

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Pesatnya pembangunan industri menuntut kita untuk menjadi manusia mandiri. Terbukti dengan semakin banyak berdirinya pabrik yang mengolah bahan mentah menjadi bahan jadi. Salah satunya pengembangan industri biodiesel. Biodiesel pada umumnya dibuat melalui reaksi transesterifikasi minyak-lemak nabati dengan metanol ditambah katalis, dan menghasilkan produk samping gliserol dengan volume 10% dari volume trigliserida yang dipakai. Penggunaan senyawa gliserol sekarang ini telah banyak dikembangkan terutama dalam bidang kimia organik. Salah satunya adalah pembentukan senyawa gliserol karbonat (Fitriyano, 2019).

Gliserol karbonat (*4-hydroxymethyl-1,3-dioxolan-2-one*) merupakan salah satu senyawa turunan gliserol yang memiliki kegunaan cukup beragam diantaranya, sebagai glisidol yang merupakan prekursor untuk produksi sejumlah polimer, digunakan sebagai elastomer, surfaktan, perekat, tinta, cat, pelumas, elektrolit, dan merupakan zat antara (intermediet) penting dari polikarbonat, poliester, poliuretan, dan poliamide. Gliserol merupakan senyawa dwifungsi yang didalamnya yang terdapat sebuah gugus karbonat siklik dan sebuah gugus hidroksi *nucleophilic*, senyawa dwi fungsi inilah yang memungkinkan senyawa tersebut dapat digunakan sebagai pelarut polar protik, disamping itu juga didukung oleh sifat yang dimilikinya

seperti titik didih yang sangat tinggi serta aman bagi lingkungan. Karena gliserol dari industri juga masih kurang pemanfaatannya sehingga bisa digunakan pula sebagai bahan baku pembuatan gliserol karbonat (Damayanti, 2012).

Gliserol karbonat sangat menjanjikan untuk dikembangkan karena memiliki prospek yang bagus dan membuat permintaan produk ini semakin meningkat. Baru baru ini gliserol karbonat juga dapat digunakan sebagai elektrolit dalam baterai ion litium sebagai pengganti etilen dan propilen karbonat. Menurut pasar dagang didunia, untuk tahun 2021-2030 permintaan gliserol karbonat akan terus meningkat permintaannya. Sehubungan dengan meningkatnya permintaan gliserol karbonat bagi industri kimia dibanyak negara di dunia. Maka prospek untuk mendirikan pabrik gliserol karbonat akan terbuka semakin lebar. Selain itu, pendirian pabrik gliserol karbonat di Indonesia bertujuan untuk mengoptimalkan perolehan nilai tambah melalui pemanfaatan bahan baku berupa gliserol yang merupakan produk samping industri biodiesel. Hal ini juga membawa dampak positif pada pengembangan perekonomian nasional, penyerapan tenaga kerja dan sebagai invensi yang menguntungkan dimasa yang akan datang.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Gliserol karbonat adalah cairan tidak berwarna yang stabil yang telah ditemukan digunakan sebagai pelarut, deterjen, komponen elektrolit, zat pengawet dan zat peniup, serta zat antara kimia untuk pembuatan surfaktan dan polimer.

Gliserol karbonat merupakan salah satu produk turunan gliserol yang memiliki nilai tambah yang cukup tinggi.

Secara khusus, gliserol karbonat dikenal sebagai prekursor pembentukan glisidol, yang merupakan senyawa yang memiliki sejumlah kegunaan industri yang berharga. Misalnya, glisidol diketahui memiliki sifat yang membuatnya berguna dalam stabilisator, pengubah plastik, surfaktan, bahan gelasi dan bahan sterilisasi.

Seiring dengan perkembangan sintesis gliserol karbonat, ada beberapa metode yang digunakan diantaranya yaitu reaksi karboksilasi oksidatif dengan bahan baku karbon monoksida dan oksigen, selain itu ada juga reaksi fosgenasi yang tentunya menggunakan bahan baku fosgen, reaksi transesterifikasi dengan bantuan etilen karbonat atau dimetil karbonat selain itu dikembangkan pula reaksi gliserolisis atau juga dikenal sebagai reaksi karbonilasi menggunakan bahan baku urea. Untuk proses gliserolisis urea, penurunan tekanan dalam reaktor diperlukan untuk menghilangkan ammonia. Pemurnian pada proses ini cenderung kompleks karena memerlukan proses pemurnian gliserol karbonat bertingkat. Selain itu suhu tinggi yang dibutuhkan dan daur ulang katalis yang buruk telah membatasi aplikasi industri dari metode ini.

Baru-baru ini dikembangkan lagi proses sintesis gliserol karbonat dengan metode transesterifikasi karbonat. Proses ini paling komersial karena lebih ramah lingkungan dan memiliki resiko kecil dalam penanganan serta menghasilkan produk samping yang tidak berbahaya. Pada transesterifikasi karbonat dengan gliserol diperlukan adanya katalis basa. Penambahan pelarut tidak diperlukan karena karbonat

reaktan yang melebihi gliseril juga berperan sebagai pelarut dalam reaksi transkarbonasi ini.

1.3. Kegunaan Produk

Berbagai macam kegunaan gliserol karbonat yaitu:

- a. Sebagai sumber bahan baku sintesa polimer seperti poliester, poliamida, poliuretan, dan polikarbonat.
- b. Sebagai bahan baku pembuatan surfaktan, senyawa glisidol, dan minyak pelumas.
- c. sebagai elektrolit dalam baterai ion litium sebagai pengganti etilen dan propilen karbonat.
- d. Sebagai bahan emulsifier untuk kosmetika dan *lustering agent*.
- e. Sebagai pelarut berbagai macam tipe bahan organik maupun non organik.
- f. Mampu bertindak sebagai pelarut reaktif non volatil.
- g. Senyawa dwifungsi gliserol karbonat dapat digunakan sebagai pelarut polar protik. Pelarut tersebut dapat diaplikasikan pada berbagai senyawa organik maupun inorganik contohnya dalam bidang kosmetik, cat, akumulator serta memiliki banyak kegunaan dalam berbagai proses seperti ekstraksi, purifikasi, bahan baku kimia maupun bahan intermediate, *coolants*, *cleaning agent*, dan lain sebagainya.

1.4. Macam- Macam Proses Pembuatan

1.4.1. *Direct Carbonation*

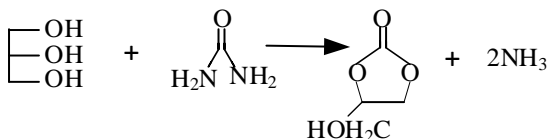
Proses ini merupakan reaksi karbonilasi langsung dengan karbon monoksida atau karbon dioksida. dari sudut pandang termodinamika, karbonilasi langsung menggunakan karbon dioksida tidak menguntungkan dan hanya hasil konversi yang buruk yang dilaporkan hingga saat ini. Reaksi berlangsung pada tekanan tinggi. Karbonilasi gliserol dengan CO dengan adanya oksigen dan katalis Cu atau Pd telah dilaporkan dalam hasil yang baik. Namun, penanganan karbon monoksida beracun pada skala industri dapat menjadi masalah dan mahal (Coleman, 2019).

1.4.2. *Phosgen Carbonation*

Merupakan proses tertua dan sederhana. Reaksi ini menggunakan bahan baku *phosgene* yang direaksikan dengan gliserol mentah. Proses ini sangat korosif dan beracun.

1.4.3. Gliserolisis Urea

Gliserol karbonat dapat diperoleh melalui reaksi karboksilasi gliserol dengan urea pada suhu 150°C dan menghasilkan produk samping ammonia. Persamaan reaksi:

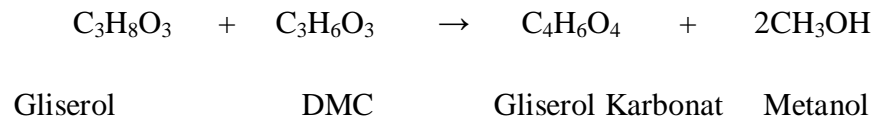


1.4.4. Transesterifikasi antara Gliserol dan Dimetil Karbonat

Reaksi Transesterifikasi yaitu dengan mereaksikan gliserol dan dimetil karbonat dengan bantuan katalis heterogen menghasilkan gliserol karbonat dan metanol

sebagai produk samping. Transesterifikasi dialkil karbonat, misalnya dimetil karbonat, dengan gliserol merupakan reaksi reversibel. Selanjutnya, gugus alkohol primer gliserol karbonat dapat bereaksi dengan ekivalen lebih lanjut dimetil karbonat untuk menghasilkan gliserol dikarbonat (GDC), yang selanjutnya dapat bereaksi membentuk digliserol trikarbonat (GTC). Reaksi tranesterifikasi antara gliserol dan dimetil karbonat dapat dilakukan pada suhu 40-160 °C dan tekanan 1 atm. Produk samping yang dihasilkan tidak berbahaya yaitu metanol (US Paten 20190292164A).

Persamaan reaksi :



1.5. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.5.1. Bahan Baku

1. Gliserol

Sifat Fisika

Rumus Molekul	: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Berat Molekul	: 92,09 Kg/kgmol
Wujud	: Cairan kental tidak berwarna
Titik didih (1 atm)	: 290°C
Titik lebur (1 atm)	: 17,9 °C
Densitas pada 0°C, 1 atm	: 1,26 g/cm ³

Panas pembentukan (25 °C) : -582,8 KJ/mol

Energi bebas pembentukan : -448,49 KJ/mol

(Yaws, 1999)

Sifat Kimia

- a. Sangat larut dalam air
- b. Sangat mudah larut dalam pelarut organik dan eter

(Perry, 1997)

2. Dimetil Karbonat

Sifat Fisika

Rumus molekul : $\text{CO}(\text{OCH}_3)_2$

Berat molekul : 90,08 g/mol

Titik didih : 363,15 K

Titik leleh : 276 K

Temperatur Kritis : 530,60 K

Densitas : 1,07 g/cm³

(Yaws, 1999)

Sifat Kimia

- a. Sedikit larut dalam air
- b. larut dalam alkohol, eter, keton dan hampir larut di semua pelarut bahan organik
- c. mudah terurai dalam atmosfer
- d. tidak beracun

3. Katalis

Sifat Fisika

Rumus molekul	: $\text{CH}_3\text{O-Na}$
Berat molekul	: 54,0228 gr/mol
Wujud	: Padat (Bubuk putih)
Titik didih	: 350°C
Titik lebur	: 127°C
Densitas	: $0,95 \text{ gr/cm}^3$

Sifat Kimia

Bereaksi dengan air dan larut dalam gugus alkohol

1.5.2. Produk

1. Gliserol Karbonat

Sifat Fisika

Rumus Molekul	: $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$
Berat Molekul	: 118,09 gr/mol
Fase	: Liquid
Titik didih	: $353,9^\circ\text{C}$
Titik beku	: -69°C
Densitas	: $1,375 \text{ g/cm}^3$

(Molarel et al., 2014)

Sifat Kimia

Larut sempurna dengan air dan dengan pelarut organik polar. Senyawa ini tidak mudah terbakar, tidak beracun dan mudah terurai. Memiliki tingkat penguapan yang rendah dan kapasitas kelembaban yang tinggi.

2. Metanol

Sifat Fisika

Rumus molekul	: CH ₄ O
Berat molekul	: 32,042 gr/mol
Fase pada suhu kamar	: Liquid
Titik leleh	: -97,7°C
Titik didih	: 64,6°C
Titik beku	: -97,7 °C
Temperatur kritis	: 341,85°C
Tekanan kritis	: 28,4 atm
Densitas (25°C)	: 0,7918 g/cm ³
Kelarutan dalam air	: Sangat larut dalam air

Sifat Kimia

- a. Mudah terbakar
- b. Beracun
- c. Mudah menguap
- d. Tida berwarna dan Bau yang khas (berbau lebih ringan dari pada etanol)

(Yaws, 1999)

BAB II

PERENCANAAN PABRIK

2.1. Alasan Pendirian Pabrik

Adapun beberapa pertimbangan perlunya didirikan pabrik gliserol karbonat ini antara lain sebagai berikut :

1. Memenuhi kebutuhan gliserol karbonat di dalam dan luar negeri.
2. Meningkatkan pendapatan negara di sektor industri
3. Memanfaatkan produk samping industri *biodiesel* yaitu gliserol sebagai bahan baku yang bernilai ekonomis.
4. Meningkatkan pertumbuhan industri kimia di Indonesia dalam rangka menghadapi era pasar bebas.
5. Mengoptimalkan perolehan nilai tambah melalui pemanfaatan bahan baku berupa gliserol.
6. Memberikan lapangan pekerjaan baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran serta meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia.
7. Sebagai terobosan baru dan invensi yang menguntungkan dimasa yang akan datang.

2.2. Pemilihan Kapasitas

Pemilihan kapasitas didasarkan pada peluang banyaknya kegunaan produk gliserol karbonat di berbagai sektor industri baik sebagai bahan baku dan sebagai substitusi bahan kimia lainnya, seperti yang tertera pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1. Penggunaan Gliserol Karbonat di Berbagai Industri

No	Industri	Kegunaan
1.	Polimer	Sebagai bahan baku sintesa polimer seperti poliuretan, poliester, polikarbonat, Juga sebagai bahan baku pembentukan glisidol.
2.	Petrokimia	Sebagai Pelarut, pengganti propilen karbonat dan sebagai Pengawet untuk <i>pozzolan</i> semen
3.	Kosmetika	sebagai surfaktan untuk sampo, krim dan lotion serta dapat digunakan sebagai <i>Plasticizer</i> untuk make-up, perawatan rambut dan cat kuku.
4.	Elektronik	Sebagai pengganti etilen dan propilen karbonat dalam pembuatan baterai litium
5.	Migas	Sebagai pemisahan gas berbasis membran polimer seperti pemisahan campuran CO ₂ dan N ₂

Selain penggunaan diatas, gliserol karbonat juga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan produk turunan dari gliserol karbonat itu sendiri seperti pembuatan monogliserida dan glisidol.

Reaksi :



Di Indonesia sendiri penggunaan Produk ini masih tergolong baru dan masih diproduksi dalam skala kecil, namun untuk diluar negeri sudah ada beberapa pabrik menggunakan produk gliserol karbonat sebagai bahan baku di pabriknya seperti *Hunstman International LLC, Eurisotop Inc, UBE Industries India Private Ltd, Inkemia Green Chemicals Inc. TCI Chemicals (India) Pvt Ltd, carbone Scientific Co, Ltd, Acros Organic Company, Glanconcheme GMBH dan anhui Meisenbao Chemical Co., Ltd.* Selain itu menurut pasar dagang dunia, permintaan giserol karbonat pada tahun 2021-2030 akan terus meningkat terutama gliserol karbonat yang dibuat dari proses transesterifikasi gliserol dan dimetil karbonat karena merupakan produk yang ramah lingkungan.

Selain kondisi diatas, pemilihan kapasitas pabrik dapat didasarkan pada banyaknya ketersediaan gliserol sebagai bahan baku produk ini. Berikut data produksi gliserol di Indonesia.

Tabel 2.2. Data Produksi Gliserol diIndonesia

No	Industri	Gliserol Ton/Tahun
-----------	-----------------	-------------------------------

1	PT. Kuala Lumpur Kepong Dumai	241.500
2	PT. Louis Dreyfus Lampung	50.000
3	PT. Wilmar Bioenergi	130.000
4	PT. Musim Mas Batam	61.500
5	PT. Ciliandra Perkasa	25.000
6	PT. Cemerlang E. Perkasa	25.000
7	PT. Musim Mas Medan	23.500
8	PT. Pelita Agung agri	20.000
9	PT. Multi Biofuel Indonesia	16.000
10	PT. Dormex Biofuel	15.000
11	PT. Anugrah Inti	12.000
12	PT. Sumi Asih	10.000
13	PT. Musim Mas	45.000
14	PT. Ecogreen	41.900
15	PT. Nubika Jaya	15.000
16	PT. Wilmar Nabati Indo	13.200
17	PT. Domba Mas	10.400
18	PT. Cisadane Raya	10.000
19	PT. Soci Mas	8.800
20	PT. Flora Sawita	5.510
	Total	779.310

(Sumber : Kemenperin, 2019)

Berdasarkan total produksi gliserol sebagai bahan baku dalam pra rancang pabrik gliserol karbonat ini, maka pabrik ini mengambil 15% dari jumlah total produksi gliserol yang ada, sehingga untuk penentuan kapasitas dilihat dari banyaknya bahan baku yang mampu dikonversikan menjadi gliserol karbonat.

Gliserol sebagai bahan baku diambil sebesar 15% dari total produksi gliserol yang ada didapatkan 116.896,50 Ton/tahun atau sebesar 16.235,6250 Kg/jam. Dengan konversi gliserol menjadi gliserol karbonat sebesar 90% (US Patent No 20190292164 A1) maka produk gliserol karbonat yang terbentuk adalah sebesar

20.499,1049 kg/jam. Produk yang dihasilkan merupakan akumulasi dari hasil rekasi pada reaktor 1 dan 2 berdasarkan perhitungan reaksi dibawah ini.

Reaktor 1 :

	$C_3H_8O_3$	+	$C_3H_6O_3$	→	$C_4H_6O_4$	+	$2CH_3OH$
Mula-mula	175,4173		179,3426				
Reaksi	157,8756		157,8756		157,8756		315,7512
Sisa	17,5417		21,4670		157,8756		315,7512

Berdasarkan hasil perhitungan pada reaktor 1 dengan konversi 90%, Produk gliserol karbonat yang mampu dihasilkan adalah sebesar 157,8756 kmol/jam = 18.736 kg/jam. Sisa reaktan yang tidak bereaksi di reaksikan kembali.

	$C_3H_8O_3$	+	$C_3H_6O_3$	→	$C_4H_6O_4$	+	$2CH_3OH$
Mula-mula	17,5417		21,4670				
Reaksi	15,7876		15,7876		15,7876		31,5751
Sisa	1,7542		5,6794		15,7876		31,5751

Didapatkan produk gliserol karbonat sebesar 1.862,28 kg/jam. Sehingga total produk dihasilkan adalah 20.499 kg/jam atau setara dengan 147.593,56 Ton/Tahun. Setelah dilakukan proses purifikasi, produk yang dihasilkan adalah : 20.107,91 kg/jam = 144.176,97 Ton/tahun dengan kemurnian 98%.

Berdasarkan kondisi diatas, pabrik gliserol karbonat direncanakan didirikan dengan kapasitas sebsar 144.000 Ton/tahun. Diharapkan pabrik gliserol karbonat ini dapat memenuhi kebutuhan baik didalam maupun diluar negeri.

2.3. Pemilihan Bahan Baku

Pemilihan bahan baku berupa Gliserol dikarenakan ketersediaannya yang banyak di Indonesia, mudah didapatkan dan belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu harga jual gliserol sebagai produk samping produksi biodiesel masih tergolong rendah, sehingga perlu dimanfaatkan secara baik dengan diolah menjadi produk yang lebih menjanjikan. Salah satunya yaitu produk turunan gliserol adalah gliserol karbonat. Selain gliserol, bahan baku yang juga digunakan pada pabrik ini adalah dimetil karbonat. Dimetil karbonat dipilih karena DMC memiliki reaktivitas kimia yang tinggi dan sifat fisik yang unggul dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan fosgen ataupun urea dalam proses pembentukan gliserol karbonat.

2.4. Pemilihan Proses

Beberapa kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses yang digunakan dalam memproduksi gliserol karbonat dapat dilihat pada table 2.1 berikut :

Tabel 2.3. Proses Pembuatan Gliserol Karbonat

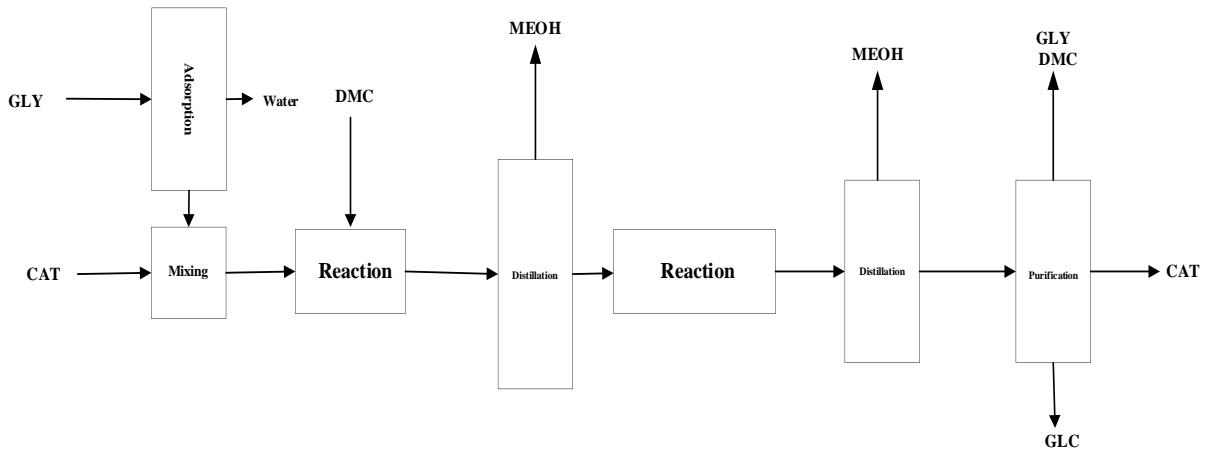
No	Metode Proses	Kelebihan	Kekurangan
1	Karbonasi phosgen dan gliserol	<ul style="list-style-type: none"> • metode tertua yang sederhana dan efektif untuk produksi karbonat organik • selektivitas gliserol karbonat yang dihasilkan cukup baik 	<ul style="list-style-type: none"> • menghasilkan gas yang sangat beracun dan korosif sehingga perlu tindakan pencegahan ekstra selama penanganannya. oleh karena itu, hal ini membuat rute ini sangat terbatas • proses ini memiliki atom yang

2	Gliserolisis Urea	<ul style="list-style-type: none"> • urea adalah bahan baku yang murah dan tersedia dan tidak diperlukan pembentukan azeotrope 	<p>rendah sehingga tidak aman dan sangat berpolusi</p> <ul style="list-style-type: none"> • banyaknya amonia yang dihasilkan sebagai produk samping, yang menyebabkan selektivitas buruk, dan membatasi implementasi pada industrinya. • Temperatur reaksi yang relatif tinggi dan penggunaan katalis yang homogen dan sulit diperoleh kembali.
3	<i>Direct carbonation</i> CO	<ul style="list-style-type: none"> • selektivitas produk yang dihasilkan cukup tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Banyaknya produk samping yang dihasilkan • CO yang bersifat racun sehingga perlu penanganan dan biaya yang mahal • Katalis yang beracun karena bereaksi dengan CO
4	Transesterifikasi carbonat (Gliserol + DMC/DEC)	<ul style="list-style-type: none"> • DMC adalah bahan kimia serbaguna dan ramah lingkungan. DMC memiliki reaktivitas kimia yang tinggi dan sifat fisik yang unggul, dapat digunakan dalam sistem reaksi • Tidak memerlukan tahap pemisahan yang kompleks dan konsumsi energi yang tinggi serta tidak memakan waktu yang lama • DMC memiliki titik didih 90°C sehingga mudah dalam proses distilasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Harga DMC yang lumayan mahal

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas, proses yang dipilih dalam pabrik ini adalah proses sintesis gliserol karbonat dengan metode transesterifikasi gliserol dengan DMC. Proses ini paling komersial karena lebih ramah lingkungan dan memiliki resiko kecil dalam penanganan serta menghasilkan produk samping yang tidak berbahaya.

2.5. Uraian Proses

Berikut uraian proses pembuatan Gliserol karbonat berdasarkan uraian proses pada patent U.S Patent No. US 20190292164 A1 “*Process For Preparation of glycerol carbonate*”



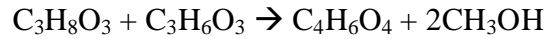
Gambar 2.1. Blok Diagram Pembuatan Gliserol Karbonat

2.5.1. *Pre-Treatment*

Bahan baku Gliserol dengan kemurnian 99,5% dan 0,5% air (T-01) dialirkan kedalam kolom Adsorber (AD-01) guna menghilangkan air yang terkandung pada Gliserol dengan diserap menggunakan adsorben CaCl_2 . Kemudian katalis $\text{CH}_3\text{O-Na}$ (T-02) dimasukkan kedalam Mixer (M-01) menggunakan konveyor (CV-01) untuk dicampurkan dengan bahan baku Gliserol. Karena katalis yang digunakan terlarut dalam gliserol untuk selanjutnya diumpankan kedalam reaktor (R-01).

2.5.2. Transesterifikasi antara Gliserol dan Dimetil Karbonat.

Setelah proses pencampuran, Gliserol + katalis dimasukkan kedalam Reaktor (R-01) dan ditambahkan DMC dari (T-03) dengan persamaan reaksi :



Dengan temperatur 60°C dan tekanan 1 atm. dimana konversi gliserol menjadi gliserol karbonat adalah 90%.

2.5.5. Pemisahan dan Purifikasi

Selanjutnya produk keluaran Reaktor (R-01) yang merupakan campuran antara gliserol, katalis, dan DMC dimurnikan menggunakan kolom distilasi KD-01. Proses ini berjalan pada temperatur 76°C tekanan 1 atm. Produk keluaran atas kolom distilasi berupa metanol dan disimpan kedalam tangki (T-04). Sedangkan keluaran bawah kolom distilasi adalah Gliserol Karbonat dan komponen lainnya. Selanjutnya produk keluaran bawah kolom distilasi ini dialirkan lagi kedalam reaktor 2 (RD-01) sekaligus dilakukan pemisahan lanjutan sisa metanol yang masih tersisa dari KD-01 dengan produk utama Gliserol Karbonat dan komponen reaktan yang tidak habis bereaksi lainnya. Proses ini berlangsung pada temperature 108°C tekanan 1 atm.

Produk atas keluaran *Reaktive distillation* (RD-01) berupa metanol dialirkan kedalam tangki (T-04). Produk keluaran bawah RD-01 kemudian dimasukkan lagi kedalam kolom distilasi (KD-03) dengan temperature 293°C dan tekanan 0,1 atm, untuk memisahkan Produk utama dari reaktan Gliserol dan DMC. Gliserol dan DMC keluar dari bagian atas KD-03 dan dialirkan ke tangki (T-05) yang selanjutnya bisa digunakan sebagai aliran *recycle*. Produk keluaran bawah KD-03 berupa gliserol dan

katalis dialirkan kedalam Adsorber (AD-02) untuk memisahkan katalis dari produk Gliserol Karbonat. Kolom Selanjutnya Produk utama berupa gliserol karbonat disimpan didalam tangki penyimpanan gliserol karbonat (T-05).