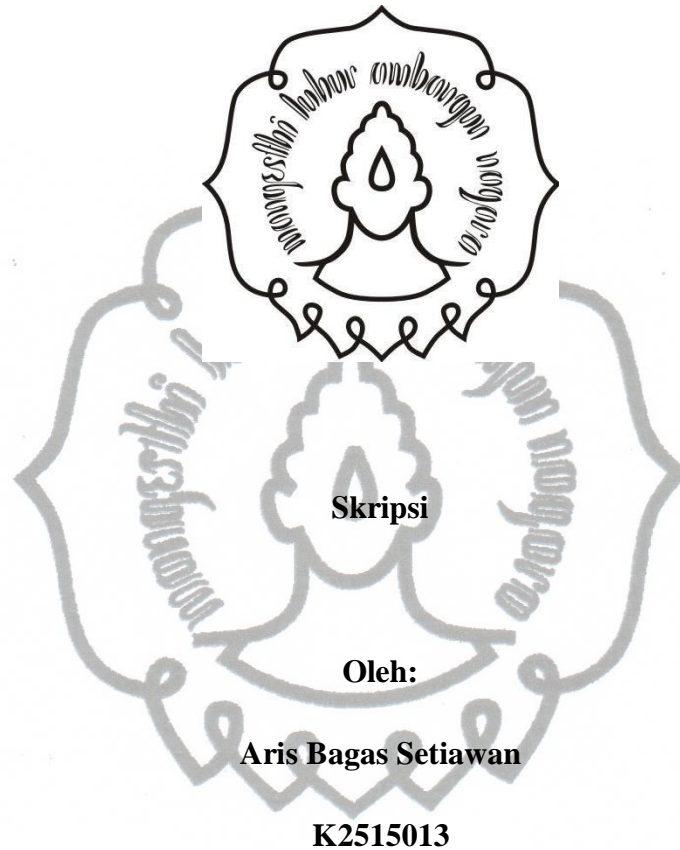


**SIMULASI NUMERIK KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET*  
BIOSOLAR DALAM SKALA BESAR PADA KONDISI TIGA-DIMENSI  
(3D) MELALUI PENDEKATAN *PERCOLATION***



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aris Bagas Setiawan  
NIM : K2515013  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

menyatakan bahwa skripsi saya berjudul **“SIMULASI NUMERIK KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* BIOSOLAR DALAM SKALA BESAR PADA KONDISI TIGA-DIMENSI (3D) MELALUI PENDEKATAN *PERCOLATION*”** ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Selain itu, sumber informasi yang dikutip dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila pada kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Surakarta, Juli 2019

Yang membuat pernyataan

Aris Bagas Setiawan

**SIMULASI NUMERIK KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET*  
BIOSOLAR DALAM SKALA BESAR PADA KONDISI TIGA-DIMENSI  
(3D) MELALUI PENDEKATAN *PERCOLATION***

Oleh :

**ARIS BAGAS SETIAWAN**

**K2515013**

**Skripsi**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mendapatkan gelar  
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**Juli 2019**

PERSETUJUAN

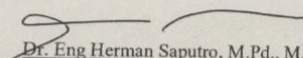
Nama : Aris Bagas Setiawan  
NIM : K2515013  
Judul Skripsi : Simulasi Numerik Karakteristik Pembakaran *Droplet* Biosolar  
Dalam Skala Besar Pada Kondisi Tiga-Dimensi (3D) Melalui Pendekatan  
*Percolation*.

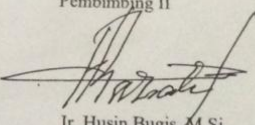
Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji  
Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret  
Surakarta.

Surakarta, Juli 2019  
Persetujuan Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Eng Herman Saputro, M.Pd., M.T  
NIP. 19780514 2005012 002



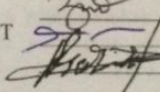
  
Ir. Husin Bugis, M.Si  
NIP. 195810031988111001

### PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Aris Bagas Setiawan  
 NIM : K2515013  
 Judul Skripsi : Simulasi Numerik Karakteristik Pembakaran *Droplet* Biosolar  
 Dalam Skala Besar Pada Kondisi Tiga-Dimensi (3D) Melalui  
 Pendekatan *Percolation*

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta pada hari, \_\_\_\_\_, dengan hasil LULUS dan revisi maksimal \_\_\_\_\_ bulan. Skripsi telah direvisi dan mendapat persetujuan dari Tim Penguji.

Persetujuan hasil revisi oleh Tim Penguji:

	Nama Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Dr. Yuyun Estriyanto, S.T., M.T		9/8-19
Sekretaris	: Budi Harjanto, S.T., M.Eng		7/8 2019
Anggota I	: Dr. Eng Herman Saputro, M.Pd., M.T		9/8-19
Anggota II	: Ir. Husin Bugis, M.Si		

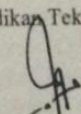
Skripsi disahkan oleh Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

pada,  
 Hari : Jum'at  
 Tanggal : 9 Agustus 2019

Mengesahkan,



Kepala Program Studi  
 Pendidikan Teknik Mesin,

  
 Dr. Yuyun Estriyanto, ST., M.T  
 NIP. 197801132002121009



## ABSTRAK

Aris Bagas S, K2515013. **SIMULASI NUMERIK KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* BIOSOLAR DALAM SKALA BESAR PADA KONDISI TIGA-DIMENSI (3D) MELALUI PENDEKATAN *PERCOLATION***. Skripsi, Surakarta : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Juli 2019.

Karakteristik perambatan api merupakan pondasi awal guna mendapatkan pembakaran yang sempurna. Perilaku perambatan api telah dilakukan pada penelitian sebelumnya, dengan menggunakan pendekatan *microgravity combustion*. Namun dalam penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan jumlah *droplet* yang terbatas karena waktu yang relatif singkat. Oleh karena itu pentingnya dilakukan penelitian perilaku perambatan api dalam skala besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebaran api *droplet* yang didistribusikan secara acak dalam skala besar dengan menggunakan pendekatan *percolation*. Teori *percolation* digunakan sebagai aturan penyebaran api yang menggambarkan perilaku dari pembakaran kelompok makroskopis dengan distribusi *droplet* secara acak. Penelitian ini dilakukan dengan berdasarkan hasil eksperimen *droplet array microgravity combustion* yaitu jarak batas api menyebar  $(S/d_0) = 7$ . Nyala api tidak dapat menyebar ke *droplet* jika melebihi batas penyebaran api  $(S/d_0)$ , tetapi menyebar ke *droplet* yang berada di dalam batas penyebaran api  $(S/d_0)$ .

Metode dalam penelitian ini adalah metode komputasi. Metode komputasi merupakan metode untuk menemukan pemecahan permasalahan dari data input dengan suatu algoritma. Komputasi merupakan subbagian dari matematika. Kegiatan yang dilakukan adalah melakukan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Matlab dimana input dari simulasi tersebut adalah data yang diperoleh dari hasil eksperimen pembakaran *droplet array microgravity combustion*. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu ukuran *lattice*, jumlah *droplet*, *occupation fraction* dan batas penyebaran api  $(S/d_0)$ . Variabel terikat dalam penelitian ini adalah OPGC atau yang dikenal sebagai pembakaran kelompok. Variabel control dalam penelitian ini yaitu *lattice* 3D, *droplet* biosolar sebagai bahan uji dan data eksperimen *microgravity combustion*.

Hasil dari penelitian ini adalah: (1) Probabilitas pembakaran kelompok (OPGC) menurun dengan cepat di sekitar jarak rata-rata kritis  $(S/d_0)_{kritis}$  ketika jarak rata-rata *droplet*  $(S/d_0)_m$  meningkat. (2) Ketika *occupation fraction* meningkat maka pembakaran kelompok juga meningkat. (3) Grafik OPGC menjadi lebih tajam ketika ukuran *lattice*  $(NL/d_0)$  meningkat, karena lebih banyak terjadi pembakaran kelompok jika dibandingkan dengan ukuran *lattice* yang lebih kecil pada nilai *occupation fraction* yang sama.

**Keywords:** *Flame Spread ; Microgravity Combustion ; Teori percolation ; Group Combustion.*

## ABSTRACT

*Aris Bagas S, K2515013. NUMERICAL SIMULATION of LARGE SCALE BIODIESEL DROPLET in THREE-DIMENSIONAL (3D) ARRANGEMENT THROUGH the PERCOLATION APPROACH. Thesis, Surakarta: Teacher Training and Education Faculty, Sebelas Maret University Surakarta, Juli 2019.*

*Characteristics of flame propagation are the initial foundation for getting complete combustion. Flame propagation behavior has been carried out in previous studies, using the microgravity combustion approach. But in the study it still has a limited number of droplets that are limited due to the relatively short time. Therefore, it is important to conduct a large scale flame propagation behavior study. The purpose of this study was to determine the spread flame of droplet that distributed randomly on a large scale using the percolation approach. Percolation theory is used as a rule for spreading flame which describes the behavior of macroscopic group combustion with random droplet distribution. This research was conducted based on the results of the microgravity combustion droplet array experiment, namely the distance of the spread limit ( $S / d_0$ ) = 7. The flame cannot spread to the next droplet if it exceeds the flame spread limit ( $S / d_0$ ), but spreads to the droplet inside fire spread limit ( $S / d_0$ ).*

*The method in this study is a computational method. Computational method is a method for finding problem solving from input data with an algorithm. Computing is a subset of mathematics. The activity carried out is conducting a numerical simulation using Matlab software where the input from the simulation is data obtained from the results of the droplet array microgravity combustion experiment. The independent variables in this study are lattice size, number of droplets, occupation fraction and flame spread limits ( $S / d_0$ ). The dependent variable in this study is OPGC, also known as group combustion. Control variables in this study are 2D lattice, biosolar droplets as test materials and microgravity combustion experimental data.*

*The results of this study are: (1) The occurrence probability of group combustion (OPGC) decreases rapidly around the critical distance ( $S/d_0$ )<sub>critical</sub> due to the increasing distance of the droplet ( $S/d_0$ )<sub>m</sub>. (2) When occupation fraction increases then group combustion also increases. (3) The OPGC chart becomes sharper when the lattice size ( $NL / d_0$ ) increases, because more group combustion occurs when compared to the smaller lattice size at the same occupational fraction value.*

**Keywords:** *Flame Spread ; Microgravity Combustion ; Percolation Theory ; Group Combustion.*

## MOTTO

*“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.”*

**(QS. Ar-Ra’d 13:11)**

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”*

**(QS. Alam Nasyroh: 6)**

*"Aku tidak gagal. Aku hanya menemukan 10.000 cara yang tidak berhasil"*

**Thomas Alva Edison**

*“Don’t just fly, soar.”*

**KKN Magetan 2019**

*“Berangkat dengan penuh keyakinan. Berjalan dengan penuh keikhlasan. Istiqomah dalam menghadapi cobaan. YAKIN, IKHLAS, ISTIQOMAH”*

**Anonim**



## PERSEMBAHAN

Skripsi ini, saya persembahkan untuk:

**Bapak Sugiyono dan Ibu Sumini** “Yang telah membesarkan dan mendidik ku, yang senantiasa mendukungku, dan mendoakan setiap langkahku, semoga beliau senantiasa diberi kesehatan, Aamiin”

**Kakakku Astri Meriyani, Amri Dwi Rahayu, dan Anindar Triyaji** “Yang selalu mendukung dan mendoakanku, beruntung punya kakak seperti kalian”

**Tim Eksperimen Microgravity (Rusdan, Hengki, Bawono, Wahyu, Rifki, Hesti,)** “Terimakasih atas dukungan dan wejangan nya”

**Tim Simulasi Microgravity (Apriliya, Arrizal, Irham)** “Konco mumet bareng ning perpus”

**Imaji Long Live Family (Ade, Miftah, Danang, Ilham, Aulia, Mukhlis, Eko, Wahyudi, Galang, Rieky, Ganjar, Reynaldi, Rinaldi)** “Suwun lur, bangga duwe konco hebat-hebat koyo kalian “

**Tim KKN Magetan** ”konco urip 45 hari, gayeng tapi kadang yo nganyeli “

**Keluarga PTM 2015** “Konco seperjuangan selama 4 tahun, bangga punya keluarga seperti kalian, *see you on top lur* “

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**SIMULASI NUMERIK KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* BIOSOLAR DALAM SKALA BESAR PADA KONDISI TIGA-DIMENSI (3D) MELALUI PENDEKATAN *PERCOLATION*”.**

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Mardiyana, M.Si selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Dr. Yuyun Estriyanto, ST., M.T selaku Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Dr. Eng Herman Saputro, M.Pd., M.T selaku Pembimbing I, yang selalu memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Husin Bugis, M.Si selaku Pembimbing II, yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu selaku orang tua yang selalu memberikan doa demi kelancaran skripsi ini.
6. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari bahwa pembuatan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan bagi para pembaca.

Surakarta, Juli 2019

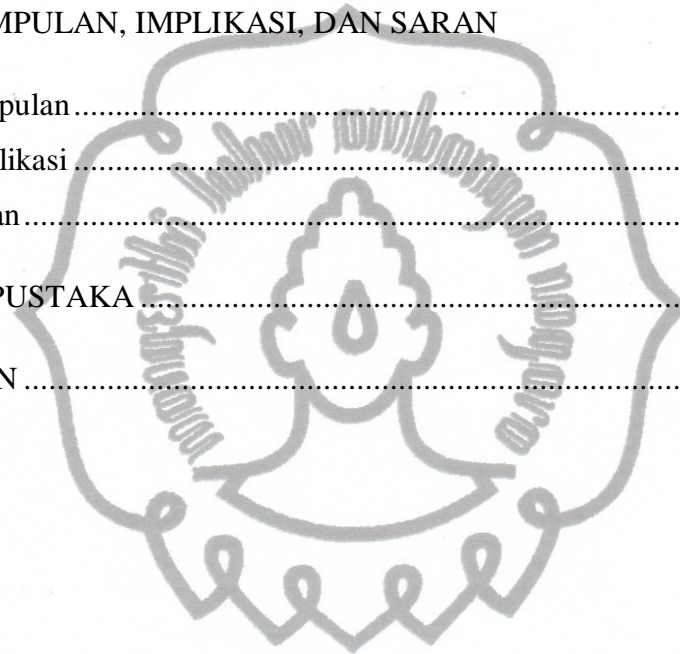


Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGAJUAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
HALAMAN ABSTRAK.....	vi
HALAMAN ABSTRACT.....	vii
HALAMAN MOTTO.....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Pembatasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS</b>	
A. Kajian Pustaka.....	6
B. Kerangka Berpikir .....	13
C. Hipotesis .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
B. Desain Penelitian .....	15
C. Teknik Pengumpulan Data .....	16

D. Teknik Analisis Data.....	17
E. Prosedur Penelitian.....	18
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	21
B. Pembahasan .....	22
<b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN</b>	
A. Simpulan.....	39
B. Implikasi .....	39
C. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN .....	43





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Konsumsi energi dunia .....	1
Gambar 2. 1 Pembakaran <i>droplet</i> .....	8
Gambar 2. 2 Jarak <i>droplet</i> lebih besar daripada jarak batas penyebaran api .....	8
Gambar 2. 3 Peta Penyebaran Api .....	9
Gambar 2. 4 Ilustrasi skematis dari “jaringan Irigasi Texas” .....	10
Gambar 2. 5 model <i>percolation</i> mempertimbangkan waktu dan jarak penyebaran api.....	11
Gambar 2. 6 Desain Batas Api Menyebar Searah .....	12
Gambar 2.7 Desain batas api menyebar tegak lurus.....	13
Gambar 2.8 Diagram Kerangka Berpikir .....	14
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian .....	18
Gambar 4.1 Prosedur perhitungan menggunakan pendekatan <i>percolation</i> .....	22
Gambar 4.2 Pengaruh <i>occupation fraction</i> terhadap OPGC.....	23
Gambar 4.3 Pola penyebaran <i>droplet</i> dalam <i>lattice</i> tiga dimensi dengan $NL/d_0 = 200$ dan <i>occupation fraction</i> yang berbeda .....	25
Gambar 4.4 Perubahan grafik <i>occupation fraction</i> menjadi $S/d_0, NL/d_0 = 50$ .....	26
Gambar 4.5 Pembakaran kelompok pada $S/d_0$ yang berbeda, $NL/d_0 = 50$ .....	27
Gambar 4.6 Perubahan grafik <i>occupation fraction</i> menjadi $S/d_0, NL/d_0 = 100$ .....	28
Gambar 4.7 Pembakaran kelompok pada $S/d_0$ yang berbeda, $NL/d_0 = 100$ .....	30
Gambar 4.8 Perubahan grafik <i>occupation fraction</i> menjadi $S/d_0, NL/d_0 = 200$ .....	31
Gambar 4.9 Pembakaran kelompok pada $S/d_0$ yang berbeda $NL/d_0 = 200$ .....	32
Gambar 4.10 Penyusunan ulang <i>droplet</i> dalam <i>lattice</i> 3D .....	33
Gambar 4.11 Transformasi grafik $P$ menjadi $S/d_0$ .....	34
Gambar 4.12 Pengaruh $S/d_0$ terhadap OPGC .....	35
Gambar 4.13 Perilaku penyebaran api berdekatan dengan jarak kritis.....	36
Gambar 4.14 Laju perambatan api.....	38
Gambar 4.15 Perbandingan laju perambatan api.....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

A. Tabel perhitungan OPGC .....	43
B. Program Matlab.....	46

