



BAB II

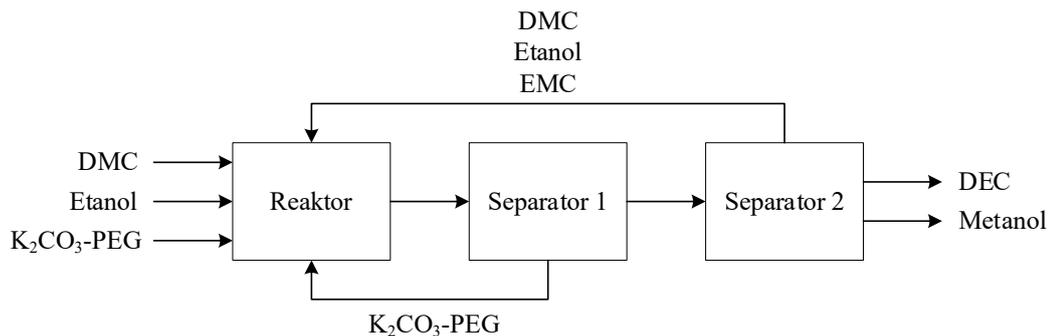
PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Sintesis dietil karbonat (DEC) pada prinsipnya adalah suatu proses pembuatan senyawa DEC melalui reaksi dari dua atau lebih senyawa melalui kondisi-kondisi tertentu dari proses tersebut. Sintesa produk DEC terdiri dari beberapa proses, antara lain:

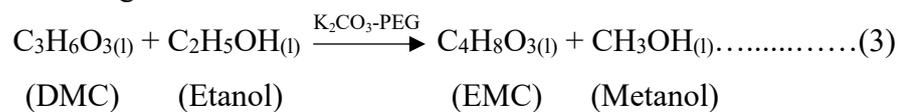
- Transesterifikasi dimetil karbonat dan etanol
- Sintesis satu tahap karbon dioksida, propilen oksida, dan etanol
- Sintesis langsung melalui urea-alkoholisis

II.1.1 Transesterifikasi Dimetil Karbonat dan Etanol



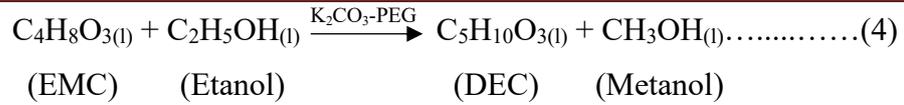
Gambar II.1 Diagram Alir Transesterifikasi Dimetil Karbonat dan Etanol

Proses ini merupakan sintesis dietil karbonat (DEC) melalui transesterifikasi antara dimetil karbonat (DMC) dan etanol menggunakan katalis kompleks K_2CO_3 -polietilen glikol (PEG). Reaksi berlangsung dalam reaktor berpengaduk pada suhu $60^\circ C$ dan tekanan atmosferik selama 60 menit. Setelah reaksi selesai, campuran produk didistilasi untuk memisahkan DEC dari komponen lain seperti metanol, etanol sisa, dan etil metil karbonat (EMC). Katalis K_2CO_3 -PEG yang terlarut dipisahkan dan digunakan kembali hingga >50 kali tanpa kehilangan aktivitas signifikan.





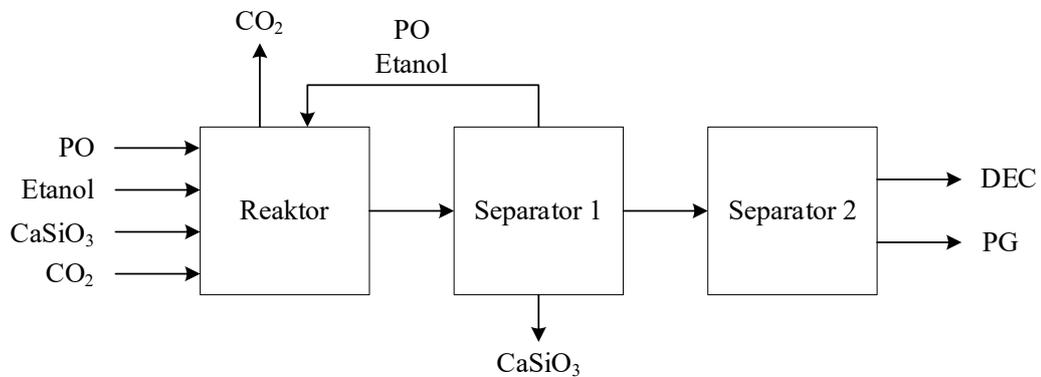
Pra Rancangan Pabrik
Dietil Karbonat dari Karbon Dioksida, Propilen Oksida, dan Etanol dengan
Proses Sintesis Satu Tahap



Proses ini unggul dalam efisiensi katalis dan keberlanjutan operasi. Kondisi operasi suhu rendah (60°C) dan tekanan atmosferik mengurangi konsumsi energi secara signifikan dibandingkan metode konvensional yang memerlukan suhu >100°C atau tekanan tinggi. Selain itu, tidak dihasilkan limbah korosif (seperti HCl pada metode fosgen), sehingga ramah lingkungan dan biaya pemeliharaan peralatan rendah.

Kelemahan utama terletak pada hasil DEC yang relatif rendah (16,39%) akibat kesetimbangan reaksi yang cenderung membentuk produk antara EMC. EMC (titik didih 107°C) sulit dipisahkan dari DEC (titik didih 126°C) melalui distilasi konvensional, sehingga memerlukan kolom distilasi bertekanan tinggi atau tahap ekstraksi tambahan. Selain itu, daur ulang etanol dan DMC yang tidak bereaksi meningkatkan kompleksitas operasi (Yunjin *et al*, 2003)

II.1.2 Sintesis Satu Tahap Karbon Dioksida, Propilen Oksida, dan Etanol

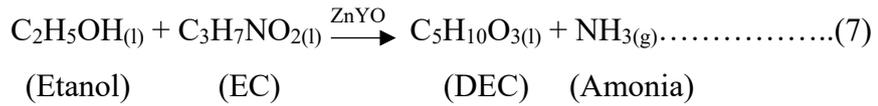
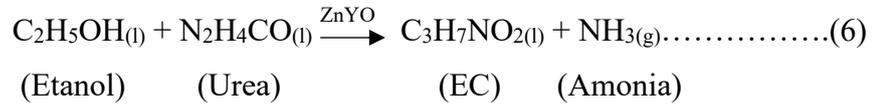


Gambar II.2 Diagram Alir Sintesis Satu Tahap CO₂, Propilen Oksida, Etanol

Proses ini merupakan sintesis satu-tahap (*single-pot*) untuk menghasilkan dietil karbonat (DEC) dari tiga bahan baku utama propilen oksida (PO), etanol, dan karbon dioksida (CO₂), dengan menggunakan katalis abu kayu termodifikasi (BWC₈₀₀) dengan kandungan kalsium dan silika tinggi. Reaksi berlangsung dalam reaktor autoklaf bertekanan tinggi dengan kondisi operasi tekanan CO₂ 80 bar (8 MPa), suhu 150°C, dan waktu reaksi 3 jam disertai pengadukan konstan. Setelah reaksi selesai, campuran didinginkan, didepresurisasi, dan disaring untuk



pendinginan, katalis dipisahkan melalui filtrasi, dan produk dimurnikan dengan distilasi vakum bertingkat. Proses ini mencapai konversi urea 100%, *yield* DEC 65%, dan *yield* EC 30%, dengan dekomposisi urea <5%.



Proses ini menonjolkan efisiensi tinggi dengan mengkonversi urea murah menjadi dua produk bernilai tambah yaitu DEC dan EC. Dibanding metode urea-alkoholisasi konvensional (*yield* DEC ≤28%), katalis ZnYO yang dirancang khusus memberikan selektivitas luar biasa. Keunggulan lainnya adalah daur ulang katalis tanpa kehilangan aktivitas, katalis dapat digunakan ulang >5 kali. Proses ini juga menghindari kompleksitas pemisahan azeotrop karena DEC, EC, dan etanol memiliki perbedaan titik didih signifikan (>50°C), sehingga distilasi vakum bertahap cukup untuk pemurnian tinggi. Selain itu, aliran nitrogen kontinu berfungsi ganda yaitu menggeser kesetimbangan reaksi dengan membuang amonia dan mencegah oksidasi produk.

Proses ini memiliki tantangan operasional berat. Kondisi reaksi 200°C dan tekanan 1.8 MPa memerlukan reaktor tekanan tinggi berbiaya mahal dan konsumsi energi besar. Suhu ekstrem juga berisiko menyebabkan dekomposisi termal etanol menjadi asetaldehida atau etilena, terutama karena waktu reaksi panjang (6 jam). Katalis ZnYO, meski stabil, memerlukan preparasi rumit melalui presipitasi basa dan kalsinasi 300-600°C, menambah biaya produksi. Kelemahan lainnya adalah akumulasi amonia yang harus dibuang kontinu. Jika tidak, amonia bereaksi balik dengan EC membentuk urea kembali, mengurangi *yield* DEC (Youquan *et al.*, 2015).

II.2 Seleksi Proses

Pada seleksi proses ini dilakukan pemilihan proses yang tepat agar menghasilkan proses yang efektif dan efisien. Untuk menentukan pemilihan



prosesnya dilakukan perbandingan dari berbagai macam proses yang telah diuraikan, berikut perbandingan proses pembuatan dietil karbonat (DEC):

Tabel II.1 Perbandingan Proses Produksi Dietil Karbonat

Parameter	Macam-Macam Proses		
	Transesterifikasi DMC dan Etanol	Sintesis Satu Tahap CO ₂ , Propilen Oksida, dan Etanol	Sintesis Langsung melalui Urea-Alkoholisis
Suhu Reaksi (°C)	60	150	200
Tekanan (bar)	1	80	18
Waktu Reaksi (jam)	1	4	6
Konversi (%)	16,39	53,43	65
Kekurangan	<i>Yield</i> DEC rendah, memerlukan kolom distilasi atau tahap ekstraksi tambahan, daur ulang etanol dan DMC meningkatkan kompleksitas operasi	Kondisi operasi ekstrem, menuntut material reaktor berbiaya tinggi, konsumsi energi besar	Memerlukan reaktor tekanan tinggi berbiaya mahal, konsumsi energi besar, suhu ekstrem, preparasi katalis ZnYO rumit, akumulasi amonia yang harus dibuang kontinu
Kelebihan	Efisiensi katalis dan keberlanjutan operasi, kondisi operasi rendah mengurangi konsumsi energi,	Desain reaksi satu tahap menyederhanakan alur proses dan meminimalkan investasi	Efisiensi tinggi, selektivitas katalis ZnYO luar biasa, daur ulang katalis tanpa kehilangan

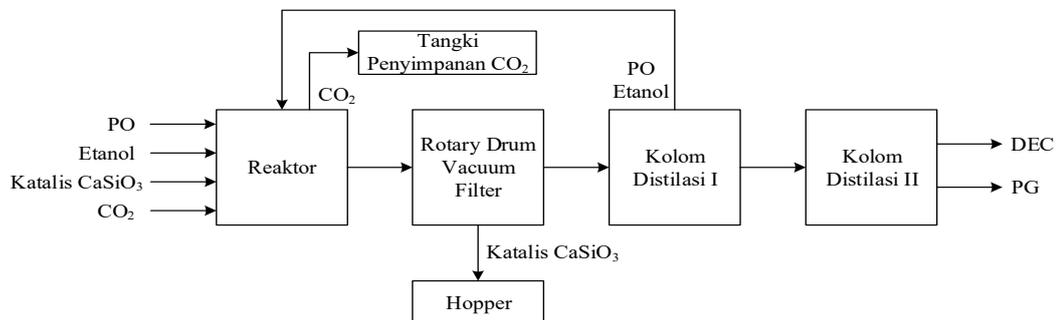


Parameter	Macam-Macam Proses		
	Transesterifikasi DMC dan Etanol	Sintesis Satu Tahap CO ₂ , Propilen Oksida, dan Etanol	Sintesis Langsung melalui Urea-Alkoholisis
Kelebihan	tidak dihasilkan limbah korosif dan biaya pemeliharaan peralatan rendah	peralatan, pemisahan produk relatif mudah	aktivitas, katalis dapat digunakan ulang >5 kali, aliran nitrogen kontinyu berfungsi ganda

Berdasarkan perbandingan tiga proses pembuatan DEC yang diuraikan di atas sehingga dapat dinyatakan proses yang dipilih dalam perancangan pabrik ini yaitu proses sintesis satu tahap karbon dioksida, propilen oksida, dan etanol. Pemilihan proses tersebut didasarkan oleh beberapa kelebihan yaitu di antaranya:

- Bahan baku yang digunakan lebih murah.
- Menghasilkan produk samping yang bernilai tinggi.
- Proses pemisahan yang sederhana karena tidak ada azeotrop.
- Tidak menghasilkan limbah yang berbahaya dalam prosesnya.

II.3 Uraian Proses



Gambar II.4 Blok Diagram Proses Pembuatan Dietil Karbonat

Proses produksi dietil karbonat (DEC) dari karbon dioksida (CO₂), etanol, dan propilen oksida (PO) terbagi dalam beberapa tahapan. Tahapan proses ini meliputi unit sintesis, unit separasi, dan unit purifikasi. Dari masing-masing tahapan



akan dialirkan menuju menara distilasi I (D-320) menggunakan pompa (L-313) sementara katalis yang telah terpisah diangkut dengan menggunakan *bucket elevator* (J-311) untuk ditampung terlebih dahulu di dalam *hopper* (F-312). Pada menara distilasi I dipisahkan antara produk dan non-produk. *Top* produk dari kolom distilasi I (D-320), dikondensasi secara total (*total condenser*) dengan harapan bahwa aliran yang kaya PO dan etanol dapat langsung di-*recycle* dan diumpankan kembali ke dalam reaktor. Sedangkan *bottom* produk yang kaya akan dietil karbonat (DEC) dan propilen glikol (PG) akan dipisahkan lebih lanjut pada tahapan berikutnya.

II.3.3 Unit Pemurnian Produk

Pada tahapan purifikasi yaitu proses purifikasi PG dan DEC. Aliran *bottom* produk dari proses distilasi D-330 akan dipompa menggunakan pompa-6 (L-324) dan dialirkan menuju kolom distilasi D-330 untuk memisahkan campuran produk sehingga yang keluar sebagai produk atas mengandung komponen DEC. Sedangkan produk bawah mengandung komponen PG. Kedua produk hasil sintesa DEC diturunkan suhunya hingga mencapai suhu ruangan kemudian dialirkan ke *storage* masing-masing produk.