

BAB 2

TEKNOLOGI PROSES

2.1 Teknologi yang tersedia

Menurut Mc. Ketta (1984), ada beberapa cara untuk menghasilkan etilen:

A. Dehidrasi Etanol

Diharapkan bahwa sumber alternatif produksi etilen akan berasal dari reaksi dehidrasi etanol menjadi etilen. Etanol dan nitrogen kemudian dihilangkan dari pengotor sulfur dan kemudian dikirim ke vaporizer untuk diuapkan dan dipanaskan di heater sebelum masuk ke reaktor. Reaktor fixed bed multitube digunakan, dan katalis yang digunakan adalah *zeolit ZSM-5*. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:
$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{Zeolit ZSM-5}} \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
 Reaksi dehidrasi etanol membentuk etilen dengan nilai konversi tergantung ke standarnya dengan pada tekanan sesuai >1 atm.

B. Cracking Hidrokarbon

Pirolisis hidrokarbon dapat menghasilkan etilen dalam jumlah besar; bahan baku biasanya adalah etana, propana, butana, dan gas minyak. Bahan baku hidrokarbon dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, juga dikenal sebagai furnace. Di dalam furnace, reaksi tidak isothermal tetapi endotermis. Proses berlangsung secara konsisten pada suhu 650–950 °C dan perbandingan steam 0,3– 0,7 untuk bahan baku. Untuk mencegah proses polimerisasi, quenching tower mendinginkan gas yang dihasilkan dari reaksi secara cepat. Selanjutnya, pemurnian dilakukan dengan menggunakan kolom fraksinasi untuk memisahkan bagian hidrokarbon yang terbentuk dari reaksi (Mackenzie et al., 1983).

C. Oxidative Coupling of Methane (OCM)

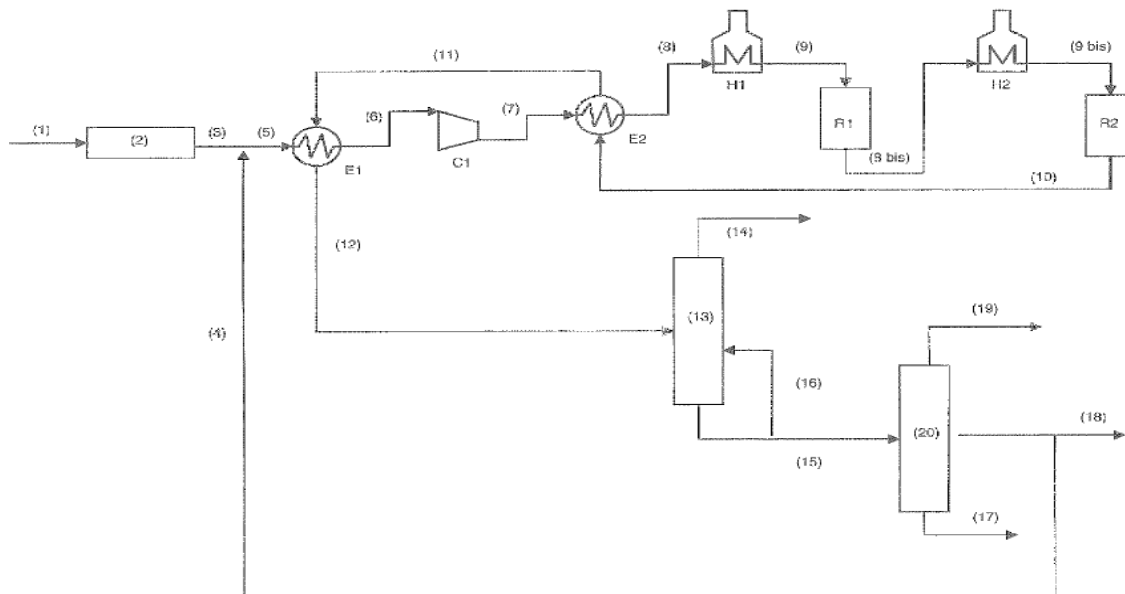
Gas metana digunakan dalam metode Oxidative Coupling of Methane (OCM). Gas ini dapat berasal dari gas alam atau dari gasifikasi batu bara. Gas metana ini berinteraksi dengan reaktor OCM dengan bantuan oksigen dalam reaksi berikut:
$$2\text{CH}_4 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g})$$
 Kelemahan reaksi OCM konvensional termasuk oksigen murni yang telah dipisahkan dari nitrogen saat berinteraksi dengan gas metana, tingkat etilen yang rendah karena oksidasi gas metana yang terlalu lama, dan kemungkinan ledakan karena gas metana bercampur dengan oksigen murni. Salah satu keuntungan menggunakan reaktor ini dalam reaksi OCM

adalah bahwa ia menggantikan oksigen murni dengan udara sebagai reaktan, menghilangkan proses pemurnian oksigen, meningkatkan produksi etilen, dan mengurangi kemungkinan ledakan. Reaktor tubular membran SOFC sebanding dengan reaktor OCM lainnya. Dengan katalis Mn-Ce-Na₂WO₄/SiO₂gel, konversi gas metana mencapai 60,7%, selektifitas C₂+ sebesar 41,6%, perbandingan etilen dengan gas metana yang terbentuk sebesar 5,8, dan produksi etilen sebesar 19,4%.

Tabel 2.1 Parameter Perbandingan Teknologi Proses Produksi Etilen

Parameter	Dehidrasi Etanol	Cracking Hidrokarbon	Oxidative Coupling of Methane (OCM)
Bahan Baku	Etanol	Nafta	Gas Metana
Tekanan (atm)	6 atm	± 3,5 atm	-
Suhu (°C)	350 – 500	650 – 900	-
Katalis	Zeolit	-	Mn-Ce-Na ₂ WO ₄ /SiO ₂ gel
Fase Reaksi	Gas-Padat	Gas – Gas	Gas – Gas
Reaktor	Fixed Bed Multitube	RAP Multibular Pirolisis dengan Box-Type Furnace	Reaktor Tubular
Konversi Reaktor	99%	92%	60,7%

2.1.1 Patent US 20130090510A1 (2013)



GAMBAR 2.1 DIAGRAM ALIR PROSES PATENT US 20130090510A1 (2013)

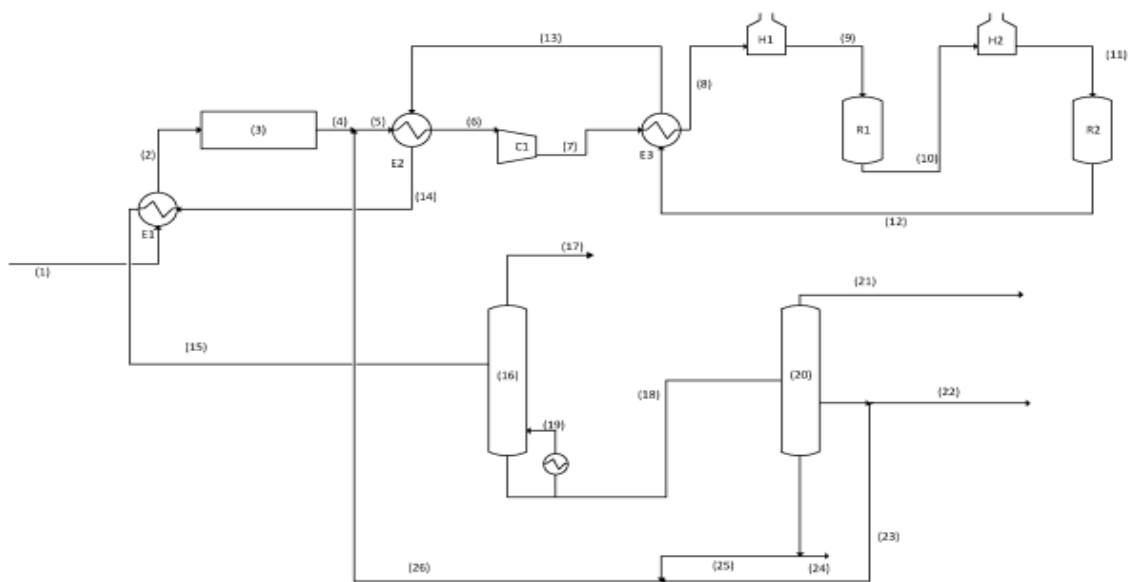
Metode ini menjelaskan mengenai teknologi pembuatan etilen dari proses dehidrasi etanol encer dengan konsumsi rendah tanpa daur ulang air.

Proses pembuatan etilen dengan tahapan proses sebagai berikut :

- Penguapan etanol encer dilakukan penguapan bahan baku etanol encer dengan persen massa antara 2% hingga 55% yang diuapkan dalam suatu *exchanger*, bahan baku etanol tersebut dimasukkan ke dalam tahap penguapan tersebut pada tekanan antara 0,1 MPa hingga 1,4 MPa
- Proses kompresi bahan baku tersebut yang akan diuapkan akan dikompresikan di dalam kompresor, dimana tekanan pada akhir tahap kompresi adalah antara 0,3 Mpa hingga 1,8 MPa.
- Dilanjutkan dengan proses pemasukan bahan baku yang telah diuapkan dan dikompresi, pada suhu masuk antara 350°C hingga 550°C. Dan pada tekanan masuk antara 0,3 MPa hingga 1,8 MPa ke dalam reaktor isothermal yaitu *multitube fixed-bed reactors* yang ditandai dengan aliran ke bawah dan ke atas dengan menggunakan katalis dehidrasi *amorphous acid catalyst* atau *zeolitic acid catalyst* dan di sinilah reaksi dehidrasi berlangsung.

- d. Proses pemisahan efluen yang diperoleh dari reaktor isothermal yang terdiri dari efluen yang terdiri dari etilen dan efluen yang terdiri dari air dengan menggunakan separator.
- e. Proses produksi diakhiri dengan pemurnian sebagian dari efluen yang terdiri dari air yang diperoleh dari tahap sebelumnya dan pemisahan sebagian aliran etanol yang tidak bereaksi didaur ulang dan dicampur dengan bahan baku etanol untuk diuapkan tanpa mendaur ulang aliran air murni tersebut.

2.1.2 Patent US 009663414B2 (2017)



GAMBAR 2.2 DIAGRAM ALIR PROSES PATENT US 009663414B2 (2017)

Metode ini menjelaskan mengenai teknologi pembuatan etilen dari proses dehidrasi etanol encer dengan konsumsi rendah.

Proses pembuatan Etilen dengan tahapan proses sebagai berikut :

- a. Pemanasan bahan baku etanol dengan persentase massa 35% dan 99,9% berat, langkah pemanasan awal bahan baku etanol tersebut antara suhu 100°C hingga 130°C dengan *vaporizer*.
- b. Selanjutnya bahan baku etanol dengan resin penukar ion pada padatan asam yaitu resin TA801, dimana mempunyai kapasitas pertukaran untuk menangkap spesies basa dan kationik paling sedikit 0,1 mmol H ekuivalen per gram yang beroperasi pada suhu antara 100 dan 130°C. Untuk menghasilkan bahan baku etanol yang telah diolah sebelumnya.

- c. Tahap penguapan bahan baku yang diuapkan terdiri dari bahan baku etanol yang telah diolah sebelumnya dan sebagian dari aliran air yang telah didaur ulang melalui *vaporizer* dengan efluen dari reaktor, pada tekanan antara 0,1 MPa dan 1,4 MPa sehingga menghasilkan bahan baku yang diuapkan.
- d. Proses kompresi bahan baku tersebut yang akan diuapkan akan dikompresikan di dalam kompresor, dimana tekanan pada akhir tahap kompresi adalah antara 0,3 MPa hingga 1,8 MPa dengan menggunakan *exchanger* dengan tipe *single phase gas type*.
- e. Tahap dehidrasi bahan baku yang telah terkompresi dengan menggunakan reaktor isothermal yang mengandung katalis dehidrasi yaitu *amorphous acid catalyst* atau *zeolitic acid catalyst* dan di mana reaksi dehidrasi yang beroperasi pada suhu masuk antara 350°C hingga 550°C dan pada tekanan masuk antara 0,3 MPa hingga 1,8 MPa.
- f. Selanjutnya tahap pemisahan efluen dari reaktor isothermal yaitu reactor *fixed bed multitube* dimana efluen yang terdiri dari etilen pada tekanan di bawah 1,6 MPa dan efluen yang terdiri dari air.
- g. Proses produksi diakhiri dengan pemurnian sebagian dari efluen yang terdiri dari air yang diperoleh dari tahap sebelumnya dan pemisahan sebagian aliran etanol yang tidak bereaksi didaur ulang dan dicampur dengan bahan baku etanol untuk diuapkan dan mendaur ulang aliran air murni tersebut.

2.2 Seleksi Proses

Pemilihan teknologi untuk suatu pabrik kimia diawali dengan mengevaluasi beberapa alternatif teknologi yang ada menggunakan tiga parameter pembanding, yaitu:

2.2.1 Efisiensi Proses

Efisiensi proses berdasarkan teknologi, bahan baku, tingkat kompleksitas teknologi, limbah yang dihasilkan, pemakaian energi dan pemakaian katalis. Hasil dari paten kedua menunjukkan bahwa proses produksi etilen lebih kompleks dan lebih efisien dibandingkan pada paten pertama, lalu untuk kedua paten sama-sama adanya proses pre-treatment dimana pre-treatment ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor sulfur dan nitrogen sehingga dapat memperpanjang umur katalis dan paten pertama menyatakan bahwa konversi 99,4% dibandingkan paten kedua 99% namun untuk selektivitas etilen yang dihasilkan paten pertama 97% sementara pada paten kedua 99% lalu paten satu tidak adanya recycle produk sementara paten kedua adanya recycle produk sehingga nantinya menghemat efisiensi proses

salah satunya tidak memerlukan banyaknya steam.

2.2.2 Keamanan Proses

Dalam hal keamanan, kondisi operasi tertentu memerlukan pengendalian faktor keamanan. Salah satunya saat proses pembentukan produk etilen dimana berlangsung pada suhu yang cukup tinggi. Dalam paten pertama maupun paten kedua, katalis *zeolit ZSM-5* mengubah etanol menjadi etilen lalu pada paten pertama dengan reaktor isothermal yang digunakan pada suhu reaktor 440°C dan tekanan 6 atm sementara pada paten kedua dengan reaktor isothermal yang digunakan suhu reaktor 470°C sesuai suhu dehidrasi etanol dan tekanan 6 atm.

2.2.3 Biaya

Biaya secara kualitatif dengan membandingkan jumlah peralatan yang dibutuhkan untuk tiap teknologi, katalis digunakan serta bahan baku didapatkan secara impor atau tidak yang nantinya akan diterapkan dalam pembangunan pabrik. Biaya produksi harus dipertimbangkan secara menyeluruh dan optimal untuk mendapatkan keuntungan terbaik bagi perusahaan. Kedua proses produksi etilen yang telah dijelaskan sebelumnya menunjukkan bahwa paten kedua lebih kompleks secara teknologi dibandingkan dengan paten pertama. Namun, karena menggunakan suhu tinggi di reaktor, paten kedua menghemat energi karena menggunakan panas yang dihasilkan dari reaktor untuk digunakan kembali untuk memanaskan dan menguapkan bahan baku.

Tabel 2. 4 Perbandingan Proses Pembuatan Etilen

Proses		
Status Teknologi	Dehidrasi Etanol (Paten US 20130090510A1 2013)	Dehidrasi Etanol (Paten US 009663414B2 2017)
Bahan Baku	Etanol	Etanol
Katalis	<i>ZSM-5 (Zeolit)</i>	<i>ZSM-5 (Zeolit)</i>
Senyawa	C_2H_5OH , C_2H_4 , H_2O	C_2H_5OH , C_2H_4 , H_2O
Recyle/Reuse	Tidak	Ya
Selektivitas	97,4%	99%
Vessel / Reaktor Bertekanan Tinggi	Ya dengan 6 atm dan suhu 440°C	Ya dengan 6 atm dan suhu 470°C