

# Pra Desain Pabrik Triacetin dari Produk Samping Produksi Biodiesel (*Crude Glycerol*)

Dwi Arimbi Wardaningrum, Muhammad Iqbal Fauzie, Susianto, dan Ali Altway  
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: susianto.sst@gmail.com

**Abstrak**—Salah satu produk turunan gliserol yakni triacetin. Kegunaan triacetin sendiri cukup banyak di kalangan industri, baik industri makanan maupun non makanan. Kegunaan triacetin banyak digunakan sebagai penambah aroma, platisizer, pelarut, bahan aditif bahan bakar untuk mengurangi knocking pada mesin (menaikkan nilai oktan), serta dapat digunakan sebagai zat aditif untuk biodiesel. Di Indonesia masih belum ada pabrik triacetin sehingga nilai produksi dan ekspor triacetin kosong atau tidak ada dan nilai impor sebesar 46.000 ton/tahun. Pabrik direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2023 dengan kapasitas sebesar 46.000 ton/tahun dengan tujuan mensubstitusi nilai impor yang ada. Lokasi pendirian pabrik berada di Dumai, Riau. Produksi triacetin dari gliserol dilakukan melalui tiga tahap, yaitu *pre-treatment*, esterifikasi, dan purifikasi. Di bagian *pre-treatment*, *crude glycerol* memasuki *flash tower*, lalu dilanjutkan memasuki kolom distilasi untuk dimurnikan hingga 99,99% gliserol. Di bagian esterifikasi, gliserol dan asam asetat dialirkan menuju reaktor esterifikasi R-210. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah reaksi esterifikasi antara gliserol dengan asam asetat terlebih membentuk monoacetin, diacetin, dan triacetin dengan menggunakan katalis Amberlyst-15. Jenis reaktor yang digunakan adalah *Batch*. Setelah 4 jam reaksi, dihasilkan konversi 100% dengan menghasilkan 2% monoacetin, 54% diacetin, dan 44% triacetin. Kemudian, hasil reaksi esterifikasi diumpukan menuju proses selanjutnya yaitu *decanter* dan dua kolom distilasi untuk dilakukan pemurnian dengan pemisahan menjadi produk utama triacetin dan produk samping diacetin. Dengan estimasi umur pabrik 20 tahun, dapat diketahui *internal rate of return (IRR)* sebesar 18,36%, *pay out time (POT)* 6,5 tahun dan *break even point (BEP)* sebesar 29,57 %.

**Kata Kunci**—*Batch*, Gliserol, Triacetin.

## I. PENDAHULUAN

**P**ERMASALAHAN yang terjadi di Indonesia saat ini yaitu produksi bahan bakar minyak bumi tidak dapat mengimbangi besarnya konsumsi bahan bakar minyak, sehingga Indonesia melakukan impor minyak untuk memenuhi kebutuhan energi bahan bakar minyak setiap harinya. Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang diharapkan dapat mengganti bahan bakar solar yang saat ini masih sangat banyak digunakan. Di Indonesia, biodiesel yang berasal dari minyak tanaman seperti kelapa sawit, jarak, kelapa, dan lain sebagainya dapat dengan mudah diperoleh. Hal ini membuat pemerintah mengadakan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang menyebutkan pengembangan biodiesel sebagai energi terbarukan akan dilaksanakan selama 25 tahun.

Biodiesel adalah bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, dan terbuat dari bahan yang dapat diperbarui seperti lemak nabati maupun lemak hewani. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan alkohol. Dari reaksi

transesterifikasi tersebut akan menghasilkan FAME (Fatty Acid Methyl Ester) atau biodiesel. Selain biodiesel sebagai hasil utama, proses pembuatan biodiesel pada reaksi transesterifikasi trigliserida menghasilkan hasil samping yaitu gliserol (gliserin) kurang lebih 10% dari jumlah biodiesel yang dihasilkan [1].

Gliserol adalah produk samping dari proses produksi biodiesel dari reaksi transesterifikasi. Gliserol merupakan senyawa alkohol dengan gugus hidroksil berjumlah 3 dan dikenal dengan nama 1,2,3-propanatriol. Gliserol berbentuk cairan kental tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki rasa manis [2]. Saat ini, gliserol belum banyak diolah sehingga masih memiliki nilai jual yang rendah. Oleh karena itu, pengolahan gliserol diperlukan agar dapat mengubah gliserol menjadi produk yang bernilai jual tinggi.

Salah satu produk turunan gliserol yakni triacetin. Triacetin atau Gliseril Triasetat ( $C_9H_{14}O_6$ ) merupakan liquid yang memiliki kandungan minyak, rasa yang pahit, tidak berwarna, bau seperti minyak, dan mudah terbakar. Zat ini dapat larut dalam air, kloroform, benzene, dan eter. Triacetin memiliki titik didih sebesar  $258^\circ C$ , titik leleh sebesar  $-78^\circ C$ , titik nyala sebesar  $280^\circ F$ , dan suhu nyala otomatis sebesar  $812^\circ F$  [3]. Triacetin dapat diproduksi dari reaksi gliserol dan asam asetat menggunakan katalis yang bersifat asam. Katalis yang digunakan dapat berbentuk homogen maupun heterogen. Pembuatan triacetin dari gliserol dan asam asetat dapat dilakukan menggunakan katalis padat melalui tahap esterifikasi [4]. Katalis yang digunakan adalah amberlyst-15. Proses pembuatan dilakukan selama 4 jam pada suhu  $105^\circ C$  dengan perbandingan rasio mol gliserol dan asam asetat 1:3 dan diperoleh konversi sebesar 100% [5]. Kegunaan triacetin sendiri cukup banyak di kalangan industri, baik industri makanan maupun non makanan. Kegunaan triacetin banyak digunakan sebagai penambah aroma, platisizer, pelarut, bahan aditif bahan bakar untuk mengurangi knocking pada mesin (menaikkan nilai oktan), serta dapat digunakan sebagai zat aditif untuk biodiesel [6].

Kebutuhan impor triacetin di dunia, khususnya wilayah Asia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Sebanyak 35% kebutuhan triacetin di dunia dipasok oleh Negara Tirai Bambu tersebut. Kapasitas produksi China mencapai 55.000 ton per tahun, dengan 38.500 ton dipakai untuk konsumsi dalam negeri, dan 16.500 ton di ekspor ke negara lain. Permintaan akan triacetin akan terus meningkat dalam 5 – 10% per tahun. Namun, di Indonesia sendiri belum ada yang mengembangkan triacetin ini. Oleh karena itu, peluang pasar untuk membangun pabrik triacetin sangatlah besar.

Dalam pra-desain pabrik ini, akan dibuat triacetin melalui proses esterifikasi. Triacetin sebagai produk akan digunakan sebagai zat aditif pada industri bahan makanan. Triacetin ini dibuat dengan cara mereaksikan asam asetat dan gliserol pada

Tabel 1.  
Nilai Impor Triacetin di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Pertumbuhan (%)
2012	12.581,3	-
2013	12.486,0	-0,8
2014	15.911,7	27,4
2015	15.905,1	-0,04
2016	18.762,4	18,0
2017	23.817,5	26,9
2018	26.404,8	10,9
Rata – rata		11,8

Tabel 2.  
Hasil Penentuan Lokasi Pabrik dengan AHP

Parameter	Bobot	Riau		Jawa Timur	
		Nilai	Bobot x Nilai	Nilai	Bobot x Nilai
Ketersediaan bahan baku	0,327	100	32,7	50	16,35
Lokasi Pemasaran	0,192	90	17,28	80	15,36
Aksesibilitas	0,139	80	11,12	90	12,51
Sumber Air	0,096	90	8,64	70	6,72
Sumber Listrik	0,081	70	5,67	100	8,1
Tenaga Kerja	0,071	100	7,1	90	6,39
Dukungan Pemerintah	0,056	100	5,6	100	5,6
Iklim	0,038	90	3,42	100	3,8
TOTAL			83,53		74,83

reaksi esterifikasi.

Dalam mendirikan pabrik, salah satu faktor yang sangat diperhatikan adalah penentuan kapasitas produksi pabrik. Pabrik triacetin ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2023 dengan mengacu pada kebutuhan nasional. Data yang didapat adalah nilai impor triacetin di Indonesia dari tahun 2012 hingga 2018. Berikut merupakan data impor triacetin di Indonesia pada tahun 2012 hingga 2018:

Dari Tabel 1 diketahui bahwa pertumbuhan rata – rata impor triacetin di Indonesia dari 2012 – 2018 sebesar 11,8% dengan nilai impor triacetin di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 26.404,8 ton. Dengan menggunakan persamaan yang sama, diperoleh proyeksi nilai impor triacetin pada tahun 2023 sebesar 46.063,8 ton. Oleh karena itu, digunakan nilai impor sebagai acuan penentuan kapasitas produksi kami sebagai substitusi impor triacetin Indonesia, yaitu sebesar 46.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas produksi ini juga didasari oleh faktor-faktor sebagai berikut; (1)Ketersediaan bahan baku gliserol sebesar 143.000 ton/tahun dari industri biodiesel di Dumai, Riau, yaitu PT. Wilmar Bioenergy Indonesia; (2)Ketersediaan bahan baku asam asetat dari PT. Indo Acidatama Tbk (33.000 ton/tahun) dan Shaanxi Yanchang Petroleum(Group) Co. Ltd. (200.000 ton/tahun).

Letak suatu pabrik mempunyai pengaruh besar terhadap kelangsungan atau keberhasilan pabrik tersebut. Idealnya lokasi yang akan dipilih harus dapat memberikan keuntungan jangka panjang baik untuk perusahaan maupun warga sekitar, serta dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas atau menambah kapasitas pabrik tersebut. Pada pemilihan lokasi pendirian pabrik triacetin ini, faktor yang dijadikan pertimbangan ialah ketersediaan bahan baku, lokasi pemasaran, aksesibilitas sumber air, sumber listrik, tenaga kerja dan dukungan pemerintah [7]. Setelah dilakukan perbandingan berbagai aspek, dilakukan pembobotan dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan

Tabel 3.  
Spesifikasi Gliserol

Karakteristik	BS2621:1979 Soap lye crude glycerol	SNI 06-1564-1989 Gliserol Kasar
Gliserol %	80	80
Abu % (max)	10	10
Matter Organic Non Glycerol % (MONG)	2.5	2.5
Air % (max)	10	10
Propane1,3 diol / Trimethylene Glycol (TMG) % (max)	0.5	-
Arsenik (ppm atau kg) (max)	2	2

Tabel 4.  
Spesifikasi Asam Asetat

Karakteristik	Unit	Nilai yang di jamin
Wujud	-	Cairan tidak berwarna
Kemurnian	%	99,85 Min
Warna (Pt-Co)	-	5 Maks
Iron (Fe, dll)	Ppm	0,5 Maks
Asetaldehida	Ppm	5 Maks
Water	%	0,15
<i>Specific Gravity</i> (20°C)	-	1,048 – 1,053
Logam Berat Klorida	Ppm	0,5 Maks
	Ppm	1 Maks

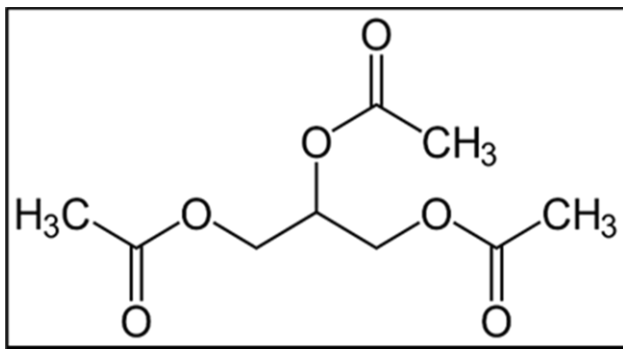
lokasi yang tepat untuk didirikan pabrik triacetin. Dipilih dua lokasi untuk diseleksi yaitu Dumai, Riau dan Gresik, Jawa Timur karena berdekatan dengan pabrik produksi biodiesel sehingga biaya pengangkutan serta dana untuk investasi fasilitas penyimpanan serta inventori bahan baku dapat dikurangi. Hasil penentuan lokasi pabrik dengan AHP dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil *expert choice*, pabrik ini akan didirikan di Kawasan Industri Dumai (KID) Kelurahan Pelintung, Kecamatan Medang Kampai, Dumai, Riau. Dumai merupakan kota terluas kedua yang ada di Indonesia yang berjarak sekitar 188 km dari Kota Pekanbaru.

Bahan baku yang digunakan untuk pabrik triacetin adalah *crude glycerol* dan asam asetat. *Crude glycerol* merupakan produk samping biodiesel yang belum banyak diolah sehingga memiliki nilai jual yang masih rendah. Adapun *crude glycerol* yang dihasilkan oleh pabrik biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3 [8].

Kebutuhan asam asetat dipenuhi dengan cara membeli asam asetat dari satu-satunya pabrik produsen asam asetat nasional yang terdapat di kota Solo, Jawa Tengah yaitu PT. Indo Acidatama Chemical Industry (IACI) serta dua pabrik produsen asam asetat asal Cina yaitu Celanese AG dan Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co. Ltd. Meskipun sudah ada pabrik asam asetat di Indonesia, belum ada standar nasional yang mengatur spesifikasi asam asetat yang diperjualbelikan. Spesifikasi asam asetat berdasarkan standar internasional ditunjukkan pada tabel 4.

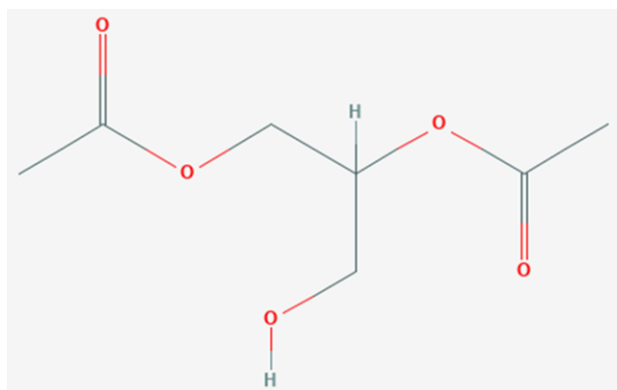
*Triacetyl Glycerol* (TAG) atau Triacetin merupakan salah satu produk esterifikasi dari gliserol. Kegunaan Triacetin sangat banyak diantaranya sebagai zat tambahan makanan seperti penambah aroma, plastisizer untuk permen karet, pelarut, pemadatan serat selulosa asetil dalam pembuatan filter rokok dan plastik, bahan aditif bahan bakar untuk mengurangi knocking pada mesin (menaikkan nilai oktan), serta dapat digunakan sebagai zat aditif biodiesel [3].



Gambar 1. Rumus Struktur Triacetin. Triacetin diproduksi melalui reaksi esterifikasi antara gliserol dan asam asetat.

Tabel 5. Spesifikasi Produk Triacetin

Karakteristik	Unit	Nilai yang di jamin
Wujud	-	Cairan tidak berwarna
Kemurnian	%	99,0 Min
Warna (Pt-Co)	-	10 Maks
Kelembaban	%	0,05 Maks
Keasaman	%	0,002 Maks
Indeks Bias (25°C)	-	1,429 – 1,431
Densitas Relatif (25°C)	-	1,154 – 1,164
Logam Berat	Ppm	10 Maks
Klorida	Ppm	3 Maks



Gambar 2. Rumus Struktur Diacetin. Diacetin merupakan produk samping dari reaksi esterifikasi antara gliserol dan asam asetat.

*Triacetyl Glycerol* (TAG) atau Triacetin dibuat dari proses esterifikasi antara gliserol dan asam asetat dengan bantuan katalis. Selain produk Triasetat, produk lain yang terbentuk dari esterifikasi gliserol dengan asetat adalah *Mono Asetyl Gliserol* (MAG) dan *DiAsetyl Gliserol* (DAG). Dalam industri pangan MAG dan DAG digunakan untuk meningkatkan performa dari margarin, shortening dan aplikasi pangan yang lain. Triacetin memiliki rumus kimia  $C_9H_{14}O_6$  dan berat molekul sebesar 218,2 g/mol [3]. Rumus struktur Triacetin dapat dilihat pada Gambar 1 [3].

Di Indonesia, belum ada pabrik triacetin. Padahal kebutuhan triacetin sangatlah dibutuhkan dalam berbagai industri pangan. Oleh karena itu, spesifikasi produk triacetin untuk industri pangan berdasarkan standar internasional dapat dilihat pada Tabel 5.

*Diacetyl Glycerol* (DAG) atau Diacetin merupakan salah satu produk esterifikasi dari gliserol. Diacetin ini pada umumnya digunakan untuk tambahan pada industri semen, cat, dan juga kosmetik. Diacetin terbentuk sebagai produk samping dari proses esterifikasi antara gliserol dan asam

Tabel 6. Spesifikasi Produk Samping Diacetin

Karakteristik	Unit	Nilai yang di jamin
Wujud	-	Cairan tidak berwarna
Kemurnian	%	93,0 Min
Warna (Pt-Co)	-	15 Maks
Kelembaban	%	0,05 Maks
Keasaman	%	0,002 Maks
Indeks Bias (25°C)	-	1,429 – 1,431
Densitas Relatif (25°C)	-	1,154 – 1,164
Logam Berat	Ppm	10 Maks
Klorida	Ppm	3 Maks

Tabel 7.

Perbandingan Uraian Proses Pemurnian Gliserol sebagai Bahan Baku

Kriteria	Proses Kondo	Proses Ueoka	Proses Brockmann
Bahan yang diperlukan	Asam sulfat, magnesium sulfat, resin anion, resin kation	-	NaOH, karbon aktif
Banyaknya alat	Filtrat, tabung sentrifugal, mixer, ion exchanger	kolom flash, menara distilasi, kondensor, reboiler	Mixer, evaporator, packed column, falling-film evaporator, tangki pemutihan, filtrasi
Kemurnian	97%	99,1%	99,9%
Kadar air	1,5%	0,9%	0,1%

asetat dengan bantuan katalis. Diacetin memiliki rumus kimia  $C_7H_{12}O_5$  dan berat molekul sebesar 176,17 g/mol [3]. Rumus struktur Diacetin dapat dilihat pada Gambar 3.

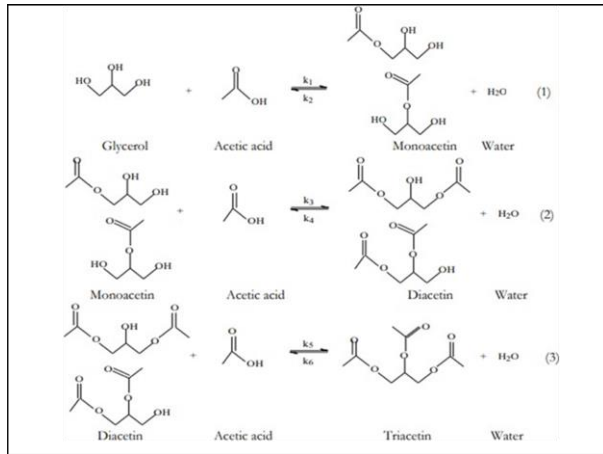
Tabel 6 spesifikasi diacetin yang dihasilkan sebagai produk samping dari pabrik triacetin ini.

Sebelum terjadi proses produksi triacetin, bahan gliserol yang berasal dari limbah biodiesel harus dilakukan *pre-treatment* terlebih dahulu. Gliserol mentah dari industri biodiesel mengandung gliserol, alkohol dan air. Tujuannya adalah untuk menghilangkan impuritas dan mengurangi kadar air yang ada pada gliserol. Proses pemurnian gliserol dapat dilakukan dengan tiga rangkaian proses yakni proses pemurnian Kondo [9], proses pemurnian Ueoka [10] dan proses pemurnian Brockmann [11]. Dalam pemilihan proses pemurnian gliserol yang digunakan, ketiga proses tersebut dibandingkan dengan pertimbangan parameter dapat dilihat pada Tabel 7.

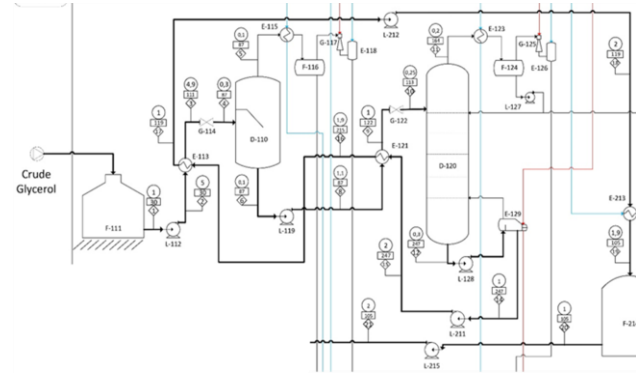
Dapat diketahui bahwa proses Ueoka tidak memerlukan bahan tambahan selain gliserol yang akan dimurnikan. Proses Ueoka juga memiliki jenis alat yang relatif lebih sedikit dibandingkan proses lainnya dan proses ini juga dapat menghasilkan tingkat kemurnian tinggi yakni 99,1% serta hanya mengandung 0,9% kadar air. Oleh karena itu, proses Ueoka terpilih sebagai proses pemurnian gliserol yang digunakan.

Selain melalui proses pemurnian, gliserol bertemu dengan asam asetat dan/atau asam asetat anhidrat untuk mengalami proses reaksi esterifikasi dan/atau asetilasi. Produk kedua proses ini adalah monoacetin, diacetin dan triacetin. Dari gambar 2 dapat dilihat mekanisme reaksi yang terjadi antara gliserol dan asam asetat dalam pembuatan triacetin.

Ada dua macam proses pembuatan dan pemurnian triacetin dengan bahan baku *crude glycerol*. Proses-proses yang dimaksud antara lain proses Howell (*batch*) dan proses



Gambar 3. Mekanisme Reaksi Esterifikasi Tiga Tahap untuk Menghasilkan Triacetin.



Gambar 4. Tahap *Pre Treatment* Gliserol. Gliserol sebagai bahan baku utama pembuatan triacetin dimurnikan terlebih dahulu sebelum direaksikan bersama asam asetat.

Tabel 8. Uraian Perbandingan Proses Pembuatan Triacetin

Kriteria	Proses Howell	Proses Bremus
Ketersediaan Bahan Baku	Gliserol (PT. Wilmar Bioenergy Indonesia)	Gliserol (PT. Wilmar Bioenergy Indonesia)
	Asam Asetat (PT. Indo Acidatama Tbk)	Asam Asetat (PT. Indo Acidatama Tbk)
GPM	Rp 80.248,368	Rp 78.939,438
	T = 50 – 60°C	T = 100 – 250°C
Tipikal Kondisi Proses	P = Atmosferik	P = 0,2 – 30 bar
	Waktu kontak reaktan (t) = ± 160 menit	Waktu kontak reaktan (t) = ± 1 jam
Konversi	Ratio Gliserol : Asam Asetat = 1:3	Ratio Gliserol : Asam Asetat Anhidrat = 1:1
	100%	98,5%

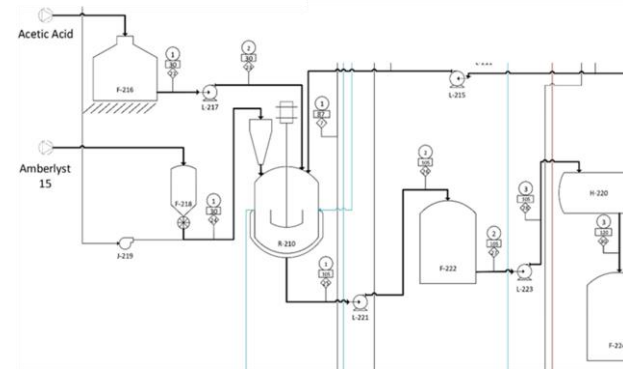
Bremus (kontinyu) [12]. Kedua proses tersebut dibandingkan dengan beberapa parameter dapat dilihat pada Tabel 8.

Dapat dilihat bahwa proses Howell bisa menghasilkan nilai GPM yang lebih tinggi dibandingkan proses Bremus. GPM antara kedua proses tidak jauh berbeda dan hanya memiliki selisih sebesar Rp 1.308,93. Selain itu, bahan baku yang digunakan pada proses Howell lebih sederhana dibandingkan pada proses Bremus yang membutuhkan bahan lebih banyak. Dari segi alat, proses Howell lebih sedikit untuk jumlah alatnya. Oleh karena itu, dipilih proses Howell sebagai proses pembuatan triacetin dalam pabrik ini.

## II. URAIAN PROSES

### A. Tahap *Pre Treatment* Gliserol

Pada Gambar 4 di bagian *pre-treatment*, *crude glycerol* dari tangki penyimpanan F-111 dipompa menuju *heat exchanger* E-113 untuk dipanaskan hingga 111°C. Kemudian memasuki *flash tower* D-110 yang bertujuan untuk membuang air dalam gliserol dengan memanfaatkan prinsip kesetimbangan fase uap-cair. *Flash tower* D-110 beroperasi pada kondisi vakum yaitu 0,1 bar. Kemudian, *crude glycerol* yang mengandung kemurnian 96% memasuki *heat exchanger* E-121 untuk dipanaskan hingga 122°C. Selanjutnya, memasuki kolom distilasi D-120 untuk dimurnikan hingga 99,99%. Kolom distilasi D-120 beroperasi pada kondisi



Gambar 5. Tahap esterifikasi. Terjadinya reaksi esterifikasi antara gliserol dengan asam asetat menghasilkan triacetin.

vakum. Gliserol yang telah dimurnikan kemudian didinginkan dengan *heat exchanger* E-113 dan *cooler* E-213 sebelum memasuki tangki intermediet gliserol F-214.

### B. Tahap Esterifikasi

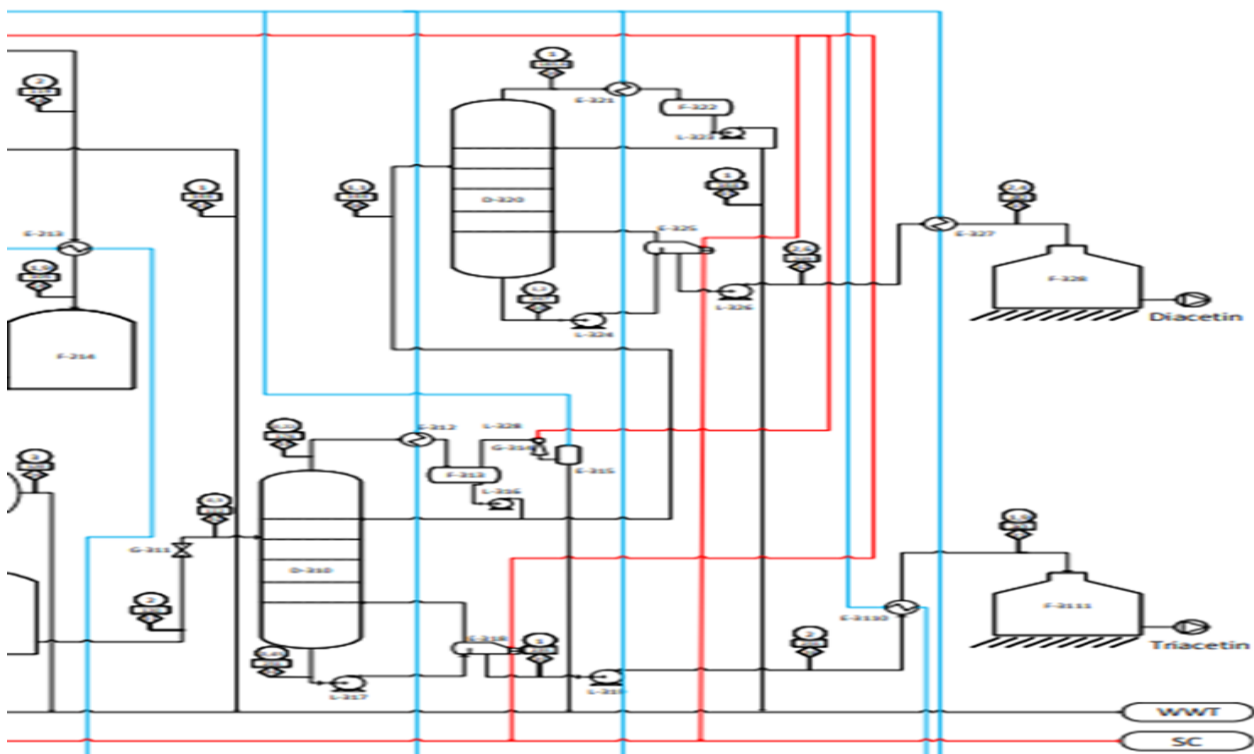
Pada Gambar 5, Gliserol dari tangki intermediet gliserol F-214 dan asam asetat dari tangki penyimpanan F-216 dialirkan menuju reaktor esterifikasi R-210. Reaksi yang terjadi adalah reaksi esterifikasi antara gliserol dengan asam asetat membentuk monoacetin, diacetin, dan triacetin.

Jenis reaktor yang digunakan adalah *batch* dan katalis yang digunakan berupa *amberlyst-15*. Setelah 4 jam reaksi, dihasilkan konversi 100% dengan menghasilkan 2% monoacetin, 54% diacetin, dan 44% triacetin.

Hasil reaksi esterifikasi diumpangkan menuju proses selanjutnya yaitu *decanter* H-220 untuk dilakukan pemisahan dari perbedaan massa jenis sehingga didapatkan produk bawah triacetin sebesar 52%.

### C. Tahap Pemurnian Produk

Pada Gambar 6, produk bawah *decanter* H-220 memasuki kolom distilasi D-310. Kolom distilasi D-310 berada dalam kondisi vakum. Produk bawah dari kolom distilasi D-310 diumpangkan ke *cooler* E-3110 untuk memasuki tangki penyimpanan triacetin F-3111. Distilat dari kolom distilasi D-310 diumpangkan ke kolom distilasi D-320. Distilat dari kolom distilasi D-320 diumpangkan ke WWT. Sedangkan produk bawah yang berupa diacetin dari kolom distilasi D-320 diumpangkan ke *cooler* E-326. Kemudian, diacetin disimpan sebagai produk samping ke dalam tangki penyimpanan F-327.



Gambar 6. Tahap pemurnian produk. Triacetin sebagai produk utama dimurnikan sehingga sesuai dengan spesifikasi produk yang akan dipasarkan.

### III. NERACA MASSA

Dari perhitungan neraca massa pabrik triacetin, dengan basis operasi 1 jam (waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari), didapatkan kapasitas bahan baku *crude glycerol* dengan kadar 80,8% sebesar 7500 kg/jam. Sedangkan produk yang dihasilkan adalah triacetin dengan kadar 99% sebesar 6.277 kg/jam atau 46.000 ton/tahun.

### IV. ANALISA EKONOMI

Bentuk badan perusahaan Pabrik Triacetin dari Produk Samping Biodiesel (*Crude Glycerol*) ini dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi atas beberapa saham, di mana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham.

Pabrik Triacetin dari Produk Samping Biodiesel (*Crude Glycerol*) ini memiliki kapasitas 46000 ton/tahun atau 140 ton/hari. Berdasarkan kapasitas tersebut dan jenis proses yang terjadi di pabrik, maka diperoleh bahwa pabrik ini membutuhkan jam tenaga kerja sebanyak 84 jam tenaga kerja per hari untuk setiap tahapan prosesnya. Selain itu, pabrik ini secara garis besar memiliki tiga tahapan utama, yakni tahap pre treatment, esterifikasi, dan purifikasi. Sehingga bila dikalikan dengan tahapan proses yang ada, maka dalam satu hari pabrik ini membutuhkan 252 jam tenaga kerja. Dengan 3 shift kerja operator selama 8 jam maka dibutuhkan 94 tenaga kerja sebagai operator [13].

Dengan estimasi umur pabrik 10 tahun, dapat diketahui *internal rate of return (IRR)* sebesar 18,36%, *pay out time (POT)* 6,5 tahun dan *break even point (BEP)* sebesar 29,57%.

### V. KESIMPULAN

Hasil analisis perhitungan pada pra desain pabrik triacetin dari *crude glycerol* didapatkan beberapa kesimpulan antara lain: Ditinjau secara teknis, pabrik triacetin dari produk samping produksi biodiesel (*crude glycerol*) layak dan memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan.

Ditinjau secara ekonomis, pendirian pabrik triacetin dari produk samping produksi biodiesel (*crude glycerol*) ini bisa dilakukan dengan pertimbangan dan kajian yang lebih detail dan teliti. Secara singkat, evaluasi tersebut dapat disajikan sebagai berikut: (1)Perencanaan operasi kontinyu, 24 jam/hari, 330 hari/tahun; (2)Kapasitas produksi: 46.000 ton/tahun; (3)Kebutuhan bahan baku: (a)*Crude glycerol*: 59.400 ton/tahun; (b)Asam asetat: 92.921,4 ton/tahun; (4)Lokasi pabrik: Kawasan Industri Dumai (KID) Kelurahan Pelintung, Kecamatan Medang Kampai, Dumai, Riau; (5)Jumlah tenaga kerja: 377 orang; (6)Umur pabrik: 20 tahun; (7)Analisis ekonomi: (a)*Internal Rate of Return (IRR)*: 18,36% per tahun; (b)*Pay Out Time (POT)*: 5,99 tahun; (c)*Break Even Point (BEP)*: 20,82%

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Khayoon and B. H. Hameed, "Acetylation of glycerol to biofuel additives over sulfated activated carbon catalyst," *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 19, pp. 9229–9235, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.biortech.2011.07.035.
- [2] M. Pagliaro and M. Rossi, *The Future of Glycerol*, 2nd ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2008.
- [3] M. Z. Fiume, "Final report on the safety assessment of triacetin.," *Int. J. Toxicol.*, vol. 22, pp. 1–10, 2003.
- [4] X. Liao, Y. Zhu, S.-G. Wang, and Y. Li, "Producing triacetyl glycerol with glycerol by two steps: Esterification and acetylation," *Fuel Process. Technol.*, vol. 90, no. 7–8, pp. 988–993, 2009.
- [5] V. L. C. Gonçalves, B. P. Pinto, J. C. Silva, and C. J. A. Mota, "Acetylation of glycerol catalyzed by different solid acids," *Catal. Today*, vol. 133, pp. 673–677, 2008.

- [6] P. San Kong, M. K. Aroua, W. M. A. W. Daud, H. V. Lee, P. Cognet, and Y. Pérès, "Catalytic role of solid acid catalysts in glycerol acetylation for the production of bio-additives: a review," *RSC Adv.*, vol. 6, no. 73, pp. 68885–68905, 2016.
- [7] Badan Perencanaan dan Pembangunan Provinsi Jawa Timur, *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2005-2025*. Surabaya, 2009.
- [8] A. E. Prasetyo, A. Widhi, and W. Widayat, "Potensi gliserol dalam pembuatan turunan gliserol melalui proses esterifikasi," *J. Ilmu Lingkungan*, vol. 10, no. 1, pp. 26–31.
- [9] T. Kondo, M. Kamikawa, K. Oka, T. Matsuo, M. Tanto, and Y. Sase, "Glycerin purification method." Google Patents, 2015.
- [10] H. Ueoka and T. Katayama, "Process for Preparing Glycerol." Google Patents, 2001.
- [11] R. Brockmann, L. Jeromin, W. Johannsbauer, H. Meyer, O. Michel, and J. Plachenka, "Glycerol distillation process." Google Patents, 1987.
- [12] N. Bremus, G. Dieckelmann, L. Jeromin, W. Rupilius, and H. Schutt, "Process for the Continuous Production of Triacetin." Google Patents, 1983.
- [13] M. S. dan K. D. T. Peters, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 4th Edition*. Singapore: McGraw-Hill Book Co, 1958.