

UJI KINERJA MODIFIKASI REAKTOR BIODIESEL NON-KATALITIK DENGAN APLIKASI *NOZZLE FINE BUBBLE*

RIZKY ADI PRASETYO



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

- 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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Uji Kinerja Modifikasi Reaktor Biodiesel Non-Katalitik dengan Aplikasi *Nozzle Fine Bubble*” 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 2025

Rizky Adi Prasetyo

F1401211026

ABSTRAK

RIZKY ADI PRASETYO. Uji Kinerja Modifikasi Reaktor Biodiesel Non-Katalitik dengan Aplikasi *Nozzle Fine Bubble*. Dibimbing oleh Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si.

Pengembangan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif dilakukan dengan metode non-katalitik *Superheated Methanol Vapor* (SMV) pada *bubble column reactor* yang diterapkan *nozzle fine bubble* dengan kondisi operasi suhu 225°C dan laju aliran 4 gram/menit. Penelitian ini bertujuan menguji performa reaktor hasil modifikasi, menganalisis aliran fluida reaktor, serta menghitung kebutuhan daya dan energi reaktor. Modifikasi dilakukan dengan penambahan *nozzle fine bubble* dan sistem sirkulasi reaktan pada reaktor. Setelah modifikasi, diperoleh hasil biodiesel sebesar 304,11 gram dengan konversi sebesar 95,19% dan *yield* sebesar 60,39%. Daya yang dibutuhkan sebesar 2461,69 W dan energi yang dibutuhkan sebesar 10749,14 Wh. Pengujian aliran fluida *bubble column reactor* dilakukan menggunakan biodiesel B100 pada berbagai suhu dan frekuensi pompa. Semakin besar suhu, nilai densitas dan viskositas fluida akan menurun, sehingga kenaikan suhu menyebabkan penurunan nilai laju aliran, debit, dan kecepatan aliran. Pada kondisi suhu yang sama, semakin besar frekuensi pompa, nilai laju aliran, debit, kecepatan aliran, dan bilangan Reynolds yang dihasilkan akan semakin besar. Penggunaan *nozzle fine bubble* pada kombinasi suhu dan laju aliran berhasil membuktikan bahwa modifikasi reaktor memberikan peningkatan konversi biodiesel sebesar 41,16% namun diiringi dengan kenaikan konsumsi daya sebesar 68,40% dan energi sebesar 33,06%.

Kata kunci: biodiesel, *bubble column reactor*, *fine bubble*, modifikasi, *nozzle*



ABSTRACT

RIZKY ADI PRASETYO. Performance Test of Non-Catalytic Biodiesel Reactor Modification with Fine Bubble Nozzle Application. Supervised by Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si.

The development of biodiesel as an alternative fuel was carried out using the non-catalytic Superheated Methanol Vapor (SMV) method in a bubble column reactor that applied a fine bubble nozzle with operating conditions of 225°C and a flow rate of 4 grams/minute. This study aims to test the performance of the modified reactor, analyze the reactor fluid flow, and calculate the power and energy requirements of the reactor. Modifications were made by adding a fine bubble nozzle and a reactant circulation system to the reactor. After modification, a biodiesel yield of 304.11 grams was obtained with a conversion of 95.19% and a yield of 60.39%. The power required was 2461.69 W and the energy required was 10749.14 Wh. The bubble column reactor fluid flow test was carried out using B100 biodiesel at various temperatures and pump frequencies. The higher the temperature, the lower the density and viscosity of the fluid, so that an increase in temperature causes a decrease in the value of the flow rate, discharge, and flow velocity. At the same temperature, the higher the pump frequency, the greater the resulting flow rate, discharge, flow velocity, and Reynolds number. The use of a fine bubble nozzle at a combination of temperature and flow rate successfully proved that the reactor modification provided a 41.16% increase in biodiesel conversion but was accompanied by a 68.40% increase in power consumption and 33.06% increase in energy.

Keywords: biodiesel, bubble column reactor, fine bubble, modification, nozzle

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 2025
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.

UJI KINERJA MODIFIKASI REAKTOR BIODIESEL NON-KATALITIK DENGAN APLIKASI *NOZZLE FINE BUBBLE*

RIZKY ADI PRASETYO

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

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- 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 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Lilis Sucahyo, S. TP., M.Si
- 2 Dr. Ir. Soni Solistia Wirawan, M. Eng



Judul Skripsi : Uji Kinerja Modifikasi Reaktor Biodiesel Non-Katalitik dengan Aplikasi *Nozzle Fine Bubble*

Nama : Rizky Adi Prasetyo
NIM : F1401211026

@Hak cipta milik IPB University

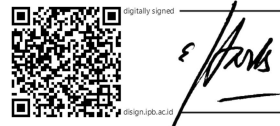
Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si
NIP. 19680419994032001



Diketahui oleh

Ketua Departemen
Teknik Mesin dan Biosistem:
Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc. Agr
NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian:
(06 Agustus 2025)

Tanggal Lulus:
(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)

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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dengan judul “Uji Kinerja Modifikasi Reaktor Biodiesel Non-Katalitik dengan Aplikasi *Nozzle Fine Bubble*” berhasil diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan Tugas Akhir pada program Strata-1 Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si selaku dosen pembimbing utama atas bimbingan, ilmu, dan saran yang diberikan selama penelitian dan penyelesaian tugas akhir.
2. Pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing atas perhatian dan masukkan yang berharga.
3. Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) yang kini menjadi Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP) yang telah mendanai penelitian ini.
4. 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 Konversi dan Konservasi Energi, Badan Riset dan Inovasi Nasional.
5. Staf laboratorium Meta Dewi Diaztuti, S.T., dan teknisi elektro Pak Ari Basuki A.Md, atas bimbingan dan masukkan selama melakukan penelitian.
6. Panutan dan pintu surgaku, Ibunda Euis Komala Sari, atas segala kasih sayang, dukungan yang tiada akhir kepada penulis selama menjalani kehidupan perkuliahan.
7. Adikku tercinta, Julyan Rakha Assaid, Razky Tanvir Sachio, Jiyyan Isshaka Arrasyid.
8. Teman yang selalu kebersamai Fauzan Alif, Deo, Yusuf, Nawal, Fahri, Michael, Bangkit, Alfani, dan teman satu bimbingan.
9. Rekan dan keluarga besar RESONANCE 58.
10. Seluruh pihak yang terlibat dan membantu penulis.

Semoga karya ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri pribadi ataupun masyarakat pada umumnya

Bogor, 06 Agustus 2025

Rizky Adi Prasetyo



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Biodiesel	3
2.2 Produksi Biodiesel Non-Katalitik	3
2.3 <i>Bubble Column Reactor</i>	4
2.4 <i>Fine Bubble</i>	5
2.5 <i>Nozzle</i>	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	8
3.4 Analisis Data	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Analisis Reaktor Sebelum dan Setelah Modifikasi	13
4.2 Analisis Sistem Aliran Fluida	20
4.3 Analisis Kebutuhan Daya dan Energi	25
4.4 Hasil Biodiesel	27
V SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	44

DAFTAR TABEL

1	Analisis fungsional komponen sebelum modifikasi	14
2	Analisis fungsional komponen setelah modifikasi	16
3	Perbandingan daya dan energi sebelum dan setelah modifikasi	18
4	Perbandingan hasil biodiesel sebelum dan setelah modifikasi 200°C dan laju aliran 4 gram/menit	19
5	Laju aliran pada berbagai suhu dan frekuensi	22
6	Debit aliran pada berbagai suhu dan frekuensi	22
7	Kecepatan aliran pada berbagai suhu dan frekuensi	23
8	Densitas dan viskositas kinematik biodiesel pada berbagai suhu	23
9	Bilangan Reynolds pada berbagai suhu	24
10	Total daya pada suhu 50°C, 150°C, dan 225°C	25
11	Total energi pada suhu 50°C, 150°C, dan 225°C	26
12	Total kebutuhan energi	26
13	Hasil massa, konversi, dan <i>yield</i> biodiesel	27

DAFTAR GAMBAR

1	Skematik <i>bubble column reactor</i>	4
2	Perbandingan ukuran <i>fine bubble</i> dengan <i>bubble</i> biasa	5
3	Skematik <i>nozzle</i>	6
4	Diagram alir prosedur kerja	8
5	Diagram alir uji performa	9
6	Skematik pengukuran daya dan energi listrik	11
7	Skematik <i>bubble column reactor</i> sebelum dimodifikasi <i>nozzle fine bubble</i>	13
8	<i>Nozzle</i> sebelum dimodifikasi	14
9	<i>Bubble column reactor</i> sebelum dimodifikasi <i>nozzle fine bubble</i>	15
10	Skematik <i>bubble column reactor</i> setelah dimodifikasi <i>nozzle fine bubble</i>	15
11	<i>Nozzle</i> setelah dimodifikasi	16
12	<i>Bubble column reactor</i> setelah dimodifikasi <i>nozzle fine bubble</i>	17
13	Pompa sirkulasi	17
14	Diagram alir mekanisme aliran fluida	20
15	Skematik aliran fluida	20
16	Hasil biodiesel suhu 225°C dan laju aliran 4 gr/menit	27



DAFTAR LAMPIRAN

1	Komponen <i>bubble column reactor</i> dengan <i>nozzle fine bubble</i>	32
2	Gambar teknik tampilan luar <i>nozzle</i> sebelum dimodifikasi	33
3	Gambar teknik tampilan luar <i>nozzle</i> setelah dimodifikasi	34
4	Hasil perhitungan daya dan energi	35
5	Grafik tegangan, arus, daya, dan energi masing-masing komponen	36
6	Grafik data laju, debit, kecepatan aliran, dan bilangan Reynolds	41
7	Dokumentasi penelitian	43

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.

DAFTAR NOTASI

CPO	= <i>Crude palm oil</i>
FFA	= <i>Free fatty acid</i>
LPM	= Liter per menit
PFAD	= <i>Palm fatty acid distillate</i>
SMV	= <i>Superheated methanol vapor</i>
SCM	= <i>Supercritical methanol</i>
A	= Luas penampang (m^2)
d	= Diameter pipa (m)
E	= Energi listrik (Wh)
I	= Arus (Ampere)
kPa	= Kilo pascal
kWh	= <i>Kilowatt-hour</i>
MJ	= Mega joule
P	= Daya (W)
Q	= Debit aliran (m^3/s)
Re	= Reynolds number
T	= Waktu (jam)
V	= Volt
W	= Watt
Wh	= <i>Watt hour</i>
μ	= Viskositas dinamis (Kg/m.s)
v	= Kecepatan aliran (m/s)
ν	= Viskositas kinematik (m^2/s)

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.