

OPTIMASI PROSES PENURUNAN KALIUM DAN NATRIUM DARI SABUT KELAPA UNTUK BRIKET STANDAR BAHAN BAKAR

SKRIPSI



Oleh :

SALWA MASAHIDA CAHAYA KUSWANTO

21034010084

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

OPTIMASI PROSES PENURUNAN KALIUM DAN NATRIUM DARI SABUT KELAPA UNTUK BRIKET STANDAR BAHAN BAKAR

SKRIPSI



Oleh :

SALWA MASA HIDA CAHAYA KUSWANTO

21034010084

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2025

**OPTIMASI PROSES PENURUNAN KALIUM DAN NATRIUM DARI
SABUT KELAPA UNTUK BRIKET STANDAR BAHAN BAKAR**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.**

Diajukan Oleh :

SALWA MASA HIDA CAHAYA KUSWANTO

NPM: 21034010084

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

SURABAYA

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**OPTIMASI PROSES PENURUNAN KALIUM DAN NATRIUM DARI
SABUT KELAPA UNTUK BRIKET STANDAR BAHAN BAKAR**

Disusun Oleh :


Salwa Masahida Cahaya Kuswanto

NPM: 21034010084

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,
Pembimbing 1,


Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, ST., MSc.

NIP. 19890106 202406 2002

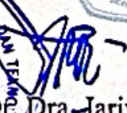
Pembimbing 2,


Restu Hikmah Ayu Murti SST., MSc.

NIP. 19930416 202506 2005

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**


Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PROSES PENURUNAN KALIUM DAN NATRIUM DARI
SABUT KELAPA UNTUK BRIKET STANDAR BAHAN BAKAR**

Disusun Oleh :

Salwa Masahida Cahaya Kuswanto

NPM: 21034010084

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal Serambi *Engineering*
(Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,
Pembimbing I,



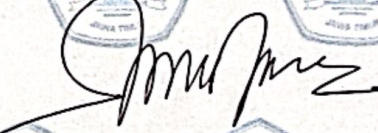
Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, ST., MSc.
NIP. 19890106 202406 2002

Pembimbing II,



Restu Hikmah Ayu Murti, SST., MSc.
NIP. 19930416 202506 2005

Penguji I,



Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T.
NIP. 19611112 198903 2 001

Penguji II,



Raden Kokoh Haryo Putro ST., MT.
NIP. 19900905 201903 1 026

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



Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**OPTIMASI PROSES PENURUNAN KALSIUM DAN NATRIUM DARI
SABUT KELAPA UNTUK BRIKET STANDAR BAHAN BAKAR**

Disusun Oleh :

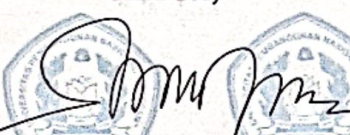

Salwa Masahida Cahaya Kuswanto

NPM: 21034010084

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal **November 2025**

TIM PENILAI

KETUA,


Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T
NIP. 19900905 201903 1 026

ANGGOTA,


Raden Kokoh Haryo Putro ST., MT.
NIP. 19611112 198903 2 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salwa Masahida Cahaya Kuswanto
NPM : 21034010084
Program : Sarjana (S1)/Magister (S2)/Doktor (S3)
Program Studi: Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* 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 ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Disertasi 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 untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 28 Oktober 2025
Yang membuat pernyataan,



Salwa Masahida Cahaya Kuswanto
NPM. 21034010084

*pilih salah satu (lingkari)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“OPTIMASI PROSES PENURUNAN KALIUM DAN NATRIUM DARI SABUT KELAPA UNTUK BRIKET STANDAR BAHAN BAKAR”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang telah memberikan fasilitas dan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang telah memberikan dukungan dan arahan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
3. Restu Hikmah Ayu Murti, SST., M.Sc., dan Dr. Aulia Ulfah Farahdiba, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi. Penulis menyampaikan terima kasih atas segala bimbingan, arahan, serta dukungan yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Yayok Suryo Purnomo, M.S., selaku dosen pembimbing sebelumnya yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan saran yang berharga sebelum masa pensiun beliau. Penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya atas dedikasi dan kontribusinya dalam proses awal penyusunan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Srie Muljani, M.T., selaku dosen penguji 1 skripsi, yang telah memberikan masukan yang konstruktif dan perbaikan yang sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini.

6. Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T., selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan dukungan dan saran yang bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Segenap Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis.
8. Orang tua, yang selalu memberikan semangat, kasih sayang, nasihat, serta dukungan dalam bentuk moril, materi, maupun doa yang tiada henti.
9. Patner saya yang selalu hadir memberi dukungan, bantuan, dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini. Setiap waktu, tenaga, dan pikirannya sangat berarti.
10. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2021, yang telah memberikan semangat, kebersamaan, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, baik dalam isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Akhir kata, penulis berharap agar ilmu yang diperoleh dari penelitian ini dapat berguna dan memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu Teknik Lingkungan serta bagi masyarakat luas.

Surabaya, 3 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Lingkup Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.1.1 Optimasi Proses dengan Metode <i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	6
2.1.2 Sabut Kelapa	7
2.1.3 Biomassa	9
2.1.4 Briket	10
2.1.5 Natrium (Na) dan Kalium (K) dalam Sabut Kelapa	12
2.2 Landasan Teori	14
2.2.1 Reduksi Kandungan Natrium dan Kalium pada Briket	14
2.2.2 Pelarutan menggunakan Asam Asetat	15
2.2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reduksi Logam pada Biomassa ..	17
2.2.4 Karbonisasi	19
2.2.5 Bahan Perekat	20
2.2.6 Pengaruh Kandungan Logam terhadap Kinerja Briket	22

2.2.7 Hipotesis.....	24
2.3 Hasil Penelitian Sebelumnya.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Kerangka Penelitian	29
3.2 Bahan dan Alat.....	30
3.3 Cara Kerja	31
3.4 Variabel.....	33
3.5 Analisis.....	34
3.5.1 Analisis Natrium (Na) dan Kalium (K) dengan menggunakan <i>Atomic Absorption Spectrometer</i> (AAS).....	34
3.5.2 Analisis Nilai Kalor dengan menggunakan <i>bomb calorimeter</i>	35
3.5.3 Analisis Kadar Air dengan <i>Gravimetri</i>	36
3.5.4 Analisis Kadar Abu dengan <i>furnace</i>	36
3.6 Jadwal Kegiatan	37
3.7 Matriks Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Removal Natrium dan Kalium dari Sabut Kelapa.....	39
4.2 Pengaruh Konsentrasi Waktu Perendaman terhadap Parameter Hasil.....	44
4.2.1 Optimasi Penghilangan Kalium (K).....	47
4.2.2 Optimasi Penghilangan Natrium (Na).....	54
4.2.3 Penentuan Kondisi Optimal Keseluruhan	60
4.3 Karakteristik Briket Hasil Perlakuan	64
4.3.1 Kalium dan Natrium.....	65
4.3.2 Kadar Abu	66
4.3.3 Nilai Kalor.....	68
4.3.4 Kadar Air.....	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73

ABSTRAK

Sabut kelapa merupakan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia dan berpotensi besar sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk briket. Namun, tingginya kandungan logam alkali seperti natrium (Na) dan kalium (K) menjadi kendala utama karena dapat menyebabkan *fouling*, *slagging*, serta peningkatan kadar abu saat pembakaran, yang berdampak negatif terhadap efisiensi dan keandalan sistem boiler. Oleh karena itu, diperlukan metode *pretreatment* yang efektif untuk mengurangi kandungan logam alkali sebelum sabut kelapa dijadikan bahan bakar padat.

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan proses penghilangan Na dan K dari sabut kelapa menggunakan perendaman dalam larutan asam asetat dengan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM). Variabel yang digunakan adalah konsentrasi larutan (0–4%) dan waktu perendaman (30–360 menit), dengan desain eksperimen *Central Composite Design* (CCD). Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Design-Expert versi 13, meliputi ANOVA, uji regresi, validasi model dengan empat grafik residual, serta optimasi multirespon menggunakan fungsi *desirability*.

Model regresi untuk natrium sangat signifikan ($p < 0,0001$; $R^2 = 98,14\%$; R^2 prediksi = 91,28%), sedangkan model kalium juga signifikan ($p = 0,0001$; $R^2 = 95,52\%$; R^2 prediksi = 60,10%). Hasil optimasi menunjukkan kondisi terbaik pada konsentrasi 1,325% dan waktu perendaman 359,8 menit, dengan kadar aktual natrium sebesar 0,0049 mg/g dan kalium sebesar 0,5191 mg/g. Nilai aktual ini sangat mendekati prediksi, dengan deviasi kurang dari 5%, menunjukkan akurasi model yang baik.

Briket hasil perlakuan optimum memiliki karakteristik pembakaran yang kompetitif, dengan nilai kalor sebesar 5982,4 kal/gram, kadar abu 4,59%, dan kadar air 8,31%, yang seluruhnya memenuhi atau mendekati standar mutu SNI dan *Coford*. Dengan demikian, perlakuan asam asetat terbukti efektif dalam menurunkan kandungan logam alkali dan meningkatkan kualitas briket biomassa sebagai bahan bakar alternatif yang efisien dan ramah lingkungan.

Kata kunci: sabut kelapa, natrium, kalium, asam asetat, RSM, *fouling*, *slagging*, *desirability function*

ABSTRACT

Coconut husk is an abundant agricultural waste in Indonesia with great potential as an alternative fuel in the form of briquettes. However, its high content of alkali metals such as sodium (Na) and potassium (K) poses a major challenge, as they can cause fouling, slagging, and elevated ash content during combustion, which reduces boiler efficiency and reliability. Therefore, an effective pretreatment method is needed to reduce alkali metal content before converting coconut husk into solid fuel.

This study aims to optimize the removal of Na and K from coconut husk through soaking in acetic acid solution using the Response Surface Methodology (RSM) approach. The variables used were acetic acid concentration (0–4%) and soaking time (30–360 minutes), based on a Central Composite Design (CCD). Analysis was performed using Design-Expert version 13, including ANOVA, regression analysis, residual diagnostics, and multi-response optimization using the desirability function.

The regression model for sodium was highly significant ($p < 0,0001$; $R^2 = 98,14\%$; $R^2 \text{ prediksi} = 91,28\%$), while the model for potassium was also statistically significant ($p = 0,0001$; $R^2 = 95,52\%$; $R^2 \text{ prediksi} = 60,10\%$). The optimal condition was found at 1.325% acid concentration and 359,8 minutes soaking time, resulting in actual sodium and potassium contents of 0.0049 mg/g and 0.5191 mg/g, respectively. These values closely matched the model predictions with less than 7% deviation, indicating good predictive accuracy.

The briquettes produced under optimal treatment showed competitive combustion performance, with a calorific value of 5982.4 cal/gram, ash content of 4.59%, and moisture content of 8.31%, all of which meet or approach SNI and Coford quality standards. Thus, soaking in acetic acid effectively reduces alkali metals and enhances the quality of coconut husk briquettes as an efficient and environmentally friendly biomass fuel.

Keywords: coconut husk, sodium, potassium, acetic acid, RSM, fouling, slagging, desirability function

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Kualitas Biobriket Arang.....	12
Tabel 2-2. Hasil Penelitian Sebelumnya	25
Tabel 3-1. Desain Eksperimen <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	35
Tabel 3-2. Jadwal Kegiatan.....	37
Tabel 3-3. Matriks Penelitian.....	38
Tabel 4-1. Hasil pengujian kadar Kalium dan Natrium	42
Tabel 4-2. ANOVA model kadar Kalium.....	48
Tabel 4-3. <i>Fit Statistics</i> Kalium	49
Tabel 4-4. <i>Coefficients in Terms of Coded Factors</i> Kalium	52
Tabel 4-5. ANOVA model kadar Natrium.....	54
Tabel 4-6. <i>Fit Statistics</i> Natrium.....	56
Tabel 4-7. <i>Coefficients in Terms of Coded Factors</i> Natrium.....	59
Tabel 4-8. Hasil Prediksi Optimasi Multirespon (Desirabilitas Gabungan)	61
Tabel 4-9. Interval Kepercayaan (CI) dan Toleransi (TI) Prediksi Model pada Kondisi Optimum.....	63
Tabel 4-10. Konfirmasi Prediksi Model pada Kondisi Optimum.....	64
Tabel 4-11. Hasil Kadar Natrium dan Kalium Sabut dan Briket Optimal	65
Tabel 4-12. Hasil Uji Kadar Abu	66
Tabel 4-13. Hasil Uji Nilai Kalor Briket.....	68
Tabel 4-14. Hasil Uji Kadar Air.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Sabut Kelapa	8
Gambar 2-2. Briket Arang.....	11
Gambar 3-1. Kerangka Studi	30
Gambar 4-1. Grafik Pengaruh Konsentrasi	45
Gambar 4-2. Grafik Pengaruh Waktu	45
Gambar 4-3. <i>Normal Plot of Residuals</i> Kalium	49
Gambar 4-4. <i>Predicted vs actual plot</i> Kalium	50
Gambar 4-5. <i>Residual vs. Predicted</i> Kalium.....	50
Gambar 4-6. <i>Residuals vs. Run</i> Kalium	50
Gambar 4-7. <i>DFFITS vs. Run</i> Kalium	51
Gambar 4-8. <i>Box-Cox plot</i> Kalium	51
Gambar 4-9. <i>Surface plot</i> Kalium	53
Gambar 4-10. <i>3D Surface plot</i> Kalium	53
Gambar 4-11. <i>Normal Plot of Residuals</i> Natrium.....	56
Gambar 4-12. <i>Predicted vs. Actual</i> Natrium	56
Gambar 4-13. <i>Residual vs. Predicted</i> Natrium	57
Gambar 4-14. <i>Residuals vs. Run</i> Natrium.....	57
Gambar 4-15. <i>DFFITS vs. Run</i> Natrium	58
Gambar 4-16. <i>Box-Cox Plot</i> Natrium.....	58
Gambar 4-17. <i>Surface Plot</i> kadar Natrium	59
Gambar 4-18. <i>3D Surface Plot</i> kadar Natrium.....	60
Gambar 4-19. <i>Surface Plot Desirability</i>	61
Gambar 4-20. <i>3D Surface Plot Desirability</i>	62
Gambar 4-21. Grafik Desirabilitas untuk Optimasi Penghilangan Kalium dan Natrium	62

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN.....	79
Lampiran A: Hasil Analisis / Pengukuran	80
Lampiran B: Perhitungan	125
Lampiran C: Dokumentasi	128
Lampiran D: Data Pendukung.....	131