nilai bilangan iodin tertinggi (> 1000 mg/gr) diperoleh pada tekanan uap di *boiler* 5-7 bar. Hasil ini diperoleh pada saat laju umpan diturunkan dari 100 kg menjadi 35 kg, 50 kg, dan 75 kg. Penurunan jumlah umpan pada putaran *rotary kiln* tetap yaitu pada 28 Hz (1680 rpm), mengakibatkan waktu tinggal lebih lama. Awalnya dengan laju umpan 100 kg/jam waktu tinggal ± 2 jam, menjadi 4-5 jam. Waktu tinggal lebih lama memberikan ruang untuk kontak antara uap dengan material bahan baku lebih lama sehingga potensi pembentukan pori-pori karbon aktif lebih maksimal. Pada kondisi bilangan iodin > 1000 mg/gr juga menunjukkan suhu di T2 relatif tinggi yaitu $> 900^{\circ}\text{C}$, dimana kecepatan *exhauster* sebesar 12 Hz (720 rpm).

Untuk hasil analisis kadar abu rata-rata diperoleh kadar abu karbon aktif berkisar antara 5-10 %. Pada **Gambar 8** juga tidak dapat menyimpulkan bahwa semakin tinggi kadar abu bilangan iodin semakin rendah, karena meskipun bilangan iodin tinggi terdapat karbon aktif dengan kadar abu lebih tinggi dibandingkan karbon aktif dengan bilangan iodin yang lebih rendah. Hanya disimpulkan dari seluruh data peninjau atau nilai bilangan iodin tertinggi diperoleh pada saat suhu di zona aktivasi T2 juga tinggi ($\pm 900^{\circ}\text{C}$). Selain pengamatan pada suhu T2, untuk memperoleh nilai bilangan iodin $> 1000 \text{ mg/gr}$ data menunjukkan suhu pada di T3 dan T4 relatif tinggi dan stabil yaitu pada $500^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$. tingginya nilai bilangan iodin juga terlihat dipengaruhi oleh waktu tinggal yang lebih lama yaitu 4-5 jam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kestabilan suhu pembakar *siklon* $900^{\circ}\text{C} - 1000^{\circ}\text{C}$ tercapai setelah pembakar *siklon* beroperasi > 24 jam.
2. Semakin tinggi suhu pada pembakar *siklon* semakin tinggi suhu di T1. Demikian pula semakin tinggi suhu di T1, suhu di T2 semakin tinggi.
3. Kualitas karbon aktif terbaik yaitu karbon aktif yang memiliki nilai bilangan iodin $> 1000\text{mg/gr}$. Nilai ini tercapai pada kondisi suhu di T1 dan suhu di T2 $\pm 900^{\circ}\text{C}$, suhu di T3 dan suhu di T4 $500^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$, laju umpan 35-75 kg/jam, waktu tinggal 4-5 jam, kecepatan putaran *rotary kiln* 28 Hz, kecepatan *exhauster* 12 Hz, dan tekanan uap di *boiler* antara 4-7 bar.
4. Kadar abu karbon aktif dengan bilangan iodin $> 1000\text{mg/gr}$ adalah 5-10 %.

5. Saran

Berdasarkan dari kegiatan penelitian ini, maka, penulis dapat memberi saran sebagai berikut :

1. Perlu operasional produk karbon aktif dengan waktu yang lebih lama sehingga diperoleh data kondisi proses yang lebih banyak untuk dapat menentukan kondisi proses optimal pembuatan karbon aktif tempurung kelapa secara stabil.

Daftar Pustaka

- Atmayudha, Ardhana. 2007. "Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kinerjanya". Universitas Indonesia, Departemen Teknik Kimia, Depok.
- Budi, Esmar. 2011. "Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar". Universitas Negeri Jakarta, Indonesia.
- Edy Nursanto, Sudaryanto, dan Untung Sukamto. 2015. "Pengolahan Batubara dan Pemanfaatannya untuk Energi". Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Yogyakarta.
- Fahri Ferdinand Polii. 2017. "Pengaruh Suhu dan Lama Aktivasi Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa". Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado.
- Ika Monika dan Slamet Soeprpto. 2009. "Pengaruh Jumlah Umpan Terhadap Waktu Tinggal dan Mutu Karbon Aktif Dari Semikokas Air Laya". Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Meilita Tryana Sembiring dan Tuti Sarma Sinaga, ST. 2003. "Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)". Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.
- Pujiyanto. 2010. "Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa". Universitas Indonesia, Departemen Teknik Kimia, Depok.
- Pitaloka, Arumi. 2011. "Optimalisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Ragam Suhu dan Konsentrasi Aktivator ZnCl_2 ". Insititut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rifki Husnul Khuluk. 2016. "Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru". Universitas Bandar
- Volume 6, No. 1, Tahun 2020

Lampung, Bandar Lampung.

- Sulistyah, Edy J, Tuheteru dan Pancanita N. Hartami. 2018. “Pengaruh Ukuran Butir Batubara dan Komposisi Batubara-ZnCl₂ Pada Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Logam Fe, Cu, dan Zn Dalam Limbah Cair”. Universitas Trisakti, Jakarta.
- Sukandarrumidi. 2017. “Batubara dan Pemanfaatannya”. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Umar Fatia Datin. 1999. “Batubara Peringkat Rendah”. Laporan Penelitian Pusat Pengembangan Teknologi Mineral. Direktorat Jendral Pertambangan Umum.
- Wijayanti, Hesti. 2009. “Karbon Aktif dari Sekam Padi: Pembuatan dan Kapasitasnya untuk Adsorpsi Larutan Asam Asetat”. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yuliusman, 2015. “Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Bahan Pengaktif KOH dan Gas N₂/CO₂”. Universitas Indonesia, Depok.