

**OPTIMASI PEMBUATAN BIOBRIKET DARI LIMBAH RANTING TEH  
(*CAMELLIA SINENSIS*) MELALUI PROSES PIROLISIS DENGAN  
PENDEKATAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar  
Sarjana Sains*



**Oleh :**

**HAINUR AINI**

**NIM. 20036046/2020**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2024**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

**Optimasi Pembuatan Biobriket dari Limbah Ranting Teh (*Camellia sinensis*)  
Melalui Proses Pirolisis dengan Pendekatan *Response Surface Methodology*  
(RSM)**

Nama : Hainur Aini  
NIM : 20036046  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 28 Februari 2024

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Alizar, S.Pd., M.Sc., Ph.D  
NIP. 19700902 199801 1 002

Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Anny Sulaswatty, M.Eng  
NIP. 19570811 198303 2 001

Mengetahui :

Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 19721024 199803 1 001

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI


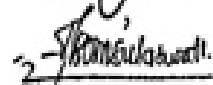


Nama : Hainur Aini  
TM/NIM : 2020/20036046  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### OPTIMASI PEMBUATAN BIOBRIKET DARI LIMBAH RANTING TEH (*CAMELLIA SINENSIS*) MELALUI PROSES PIROLISIS DENGAN PENDEKATAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 28 Februari 2023

#### Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Alizar, S.Pd., M.Sc., Ph.D	1. 
2	Anggota	Prof. Dr. Ir. Anny Sulaswatty, M.Eng	2. 
3	Anggota	Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D	3. 
4	Anggota	Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D	4. 

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Hainur Aini  
NIM : 20036046  
Tempat/Tanggal Lahir : Rantau Langkap / 16 Mei 2002  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : Optimasi Pembuatan Biobriket dari Limbah Ranting Teh (*Camellia sinensis*) Melalui Proses Pirolisis dengan Pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Februari 2024  
Yang Menyatakan



**Hainur Aini**  
**NIM. 20036046**

# **OPTIMIZATION OF BRIQUETTE MAKING FROM TEA TWIG WASTE (CAMELLIA SINENSIS) THROUGH PYROLYSIS PROCESS WITH RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM) APPROACH**

Hainur Aini

## **ABSTRACT**

*In order to revitalize the national economy, the Indonesian government seeks to transform the economy into a greener or circular economy (BSN PR, 2022). One of the efforts to drive circular economic activities is by reducing the amount of unused waste and increasing the added value of the waste. The Tea Garden of the Gambung Tea and Kina Research Center produces solid waste that has the potential to be quite large, reaching 23,750 kg/ha with a population of 10,000 trees/ha. The waste consists of branches (77%) and leaves (23%). Tea twig waste contains high enough carbon that it has the potential to be processed into raw materials for fuel production through the pyrolysis process.*

*Optimization of pyrolysis conditions was carried out at variations of temperature 300-500°C, time 30-90°C, and particle size 0.5-2.38 mm. Meanwhile, optimization of biochar formulation and printing was carried out at variations of biochar particle size of 150-850µm, adhesive concentration of 10-20%, and immersion time in cooking oil of 0-6 minutes. Both optimizations were carried out with the Response Surface Methodology (RSM) Box-Behnken Design (BBD) approach using Design-Expert 13 software. In the formulation of biobriquettes, resin resin is used as an adhesive and briquettes are also dipped in used cooking oil which aims to reduce moisture content, increase calorific value, and make briquettes denser. The optimum biochar results were obtained after pyrolysis at a temperature of 418°C for 33 minutes and a particle size of 2.38 mm. The optimum briquettes were obtained under conditions of biochar particle size of 500 µm, adhesive concentration of 20%, and immersion time of 3 minutes, with the results of moisture content of 3.14%, ash content of 3.68%, fly substance content of 13.23%, bound carbon of 79.95%, calorific value of 8422.66 cal/g, burning rate of 0.11 g/min, density of 0.92 g/cm<sup>3</sup>, and hardness of 11.24 N/cm<sup>2</sup>, and have met the requirements of briquettes according to SNI No.1/6235/2000. Further characterization was observed with CHN Analyzer, XRF, FTIR and SEM to compare between raw materials, optimum biochar, and optimum briquettes.*

**Keywords:** *circular economy, carbon, pyrolysis, biochar, biobricks, RSM*

# OPTIMASI PEMBUATAN BIOBRIKET DARI LIMBAH RANTING TEH (*CAMELLIA SINENSIS*) MELALUI PROSES PIROLISIS DENGAN PENDEKATAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM)

Hainur Aini

## ABSTRAK

Dalam rangka merevitalisasi perekonomian nasional, pemerintah Indonesia berupaya mentransformasi perekonomian menjadi ekonomi yang lebih hijau atau sirkular (Humas BSN, 2022). Salah satu upaya menggerakkan kegiatan ekonomi sirkular adalah dengan cara mengurangi jumlah limbah yang tidak terpakai dan meningkatkan nilai tambah dari limbah tersebut. Kebun Teh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung menghasilkan limbah padat yang berpotensi cukup besar yaitu mencapai 23.750 kg/ha dengan populasi sebanyak 10.000 pohon/ha. Limbah tersebut terdiri dari cabang/ranting (77%) dan daun (23%). Limbah Ranting Teh mengandung karbon yang cukup tinggi sehingga berpotensi diolah menjadi bahan baku produksi bahan bakar melalui proses pirolisis.

Optimasi kondisi pirolisis dilakukan pada variasi temperatur 300-500°C, waktu 30-90°C, dan ukuran partikel 0,5-2,38 mm. Sedangkan optimasi formulasi dan pencetakan biobriket dilakukan pada variasi ukuran partikel *biochar* 150-850µm, konsentrasi perekat 10-20%, dan waktu pencelupan ke minyak jelantah 0-6 menit. Kedua optimasi tersebut dilakukan dengan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) *Box-Behnken Design* (BBD) menggunakan *software Design-Expert* 13. Pada formulasi biobriket digunakan getah damar sebagai perekat dan dilakukan juga pencelupan briket ke dalam minyak jelantah yang bertujuan untuk menurunkan kadar air, meningkatkan nilai kalor, dan membuat briket menjadi lebih padat. Hasil *biochar* optimum didapatkan setelah dilakukan proses pirolisis pada kondisi temperatur 418°C selama 33 menit dan ukuran partikel bahan sebesar 2.38 mm. Adapun biobriket optimum diperoleh pada kondisi ukuran partikel *biochar* 500 µm, konsentrasi perekat 20%, dan waktu pencelupan selama 3 menit, dengan hasil kadar air 3.14%, kadar abu 3,68%, kadar zat terbang 13,23%, karbon terikat 79,95%, nilai kalor 8422,66 kal/g, laju pembakaran 0,11 g/menit, densitas 0,92 g/cm<sup>3</sup>, dan kekerasan 11,24 N/cm<sup>2</sup>, serta telah memenuhi syarat biobriket menurut SNI No.1/6235/2000. Karakterisasi lanjut diamati dengan *CHN Analyzer*, XRF, FTIR dan SEM untuk membandingkan antara bahan baku, *biochar* optimum, dan biobriket optimum.

**Kata Kunci** : ekonomi sirkular, karbon, pirolisis, *biochar*, biobriket, RS

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga penyusunan tugas akhir dengan judul “Optimasi Pembuatan Biobriket dari Limbah Ranting Teh Melalui Proses Pirolis dengan Pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM)” dapat penulis selesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains. Penyelesaian penelitian dan penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Budhi Oktavia, S.Si, M. Si, Ph.D selaku Kepala Departemen Kimia sekaligus Koordinator Program Studi Kimia, serta sebagai Dosen Pembahas Tugas Akhir.
2. Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed selaku Kepala Departemen Biologi sekaligus Dosen yang telah bersedia menjadi PIC dalam pendaftaran kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).
3. Edi Nasra, S.Si.,M.Si selaku Sekretaris Departemen Kimia sekaligus Dosen yang telah banyak membantu penulis dalam proses pendaftaran Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di Pusat Riset Kimia Maju BRIN.
4. Alizar, S.Pd., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I selama proses penulisan tugas akhir sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan bimbingan selama menempuh pendidikan di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Negeri Padang.

5. Prof. Dr. Ir. Anny Sulaswatty, MEng selaku Pembimbing MBKM sekaligus Pembimbing II selama proses penyelesaian penelitian dan penulisan tugas akhir.
6. Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembahas Tugas Akhir.
7. Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung sebagai supplier bahan baku limbah ranting teh.
8. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah membantu dan meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu kepada penulis.
9. Ayah Hairul Akmal, Ayah Jumani, Bunda Nurasih, Ibu Halimah, dan Kakak Hainur Yuszra tercinta yang selalu memberikan motivasi, doa, serta dukungan baik secara material maupun nonmaterial untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Zolla Azhara selaku sahabat yang telah membantu banyak dalam proses pendaftaran MBKM di Pusat Riset Kimia Maju BRIN hingga penyelesaian berkas-berkas tugas akhir, serta bersedia menjadi teman berkeluh kesah dalam hal apapun.
11. Nisa Fatdillah, Puspita Rahayu, Saskia Fiestika Berliana, Fitri Ayu, Siti Rahmah, dan Laily Diah Oktasari sebagai rekan tim yang telah berjuang bersama dalam melakukan penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Difa Ramadhan Sham sebagai *best support system*.
13. Fiqrhatul Ilmi selaku Senior yang banyak membantu dalam penulisan tugas akhir.



14. Raisya Pratama Putri Aswati, Rahmi Sukratilla, Riskon, Nadila Safitri, dan Fajrul Alif Arifin yang tidak henti selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
15. Nola Gusvita, Jihan Junia Sari, dan Salsabila Suprihatin selaku sahabat yang bersedia menjadi tempat bercerita paling nyaman bagi penulis.
16. Diri sendiri, Hainur Aini, terima kasih sudah berjuang dan bertahan sejauh ini, jangan menyerah karena masih begitu banyak target yang harus dicapai. Tetap semangat.
17. Bangtan Sonyeondan (BTS), terutama Suga sebagai pembangkit semangat dan penghibur penulis ketika lagi merasa putus asa dan hamper menyerah.
18. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk selalu memberikan bantuan moral dan spiritual.

Akhir kata, kritik dan saran yang membangun penulis perlukan dalam perbaikan tugas akhir. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga bagi pembaca.

Padang, Februari 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian .....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Ekonomi Sirkular .....	8
B. Bahan Baku Ranting Teh .....	9
1. Pemangkasan Tanaman Teh .....	9
2. Limbah Ranting Teh .....	10
3. Potensi Limbah Ranting Teh .....	11
C. Getah Damar.....	11
D. Minyak Jelantah .....	13
E. Pirolisis.....	15
1. Definisi Pirolisis.....	15
2. Parameter Pirolisis .....	16
F. Biobriket.....	18
G. Sifat Fisika dan Kimia Briket .....	19
H. Perancangan Percobaan .....	21
1. Klasifikasi Rancangan Percobaan.....	21
2. Desain Eksploratif.....	21
I. Perangkat lunak <i>Design-Expert</i> .....	22
J. <i>Response Surface Methodology</i> (RSM) .....	24
K. Uji Karakteristik.....	28
1. Analisis Proksimat .....	28
2. Analisis Nilai Kalor .....	30
3. Analisis CHN.....	31
4. Analisis Densitas Biobriket.....	32
5. Analisis Kekerasan Biobriket .....	32
6. Analisis Laju Pembakaran Biobriket .....	33
7. <i>X-ray Fluorescence Analysis</i> .....	33
8. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) <i>Analysis</i> .....	34
9. <i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SM-EDX) <i>Analysis</i> .....	36
BAB III METODE PENELITIAN.....	39
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	39
B. Bahan dan Peralatan .....	39
C. Variabel Penelitian .....	40
D. Prosedur Penelitian.....	41

1.	Persiapan Bahan Baku dan Analisis Bahan Baku.....	41
2.	Proses Pirolisis.....	42
3.	Optimasi Kondisi Proses Pirolisis, Formulasi, dan Pembuatan Biobriket dengan Pendekatan RSM .....	42
4.	Pencetakan Biobriket dan Analisis Produk.....	43
E.	Prosedur Analisis.....	44
1.	Kadar Air ( <i>Inherent moisture</i> ) .....	44
2.	Kadar Abu ( <i>Ash content</i> ) .....	44
3.	Kadar Zat Mudah Menguap ( <i>Volatile matter</i> ) .....	44
4.	Kadar Karbon Tetap ( <i>Fixed carbon</i> ).....	45
5.	Nilai Kalor .....	45
6.	Densitas.....	45
7.	Kekerasan (Kuat Tekan) .....	45
8.	Laju Pembakaran .....	46
9.	CHN .....	46
10.	XRF.....	46
11.	FTIR.....	47
12.	SEM-EDX.....	47
F.	Diagram Alir Penelitian .....	48
G.	Rancangan Percobaan.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		50
A.	Proses Pirolisis .....	50
B.	Pembakaran <i>Biochar</i> Menghasilkan Nilai Kalor.....	51
C.	Tahap 1 : Optimasi Proses Pirolisis dengan Pendekatan RSM .....	52
1.	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Biochar</i> Ranting Teh .....	53
a.	Rendemen <i>Biochar</i> .....	55
b.	Kadar Air <i>Biochar</i> .....	58
c.	Kadar Abu <i>Biochar</i> .....	60
d.	Kadar Zat Mudah Menguap ( <i>Volatile Matter</i> ) <i>Biochar</i> .....	63
e.	Kadar Karbon Tetap ( <i>Fixed Carbon</i> ) <i>Biochar</i> .....	65
f.	Nilai Kalor <i>Biochar</i> .....	68
2.	Solusi <i>Biochar</i> Optimum Menurut <i>Design-Expert 13</i> .....	71
3.	Verifikasi Solusi Kondisi Pirolisis Untuk Mendapatkan <i>Biochar</i> Optimum 72	
D.	Proses Formulasi, Pencetakan, dan Pembakaran Biobriket.....	74
1.	Pelarutan Bubuk Getah Damar dalam Kerosin.....	74
2.	Formulasi dan Pencetakan Biobriket .....	74
3.	Pencelupan ke dalam Minyak Jelantah .....	75
4.	Pembakaran Biobriket.....	76
E.	Tahap 2 : Optimasi Formulasi dan Pencetakan Biobriket dengan Pendekatan RSM.....	76
1.	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Biobriket .....	78
a.	Kadar Air Biobriket .....	79
b.	Kadar Abu Biobriket.....	81
c.	Kadar Zat Mudah Menguap ( <i>Volatile Matter</i> ) Biobriket.....	84
d.	Kadar Karbon Tetap ( <i>Fixed Carbon</i> ) Biobriket.....	87
e.	Nilai Kalor Biobriket .....	90
f.	Laju Pembakaran Biobriket .....	94

g. Densitas Biobriket.....	97
h. Kekerasan (Kuat Tekan) Biobriket .....	100
2. Solusi Biobriket Optimum Menurut <i>Design-Expert 13</i> .....	103
3. Verifikasi Solusi Biobriket Optimum .....	104
F. Perbandingan Hasil Karakterisasi Antara Bahan Baku, <i>Biochar</i> Optimum, dan Biobriket Optimum .....	106
1. Analisis Proksimat .....	106
2. Analisis Nilai Kalor .....	107
3. Analisis CHN.....	109
4. Analisis XRF.....	111
5. Analisis FTIR.....	112
6. Analisis SEM-EDX.....	115
BAB V PENUTUP.....	119
A. Simpulan.....	119
B. Saran .....	120
DAFTAR PUSTAKA .....	121
LAMPIRAN.....	133

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah .....	15
Tabel 2. Standar Mutu Biobriket Menurut SNI No.1/6235/2000 .....	19
Tabel 3. Variabel Penelitian Proses Pirolisis .....	43
Tabel 4. Variabel Bebas Pembuatan Biobriket .....	43
Tabel 5. Rancangan Percobaan Proses Pirolisis Ranting Teh Menurut RSM-BBD .....	49
Tabel 6. Rancangan Percobaan Formulasi dan pencetakan Biobriket Ranting Teh Menurut RSM-BBD .....	49
Tabel 7. Desain Eksperimental dan Hasil Respons dari Percobaan Pirolisis Limbah Ranting Teh.....	52
Tabel 8. Hasil ANOVA Respons Biochar Ranting Teh.....	54
Tabel 9. Hasil Verifikasi Solusi Kondisi Pirolisis Optimum Terhadap Respons Biochar .....	73
Tabel 10. Hasil Analisis Proksimat Biobriket Ranting Teh.....	77
Tabel 11. Hasil Analisis Nilai Kalor, Laju Pembakaran, Densitas. dan Kekerasan Biobriket Ranting Teh.....	77
Tabel 12. Hasil ANOVA Biobriket Ranting Teh.....	78
Tabel 13. Hasil Verifikasi Solusi Biobriket Optimum.....	104
Tabel 14. Perbandingan Hasil Analisis Proksimat Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	106
Tabel 15. Perbandingan Hasil Analisis Nilai Kalor Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	108
Tabel 16. Perbandingan Hasil Analisis CHN Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	109
Tabel 17. Perbandingan Kandungan Senyawa Hasil Analisis XRF Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	111
Tabel 18. Perbandingan Kandungan Unsur Hasil Analisis XRF Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum.....	111
Tabel 19. Interpretasi Hasil Analisis FTIR Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	113
Tabel 20. Perbandingan Hasil Analisis EDX Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	118

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Konsep Ekonomi Sirkular (Kouhihabibi, 2022) .....	8
Gambar 2. Pemangkasan Teh (PPTK Gambung, 2023) .....	9
Gambar 3. Kandungan Limbah Ranting Teh .....	10
Gambar 4. Getah Damar (Kasim et al., 2020).....	11
Gambar 5. Struktur Brasikasterol.....	12
Gambar 6. Minyak Jelantah .....	14
Gambar 7. Struktur Karbon Grafit (Taylor & Pople, 1995).....	16
Gambar 8. Briket (Novila, 2022) .....	18
Gambar 9. Proses optimasi dengan RSM (Montgomery, 2017) .....	25
Gambar 10. Central Composite Design (CCD) (Montgomery, 2017) .....	27
Gambar 11. Box-Behnken Design (BBD) .....	28
Gambar 12. Spektrum FTIR (Skoog et al., 1998).....	36
Gambar 13. Rangkaian Alat Pirolisis Kapasitas 300 mL.....	39
Gambar 14. Rangkaian Alat Pirolisis Kapasitas 2500 mL.....	40
Gambar 15. Cetakan Briket                      Gambar 16. Hydraulic Hot Press .....	40
Gambar 17. Grafik Pengaruh Faktor (a) Temperatur ,(b) Waktu, (c) Ukuran Partikel Terhadap Respons Rendemen Biochar .....	56
Gambar 18. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Temperatur dan Waktu, (b) Faktor Temperatur dan Ukuran Partikel, (c) Faktor Waktu dan Ukuran Partikel Terhadap Respons Rendemen Biochar .....	57
Gambar 19. Grafik Pengaruh Faktor (a) Temperatur ,(b) Waktu, (c) Ukuran Partikel Terhadap Respons Kadar Air Biochar .....	59
Gambar 20. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Waktu dan Temperatur, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Temperatur, (c) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Terhadap Respons Kadar Air Biochar .....	60
Gambar 21. Grafik Pengaruh Faktor (a) Temperatur ,(b) Waktu, (c) Ukuran Partikel Terhadap Respons Kadar Abu Biochar.....	61
Gambar 22. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Waktu dan Temperatur, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Temperatur, (c) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Terhadap Respons Kadar Abu Biochar.....	62
Gambar 23. Grafik Pengaruh Faktor (a) Temperatur ,(b) Waktu, (c) Ukuran Partikel Terhadap Respons Kadar Zat Mudah Menguap Biochar.....	64
Gambar 24. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Waktu dan Temperatur, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Temperatur, (c) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Terhadap Respons Kadar Zat Mudah Menguap Biochar .....	65
Gambar 25. Grafik Pengaruh Faktor (a) Temperatur ,(b) Waktu, (c) Ukuran Partikel Terhadap Respons Kadar Karbon tetap Biochar.....	66
Gambar 26. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Temperatur dan Waktu, (b) Faktor Temperatur dan Ukuran Partikel, (c) Faktor Waktu dan Ukuran Partikel Terhadap Respons Kadar Karbon Tetap Biochar.....	67

Gambar 27. Grafik Pengaruh Faktor (a) Temperatur ,(b) Waktu, (c) Ukuran Partikel Terhadap Respons Nilai Kalor Biochar .....	69
Gambar 28. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Waktu dan Temperatur, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Temperatur, (c) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Terhadap Respons Nilai Kalor Biochar .....	70
Gambar 29. Solusi Biochar Optimum Menurut Design-Expert 13.....	72
Gambar 30. Interaksi antara (a) Karbon Grafit Amorfi dan (b) Brasikasterol.....	75
Gambar 31. Interaksi antara (a) Asam Lemak dengan (b) Karbon Grafit .....	76
Gambar 32. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perak, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kadar Air Biobriket .....	81
Gambar 33. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Konsentrasi Perak dan Ukuran Partikel, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Pencelupan, (c) Faktor Konsentrasi Perak dan Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kadar Air Biobriket.....	81
Gambar 34. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perak, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kadar Abu Biobriket.....	83
Gambar 35. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Konsentrasi Perak dan Ukuran Partikel, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Pencelupan, (c) Faktor Konsentrasi Perak dan Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kadar Abu Biobriket .....	84
Gambar 36. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perak, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kadar Zat Mudah Menguap Biobriket.....	86
Gambar 37. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Ukuran Partikel dan Konsentrasi Perak, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Pencelupan, (c) Faktor Konsentrasi Perak dan Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kadar Zat Mudah Menguap Biobriket.....	87
Gambar 38. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perak, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kadar Karbon Tetap Biobriket.....	89
Gambar 39. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Konsentrasi Perak dan Ukuran Partikel, (b) Faktor Waktu Pencelupan dan Ukuran Partikel, (c) Faktor Waktu Pencelupan dan Konsentrasi Perak Terhadap Respons Kadar Karbon Tetap Biobriket.....	90
Gambar 40. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perak, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Nilai Kalor Biobriket .....	93
Gambar 41. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Konsentrasi Perak dan Ukuran Partikel, (b) Faktor Waktu Pencelupan dan Ukuran Partikel, (c) Faktor Waktu Pencelupan dan Konsentrasi Perak Terhadap Respons Nilai Kalor Biobriket.....	93
Gambar 42. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perak, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Laju Pembakaran Biobriket .....	96
Gambar 43. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Ukuran Partikel dan Konsentrasi Perak, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Pencelupan, (c) Faktor Konsentrasi Perak dan Waktu pencelupan Terhadap Respons Laju Pembakaran Biobriket.....	97

Gambar 44. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perekat, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Densitas Biobriket.....	99
Gambar 45. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Konsentrasi Perekat dan Ukuran Partikel, (b) Faktor Waktu Pencelupan dan Ukuran Partikel, (c) Faktor Waktu Pencelupan dan Konsentrasi Perekat Terhadap Respons Densitas Biobriket.....	99
Gambar 46. Grafik Pengaruh Faktor (a) Ukuran Partikel,(b) Konsentrasi Perekat, (c) Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kekerasan (kuat tekan) Biobriket ....	102
Gambar 47. Grafik Model 3D Surface Pengaruh Interaksi Antara (a) Faktor Ukuran Partikel dan Konsentrasi Perekat, (b) Faktor Ukuran Partikel dan Waktu Pencelupan, (c) Faktor Konsentrasi Perekat dan Waktu Pencelupan Terhadap Respons Kekerasan (kuat tekan) Biobriket.....	102
Gambar 48. Solusi Formulasi dan pencetakan Biobriket Optimum Menurut Design-Expert 13 .....	104
Gambar 49. Perbandingan Hasil Analisis FTIR Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	113
Gambar 50. Perbandingan Hasil Analisis SEM Antara Bahan Baku, Biochar Optimum, dan Biobriket Optimum .....	116



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sejak tahun 2015, berbagai isu keberlanjutan menjadi fokus *Sustainable Development Goals* (SDGs). Tidak hanya di bidang sosial, bidang ekonomi dan lingkungan juga diperhatikan. Dalam rangka merevitalisasi perekonomian nasional, pemerintah Indonesia berupaya mentransformasi perekonomian menjadi ekonomi yang lebih hijau atau sirkular (Humas BSN, 2022). Ekonomi sirkular adalah sistem di mana penggunaan dan nilai tambah bahan baku, komponen, dan produk dimaksimalkan dengan cara mengurangi jumlah limbah yang tidak terpakai dan dibuang ke tempat pembuangan limbah (Michelini *et al.*, 2017). Limbah organik seperti limbah pertanian, sisa makanan dan sisa kayu dapat menjadi sumber daya yang berharga jika dikelola dengan baik. Dalam banyak kasus, limbah organik dianggap sebagai gangguan dan kemudian dibuang atau diurai tanpa manfaat yang berarti (S *et al.*, 2016). Namun, dengan pendekatan ekonomi sirkular, limbah organik dapat didaur ulang sebagai bahan baku produksi energi terbarukan (Ghodake *et al.*, 2021).

Perkebunan teh biasanya melakukan pemangkasan tanaman teh secara teratur sesuai dengan ketinggian areal penanaman teh. Hasil dari pemangkasan tanaman teh menghasilkan limbah padat agroindustri teh dengan potensi yang cukup besar. Potensi limbah pangkasan di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung mencapai 23.750 kg/ha dengan populasi sebanyak 10.000 pohon/ha.

Limbah tersebut terdiri dari cabang/ranting (77%) dan daun (23%) (PPTK, 2006). Limbah teh dijadikan sebagai pupuk organik, bahan alternatif adsorben, pelet kayu (Harianto *et al.*, 2019), bahan pakan ternak serta sebagai bahan energi alternatif.

Batang, cabang, dan ranting teh banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Pemanasan selulosa pada temperatur yang cukup tinggi dapat menghilangkan atom hidrogen dan oksigen yang menempel pada selulosa sehingga hanya menyisakan atom karbon di setiap sudutnya (Puspita Sari, 2021). Berdasarkan hasil analisis CHN yang telah dilakukan Aini (2023) terhadap limbah ranting teh terdeteksi bahwa limbah ranting teh mengandung karbon sebesar 43,63%. Karbon yang terkandung cukup tinggi ini menjadikan limbah ranting teh berpotensi menjadi sumber energi alternatif berupa Biobriket (briket padat yang terbuat dari biomassa terkompresi). Dalam produksi Biobriket, biomassa dikeringkan dan dipres menjadi bentuk padat dengan kandungan energi yang tinggi. Biobriket dapat digunakan sebagai pengganti batubara dalam banyak aplikasi, seperti pemanas rumah, pembangkit listrik, dan industri (Vachlepi & Suwardin, 2013).

Dengan menggunakan limbah biomassa sebagai bahan baku, produksi Biobriket dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam fosil dan mengurangi penumpukan limbah organik. Penggunaan limbah organik yang diubah menjadi bahan bakar terbarukan seperti Biobriket dapat menciptakan siklus yang berkelanjutan di mana sumber daya digunakan secara efisien, limbah dikelola dengan baik dan nilai ekonomi meningkat. Selain itu,

produksi Biobriket juga dapat menciptakan lapangan pekerjaan yang baru di bidang energi terbarukan serta mendorong pembangunan ekonomi lokal.

Pembuatan Biobriket dapat dilakukan melalui proses pirolisis terlebih dahulu untuk meningkatkan nilai kalor. Hasil analisis TGA yang dilakukan Aini (2023) menunjukkan limbah ranting teh mengalami penurunan drastis dalam massa sampel pada temperatur 250-500°C. Setelah mencapai 500°C, massa limbah ranting teh menurun perlahan karena hampir semua senyawa volatil dihilangkan, sehingga terjadi sedikit penurunan berat sampel. Berdasarkan hal tersebut, pirolisis limbah ranting teh dilakukan pada variasi temperatur 300, 400, dan 500°C untuk mengidentifikasi hasil produksi *Biochar* yang optimum.

Penggunaan perekat dalam produksi Biobriket bertujuan untuk menyatukan partikel-partikel *Biochar* sehingga briket yang dihasilkan memiliki ikatan antar partikel yang kuat dan susunan partikelnya semakin baik (Jamilatun, 2008). Jenis perekat yang banyak digunakan oleh peneliti adalah tepung kanji (Almu *et al.*, 2014; Indrawijaya, 2019) dan tepung tapioka (Ariwidyanata *et al.*, 2019; Priyanto & Sudarno, 2018). Menurut penelitian Winoto & Hatina (2022) penggunaan getah damar sebagai perekat dapat meningkatkan nilai kalor dari Biobriket. Hal ini telah dilakukan juga oleh Firdaus *et al.* (2019) dalam penelitiannya yang membandingkan penggunaan perekat tapioka dengan perekat getah damar dalam pembuatan Biobriket dan hasil yang didapatkan adalah nilai kalor Biobriket dengan perekat getah damar lebih tinggi daripada Biobriket dengan perekat tapioka. Adapun Haryanti *et al.* (2023) memproduksi briket berbahan kayu alaban (*Vitex pubescens*) dan

cangkang biji karet berperekat damar 9% dan diperoleh nilai kalor briket sebesar 7744-7884 kal/g. Sedangkan Firdaus & Nurdin (2019) memproduksi briket berbahan baku bunga kelapa sawit dengan persentasi perekat damar 20%, nilai kalor diperoleh sebesar 13.081,59 kJ/kg. Berdasarkan hal tersebut, perekat yang digunakan pada penelitian ini adalah getah damar dengan variasi konsentrasi 10%, 15%, dan 20%.

Menurut penelitian Haryanti *et al.* (2023) penambahan minyak jelantah pada Biobriket juga dapat meningkatkan nilai kalor di mana penelitiannya menggunakan arang kayu alaban dan cangkang biji karet dengan perekat getah karet 9% yang dicelupkan pada minyak jelantah selama 3 menit diperoleh nilai kalori briket 7.953 kal/gr. Nurhilal (2018) juga melaporkan bahwa waktu pencelupan minyak jelantah juga berpengaruh terhadap soliditas briket, di mana dapat memengaruhi cairan minyak jelantah lebih rata masuk kedalam permukaan briket, sehingga kondisi ini dapat berakibat pada penguraian partikel bahan briket. Dari data tersebut di atas, penelitian ini akan dilakukan pencelupan briket ke dalam minyak jelantah dengan variasi waktu 0, 3, dan 6 menit.

Puspita Sari (2021) dalam penelitiannya melakukan pembuatan Biobriket dari batang teh dengan menggunakan metode eksploratif, yaitu percobaan dilakukan secara satu per satu hingga didapatkan kondisi yang optimum. Keterbatasan dari metode ini adalah hasil penelitian tidak selalu dapat di generalisasikan ke populasi yang lebih luas, tidak selalu dapat diukur atau diuji secara statistik (Purba, 2012). Adapun dalam penelitian Indrayani (2018), kondisi optimum proses ekstraksi minyak biji pala dengan tiga variabel

proses dapat ditentukan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). RSM adalah metode statistik yang berguna untuk pengembangan, peningkatan, dan optimasi proses ketika reaksi dipengaruhi oleh banyak faktor. Dengan RSM, kondisi proses yang optimum dapat disaring dan dipilih. Selain itu, kelebihan metode RSM adalah tidak membutuhkan data eksperimen dalam jumlah besar dan tidak membutuhkan waktu yang lama (Prabudi, Nurtama, & Purnomo, 2018).

Dengan demikian, penelitian ini akan dilakukan dalam dua tahap :

1. optimasi kondisi proses pirolisis untuk mendapatkan *Biochar* optimum, dan
2. optimasi formulasi dan pencetakan Biobriket untuk mendapatkan hasil optimum.

Kedua tahapan tersebut menggunakan pendekatan RSM sehingga didapatkan hasil Biobriket yang terbaik untuk alternatif pengganti bahan bakar fosil.

## **B. Identifikasi Masalah**

Masalah yang dapat diidentifikasi berdasarkan latar belakang adalah :

1. pengolahan limbah organik perlu dilakukan sebagai upaya mencapai ekonomi sirkular,
2. proses pemangkasan tanaman teh yang dilakukan Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung menghasilkan limbah dengan potensi yang cukup besar,
3. penggunaan perekat dapat memengaruhi hasil Biobriket,
4. limbah minyak jelantah dapat mencemari lingkungan, dan
5. optimasi menggunakan metode eksploratif tidak selalu dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas, tidak selalu dapat diukur atau diuji secara statistik.

### C. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi dengan hal-hal berikut.

1. Pembuatan Biobriket pada penelitian ini menggunakan bahan dasar limbah ranting teh yang berasal dari limbah pemangkasan kebun teh hijau di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung. Bahan baku untuk proses optimasi kondisi pirolisis diambil dan dipreparasi pada bulan Februari 2023, sedangkan bahan baku untuk optimasi formulasi dan pencetakan Biobriket pada bulan Juni 2023.
2. Perekat yang digunakan adalah bubuk getah damar komersial.
3. Pencelupan Biobriket menggunakan minyak jelantah yang diperoleh dari penjual tahu petis.
4. Variabel proses yang dipilih untuk optimasi proses pirolisis adalah ukuran partikel bahan baku, temperatur pirolisis, dan waktu pirolisis. Sedangkan variabel proses untuk optimasi formulasi dan pencetakan Biobriket adalah ukuran partikel *Biochar*, konsentrasi perekat, dan waktu pencelupan ke minyak jelantah.
5. Analisis pendekatan RSM desain *Box-Behnken* menggunakan *software Design-Expert 13*.

### D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini mencakup hal-hal berikut.

1. Apakah limbah ranting teh berpotensi diolah menjadi Biobriket?
2. Bagaimana kondisi proses pirolisis untuk menghasilkan *Biochar* limbah ranting teh yang optimum dengan pendekatan RSM?

3. Bagaimana formulasi dan pencetakan Biobriket untuk menghasilkan hasil yang optimum dengan pendekatan RSM?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini meliputi :

1. mengetahui potensi limbah ranting teh menjadi Biobriket,
2. mengetahui kondisi proses pirolisis untuk menghasilkan *Biochar* limbah ranting teh yang optimum dengan pendekatan RSM, dan
3. mengetahui formulasi dan pencetakan Biobriket untuk mendapatkan hasil yang optimum dengan pendekatan RSM.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat :

1. mengurangi limbah padat agroindustri teh,
2. mengembangkan pemanfaatan ranting teh menjadi alternatif material konversi,
3. meningkatkan nilai tambah briket dari limbah ranting teh sebagai bahan bakar alternatif, dan
4. mendukung riset dan inovasi berkelanjutan untuk menggerakkan kegiatan ekonomi sirkular.