

Kinerja Reaktor Kolom Gelembung untuk Produksi Biodiesel dengan Berbagai Jenis Sparger

by Joelianingsih Joelianingsih

Submission date: 30-Oct-2020 05:51AM (UTC+0700)

Submission ID: 1430622401

File name: Kinerja_Reaktor_Kolom_Gelembung_untuk_Produksi_Biodiesel.pdf (10.17M)

Word count: 4855

Character count: 28126

Kinerja Reaktor Kolom Gelembung untuk Produksi Biodiesel dengan Berbagai Jenis Sparger

Joelianingsih¹⁾, Rusnia Junita Hakim²⁾, Ita Supriatin²⁾

¹ Staf Pengajar Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia (Jl. Raya Puspipetek Serpong Tangerang Selatan-Banten)

²⁾ email: joelianingsih@yahoo.com

²⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia email: nia.juny@hotmail.com, itasupriatin@gmail.com

Abstrak

Reaktor Kolom Gelembung, RKG (*Bubble Column Reactor*) merupakan suatu alat yang intensif digunakan sebagai kontakor multifase dan reaktor dalam industri kimia, biokimia dan petrokimia. Beberapa keuntungan RKG diantaranya adalah kecepatan transfer massa dan panas yang tinggi, kekompakan serta biaya operasi dan pemeliharaan yang rendah. Pada penelitian ini RKG diterapkan untuk memproduksi biodiesel dari minyak goreng kelapa sawit melalui reaksi transesterifikasi secara non-katalitik. Minyak berfasa cair di dalam RKG sebanyak 1L direaksikan dengan uap metanol yang diumpankan ke dalam reaktor secara kontinu dengan laju alir (diukur dalam kondisi fasa cair) 2, 5; 5,0 dan 7.5 mL/menit. Produk biodiesel akan terbawa oleh uap yang secara kontinu dikeluarkan dari reaktor untuk selanjutnya dikondensasikan dan ditampung setiap 20 menit selama 140 menit (7 sampel). Biodiesel dipisahkan dari metanol dengan menggunakan alat rotary evaporator. Temperatur reaksi divariasikan pada 230, 240, 250 °C dan jenis sparger berbentuk plat berlubang berdiameter sekitar 1 mm dengan jumlah lubang bervariasi 29, 45, 119. Hasil terbaik diperoleh pada temperatur reaksi 250 °C, laju alir metanol 5 mL/min dan sparger dengan 119 lubang dengan waktu reaksi pada 20 menit ke 3. Laju produksi biodiesel diperoleh sebesar 6,24 g/menit. Kualitas biodiesel dianalisa menggunakan metode sesuai SNI - 7182:2012 dan didapatkan kadar metil ester sebesar 69.28%, gliserol total sebesar 0.2525%, angka asam sebesar 55.45 mg KOH/g dan angka penyabunan sebesar 184.27 mg KOH/g. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa biodiesel yang dihasilkan belum memenuhi SNI 7182 - 2012. Kecilnya kadar metil ester dikarenakan besarnya nilai angka asam, yang diperkirakan karena terjadinya reaksi oksidasi saat pemanasan awal minyak di dalam reaktor. Pada penelitian selanjutnya peralatan perlu dilengkapi dengan sistem aliran gas nitrogen yang diumpankan selama proses pemanasan awal minyak sampai mencapai temperatur reaksi yang diinginkan dan dihentikan setelah uap metanol digelembungkan ke dalam reaktor.

Kata kunci : Reaktor kolom gelembung, sparger, biodiesel, minyak goreng sawit.

1. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan monoalkil ester (misal: fatty acid methyl ester/FAME) yang diproses dengan metode transesterifikasi antara trigliserida yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek terutama metanol untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel [1,2]. Biodiesel dapat diproduksi secara katalitik dan non-katalitik. Proses pembuatan biodiesel tanpa katalis mempunyai kelebihan diantaranya tidak perlu dilakukan penghilangan FFA dengan refining atau praesterifikasi, reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat berlangsung dalam satu reaktor sehingga minyak dengan kadar FFA tinggi dapat langsung digunakan, kondisi proses pemisahan dan pemurnian produk lebih sederhana dan ramah lingkungan.

Proses produksi biodiesel secara non-katalitik telah dilaporkan oleh beberapa peneliti, diantaranya pada kondisi superkritik metanol oleh Demirbas [3], Kusdiana dan Saka [4] dengan kondisi reaksi 350°C, 20 MPa (200 bar), rasio metanol terhadap minyak 42 mol, reaksi dapat berlangsung sangat cepat dengan waktu reaksi sempurna hanya 4 menit. Namun penggunaan reaktor bertekanan tinggi selain memerlukan investasi (harga reaktor bertekanan tinggi) dan biaya produksi tinggi (energi untuk menaikkan temperatur dan tekanan bahan) juga beresiko membahayakan keamanan dan keselamatan, sehingga untuk diterapkan pada skala komersial masih perlu dipertimbangkan.

Salah satu teknologi proses produksi biodiesel yang telah dikembangkan oleh Joelianingsih, dkk [5] adalah produksi biodiesel secara non-katalitik dalam suatu

bubble column reactor (BCR) atau reaktor kolom gelembung (RKG). Penelitian tersebut mempelajari pengaruh temperatur reaksi dan laju alir metanol terhadap proses (konversi dan yield) dan kualitas produk (kemurnian) biodiesel pada tekanan 1 atm. Namun penelitian dengan berbagai jenis *sparger* sebagai pembentuk gelembung dari uap metanol belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian untuk mengetahui kinerja RKG dengan berbagai jenis *sparger* perlu dilakukan.

Secara prinsip penggunaan RKG untuk reaksi transesterifikasi non-katalitik minyak nabati/trigliserida adalah menggantikan peran katalis dengan temperatur reaksi yang lebih tinggi (250-290°C). Pada proses dengan katalis homogen temperatur reaksi sekitar 65°C pada tekanan 1 atm (temperatur didih metanol), menggunakan reaktor tangki berpengaduk. Sedangkan peran pengaduk digantikan oleh gelembung-gelembung uap metanol. Pada proses dengan katalis homogen dijaga agar metanol tetap berfasa cair, oleh karena itu usaha mempercepat reaksi dengan menaikkan temperatur harus selalu diikuti dengan kenaikan tekanan. Kelemahan ini diatasi dengan memanfaatkan sifat metanol yang berbentuk uap pada suhu di atas 65 °C sehingga dapat digelembungkan. Reaksi antara minyak dan metanol terjadi di lapisan antar muka minyak dan gelembung metanol. Sehingga semakin banyak jumlah gelembung dan semakin kecil ukuran diameter gelembung luas kontak antar mukanya semakin besar dan reaksi akan semakin cepat. Dengan kata lain usaha mempercepat reaksi kimia yang semula dilakukan dengan bantuan katalis yang bersifat kimiawi dan pengadukan konvensional diubah dengan perlakuan fisikal dan mekanikal sesuai dengan karakteristik bahan perekasi.

Kelebihan dari RKG adalah konstruksi sederhana, biaya operasi murah, efisiensi energi tinggi, pindah panas dan pindah massa terjadi dengan baik (Mouza et al., 2004)[6]. Keunggulan lain penerapan proses reaksi transesterifikasi trigliserida untuk membentuk metil ester dalam RKG adalah bahwa reaktor berfungsi sebagai distilasi reaktif, dimana reaktor tidak hanya sebagai tempat berlangsungnya reaksi, tetapi juga sebagai tempat pemisahan produk. Produk metil ester dan gliserol terbawa oleh uap metanol yang dikeluarkan dari reaktor secara kontinu, sedangkan minyak nabati sebagai reaktan tetap berfasa cair di dalam reaktor. Berdasarkan

prinsip termodinamika (kesetimbangan) reaksi, proses ini dapat mendorong reaksi ke arah produk sehingga konversi reaksi dapat mencapai 100%. Selain itu dengan prinsip distilasi reaktif ini proses produksi dapat berlangsung secara kontinu walaupun dengan kapasitas yang kecil.

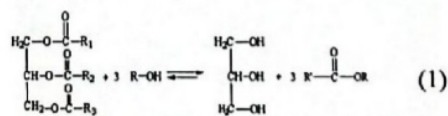
Dalam penelitian ini, kinerja RKG dievaluasi dengan mempelajari pengaruh berbagai jenis *sparger*, laju alir metanol dan temperatur reaksi dengan operasi reaktor secara *semi-batch*.

1. KAJIAN LITERATUR

• Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber/pemasok gugus alkil adalah metanol yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Jadi, di sebagian besar dunia ini, biodiesel praktis identik dengan ester metil asam-asam lemak (Fatty Acids Metil Ester, FAME) [7].

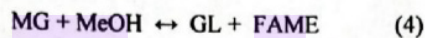
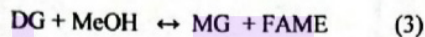
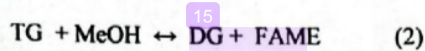
Reaksi transesterifikasi memegang peranan penting dalam pengolahan biodiesel dari minyak nabati (trigliserida atau TG). Reaksi transesterifikasi disebut juga reaksi alkoholisis dan proses ini sering dikaitkan dengan proses untuk mengurangi viskositas trigliserida [8]. Secara umum reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan alkohol (metanol) dapat dilihat pada persamaan (1).



Trigliserid 3 (Alkohol) Gliserol 3 (Ester)

Reaksi transesterifikasi TG dengan metanol (MeOH) berlangsung dalam 3 tahap reaksi seperti pada persamaan (2), (3) dan (4). Satu mol TG bereaksi dengan 1 mol MeOH menghasilkan satu mol FAME dan 1 mol digliserida (DG). Selanjutnya 1 mol DG

bereaksi dengan 1 mol MeOH menghasilkan 1 mol FAME dan 1 mol monogliserida (MG). Akhirnya 1 mol MG bereaksi dengan 1 mol MeOH menghasilkan 1 mol FAME dan 1 mol gliserol (GL).

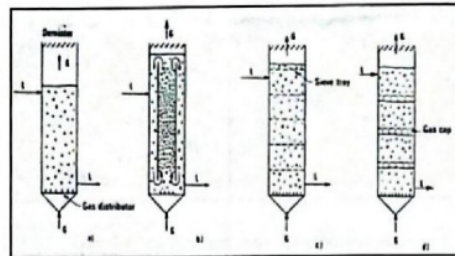


• Reaktor Kolom Gelembung

Reaktor kolom gelembung pada dasarnya adalah sebuah bejana silinder dengan distributor gas di bagian dasar, gas disemprotkan ke dalam bentuk gelembung menjadi fasa cair atau suspensi cair-gas [9]. Reaktor kolom gelembung memberikan keunggulan aplikasi yang luas, menyediakan desain dan operasi yang baik dibandingkan dengan reaktor lain. Reaktor kolom gelembung memiliki sistem perpindahan panas dan karakteristik perpindahan massa yang sangat baik, sehingga menyebabkan perpindahan massanya menjadi efisien. Sedikitnya pemeliharaan dan biaya operasional yang rendah diperlukan karena dapat mengurangi perpindahan dan kepadatan massa.

Behkish, dkk [10] menyatakan bahwa gelembung yang besar dibentuk dengan adanya perpaduan gelembung dan dapat membatasi perpindahan massa dalam kolom. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa untuk kolom gelembung pada industri, adanya gelembung kecil lebih diinginkan dan adanya gelembung besar harus dihindari untuk kecepatan transfer massa yang efektif. Rata-rata ukuran gelembung dalam kolom gelembung dipengaruhi oleh kecepatan gas, sifat cairan, distribusi gas, tekanan operasi dan diameter kolom. Kecepatan munculnya gelembung gas tergantung pada ukurannya. Dengan demikian, ukuran dan kenaikan kecepatan gelembung bergantung satu sama lain dan dipengaruhi oleh parameter yang sama.

Bentuk standar kolom gelembung ditunjukkan pada Gambar 1. Sebagai aturan, rasio tinggi terhadap diameter lebih besar dari 1 (3 sampai 10).



Gambar 1. Berbagai jenis reaktor kolom gelembung

Gas dimasukkan melalui *perforated tubes*, *perforated trays*, dalam kasus yang jarang, melalui *sintered plates*. Kecepatan *superficial* gas biasanya berkisar antara 1 dan 30 cm / s. Kecepatan *superficial* adalah rasio laju aliran volumetrik dengan luas penampang kolom pada saat kosong [11].

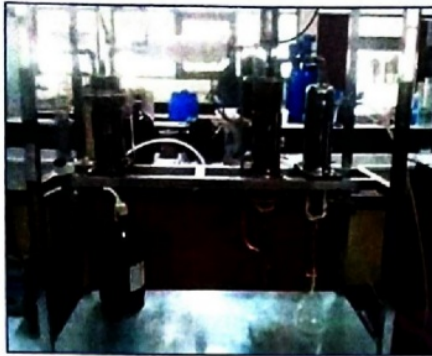
2. METODE PENELITIAN

• Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat percobaan RKG yang diperbaiki dari alat yang telah dirancang sebelumnya, *rotary evaporator*, erlenmeyer, neraca analitik, labu bulat, beaker glass. Gambar 2 adalah sistem peralatan yang lama, sedangkan Gambar 3 merupakan sistem peralatan yang baru.

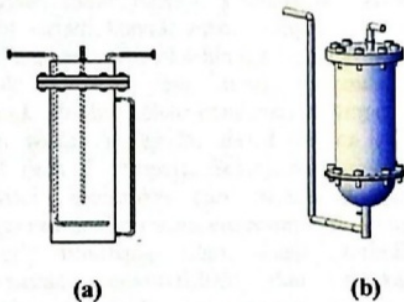


Gambar 2. Prototipe lama



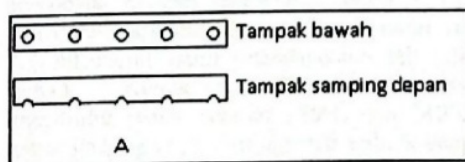
Gambar 3. Prototipe baru

Perubahan reaktor baru : Dimensi (Rasio L/D) menjadi 5, sebelumnya rasio L/D = 3. Karena dengan rasio yang kurang dari kecil banyak minyak yang terikut keluar ke produk uap saat dioperasikan, sehingga diperlukan rasio L/D yang lebih besar (reaktor lebih tinggi). Aliran umpan uap metanol yang semula dialirkan dari dalam reaktor (pipa di dalam reaktor) diubah menjadi di luar dan diumpungkan dari bawah reaktor seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

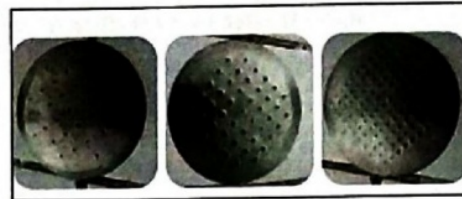


Gambar 4. Reaktor (a) lama dan (b) baru

Perubahan Sparger: dari semula hanya terdiri dari pipa berlubang 5 buah dengan diameter lubang 3 mm berubah menjadi plat berlubang dari bahan SS-316 dengan diameter lubang 1 mm dan jumlah lubang 119 buah, seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.

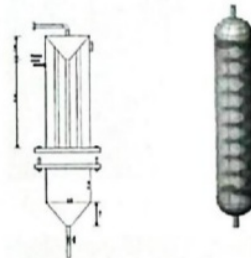


Gambar 5. Sparger lama: pipa dengan 5 lubang



Gambar 6. Sparger baru: plat berbubang

Perubahan kondensator : (Gambar 7) dari 3 tube vertikal menjadi bentuk spiral dengan panjang pipa 3 m dan perubahan letak fluida air pendingin semula ada di shell berubah menjadi di tube bagian dalam kondensator. Hal ini disebabkan pada saat digunakan bila ada produk yang menjadi padat pada kondensator sebelumnya akan menyumbat aliran produk sehingga kondensator menjadi mampet. Pada kondensator yang lama luas perpindahan panas kurang mencukupi sehingga produk uap keluar reaktor tidak dapat terkondensasi seluruhnya. Alat yang baru telah diujicoba dan hasilnya menjadi lebih baik.



Gambar 7. Kondensator lama dan baru

• **Bahan**

Minyak goreng kelapa sawit Bimoli diperoleh dari toko swalayan, metanol PA 99,8% di produksi oleh PT Smart – Lab Indonesia.

• **Variabel dan Parameter**

Besaran yang divariasikan dalam penelitian ini adalah jumlah lubang sparger (29, 45, 119), laju alir metanol (2,5 ; 5 ; 7,5) mL/menit, dan temperatur reaksi transesterifikasi (230, 240, 250)°C

Parameter yang diukur :

A_s : Angka penyabunan (mg/g)

A_a : Angka asam (mg/g)

G_{total} : Gliserol total dalam biodiesel (%-b)

Parameter yang dihitung :

$$\text{Laju produksi} = \frac{\text{massa biodiesel (gr)}}{\text{waktu (minit)}} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Metil Ester (\% massa)} \\ = \frac{100(A_s - A_a - 18,27G_{\text{total}})}{A_s} \quad (2) \end{aligned}$$

Keterangan :

A_s : Angka penyabunan (mg/g)

A_a : Angka asam (mg/g)

G_{total} : Gliserol total dalam biodiesel (%-b)

Uji kualitas biodiesel dilakukan di Laboratorium analisa kimia Lemigas Jakarta.

• Prosedur Percobaan

Bahan baku berupa minyak goreng sawit sebanyak 1 Liter diumpukan ke dalam reaktor kemudian dipanaskan sampai temperatur reaksi yang diinginkan. Sementara itu metanol dalam fasa cair diubah fasanya menjadi uap dalam *vaporizer* lalu uap metanol masuk ke dalam reaktor yang berisi minyak goreng sawit dan melewati lubang-lubang *sparger* yang ada di bagian dasar reaktor. Dimana di dalam reaktor terjadi kontak antara minyak goreng sawit, dan uap metanol sehingga menghasilkan produk biodiesel yang masih mengandung metanol. Produk keluar kondensor ditampung dalam wadah setiap 20 menit selama 140 menit (ada 7 sampel). Selanjutnya produk biodiesel dipisahkan dari metanol dengan menggunakan alat *rotary evaporator*, tiap-tiap sampel ditimbang dan hasil terbaik berdasarkan produktifitas dan tingkat kejernihan diuji kadar metil esternya.

Pada awal pembuatan biodiesel digunakan suhu reaksi 250°C dan laju alir 5 mL/menit serta dengan memvariasikan jenis *sparger* yaitu 29 lubang, 45 lubang dan 119 lubang, dari hasil produksi biodiesel dengan memvariasikan jenis *sparger* didapatkan *sparger* terbaik yaitu dengan 119 lubang. Selanjutnya *sparger* tersebut digunakan untuk percobaan dengan temperatur reaksi 250°C dan variasi laju alir metanol 2.5 mL/menit dan 7.5 mL/menit untuk mendapatkan laju alir terbaik. Kemudian dilakukan variasi temperatur reaksi sebesar 230°C dan 240°C untuk jenis *sparger* dan laju alir terbaik yang telah didapatkan sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

• Pengaruh Jenis Sparger Terhadap Laju Produksi

Sparger digunakan sebagai alat pemecah gelembung metanol agar gelembung yang terbentuk berukuran kecil sehingga luas permukaan interfasanya lebih besar sehingga laju difusi metanol ke dalam larutan lebih cepat dan kadar metanol terlarut meningkat.

Mula-mula, ditentukan lebih dahulu bahan yang digunakan untuk membuat *sparger*. Ada 3 bahan yang telah diujicoba yaitu dalam bentuk kasa dengan ukuran 100 mesh, bahan dari teflon dan bahan dari SS-316. Dari hasil percobaan diketahui bahwa bahan dari kasa dan teflon mengalami perubahan bentuk fisik karena tidak tahan pada temperatur reaksi (250°C), seperti diperlihatkan pada Gambar 8 dan 9. *Sparger* dari bahan kasa menjadi tidak rata seperti gelombang. Sedangkan bahan dari teflon mengembang dan menyebabkan lubang *sparger* mengecil atau tertutup.

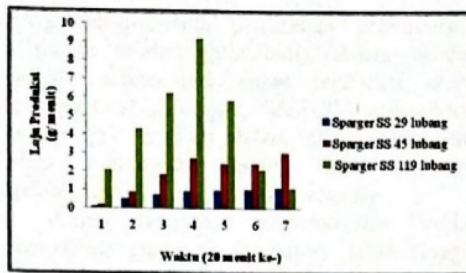


Gambar 8. *Sparger* dari kasa



Gambar 9. *Sparger* dari teflon.

Bahan yang tahan temperatur tinggi adalah SS-316 yang digunakan untuk membuat *sparger* dengan jumlah lubang bervariasi (29, 45 dan 119), diameter lubang 1 mm. Pengaruh jenis *sparger* terhadap laju produksi dapat dilihat dari perbandingan hasil laju produksi yang diperoleh pada Gambar 10. Terlihat laju produksi menggunakan *sparger* dengan 119 lubang lebih besar dibandingkan dengan produk yang menggunakan *sparger* dengan 29 dan 45 lubang.



Gambar 10. Pengaruh jenis sparger terhadap laju produksi

Gambar 10 menunjukkan bahwa laju produksi pada variasi sparger dengan banyak lubang 29 dan 45 lubang mengalami kenaikan pada setiap waktunya, sedangkan untuk 119 lubang laju produksi yang dihasilkan mengalami kenaikan dan penurunan. Untuk sparger berlubang 29 dan 45 terlihat produksi lebih lambat dan waktu mencapai laju produksi optimum belum tercapai dengan waktu pengamatan selama 140 menit. Sedangkan untuk sparger berlubang 119 waktu optimum dengan hasil laju produksi terbesar didapatkan pada 20 menit ke-4. Ketidak stabilan laju produksi yang didapatkan karena sistem operasi dilakukan secara *semi-batch*, pada sistem tersebut minyak didalam reaktor akan berkurang selama operasi berlangsung dengan begitu laju produksi yang dihasilkan mula-mula akan naik dan setelah mencapai kondisi optimum akan menurun. Foto hasil percobaan dengan berbagai jenis sparger yang dapat dilihat pada Gambar 11, 12 dan 13. Urutan sampel produk dalam foto dimulai dari kanan ke kiri.



Gambar 11. Produk pada sparger 29 lubang, 250 °C, laju alir metanol 5 mL/menit



Gambar 12. Produk pada sparger 45 lubang, 250 °C, laju alir metanol 5 mL/menit

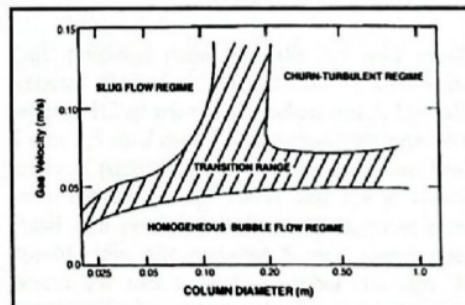


Gambar 13. Produk pada sparger 119 lubang 250 °C, laju alir metanol 5 mL/menit

Sebagian besar produk yang dihasilkan pada penggunaan sparger 29 dan 45 lubang menjadi padat setelah dibiarkan selama 5-10 menit pada temperatur ruang. Sedangkan pada produk dengan sparger 119 lubang diperoleh produk cair sampai pengamatan lebih dari 1 bulan.

• Pengaruh Laju Alir Metanol Terhadap Laju Produksi

Karakteristik dinamis cairan pada reaktor kolom gelembung memiliki dampak yang signifikan terhadap operasi dan kinerja reaktor kolom gelembung. Menurut literatur, aliran dalam kolom gelembung diklasifikasikan dan dipertahankan sesuai dengan *superficial gas velocity* yang dilakukan dalam kolom. Tiga jenis laju aliran yang sering ditemui pada kolom gelembung yaitu aliran homogen, aliran heterogen dan aliran slug serta aliran lain berupa "aliran berbusa" yang jarang ditemui dalam kolom gelembung [12]. Gambar 14 menunjukkan regime aliran pada RKG [13].



Gambar 14. Regime Aliran pada RKG

Aliran homogen diperoleh pada kecepatan gas yang rendah, kurang dari 5 cm / s dalam kolom *semibatch* [14,15]. Aliran ini ditandai dengan gelembung yang berukuran kecil dengan ukuran yang relatif sama dan adanya peningkatan kecepatan. Sebenarnya tidak ada

penggabungan atau pemisahan gelembung, sehingga ukuran gelembung dalam aliran hampir sepenuhnya dapat terdeteksi oleh *sparger* [16]. Kawagoe, dkk [17] menemukan bahwa gas hold-up dalam aliran homogen akan meningkat secara linier seiring meningkatnya *superficial gas velocity*.

Aliran heterogen dipertahankan pada *superficial gas velocity* yang lebih tinggi (lebih dari 5 cm/s dalam kolom *batch*). Aliran ini ditandai dengan adanya gangguan dari sistem gas - cair homogen karena peningkatan gerak gelembung gas yang turbulen dan memiliki ukuran gelembung yang berbeda-beda [18]. Aliran turbulen sering ditemukan pada industri dengan ukuran diameter kolom yang besar [12] menunjukkan bahwa koefisien perpindahan massa gas-cair lebih rendah dari aliran turbulen (heterogen) dibandingkan dengan aliran homogen.

Transisi *gas velocity* bergantung pada dimensi kolom (diameter, tinggi dispersi), desain *sparger* dan sifat fisika dari sistem [16]. Transisi dari aliran gelembung menjadi aliran turbulen dalam kolom gelembung meningkatkan *superficial gas velocity*, transisi *velocity* meningkat seiring dengan meningkatnya densitas gas [19]. Gas hold up merupakan bilangan tak berdimensi yang menjadi parameter dari tujuan desain dengan karakterisasi fenomena transport dari sistem kolom gelembung [20]. *Superficial gas velocity* adalah kecepatan rata-rata gas yang disemburkan ke dalam kolom yang hanya dinyatakan sebagai laju aliran volumetrik dibagi dengan luas penampang kolom, holdup gas dalam kolom gelembung tergantung pada kecepatan gas superfisial dimana jika gas holdup meningkat maka kecepatan *gas superficial* meningkat [12,13,18].

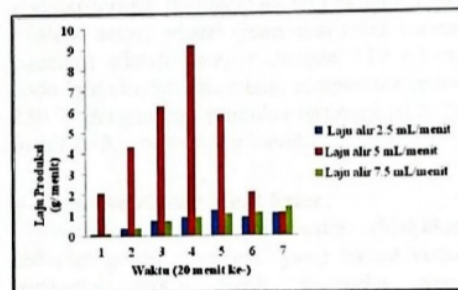
Dalam penelitian ini laju alir yang divariasikan sebesar 2,5 mL/menit, 5 mL/menit dan 7,5 mL/menit. Pengambilan laju alir 2,5 mL/menit, 5 mL/menit dan 7,5 mL/menit dikarenakan laju alir tersebut berada pada daerah *regime* aliran pada reaktor kolom gelembung dan termasuk dalam aliran homogen. Kecepatan superfisial gas metanol dalam laju alir 2,5 mL/menit, 5 mL/menit dan 7,5 mL/menit disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan Superfisial Uap Metanol yang Digunakan pada Penelitian

Laju Alir (mL/menit)	Gas Velocity (m/s)
2,5	0.008
5,0	0.016
7,5	0.026

Berdasarkan nilai *gas velocity* pada Tabel 1 dan aturan *regime* aliran pada Gambar 11, maka laju alir 2,5 mL/menit, 5 mL/menit dan 7,5 mL/menit berada dalam aliran homogen, pemilihan laju alir pada aliran homogen dikarenakan agar jumlah gelembung yang dihasilkan lebih banyak, seragam dan merata, sehingga kontak antar muka reaktan - reaktan menjadi lebih sering untuk menghasilkan produk reaksi yang diinginkan.

Pengaruh laju alir metanol (2,5; 5,0 dan 7,5 mL/menit) terhadap laju produksi pada temperatur 250 °C dan *sparger* 119 lubang disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengaruh laju alir metanol terhadap laju produksi

Laju produksi pada laju alir 2,5 mL/menit terbesar didapatkan pada 20 menit ke-5 yaitu sebesar 1,2 g/menit sedangkan untuk laju alir 5 dan 7,5 mL/menit didapatkan laju produksi terbesar pada waktu 20 menit ke-4 dan ke-7 yaitu sebesar 9,2 g/menit dan 1,4 g/menit. Hasil laju produksi terbesar didapatkan pada kondisi laju alir metanol 5 mL/menit pada waktu 20 menit ke-4. Gambar 16 dan 17 memperlihatkan foto produk pada penggunaan *sparger* 119 lubang, temperatur 250 °C dengan laju alir metanol 2,5 dan 7,5 mL/menit.



Gambar 16. Foto produk pada laju alir metanol 2,5 mL/menit, 250 °C, sparger 119 lubang

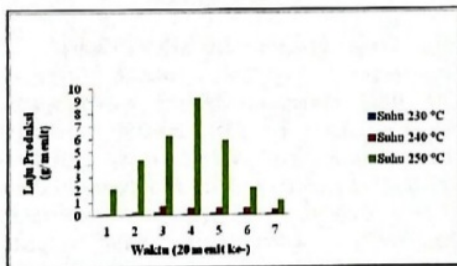


Gambar 17. Foto produk pada laju alir metanol 7,5 mL/menit, 250 °C, sparger 119 lubang

Seluruh produk yang dihasilkan pada laju alir 2,5 dan 7,5 mL/menit menjadi padat setelah dibiarkan selama 5-10 menit pada temperatur ruang.

- **Pengaruh Temperatur Reaksi Terhadap Laju Produksi**

Pengaruh temperatur reaksi terhadap laju produksi dilakukan pada sparger dengan jumlah lubang 119 dengan laju alir metanol 5 mL/menit. Hasilnya disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Pengaruh temperatur reaksi terhadap laju produksi

Hasil terbesar didapatkan pada 20 menit ke-4 dengan kondisi suhu 250 °C yaitu sebesar 9,2 g/menit, sedangkan pada kondisi suhu 230 dan 240 °C laju produksi terbesar didapatkan pada 20 menit ke-3 secara berturut turut sebesar 0,2 dan 0,7 g/menit. Foto hasil penelitian disajikan pada Gambar 19 dan 20.



Gambar 19. Foto produk pada 230° C, laju alir metanol 5 mL/menit, sparger 119 lubang



Gambar 20. Foto produk pada 240° C, laju alir metanol 5 mL/menit, sparger 119 lubang

Dari foto pada Gambar 19 dan 20 terlihat produknya berfasa padat (sekitar 5-10 menit).. Berdasarkan data-data yang diperoleh pada berbagai pengaruh jenis spager, laju alir metanol dan temperatur reaksi) didapatkan kondisi terbaik berdasarkan laju produksi dan kualitas secara visual (jenis dan tidak berupa padatan) adalah *sparger* dengan 119 lubang pada laju alir 5,0 mL/menit, temperatur reaksi 250 °C dengan laju produksi tertinggi pada 20 menit ke 3 sebesar 6,2 g/menit.

- **Analisa Kadar Metil Ester**

Analisa kadar metil ester dilakukan terhadap produk biodiesel yang secara visual berwarna jernih tidak memadat yang dihasilkan pada kondisi optimum (sampel pada 20 menit ke tiga, dengan kondisi temperatur 250 °C, laju alir metanol 5 mL/menit. Metode analisa dengan menggunakan SNI sesuai persamaan (2). Hasil analisa disajikan pada Tabel 2.

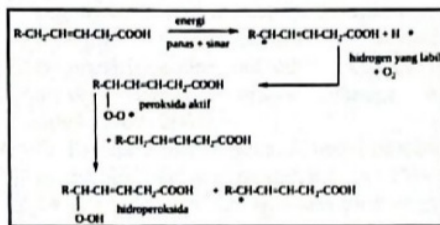
Tabel 2. Hasil Analisa Kadar Metil Ester

Penetapan	Hasil		Metode
	698/14 Biodiesel NK-5-250-1.3(119)	Satuan	
Angka asam	55.45	mg KOH/g	ASTM D 664
Angka penyabunan	184.27	mg KOH/g	Titrimetri
Metil ester	69.28	*wt	Calculated
Gliserol total	0.2525	*wt	AOCS Ca 14-56

Standar SNI 7182:2012 untuk kadar metil ester minimum 96,5% massa, untuk angka asam maksimum 0,6 mg KOH/g sampel dan kadar gliserol total maksimal 0,24 % massa. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 2

terlihat bahwa kemurnian (kadar metil ester) hasil analisa sebesar 69,28% massa dan angka asam 55,45 mg KOH/g sampel, produk yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI.

Rendahnya kadar metil ester dikarenakan tingginya nilai angka asam, besarnya angka asam diperkirakan karena terjadinya reaksi oksidasi pada saat pemanasan awal minyak didalam reaktor. Minyak nabati umumnya mengandung senyawa ikatan rangkap di dalam gugus asam karboksilat yang ada di dalam struktur molekul trigliserida. Untuk minyak goreng kelapa sawit ikatan rangkap terdapat pada gugus asam oleat (sekitar 39-45%) dan linoleat (sekitar 7-11%) [21]. Gambar 21 menunjukkan mekanisme reaksi oksidasi pada asam lemak tak jenuh

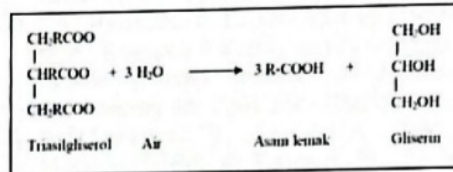


Gambar 21. Mekanisme reaksi oksidasi pada asam lemak tak jenuh [22].

Proses oksidasi pada minyak nabati yang terjadi karena adanya pemanasan menyebabkan minyak mengalami degradasi oksidatif. Reaksi oksidasi oleh oksigen terhadap asam lemak tidak jenuh akan menyebabkan terbentuknya peroksida, aldehid, keton serta asam-asam lemak berantai pendek yang dapat menimbulkan perubahan organoleptik yang tidak disukai seperti perubahan bau dan flavour (ketengikan). Asam-asam lemak rantai pendek yang dihasilkan dapat berupa asam formiat, asam asetat, asam propionat dan asam kaproat [23]. Asam-asam ini kemudian juga dapat berperan menjadi katalis untuk reaksi polimerisasi oksidatif termal yang menyebabkan minyak menjadi lebih kental.

Meningkatnya angka asam produk yang dihasilkan juga dapat disebabkan karena terjadinya reaksi hidrolisis minyak nabati yang disebabkan karena adanya kandungan air di dalam metanol. Pada reaksi hidrolisis asam yang terbentuk adalah asam lemak bebas rantai panjang yang terkandung di dalam gugus molekul trigliserida/triasilgliserol

minyak. Reaksi hidrolisis minyak nabati menjadi asam lemak bebas disajikan pada Gambar 22.



Gambar 22. Reaksi hidrolisis minyak nabati

Untuk mengatasi kedua masalah penyebab meningkatnya angka asam produk biodiesel yang dihasilkan maka peralatan perlu diperbaiki dengan cara-cara sebagai berikut:

- Melengkapi peralatan dengan sistem aliran gas nitrogen (N_2). Pada saat awal percobaan dan pemanasan awal minyak sebelum diumpankan dengan metanol, ke dalam reaktor harus dialirkan gas nitrogen untuk mengeluarkan semua oksigen yang ada di dalam reaktor dan peralatan utama lainnya termasuk di sistem pemipaan. Setelah suhu reaksi tercapai baru aliran gas nitrogen dihentikan dan diganti dengan aliran uap metanol sebagai reaktan ke 2 setelah minyak nabati.
- Melengkapi peralatan umpan metanol cair dengan kolom penyerap air (adsorbent) sehingga metanol yang diumpankan ke dalam reaktor sudah bebas dari H_2O .

4. KESIMPULAN

Hasil terbaik dari seluruh perlakuan adalah pada penggunaan sparger berbahan SS-316 dengan jumlah lubang 119, laju alir metanol 5 mL/menit dan temperatur reaksi $250^\circ C$ dengan laju produksi tertinggi sebesar pada 20 menit ke tiga sebesar 6,2 g/menit dengan kadar metil ester, angka asam, dan gliserol total berturut-turut adalah 69,28%; 55,45 mg KOH/g sampel dan 0,25 % m/m. Secara kualitatif hasil belum memenuhi syarat SNI 7182:2012. Terjadi proses oksidasi termal minyak saat pemanasan awal sehingga menyebabkan terbentuknya asam-asam karboksilat rantai pendek yang merupakan penyebab tingginya angka asam produk biodiesel.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana hibah penelitian melalui Program Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional (Insinas) dengan Kontrak No. 27/SEK/INSINAS/PPK/I/2014.

6. REFERENSI

1. T.Krawczyk, *Biodiesel-Alternative Fuel Makes Inroads but Hurdles Remain Inform* 7, (8), 800-815 (1996).
2. M.Mittlebach and C. Remschmidt, *The Biodiesel Comprehensive Handbook*, Vienna : Boersedruck Ges.m.bH., 2004, pp.1-6.
3. A.Demirbas, Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey, *Energy Convers. Manage.* 4, 2093- 2109 (2003).
4. D. Kusdiana and S. Saka, A novel process of the biodiesel fuel production. In : *Proc. Of 1st World Conf, On Biomass for Energy and Industry*; Seville, Spain, James & James (Science Publisher) Ltd., 5-9 Jun 2000, pp 563-566.
5. Joelianingsih, H. Maeda, H. Natabeni, Y. Sagara, T.H. Soerawidjaya, A.H. Tambunan, and K. Abdullah, Biodiesel Fuels from Palm Oil via tge Non Catalytic Teansesterification in a Bubble Column Reaktor at Atmospheric Pressure : a kinetic study, *J. Renewable Energy* 33, No.7, 1629-1636 (2008).
6. K.A.Mouza, N.A.Kazakis, P. Paras SV., Bubble column reactor design using a CFD code. 1st IC-SCCE ; Athens, Greece, 2004.
7. Zandy, D. Mescha, Nazef, P.Soraya, Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel, Institut Teknologi Bandung & PT. Rekayasa Industri, 2007.
8. J.Otera, Transesterification. *J. Chem Rev* , 93 (4), 1449-1478 (1993).
9. N.Kantarci, F. Borak, and K. O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
10. A.Behkish, Z.Men, R.J.Inga, B.I.Morsi (2002) in N.Kantarci, F. Borak, and K.O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J.Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
11. P.Trambouze, H. Van Landeghem ; J.P.Wauquier, *Chemical Reactor: design/ engineering/operation*, Paris: Imprimerie Nouvelle, 1988, pp. 253-295.
12. C.L. Hyndman, F. Larachi, C. Guy (1997) in N. Kantarci, F.Borak, and K.O.Ulgen. Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
13. W.D.Deckwer, Y. Louisi, A. Zaidi, M.Ralek, (1980) in Kantarci, N., Fahir Borak, and Kutlu O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
14. J.H.Hills (1974) in N.Kantarci, F. Borak, and K.O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
15. L.S.Fan, *Gas-Liquid-Solid Fluidization Engineering*, Boston: Butterworths, 1989.
16. B.N.Thorat and J.B.Joshi (2004) in N.Kantarci, F.Borak, and K.O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
17. K.Kawagoe, T.Inoue,K.Nakao, T. Otake (1976) in N.Kantarci, F. Borak, and K.O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
18. A.Schumpe and G. Grund (1986) in N.Kantarci, F.Borak, and K.O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
19. R. Krishna, De Stewart JWA. Ellenberger J, Martina GB, Maretto C. (1997) in Kantarci, N., Fahir Borak, and Kutlu O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
20. X.Luo , D.J. Lee, R.Lau, G.Yang, L.Fan (1999) in Kantarci, N., Fahir Borak, and Kutlu O. Ulgen, Bubble Column Reactor, *J. Process Biochemistry* 40, 2263-2283 (2005).
21. I.S. Purwaningsih, Joelianingsih, Wahyudin, "Biodiesel production from palm frying oil using sulphated zirconia catalyst in a bubble column reactor", *Proceeding International Conference and Workshop on Chemical Engineering*, Kuta, Bali (December 4-5, 2013).
22. F.G.Winarno, in Yuliana, "Analisa Kadar Asam Lemak Minyak Goreng yang dipakai Penjual Ayam Ala Kentucky di Jalan Binjai Medan" Skripsi Fakultas

- Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara, 2004.
23. Benchmarking of Biodiesel Fuel Standardization in East Asia Working Group (2010), *Biodiesel Fuel Quality*. in Goto, S., Oguma, M., and Chollacoop, N. *EAS-ERIA Biodiesel Fuel Trade Handbook*, Jakarta: ERIA, 2010, pp.27-62.

Kinerja Reaktor Kolom Gelembung untuk Produksi Biodiesel dengan Berbagai Jenis Sparger

ORIGINALITY REPORT

25%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

11%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

www.coursehero.com

Internet Source

4%

2

Submitted to Syiah Kuala University

Student Paper

3%

3

mafiadoc.com

Internet Source

2%

4

repository.ipb.ac.id

Internet Source

2%

5

media.neliti.com

Internet Source

1%

6

es.scribd.com

Internet Source

1%

7

www.scribd.com

Internet Source

1%

8

Hiroshi Nabetani, Shoji Hagiwara, Yasuyuki Sagara, Tatang H. Soerawidjaya, Armansyah H. Tambunan, Kamaruddin Abdullah.

1%

"Performance of a Bubble Column Reactor for the Non-Catalytic Methyl Esterification of Free Fatty Acids at Atmospheric Pressure",
JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING OF JAPAN, 2007

Publication

9	repository.ntu.edu.sg Internet Source	1%
10	lordbroken.wordpress.com Internet Source	1%
11	journals.itb.ac.id Internet Source	1%
12	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	1%
13	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	1%
14	link.springer.com Internet Source	<1%
15	pingpdf.com Internet Source	<1%
16	pt.slideshare.net Internet Source	<1%
17	biodiedel.blogspot.com Internet Source	<1%

18

d-scholarship.pitt.edu

Internet Source

<1%

19

Warabi, Y.. "Reactivity of triglycerides and fatty acids of rapeseed oil in supercritical alcohols", Bioresource Technology, 200402

Publication

20

pt.scribd.com

Internet Source

21

id.123dok.com

Internet Source

22

John Bako Baon. "Identification of Soil Organic Nitrogen Substance Acting as Indicator of Response of Cocoa Plants to Nitrogen Fertilizer", Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal), 2008

Publication

23

tk.unpar.ac.id

Internet Source

24

Jean-François Joly, Fabrice Giroudière, Fabrice Bertoncini. "Innovation in process development: From catalyst to industrial process", Catalysis Today, 2013

Publication

25

www.ftb.com.hr

Internet Source

<1%

26	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1%
27	www.i-scholar.in Internet Source	<1%
28	hal-ifp.archives-ouvertes.fr Internet Source	<1%
29	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1%
30	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
31	Submitted to Universiti Malaysia Perlis Student Paper	<1%
32	Djuhana, Dede, Dita C.C. Oktri, and D.H. Kim. "Micromagnetic Simulation on Ground State Domain Structures of Barium Hexaferrite (BaFe ₁₂ O ₁₉)", Advanced Materials Research, 2014. Publication	<1%
33	Richie Putra, Renisa Ismayanti, Agam Duma Kalista. "SINTESIS METIL ESTER SULFONAT MELALUI SULFONASI METIL ESTER MINYAK KEDELAI UNTUK APLIKASI CHEMICAL FLOODING", Jurnal Sains Materi Indonesia, 2018 Publication	<1%

34

Nigar Kantarci, Fahir Borak, Kutlu O. Ulgen.
"Bubble column reactors", Process
Biochemistry, 2005

Publication

<1%

35

Yang, J.H.. "Two regime transitions to pseudo-homogeneous and heterogeneous bubble flow for various liquid viscosities", Chemical Engineering & Processing: Process Intensification, 2010

Publication

<1%

36

jurnal.unej.ac.id

Internet Source

<1%

37

Subramaniam, D., A. Murugesan, and A. Avinash. "Performance and emission evaluation of biodiesel fueled diesel engine abetted with exhaust gas recirculation and Ni coated catalytic converter", Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2013.

Publication

<1%

38

jurnal.fp.unila.ac.id

Internet Source

<1%

39

Norvi Fatmawati, Thamrin Usman, Titin Anita Zahara. "BIOADSORPSI Fe(II) OLEH KULIT BUAH JERUK Citrus nobilis Lour. var microcarpa TERMODIFIKASI Ca(OH)₂", Indonesian Journal of Pure and Applied

<1%

Chemistry, 2019

Publication

40

Rustam Musta, Aceng Haetami, Mimi Salmawati. "Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Metanol", *Indo. J. Chem. Res.*, 2017

Publication

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

Kinerja Reaktor Kolom Gelembung untuk Produksi Biodiesel dengan Berbagai Jenis Sparger

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11
