

SIMULASI STOICHIOMETRIC REACTOR PADA PRODUKSI TRIASETIN BERBASIS CHEMCAD

Irma Z. Mahsunah dan Ade Sonya Suryandari

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
irmazahrotul48@gmail.com, [ade.sonya@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Gliserol merupakan produk samping biodiesel memiliki potensi untuk dikonversi menjadi beberapa produk turunan yang bernilai ekonomis. Gliserol dapat direaksikan dengan asam asetat membentuk triasetin dengan reaksi esterifikasi. Triasetin merupakan bahan aditif yang ditambahkan pada bahan bakar untuk mengurangi pembakaran tidak sempurna pada mesin kendaraan bermotor. Mereaksikan gliserol dan asam asetat menggunakan reaktor merupakan dasar dari proses produksi triasetin. Reaksi pada produksi triasetin merupakan reaksi esterifikasi dan *reversibel*, sehingga perbandingan jumlah reaktan akan berpengaruh pada produk dan konversi. Dengan berbagai macam konversi dan kondisi operasi pada reaktor akan berpengaruh pada jumlah produk yang dihasilkan. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah produk triasetin terbaik dengan berbagai macam konversi dan kondisi operasi menggunakan simulasi ChemCAD. Hasil simulasi didapatkan konversi terbaik adalah 84,84% dengan jumlah produksi triasetin terbanyak sebesar 946,9921 kg/jam.

Kata kunci: ChemCAD, Conversion Reaktor, Konversi, Triasetin,

ABSTRACT

Glycerol is a byproduct of biodiesel has the potential to convert into several commercially valuable derivative product. Glycerol can be reacted with acetic acid forming triacetin with an esterification reaction. Triacetin is an additive added to fuel to reduce incomplete combustion in motor vehicle engines. Reacting with glycerol and acetic acid using a reactor is the basis of the process of producing triacetin. The reaction to triacetin production is an esterification and reversible reaction, so the ratio of reactants will have an effect on the product and conversion. With a variety of conversions and operating conditions on the reactor would affect the amount of products produced. Therefore this study was conducted to determine the amount of the best triacetin products with various kinds of conversions and operating conditions using ChemCAD simulations. The simulation results obtained the best conversion is 84.84% with the amount of triacetin products is 946,9921 kg/h.

Keywords: ChemCAD, Conversion, Conversion Reactor, Triacetin

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi alternatif yang banyak digunakan saat ini adalah biodiesel. Kapasitas produksi biodiesel di Indonesia mencapai 4,997 juta ton/tahun pada tahun 2013, yang mana salah satu produsen terbesar adalah PT Wilmar Nabati Indonesia yang memproduksi biodiesel sebanyak 1,3 juta ton/tahun [1]. Dari produksi biodiesel ini sendiri dihasilkan produk samping berupa gliserol sebanyak 10-20% dari total volume biodiesel [2]. Tingginya produksi biodiesel di Indonesia sebanding dengan jumlah produk samping gliserol yang dihasilkan, sehingga gliserol dapat dimanfaatkan salah satunya untuk memproduksi bahan aditif kendaraan yaitu triasetin. Bahan aditif dibutuhkan untuk meningkatkan angka oktan dan meningkatkan efisiensi pembakaran pada mesin [3]. Triasetin adalah bahan aditif

yang ditambahkan ke dalam bahan bakar kendaraan untuk menyempurnakan pembakaran dalam ruang bakar mesin sehingga mengurangi *knocking* pada mesin kendaraan bermotor dan merupakan bahan aditif ramah lingkungan [4]. Triasetin merupakan bahan aditif yang ramah lingkungan dibandingkan dengan Tetraethyl Lead (TEL) yang bersifat toksik timbal dan Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) yang memiliki sifat karsinogenik dalam air, sehingga jika tumpah ditanah akan mencemari sumber air disekitarnya [3]. Triasetin diproduksi dari reaksi esterifikasi gliserol dan asam asetat menggunakan katalis homogen maupun heterogen yang bersifat asam. Beberapa penelitian terdahulu melakukan percobaan mengkonversi gliserol menjadi triasetin menggunakan katalis *fly ash*. Percobaan dilakukan pada suhu 100°C, hasil terbaik diperoleh pada katalis 3%, perbandingan gliserol : asam setat sebesar 1 : 9 dan waktu reaksi 3 jam dengan konversi sebesar 78,91% [5]. Adapun mekanisme reaksi yang terjadi pada pembentukan triasetin yaitu:

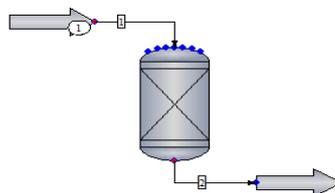


Dengan menggunakan katalis heterogen, reaksi terjadi pada reaktor *fixed bed* dimana katalis diletakkan dibagian tengah reaktor dan akan berkontak dengan reaktan saat proses berlangsung. Perbandingan reaktan akan mempengaruhi konversi yang dihasilkan, begitu juga dengan konversi akan mempengaruhi jumlah produk yang dihasilkan dan kondisi operasi pada reaktor. Maka pada penelitian kali ini akan dilakukan simulasi proses pembuatan triasetin menggunakan ChemCAD dengan kondisi operasi dari berbagai macam konversi yang diambil dari beberapa penelitian terdahulu [6-9] untuk mengetahui hasil terbaik dari jumlah produk triasetin.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Simulasi reaktor dengan kondisi operasi dari berbagai macam konversi dilakukan menggunakan ChemCAD 7.1.5 yang diawali dengan perhitungan laju alir bahan baku yang akan digunakan untuk memproduksi triasetin. Perhitungan ini berdasarkan kapasitas produksi triasetin yang telah ditentukan. Kapasitas produksi triasetin sebesar 7.500 ton/tahun, yang didapat dari metode perhitungan linier berdasarkan data ketersediaan triasetin pada tahun 2009 – 2014 [10].

Simulasi diawali dengan membuka *software* ChemCAD kemudian memilih komponen dan model termodinamika. Komponen yang dipilih yaitu gliserol, asam asetat, triasetin dan air dengan menekan tombol "*select components*" pada toolbar. Setelah memilih komponen yang digunakan maka dipilih model termodinamika yang akan digunakan yaitu NRTL. Lalu mengatur kondisi umpan yang akan masuk reaktor, umpan yang digunakan adalah campuran gliserol 98%, asam asetat 99,8% dan air. Simulasi reaktor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Simulasi reaktor pada pembuatan triasetin

Aliran 1 merupakan aliran masuk umpan ke dalam reaktor dengan kondisi operasi dan komponen seperti Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi operasi dan komponen umpan masuk reaktor

Aliran 1		
Suhu	25	°C
Tekanan	1	atm
Gliserol	471,1	kg/jam
Asam asetat	1843,1	kg/jam
Air	13,1	kg/jam
Total	2327,4998	kg/jam

Kemudian memilih reaktor stoikiometri untuk mereaksikan gliserol dan asam asetat dengan konversi dan kondisi operasi reaktor yang telah diketahui, penggunaan reaktor stoikiometri digunakan jika konversi suatu komponen sudah diketahui [11]. Pada simulasi ini konversi dan kondisi operasi mengacu pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Ernawati dkk yang menghasilkan konversi sebesar 82,89% pada kondisi operasi 100°C [6], Satriadi dkk yang menghasilkan konversi sebesar 67,63% pada kondisi operasi 120°C [7], Nuryoto dkk yang menghasilkan konversi sebesar 41,7% pada kondisi operasi 100°C [8], dan Setyaningsih dkk yang menghasilkan konversi sebesar 84,84% 100°C [9]. Produk yang dihasilkan reaktor berupa triasetin dengan jumlah tertentu juga beberapa produk samping dari sisa reaktan. Simulasi pada reaktor diawali dengan memilih reaktor stoikiometri pada *palette* kemudian mengklik reaktor lalu akan muncul tampilan seperti Gambar 2.

Gambar 2. Tampilan parameter reaktor

Selanjutnya memilih kondisi *isothermal* pada "*Specify Thermal Mode*" dan mengisi suhu sesuai dengan kondisi operasi tiap konversi. Lalu mengisi konversi pada kolom *Frac. Conversion* dengan memilih *Key Component*. Kemudian mengisi "*Stoichiometric Coefficients*" sesuai

koefisien reaksi pembuatan triasetin. Setelah beberapa komponen terisi kemudian klik "OK" dan klik "run" untuk menjalankan simulasi. Hasil keluaran reaktor dapat dilihat pada aliran 2 yang merupakan aliran keluar reaktor. Simulasi dilakukan beberapa kali berdasarkan berbagai macam konversi dan kondisi operasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi reaktor menggunakan ChemCAD dilakukan menggunakan "stoichiometric reactor" dengan berbagai kondisi operasi sesuai konversi yang digunakan. *Trial* konversi dengan berbagai kondisi operasi yang digunakan berdasarkan penelitian pembuatan triasetin yang sebelumnya telah dilakukan untuk mendapatkan hasil konversi terbaik. Aliran 2 merupakan aliran keluar reaktor seperti pada Gambar 3.

Stream No.	2
Stream Name	
Temp C	100
Pres atm	1.1
Vapor Fraction	0
Enthalpy kJ/h	-1.789696e+007
Total flow	2327.491
Total flow unit	kg/h
Comp unit	kg/h
Glycerol	71.41878
Acetic Acid	1061.231
Glyceryl Triacet	946.9921
Water	247.8488

Gambar 3. Tampilan aliran keluar reaktor

Adapun beberapa kondisi operasi dari berbagai konversi yang disajikan pada Tabel 2 dan hasil simulasi reaktor disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Kondisi operasi simulasi reaktor

Konversi	Suhu	Waktu Operasi
82,89%	100 °C	4 jam
67,63%	120 °C	1 jam
41,7%	100 °C	90 menit
84,84%	100 °C	90 menit

Tabel 3. Hasil simulasi reaktor

Konversi	Heat Duty Reactor (kJ/jam)	Enthalpy (kJ/jam)	Laju Alir Triasetin (kg/jam)
82,89%	-656661	-1,7882E+007	925,2260
67,63%	-139572	-1,7364E+007	754,8925
41,7%	-389289	-1,7555E+007	465,4594
84,84%	-731074	-1,7897E+007	946,9921

Jenis reaktor yang digunakan pada simulasi proses ini adalah “*stoichiometric reactor*”, pemilihan jenis reaktor ini didasarkan pada reaksi pembuatan triasetin ini merupakan reaksi tunggal, komponen kunci dan konversi diketahui dan merupakan reaksi eksotermis. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan *trial* berbagai konversi dan kondisi operasi didapatkan jumlah produk triasetin terbesar pada konversi sebesar 84,84% dengan laju alir sebesar 946,9921 kg/jam.

Pada Tabel 3.2 dapat dilihat semakin besar konversi maka laju alir yang dihasilkan juga semakin besar, maka konversi berbanding lurus dengan jumlah produk yang dihasilkan. Reaksi esterifikasi pembuatan triasetin ini merupakan reaksi bolak-balik (*reversible*), maka perbandingan mol reaksi akan berpengaruh. Perbandingan mol reaksi akan meningkatkan konversi, sehingga jika jumlah reaktan banyak akan menggeser reaksi kearah kanan dan menghasilkan produk yang besar [12]. Hal ini sesuai dengan hasil simulasi proses yang dilakukan di reaktor, semakin besar konversi maka jumlah produk yang dihasilkan juga semakin besar. Pada simulasi “*stoichiometric reactor*” juga dihasilkan *heat duty reactor* atau energi yang dibutuhkan/dilepaskan oleh reaktor. Nilai *heat duty* dari simulasi ini bernilai negatif, yang berarti reaktor menghasilkan panas atau mengeluarkan panas maka energi dari sistem berpindah dari sistem ke lingkungan. Semakin besar konversi maka nilai energi yang dihasilkan juga semakin besar, hal sesuai dengan reaksi *reversible* pada pembuatan triasetin. Jika salah satu reaktan dibuat berlebih maka reaksi akan bergeser ke kanan dan tumbukan antar molekul semakin besar sehingga menyebabkan laju reaksi meningkat dan energi yang dihasilkan juga besar [13].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada simulasi proses reaktor menggunakan ChemCAD dapat disimpulkan bahwa, jumlah produk triasetin terbanyak sebesar 946,9921 kg/jam dihasilkan pada konversi 84,84% dengan energi sebesar -731074 kJ/jam.

REFERENSI

- [1] Ratnasari, D., Tulaini, S., Setyawan, H., and Suari, N. M. I. P., 2019, *Studi Pemilihan Proses Pabrik Gliserol Monosteara*, Jurnal Teknik ITS, Vol. 8, No. 1, 7-11.
- [2] Aziz, I., Nurbayati, S., and Luthfiana, F., 2008, *Pemurnian Gliserol dari Hasil Samping Pembuatan Biodiesel menggunakan Bahan Baku Minyak Goreng Bekas*, Jurnal Kimia Valensi, Vol. 1, No. 1, 157-162.
- [3] Dewajani, Heny., Zamrud, Windi., Saroso, Hadi., Paramarta, Satria., and Mulya, Wahyudianto, 2019, *Conversion of Crude Glycerol from By-product Biodiesel into Bio-additive of Fuel through Acetylation Reaction based on Modified Zeolit Catalyst*, Alchemy: Journal of Chemistry, Vol. 7, No. 2, 46-52.

- [4] Nuryoto., Sulisty, Hary., Rahayu, Suorihastuti Sri., and Sutijan., 2010, *Uji Performa Katalisator Resin Penukar Ion untuk Pengolahan Hasil Samping Pembuatan Biodiesel menjadi Triacetin*, Seminar Rekayasa Kimia dan Proses, Yogyakarta.
- [5] Rifani, Betty., Helwani, Zuchra., and Khairat., 2016, *Esterifikasi Gliserol Produk Samping Biodiesel dan Asam Asetat menjadi Triacetin menggunakan Katalis Fly Ash*, JOM FTEKNIK, Vol. 3, No. 2, Oktober, 1-5.
- [6] Ernawati, Dwi Yuni., Helwani, Zuchra., and Yenti, Silvia Reni., 2015, *Penggunaan Zeolit Alam Teraktivasi Sebagai Katalis pada Proses Esterifikasi Gliserol dari Produk Samping Biodiesel menjadi Triacetin*, JOM FTEKNIK, Vol. 2, No. 2, Oktober, 1-8.
- [7] Satriadi, Hantoro., 2015, *Kinetika Reaksi Esterifikasi gliserol dan Asam Asetat menjadi Triacetin menggunakan Katalis Asam Sulfat*, Teknik, 36 (2), 75-80.
- [8] Nuryoto., Sulisty, Hary., Rahayu, Suorihastuti Sri., and Sutijan., 2011, *Kinetika Reaksi Esterifikasi Gliserol dengan Asam Asetat Menggunakan Katalisator Indion 225 Na*, Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 5, No. 1, 35-39.
- [9] Setyaningsih., Lucky Wahyu, Nuzulia., Rizkiyaningrum, Umi Mei., and Andi, Risky., 2017, *Pengaruh Konsentrasi Katalis dan Reusability Katalis pada Sintesis Triasetin dengan Katalisator Lewatit*, Teknoin, Vol. 23, No. 1, 56-62.
- [10] Badan Pusat Statistik, 2010, *Data Impor Triasetin*.
- [11] Feryanto, A. D. A, 2006, *CHEMCAD Steady State Reactor*. PT Asahimas Chemical:Cilegon
- [12] Khairiati, Nur., Helwani, Zuchra., and Khairat., 2016, *Pemanfaatan Gliserol Produk Samping Biodiesel menjadi Triacetin melalui Proses Esterifikasi menggunakan Katalis Fly Ash*, Jom FTEKNIK, Vol. 3, No. 1, Februari, 1-7.
- [13] Windrianto, Ika K.H., and Satriadi, Hantoro., 2012, *Produksi Triacetin dengan Proses Esterifikasi Gliserol dan Asam Asetat menggunakan Katalis Asam Sulfat*, Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 1, No. 1, 508-512.