

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK
PEMBAKARAN *DROPLET* MINYAK
NYAMPLUNG DENGAN PENAMBAHAN
KATALIS *MULTI-WALLED CARBON
NANOTUBES***



Oleh:
Rachmad Jagad Roychan
NPM. 21036010075

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
2025**

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK
PEMBAKARAN *DROPLET* MINYAK
NYAMPLUNG DENGAN PENAMBAHAN
KATALIS *MULTI-WALLED CARBON
NANOTUBES***



Oleh:

Rachmad Jagad Roychan
NPM. 21036010075

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

2025

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* MINYAK
NYAMPLUNG DENGAN PENAMBAHAN KATALIS *MULTI - WALLED*
*CARBON NANOTUBES***

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 : Rachmad Jagad Roychan
NPM : 21036010075
Konsentrasi : Konversi Energi

Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Pada Hari Senin 8 September 2025
Telah Disahkan Oleh:

Dosen Penguji 1



Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NIP. 199403112025062005

Dosen Penguji 2



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 196406111992032001

Dosen Pembimbing



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

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 196406111992032001

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



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M. P.
NIP. 196504031991032001



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

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Rachmad Jagad Roychan

NPM : 21036010075

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 / TUGAS AKHIR~~ Ujian Lisan Periode I, TA. 2025/2026.

Dengan judul: ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DROPLET MINYAK
NYAMPLUNG DENGAN PENAMBAHAN KATALIS MULTI-WALLED
CARBON NANOTUBES

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

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

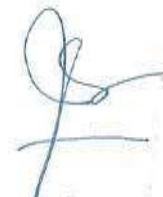
()

2. Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, MT.

()

Surabaya, 11 September 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rachmad Jagad Roychan
NPM : 21036010075
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/Tesis/Desertasi 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, 15 September 2025

Yang Membuat pernyataan



Rachmad Jagad Roychan
21036010075

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat limpahan Rahmat dan hidayah -Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ANALISIS KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* MINYAK NYAPLUNG DENGAN PENAMBAHAN KATALIS MULTI-WALLED CARBON NANOTUBES” dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, khususnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P Selaku Dekan Fakultas Teknik Dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T. Selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, serta koreksi dalam penulisan
4. Ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S. dan Ibu Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T. Selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan koreksi dalam penulisan kepada penulis
5. Kedua orang tua saya di rumah yang telah memberikan motivasi, dan doa terbaiknya.
6. Teman – teman seluruh angkatan Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan pengerjaan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa isi dari proposal skripsi ini jauh dari kata sempurna penulis berharap kritik dan saran akan diberikan untuk menyempurnakan proposal skripsi ini. Terakhir, penulis berharap proposal skripsi ini dapat membantu dan mendorong pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang

Surabaya, 17 Januari 2025

Penulis

Rachmad Jagad Roychan
NPM. 21036010075

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR BEBAS REVISI	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Visualisasi Nyala Api.....	5
2.2 Laju Pembakaran (<i>Burning rate</i>).....	7
2.3 <i>Ignition Delay</i>	9
2.4 Temperatur Pembakaran	11
2.5 Landasan Teori	13
2.5.1 Biodiesel	13
2.5.2 Minyak Nyamplung	14
2.5.3 Katalis Multi-Walled CarbonNanotubes	16

2.5.4 Pembakaran.....	18
2.5.1 Pembakaran <i>Droplet</i>	19
2.6 Hipotesis	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Metode Penelitian	22
3.1.1 Diagram Alir	22
3.2 Lokasi Penelitian.....	23
3.3 Variabel Penelitian	23
3.3.1 Variabel Bebas	23
3.3.2 Variabel Terikat	23
3.3.3 Variabel Kontrol	24
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.4.1 Alat Penelitian	24
3.4.2 Bahan Penelitian.....	29
3.5 Skema Instalasi Alat Penelitian.....	30
3.6 Prosedur Penelitian	30
3.6.1 Proses Pengambilan Data.....	30
3.6.2 Pengolahan Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Pengaruh komposisi campuran biodiesel minyak nyamplung dengan MWCNT terhadap Evolusi Temperatur.....	34
4.2 Pengaruh komposisi campuran biodiesel minyak nyamplung dengan MWCNT terhadap Ignition Delay Time.....	36
4.3 Pengaruh komposisi campuran biodiesel minyak nyamplung dengan MWCNT terhadap Konstanta <i>Burning Rate</i>	37
4.4 Pengaruh komposisi campuran biodiesel minyak nyamplung dengan MWCNT terhadap Visualisasi nyala Api	39

4.4.1 Pengaruh komposisi campuran biodiesel minyak nyamplung dengan MWCNT terhadap Tinggi Api dan Lebar Api	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Visualisasi Nyala Api	5
Gambar 2. 2 Burning Rate pembakaran <i>droplet</i>	7
Gambar 2. 3 Ignition delay pembakaran <i>droplet</i>	9
Gambar 2. 4 Temperatur pembakaran <i>droplet</i>	11
Gambar 2. 5 Bentuk Struktur MWCNT	17
Gambar 2. 6 Ilustrasi Proses Pembakaran	18
Gambar 2. 7 Model api difusi pada pembakaran	19
Gambar 2. 8 Nyala api di sebelah kiri <i>droplet</i> berupa non spherical di sebelah kanan <i>droplet</i> berupa spherical	20
Gambar 3. 1 Gambar Diagram Alir	22
Gambar 3. 2 <i>Coil heater</i>	24
Gambar 3. 3 <i>Thermocouple</i>	25
Gambar 3. 4 Akumulator	25
Gambar 3. 5 Data Logger	26
Gambar 3. 6 Laptop	27
Gambar 3. 7 Kamera	27
Gambar 3. 8 Timbangan Analitik	28
Gambar 3. 9 Pembuat <i>Droplet</i>	28
Gambar 3. 10 Minyak Nyamplung	29
Gambar 3. 11 Multi-Wallet Carbon Nanotubes	29
Gambar 3. 12 Skema Penelitian	30
Gambar 4.1 Evolusi temperatur <i>droplet</i>	34
Gambar 4.2 Ignition delay time dan lama nyala api	37
Gambar 4.3 Konstanta burning rate	38
Gambar 4.4 Visualisasi pembakaran minyak nyamplung 0 ppm	40
Gambar 4.5 Visualisasi pembakaran minyak nyamplung 100 ppm	40
Gambar 4.6 Visualisasi pembakaran minyak nyamplung 200 ppm	40
Gambar 4.7 Visualisasi pembakaran minyak nyamplung 300 ppm	40
Gambar 4.8 Visualisasi pembakaran minyak nyamplung 400 ppm	41
Gambar 4.9 Visualisasi tinggi api biodiesel minyak nyamplung campuran MWCNT	42

Gambar 4.10 Visualisasi lebar api biodiesel minyak nyamplung campuran
MWCNT 43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Visualisasi Nyala Api	6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Laju Pembakaran (<i>Burning Rate</i>).....	8
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu Ignition Delay.....	10
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu Temperatur Pembakaran.....	12
Tabel 2. 5 Analisis karakteristik minyak nyamplung hasil Eksterifikasi.....	15
Tabel 2. 6 Analisis karakteristik minyak nyamplung setelah proses Eskterifikasi (Transesterifikasi).....	16
Tabel 2. 7 Analisis karakteristik MWCNT.....	17
Tabel 3. 1 Tabel Pengolahan Data Distribusi Temperatur.....	32
Tabel 3. 2 Tabel Pengolahan Data Ignition Delay.....	32
Tabel 3. 3 Tabel Pengolahan Burning Rate	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.Data Temperatur	51
Lampiran 2.Data terhadap Ignition Delay Time	52
Lampiran 3.Data terhadap lama nyala api.....	53
Lampiran 4.Data nilai konstanta burning rate dengan 0, 100,200,300,400 ppm	54
Lampiran 5.Proses pencampuran bahan bakar	63

ABSTRAK

Kebutuhan energi Indonesia meningkat sekitar 7% per tahun. biodiesel dengan kemurnian minimal 96,5% menjadi alternatif yang potensial salah satunya berasal dari minyak nyamplung yang mengandung minyak tinggi pada bijinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh MWCNT terhadap karakteristik pembakaran droplet biodiesel minyak nyamplung khususnya pada parameter temperatur, ignition delay time, burning rate dan visualisasi tinggi lebar nyala api. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan variasi konsentrasi MWCNT sebesar 0, 100, 200, 300, dan 400 ppm yang akan di campur menggunakan magnetic stirrer sementara proses pembakaran direkam dengan kamera 60 fps dan data temperatur dicatat melalui data logger. MWCNT dapat meningkatkan temperatur pembakaran dikarenakan konduktivitas termal yang sangat tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa penambahan MWCNT menurunkan nilai ignition delay time hal ini disebabkan oleh konduktivitas termal MWCNT yang tinggi yang mempercepat perpindahan panas. Pada nilai konstanta *burning rate* disebabkan oleh jumlah nanopartikel yang sangat banyak sehingga dapat meningkatkan konduktivitas termal yang mengakibatkan nilai burning rate meningkat. Ketinggian nyala disebabkan oleh pemanasan droplet dan kumpulan uap bahan bakar di sekeliling permukaan droplet selama masa ignition delay yang menandai tahap awal pembakaran. Lebar api berkurang karena terjadi aglomerasi partikel cenderung menghambat difusi lateral uap sehingga lebar api lebih sempit. MWCNT memiliki kemampuan konduktivitas termal tinggi dan efek radiasi termal menjadi lebih dominan penguapan bahan bakar yang lebih efisien serta memperluas zona reaksi yang menyebabkan pelebaran lebar api

Kata Kunci : Biodiesel, Minyak nyamplung, MWCNT, Droplet, Karakteristik pembakaran

ABSTRACT

Indonesia energy needs increase by approximately 7% per year. Biodiesel with a minimum purity of 96.5% is a potential alternative, one of which comes from nyamplung oil which contains high oil in its seeds. This study aims to examine the effect of MWCNT on the combustion characteristics of nyamplung oil biodiesel droplets, especially on temperature parameters, ignition delay time, burning rate and flame height visualization. The study was conducted experimentally with variations in MWCNT concentrations of 0, 100, 200, 300, and 400 ppm which will be mixed using a magnetic stirrer while the combustion process is recorded with a 60 fps camera and temperature data is recorded through a data logger. MWCNT can increase the combustion temperature due to its very high thermal conductivity. The study shows that the addition of MWCNT reduces the ignition delay time value, this is due to the high thermal conductivity of MWCNT which accelerates heat transfer. The burning rate constant value is caused by the very large number of nanoparticles so that it can increase thermal conductivity which results in an increased burning rate value. The flame height is caused by the heating of the droplet and the accumulation of fuel vapor around the droplet surface during the ignition delay period, which marks the initial stage of combustion. The flame width is reduced because particle agglomeration tends to inhibit the lateral diffusion of vapor, resulting in a narrower flame width. MWCNTs have high thermal conductivity and the effect of thermal radiation becomes more dominant, resulting in more efficient fuel evaporation and expanding the reaction zone, which causes a wider flame width.

Keywords: Biodiesel, Nyamplung oil, MWCNT, Droplet, Combustion characteristics