



Studi Perbandingan Perilaku Dalam Reaktor Kolom Gelembung Secara Non-Katalitik Dengan Simulasi CFD Terhadap Kadar ME Biodiesel

Angga Defrian^{1*}, Zulfakri²

¹ Teknologi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh

² Tata Air Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh

*Email : anggadeffrian@gmail.com

ABSTRAK

Biodiesel dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas dan tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Teknologi produksi biodiesel memiliki 2 metode yaitu metode katalis dan non katalis. Salah satu metoda produksi biodiesel tanpa katalis adalah metoda *superheated methanol vapor* (SMV). Namun metode ini menghasilkan kadar biodiesel yang rendah dari SNI. Salah satu cara untuk meningkatkan kadar biodiesel dengan meningkatkan luas kontak permukaan antara gelembung metanol dengan minyak. Hal ini dilakukan dengan memberikan *perforated plate (obstacle)* di dalam kolom reaktor. Perancangan desain *obstacle* sangat mempengaruhi luas kontak permukaan antara metanol uap dan minyak. Beberapa jenis *obstacle* yang dirancang disimulasikan dengan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD), karena CFD dapat menggambarkan distribusi gelembung di dalam kolom reaktor, sehingga pembuatan *obstacle* dapat lebih tepat dan memudahkan menganalisa perilaku gelembung di dalam kolom reaktor. Hasil simulasi di-dapatkan luas kontak permukaan yang tertinggi menunjukkan desain *obstacle* A-4 dengan nilai sebesar 0.013635 m²/det. Namun kadar metil ester pada *obstacle* tersebut masih rendah dibandingkan dengan SNI yaitu sebesar 67.73% (w/w). Untuk kadar metil ester yang mendekati SNI adalah *obstacle* D-4 yaitu 94.55 % (w/w).

Kata Kunci: CFD, Kadar ME, Luas kontak permukaan, Metoda non-katalitik, SMV.

Comparative Study of Behavior in Non-Catalytic Bullet Column Reactors With CFD Simulation on Content ME biodiesel

Angga Defrian^{1*}, Zulfakri²

¹ Teknologi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh

² Tata Air Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh

*Email : anggadefrian@gmail.com

ABSTRACT

Biodiesel is produced through transesterification reaction triglycerides or esterification of free fatty acids depending on the FFA content of the feedstock. The reaction normally requires a catalyst, even though the non-catalytic reaction has attracted significant attention recently. One of the non-catalytic method by using superheated methanol vapor (SMV). However, this method still has a low reaction rate and thereby needs to be improved by increasing the surface contact area between methanol vapor and oil. In this study, the utilization of perforated plate (obstacle) in the reactor column was studied using computational fluid dynamics (CFD). Several types of obstacles were designed and their influence on the reaction rate was evaluated through CFD simulation. The result shows that obstacle design A4 gave the highest contact surface ($0.013635 \text{ m}^2/\text{s}$), even though methyl ester concentration in the reaction product is still low ($67.73 \text{ \%w/w}$). For methyl esters which are close to SNI is design obstacle D-4, which is $94.55 \text{ \%w/w}$.

Keywords: CFD simulation, ME content, surface contact area, Method Non-catalytic, SMV.

PENDAHULUAN

Biodiesel adalah bahan bakar motor diesel yang berupa *ester alkil* yang dibuat dari minyak nabati melalui proses trans atau esterifikasi. Biodiesel memiliki sifat fisik yang mirip dengan *hidrokarbon*, tetapi memiliki kelebihan lain yaitu merupakan energi terbarukan dan ramah lingkungan. Campuran biodiesel 30 % *volume* terhadap solar menghasilkan kinerja mesin yang tidak jauh berbeda dengan pemakaian 100 % solar dan pada komposisi ini tidak memerlukan modifikasi apapun pada mesin kendaraan, dengan asap buangan biodiesel tidak hitam, tidak mengandung sulfur serta senyawa aromatic sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan. Kelebihan lainnya tidak menambah akumulasi gas karbondioksida di atmosfer sehingga lebih jauh lagi mengurangi efek pemanasan global atau banyak disebut dengan *zero emission* (CO_2).

Beberapa pengembangan untuk mendapatkan biodiesel yang sesuai dengan SNI adalah melalui teknologi proses. Teknologi proses pembuatan biodiesel sampai saat ini diklasifikasikan menjadi dua metoda yaitu metoda katalitik dan metoda non-katalitik. Metoda katalitik merupakan produksi biodiesel melalui proses reaksi minyak dengan alkohol,

menggunakan katalis pada tekanan dibawah atmosfer dan suhu lebih rendah 65 °C. Metoda ini sudah diaplikasikan di industri, namun produksi biodiesel secara katalitik membutuhkan pengadukan dan proses pemurnian, untuk pemisahan katalis dan produk hasil samping. Dari beberapa hal tersebut ternyata menimbulkan biaya yang tinggi untuk menghasilkan produksi biodiesel.

Metoda lainnya adalah non katalitik. Dimana metoda ini adalah memproduksi biodiesel tanpa katalis. Salah satu metoda non katalitik adalah metoda *superheated methanol vapor* (SMV) yaitu metoda yang mereaksikan gelembung uap metanol lewat jenuh dengan minyak didalam reaktor kolom gelembung (*bubble column reactor*), pada suhu tinggi dan tekanan atmosfer menjadi *fatty acid methyl ester* (FAME) dan *glycerol*. Metoda ini dapat dilakukan pada minyak yang memiliki kadar asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) tinggi. Proses pemisahan dan pemurnian produk lebih sederhana dari pada metoda katalitik dikarenakan tidak menggunakan katalis serta ramah lingkungan. Namun pada metoda ini, laju reaksi lebih rendah dari pada metoda pembuatan biodiesel lainnya dan kadar biodiesel masih belum sesuai dengan SNI yaitu 96.2 % (w/w) (Miura 2011). Ada beberapa faktor yang mengakibatkan laju reaksi lebih rendah antara lain luas kontak permukaan (Joelianingsih et al. 2008) dan kontak waktu memberikan efek negatif pada laju produksi *metyl ester* (ME) (Miura 2011). Untuk meningkatkan luas kontak permukaan tersebut maka diberikan *perforated plate* (*obstacle*). *Obstacle* merupakan perangkat tambahan didalam kolom reaktor untuk memecahkan gelembung methanol menjadi bagian yang lebih kecil dari sebelumnya, sehingga terjadi peningkatan luas kontak permukaan antara methanol dengan minyak, hal ini telah dibuktikan oleh Wulandani (2011) menggunakan *obstacle* dapat meningkatkan luas kontak permukaan kontak antara gelembung methanol dengan minyak. Namun proses pembentukan biodiesel yang dihasilkan dari penambahan *obstacle* tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan metoda katalitik atau masih dibawah standar SNI dengan nilai kadar *Metil Ester* (ME) sebesar 96.5 % (w/w). Oleh sebab itu perlu eksplorasi desain *obstacle* dengan cara meningkatkan luas kontak permukaan antara minyak dan methanol. Untuk mempermudah analisa luas kontak permukaan gelembung terhadap minyak maka dilakukan dengan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Hal ini dikarenakan penggunaan CFD dalam analisis dapat menghemat biaya produksi dan mempersingkat waktu penelitian. Selain itu, metoda CFD dapat menggambarkan secara jelas bentuk gelembung dan sebaran dari gelembung di dalam reaktor, sehingga memudahkan analisis kinerja dari *obstacle* yang didesain.

Tujuan umum dari penelitian ini mempelajari pengaruh desain tipe *obstacle* di dalam kolom reaktor untuk meningkatkan laju produksi biodiesel terutama kadar *Metil Ester* (ME). Tujuan khusus dari penelitian ini adalah menganalisa perilaku gelembung dengan menentukan luas kontak permukaan antara methanol dan minyak di dalam kolom reaktor dan *gas holdup* dengan menggunakan metode CFD pada beberapa eksplorasi *obstacle* dalam kolom reaktor.

Manfaat penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi bagi khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya mengenai produksi biodiesel secara non-katalitik dalam kolom *reaktor*.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Energi, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Beberapa Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu alat produksi biodiesel non-katalitik dari rancangan Department of Global Agricultural Sciences, The University of Tokyo, Jepang, *vacum rotar evaporator*, GC-MS dilakukan di Laboratorium Forensik Mabes Polri, *software* dan komputer. *Software* yaitu *Gambit trial version*, *Ansys Fluent trial version*. Bahan yang digunakan pada proses pengujian *obstacle* yang telah dibuat pada reaktor adalah: metanol, minyak sawit, gas nitrogen, bahan lain untuk pencucian alat, dan aquades.

Prosedur Penelitian

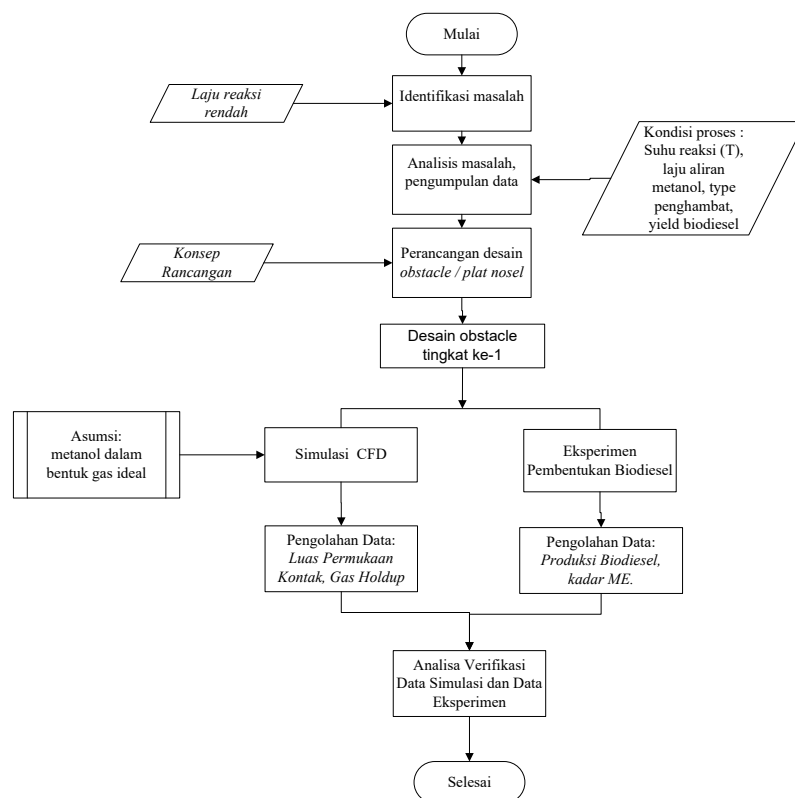
Penelitian diawali dengan perancangan *obstacle*. *Obstacle* merupakan suatu rintangan yang diberikan di dalam *kolom reaktor*, sehingga diharapkan dapat meningkatkan luas kontak permukaan gelembung didalam minyak dan *gas holdup* yang optimal agar proses kadar biodiesel yang di inginkan sesuai dengan SNI biodiesel no 723 K/10/DJE/2013 yaitu 96.5 % (Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral 2013). Diagram alir dapat diperlihatkan pada Gambar 1 menunjukan garis besar pembuatan *obstacle*, dimulai dengan perilaku gelembung dalam kolom reaktor pada alat produksi biodiesel non-katalitik.

Perancangan dan Pembuatan *Obstacle*

Obstacle yang dirancang merupakan tipe *perforated plate*. *Obstacle* difungsikan untuk meningkatkan luas kontak permukaan. Laju gas methanol dengan suhu terpanaskan yaitu sekitar 290 °C. Diharapkan memiliki luas kontak permukaan yang tinggi, sehingga laju reaksi produksi biodiesel meningkat.

Perancangan pada penelitian ini dilaksanakan beberapa tahap yaitu perancangan, pengumpulan alat dan bahan, pembuatan dan perakitan, pengamatan hasil rancangan pada simulasi CFD dan eksperimen, pengamatan, dan analisis data.

1. Tahap perancangan, meliputi pembuatan gambar detail rancangan structural *obstacle*, gambar tiga dimensi *obstacle*, penentuan ukuran, dan penentuan bahan konstruksi.
2. Tahap pembuatan dan perakitan, meliputi pembuatan *obstacle*. Selanjutnya dilakukan perakitan pada bagian sistem produksi biodiesel SMV (didalam kolom reaktor) dan kemudian dilakukan pengujian alat.
3. Tahap pengamatan, meliputi dua proses pengamatan yaitu pengamatan hasil simulasi CFD di dalam kolom reaktor dengan menggunakan perangkat lunak *software* ANSYS dan pengamatan eksperimen pada proses produksi biodiesel.

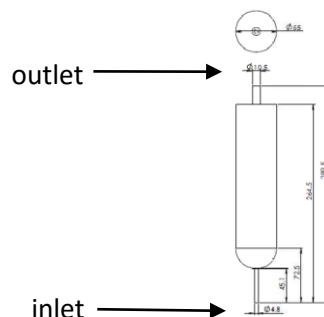


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Desain *Obstacle*

Desain dimensi *obstacle* yang dirancang merupakan penyesuaian dari perilaku gelembung dan dimensi kolom reaktor yang telah dirancang oleh *Department of Global Agricultural Sciences, University of Tokyo*, Jepang. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2. *Obstacle* dibuat dari bahan stainless steel, *obstacle* memiliki diameter 53mm, ketinggian dinding masing-masing 12 mm. Tabel 1 menunjukkan rancangan *obstacle* yang akan dikonstruksi baik di dalam *software* ANSYS maupun eksperimen. Nama-nama *obstacle*

diurutkan dari A, B, C, D dan N (*non-obstacle*) dengan pemberian nama akhir adalah 1.5 dan 4 (nama *obstacle* berakhiran 1.5 maka *obstacle* tersebut dilakukan dengan laju aliran methanol sebesar 1.5 gram/menit, dan untuk akhiran 4 dilakukan laju aliran methanol sebesar 4 gr/menit).



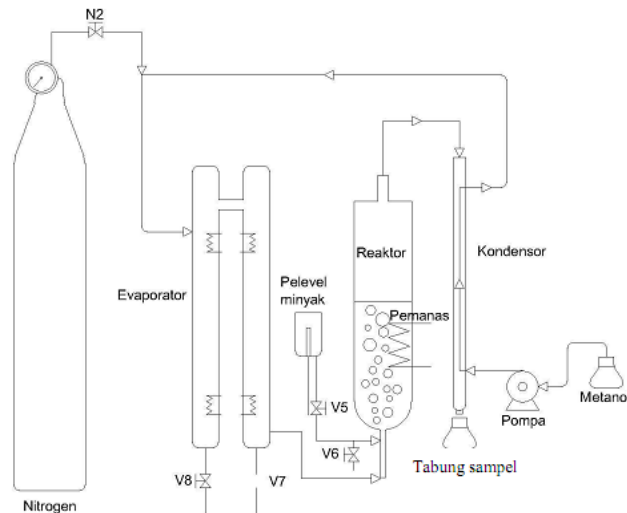
Gambar 2. Dimensi reaktor

Tabel 1. Rancangan desain *obstacle* didalam reaktor

No (Nama <i>Obstacle</i>)	Diameter lubang (mm)	Jarak antar lubang (mm)	ketinggian plat perforated (mm)	Laju metanol (gr/menit)
A 1.5	1	7	29.5	1.5
B 1.5	2	7	29.5	1.5
C 1.5	1	10	29.5	1.5
D 1.5	2	10	29.5	1.5
N 1.5	-	-	-	1.5
A 4	1	7	29.5	4
B 4	2	7	29.5	4
C 4	1	10	29.5	4
D 4	2	10	29.5	4
N 4	-	-	-	4

Eksperimen alat biodiesel non-katalitik

Eksperimen alat biodiesel non-katalitik dilakukan dengan menggunakan alat produksi biodiesel non-katalitik. Prosedur pengujian alat produksi biodiesel non-katalitik setelah pemasangan *obstacle* didalam reaktor. Proses dimulai dengan mengalirkan nitrogen, kemudian mengisi reaktor dengan *palm olein* sebanyak 200 mL. Pemanas pada *vaporizer*, *superheater*, dan reaktor dinyalakan dan dengan mengatur tegangan yang digunakan dan suhu yang diinginkan. Setelah suhu yang diinginkan tercapai pompa metanol dinyalakan dengan bukaan *stroke* sesuai dengan laju alir metanol yang diinginkan dan ketika produk sudah mulai dihasilkan, aliran gas nitrogen dihentikan. Produk yang dihasilkan ditampung dalam gelas penampung yang kemudian dilakukan pemisahan metanol yang tidak ikut bereaksi dalam produk dengan *rotary evaporator*. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3. Parameter tetap dalam proses pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Skema alat produksi biodiesel secara metoda non-katalitik.

Tabel 2. Parameter tetap yang digunakan dalam proses produksi biodiesel

No	Parameter	Nilai
1	Uap methanol suhu (°C)	290
2	Minyak sawit (g)	200
3	Suhu reaksi (°C)	290
4	Tekanan reaksi (MPa)	0.1
5	Interval waktu pengambilan sampel (jam)	5

Simulasi CFD

CFD adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika. Perangkat lunak CFD berguna untuk mensimulasikan aliran fluida, perpindahan panas, perpindahan massa, benda-benda bergerak, aliran multifasa, reaksi kimia, interaksi fluida dengan struktur, dan sistem akustik hanya dengan pemodelan di komputer (Tuakia 2008). Perangkat lunak untuk melakukan simulasi dibangun dengan *software* ANSYS FLUENT. Data input yang dibutuhkan pada *software* ini dapat diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat bahan metanol dan trigliserida pada kondisi temperature

No	Material	Temperatur (°C)	Densitas (kg/m ³)	Viskositas (Pa.det)	Tegangan permukaan (N/m)
1	Metanol	290	0.693	1.873E-05 ^[1]	
2	Trigliserida	290	807.8 ^[2]	1.32 E-05 ^[3]	0.01628 ^[4]

^[1] Teske *et al.* (2006)

^[2] Coupland *et al.* (1997)

^[3] Rabelo *et al.* (2000)

^[4] Chumpitaz *et al.* (1999)

Variabel Pengamatan dan Pengukuran

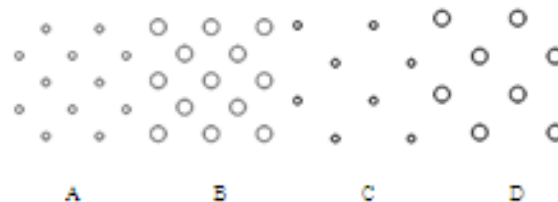
Variabel yang diamati pada tahapan eksperimen alat dan simulasi CFD adalah sebagai berikut;

1. Variabel eksperimen alat biodiesel non-katalitik adalah laju alir metanol dengan 2 laju aliran yang berbeda yaitu 1.5, dan 4 gr/menit pada suhu reaksi 290°C, sehingga didapatkan laju alir metanol terbaik yang menghasilkan kadar metil ester terbaik.
2. Variabel simulasi CFD adalah luas kontak permukaan gelembung methanol yang bersentuh dengan minyak dan gas hold-up yang berhubungan pada lamanya kontak waktu untuk menghasilkan metil ester terbaik. Untuk melihat komposisi hasil reaksi (metil ester) atau kadar metil ester dianalisis dengan alat GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) di pusat laboratorium forensik, Mabes Polri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancangan *Obstacle Perforated Plate*

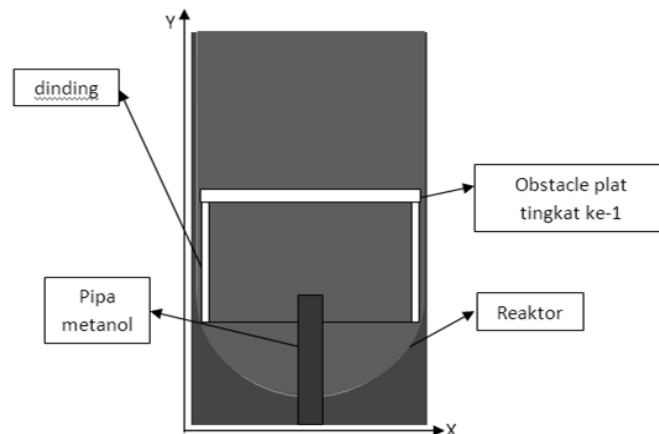
Bentuk *obstacle* yang dirancang merupakan *perforated plate*. Ukuran diameter lubang dan jarak antar lubang yang digunakan pada *plate perforated* adalah 1 mm, 2 mm untuk diameter lubang, dan jarak antar lubang adalah 7 mm dan 10 mm. Pada penelitian ini, masing-masing *obstacle* memiliki sebutan A, B, C, dan D. A memiliki ukuran diameter 1 mm dan jarak antar lubang 7 mm, B diameter 2 mm dan jarak antar lubang 7 mm, C diameter 1 mm dan jarak antar lubang 10 mm, D diameter 2 mm dan jarak antar lubang 10 mm (Gambar 3).



Gambar 3. Rancangan *perforated plate* untuk *obstacle* A, B, C, dan D

Percobaan yang dilakukan didalam reaktor ada dua perlakuan yaitu menggunakan *obstacle perforated plate*, untuk ukuran diameter pada plat memiliki selisih 2 mm terhadap ukuran diameter reaktor. Desain plat *obstacle* akan diberikan dinding dengan ketentuan ketinggian dinding ditentukan oleh bentuk ruangan didalam reaktor yang telah dirancang oleh *Department of Global Agricultural Sciences, University of Tokyo* (Gambar 4). Hal ini untuk menyesuaikan perilaku gelembung didalam reaktor. Salah satunya yaitu perilaku gelembung yang akan melewati daerah-daerah yang mudah dilewati, sehingga pada masing-masing

desain *obstacle* diberikan dinding yang dipasang pada bagian bawah plat. Fungsi lainnya agar gelembung dipaksakan melewati bagian area tengah minyak.

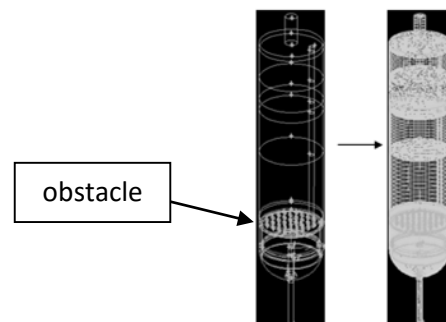


Gambar 4. Rencana desain *obstacle*

B. Simulasi CFD

Pendefinisian Domain

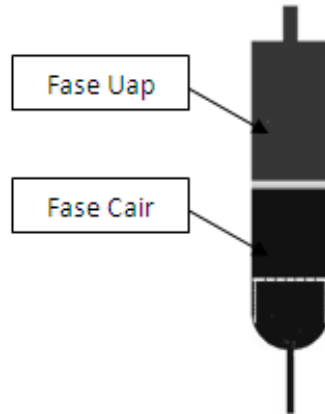
Domain dapat didefinisikan sebagai batasan ruang gerak fluida dan dihitung dalam simulasi sehingga dapat dianalisa berbagai sifat fisik dan material dari fluida yang disimulasikan. Hal ini dilakukan agar simulasi pergerakan fluida yang akan direpresentasikan dapat didefinisikan sebagai fluida yang mengalir melewati rintangan, hal ini dapat diperlihatkan pada Gambar 5. Ukuran rancangan yang dibuat sesuai dengan dimensi reaktor pada alat non-katalitik, dimana titik acuan dari dimensi domain tersebut adalah titik nol pada koordinat (x, y, z). Titik koordinat (0, 0, 0) terdapat pada titik pusat lingkaran silinder.



Gambar 5. Pendefinisian domain pada CFD.

Kondisi Awal Simulasi

Kondisi awal pada simulasi diberikan kondisi batasan 2 fase yaitu fase uap dan fase cair. Fase uap merupakan uap methanol saat suhu 290 °C, fase cair adalah minyak trigliserida, yang dapat dilihat pada Gambar 6.

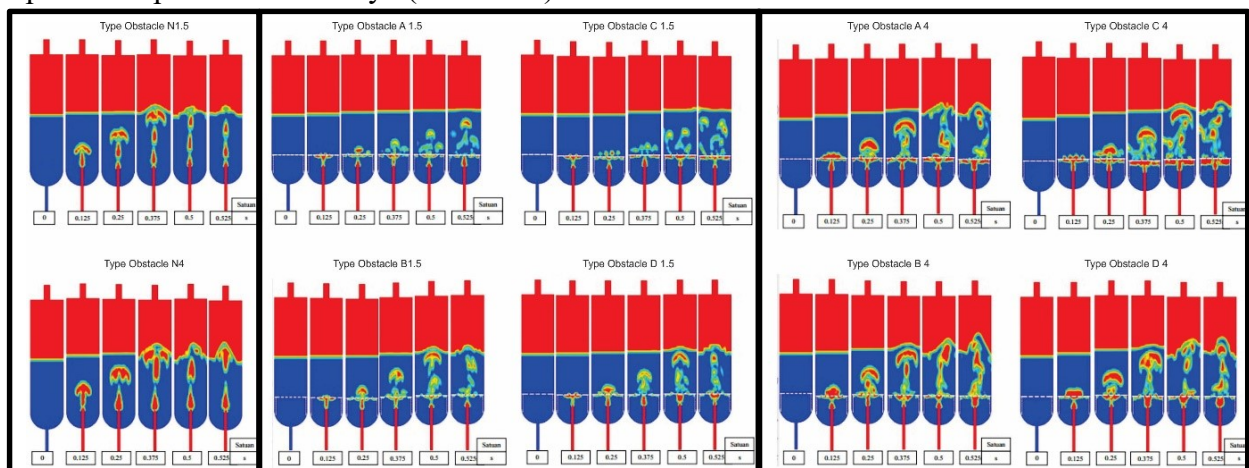


Gambar 6. Kondisi awal simulasi CFD

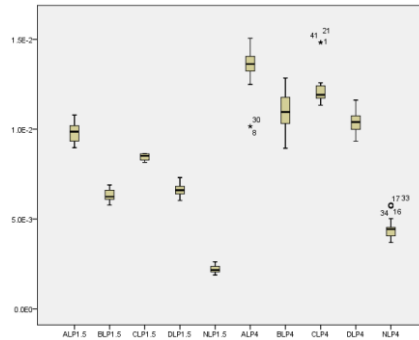
C. Hasil Simulasi

Pengaruh *Obstacle* Terhadap Luas Kontak Permukaan.

Pengaruh *obstacle* yang diberikan terhadap hasil luas kontak permukaan (LKP) dianalisis melalui simulasi CFD. Simulasi CFD yang dilakukan ada 2 keadaan yaitu simulasi tidak menggunakan *obstacle* dan menggunakan *obstacle perforated plate*, setiap tipe *obstacle* dilakukan dengan 2 kecepatan pemberian methanol yaitu 1.5 gr/menit dan 4 gr/menit. Pada simulasi dilakukan dalam waktu per 1 detik, sehingga kecepatan untuk 1.5 gr/menit dan 4 gr/menit masing-masing menjadi 1.99 m/s dan 5.32 m/s. Hasil simulasi didapatkan rata-rata luas kontak permukaan diperlihatkan pada Tabel 4, Gambar 7 dan Gambar 8. Tabel 4 menunjukkan bahwa kolom reaktor yang tidak menggunakan *obstacle* memiliki luas kontak permukaan yang lebih rendah dari pada menggunakan *obstacle*, untuk rata-rata luas kontak permukaan yang tinggi didapatkan pada *obstacle* tipe A4 dengan nilai 0.013635 (m²/det), hal ini juga dapat diperlihatkan pada Gambar 7. dimana Sebaran LKP pada A4 lebih tinggi dari pada luas permukaan lainnya (Gambar 8).



Gambar 7. Visual distribusi gelembung pada pengaruh tiap *type obstacle*



Gambar 8. Sebaran luas kontak permukaan pada pengaruh tiap *type obstacle*

Tabel 4. Rata-rata Luas Kontak Permukaan dari Simulasi CFD

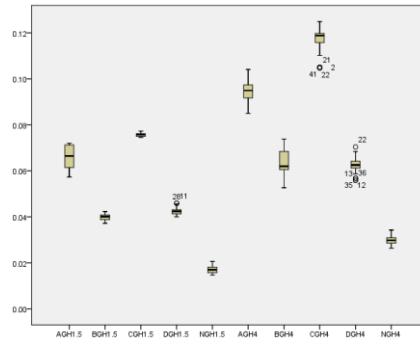
<i>Type Obstacle</i>	Rata-rata luas kontak permukaan per 1 s (m ² /det)
ALKP1.5	0.009806
BLKP1.5	0.006304
CLKP1.5	0.008423
DLKP1.5	0.006635
NLKP1.5	0.002226
ALKP4	0.013635
BLKP4	0.011038
CLKP4	0.012114
DLKP4	0.010487
NLKP4	0.004478

Gas Holdup

Gas holdup didefinisikan sebagai fraksi volume gas (V_g) di dalam aerasi penyebaran gas-cairan (V_l) (Jeng-Dar 1991) sehingga dapat dinyatakan lamanya waktu kontak gas di dalam minyak. Persamaan Gas hold up dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\epsilon_g = V_g / (V_g + V_l) \quad (1)$$

Hasil simulasi didapatkan rata-rata gas hold up hal ini dapat dilihat pada Tabel 5, Gambar 7 dan Gambar 9. Tabel 5 menunjukkan bahwa gas holdup hampir memiliki kesamaan perilaku dengan luas kontak permukaan yaitu gas hold up memiliki gas hold up yang rendah dari pada dengan menggunakan *obstacle*, untuk rata-rata gas holdup yang tinggi didapatkan pada *obstacle* tipe C4 dengan nilai 0.11762 (-). Namun penyebab gas holdup tinggi bukan diakibatkan oleh perilaku gelembung, melainkan akibat bentuk *type obstacle C* yaitu memiliki ukuran diameter lubang dan jarak antar lubang 10 mm. Akibat *type* tersebut ternyata gas metanol terhambat lebih lama dibawah *Obstacle*, dengan demikian gas *holdup* lebih tinggi dari pada yang lain hal ini dapat dilihat dari Gambar 9.



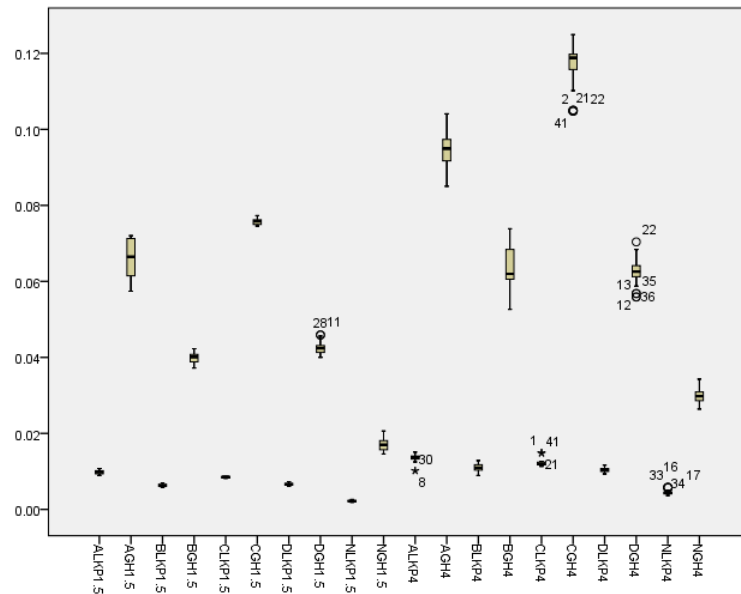
Gambar 9. Sebaran Luas Kontak Permukaan pada pengaruh tiap type obstacle

Tabel 5. Rata-rata gas *holdup* per 1 detik

Tipe <i>obstacle</i>	Rata-rata gas <i>holdup</i> (-)
AGH1.5	0.06503
BGH1.5	0.04008
CGH1.5	0.07587
DGH1.5	0.04260
NGH1.5	0.01700
AGH4	0.09513
BGH4	0.06414
CGH4	0.11762
DGH4	0.06302
NGH4	0,02989

Hubungan Sebaran antara Luas Kontak Permukaan dengan Gas *holdup*

Hubungan sebaran antara luas kontak permukaan dengan gas hold-up diperlihatkan pada Gambar 10. Gambar 10 menunjukkan bahwa sebaran gas hold-up mempengaruhi lamanya luas kontak permukaan yang berubah ubah pada perubahan waktu. Jika dilihat pada perlakuan N 1.5 dan N 4 maka diperlihatkan luas kontak permukaan lebih rendah dan gas *holdup* lebih rendah, apabila dibandingkan dengan pemberian *obstacle*. Hal ini membuktikan bahwa dengan penggunaan *obstacle*, maka luas kontak permukaan lebih tinggi sesuai dengan penelitian Yamazaki (2007) dan Wulandani (2011).



Gambar 10. Hubungan Sebaran antara Luas Kontak Permukaan dengan gas *holdup*

D. Hasil Percobaan Laboratorium

Hasil percobaan laboratorium merupakan hasil produksi kadar ME yaitu didapatkan tipe *obstacle* yang memiliki persentase kadar ME yang tinggi tipe *obstacle* D4 dengan nilai 94.55 %, namun masih belum mencapai standar SNI.

Tabel 6. Nilai hasil kadar biodiesel

Type <i>Obstacle</i>	Kadar ME (% (w/w))
A1.5	89.84
A4	67.73
B1.5	90.02
B4	70.83
C1.5	76.07
C4	74.54
D1.5	87.11
D4	94.55
N1.5	63.39
N4	80.66

E. Perbandingan Simulasi CFD terhadap Hasil Percobaan Laboratorium

Perbandingan simulasi terhadap hasil percobaan laboratorium merupakan luas kontak permukaan antara gelembung methanol dengan minyak telah diketahui bahwa hasil simulasi yang memiliki luas kontak permukaan tinggi. Hal ini didasari dari hasil penelitian Yamazaki (2007) dan Wulandani (2011) bahwa meningkatnya jumlah luas kontak permukaan gas dan cairan akan meningkatkan laju reaksi dan menyebabkan kadar ME juga akan ikut meningkat. Hal ini dapat dibuktikan dari *type N* terhadap perbedaan kecepatan laju methanol yaitu N1.5

dan N4, dimana semakin tinggi luas permukaan dan gas holdup maka ada kecenderungan meningkatkan kadar ME yaitu 63.39 %, dan 80.66 %.

Pada penelitian ini didapatkan luas kontak permukaan yang tertinggi dari beberapa type *obstacle* adalah *obstacle* A4 sebesar 0.013635 (m^2/det), namun hasil laboratorium kadar ME sebesar 67.73 % (w/w), hal ini diperlihatkan pada Tabel 6. Jika dilihat pada Tabel 6 ternyata hasil laboratorium yang memiliki kadar ME tinggi adalah *obstacle* D4 yaitu sebesar 94.55 % (w/w), dengan nilai luas kontak permukaan sebesar 0.010487 (m^2/det).

Hasil perbandingan tersebut menunjukkan, ternyata bahwa dengan meningkatnya suatu luas kontak permukaan gelembung tidak selalu menghasilkan kadar ME tinggi, dikarenakan sebaran perilaku gelembung perilaku gelembung yang kompleks terhadap perubahan waktu seperti terlihat pada Gambar 10. Hal ini didasari oleh Miura (2011) bahwa lamanya waktu kontak dan gas holdup memberikan efek negatif pada laju produksi biodiesel, dan kemudian penelitian dikembangkan oleh Solikhah (2012) bahwa ternyata tidak selamanya hasil produksi biodiesel negatif akibat peningkatan gas *hold up*/waktu kontak.

Dengan demikian penelitian ini masih perlu dikembangkan terutama untuk meningkatkan tumbukan yang menghasilkan partikel-partikel produk reaksi, sehingga kadar ME lebih tinggi sesuai dengan SNI dengan cara menggunakan dua *layer Obstacle*. Dengan dua *layer obstacle* diharapkan terjadi peningkatan luas kontak permukaan, gas holdup dan tumbukan efektif dari perilaku gelembung itu sendiri. Perilaku gelembung dinyatakan oleh Behnoosh (2009), yaitu ada korelasi positif antara kecepatan dengan diameter gelembung. Hal ini diartikan, apabila gelembung yang terjadi memiliki diameter yang besar, maka kecepatan gelembung meningkat dan sebaliknya. Dengan memanfaatkan sebaran perubahan diameter gelembung terhadap perubahan waktu didalam kolom reaktor gelembung, maka diharapkan akan terjadi tumbukan efektif lebih banyak, sehingga ada kecenderungan terjadi peningkatan kadar ME produksi.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Desain *obstacle* berdasarkan hasil simulasi menunjukkan *obstacle* A 4 memberikan nilai luas kontak permukaan tertinggi sebesar 0.013635 m^2/det , namun kadar metil ester pada *obstacle* tersebut masih rendah dari SNI yaitu 67.73 % (w/w).
2. Nilai kadar ME tertinggi hasil percobaan menunjukkan *obstacle* D 4 sebesar 94.55 % (w/w). dengan rata-rata luas kontak permukaan sebesar 0.010487 m^2/det .

3. Tinggi luas kontak permukaan menunjukkan ada kecenderungan untuk meningkatkan kadar produksi biodiesel. Namun demikian luas kontak permukaan yang tinggi tidak selalu memberikan hasil produksi kadar biodiesel yang tinggi pula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada *United Nations University* dan *Kirin leading company*, melalui program UNU-Kirin *Fellowship* (2010-2011) untuk mendukung penelitian ini dalam program penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Behnoosh M, Babakhani EG, Moghaddas JS. 2009. Experimental study of gas hold-up and bubble behavior in gas –liquid bubble column. *Petroleum & Coal* 51 (1): 27-32.
- Chumpitaz L D A, Coutinho L F, Meirelles A J A. 1999. Surface Tension of Fatty Acids and Triglycerides, *JAOCS* 76:3, 379-382.
- Coupland J N, Mc Clements. D. J. 1997. Physical Properties of Liquid Edible Oils. *JAOCS* 74:12 1559-1564.
- Jeng-Dar, Yang, Nam Sun Wang. 1991. Local Gas Hold up Measurement in Aerated Agitated Bioreactors. *Biotechnology Techniques* 5 (5): 349-354.
- Joelianingsih. 2008. Biodiesel Production from Palm Oil in A Bubble Column Reactor By Non-catalytic Process. The Graduate School. Bogor: Bogor Agricultural University.
- Krishna R J M. Van Baten M I, Urseanu, J Ellenberger. 2001. A Scale up Strategy of Bubble Column Slurry Reactors. *Catalysis Today*, 66: 199-207.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. 2008. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 723. 2013. Tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain. Jakarta: Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Miura T. 2011. CFD analysis of superheated methanol vapor method reactor for biodiesel fuel production. Master Thesis (in Japanese). Tokyo, Japan: The University of Tokyo.
- Rabelo J, E Batista, F V W Cavaleri and Meirelles, A J A. (2000) Viscosity prediction for fatty system. *JAOCS*. 77:12, 1255-1262
- Solikhah M D. 2012. Study on The Performance of Bubble Column Reactor For Biodiesel Fuel Production Using CFD Simulation. Japan: Tokyo Department of Global Agricultural Science.
- Sustainable Energy and Advanced Materials, solo.

- Teske V, Vogel E. 2006. Viscosity measurements on Methanol vapor and their evaluation
Chem. Eng. Data 51: 628-635.
- Tuakia F. 2008. Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent. Bandung: Informatika Bandung.
- Wulandani D. 2011. CFD Analysis of Bubble Column Distribution in Non-Catalytic Reactor
for Production of Biodiesel Fuel. International Conference and Exhibition on
- Yamazaki R, Iwamoto S, Nabetani H, Osakada K, Miyawaki O, Sagara Y. 2007. Non
catalytic alcoholysis of oils for biodiesel fuel production by semi-batch process. Jpn J
Food Eng. 8:11-19.