



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Secara garis besar, ada tiga tahap pembuatan karbon aktif, yaitu :

1. Proses dehidrasi
2. Proses karbonisasi
3. Proses aktivasi

II.1.1 Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan.

II.1.2 Proses Karbonisasi

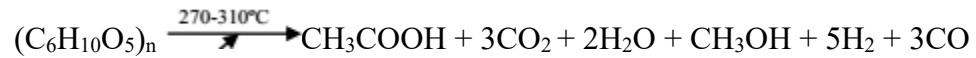
Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan- bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan di dalam furnace. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk methanol, uap asam asetat, tar-tar dan hidrokarbon. Material padat yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (Dewi, 2009).

Penguraian bahan-bahan organik yang terkandung di dalam cangkang kelapa sawit ini terjadi pada proses karbonisasi. Proses ini mempunyai beberapa tahapan proses. Pada awalnya, terjadi proses penguapan air pada suhu 100-120°C, kemudian terjadi proses penguraian selulosa menjadi larutan piroglinat dan sedikit tar pada suhu 200-270°C, setelah itu terjadi proses penguraian lignin sehingga dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan piroglinat dan gas CO₂ menurun. Kemudian gas CH₄, CO dan H₂ meningkat pada suhu 310-500°C, tahap pemurnian arang atau peningkatan kadar karbon terjadi pada suhu 500-1000°C. Reaksi yang terjadi pada proses karbonisasi yaitu:

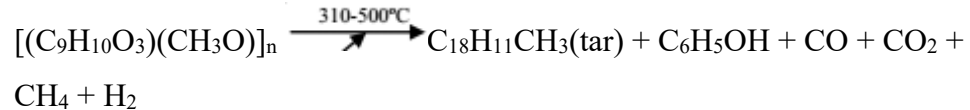


Pra Rencana Pabrik
Pabrik Karbon Aktif dari *Palm Kernel Shell* dengan Proses *Thermal Activation*

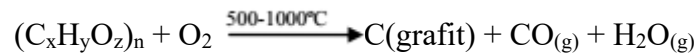
- a. Reaksi penguraian selulosa



- b. Reaksi penguraian lignin



- c. Reaksi umum pembentukan karbon



Konversi dari zat organik menjadi karbon atau residu yang mengandung karbon dapat dilakukan melalui 2 proses yaitu pirolisis dan karbonisasi (destilasi kering).

II.1.2.1 Pirolisis

Pirolisis disebut juga sebagai proses karbonisasi dengan pemanasan secara langsung dalam tungku Beehive yang berbentuk kubah. Secara umum pirolisis atau bisa di sebut thermolisis adalah proses penguraian suatu bahan baku pada suhu yang relatif tinggi dengan udara terbatas atau tanpa adanya oksigen. Proses dekomposisi/penguraian pada pirolisis ini biasa juga sering disebut dengan proses devolatilisasi.

Proses pirolisis dilaksanakan pada suhu $400^\circ C - 500^\circ C$ dalam suatu reaktor dan diikuti dengan kondensasi dalam kondensor berpendingin air, sehingga dihasilkan asap cair. Produk akhir proses pirolisis akan menghasilkan tiga senyawa yaitu gas, padat dan cair, yaitu karbon, cairan berupa campuran ar (bio-oil) dan beberapa zat lainnya. Hasil samping proses pirolisis adalah gas berupa metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan beberapa gas lainnya dalam komposisi yang relatif kecil. Pada umumnya proses pirolisis berjalan pada kurun waktu 4-7 jam dengan suhu di atas $300^\circ C$, tetapi kondisi tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik bahan baku. Beberapa jenis proses pirolisis dapat dilihat pada Tabel II.1



Tabel II.1 Jenis Proses Pirolisis

| Proses | Produk | | |
|---|--------|-------|-----|
| | Cair | Arang | Gas |
| Pirolisis Cepat Temperatur 400-600°C Waktu tinggal uap panas pendek (<2 detik) | 75% | 12% | 13% |
| Pirolisis Menengah Temperatur 500°C Waktu tinggal uap panas sedang | 50% | 25% | 25% |
| Pirolisis Lambat Temperatur 350-400°C Waktu tinggal yang lebih lama | 30% | 35% | 35% |
| Gasifikasi Temperatur tinggi 800°C Waktu tinggal yang lebih lama | 5% | 10% | 85% |

II.1.2.2 Destilasi Kering

Proses pembuatan karbon dapat dilakukan juga melalui metode destilasi kering atau bisa juga disebut sebagai pemanasan secara tidak langsung. Karbonisasi atau pengarangan dapat juga diartikan sebagai proses pemanasan bahan-bahan organik pada suhu tertentu dengan batuan oksigen dengan jumlah yang sangat terbatas, biasanya dilakukan didalam furnace. Proses ini menyebabkan senyawa-senyawa organik yang terdapat di dalam bahan baku terurai dan membentuk hidrokarbon, uap, methanol, asam asetat, dan tar. Produk akhir karbonisasi yang tertinggal adalah dalam fase padatan yang biasa disebut karbon dalam bentuk arang berpori tetapi pori-pori tersebut masih kecil.

Proses karbonasi pada umumnya dilaksanakan pada suhu 400-900°C, kemudian hasil dari proses ini didinginkan dan dicuci untuk menghilangkan dan mendapatkan kembali bahan-bahan pengaktif, setelah itu dilakukan penyaringan dan pengeringan. Pada proses suhu tinggi, diatas 170°C, akan menghasilkan CO₂, CO dan asam asetat. Pada suhu 275°C, dekomposisi menghasilkan metanol, tar dan hasil samping lainnya, sedangkan pembentukan karbon terjadi pada suhu 400-600°C (Ramadhani, 2020).



II.1.3 Proses Aktivasi

Aktivasi arang berarti penghilangan zat- zat yang menutupi pori – pori pada permukaan arang. Hidrokarbon pada permukaan arang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah (CO_2 dan uap air) agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi. Selain itu dapat juga dilakukan proses dehidrasi dengan garam-garam seperti ZnCl_2 atau CaCl_2 . Unsur mineral akan masuk di antara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mula- mula tertutup, sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar.

Proses aktivasi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Proses aktivasi thermal atau fisika

Aktivasi thermal adalah proses aktivasi yang melibatkan adanya gas pengoksidasi seperti udara pada temperatur rendah, uap, CO_2 , atau aliran gas pada temperatur tinggi.

b. Proses aktivasi kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau campuran reagen pengaktif, selanjutnya dikeringkan dan dipanaskan.

(Dewi, 2009)

II.2 Seleksi Proses

Pada proses pembuatan karbon aktif pada penjabaran diatas, dapat disimpulkan berupa tabel perbandingan dari masing-masing proses. Perbandingan ini bertujuan untuk mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan pada setiap proses yang akan dipakai. Perbandingan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:



Tabel II.2 Perbandingan Proses Pembuatan Karbon Aktif

| Parameter | Macam Proses | |
|----------------|--|--|
| | Aktivasi Thermal/Fisika | Aktivasi Kimia |
| Aktivator | Panas, Uap (Steam) dan CO ₂ | Kualitas karbon aktif yang dihasilkan cukup baik |
| Suhu | Memerlukan suhu tinggi (500°C- 1000°C) | Tidak memerlukan suhu tinggi (450°C- 900°C) |
| Waktu | Relatif pendek | Lama |
| Struktur Pori | Kurang baik | Baik |
| Luas permukaan | Tinggi | Cukup tinggi |
| Yield | Besar | Cukup besar |
| Kelebihan | Biaya lebih murah dan peralatan yang dipakai lebih sedikit | Kualitas karbon aktif yang dihasilkan baik |
| Kerugian | Kualitas karbon aktif yang dihasilkan cukup baik | Biaya mahal dan peralatan yang dipakai banyak |

Dalam prarancangan pabrik karbon aktif ini dipilih proses aktivasi fisika untuk memperoleh produk utama karbon aktif karena:

1. Waktu yang diperlukan relatif pendek meskipun membutuhkan suhu yang terlalu tinggi, karena semakin cepat waktu yang diperlukan maka akan meminimalisir arang yang terbentuk menjadi abu, sehingga yield arang yang dihasilkan akan besar,
2. Yield karbon aktif yang dihasilkan lebih besar meskipun dengan kualitas yang cukup baik



3. Tidak membutuhkan peralatan operasi yang banyak.
4. Proses yang dilakukan cukup mudah.
5. Lebih ekonomis.

II.3 Uraian Proses

Pada proses pembuatan Karbon Aktif dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu :

1. Tahap pengendalian bahan baku (Kode Unit : 100)
2. Tahap proses (Kode Unit : 200)
3. Tahap pengendalian produk (Kode Unit : 300)

Uraian proses pada pembuatan Karbon Aktif adalah sebagai berikut:

Pertama bahan baku *palm kernel shell* dalam gudang bahan baku (F-110) ditampung menuju bin (F-211) dengan bantuan screw conveyor (J-111) dan bucket elevator (J-112) untuk ditampung menuju bin (F-211). Selanjutnya *palm kernel shell* diumpankan ke reaktor pirolisis (R-210). Secara bersamaan, Gas Nitrogen yang berada di tangki penampung (F-120) dengan tekanan 20 atm diturunkan tekanannya menjadi 1 atm melalui expander valve (K-121) untuk menuju ke reaktor pirolisis (R-210).

Pada reaktor pirolisis dioperasikan pada suhu 500°C dan tekanan 1 atm dan dialirkan gas nitrogen melalui sparger pada reaktor. Feed diumpankan dari atas dan menghasilkan sebagian padatan karbon black(char) yang akan keluar dari bawah reaktor dan sebagian terbawa gas. Gas dipisahkan dari karbon black dengan menggunakan cyclone (H-212) dan dialirkan menuju ke bag filter (H-213) karena masih terdapat sedikit padatan terikut. Lalu gas yang sudah bebas padatan karbon didinginkan didalam cooler (E-214) sampai suhu 105°C, dan hasilnya akan ditampung dalam gas holder (F-216). Gas produk yang dihasilkan dan gas alam di dalam tangki penampung (F-130) dipakai sebagai heat-carrier dalam reaktor pirolisis setelah dibakar dalam burner (Q-140).

Hasil dari proses pirolisis adalah karbon black yang telah berpori tetapi porinya masih tertutup oleh tar, setelah itu dilakukan proses aktivasi agar terjadi



penghilangan tar. Sebagian karbon black yang keluar dari reaktor pirolisis dan yang sudah dipisahkan dari gas, disatukan untuk ditampung dalam bin (F-221) dengan bantuan screw conveyor (J-217) dan bucket elevator (J-218). Setelah itu dilakukan proses aktivasi secara fisika dengan karbon black dimasukkan kedalam reaktor aktivasi (R-220) yang beroperasi pada tekanan 1 atm. Proses aktivasi ini dilakukan dengan bantuan *steam* pada suhu 1000°C yang dialirkan melalui sparger. Hasilnya sebagian padatan karbon aktif akan keluar dari bawah reaktor dan sebagian terbawa gas. Lalu memisahkan gas dari karbon aktif menggunakan cyclone (H-222) dan gas yang sudah bebas padatan karbon aktif didinginkan didalam cooler (E-223) sampai suhu 105°C sebelum dilepas ke atmosfer.

Sebagian karbon aktif yang keluar dari reaktor aktivasi dan yang sudah dipisahkan dari gas dibawa ke rotary cooler (E-310) untuk diturunkan suhunya menjadi 50°C dengan bantuan air sebagai media pendingin pada suhu 30°C dengan screw conveyor (J-224). Kemudian karbon aktif yang keluar dari rotary cooler ditampung dalam bin (F-321) lalu ke ball mill (C-320) untuk penyeragaman ukuran sebesar 325 mesh dan yang lolos kemudian akan dibawa dengan screw conveyor (J-322) dan diangkut dengan bucket elevator (J- 323) menuju ke silo karbon aktif (F-330).