

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH POSISI *SWIRLER*
AXIAL DAN RADIAL TERHADAP PERFORMA
BURNER JINIL JL26D DENGAN VARIASI
TEKANAN DAN JENIS BAHAN BAKAR**



Oleh :

PEDRO DIMA PRANATA SINAGA
NPM 22036010019

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2026**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH POSISI SWIRLER AXIAL DAN RADIAL
TERHADAP PERFORMA BURNER JINIL JL26D DENGAN
VARIASI TEKANAN DAN JENIS BAHAN BAKAR**

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 : Pedro Dima Pranata Sinaga

NPM : 22036010019

Konsentrasi : Konversi Energi

Telah diuji dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Pada Hari/Tanggal: Rabu, 30 September 2026

Telah Disahkan Oleh:

Dosen Penguji 1

Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.

NIP. 199301202024061001

Dosen Penguji 2

Rizqa Ruviana, S.T., M.T.

NIP. 199701252024062001

Dosen Pembimbing

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

NIP. 199407262024061002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin

Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T.

NIP. 196406111992032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik & Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.

NIP. 196504031991032001



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-8782179
Email: teknikmesin@upnjatim.ac.id , Laman : <http://tckmesin.upnjatim.ac.id/>

KETERANGAN BEBAS REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

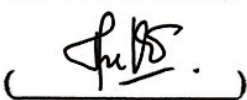
Nama : Pedro Dima Pranata Sinaga
NPM : 22036010019
Program Studi : Teknik Mesin
Tanggal Sidang Seminar Hasil : 30 September 2026

Telah mengerjakan revisi SKRIPSI /TUGAS AKHIR Ujian Lisan Periode IV, TA . 2025/2026.

Dengan judul : ANALISIS PENGARUH POSISI *SWIRLER* AXIAL DAN RADIAL TERHADAP PERFORMA *BURNER* JINIL JL26D DENGAN VARIASI TEKANAN DAN JENIS BAHAN BAKAR

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi:

1. Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 199301202024061001
2. Rizqa Ruviana, S.T., M.T.
NIP. 199701252024062001

Surabaya, 30 September 2026

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 : Pedro Dima Pranata Sinaga
NPM : 22036010019
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik dan Sains
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH POSISI SWIRLER AXIAL DAN RADIAL
TERHADAP PERFORMA BURNER JINIL JL26D DENGAN VARIASI
TEKANAN DAN JENIS BAHAN BAKAR

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/~~Tesis/Disertasi~~* 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 ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, 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, 06 Oktober 2026

Yang Membuat pernyataan



Pedro Dima Pranata Sinaga
NPM. 22036010019

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi yang berjudul: “Analisis Pengaruh Posisi *Swirler* Axial dan Radial Terhadap Performa Burner Jinil JL26D dengan Variasi Tekanan Bahan Bakar” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penyusunan proposal skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya 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 Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc. dan Ibu Rizqa Ruviana, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan 2 yang telah memberikan saran dan masukan.
5. Kedua orang tua, dan keluarga yang dicintai atas segala doa, motivasi, kesabaran yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin angkatan 22, atas dukungan, kebersamaan, dan motivasinya.

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.

Surabaya, 30 September 2026

Pedro Dima Pranata Sinaga

ABSTRAK

Penerapan bahan bakar biodiesel pada sistem pembakaran membutuhkan pengaturan aliran udara dan bahan bakar yang tepat untuk memperoleh karakteristik pembakaran yang optimal. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis pengaruh posisi *swirler* axial dan radial terhadap performa *burner* JINIL JL26D dengan variasi tekanan dan jenis bahan bakar. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan variasi tekanan bahan bakar pada 11, 13, 15, 17, dan 19 bar serta menggunakan jenis bahan bakar B100, B40, B100 dengan minyak sereh 20%, dan B40 dengan minyak sereh 20%. Parameter yang dianalisa meliputi morfologi dan intensitas nyala, distribusi temperatur, efisiensi pembakaran, *air fuel ratio* (AFR), serta emisi gas buang. Hasil pada penelitian menunjukkan bahwa pada peningkatan tekanan bahan bakar dapat memperbaiki atomisasi dan meningkatkan temperatur serta intensitas nyala, tapi hasil pada efisiensi pembakaran cenderung menurun. Pada konfigurasi axial mampu menghasilkan nyala yang lebih panjang dan terarah, sedangkan pada konfigurasi radial menghasilkan nyala yang lebih pendek dan melebar akibat pusaran yang lebih kuat. Perbedaan karakteristik B100, B40, dan campuran minyak sereh serta dapat memengaruhi proses penguapan, pencampuran udara dengan bahan bakar, temperatur, serta emisi. Pada hasil ini, seperti posisi *swirler*, tekanan, dan karakteristik bahan bakar secara bersama-sama dapat menentukan performa pada proses pembakaran burner.

Kata Kunci: *Burner* JINIL JL26D, Biodiesel, *Swirler* (*Nozzle*), Karakteristik api, Efisiensi pembakaran, Emisi gas buang

ABSTRACT

The application of biodiesel fuels in combustion systems requires appropriate control of air and fuel flows to achieve optimal combustion characteristics. This study aims to analyze the effects of axial and radial swirler configurations on the performance of a JINIL JL26D burner under various fuel pressures and fuel types. An experimental method was employed using fuel pressures of 11, 13, 15, 17, and 19 bar with four fuel types: B100, B40, B100 blended with 20% lemongrass oil, and B40 blended with 20% lemongrass oil. The parameters analyzed included flame morphology and intensity, temperature distribution, combustion efficiency, air–fuel ratio (AFR), and exhaust gas emissions. The results showed that increasing fuel pressure improved fuel atomization and increased flame temperature and intensity; however, combustion efficiency tended to decrease. The axial configuration produced a longer and more directional flame, whereas the radial configuration generated a shorter and wider flame due to stronger swirling flow. Differences in the characteristics of B100, B40, and their blends with lemongrass oil affected fuel evaporation, air–fuel mixing, temperature, and exhaust emissions. Overall, swirler configuration, fuel pressure, and fuel characteristics collectively influenced the combustion performance of the burner.

Keywords: *JINIL JL26D Burner, Biodiesel, Swirler (Nozzle), Flame characteristics, Combustion efficiency, Exhaust emissions*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	I
LEMBAR BEBAS REVISI.....	II
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	III
KATA PENGANTAR	IV
ABSTRAK	V
<i>ABSTRACT</i>	VI
DAFTAR ISI	VII
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR TABEL.....	XIII
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Efisiensi Termal	7
2.2 Temperatur Api	8
2.3 Visual Api	9
2.4 Emisi.....	10
2.5 Posisi <i>Swirler</i> (Axial dan Radial).....	11
2.6 Landasan Teori.....	13
2.6.1. Burner	13
2.6.2. <i>Nozzle</i>	15
2.6.3. Proses Pembakaran.....	17
2.6.4. Nyala Api.....	17
2.6.5. Teori <i>Swirler</i>	24
2.6.6. Bahan Bakar.....	29
2.6.7. Indikator Performa <i>Burner</i>	37
2.6.8. <i>Uncertainly Analysis</i>	44
2.6.9. Hipotesis	47

BAB III METODE PENELITIAN	48
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	48
3.1.1. Studi Literatur	49
3.1.2. Menentukan Variabel Penelitian	49
3.1.3. Merancang Alat Penelitian	49
3.1.4. Posisi <i>Swirler</i> Axial dan Radial	49
3.1.5. Validasi Alat Penelitian Dengan Skema.....	49
3.1.6. Menentukan Kondisi Pengujian	49
3.1.7. Pengujian Burner.....	49
3.1.8. Pengukuran Data Eksperimen.....	50
3.1.9. Data Input	50
3.1.10. Pengumpulan dan Rekapitulasi Data.....	50
3.1.11. Validasi Data Sesuai Kriteria.....	50
3.1.12. Analisis dan Pengolahan Data	50
3.2 Lokasi Penelitian	50
3.3 Variabel Penelitian	50
3.4 Skema Penelitian.....	52
3.5 Alat dan Bahan.....	48
3.5.1. Alat	48
3.5.2. Bahan.....	53
3.6 Kondisi Eksperimen	54
3.7 Metode Pengambilan Data.....	55
3.7.1 Persiapan dan <i>Set Up</i> Alat	55
3.7.2 Kalibrasi Alat Ukur dan <i>Apparatus</i>	56
3.7.3 Kriteria Data.....	56
3.7.4 Pengulangan.....	57
3.7.5 Teknis Analisis <i>Error</i>	57
3.7.6 Pengambilan Data	58
3.7.7 Metode Pengolahan Data.....	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Karakteristik Api.....	62
4.1.1 Panjang dan Lebar Api	62
4.1.2 Intensitas Cahaya	67
4.1.3 Visualisasi Api	70

4.2	Kinerja Pembakaran	79
4.2.1	Temperatur Api.....	82
4.2.2	Rugi Panas Pembakaran	95
4.2.3	Efisiensi Pembakaran	98
4.2.4	<i>Air Fuel Ratio</i>	100
4.3	Emisi Gas Buang.....	103
4.3.1	Karbon Monoksida (CO)	103
4.3.2	Karbon Dioksida (CO ₂)	105
4.3.3	Hidrokarbon (HC).....	108
4.3.4	Oksigen (O ₂)	109
4.3.5	Nitrogen (N ₂).....	111
4.3.6	Opasitas Asap.....	113
4.3.7	Temperatur Gas Buang.....	116
4.4	Hubungan Efisiensi Pembakaran Terhadap Emisi	118
4.4.1	Hubungan Efisiensi Pembakaran Terhadap Karbon Monoksida (CO)	118
4.4.2	Hubungan Efisiensi Pembakaran Terhadap Karbon Dioksida (CO ₂)	120
4.4.3	Hubungan Efisiensi Pembakaran Terhadap Hidrokarbon (HC)	122
4.4.4	Hubungan Efisiensi Pembakaran Terhadap Oksigen (O ₂).....	125
4.4.5	Hubungan Efisiensi Pembakaran Terhadap Nitrogen (N ₂).....	127
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		131
5.1	Kesimpulan	131
5.2	Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA		133
LAMPIRAN		143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Efisiensi Termal Pada Berbagai Sudut Pusaran Dengan Deviasi Dari Tiga Percobaan.	8
Gambar 2. 2 Variasi Suhu Api Dengan Jarak Dari Ujung Burner.....	9
Gambar 2. 3 Gambar Nyala Api Dari Berbagai Bahan Bakar Pada Rasio Ekuivalen Yang Berbeda.....	10
Gambar 2. 4 (A) Hasil Emisi Hc Dan (B) Hasil Emisi Co.....	11
Gambar 2. 5 Distribusi Kecepatan Aksial Yang Diprediksi, Dinormalisasi Dengan Uref (19,2 M/S) Untuk Semua Model Turbulensi Yang Dipertimbangkan Beserta Data Eksperimental (A) Pada Bidang Dengan Jarak 2h, (B) Jarak 15h Dari Inlet Pembakaran, Dan (C) Sepanjang Sumbu Tengah.....	12
Gambar 2. 6 Skema Pembakaran Batubara Halus	14
Gambar 2. 7 Skema Pembakaran Bawah	14
Gambar 2. 8 Skema Pembakaran Gas.....	15
Gambar 2. 9 Skema Pembakaran Minyak.....	15
Gambar 2. 10 (A) <i>Nozzel</i> Atomisasi Udara Campuran Internal (B) <i>Nozzel</i> Atomisasi Udara Campuran Eksternal	16
Gambar 2. 11 Profil Nyala Api.....	18
Gambar 2. 12 Struktur Nyala Api <i>Premixed</i>	19
Gambar 2. 13 <i>Laminar Premixed Flame</i>	20
Gambar 2. 14 Nyala <i>Premixed</i> Pada Aliran Berlawanan	21
Gambar 2. 15 Struktur Nyala Difusi	22
Gambar 2. 16 Fenomena Perubahan Tinggi Api	22
Gambar 2. 17 <i>Over Ventilated Dan Under-Ventilated</i> Pada Nyala Api Difusi.....	23
Gambar 2. 18 Efek Olakan Pada Aliran Turbulen Pada Permukaan Nyala Api Difusi.....	24
Gambar 2. 19 Pengaruh Peningkatan Angka Pusaran Pada Garis Muka Nyala (Suhu Maksimum) Dalam Nyala Puser Bebas Yang Tidak Bersirkulasi Kembali	25
Gambar 2. 20 Grafik Perbandingan Antara Burning Load Dan Luas Nyala Api Blow Off	28
Gambar 2. 21 Grafik <i>Air Fuel Ratio</i>	43
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	48
Gambar 3.3 Skema Penelitian Posisi <i>Nozzle Axial</i>	52
Gambar 3.4 Skema Penelitian Posisi <i>Nozzle Radial</i>	53
Gambar 3.5 Jarak <i>Thermocouple</i>	53

Gambar 3.6 Radial <i>Swirler</i> Dimensiosn.....	53
Gambar 4.1 Hubungan Posisi <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Dan Tekanan Bahan Bakar Terhadap Panjang Nyala Api.....	63
Gambar 4.2 Hubungan Posisi <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Lebar Nyala Api.....	65
Gambar 4.3 Hubungan Posisi <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Intensitas Cahaya.....	67
Gambar 4.4 Hubungan Temperatur Rata-Rata T1 Terhadap Variasi Tekanan Bahan Bakar, Jenis Bahan Bakar, Dan Konfigurasi Posisi <i>Swirler</i> (A) Axial (B) Radial.....	82
Gambar 4.5 Hubungan Temperatur Rata-Rata T2 Terhadap Variasi Tekanan Bahan Bakar, Jenis Bahan Bakar, Dan Konfigurasi Posisi <i>Swirler</i> (A) Axial (B) Radial.....	84
Gambar 4.6 Hubungan Temperatur Rata-Rata T3 Terhadap Variasi Tekanan Bahan Bakar, Jenis Bahan Bakar, Dan Konfigurasi Posisi <i>Swirler</i> (A) Axial (B) Radial.....	87
Gambar 4.7 Hubungan Temperatur Rata-Rata T4 Terhadap Variasi Tekanan Bahan Bakar, Jenis Bahan Bakar, Dan Konfigurasi Posisi <i>Swirler</i> (A) Axial (B) Radial.....	89
Gambar 4.8 Hubungan Temperatur Rata-Rata T5 Terhadap Variasi Tekanan Bahan Bakar, Jenis Bahan Bakar, Dan Konfigurasi Posisi <i>Swirler</i> (A) Axial (B) Radial.....	91
Gambar 4.9 Hubungan Temperatur Rata-Rata T6 Terhadap Variasi Tekanan Bahan Bakar, Jenis Bahan Bakar, Dan Konfigurasi Posisi <i>Swirler</i> (A) Axial (B) Radial.....	93
Gambar 4.10 Hubungan Antara Posisi <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Rugi Panas Pembakaran	96
Gambar 4.11 Hubungan Antara Posisi <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Efisiensi Pembakaran	98
Gambar 4.12 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial, Jenis Bahan Bakar, Dan Tekanan Bahan Bakar Terhadap <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR)	101
Gambar 4.13 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Radial, Jenis Bahan Bakar, Dan Tekanan Bahan Bakar Terhadap <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR)	101
Gambar 4.14 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Kadar Emisi Karbon Monoksida (Co).....	104
Gambar 4.15 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Kadar Emisi Karbon Dioksida (Co ₂).....	106
Gambar 4.16 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Kadar Emisi Hidrokarbon (Hc).....	108

Gambar 4. 17 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Kadar Emisi Oksigen (O ₂)	110
Gambar 4.18 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Kadar Emisi Nitrogen (N ₂).....	112
Gambar 4.19 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Opasitas Asap.....	114
Gambar 4.20 Hubungan Antara <i>Swirler</i> Axial Dan Radial, Jenis Bahan Bakar, Serta Tekanan Bahan Bakar Terhadap Temperatur Gas Buang.....	116
Gambar 4.21 Hubungan Efisiensi Pembakaran Dengan Emisi CO Pada <i>Swirler</i> Axial Dan Radial	119
Gambar 4.22 Hubungan Efisiensi Pembakaran Dengan Emisi CO ₂ Pada <i>Swirler</i> Axial Dan Radial	121
Gambar 4.23 Hubungan Efisiensi Pembakaran Dengan Emisi Hc Pada <i>Swirler</i> Axial Dan Radial	123
Gambar 4.24 Hubungan Efisiensi Pembakaran Dengan Emisi O ₂ Pada <i>Swirler</i> Axial Dan Radial	125
Gambar 4.25 Hubungan Efisiensi Pembakaran Dengan Emisi N ₂ Pada <i>Swirler</i> Axial Dan Radial	128

DAFTAR TABEL

tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Interpretasi Nilai <i>Swirl Number</i>	26
Tabel 2. 3 Karakteristik <i>Biofuel</i> Berbagai Macam Properti	31
Tabel 2. 4 Analisis Bahan Bakar B100	32
Tabel 2. 5 Karakteristik Bahan Bakar B100.....	33
Tabel 2.6 Karakteristik B40	34
Tabel 2. 7 Hasil Pengujian Karakteristik Solar Dan Solar Dengan Bioaditif	36
Tabel 2.8 Hasil Pengujian Karakteristik Biodiesel Campuran Minyak Sereh	37
Tabel 3.1 Alat	48
Tabel 3.2 Bahan	53
Tabel 3.3 Tabel Kondisi Eksperimen.....	54
Tabel 3.4 Tabel Pengambilan Data.....	58
Tabel 3.5 Tabel Hasil Pengolahan Data.....	59
Tabel 4.1 Visualisasi Api <i>Swirler</i> Axial Pada Variasi Tekanan Dan Jenis Bahan Bakar	70
Tabel 4. 2 Visualisasi Hitam Putih Api <i>Swirler</i> Axial Pada Variasi Tekanan Dan Jenis Bahan Bakar	71
Tabel 4.3 Visualisasi Api <i>Swirler</i> Radial Pada Variasi Tekanan Dan Jenis Bahan Bakar ..	72
Tabel 4. 4 Visualisasi Hitam Putih Api <i>Swirler</i> Radial Pada Variasi Tekanan Dan Jenis Bahan Bakar	73
Tabel 4.5 Kontur Api <i>Swirler</i> Axial Pada Variasi Tekanan Dan Jenis Bahan Bakar	76
Tabel 4.6 Kontur Api <i>Swirler</i> Radial Pada Variasi Tekanan Dan Jenis Bahan Bakar	77
Tabel 4.7 Perbandingan Jenis Bahan Bakar Terhadap Hasil Efisiensi, AFR, Dan Emisi <i>Swirler</i> Axial	80
Tabel 4. 8 Perbandingan Jenis Bahan Bakar Terhadap Hasil Efisiensi, AFR, Dan Emisi <i>Swirler</i> Radial	81