

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT 4A TERAKTIVASI TERHADAP KARAKTERISTIK ENERGETIK DAN KUALITAS ARANG CANGKANG KEMIRI SEBAGAI BAHAN BAKAR BIOMASSA

Disusun Oleh:

AMANDA LAIL ISTIGHFARIN

NIM.2214019

FAJRIL ISTIQFAR RUCHDRAGANI

NIM. 2214021



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amanda Lail Istighfarin

Nama : Fajril Istiqfar Ruchdragani

NIM : 2214019

NIM : 2214021

Malang, 18 Agustus 2026

Menyatakan bahwa seluruh hasil penelitian ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanda Tangan

Amanda Lail Istighfarin

Tanda Tangan,



Fajril Istiqfar Ruchdragani

**LEMBAR PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT 4A TERAKTIVASI
TERHADAP KARAKTERISTIK ENERGETIK DAN KUALITAS
ARANG CANGKANG KEMIRI SEBAGAI BAHAN BAKAR
BIOMASSA**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh:

**AMANDA LAIL ISTIGHFARIN
FAJRIL ISTIQFAR RUCHDRAGANI**

**NIM.2214019
NIM. 2214021**

Malang, 21 Agustus 2026

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia**



**Ir. Rini Kartika Dewi, S.T., M.T., IPM
NIP. P. 1030100370**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**

**Ir. Rini Kartika Dewi, S.T., M.T., IPM
NIP. P. 1030100370**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT 4A TERAKTIVASI
TERHADAP KARAKTERISTIK ENERGETIK DAN KUALITAS
ARANG CANGKANG KEMIRI SEBAGAI BAHAN BAKAR
BIOMASSA**

Disusun Oleh:

AMANDA LAIL ISTIGHFARIN

NIM. 2214019

FAJRIL ISTIQFAR RUCHDRAGANI

NIM. 2214021

Malang, 21 Agustus 2026

Telah menyelesaikan revisi laporan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk menempuh wisuda sarjana pada jenjang strata satu (S-1).

Dosen Penguji:

1. Ir. Harimbi Setyawati., M.T

(.....)

2. Dwi Ana Anggorowati, S.T.,M.T

(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia


Ir. Rini Kartika Dewi, S.T., M.T., IPM
NIP. P. 1030100370

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Ir. Rini Kartika Dewi, S.T., M.T., IPM
NIP. P. 1030100370

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama	:	AMANDA LAIL ISTIGHFARIN
NIM	:	2214019
Program Studi	:	Teknik Kimia S-1
Judul Skripsi	:	PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT 4A TERAKTIVASI TERHADAP KARAKTERISTIK ENERGETIK DAN KUALITAS ARANG CANGKANG KEMIRI SEBAGAI BAHAN BAKAR BIOMASSA

**Dipertahankan dihadapan Tim Dosen Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu
(S-1) pada :**

Hari : Selasa

Tanggal : 4 Agustus 2026

Nilai : A

Ketua,



Ir. Rini Kartika Dewi, S.T., M.T., IPM
NIP. P. 1030100370

Sekretaris,



Ir. Faidliyah Nilna Minah, S.T., M.T., IPM
NIP.P 1030400392

Anggota Penguji

Penguji Pertama,



Ir. Harimbi Setyawati., M.T
NIP. 196303071992032002

Penguji Kedua,



Dwi Ana Anggorowati, S.T., M.T
NIP.197009282005012001

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama	:	FAJRIL ISTIQFAR RUCHDRAGANI
NIM	:	2214021
Program Studi	:	Teknik Kimia S-1
Judul Skripsi	:	PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT 4A TERAKTIVASI TERHADAP KARAKTERISTIK ENERGETIK DAN KUALITAS ARANG CANGKANG KEMIRI SEBAGAI BAHAN BAKAR BIOMASSA

Dipertahankan dihadapan Tim Dosen Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 4 Agustus 2026
Nilai : A

Ketua,

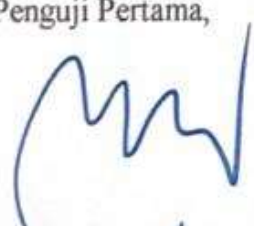

Ir. Rini Kartika Dewi, S.T., M.T., IPM
NIP. P. 1030100370

Sekretaris,

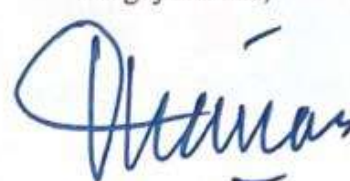

Ir. Faidhyah Nilha Minah, S.T., M.T., IPM
NIP.P.1030400392

Anggota Penguji

Penguji Pertama,


Ir. Harinbi Setyawati, M.T
NIP. 196303071992032002

Penguji Kedua,


Dwi Ana Anggorowati, S.T., M.T
NIP.197009282005012001

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya kepada umat-Nya, khususnya bagi penyusun yang telah dapat menyelesaikan penelitian ini tepat pada waktunya.

Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Jenjang Strata Satu (S-1) di Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, Diantaranya:

1. Ibu Ir. Rini Kartika Dewi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang dan Dosen Pembimbing
2. Kedua Orang Tua penyusun yang senantiasa memberikan dukungan serta doa hingga terselesaikan penelitian ini
3. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang, rekan-rekan mahasiswa, dan seluruh pihak yang turut membantu hingga terselesaikannya penelitian ini.

Penyusun juga menyampaikan permohonan maaf sebesar-besarnya, apabila dalam penulisan laporan ini terdapat hal-hal yang kurang berkenan atau tidak sesuai dengan harapan pembaca, serta dengan senang hati menerima masukan, kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan wawasan yang lebih luas kepada pembaca dan dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 31 Juli 2026

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS PENELITIAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING .. Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN	iv
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN..... Error! Bookmark not defined.	
1.1. Latar Belakang Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.2. Perumusan Masalah	6
1.3. Tujuan	6
1.4. Luaran yang Diharapkan.....	7
1.5. Kegunaan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Biomassa sebagai Sumber Energi Terbarukan	8
2.2. Cangkang Kemiri (Aleurites moluccana) sebagai Bahan Baku Biomassa ...	10
2.3. Arang Biomassa	11
2.4. Karbonisasi Biomassa	13
2.4.1. Reaksi Karbonisasi	14
2.4.2. Faktor yang Memengaruhi Proses Karbonisasi	15
2.4.3. Jenis Peralatan Karbonisasi	17
2.5. Faktor - Faktor yang Memengaruhi Karakteristik Bahan Bakar Padat Biomassa	18
2.6. Karakteristik Energetik Arang Cangkang Kemiri	20
2.6.1. Pengertian Karakteristik Energetik.....	20
2.6.2. Kadar Air	21
2.6.3. Kadar Abu	22

2.6.4. <i>Volatile Matter</i>	23
2.6.5. <i>Fixed Carbon</i>	24
2.6.6. Nilai Kalor	25
2.7. Zeolit.....	25
2.7.1. Pengertian Zeolit	25
2.7.2. Struktur Zeolit	26
2.7.3. Faktor yang memengaruhi kinerja zeolit.....	27
2.7.4. Zeolit 4A.....	29
2.8. Aktivasi Zeolit	31
2.9. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	32
2.10. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	33
2.11. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	33
2.12. Standar Mutu Arang.....	34
2.13. Peneliti Terdahulu.....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	42
3.1. Metode Penelitian	42
3.2. Variabel Penelitian.....	42
3.3. Alat dan Bahan.....	43
3.4. Prosedur Penelitian	43
3.5. Kerangka Penelitian.....	48
3.6. Peralatan yang Digunakan	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1. Hasil Uji Proksimat.....	53
4.1.1. Hasil Uji Kadar Air	55
4.1.2. Hasil Uji Kadar Abu	57
4.1.3. Hasil Uji <i>Volatile Matter</i>	60
4.1.4. Hasil Uji <i>Fixed Carbon</i>	62
4.2. Hasil Uji Nilai Kalor	65
4.3. Hasil Uji <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	68
4.4. Hasil Uji <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	70
4.5. Hasil Uji <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	71
4.6. Uji Lanjut <i>Tukey Honesty Significant Difference (HSD)</i>	75

4.7. Optimasi Multi Respon (<i>Desirability Function</i>).....	77
BAB V SARAN DAN KESIMPULAN.....	80
5.1. Kesimpulan	80
5.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Cangkang kemiri	10
Gambar 2.2. Bentuk tetrahedra silika atau alumina	26
Gambar 2.3. Zeolit 4A.....	29
Gambar 3.1. Diagram metode pelaksanaan <i>Pretreatment</i> cangkang kemiri.....	43
Gambar 3.2. Diagram metode pelaksanaan <i>Pretreatment</i> zeolit.....	44
Gambar 3.3. Diagram metode pelaksanaan pencampuran arang dengan zeolit.....	44
Gambar 3.4. <i>Furnace</i>	51
Gambar 3.5. Oven digital	52
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara jumlah dan suhu aktivasi zeolit terhadap kadar air.....	55
Gambar 4.2. Grafik hubungan antara jumlah dan suhu aktivasi zeolit terhadap kadar abu	57
Gambar 4.3. Grafik hubungan antara jumlah dan suhu aktivasi zeolit terhadap <i>Volatile Matter</i>	60
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara jumlah dan suhu aktivasi zeolit terhadap <i>Fixed Carbon</i>	62
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara jumlah dan suhu aktivasi zeolit terhadap nilai kalor.....	66
Gambar 4.6. Grafik hasil uji XRD zeolit 4A.....	68
Gambar 4.7. Grafik hasil uji XRD arang cangkang kemiri.....	70
Gambar 4.8. Grafik hasil uji FTIR zeolit 4A	71
Gambar 4.9. Grafik hasil uji XRF zeolit 4A oksida.....	72
Gambar 4.10. Tabel hasil uji XRF zeolit 4A oksida	73
Gambar 4.11. Grafik hasil uji XRF arang cangkang kemiri oksida.....	74
Gambar 4.12. Tabel hasil uji XRF arang cangkang kemiri oksida	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis biomassa.....	9
Tabel 2.2. Standar Nasional Indonesia briket arang kayu.....	35
Tabel 2.3. Peneliti Terdahulu	35
Tabel 4.1. Hasil uji proksimat.....	53
Tabel 4.2. Uji <i>Two Way Anova Without Replication</i> terhadap kadar air	56
Tabel 4.3. Uji <i>Two Way Anova Without Replication</i> terhadap kadar abu.....	59
Tabel 4.4. Uji <i>Two Way Anova Without Replication</i> terhadap <i>Volatile Matter</i>	61
Tabel 4.5. Uji <i>Two Way Anova Without Replication</i> terhadap <i>Fixed Carbon</i>	64
Tabel 4.6. Hasil uji nilai kalor.....	65
Tabel 4.7. Uji <i>Two Way Anova Without Replication</i> terhadap nilai kalor	67
Tabel 4.8. Uji lanjut Tukey HSD faktor suhu aktivasi terhadap kadar air	75
Tabel 4.9. Uji lanjut Tukey HSD faktor suhu aktivasi terhadap kadar abu	76
Tabel 4.10. Uji lanjut Tukey HSD faktor suhu aktivasi terhadap <i>Volatile Matter</i>	76
Tabel 4.11. Uji lanjut Tukey HSD faktor suhu aktivasi terhadap <i>Fixed Carbon</i>	76
Tabel 4.12. Uji lanjut Tukey HSD faktor penambahan zeolit terhadap <i>Fixed Carbon</i> .	77
Tabel 4.13. Nilai Desirability Gabungan (D) untuk Seluruh Kombinasi Perlakuan.....	78

ABSTRAK

Cangkang kemiri merupakan limbah biomassa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat karena memiliki kandungan karbon yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu aktivasi zeolit 4A dan jumlah penambahan zeolit terhadap karakteristik energetik arang cangkang kemiri serta menentukan kondisi perlakuan terbaik. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan variasi suhu aktivasi zeolit 200, 250, dan 300°C serta penambahan zeolit 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% (b/b). Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, *Volatile Matter*, *Fixed Carbon*, nilai kalor, serta karakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan XRF. Data dianalisis menggunakan *Two Way Anova Without Replication*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu aktivasi zeolit berpengaruh signifikan terhadap kadar air, kadar abu, *volatile Matter*, dan *Fixed Carbon*, sedangkan jumlah zeolit berpengaruh signifikan terhadap kadar abu dan *Fixed Carbon*. Karakterisasi FTIR, XRD, dan XRF menunjukkan bahwa zeolit 4A masih mempertahankan struktur aluminosilikatnya setelah proses aktivasi. Perlakuan terbaik diperoleh pada suhu aktivasi zeolit 250°C dengan penambahan zeolit 10% (b/b) yang menghasilkan kadar air 2,85%, kadar abu 7,57%, *Volatile Matter* 9,17%, *Fixed Carbon* 80,41%, dan nilai kalor 6.189,95 cal/gram. Seluruh parameter mutu pada perlakuan terbaik memenuhi persyaratan SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu.

Kata kunci: arang cangkang kemiri, biomassa, karakteristik energetik, zeolit 4A, suhu aktivasi.

ABSTRACT

Candlenut shell is a biomass waste with considerable potential as a solid fuel due to its high carbon content. This study aimed to investigate the effect of 4A zeolite activation temperature and zeolite addition on the energetic characteristics of candlenut shell charcoal and to determine the optimum treatment condition. An experimental method was employed using zeolite activation temperatures of 200, 250, and 300°C and zeolite additions of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% (w/w). The analyzed parameters included moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, calorific value, and material characterization using FTIR, XRD, and XRF. Data were analyzed using Two-Way ANOVA Without Replication. The results showed that zeolite activation temperature significantly affected moisture content, ash content, volatile matter, and fixed carbon, while zeolite addition significantly affected ash content and fixed carbon. FTIR, XRD, and XRF analyses confirmed that the activated 4A zeolite retained its aluminosilicate structure. The optimum condition was obtained at a zeolite activation temperature of 250°C with 10% (w/w) zeolite addition, resulting in 2.85% moisture content, 7.57% ash content, 9.17% volatile matter, 80.41% fixed carbon, and a calorific value of 6,189.95 cal/g. All quality parameters under the optimum treatment complied with the requirements of SNI 01-6235-2000 for charcoal briquettes.

Keywords: 4A zeolite, biomass, candlenut shell charcoal, energetic characteristics, zeolite activation.