

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH
VARIASI KECEPATAN UDARA
TERHADAP KARAKTERISTIK API DAN
KINERJA PEMBAKARAN PADA BURNER
JINIL-JL26D BERBAHAN BAKAR B40
DAN B100 DENGAN ADITIF BUTANOL



Disusun Oleh:

Andre Rifqi Rizqullah

21036010024

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2025

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP KARAKTERISTIK API DAN KINERJA PEMBAKARAN PADA BURNER JINIL-JL26D BERBAHAN BAKAR B40 DAN B100 DENGAN ADITIF BUTANOL

Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata
Satu Dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas
Teknik Dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Oleh:

Nama : Andre Rifqi Rizqullah
NPM : 21036010024
Konsentrasi : Konversi Energi

Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Hari/Tanggal: Kamis, 24 Juli 2025

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji :

1.


Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NIP. 19940311 202506 2 005

Dosen Pembimbing


Williandi Saputro, S.T., M.Eng.
NIP. 19940726 202406 1 002

2.


Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T.
NIP. 19910114 202506 2 005

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


Dr. T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur




Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001

a.n Wladek I



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Andre Rifqi Rizqullah

NPM : 21036010024

Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknologi Pangan /
Teknik Lingkungan / Teknik Sipil / Teknik Mesin

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA-RENCANA (DESAIN) / SEMINAR~~
~~PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode V, TA. 2024/2025.

Dengan judul : STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KECEPATAN
UDARA TERHADAP KARAKTERISTIK API DAN KINERJA
PEMBAKARAN PADA BURNER JINIL-JL 26D BERBAHAN
BAKAR B40 DAN B100 DENGAN ADITIF BUTANOL

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

()

2. Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT

()

Surabaya, 25 Juli 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Wiliandi Saputro, S. T., M.Eng.
NIP. 19940726 2020406 1 002

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andre Rifqi Rizqullah
NPM : 21036010024
Fakultas/Program Studi : Teknik & Sains / Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Kecepatan Udara terhadap Karakteristik Api dan Kinerja Pembakaran Pada Burner JINIL JL-26D Berbahan Bakar B40 dan B100 dengan Aditif Butanol

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Hasil karya saya ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan mencantumkan dalam daftar Pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 25 Juli 2025

Yang menyatakan,



Andre Rifqi Rizqullah

NPM. 21036010024

KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang diberikan, sehingga proposal skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan skripsi ini, kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN "Veteran" Jawa Timur.
2. Ibu Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin UPN "Veteran" Jawa Timur.
3. Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberi ilmu, arahan, saran, nasihat, dan semangat kepada penulis.
4. Ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S., selaku Dosen Penguji I sidang skripsi ini.
5. Ibu Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T., selaku Dosen Penguji II sidang skripsi ini.
6. Orang tua yang sangat penulis cintai, yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberi kasih sayang kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah dikatakan sempurna. Untuk itu, penulis dengan sangat terbuka menerima kritik dan saran dari pembaca sekalian. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk kita semua.

Surabaya, 15 Juli 2025

Andre Rifqi Rizqullah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 <i>Boiler</i>	7
2.2.1 <i>Oil Burner</i>	9
2.3 Pembakaran	10
2.3.1 Pembakaran Dalam	13
2.3.2 Pembakaran Luar.....	15
2.4 Bahan Bakar	17

2.4.1	Biodiesel.....	17
2.4.1.1	B40	21
2.4.1.2	B100	22
2.4.1.3	N-Butanol.....	23
2.5	Karakteristik Nyala Api.....	25
2.6	Kinerja Pembakaran	26
2.6.1	Efisiensi Termal.....	26
2.6.2	Total Energi	28
2.7	Hipotesis.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....		30
3.1	Lokasi Penelitian	30
3.2	Diagram Alir.....	30
3.3	Variabel Penelitian.....	30
3.4	Skema Penelitian	32
3.4.1	Alat.....	32
3.4.2	Bahan.....	39
3.5	Kondisi Eksperimen	40
3.6	Metode Pengambilan Data	40
3.6.1	Persiapan dan Set Up Alat.....	40
3.6.2	Testing dan kalibrasi pra-operasi.....	41
3.6.3	Pengambilan Data	41
3.6.3.1	Karakteristik Api	42
3.6.3.2	Kinerja Pembakaran	42
3.6.3.3	Emisi.....	42
3.7	Pengulangan dan Analisis Data	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Karakteristik Api	43
4.1.1 Panjang dan Lebar api	43
4.1.2 Intensitas Cahaya.....	45
4.1.3 Visual Api.....	47
4.2 Kinerja Pembakaran	49
4.2.1 Temperatur api.....	49
4.2.1.1 Temperatur 1 (T_1)	49
4.2.1.2 Temperatur 2 (T_2)	51
4.2.1.3 Temperatur 3 (T_3)	52
4.2.1.4 Temperatur 4 (T_4)	54
4.2.1.5 Temperatur 5 (T_5)	56
4.2.1.6 Temperatur 6 (T_6)	57
4.2.2 Efisiensi Termal.....	59
4.2.3 Total Energi	61
4.2.4 <i>Air Fuel Ratio</i>	62
4.3 Emisi Gas Buang	64
4.3.1 Karbon Monoksida (CO).....	64
4.3.2 Karbon Dioksida (CO_2).....	66
4.3.3 Hidrokarbon (HC)	67
4.3.4 Oksigen (O_2).....	69
4.3.5 Opasitas Asap	71
4.4 Hubungan Efisiensi Termal dengan Emisi yang dihasilkan.....	72
BAB V KESIMPULAN	76
5.1 Kesimpulan.....	76

5.2	Saran.....	77
	DAFTAR PUSTAKA.....	78
	LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Parameter Utama Karakteristik Biodiesel	21
Tabel 2.2 Karakteristik B40	22
Tabel 2.3 Karakteristik Bahan Bakar B100.....	23
Tabel 2.4 Karakteristik n-Butanol	24
Tabel 3.1 Variabel Bebas	31
Tabel 3.2 Variabel Kontrol	31
Tabel 3.3 Variabel Terikat	32
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Oil Burner</i>	33
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Pressure Gauge</i>	34
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Anemometer</i>	34
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Thermocouple</i>	35
Tabel 3.8 Spesifikasi Kamera DSLR	36
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>Thermal Camera</i>	37
Tabel 3.10 Spesifikasi <i>Data Logger</i>	37
Tabel 3.11 Kondisi Eksperimen	40
Tabel 4.1 Visual api dengan variasi bahan bakar pada kecepatan udara yang berbeda	47
Tabel 4.2 Kontur Api dengan Variasi Bahan Bakar pada Kecepatan Udara yang Berbeda	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Water Tube Boiler</i>	7
Gambar 2.2 <i>Fire Tube Boiler</i>	9
Gambar 2.3 Segitiga Pembakaran	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Skema Penelitian	32
Gambar 3.3 Jinil-JL26D.....	33
Gambar 3.4 <i>Pressure Gauge</i>	34
Gambar 3.5 <i>Anemometer</i>	35
Gambar 3.6 <i>Thermocouple</i> Tipe K.....	35
Gambar 3.7 Kamera DSLR.....	36
Gambar 3.8 <i>Thermal Camera</i>	37
Gambar 3.10 <i>Data Logger</i>	38
Gambar 3.11 BrainBee AGS-688.....	38
Gambar 3.12 BrainBee <i>Smoke Opacity Meter</i> OPA-300	39
Gambar 4.1 Hubungan Panjang Api Terhadap Kecepatan Udara	43
Gambar 4.2 Hubungan Lebar Api terhadap Kecepatan Udara.....	44
Gambar 4.3 Hubungan Intensitas Cahaya terhadap Kecepatan Udara	45
Gambar 4.4 Distribusi Temperatur pada Termokopel 1 (150 mm)	49
Gambar 4.5 Distribusi Temperatur pada Termokopel 2 (300 mm)	51
Gambar 4.6 Distribusi Temperatur pada Termokopel 3 (450 mm)	53
Gambar 4.7 Distribusi Temperatur pada Termokopel 4 (600 mm)	54
Gambar 4.8 Distribusi Temperatur pada Termokopel 5 (750 mm)	56
Gambar 4.9 Distribusi Temperatur pada Termokopel 6 (900 mm)	58
Gambar 4.10 Hubungan Efisiensi Termal terhadap Kecepatan Udara	60
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Total Energi yang Dihasilkan	61
Gambar 4.12 Hubungan Air Fuel Ratio terhadap Kecepatan Udara.....	63
Gambar 4.13 Hubungan Emisi CO terhadap Kecepatan Udara.....	65
Gambar 4.14 Hubungan Emisi CO ₂ terhadap Kecepatan Udara.....	66
Gambar 4.15 Hubungan Emisi Hidrokarbon terhadap Kecepatan Udara	68

Gambar 4.16 Hubungan Emisi Oksigen terhadap Kecepatan Udara	69
Gambar 4.17 Hubungan Opasitas Asap terhadap Kecepatan Udara	71
Gambar 4.18 Hubungan Efisiensi Termal dengan Emisi	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar data karakteristik api	83
Lampiran 2 Lembar data temperatur api	84
Lampiran 3 Lembar data Efisiensi	78
Lampiran 4 Lembar data emisi gas buang	80
Lampiran 5 Proses pengambilan data	81
Lampiran 6 Biodata mahasiswa	82

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$\dot{m}_{Total}$	Laju aliran massa udara dan bahan bakar	kg/jam
h_{RP}	Entalpi pembakaran	kJ/kg
$\dot{m}_f$	Laju aliran massa bahan bakar	kg/jam
η_{Burner}	Efisiensi burner	%
$P_{Bahan\ Bakar}$	Daya bahan bakar	kW
LHV_f	<i>Low Heating Value</i>	kJ/kg
$\dot{m}_{udara}$	Laju aliran massa udara	kg/s
$\dot{m}$	Laju aliran massa	kg/s
ρ	Densitas	kg/m ³
v	Kecepatan aliran	m/s
A	Luas penampang	m ²

ABSTRAK

Kebutuhan energi global yang terus meningkat mendorong berbagai negara untuk mencari energi alternatif bahan bakar fosil. Salah satu solusi adalah penggunaan bahan bakar terbarukan seperti biodiesel, serta campurannya dengan aditif. Penelitian ini menginvestigasi pengaruh kecepatan udara dan komposisi bahan bakar (B40, B100, B40+20% n-butanol, B100+20% n-butanol) terhadap karakteristik api, kinerja pembakaran, dan emisi gas buang pada *burner* JINIL-JL26D. Peningkatan kecepatan udara secara signifikan mengurangi panjang, lebar, dan intensitas cahaya api akibat peningkatan pencampuran dan pendinginan konvektif. Distribusi temperatur api menunjukkan profil puncak pada kecepatan udara menengah. Efisiensi termal meningkat hingga optimum dan total energi meningkat konsisten dengan kecepatan udara. Emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon tak terbakar (HC), dan opasitas asap menurun drastis dengan peningkatan kecepatan udara. Bahan bakar berbutanol menghasilkan emisi polutan lebih rendah dan konsumsi O₂ lebih efisien karena kandungan oksigen intrinsiknya, meskipun dengan temperatur puncak dan efisiensi termal yang sedikit lebih rendah. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting untuk optimasi desain *burner* dan formulasi bahan bakar alternatif yang lebih bersih.

Kata kunci: Energi Alternatif, Biodiesel, n-Butanol, Karakteristik Api, Kinerja Pembakaran, Emisi Gas Buang.

ABSTRACT

The continuously increasing global energy demand has driven many countries to seek alternatives to fossil fuels. One potential solution is the use of renewable fuels such as biodiesel and its blends with additives. This study investigates the effect of air velocity and fuel composition (B40, B100, B40 + 20% n-butanol, B100 + 20% n-butanol) on flame characteristics, combustion performance, and exhaust emissions in a JINIL-JL26D burner. Increasing air velocity significantly reduces flame length, width, and light intensity due to enhanced mixing and convective cooling. Flame temperature distribution exhibits a peak profile at medium air velocities. Thermal efficiency increases up to an optimum point, and total energy output rises consistently with air velocity. Emissions of carbon monoxide (CO), unburned hydrocarbons (HC), and smoke opacity decrease sharply with increasing air velocity. Butanol-blended fuels produce lower pollutant emissions and exhibit more efficient O₂ consumption due to their intrinsic oxygen content, although with slightly lower peak flame temperatures and thermal efficiency. The results of this study provide valuable insights for optimizing burner design and formulating cleaner alternative fuels.

Keywords: *Alternative Energy, Biodiesel, n-Butanol, Flame Characteristics, Combustion Performance, Exhaust Emissions.*