

ANALISIS LAJU ALIRAN RESIRKULASI TERHADAP PRODUKSI BIODIESEL NON-KATALITIK PADA BUBBLE COLUMN REACTOR SKALA PILOT

MONIQA



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Laju Aliran Resirkulasi Terhadap Produksi Biodiesel Non-Katalitik Pada *Bubble column reactor* Skala Pilot” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

MONIKA
F1401221077



ABSTRAK

MONIQA. Analisis Laju Aliran Resirkulasi Terhadap Produksi Biodiesel Non-Katalitik Pada *Bubble column reactor* Skala Pilot. Dibimbing oleh DYAH WULANDANI.

Produksi biodiesel non-katalitik menggunakan *bubble column reactor* (BCR) merupakan alternatif teknologi yang berpotensi meningkatkan efisiensi proses tanpa penggunaan katalis, namun keberhasilannya sangat dipengaruhi oleh karakteristik aliran fluida di dalam reaktor. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh laju aliran resirkulasi terhadap performa produksi biodiesel non-katalitik serta menentukan laju aliran resirkulasi optimum pada BCR skala pilot. Penelitian menggunakan *palm fatty acid distillate* (PFAD) sebagai bahan baku dan *superheated methanol vapor* sebagai pereaksi, dengan variasi laju aliran resirkulasi 0,8 m/s, 1,0 m/s, 1,2 m/s dan 1,4 m/s, serta menganalisis karakteristik hidrodinamika, yield, massa dan laju produksi biodiesel, kadar *free fatty acid* (FFA), estimasi *fatty acid methyl ester* (FAME), konversi, kebutuhan daya, dan konsumsi energi. Peningkatan laju aliran resirkulasi meningkatkan debit aliran, kecepatan aliran, dan bilangan Reynolds sehingga mendukung perpindahan massa antara uap metanol dan PFAD. Berdasarkan aspek kuantitas produksi, laju aliran resirkulasi 1,2 m/s memberikan hasil terbaik dengan yield sebesar 53,33%, estimasi massa biodiesel sebesar 1.097,39 gram, laju produksi biodiesel maksimum sebesar 7,03 gram per menit, dan estimasi massa FAME sebesar 938,37 gram. Sementara itu, berdasarkan aspek kualitas biodiesel, laju aliran resirkulasi 1 m/s menghasilkan massa FFA terendah sebesar 109,74 gram (kadar FFA 12,63%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju aliran resirkulasi memengaruhi kuantitas dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Kata kunci: biodiesel, *bubble column reactor*, laju aliran resirkulasi, *palm fatty acid distillate*, *superheated methanol vapor*



ABSTRACT

MONIQA. Analysis of Recirculation Flow Velocity on Non-Catalytic Biodiesel Production in a Pilot-Scale Bubble Column Reactor. Supervised by DYAH WULANDANI.

Non-catalytic biodiesel production using a bubble column reactor (BCR) is a promising alternative technology to improve process efficiency without the use of catalysts. However, its performance is strongly influenced by the hydrodynamic characteristics within the reactor. This study aimed to analyze the effect of recirculation flow velocity on the performance of non-catalytic biodiesel production and to determine the optimum recirculation flow velocity in a pilot-scale BCR. Palm fatty acid distillate (PFAD) was used as the feedstock, while superheated methanol vapor served as the reactant. Four recirculation flow velocities were evaluated, namely 0.8, 1.0, 1.2, and 1.4 m/s. The study analyzed hydrodynamic characteristics, biodiesel yield, biodiesel mass and production rate, free fatty acid (FFA) content, estimated fatty acid methyl ester (FAME) mass, conversion, power requirement, and energy consumption. Increasing the recirculation flow velocity increased the volumetric flow rate, flow velocity, and Reynolds number, thereby enhancing mass transfer between superheated methanol vapor and PFAD. Based on biodiesel production quantity, the recirculation flow velocity of 1.2 m/s provided the best performance, yielding a biodiesel yield of 53.33%, an estimated biodiesel mass of 1,097.39 g, a maximum biodiesel production rate of 7.03 g min⁻¹, and an estimated FAME mass of 938.37 g. In terms of biodiesel quality, the recirculation flow velocity of 1.0 m/s resulted in the lowest residual FFA mass of 109.74 g (FFA levels of 12.63%). The results demonstrate that recirculation flow velocity significantly affects both the quantity and quality of biodiesel produced.

Keywords: biodiesel, bubble column reactor, palm fatty acid distillate, recirculation pump frequency, superheated methanol vapor



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS LAJU ALIRAN RESIRKULASI TERHADAP PRODUKSI BIODIESEL NON-KATALITIK PADA *BUBBLE* *COLUMN REACTOR* SKALA PILOT

MONIQA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Maharani Dewi Solikhah, S.T, M.Sc
- 2 Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P, M.Si



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Analisis Laju Aliran Resirkulasi Terhadap Produksi Biodiesel
Non-Katalitik Pada *Bubble Column Reactor* Skala Pilot

Nama : MONIQA
NIM : F1401221077

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si
NIP 196804191994032001



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr.
NIP 196304251989031001

Tanggal Ujian:
06 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia, penyertaan, dan berkat-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Uji performasi reaktor yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Juli 2026 ini, dengan judul “Analisis Laju Aliran Resirkulasi Terhadap Produksi Biodiesel Non-Katalitik Pada *Bubble Column Reactor* Skala Pilot”.

Perjalanan dalam menyelesaikan karya ilmiah ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa kehadiran berbagai pihak yang telah memberikan ilmu, arahan, dukungan, doa, serta semangat di setiap prosesnya. Dengan penuh rasa syukur dan hormat, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan saran yang diberikan selama penelitian dan penyelesaian tugas akhir.
2. Dr. Maharani Dewi Solikhah S.T, M.Sc dan Dr. Leopold Oscar Nelwan S.T.P, M.Si selaku dosen penguji, serta Dr. Radite Praeko Agus Setiawan selaku dosen moderator selama sidang berlangsung.
3. Keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta ketulusan dalam membimbing dan mendampingi penulis
4. Dr. Maharani Dewi Solikhah, S.T., M.Sc., Romelan, S.T., dan Dr. Ir. Soni Solistia Wirawan, M.Eng. dari Kelompok Riset Pengembangan dan Pemanfaatan Biofuel, Pusat riset Teknologi Bahan Bakar, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), serta Meta Dewi Diaztuti, S.T. dan Ari Basuki, A.Md. selaku staf laboratorium, yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta bantuan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian, pengambilan data, hingga penyelesaian penelitian ini.
5. Sahabat maupun rekan seperjuangan, Safira, Annasa, Aurel, Epa, Juna, Grace, Zessica, Azifa, Yoga, Fatma, Bang Fadli, Annisa, dan Laras yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, serta menjadi teman berbagi selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
6. Rekan dan kakak tingkat seperbimbingan, Meike, Nazriel, Alvian, Bang Deo, Bang Rizky, dan Kak Najma yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
7. Keluarga Vermilion 59, atas kebersamaan yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik selama menempuh pendidikan
8. Seluruh keluarga dan teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Bogor, 01 Agustus 2026

Moniqa



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Produksi Biodiesel	3
2.2 <i>Palm fatty acid distillate</i> (PFAD)	3
2.3 <i>Bubble Column Reactor</i>	4
2.4 Superheated Methanol Vapor	5
2.5 Fine Bubble	6
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	9
3.4 Analisis Data	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 <i>Bubble Column Reactor</i>	18
4.2 Analisis Hasil Biodiesel	21
4.3 Analisis Kebutuhan Energi	30
V SIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	57



DAFTAR TABEL

1	Komposisi PFAD (Posada <i>et al.</i> 2007 dalam Mardaweni 2017)	4
2	Spesifikasi alat	8
3	Bilangan reynolds pada berbagai laju aliran	20
4	Sampel sebelum evaporasi	22
5	Sampel sesudah evaporasi	23
6	Keterangan sampel gambar 9	24
7	Massa hasil produksi biodiesel	25
8	Persentase kadar FFA	28
9	Massa FFA pada setiap variasi laju aliran	28
10	Massa dan Yield FAME pada produk biodiesel	29
11	Konversi biodiesel pada berbagai laju aliran resirkulasi	30
12	Total daya pada berbagai variasi laju aliran	31
13	Konsumsi energi listrik sistem pada berbagai variasi laju aliran resirkulasi	32
14	Distribusi konsumsi energi listrik setiap komponen	32

DAFTAR GAMBAR

1	Skema <i>bubble column reactor</i> (Mahmood <i>et al.</i> 2024)	5
2	Kategori bubble (ISO 20480-1 2017)	6
3	Prosedur penelitian	9
4	Diagram alir uji performa	11
5	Skematik dan alur kerja bubble column reaktor	12
6	<i>Bubble column reactor</i> (BCR) skala pilot yang terdiri atas (a) pompa metanol, (b) evaporator dan superheater, (c) <i>bubble column reactor</i> , (d) pompa resirkulasi, (e) kondensor dan corong pisah.	18
7	Nozzle fine bubble	19
8	Pengaruh laju aliran resirkulasi terhadap yield	21
9	Visualisasi sampel biodiesel setelah proses evaporasi pada setiap variasi laju aliran resirkulasi (a) 0,8 m/s; (b) 1 m/s; (c) 1,2 m/s; (d) 1,4 m/s	24
10	Perubahan laju produksi biodiesel pada berbagai laju aliran	26
11	Grafik penurunan kadar FFA biodiesel	27
12	Diagram lingkaran persentase penggunaan energi	33



DAFTAR LAMPIRAN

1	Data yield pada setiap ulangan	39
2	Perhitungan bilangan Reynolds	40
3	Data massa sampel sebelum dan sesudah evaporasi	41
4	Estimasi massa dan laju produksi Biodiesel	44
5	Hasil analisis laboratorium persentase FFA	47
6	Massa FFA	50
7	Massa FAME	52
8	Konversi	54
9	Data arus, tegangan dan daya	55
10	Data dan perhitungan energi	57