

BAB II

STUDI KELAYAKAN AWAL

2.1 Seleksi Proses

Etilen adalah gas hidrokarbon sederhana yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan berbagai produk kimia seperti polietilen. Selain itu, etilen juga memiliki efek besar pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Mattoo and Suttle, 1991). Etilen adalah salah satu hormon tumbuhan yang pertama kali ditemukan (Abeles et al, 1992). Seiring dengan perkembangan teknologi pada pembuatan etilen terdapat beberapa proses antara lain dehidrasi etanol, pirolisis hidrokarbon (*thermal cracking*), dan sintesa syn-gas.

2.1.1 Dehidrasi Etanol

Dehidrasi etanol merupakan proses yang sederhana untuk dapat menghasilkan gas etilen (etena) dan produk samping yaitu air. Pada proses ini akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Pada proses ini untuk menghasilkan etilen dapat dibagi menjadi 3 tahap besar, yaitu persiapan bahan, reaksi kimia, dan tahap terakhir ialah pemurnian produk. Tahap pertama adalah preparasi bahan baku, penguapan etanol dan pemanasan uap tersebut terjadi pada heater, kemudian di umpan kedalam reaktor pada suhu 300-400K dan 1 atm. Pada tahap kedua, proses ini menggunakan katalis Al/SiO₂ untuk direaksikan dengan uap etanol dan 95,8% etanol akan diubah menjadi etilen. Reaksi dehidrasi etanol berlangsung pada reaksi yang endotermik dan reaksi ini menggunakan reaktor *fixed bed multitubular*.

Tahap terakhir yaitu pemurnian produk dengan kandungan etilen minimum 99,95%. Pemurnian yang lebih lanjut digunakan untuk memisahkan, asam, hidrokarbon lain, dan air. Pada tahun 60-an awal produksi etilen menggunakan proses ini dan berkembang dalam skala kecil di Eropa, Amerika, dan Australia, sebelum berkembangnya pabrik etilen dengan harga yang lebih murah yaitu dari hidrokarbon.

2.1.2 Pirolisis Hidrokarbon (*Thermal Cracking*)

Pirolisis hidrokarbon sering juga dikatakan sebagai *thermal cracking*, merupakan teknik yang paling banyak dipakai dalam pembuatan etilen. Secara umum, reaksi yang terjadi pada pirolisis hidrokarbon sebagai berikut :



Pada proses ini akan mengubah hidrokarbon jenuh menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan berlangsungnya pada temperatur yang tinggi. Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan etilen yaitu gas etana. Reaksi perengkahan ini dilakukan dalam reaktor pipa pada suhu operasi 750-1000°C tanpa katalis dan pada tekanan 1 atm. Produk keluaran reaktor memiliki temperatur tinggi dan dimanfaatkan untuk pembuatan steam. Pirolisis biasanya digunakan untuk memproduksi senyawa alkena seperti senyawa olefin berupa etilen atau propilen (Gulf, 2010). Pada reaksi terjadi sekitar 90-100% dapat dikonversi menjadi etilen. Kemudian pada tahap pemurnian untuk proses ini dilakukan pada suhu rendah (Rase, HF., 1977).

2.1.3 Sintesa *Syn-gas*

Pada perkembangan teknologi produksi etilen juga dapat disintesa dari *syn-gas* yang terdiri dari karbon monoksida (CO) dan Hidrogen (H₂) dengan proses katalitik yang dikenal dengan *Fischer-Tropsch synthesis* (FT-Catalyst). Bahan baku berupa *syn-gas* dapat diperoleh dari reforming gas alam (metana) dan gasifikasi batubara.

Reaksi pembukaan *syn-gas*:



Pada proses ini dapat berlangsung pada *fixed bed reactor* atau *fluidized bed reactor* dengan katalis yang digunakan yaitu CoMn_aLa_bP_cM_dO_x. Reaksi berlangsung pada kondisi operasi dengan temperatur 150-350°C dan tekanan 5 MPa. Pada reaksi ini akan menghasilkan produk samping juga yang berupa air. Namun, pabrik etilen dengan proses ini tergolong resiko yang tinggi dari segi pembiayaan. Reaksi yang terjadi pada proses ini sebagai berikut:



Tabel 2.1 Perbandingan proses pembuatan etilen

| Parameter | Dehidrasi Etanol | Thermal Cracking | Syntesa Syn-gas |
|---------------------------------|---------------------|------------------|--|
| Bahan Baku | Etanol | Etana | Metana, Air, CO, H ₂ |
| Suhu | 300-400K | 750-1000°C | 150-350°C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm | 50 atm |
| Katalis | Al/SiO ₂ | - | CoMn _a La _b P _c M _d O _x |
| Yield | 94-99 % | - | - |
| Konversi | 95,80% | 90-100% | - |
| Hasil Samping | Eter, Air | Metana, Hidrogen | Air |
| Keuntungan Analisa ekonomi awal | 9.293.183.014 | 17.133.893.841 | 1.330.133.845 |

Dari ketiga proses pembuatan *ethylene* diatas, maka dipilih proses pembuatan *ethylene* menggunakan proses *thermal cracking* dengan menggunakan bahan baku gas alam. Pertimbangan pemilihan proses ini adalah gas alam sebagai bahan baku utama pada proses ini sangat mudah diperoleh di daerah Teluk Bintuni, harga bahan baku yang lebih ekonomis atau murah dan pada proses ini juga keuntungan lebih besar daripada proses yang lainnya.

2.2 Deskripsi Proses Terpilih

Secara garis besar proses di pabrik etilen dari gas alam ini terdiri atas dua unit proses. Pada unit yang pertama adalah unit persiapan bahan baku yang bertujuan untuk menghilangkan *impurities* yang terkandung pada gas alam. Tahap pertama yang dilakukan pada unit ini ialah *purification unit* yang bertujuan untuk menghilangkan *acid gas* seperti gas CO₂ yang terkandung di dalam gas alam tersebut. *Feed gas* masuk melalui bawah menara *absorber*, sedangkan larutan *amine* (DEA) sebagai *solvent* masuk melalui atas menara *absorber* yang berfungsi untuk menghilangkan *acid gas* (CO₂). Kemudian hasil atas dari *absorber* sudah berupa natural gas tanpa karbon dioksida. Hasil bawah *absorber* berupa DEA yang terikat dengan CO₂ akan masuk kedalam *stripper* untuk memisahkan CO₂ dengan DEA dan DEA dapat digunakan kembali pada proses *absorber* selanjutnya.

Unit yang kedua adalah unit *thermal cracking*. Gas yang berasal dari proses *dehydration unit* kemudian dialirkan ke dalam *de-methanizer column* untuk memisahkan fraksi-fraksi gas alam, produk pada hasil atas yaitu nitrogen dan metana kemudian di simpan pada *storage tank*. Sedangkan hasil bawah pada *de-methanizer column* yang berupa etana, propana, butana, dan fraksi berat lainnya akan dialirkan ke dalam *de-ethanizer column* untuk memisahkan etana dengan fraksi yang lebih berat seperti propana, butana dan fraksi berat lainnya. Kemudian etana yang merupakan hasil atas dari pemisahan tersebut masuk ke dalam *expander* untuk menurunkan tekanan dan kemudian masuk kedalam *heat exchanger* untuk meningkatkan suhu pada etana dan kemudian dimasukkan ke dalam reaktor untuk proses *thermal cracking*. Sedangkan hasil bawah pada *de-ethanizer column* yang berupa propana, butana dan fraksi berat lainnya yang akan dimasukkan ke dalam *storage tank* dan kemudian propana dan fraksi lainnya akan dijadikan sebagai bahan bakar pada pabrik ini. Kemudian hasil keluar dari reaktor berupa hidrogen, etilen dan etana didinginkan ke dalam *cooler* sesudah itu dialirkan ke dalam *compressor* dan selanjutnya didinginkan kembali di *cooler*. Kemudian masuk ke dalam *ethylene tower* untuk memisahkan hidrogen dan etilen. Hidrogen berupa hasil atas dan langsung dialirkan ke dalam *storage tank* hidrogen, dan Etilen sebagai hasil bawah dialirkan kedalam *storage tank* etilen dengan kemurnian 95%.

2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.3.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etilen adalah gas alam. Kandungan utama gas alam adalah metana (89,43%), sisanya adalah etana (2,31%), propana (4,58%), dan butana (0,41%), dan sisanya fraksi berat lainnya. Pada pabrik etilen ini menggunakan Gas alam sebagai bahan baku, khususnya pada proses nya menggunakan gas etana dikarenakan harganya lebih ekonomis dan gas lainnya dapat dimanfaatkan seperti, gas metana dapat dijual kembali dan juga sisa nya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada pabrik ini. Adapun spesifikasinya sebagai berikut.

2.3.1.1 Gas Alam

Gas alam merupakan bahan baku pada proses pembuatan etilen dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.2 Komposisi Gas Alam

| Komponen | % Mole |
|---------------------------------|---------------|
| CO ₂ | 13,29 |
| N ₂ | 0,75 |
| CH ₄ | 89,43 |
| CO ₂ | 0,34 |
| C ₂ H ₆ | 2,31 |
| C ₃ H ₈ | 4,58 |
| iC ₄ H ₁₀ | 2,14 |
| nC ₄ H ₁₀ | 0,41 |
| iC ₅ H ₁₂ | 0,49 |
| nC ₅ H ₁₂ | 0,16 |
| Benzene | 0,02 |
| C ₇ H ₁₆ | 0,03 |
| Toluene | 0,03 |
| C ₈ H ₁₈ | 0,03 |
| Xylenes | 0,02 |
| C ₉ H ₂₀ | 0,01 |
| C ₁₀ H ₂₂ | 0,01 |
| C ₁₁ H ₂₄ | 0,0097 |
| C ₁₂ H ₂₆ | 0,0081 |
| C ₁₃ H ₂₈ | 0,0077 |
| C ₁₄ H ₃₀ | 0,0057 |
| C ₁₅ H ₃₂ | 0,0082 |
| C ₁₆ H ₃₄ | 0,0070 |
| C ₁₈ H ₃₈ | 0,0055 |
| C ₁₉ H ₄₀ | 0,0051 |

| | |
|----------------|--------|
| $C_{20}H_{42}$ | 0,0665 |
| Total | 100 |

2.3.1.2 Etana

Etana merupakan salah satu bahan baku pada pembuatan etilen. Harga etana sebesar Rp91.979,52/kg. Adapun spesifikasi fisika dan kimia etana dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut:

1. Sifat fisik etana

Tabel 2.4 Sifat fisik etana (Perry, 1997)

| Parameter | Sifat Fisik |
|----------------|---------------|
| Rumus molekul | C_2H_6 |
| Wujud | Gas |
| Berat molekul | 30,070 gr/mol |
| Titik beku | 89,8 K |
| Titik didih | 184,5 K |
| Suhu kritis | 305,4 K |
| Tekanan kritis | 48,2 atm |

2. Sifat kimia etana

- Merupakan senyawa kovalen nonpolar
- Mudah terbakar
- Dengan asam halogen akan mengalami reaksi adisi

2.3.2 Produk

2.3.2.1 Hidrogen

Hidrogen merupakan produk samping pada pembuatan etilen. Harga hydrogen sebesar Rp57.487,2/kg. Adapun spesifikasi fisika dan kimia pada hidrogen dapat dilihat pada tabel 2.7 sebagai berikut:

1. Sifat fisik hidrogen (Perry, 1997)

Tabel 2.7 sifat fisik hidrogen

| Parameter | Sifat fisik |
|---------------|--------------|
| Rumus molekul | H_2 |
| Wujud | Gas |
| Berat molekul | 2,018 gr/mol |

| | |
|----------------|----------|
| Titik beku | 14 K |
| Titik didih | 20,4 K |
| Suhu kritis | 33,2 K |
| Tekanan kritis | 12,8 atm |

2. Sifat kimia hidrogen

- Mudah terbakar
- Dengan oksigen akan membentuk air

2.3.2.2 Etilen

Etilen merupakan produk utama pada proses ini. Harga etilen sebesar Rp51.019,89/kg. Adapun spesifikasi fisika dan kimia etilen dapat dilihat pada tabel 2.8 sebagai berikut:

1. Sifat fisik etilen

Tabel 2.8 Sifat fisik etilen (Perry 1997)

| Parameter | Sifat Fisik |
|----------------|---------------|
| Wujud | Gas |
| Rumus molekul | C_2H_4 |
| Berat molekul | 28,054 gr/mol |
| Titik beku | 104 K |
| Titik didih | 169,4 K |
| Suhu kritis | 282,4 K |
| Tekanan kritis | 49,7 atm |

2. Sifat kimia etilen

- Merupakan senyawa olefin paling ringan
- Mudah terbakar
- Polimerisasi, etilen dapat berikatan dengan etilen yang lain agar membentuk molekul yang lebih besar (polimer) dengan cara memutus ikatan rangkap dua dan selanjutnya membentuk molekul yang lebih besar.
- Hidrogenasi, melalui proses hidrogenasi langsung pada katalis Ni dengan kondisi suhu 300°C etilen dapat berubah menjadi etana.
- Oksidasi, zat oksidator yang kuat dapat mengoksidasi etilen secara sempurna menjadi karbondioksida dan air. Etilen yang terkandung dalam larutan basa atau berair akan bereaksi dengan oksidator lemah menjadi glikol. Reaksi ini merupakan tes bayer yang

dapat digunakan untuk membuktikan adanya ikatan rangkap dengan menggunakan KM_nO_4 .

- Adisi, penambahan brom terhadap senyawa yang berikatan rangkap menghasilkan senyawa dibromide sehingga senyawa baru menjadi jenuh. Reaksi dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya ikatan rangkap yang ditunjukkan pada hilangnya warna coklat dari larutan brom (Kirk & Othmer, vol.6, 1993).



www.itk.ac.id