



PERPUSTAKAAN
FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
TERIMA : 17 Januari 2024
NO. BUKU : 025
TID : A
PETUGAS : Siti Zainab

**PENGARUH KOMPOSISI *BIOCHAR* RANTING DAN *FLUFF* TEH
MENGUNAKAN PEREKAT GETAH DAMAR TERHADAP KUALITAS
BIOBRIKET DENGAN PENDEKATAN *RESPONSE SURFACE
METHODOLOGY* (RSM)**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Strata-1 Fisika**

Oleh :
FUTRI AYU
1911014220023

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

NOVEMBER 2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH KOMPOSISI BIOCHAR RANTING DAN *FLUFF* TEH
MENGUNAKAN PEREKAT GETAH DAMAR TERHADAP KUALITAS
BIOBRIKET DENGAN PENDEKATAN *RESPONSE SURFACE*
METHODOLOGY (RSM)

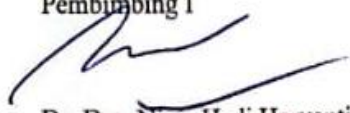
Oleh:

Futri Ayu

NIM 1911014220023

Telah dipertahankan didepan dosen penguji pada tanggal:

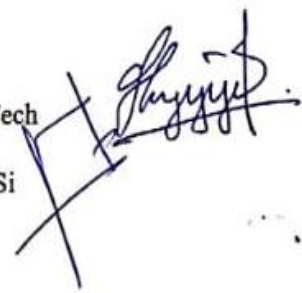
Pembimbing I



Dr. Dra. Ninis Hadi Harvanti, M.S
NIP. 19621206 198601 2 001

Susunan Dosen Penguji,
Dosen Penguji:

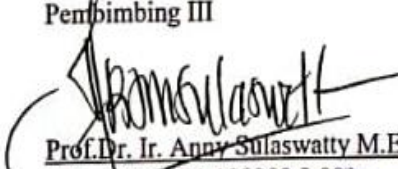
1. Dr. Suryajaya, S.Si., M.Sc Tech
2. Dr. Totok Wianto, S.Si., M.Si



Pembimbing II

Dr. Tetti Noyalina Manik, S.Si., M.T
NIP. 19741227 200112 2 003

Pembimbing III



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



Banjarbaru, 2023
Koordinator Program Studi Fisika

Dr. Ichsan Ridwan S.Si., M.Kom.
NIP. 19740707 200212 1 003

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrahiim....

Penulis persembahkan karya sederhana ini untuk ;

Kedua orang tua yang tercinta dan tersayang yaitu Bapak Haderansyah dan Ibu Bainah yang selalu memberikan dukungan baik secara materi maupun secara moril serta do'a yang tiada henti untuk penulis. Segala dukungan menjadi penyemangat bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Keluarga besar yang selalu mendo'akan dan mendukung penulis. Tiada hal yang bisa dilakukan melainkan hanya lantunan doa yang dapat tercurahkan agar selalu dilindungi dan di Rahmati oleh-Nya. Aaamiin

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarbaru, 22 November 2023



Futri Ayu
NIM. 1911014220023

ABSTRAK

PENGARUH KOMPOSISI *BIOCHAR* RANTING DAN *FLUFF* TEH MENGGUNAKAN PEREKAT GETAH DAMAR TERHADAP KUALITAS BIOBRIKET DENGAN PENDEKATAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM) (Oleh: Putri Ayu, Dr. Dra Ninis Hadi Haryanti, M.s ; Dr. Tetti Novalina Manik, S.Si., M.T. Prof. Dr. Ir. Anny Sulaswatty M.Eng.; 2023; 120 Halaman)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik biobriket dari limbah ranting teh dan *fluff* teh. Ranting teh dan *fluff* teh diperoleh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK)-Gambung, Ciwidey, Bandung, Jawa Barat. Perekat yang digunakan yaitu serbuk getah damar. Penelitian ini dilakukan dengan 2 tahap menggunakan *design of experiment* yaitu tahap *screening* model *Plackett-Burman* dan optimasi pendekatan *Response Surface Methodology-Box Behnken* (RSM-BBD) menggunakan *software Design Expert v13*. Berdasarkan hasil *screening* diperoleh tiga prioritas variabel proses yaitu komposisi, konsentrasi perekat dan waktu pencelupan. Selanjutnya tahap optimasi melalui pendekatan *Response Surface Methodology Box-Benkehn* (RSM-BBD) menggunakan variabel proses prioritas terpilih dari hasil tahap *screening* yaitu variasi komposisi ranting dan *fluff* teh (100%;0, 50%;50%, 0%;100%), variasi konsentrasi perekat 10%, 15% dan 20%, dan waktu pencelupan 0, 3, 6 menit. Berdasarkan solusi terpilih diperoleh biobriket optimum pada komposisi *biochar* 74%:26% (74% ranting teh: 26% *fluff* teh), konsentrasi perekat 13%, dan waktu pencelupan 6 menit. Hasil verifikasi menunjukkan pengujian karakteristik kimia dan fisika biobriket memenuhi SNI biobriket 01-6235-2000 yaitu kadar air 2,42%; kadar abu 3,32%; kadar zat terbang 12,65%; kadar karbon terikat 81,24%; nilai kalor 8335,74 kal/g; dan densitas 1,13 g/cm³; serta laju pembakaran 0,16 g/menit. Uji lanjut CHN diperoleh C biobriket sebesar 74,40%. Hasil analisis FTIR terdapat gugus fungsi C=H, C=C, C=O yang mengalami perubahan signifikan dikarenakan meningkatnya nilai karbon dan bertambahnya kekuatan antar molekul yang sedang bervibrasi pada ikatan tersebut. Karakteristik lanjut SEM biobriket kondisi optimum terlihat material penyusun tercampur rata dengan perekat getah damar serta analisis EDX kadar C sebesar 82,15%wt.

Kata kunci: *Biobriket, Ranting teh, Fluff teh. Damar, Minyak Jelantah, Pirolisis, Plackett-Burman, Response Surface Methodology, Design Expert13.*

ABSTRACT

THE EFFECT OF BIOCHAR COMPOSITION TEA PRUNING WASTE, TEA FLUFF USING DAMAR ADHESIVE ON THE QUALITY OF BIOBRICKETS USING A RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)

(By: Putri Ayu, Dr. Dra Ninis Hadi Haryanti, M.s; Dr. Tetti Novalina Manik, S.Si., M.T. Prof. Dr. Ir. Anny Sulaswatty M.Eng.; 2023; 120 pages)

This research aims to determine the characteristics of biobriquettes from waste tea twigs and tea fluff. Tea twigs and tea fluff were obtained from the Tea and Quinine Research Center (PPTK)-Gambung, Ciwidey, Bandung, West Java. The adhesive used is gum resin powder. This research was carried out in 2 stages using a design of experiment, namely the Plackett-Burman model screening stage and optimization of the Response Surface Methodology-Box Behnken (RSM-BBD) approach using Design Expert v13 software. Based on the screening results, three priority process variables were obtained, namely composition, adhesive concentration and dipping time. Next, the optimization stage uses the Response Surface Methodology Box-Benkehn (RSM-BBD) approach using selected priority process variables from the results of the screening stage, namely variations in the composition of twigs and tea fluff (100%; 0, 50%; 50%, 0%; 100%). variations in adhesive concentration of 10%, 15% and 20%, and dipping time of 0, 3, 6 minutes. Based on the selected solution, optimum biobriquettes were obtained with a biochar composition of 74%:26% (74% tea twigs: 26% tea fluff), an adhesive concentration of 13%, and a dipping time of 6 minutes. The verification results show that testing of the chemical and physical characteristics of biobriquettes meets SNI biobriquettes 01-6235-2000, namely 2.42% water content; ash content 3.32%; volatile matter content 12.65%; bound carbon content 81.24%; calorific value 8335.74 kal/g; and density 1.13 g/cm³; and a burning rate of 0.16 g/minute. Further CHN tests obtained C biobriquettes of 74.40%. The results of FTIR analysis showed that the functional groups C=H, C=C, C=O experienced significant changes due to the increase in the value of carbon and the increase in the strength between molecules that were vibrating in the bond. Further SEM characteristics of optimum condition biobriquettes showed that the constituent materials were well mixed with resin resin adhesive and EDX analysis of C content of 82.15%wt.

Key words: *Biobriquettes, Tea twigs, Tea fluff. Resin, Used Cooking Oil, Pyrolysis, Plackett-Burman, Response Surface Methodology, Design Expert13.*

PRAKATA

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan Salam untuk Nabi Muhammad SAW penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Komposisi *Biochar Ranting* dan *Fluff* Teh Menggunakan Perekat Getah Damar Terhadap Kualitas Biobriket dengan Pendekatan *Response Surface Methodology (RSM)*”**. Dalam penyusunan laporan Skripsi ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perlu mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Abdul Gafur, M.Sc., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
2. Bapak Dr. Ichsan Ridwan S.Si., M.Kom selaku Kordinator Program Studi S-1 Fisika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat.
3. Ibu Dr. Ninis Hadi Haryanti, M.S selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu dengan sabar, tulus dalam memberikan arahan, bimbingan dan nasihat hingga akhirnya dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini.
4. Ibu Dr. Tetti Novalina Manik, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing kedua dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Anny Sulaswatty M.Eng - Pusat Riset Kimia Maju, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) selaku ketua tim riset BRIN-ULM dan pembimbing ketiga dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Totok Wianto, S.Si., M.Si dan Bapak Dr. Suryajaya, M.Sc.,Tech. selaku penguji yang telah memberi kritikan dan masukan yang sifatnya membangun, sehingga penelitian ini menjadi lebih baik. Seluruh dosen FMIPA ULM, khususnya dosen Fisika yang telah banyak memberikan ilmu dan pengalamannya.

7. Kedua orang tua penulis, yang telah memberikan banyak pengorbanan baik dalam hal mengasuh, mendidik, mendoakan, dan memberikan dukungan dalam bentuk moril maupun materil serta memberikan cinta dan kasih sayang tak terhingga sampai saat ini.
8. Teman-teman seperjuangan penelitian Hainur Aini, Siti Rahmah, Laily Diah Oktasari dan teman-teman penelitian lainnya yang juga telah bersedia menjadi teman cerita dan selalu memberikan bantuan, dukungan, dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
9. Fatony Purbo Wibowo selaku orang yang telah bersedia menjadi teman curhat, memberikan semangat, dukungan dan bantuan serta masukan dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungannya kepada penulis yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari tanpa bantuan dari berbagai pihak diatas, tidaklah mudah penulis meraih keberhasilan dan menyelesaikan laporan Skripsi dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu, penulis hanya dapat berdo'a semoga Tuhan membalas kebaikan tersebut dan dilipatgandakan amal kebajikan mereka. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis ataupun pembaca.

Banjarbaru, November 2023

Penulis



Fitri Ayu

NIM. 1911014220023

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	v
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
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 Tanaman Teh (<i>Camellia sinensis</i>)	5
2.1.1 Limbah Ranting Teh.....	5
2.1.2 <i>Fluff</i> teh	6
2.2 Perekat Getah Damar	7
2.3 Minyak Jelantah.....	8
2.4 Metode pirolisis	10
2.4.1 Pirolisis Lambat (<i>Slow Pyrolysis</i>)	11
2.4.2 Pirolisis Cepat (<i>Fast pyrolysis</i>)	11
2.5 <i>Biochar</i>	12
2.6 Biobriket	12
2.6.1 Kadar air (<i>moisture</i>)	14
2.6.2 Kadar Abu (<i>Ash Content</i>)	14
2.6.3 Kandungan Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>).....	15

2.6.4	Kadar Karbon Terikat.....	15
2.6.5	Nilai kalor.....	15
2.6.6	Densitas	16
2.6.7	Laju Pembakaran.....	16
2.6.8	Kuat tekan.....	17
2.6.9	Analisis CHN	17
2.6.10	Analisis FTIR	18
2.6.11	Analisis SEM.....	19
2.7	<i>Design Of Experiment</i>	19
2.8	Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2	Alat dan Bahan	25
3.2.1	Alat	25
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Variabel Penelitian.....	27
3.4	Prosedur Penelitian	28
3.4.1	Persiapan dan Analisis Bahan baku.....	28
3.4.2	Proses Pirolisis	28
3.4.3	Formulasi Biobriket Tahap <i>Screening</i> dan Analisis Produk	29
3.4.4	Formulasi Biobriket Tahap Optimasi dan Analisis Produk.....	30
3.4.5	Verifikasi dari Solusi <i>Design Expert13</i>	32
3.5	Diagram Alir Penelitian	32
3.6	Prosedur Pengujian	33
3.6.1	Kadar air (<i>Inherent Moisture</i>)	33
3.6.2	Kadar Abu (<i>Ash Content</i>)	34
3.6.3	Kadar Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>)	34
3.6.4	Kadar Karbon Terikat (<i>Fixed Carbon</i>).....	34
3.6.5	Nilai Kalor	35
3.6.6	Uji Densitas Biobriket	35
3.6.7	Uji Laju Pembakaran.....	35
3.6.8	Uji Kuat Tekan Biobriket	35

3.6.9	Analisis CHN	36
3.6.10	Analisis FTIR	36
3.6.11	Analisis SEM.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Analisis Proksimat Bahan Baku dan <i>Biochar</i>	36
4.2	Karakteristik biobriket Tahap <i>Screening</i> dengan Desain <i>Plackett-Burman</i> ..	39
4.2.1	Analisis Kadar Air Tahap <i>Screening</i>	40
4.2.2	Analisis Kadar Abu Tahap <i>Screening</i>	42
4.2.3	Analisis Kadar Zat Terbang Tahap <i>Screening</i>	45
4.2.4	Analisis Kadar Karbon Terikat Tahap <i>Screening</i>	48
4.2.5	Analisis Nilai Kalor Tahap <i>Screening</i>	50
4.2.6	Analisis Densitas Tahap <i>Screening</i>	53
4.2.7	Analisis Laju Pembakaran Tahap <i>Screening</i>	55
4.2.8	Analisis Kuat tekan Tahap <i>Screening</i>	57
4.3	Optimasi Formulasi Biobriket dengan Pendekatan <i>Response Surface</i> <i>Methodology</i>	60
4.3.1	Analisis Kadar Air Tahap Optimasi	61
4.3.2	Analisis Kadar Abu Tahap Optimasi.....	65
4.3.3	Analisis Kadar Zat Terbang Tahap Optimasi	69
4.3.4	Analisis Kadar Karbon Terikat.....	72
4.3.5	Analisis Nilai Kalor Tahap Optimasi	75
4.3.6	Analisis Densitas Tahap Optimasi	78
4.3.7	Analisis Laju Pembakaran Tahap Optimasi	81
4.3.8	Analisis Kuat Tekan Tahap Optimasi	85
4.3.9	Solusi Biobriket Optimum Menurut <i>Design Expert 13</i>	88
4.3.10	Verifikasi Solusi Biobriket Komposisi Optimum	88
4.4	Hasil Karakterisasi Bahan Baku, <i>Biochar</i> dan Biobriket Optimum.....	90
4.4.1	Analisis CHN	90
4.4.2	Analisis FTIR	91
4.4.3	Analisis SEM-EDX	94
4.5	Perbandingan Hasil Karakterisasi Bahan Baku, <i>Biochar</i> dan Biobriket Komposisi Optimum.....	96

4.6	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Standar Kualitas Biobriket.....	98
4.7	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu.....	98
BAB V KESIMPULAN		96
5.1	Kesimpulan.....	96
5.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN.....		109
RIWAYAT HIDUP		120

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah.....	9
Tabel 2. Standar Mutu Biobriket menurut SNI No.01/6235/2000	13
Tabel 3. Variabel Proses Screening Pembuatan Biobriket Desain Eksperimen <i>Plackett-Burman</i>	30
Tabel 4. Rancangan Penelitian dengan Desain <i>Plackett-Burman</i> Tahap Screening.....	30
Tabel 5. Variabel proses optimasi pembuatan biobriket desain eksperimen <i>Response Surface Methodology Box-Behnken</i>	31
Tabel 6. Rancangan Penelitian dengan <i>RSM-Box Behnken</i> Tahap Optimasi	31
Tabel 7. Analisa Proksimat Bahan Baku dan <i>Biochar</i> Ranting Teh	36
Tabel 8. Analisa Proksimat Bahan Baku dan <i>Biochar Fluff</i> Teh	36
Tabel 9. Hasil Uji Analisa Proksimat dan Nilai Kalor Biobriket Desain <i>Plackett- Burman</i> Tahap <i>Screening</i>	39
Tabel 10. Hasil Karakteristik Fisika Biobriket Desain <i>Plackett-Burman</i> Tahap <i>Screening</i>	39
Tabel 11. Hasil Uji Analisa Proksimat dan Nilai Kalor Biobriket Tahap Optimasi	60
Tabel 12. Hasil Karakteristik Fisika Biobriket Tahap Optimasi	60
Tabel 13. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Respon Kadar Air Tahap Optimasi	61
Tabel 14. <i>Fit statistic</i> untuk Respon Kadar Air Tahap Optimasi	61
Tabel 15. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Respon Kadar Abu Tahap Optimasi.....	65
Tabel 16. <i>Fit statistic</i> untuk Respon Kadar Abu Tahap Optimasi	66
Tabel 17. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Respon Kadar Zat Terbang Tahap Optimasi.....	69
Tabel 18. <i>Fit statistic</i> untuk Respon Zat Terbang Tahap Optimasi	70
Tabel 19. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Respon Kadar Karbon Terikat Tahap Optimasi	73
Tabel 20. <i>Fit statistic</i> Untuk Respon Kadar Karbon Terikat Tahap Optimasi...	73

Tabel 21. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Respon Nilai Kalor Tahap Optimasi.....	75
Tabel 22. <i>Fit statistic</i> untuk Respon Nilai Kalor Tahap Optimasi	75
Tabel 23. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Terhadap Densitas Tahap Optimasi.....	78
Tabel 24. <i>Fit statistic</i> untuk respon nilai densitas tahap optimasi.....	79
Tabel 25. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Terhadap Laju Pembakaran Tahap Optimasi.....	82
Tabel 26. <i>Fit statistics</i> untuk Respon Laju Pembakaran Tahap Optimasi	82
Tabel 27. <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA) Terhadap Kuat Tekan Tahap Optimasi.....	85
Tabel 28. <i>Fit statistics</i> untuk Respon Kuat Tekan Tahap Optimasi.....	85
Tabel 29. Hasil Verifikasi Solusi Pembuatan Biobriket Komposisi Optimum..	89
Tabel 30. Hasil Analisis CHN Bahan Baku, <i>Biochar</i> dan Biobriket Optimum .	90
Tabel 31. Nilai Bilangan Gelombang Dan Gugus Fungsi Hasil Spektrum FTIR.....	92
Tabel 32. Analisis EDX pada Limbah Ranting Teh dan <i>Fluff</i> Teh dan <i>Biochar</i> Serta Biobriket Komposisi.....	96
Tabel 33. Perbandingan hasil karakterisasi Bahan Baku, <i>Biochar</i> dan Biobriket Komposisi Optimum.....	96
Tabel 34. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Kualitas Biobriket.....	98
Tabel 35. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanaman teh.....	5
Gambar 2. Pemangkasan kebun teh.....	6
Gambar 3. Limbah ranting teh.....	6
Gambar 4. Limbah <i>fluff</i> teh.....	7
Gambar 5. Getah Damar	8
Gambar 6. Minyak Jelantah.....	9
Gambar 7. Skema proses (a) <i>fast pyrolysis</i> , (b) <i>slow pyrolysis</i>	11
Gambar 8. <i>Biochar</i>	12
Gambar 9. Biobriket	13
Gambar 10. <i>Ilustrasi plot response surface</i>	21
Gambar 11. <i>Ilustrasi kontur response surface</i>	21
Gambar 12. <i>Central Composite Design (CCD)</i>	22
Gambar 13. <i>Box and Behnken Design (BBD)</i>	22
Gambar 14. Unit pirolisa kapasitas 2500 mL.....	26
Gambar 15. Skema Pirolisis	26
Gambar 16. Cetakan biobriket.....	27
Gambar 17. <i>Hot hydraulic press</i>	27
Gambar 18. Tahapan penelitian (A: Tahap <i>screening</i> , B: Tahap Optimasi)	33
Gambar 19. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon kadar air.....	41
Gambar 20. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap kadar air.....	41
Gambar 21. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon kadar abu	44
Gambar 22. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap kadar abu	44
Gambar 23. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon kadar zat terbang	46
Gambar 24. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap kadar zat terbang	46

Gambar 25. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon kadar karbon terikat	49
Gambar 26. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap kadar karbon terikat	49
Gambar 27. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon kadar nilai kalor.	52
Gambar 28. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap kadar nilai kalor	52
Gambar 29. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon densitas	54
Gambar 30. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap densitas	54
Gambar 31. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon laju pembakaran	56
Gambar 32. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap laju pembakaran	56
Gambar 33. Grafik distribusi normal 5 variabel terhadap respon kuat tekan	58
Gambar 34. Diagram batang tingkat pengaruh variabel pembuatan biobriket terhadap kuat tekan	58
Gambar 35. Grafik pengaruh variabel proses (a) komposisi.(b) konsentrasi perekat, (c) waktu pencelupan terhadap kadar air	63
Gambar 36. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap kadar air biobriket	64
Gambar 37. Grafik pengaruh variabel proses (a) komposisi.(b) konsentrasi perekat, (c) waktu pencelupan terhadap kadar abu	68
Gambar 38. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap kadar abu biobriket.....	68
Gambar 39. Grafik pengaruh variabel proses (a) komposisi.(b) konsentrasi perekat, (c) waktu pencelupan terhadap kadar zat terbang	71
Gambar 40. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap kadar zat terbang biobriket.....	71

Gambar 41. Grafik pengaruh variabel proses (a) komposisi.(b) konsentrasi perekat, (c) waktu pencelupan terhadap kadar karbon terikat	74
Gambar 42. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap kadar karbon terikat biobriket	75
Gambar 43. (a) Pengaruh variabel komposisi terhadap nilai kalor, (b) Pengaruh variabel konsentrasi perekat terhadap nilai kalor, (c) Pengaruh variabel waktu pencelupan terhadap nilai kalor	77
Gambar 44. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap nilai kalor biobriket.....	78
Gambar 45. Pengaruh variabel komposisi terhadap densitas, (b) Pengaruh variabel konsentrasi perekat terhadap densitas, (c) Pengaruh variabel waktu pencelupan terhadap densitas	80
Gambar 46. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap respon densitas biobriket.....	80
Gambar 47. Grafik pengaruh variabel proses (a) komposisi.(b) konsentrasi perekat, (c) waktu pencelupan terhadap laju pembakaran	83
Gambar 48. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap laju pembakaran biobriket.....	84
Gambar 49. Pengaruh variabel komposisi terhadap kuat tekan, (b) Pengaruh variabel konsentrasi perekat terhadap kuat tekan, (c) Pengaruh variabel waktu pencelupan terhadap kuat tekan	86
Gambar 50. Grafik model 3D <i>Surface</i> pengaruh interaksi (a) variabel komposisi dan konsentrasi perekat, (b) variabel waktu pencelupan dan komposisi, (c) variabel waktu pencelupan dan konsentrasi perekat terhadap kuat tekan biobriket.....	87
Gambar 51. Solusi Pembuatan Biobriket	88
Gambar 52. Spektrum FTIR dari bahan baku ranting teh dan <i>biochar fluff</i> teh, bahan baku <i>fluff</i> teh dan <i>biochar fluff</i> teh serta biobriket komposisi kondisi optimum.	91
Gambar 53. Hasil SEM bahan baku ranting teh	94

Gambar 54. Hasil SEM <i>biochar</i> ranting teh	94
Gambar 55. Hasil SEM bahan baku <i>fluff</i> teh	94
Gambar 56. Hasil SEM <i>biochar fluff</i> teh	94
Gambar 57. Hasil SEM biobriket Komposisi	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran Dokumentasi Kegiatan	109
Lampiran 3. Sertifikat mengikuti Seminar Nasional Fisika dan Terapan (SENFIT VI).....	119