



PRA RANCANGAN PABRIK

” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

BAB II

SELEKSI PROSES

II.1 Jenis – Jenis Proses

Proses pembuatan kalsium karbida dari batu kapur dan karbon pada dasarnya dilakukan dengan proses kalsinasi batu kapur dan proses reduksi kalsium oksida (CaO) oleh karbon pada suhu tinggi. Proses produksi kalsium karbida dapat dilakukan melalui proses sebagai berikut.

1. Proses pembakaran material karbon dengan oksigen dan CaO di dalam tungku (Proses Oksitermal).
2. Peleburan material karbon dengan CaO menggunakan tungku listrik (Proses Elektrotermal).

II.1.1 Proses Oksitermal

Proses produksi kalsium karbida menggunakan proses oksitermal dilakukan dengan mengumpulkan campuran bahan padat yang mengandung karbon (kokas, batu bara, arang) dan bahan berkapur (kapur tohor, batu kapur, dan dolomit). Campuran bahan padat ini diumpukan pada bagian atas *Shaft furnace*. Pembentukan kalsium karbida memerlukan panas dan suhu tinggi yang diperoleh dari oksidasi bahan bakar menjadi gas menggunakan bantuan hembusan udara yang mengandung oksigen. Hembusan udara yang digunakan dapat mengandung oksigen murni, oksigen teknis, udara diperkaya oksigen, dan campuran antara oksigen dengan steam atau karbondioksida. Pada reaksi ini terbentuk gas mudah terbakar yang keluar dari bagian atas tungku. Lelehan kalsium karbida yang dihasilkan akan keluar melalui bagian bawah tungku secara kontinyu atau periodik. Umpan yang masuk ke *Shaft furnace* mengandung karbon akan terkonversi akibat adanya hembusan oksigen. Proses ini akan menghasilkan gas yang mudah terbakar



PRA RANCANGAN PABRIK

” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

yang menghasilkan abu batu bara dalam bentuk terak cair. Suhu zona pembakaran berada pada rentang 1000 – 1800°C yang akan menghasilkan gas buang dengan suhu 450 - 900 °C. Namun, suhu zona pembakaran yang dibutuhkan untuk pembuatan kalsium karbida berada pada rentang 2000 hingga 3000°C sehingga akan menghasilkan suhu gas buang yang sangat tinggi. Penggunaan bahan dengan rasio kapur yang lebih tinggi daripada karbon akan menyebabkan temperatur pembakaran yang lebih tinggi. Dengan mengatur rasio antara kapur dan karbon yang diumpankan akan menghasilkan produk dengan kualitas yang berbeda pula. Dengan menggunakan perbandingan antara CaO dan C antara 1 : 4 dan 1 : 2 dapat menghasilkan kalsium karbida dengan kadar 62%. Perbandingan bahan baku lebih dari 1:2 dapat menyebabkan terbentuknya terak di zona pembakaran yang tidak dapat dicegah walaupun dengan meningkatkan suhu pembakaran. Produksi kalsium karbida dengan proses oksitermal diwujudkan pada skala industri dengan mengumpankan CaO dan C dengan rasio 2:5. Sumber panas untuk reaksi pembentukan kalsium karbida menggunakan bantuan hembusan 77% oksigen teknis dan 23% steam. Suhu pada furnace menjadi sekitar 2650 °C dengan perolehan gas asetilen 240 L/kg saat direaksikan dengan air. (US 2794706, 1957).

II.1.2 Proses Elektrotermal

Proses produksi kalsium karbida dilakukan dengan mereaksikan kalsium oksida (CaO) dengan Karbon (C) menggunakan pemanasan listrik dalam tungku elektrik. Kalsium oksida (CaO) diperoleh dari kalsinasi batu kapur. Sedangkan karbon dapat diperoleh dari kokas atau batu bara antrasit. Proses produksi dimulai dari limestone masuk ke lime kiln untuk melalui proses dekarbonisasi kalsium karbonat (CaCO_3) menjadi kalsium oksida (CaO) dan karbon dikeringkan pada dryer untuk menghilangkan kelembabannya. Kalsium oksida (CaO) dan batu bara antrasit yang telah dikeringkan dicampurkan dengan perbandingan tertentu dan


$$CaO_{(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow CaC_{2(s)} + CO_{(g)}$$
[illegible]

Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Elektrotermal (Othmer,1994)



PRA RANCANGAN PABRIK
” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN
BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

II.2 Seleksi Proses

Seleksi proses produksi kalsium karbida didasarkan pada perbandingan berbagai parameter meliputi bahan baku, jenis reaktor, temperatur, dan kekurangan pada masing- masing prosesnya.

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Kalsium Karbida

Parameter	Proses Oksitermal	Proses Elektrotermal
Bahan Baku	Batu Kapur, Batu Bara, Oksigen	Batu Kapur, Batu Bara, elektroda
Jenis Reaktor	<i>Oxythermal furnace</i>	<i>Electric Arc Furnace</i>
Temperatur (°C)	1000 - 1800	2000-2100
Tekanan	1 atm	1 atm
Kemurnian produk (%)	62	80
Biaya produksi	Biaya produksinya ditentukan dari fluktuasi harga batu kapur/kokas dan oksigen.	Biaya produksinya bergantung pada harga Listrik.



PRA RANCANGAN PABRIK

” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

Analisa Ekonomi	Investasi awal tinggi karena memerlukan biaya untuk pembelian reactor, unit pemisahan udara. Keuntungan bergantung pada harga Batubara	Investasi awal untuk membeli Electric Arc Furnace, Keuntungan bergantung pada tarif listrik local (Rp 997 / kWh). Cocok untuk daerah dengan akses Listrik mudah dan murah
Dampak Lingkungan	Emisi gas, limbah padat, dan abu lebih signifikan	Dihasilkan gas CO yang dapat diolah, Limbah padat lebih minimal

Berdasarkan uraian dan tabel di atas, maka dipilih proses Elektrotermal dalam produksi kalsium karbida. Pemilihan proses ini didasarkan pertimbangan pada bahan baku yang digunakan lebih mudah diperoleh dengan biaya minimum daripada bahan baku yang digunakan pada proses oksitermal. Penggunaan batu kapur dan batu bara merupakan upaya pemanfaatan bahan baku lokal untuk mengurangi impor. Kemurnian produk kalsium karbida yang dibuat dengan metode elektrotermal lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode oksitermal. Jika ditinjau dari limbahnya, proses elektrotermal menghasilkan limbah dengan jumlah yang lebih kecil. Selain itu, proses ini memiliki kontrol suhu yang baik dan dapat digunakan pada produksi skala besar. Proses elektrotermal memiliki keberlanjutan yang lebih baik. Hal ini didukung oleh letak pabrik yang direncanakan akan berdiri



PRA RANCANGAN PABRIK **” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN** **BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”**

di Kawasan industri Jababeka yang mudah akses listriknya. Sedangkan proses oksitermal membutuhkan bahan baku batu bara yang lebih banyak karena akan digunakan sebagai sumber panas furnace. Pada oksitermal juga dibutuhkan bahan baku oksigen yang akan menambah biaya produksi.



PRA RANCANGAN PABRIK

” PABRIK KALSIMUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

II.3 Uraian Proses

Pada Pra Rancangan pabrik ini, produksi kalsium karbida (CaC_2) dari kalsium karbonat (CaCO_3) dan batu bara antrasit (C) dengan menggunakan proses elektrotermal dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap penanganan produk

Uraian proses pada pembuatan kalsium karbida adalah sebagai berikut:

1. Persiapan bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah Kalsium Karbonat (CaCO_3) yang diperoleh dari CV hegar jaya, dan batu bara antrasit (C) untuk proses utama yang diperoleh dari Pt. Bencoolen Carbon Coal. Pada proses persiapan bahan baku, dilakukan persiapan bahan baku sebelum dimasukkan ke *electric furnace*. Pada *electric furnace*, terjadi reaksi antara CaO dan C membentuk CaC_2 dan CO. CaO diperoleh dari proses kalsinasi kalsium karbonat (CaCO_3) pada rotary kiln.

Jumlah kebutuhan bahan baku CaCO_3 dan batu bara antrasit diatur kebutuhannya sesuai perbandingan mol antara CaO dan C sebesar 1 : 3. Setelah diketahui jumlah CaO dapat diketahui jumlah CaCO_3 yang harus diumpangkan. Mula – mula bahan baku batu bara antrasit (C) dari Gudang penyimpanan (F-110) akan dikecilkan ukurannya menjadi $< 25 \text{ mm}$ menggunakan Jaw Crusher (C- 120). Batu bara antrasit tersebut selanjutnya akan diumpangkan ke *rotary dryer* (B – 130) untuk dihilangkan kelembapan dalam batu bara antrasit sebelum diumpangkan ke Electric Furnace (Q – 210). Sedangkan bahan baku kalsium karbonat (CaCO_3) dari gudang



PRA RANCANGAN PABRIK

” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

penyimpanan (F – 140) dengan ukuran 25 - 50 mm akan diumpankan ke rotary kiln (B-150) untuk menghasilkan CaO melalui proses kalsinasi dengan persamaan reaksi sebagai berikut.



Proses kalsinasi ini berlangsung pada suhu 900 – 1000°C. CaO hasil kalsinasi akan keluar pada suhu 900°C dan diumpankan ke rotary cooler (B – 160) untuk didinginkan hingga suhunya 300°C. Udara output *rotary cooler* (B – 160) membawa material CaO yang masuk. Oleh karena itu, digunakan *cyclone-1* (H-162) untuk menangkap padatan yang terbawa udara output *rotary cooler* (B - 160). CaO selanjutnya akan diumpankan Bersama dengan batu bara antrasit yang keluar dari *rotary dryer* (B – 130) dan padatan output *cyclone-1* (H – 162) untuk dicampurkan menggunakan *screw conveyor* (J – 170) dan diumpankan ke *electric furnace* (Q – 210).

Gas yang keluar dari *rotary dryer* (B – 130), *rotary kiln* (B – 150), dan *cyclone-1* (H - 162) yang mengandung CO₂, H₂O, dan padatan dari bahan baku akan diolah untuk diambil gas CO₂ nya. Proses pengolahannya meliputi pendinginan, penghilangan zat padat, dan pemisahan. Mula – mula campuran gas dengan suhu 717,16 °C diumpankan ke Waste Heat Boiler-1 (E - 154) untuk diturunkan suhu nya menjadi 300 °C. Setelah itu, dilakukan pendinginan kedua menggunakan *cooler-1* (E -155) hingga suhu campuran gas tersebut menjadi 32 °C. Campuran gas ini membawa padatan yang terikut dari proses pengeringan, kalsinasi, maupun pendinginan. Sehingga dilakukan pemisahan padatan menggunakan *cyclone-2* (H-156) dan bag filter (H-157). Padatan yang berhasil dipisahkan dari aliran gas tersebut selanjutnya akan diumpankan kembali menuju *screw conveyor* (J-170) bersama dengan aliran batu bara antrasit dan CaO dari proses persiapan bahan baku. Aliran gas yang sudah tidak mengandung padatan selanjutnya



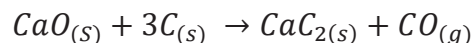
PRA RANCANGAN PABRIK

” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

diumpakan menuju kompresor-1 (G-158) untuk menaikkan tekanannya menjadi 25 atm. Campuran gas ini mengalami kenaikan suhu menjadi 37,3 °C dan diumpakan ke *knock out drum separator* (H – 180) untuk memisahkan CO₂ dan H₂O agar diperoleh CO₂ yang lebih murni. Gas CO₂ yang sudah sedikit kandungan H₂O nya akan dinaikkan kembali tekanannya menjadi 72 atm menggunakan kompresor-2 (G -181) untuk mengubah gas CO₂ menjadi cair. CO₂ output kompresor - 2 (G – 181) yang mengalami kenaikan suhu menjadi 110,6 °C akan diumpakan ke *cooler-2* (E – 182) dan diturunkan suhunya menjadi 31 °C. CO₂ ini kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan CO₂ dan dijual sebagai produk samping ke industri yang menggunakan CO₂ sebagai bahan baku.

2. Pembentukan produk

Campuran bahan yang keluar dari *screw conveyor* (J - 170) diumpakan ke *electric furnace* (Q - 210) untuk direaksikan dan menghasilkan kalsium karbida (CaC₂). Pada *electric furnace* (Q - 210) terjadi proses reduksi CaO oleh C pada suhu 2100°C dengan persamaan reaksi sebagai berikut.



Gas CO sebagai produk samping akan diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Proses pengolahan gas CO dimulai dengan menurunkan suhu keluaran gas furnace dari 2100 °C menjadi 400 °C menggunakan *waste heat boiler -2* (E – 211). Gas CO selanjutnya diumpakan menuju *flare stack* (A – 212) untuk dibakar menjadi gas CO₂ yang lebih aman untuk dibuang ke lingkungan. Produk CaC₂ keluar dalam bentuk lelehan yang selanjutnya didinginkan di *carbide chiller* (J – 310) dengan bantuan udara bebas selama 24 jam.



PRA RANCANGAN PABRIK

” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”

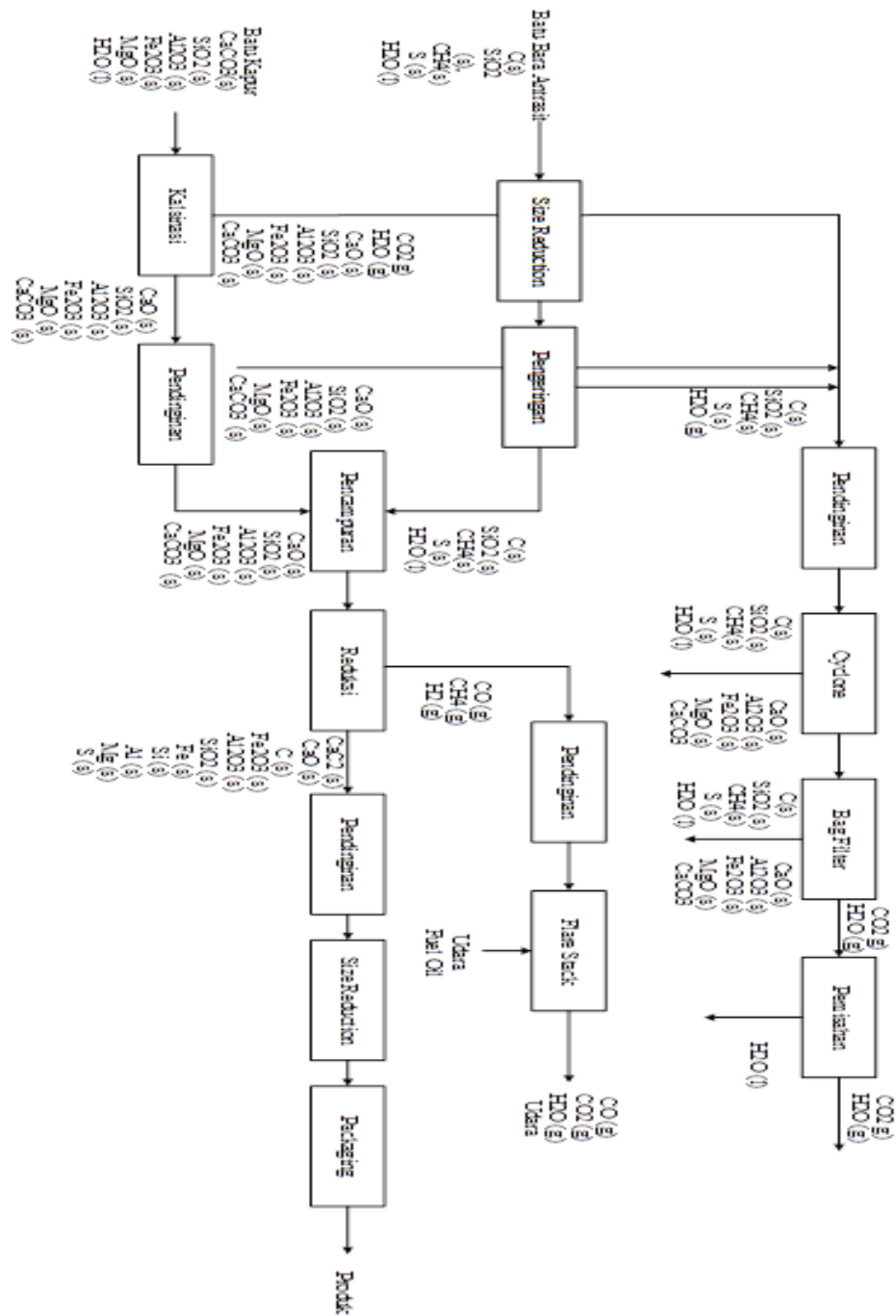
3. Tahap Penanganan Produk

Kalsium karbida (CaC_2) yang telah dingin dan menjadi padat selanjutnya dikecilkan ukurannya agar sesuai standar. Pengecilan ukuran dilakukan dengan mengumpulkan produk CaC_2 menuju *gyratory crusher* (C – 320). Setelah itu dilakukan pengayakan menggunakan *screener* -2 (H-321) untuk diperoleh produk CaC_2 berukuran 25- 50 mm. Produk yang telah dikecilkan ukurannya menjadi 25 - 50 mm akan dibawa menuju bin penyimpanan produk (F -330) pada unit pengemasan. Pada unit pengemasan dilakukan pengecekan produk agar sesuai standar. Berdasarkan SNI 06-2861-1992, produk kalsium karbida dengan ukuran 25 – 50 mm dapat menghasilkan gas asetilen 295 liter/ kg produk, kadar debu < 5%, dan jumlah produk yang lolos ayakan maksimal 15%. Pengemasan produk dilakukan menggunakan drum dengan kapasitas 100 kg. Produk yang sudah dikemas selanjutnya dibawa menuju gudang penyimpanan produk (F-340) melalui *belt conveyor packaging* (J -331) sebelum dipasarkan.



PRA RANCANGAN PABRIK

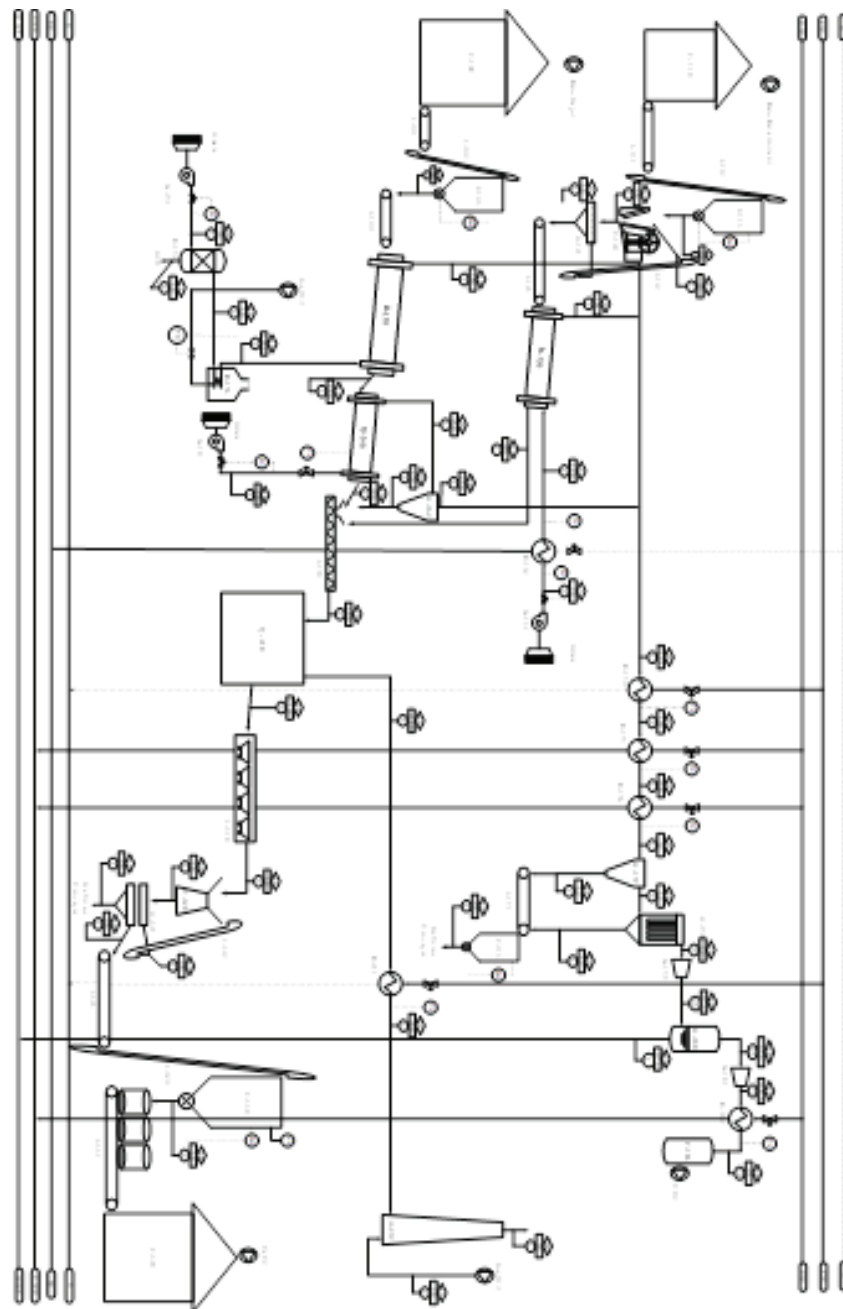
” PABRIK KALSIUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”



Gambar II. 2 Blok Diagram Produksi Kalsium Karbida Dari Batu Kapur dan Batu Bara



PRA RANCANGAN PABRIK
” PABRIK KALSIMUM KARBIDA DARI BATU KAPUR DAN
BATU BARA DENGAN PROSES ELEKTROTHERMAL ”



Gambar II. 3 Flowsheet Pengembangan Pabrik Kalsium Karbida dari Batu Kapur dan Batu Bara Dengan Proses Elektrotermal