



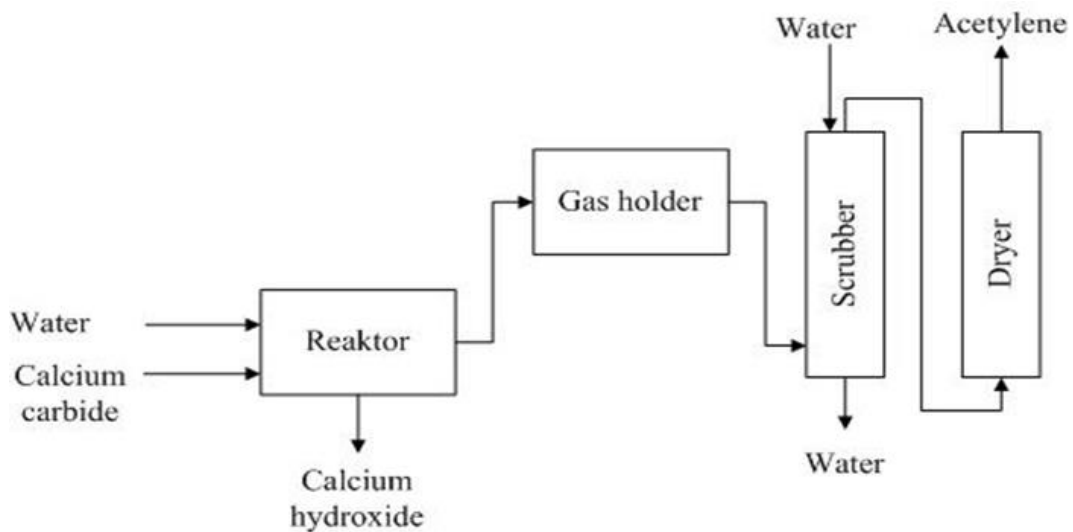
BAB II
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Beberapa tahun perkembangan dalam teknologi, pembuatan asetilena ini dapat dilakukan dengan tiga macam proses serta bahan baku yang digunakan juga berbeda. Asetilena dapat dibuat dengan beberapa macam proses berdasarkan bahan baku pembuatannya yaitu:

1. Pembuatan asetilena dari Proses Kering
2. Pembuatan asetilena proses *Parsial Oksidasi*
3. Pembuatan asetilena proses Pirolisis (Proses *Wulff*)

II.1.1 Pembuatan Asetilena dari Proses Kering



Gambar II. 1 Blok diagram pembuatan asetilena dari kalium karbida (*Keyes and Clark's, 1975*).

Pada proses kering dari bahan baku kalsium karbida ini banyak digunakan di industri besar. Pada proses ini kalsium karbida dan air akan bereaksi membentuk asetilena dan kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida kering yang terbentuk dapat digunakan dengan mudah dan murah. Kalsium hidroksida yang dihasilkan dapat digunakan untuk aplikasi industri bangunan (semen), industri kimia (netralisasi), pertanian (*fertilizer*), pemurnian air, dan pengolahan limbah (*Ullmann's, 2007*).



BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Pada proses ini pertama-tama, *calcium carbide* diumpankan ke dalam reaktor/generator bersamaan dengan air pada suhu dibawah 150 °C dan tekanan 15 psi (100 kPa) atau dibawah 204 kPa. Pada dasarnya proses basah maupun kering prosesnya sama, yang membedakan hanyalah perbandingan komposisi antara *calcium carbide* (kalsium karbida) dan air adalah lebih banyak kandungan airnya yaitu 90% air. Sedangkan pada proses kering perbandingannya 1:1 berat (1 kg air per 1 kg kalsium karbida) (*Keyes and Clark's, 1975*). Pada proses basah, di dalam produk asetilen mengandung air berlebih, dan *slurry* dari Ca(OH)_2 mengandung 10-20% Ca(OH)_2 . Sedangkan proses kering, produk mempunyai *moisture content* 1-6% (*Ullmann's, 2007*). Dalam produksi skala besar proses kering yang paling banyak digunakan (*Kirk-Othmer, 1981*).

Kontrol absolut dari penambahan air sangat penting dan massa reaksi kalsium hidroksida (kapur) kering dan karbida yang tidak bereaksi harus terus dicampur untuk mencegah pemanasan berlebih yang berbahaya dan pembentukan produk samping polimer yang tidak diinginkan. Aliran gas disaring untuk menghilangkan debu kapur. Produk samping kapur kering dianggap lebih menguntungkan dibandingkan dengan produk samping kapur basah. Kapur dari generator kering sangat halus dan membutuhkan penyimpanan di silo atau perlindungan dari hamburan oleh arus angin. Transportasi harus dalam wadah tertutup, misalnya kantong (*Kirk-Othmer, 1981*).

Produk atas dihasilkan dari reaktor berupa campuran yang mengandung partikel $\text{CaC}_2, \text{C}_2\text{H}_2$ dan pengotor kemudian diumpankan ke dalam *scrubber* dengan menggunakan air dan larutan soda kaustik atau mengarah pada absorpsi menggunakan besi oksida atau senyawa klorin aktif, untuk memisahkan partikel CaC_2 dari gas C_2H_2 tersebut dengan menggunakan penambahan air. Sedangkan produk bawah menghasilkan produk samping berupa Ca(OH)_2 . Kemudian produk atas yang berupa gas diumpankan ke dalam dryer untuk dikeringkan. Sedangkan produk bawah sebagai *waste* dibuang.

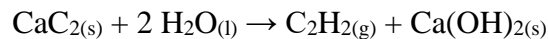
Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis. Karena reaksi eksotermik dan evolusi gas, paling banyak. Pertimbangan keselamatan penting dalam desain generator asetilena adalah menghindari suhu yang terlalu tinggi dan tekanan tinggi.



BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Panasnya reaksi harus dihilangkan dengan cepat dan efisien untuk menghindari *overheating* lokal kalsium karbida yang, tanpa adanya air yang cukup, dapat menjadi pijar dan menyebabkan dekomposisi progresif asetilena dan pengembangan tekanan eksplosif. Mempertahankan suhu $<150^{\circ}\text{C}$ juga meminimalkan polimerisasi asetilena dan reaksi samping lainnya yang mungkin terbentuk kontaminan yang tidak diinginkan. Untuk perlindungan terhadap tekanan tinggi, industri generator asetilena dilengkapi dengan perangkat pelepas tekanan yang tidak memungkinkan tekanan melebihi 204,7 kPa (15 psig). Tekanan ini umumnya diterima sebagai batas atas yang aman untuk mengoperasikan generator.

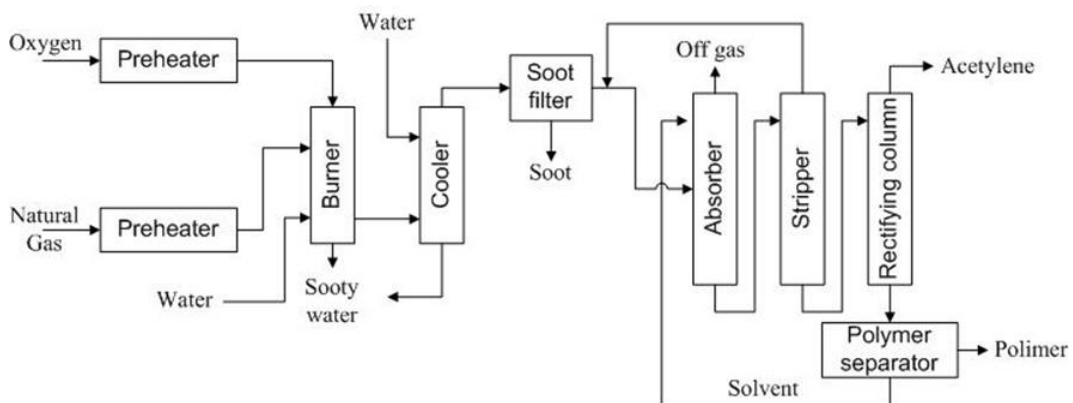
Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



(kalsium karbida) (air) (asetilen) (kalsium hidroksida)

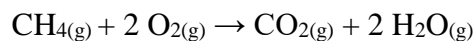
Dengan yield sebesar 93 – 95 %.

II.1.2 Proses Parsial Oksidasi



Gambar II. 2 Blok diagram pembuatan asetilena Proses Parsial Oksidasi (*Keyes and Clark's, 1975*)

Reaksi yang terjadi (metana sebagai natural gas):



Konversi : 90-95%

Yield : 30%

Metana (gas alam) teroksidasi secara parsial dengan oksigen (dari unit separasi). Panas memecah metana berlebih untuk menjadi asetilena. Setelah itu

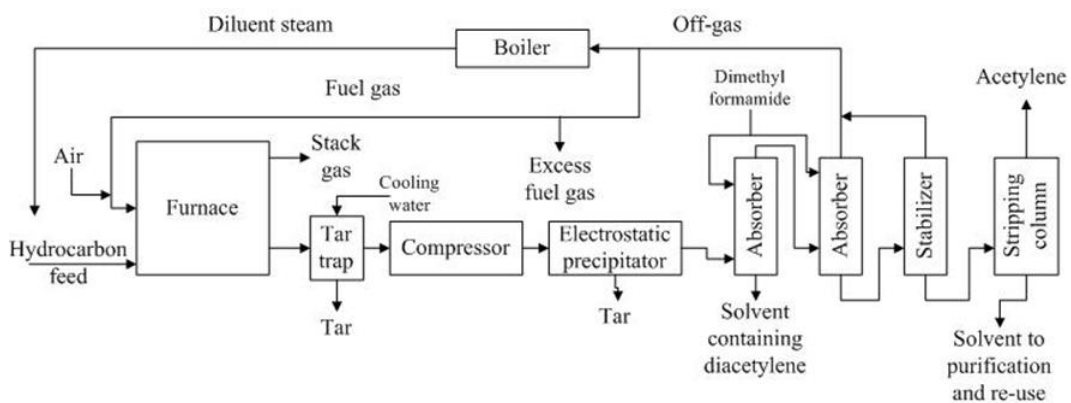


BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

didinginkan dengan air, asetilena yang terpisah dari gas yang mengalir di absorb dalam larutan. Gas alam (1 mol) dan oksigen (0,65 mol 95% O₂) dipanaskan awal (proses *preheater*) terpisah pada suhu 510°C dan diumpankan pada pembakar. Silinder vertikal terdiri atas 3 unit diantaranya adalah ruang pencampuran, ruang pembakaran, dan ruang pemadaman. Setelah proses pencampuran gas diumpankan ke *flame room*. Panas pembakaran gas pada 1550 °C memecah metana menjadi asetilena. Gas keluaran mengandung (basis kering) 8% asetilena, 54% hidrogen, 26% karbon monoksida, 5% metana, 4% karbon dioksida, dan 3% nitrogen (*Keyes and Clark's, 1975*).

II.1.3 Proses Pirolisis / Proses Wulff

Asetilena dapat diproduksi oleh dekomposisi termal hidrokarbon tertentu seperti metana, etana, propana, butana, etilena, dan gas alam. Dalam proses wulff pirolisis dilakukan di dalam tungku yang berisi batu bata panas. Batu bata dipanaskan dengan pembakaran oleh gas dalam tungku pembakar. Setelah pirolisis gas dipadamkan, lalu dialirkan ke *scrubber* dan *purifier* to mendapatkan asetilena (*Keyes and Clark's, 1975*).



Gambar II. 3 Blok diagram pembuatan asetilena Proses Pirolisis/Proses Wulff
(*Keyes and Clark's, 1975*)

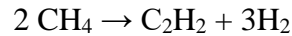
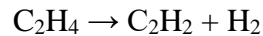
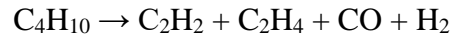
Pada proses ini, gas alam diumpankan ke dalam boiler untuk dilarutkan dengan *steam* dengan rasio 1:8, gas keluar dari boiler pada suhu 370 °F. Kemudian diumpankan ke dalam sebuah *furnace*, untuk dibakar dengan udara pada suhu operasi 1315°C. Hasil dari pirolisis (pemanasan dengan suhu tinggi) natural gas ini adalah gas yang kemudian dipadamkan dalam penangkap tar (tar merupakan cairan



BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

hidrokarbon kental berwarna coklat atau hitam dan karbon bebas), dimana *steam* dan beberapa tar dipisahkan dari gas (*Keyes and Clark's, 1975*).

Reaksi yang terjadi:



Yield : 25-50%

Produk dari *furnace* kemudian dikompresi pada tekanan atmosferik dalam kompresor. Kemudian diumpankan ke dalam EP (*Electrostatic Precipitator*) untuk memisahkan kotoran yang masih terikat dalam gas. Dari EP gas kemudian diumpankan ke dalam absorber I untuk diabsorbsi dengan *dimethylformamide*. Produk bawah absorber I berupa larutan yang mengandung diasetilena. Pada absorber II gas yang tidak terabsorbsi sebagian dibawa ke boiler untuk dilarutkan dengan *steam* sebagian lagi diumpankan ke dalam *furnace*. Sedangkan produk bawah absorber II berupa larutan yang kaya asetilena, dibawa menuju ke *stabilizer* dimana komponen yang mudah larut dari *stabilizer* ini kemudian diumpankan ke dalam kolom striping untuk proses pemurnian. Produk atas kolom striping berupa gas asetilena. Sedangkan produk bawahnya berupa larutan dibawa ke unit *recovery* untuk pengolahan selanjutnya (*Keyes and Clark's, 1975*).

Asetilen yang dihasilkan pada proses ini mempunyai kemurnian 98,5-99,3%. Sedangkan *yield*-nya bervariasi tergantung pada jumlah hidrokarbon yang digunakan. Hasil rata-rata sekali proses adalah 22,5 kg/100 kg metana, 38.8 kg/100 kg etana, dan 35,5 kg/100 kg propana (*Keyes and Clark's, 1975*).



II.2 Pemilihan Proses

Tabel II. 1 Perbandingan proses pembuatan asetilena

No.	Parameter	Proses		
		Proses Kering	Pirolisis	Parsial Oksidasi
1.	Bahan Baku	Kalsium karbida	Hidrokarbon	Hidrokarbon
2.	Aspek Teknis			
	- Suhu Reaksi	<150 °C	1315 °C	1550 °C
	- Tekanan	1 atm	600 psig	25 psig
3.	Aspek Ekonomi			
	- Alat	murah	mahal	mahal
	- Fase reaksi	Padat – cair	Gas	Gas
	- Produk, <i>Yield</i>	(93-95)%	(25-50) %	30%

Dari tinjauan proses pembuatan asetilena tersebut, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pra perancangan pabrik ini menggunakan proses bahan baku kalsium karbida dengan proses kering dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Peralatan yang digunakan lebih sederhana
2. Proses lebih sederhana (suhu tidak terlalu tinggi, reaksi fase padat-cair mempermudah pengendalian proses)
3. *Yield* produk yang dihasilkan lebih besar

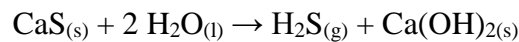
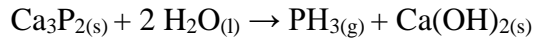
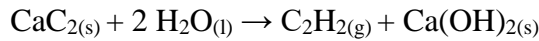
II.3 Uraian Proses

Proses produksi Asetilen dilakukan dengan proses kering dimana perbandingan antara air dan kalsium karbid adalah 1:1. Kalsium karbid yang mengandung pengotor berupa Ca_3P_2 dan CaS diumpankan ke hopper sebelum memasuki reaktor untuk mengatur aliran dengan bantuan screw conveyor. Kemudian kalsium karbid dimasukkan ke dalam reaktor yang telah diisi oleh air



BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

proses. Di dalam reaktor suhu dijaga pada 70°C dengan tekanan 1 atm dan konversi sebesar 90%. Adapun reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah:

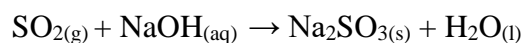
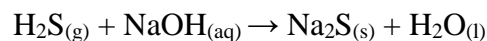


Terbentuk produk yaitu gas Asetilen dan pengotor berupa gas Fosfin (PH_3) dan gas Asam Sulfida (H_2S). Terbentuk pula produk samping berupa kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) berbentuk slurry.

Dari reaktor campuran gas asetilen akan mengalir ke gas holder. Setelah dari gas holder campuran gas asetilen dialirkan menuju tower scrubber untuk proses pemurnian. Terdapat 2 tower scrubber yang akan digunakan. Pertama adalah campuran gas asetilen akan menuju ke scrubber dengan penambahan reaktan H_2SO_4 . Scrubber ini berfungsi untuk menurunkan kandungan PH_3 hingga tersisa maksimum 10 ppm. Dalam scrubber ini terjadi reaksi:



Dari reaksi dihasilkan H_3PO_3 berupa padatan dan SO_2 berupa gas serta H_2O berupa liquid. Kemudian campuran gas Asetilen mengalir ke tower scrubber kedua dengan penambahan reaktan NaOH yang berfungsi untuk menurunkan kadar H_2S hingga 10 ppm dan menghilangkan gas SO_2 yang terbentuk pada scrubber pertama. Pada scrubber ini terjadi reaksi :



Dari 2 scrubber tersebut asetilen yang dihasilkan menjadi lebih murni dimana kandungan PH_3 dan H_2S turun menjadi maksimum 10 ppm. Gas asetilen yang keluar dari scrubber selanjutnya dialirkan melalui kompresor menuju gas holder kemudian ditambahkan aseton sebagai solvent. Campuran gas asetilen dan aseton kemudian dikemas dalam silinder dengan perbandingan rasio 1:1 unit asetilen per unit aseton yang kemudian siap dijual.