

SKRIPSI

**STUDI EKPERIMENTAL PENGARUH
VARIASI TEKANAN BAHAN BAKAR B40
DAN B100 DENGAN ADITIF N-BUTANOL
TERHADAP KARAKTERISTIK API SERTA
KINERJA PEMBAKARAN PADA BURNER
JINIL JL26D**



Oleh :

Muhammad Afif Alhalim
21036010060

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

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI EKPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TEKANAN BAHAN BAKAR
B40 DAN B100 DENGAN ADITIF N-BUTANOL TERHADAP KARAKTERISTIK
API SERTA KINERJA PEMBAKARAN PADA BURNER JINIL JL26D**

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 : Muhammad Afif Alhalim
NPM : 21036010060
Konsentrasi : Konversi Energi

Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Hari/Tanggal: Rabu, 28 Mei 2025

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji :
1.

Dosen Pembimbing

Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP. 19940428 202203 2 011

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

2.
Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NPT. 20219940311205

Koordinator Program Studi Teknik Mesin

a.n

Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T
NIP. 19640611 199203 2001

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

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



KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Muhammad Afif Alhalim
NPM : 21036010060
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 IV, TA 2024/2025.

Dengan judul : STUDI EKPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TEKANAN BAHAN BAKAR
B40 DAN B100 DENGAN ADITIF N-BUTANOL TERHADAP
KARAKTERISTIK API SERTA KINERJA PEMBAKARAN PADA BURNER
JINIL JL26D

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
2. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

()
()

Surabaya, 5 Juni 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng
NIP. 199407262024061002

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Afif Alhalim
NPM : 21036010060
Program : Sarjana(S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemulan indikasi plagiat pada Skripsi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 17 Juni 2025

Yang Membuat pernyataan



Muhammad Afif Alhalim
21036010060

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, Segala puji kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang diberikan. AKHIRNYA penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “Studi Ekperimental Pengaruh Variasi Tekanan Bahan Bakar B40 Dan B100 Dengan Aditif N-Butanol Terhadap Karakteristik Api Serta Kinerja Pembakaran Pada Burner Jinil JL26D”. Shalawat serta salam penulis haturkan, junjungkan dan panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang membawa cahaya terang bagi seluruh umat manusia. Skripsi ini disusun agar memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada program studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Selama proses penulisan dan penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dan dukungan yang didapat tidak mungkin skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis dengan tulus hati ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu **Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu **Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur..
3. Bapak **Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng.** sebagai Dosen Pembimbing yang selalu memberi ilmu, arahan, saran, nasihat, dan semangat kepada penulis.
4. Bapak **Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D.** sebagai Dosen Pembimbing riset yang selalu memberi arahan dan ilmu kepada penulis.
5. Ibu **Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.** dan Ibu **Tria Puspa Sari, S.T., M.S.** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan.
6. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTS UPNVJT yang telah memberikan pengetahuan yang luar biasa serta pengalaman dan juga Pelajaran yang berharga

7. Ibu **Titik Suharti, S.Pd.** dan **Salsabila Amania, S.Tr. Kes.**, selaku ibu dan kakak yang sangat penulis cintai, yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberi kasih sayang kepada penulis.
8. **Adelia Risma Putri Maskun S.Pi.**, sebagai orang yang kebersamaan penulis dalam menjalani setiap proses yang ada.
9. Teman seperjuangan Skripsi "**Sobat Diesel**" **Erganata, Ivan, Andre, Dhani** dan **Ima** yang tidak pernah putus asa dan selalu semangat menyelesaikan skripsi ini hingga akhir.
10. Sesebuah Diesel "*energy conversion research group*", **Mas Fawwaz, Mas Rizky** dan **Mas Ikhsan** yang selalu memberikan semangat dan bantuan tiada henti, mendengarkan keluhan dari penulis, dan banyak berbagi cerita selama di perkuliahan.
11. Keluarga Besar Angkatan 28 yang telah bersama melalui masa-masa senang dan sedih selama ini, terima kasih atas dukungan untuk penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, semoga kita semua sukses.
12. Arek-arek 21 Teknik Mesin yang telah Bersama-sama menjalani perkuliahan dengan memberikan warna-warni, suka-duka dalam perkuliahan
13. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu dalam membantu kelancaran sampai selesai Skripsi ini.

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis telah berusaha Menyusun dengan sebaik-baiknya, namun tidak menutup kemungkinan masih terdapat kesalahan. Oleh karena itu, segala macam kritik dan saran bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Skripsi ini.

"A GOOD THESIS IS A COMPLETED THESIS"

Surabaya, 19 Mei 2025

Muhammad Afif Alhalim

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
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 Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Efisiensi termal.....	6
2.2 Temperatur Api.....	8
2.3 Visual Api	9
2.4 Emisi.....	10
2.5 Landasan Teori	11
2.5.1 Burner.....	11
2.5.2 Proses Pembakaran.....	14
2.5.3 Nyala Api	15
2.5.3.1 Nyala Api Premixed (<i>Premixed Flame</i>).....	16
2.5.3.2 Laju Nyala Api <i>Premixed</i> Laminar	17
2.5.3.3 <i>Counter Flow Premixed Flame</i>	18
2.5.3.4 Nyala Api Difusi	19
2.5.3.5 Laju Nyala Api Difusi Laminar.....	21
2.5.3.6 Laju Nyala Api Difusi Turbulen.....	22

2.5.4	Kestabilan Api.....	24
2.5.4.1	Fenomena <i>Flashback</i>	25
2.5.4.2	Fenomena <i>Lift Off</i>	25
2.5.4.3	Fenomena <i>Blow Off</i>	26
2.5.5	Visualisasi Api.....	26
2.5.6	Bahan Bakar Biodiesel.....	27
2.5.6.1	B100	31
2.5.6.2	B40	34
2.5.7	N-Butanol.....	36
2.5.8	Indikator Performa Burner	38
2.5.8.1	Distribusi Temperatur.....	38
2.5.8.2	Efisiensi Termal.....	38
2.5.9	<i>Air-Fuel Ratio</i>	40
2.6	Alat dan Bahan	41
2.6.1.	Alat.....	41
2.6.2.	Bahan.....	51
2.7	Hipotesis.....	51
BAB III METODE PENELITIAN		52
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	52
3.2	Lokasi Penelitian	53
3.3	Variabel Penelitian.....	53
3.3	Skema Penelitian	56
3.4	Alat dan bahan.....	57
3.5	Kondisi Eksperimen	57
3.6	Metode Pengambilan Data	58
3.6.1	Persiapan dan <i>Set Up</i> Alat.....	58
3.6.2	Pengambilan data	59
3.6.2.1	Efisiensi Termal.....	59
3.6.2.2	Visualisasi Api.....	59
3.6.2.3	Temperatur Api.....	60
3.6.2.4	Emisi Polutan	60
3.6.2.5	Nilai <i>Air-Fuel Ratio</i>	60

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61
4.1 Perhitungan Data	61
4.2 Efisiensi termal.....	62
4.3 Karakteristik Api	64
4.3.1 Panjang Api	64
4.3.2 Lebar Api.....	66
4.3.3 Intensitas Cahaya	67
4.3.3 Visual Api.....	70
4.4 Temperatur Api.....	73
4.4.1 Temperatur pada T ₁ (150mm)	73
4.4.2 Temperatur pada T ₂ (300mm)	75
4.4.3 Temperatur pada T ₃ (450mm)	77
4.4.4 Temperatur pada T ₄ (600mm)	79
4.4.5 Temperatur pada T ₅ (750mm)	80
4.4.6 Temperatur pada T ₆ (900mm)	82
4.5 Nilai AFR	84
4.6 Emisi Gas Buang	85
4.6.1 Karbon Monoksida (CO).....	86
4.6.2 Karbon Dioksida (CO ₂).....	87
4.6.3 Hydro Carbon (HC).....	88
4.6.4 Oksigen (O ₂).....	90
4.6.5 Smoke Oppacity	92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	94
5.1 Kesimpulan.....	94
5.2 Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	96
LAMPIRAN.....	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Efisiensi dari boiler dengan variasi tekanan bahan bakar	7
Gambar 2. 2 Efisiensi Pembakaran dengan variasi equivalence ratio	7
Gambar 2. 3 (a) Hasil suhu nyala api dan (b) hasil rata-rata luminosititas nyala api	8
Gambar 2. 4 Hasil Panjang penetrasi nyala dan zona reaksi.....	10
Gambar 2. 5 (a) Hasil emisi HC dan (b) Hasil emisi CO.....	10
Gambar 2. 6 <i>Schematic pulverized coal burner</i> Sumber : (Nikzat et al., 2004) ...	12
Gambar 2. 7 <i>Schematic underfeed stoker</i>	13
Gambar 2. 8 <i>Schematic gas burner</i>	13
Gambar 2. 9 <i>Schematic Oil burner</i>	14
Gambar 2. 10 Profil Nyala Api	16
Gambar 2. 11 Struktur Nyala Api <i>Premixed</i>	17
Gambar 2. 12 Nyala Premixed pada aliran berlawanan	18
Gambar 2. 13 Potongan daerah aliran api difusi laminar.....	20
Gambar 2. 14 Fenomena perubahan tinggi api	21
Gambar 2. 15 <i>over-ventilated</i> dan <i>under-ventilated</i> pada nyala api difusi.	22
Gambar 2. 16 Efek olakan pada aliran turbulen pada permukaan nyala api difusi	23
Gambar 2. 17 Hubungan kecepatan aliran turbulen terhadap interval waktu	23
Gambar 2. 18 Api merah	27
Gambar 2. 19 Api biru.....	27
Gambar 2. 20 Molekul n-butanol	37
Gambar 2. 21 Grafik airfuel ratio.....	40
Gambar 2. 22 <i>Burner JINIL JL26D</i>	42
Gambar 2. 23 <i>Pressure gauge</i>	42
Gambar 2. 24 Anemometer	43
Gambar 2. 25 <i>Thermocouple type K</i>	44
Gambar 2. 26 Kamera DSLR.....	45
Gambar 2. 27 <i>Data logger</i>	46
Gambar 2. 28 <i>Thermal camera</i>	47
Gambar 2. 29 Stopwatch Casio HS-3	48
Gambar 2. 30 Lux meter	49
Gambar 2. 31 <i>Exhaust gas analyzer</i> BrainBee AGS-688	50
Gambar 2. 32 BrainBee diesel <i>smoke opacity meter</i> OPA-300.....	50
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	52
Gambar 3. 2 Skema Penelitian	56
Gambar 3. 3 Jarak Thermocouple	56
Gambar 3. 4 <i>Radial Swirler Dimensiosn</i>	56
Gambar 4. 1 Hubungan tekanan bahan bakar terhadap efisiensi termal.	63
Gambar 4. 2 Hubungan tekanan bahan bakar terhadap panjang api.	65
Gambar 4. 3 Hubungan tekanan bahan bakar terhadap lebar api.....	66
Gambar 4. 4 Hubungan tekanan bahan bakar terhadap intensitas cahaya api.	68

Gambar 4. 5 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap api di termokopel 1 (150 mm)	74
Gambar 4. 6 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap api di termokopel 2 (300 mm)	76
Gambar 4. 7 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap api di termokopel 3 (450 mm)	78
Gambar 4. 8 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap api di termokopel 4 (600 mm)	79
Gambar 4. 9 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap api di termokopel 5 (750 mm)	82
Gambar 4. 10 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap api di termokopel 6 (900 mm)	83
Gambar 4. 11 Hubungan tekanan bahan bakar terhadap nilai AFR	85
Gambar 4. 12 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap emisi CO.	87
Gambar 4. 13 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap emisi CO ₂	88
Gambar 4. 14 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap emisi HC	89
Gambar 4. 15 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap emisi O ₂	91
Gambar 4. 16 Pengaruh tekanan bahan bakar terhadap smoke opacity.	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian terdahulu	5
Tabel 2. 2 Karakteristik biofuel berbagai macam properti.....	30
Tabel 2. 3 Analisis bahan bakar B100	32
Tabel 2. 4 Karakteristik Bahan Bakar B100 (Sumber : (Saputro et al., 2020))	33
Tabel 2. 5 Karakteristik B40 (Sumber : (K. ESDM, 2023))	35
Tabel 2. 6 Karakteristik N-Butanol (Sumber: (Saputro and Kurniawan, 2013)) ..	37
Tabel 2. 7 Spesifikasi burner	41
Tabel 2. 8 Spesifikasi <i>Pressure gauge</i>	42
Tabel 2. 9 Spesifikasi Anemometer.....	43
Tabel 2. 10 Spesifikasi Thermocouple type K	44
Tabel 2. 11 Spesifikasi Kamera	44
Tabel 2. 12 Spesifikasi data logger	45
Tabel 2. 13 Spesifikasi Thermal camera	46
Tabel 2. 14 Spesifikasi stopwatch	47
Tabel 2. 15 Spesifikasi <i>Lux meter</i>	48
Tabel 2. 16 Measuring fields Exhaust gas analyzer	49
Tabel 2. 17 Measuring fields Smoke Opacity Meter OPA-300.....	50
Tabel 3. 1 Tabel Konversi tekanan bahan bakar ke laju aliran bahan bakar	54
Tabel 3. 2 Tabel kondisi eksperimen.	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar data karakteristik api	105
Lampiran 2. Lembar data emisi gas buang	106
Lampiran 3. Lembar data temperatur api	107
Lampiran 4. Lembar data AFR dan efisiensi termal	109
Lampiran 5. Lampiran COA B100	111
Lampiran 6. Lampiran COA N-Butanol	112
Lampiran 7. Proses Pengambilan data	113

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 <i>burner</i>	%
$P_{bahan\ bakar}$	Daya bahan bakar	(kW)
LHV_f	<i>Low Heating Value</i>	kJ/kg
AFR	<i>Air-fuel ratio</i>	
$\dot{m}_{udara}$	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

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel (B40 dan B100) dengan tambahan senyawa n-butanol terhadap efisiensi termal, karakteristik api, dan emisi gas buang pada sistem burner. Penelitian dilakukan dengan variasi tekanan bahan bakar pada 12 bar, 14 bar, 16 bar, 18 bar, dan 20 bar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi termal burner meningkat seiring dengan kenaikan tekanan bahan bakar, di mana bahan bakar B100+N-Butanol menghasilkan efisiensi termal tertinggi, yaitu 36% pada tekanan 20 bar. Efisiensi termal rata-rata tertinggi tercatat pada bahan bakar B100+N-Butanol sebesar 25%, lebih tinggi dibandingkan bahan bakar B40 (21%) dan B40+N-Butanol (23%). Karakteristik api juga menunjukkan peningkatan pada campuran B100+N-Butanol, dengan panjang api rata-rata 1124,2 mm dan lebar 255,4 mm, lebih pendek dan terfokus dibandingkan bahan bakar B40 yang memiliki panjang api 1193,2 mm dan lebar 252,4 mm. Temperatur api pada burner B100+N-Butanol tercatat mencapai 1026°C pada tekanan 20 bar, lebih tinggi dibandingkan dengan B40 yang hanya mencapai 973°C pada tekanan yang sama. Selain itu, emisi gas buang menunjukkan penurunan pada campuran N-Butanol, dengan emisi CO terendah sebesar 11,2%Vol pada B100+N-Butanol, dibandingkan B40 yang mencapai 15%Vol. Begitu pula, emisi CO₂ pada B100+N-Butanol tercatat 13,6%Vol, lebih rendah dibandingkan B40 yang mencapai 17,2%Vol. Secara keseluruhan, penambahan n-butanol pada biodiesel dapat meningkatkan kinerja pembakaran, efisiensi termal, dan mengurangi emisi gas buang, menjadikannya alternatif yang lebih ramah lingkungan untuk pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil.

Kata Kunci: biodiesel, burner, emisi gas buang, karakteristik api, n-butanol, temperatur api.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effects of using biodiesel fuels (B40 and B100) with the addition of n-butanol on thermal efficiency, flame characteristics, and exhaust gas emissions in a burner system. The experiment was conducted using varying fuel pressures at 12 bar, 14 bar, 16 bar, 18 bar, and 20 bar. The results show that the burner's thermal efficiency increases with rising fuel pressure, with B100+n-butanol achieving the highest thermal efficiency of 36% at 20 bar. The highest average thermal efficiency was also recorded for B100+n-butanol at 25%, higher than B40 (21%) and B40+n-butanol (23%). Flame characteristics improved with the B100+n-butanol blend, producing an average flame length of 1124.2 mm and width of 255.4 mm, shorter and more focused than B40 which had a flame length of 1193.2 mm and width of 252.4 mm. Flame temperature with B100+n-butanol reached 1026°C at 20 bar, compared to 973°C for B40 at the same pressure. In addition, exhaust gas emissions decreased with the addition of n-butanol, with the lowest CO emission recorded at 11.2%Vol for B100+n-butanol, compared to 15%Vol for B40. Likewise, CO₂ emissions for B100+n-butanol were 13.6%Vol, lower than 17.2%Vol for B40. Overall, the addition of n-butanol to biodiesel improves combustion performance, enhances thermal efficiency, and reduces exhaust emissions, making it a more environmentally friendly alternative for fossil fuel-based power generation systems.

Keywords: *biodiesel, burner, exhaust emissions, flame characteristics, n-butanol, flame temperature.*