

**PENGARUH VARIASI RASIO *MUNICIPAL SOLID WASTE* DAN  
CANGKANG KELAPA UNTUK MENGETAHUI PERFORMA  
PROSES GASIFIKASI MENGGUNAKAN PEMANAS INDUKSI**

**Skripsi**



Disusun oleh

**Marsinta Melania Kristy Simanjuntak**

**3331190089**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN**

**2023**

**PENGARUH VARIASI RASIO *MUNICIPAL SOLID WASTE* DAN  
CANGKANG KELAPA UNTUK MENGETAHUI PERFORMA  
PROSES GASIFIKASI MENGGUNAKAN PEMANAS INDUKSI**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh

**Marsinta Melania Kristy Simanjuntak  
3331190089**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN  
2023**

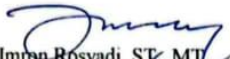
## TUGAS AKHIR


### PENGARUH VARIASI RASIO MUNICIPAL SOLID WASTE DAN CANGKANG KELAPA UNTUK MENGETAHUI PERFORMA PROSES GASIFIKASI MENGGUNAKAN PEMANAS INDUKSI

Dipersiapkan dan disusun oleh:  
Marsinta Melania Kristy Simanjuntak  
3331190089


telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 24 Juli 2023


#### Pembimbing Utama

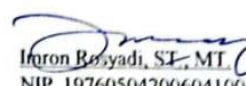
  
Imron Rosyadi, ST., MT.  
NIP. 197605042006041001


  
Yusvardi Yusuf, ST., MT.  
NIP. 197910302003121001

#### Anggota Dewan Penguji

  
Dr. Dwinanto, ST., MT.  
NIP. 198301122008121001

  
Hadi Wahyudi, MT., Ph.D.  
NIP. 197101162002121001

  
Imron Rosyadi, ST., MT.  
NIP. 197605042006041001

  
Yusvardi Yusuf, ST., MT.  
NIP. 197910302003121001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 03 Agustus 2023  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA

  
Dhimas Satria, S.T., M.Eng.  
NIP. 198305102012121006



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Marsinta Melania Kristy Simanjuntak

NPM : 3331190089

Judul : Pengaruh Variasi Rasio *Municipal Solid Waste* dan Cangkang Kelapa Untuk Mengetahui Perfoma Proses Gasifikasi Menggunakan Pemanas Induksi

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Agustus 2023



**Marsinta Melania Kristy Simanjuntak**

**NPM. 3331190089**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur tercurah limpahkan kepada Tuhan Yesus Kristus Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Rasio *Municipal Solid Waste* dan Cangkang Kelapa Untuk Mengetahui Perfoma Proses Gasifikasi Menggunakan Pemanas Induksi”. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan dalam mengajukan tugas akhir di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat banyak sekali bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Shofiatul Ula, S.Pd.l., M.Eng selaku pembimbing akademik jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Imron Rosyadi, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing I tugas akhir. Terima kasih atas bimbingan dan pengarahan selama penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing II tugas akhir. Terima kasih atas bimbingan dan pengarahan selama penyusunan tugas akhir.
5. Ibu Miftahul Jannah, S.T., MT, selaku Kordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Bapak Kurniawan Putra Yudha, S.Si.,M.Si. selaku laboran Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Terima kasih atas bantuannya selama melakukan pembuatan alat penelitian.
7. Mami, Papi, Kaiter, dan Manggora yang selalu senantiasa memberikan semangat, mendoakan, serta dukungan kasih sayang kepada penulis.
8. Teman-teman dari gasifikasi, Tasya, Riris, Nidya, Babeth, Sakenov dan jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas dukungan dalam melakukan penyusunan tugas akhir.

9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulisan pada tugas akhir ini mungkin masih memiliki banyak kekurangan, untuk itulah saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang sudah membantu. Diharapkan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Cilegon, Juli 2023

Penulis

## **ABSTRACT**

### *THE EFFECT OF MUNICIPAL SOLID WASTE AND COCONUT SHELL RATIO VARIATIONS TO DETERMINE GASIFICATION PROCESS PERFORMANCE USING INDUCTION HEATING*

**MARSINTA MELANIA KRISTY SIMANJUNTAK**

*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Sultan  
Ageng Tirtayasa*

*In areas with a dense population, such as urban areas, they certainly produce large amounts of waste. Pollution of waste must be handled immediately to maintain the sustainability of living things and their environment. One way that can be done for waste treatment, especially in urban areas which is called Municipal Solid Waste (MSW) is to use it as fuel in the gasification process. Besides MSW, this research also used coconut shells as biomass. In this case, it is hoped that the combination of MSW and coconut shells will produce good fuel by producing a high composition of syngas. The purpose of this study is to determine the best biomass ratio for the performance of the gasification process. The method used in this research is experimental. After conducting this research, the results of the best biomass ratio variation were obtained at CK and MSW (40:60) because the resulting flame is blue. Then the composition of the highest H<sub>2</sub> and CO syngas was found in the ratio variation (40:60), namely 37,309 and 39.876%. This is also supported by the results of testing the characteristics of MSW and coconut shells. Where in the ultimate test the coconut shell produces a higher hydrogen value than the MSW which is 6.29% and the MSW produces a higher volatile matter value than the coconut shell which is 77.33%.*

*Keyword : Coconut Shell, Gasification, MSW, Syngas*

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH VARIASI RASIO *MUNICIPAL SOLID WASTE* DAN CANGKANG KELAPA UNTUK MENGETAHUI PERFORMA PROSES GASIFIKASI MENGUNAKAN PEMANAS INDUKSI**

**MARSINTA MELANIA KRISTY SIMANJUNTAK**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Pada wilayah dengan jumlah penduduk yang padat seperti di perkotaan tentu menghasilkan limbah sampah dengan jumlah yang besar. Pencemaran limbah tersebut harus segera ditangani untuk menjaga keberlangsungan mahluk hidup serta lingkungannya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk pengolahan limbah terutama pada perkotaan yang disebut *Municipal Solid Waste* (MSW) adalah dengan menggunakannya sebagai bahan bakar pada proses gasifikasi. Selain MSW dalam penelitian ini juga dimanfaatkan tempurung kelapa sebagai biomassa. Dalam hal ini diharapkan dengan kombinasi dari MSW dan cangkang kelapa didapatkan bahan bakar yang baik dengan menghasilkan komposisi *syngas* yang tinggi. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui rasio biomassa terbaik pada performa hasil proses gasifikasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah experimental. Setelah dilakukan penelitian ini didapatkan hasil variasi rasio biomassa terbaik pada CK dan MSW (40:60) Dikarenakan nyala api yang dihasilkan berwarna biru. Kemudian komposisi *syngas*  $H_2$  dan CO tertinggi terdapat pada variasi rasio (40:60) yaitu 37.309 dan 39,876% %. Hal tersebut juga didukung dari hasil pengujian karakteristik MSW dan cangkang kelapa. Dimana pada pengujian ultimate cangkang kelapa menghasilkan nilai hidrogen lebih tinggi dari pada MSW yaitu 6,29 % dan MSW menghasilkan nilai volatile matter lebih tinggi dibandingkan cangkang kelapa yaitu 77,33%.

Kata kunci : Cangkang Kelapa, Gasifikasi, MSW, *Syngas*



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metode Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Biomassa.....	5
2.1.1 Pengertian Biomassa .....	5
2.1.2 Sampah Padat Kota ( <i>Municipal Solid Waste</i> ).....	6
2.1.3 Tempurung Kelapa.....	7
2.2 Gasifikasi .....	8
2.2.1 Pengertian Gasifikasi .....	8
2.2.2 Proses Gasifikasi .....	9
2.2.3 Tipe Reaktor Gasifikasi.....	11

2.2.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Gasifikasi .....	14
2.3 Penelitian Sebelumnya .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Metodologi Penelitian.....	18
3.2 Prosedur Penelitian .....	20
3.3 Alat dan Bahan .....	22
3.3.1 Bagan Alat Penelitian .....	22
3.3.2 Alat .....	23
3.3.3 Bahan .....	28
3.4 Jadwal Kegiatan.....	32
<b>BAB IV DATA DAN ANALISA</b>	
4.1 Karakteristik MSW dan Cangkang Kelapa .....	34
4.2 Komposisi Perbandingan MSW dan Cangkang Kelapa .....	37
4.3 Karakterisasi Alat Ukur .....	40
4.4 Visualisasi Warna Nyala Api .....	43
4.5 Analisa Komposisi Syngas .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Reaktor <i>Updraft</i> .....	12
<b>Gambar 2.2</b> Reaktor <i>Downdraft</i> .....	13
<b>Gambar 2.3</b> Reaktor <i>Crossdraft</i> .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Nyala Api Pada Penelitian Mufid .....	17
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	19
<b>Gambar 3.2</b> Grafik Kenaikan Temperatur Terhadap Waktu .....	21
<b>Gambar 3.3</b> Bagan Alat Penelitian .....	23
<b>Gambar 3.4</b> Thermokopel.....	23
<b>Gambar 3.5</b> Tungku Gasifikasi Tipe <i>Updraft</i> .....	24
<b>Gambar 3.6</b> Kondensor.....	24
<b>Gambar 3.7</b> Panel Kontrol.....	25
<b>Gambar 3.8</b> Tang Ampere .....	25
<b>Gambar 3.9</b> Timbangan Digital.....	26
<b>Gambar 3.10</b> <i>Urine Bag</i> .....	26
<b>Gambar 3.11</b> Vakum.....	26
<b>Gambar 3.12</b> <i>Oven</i> .....	27
<b>Gambar 3.13</b> Pemanas Air Elektrik.....	27
<b>Gambar 3.14</b> Handphone.....	28
<b>Gambar 3.15</b> Gas Chromatography (GC 7890).....	28
<b>Gambar 3.16</b> Nasi .....	29
<b>Gambar 3.17</b> Tulang.....	29
<b>Gambar 3.18</b> Kertas.....	29
<b>Gambar 3.19</b> Karton .....	30
<b>Gambar 3.20</b> Kain.....	30
<b>Gambar 3.21</b> Karet .....	30
<b>Gambar 3.22</b> Kayu.....	31

<b>Gambar 3.23</b> Sampah Taman .....	31
<b>Gambar 3.24</b> Plastik .....	31
<b>Gambar 3.25</b> Sayur .....	32
<b>Gambar 3.26</b> Tempurung Kelapa .....	32
<b>Gambar 4.1</b> Tabel Perbandingan Karakteristik Proximate CK dan MSW .....	35
<b>Gambar 4.2</b> Tabel Perbandingan Karakteristik Ultimate CK dan MSW .....	36
<b>Gambar 4.3</b> Nyala Api 100% Cangkang Kelapa.....	44
<b>Gambar 4.4</b> Nyala Api 100% MSW .....	44
<b>Gambar 4.5</b> Nyala Api (20:80) CK dan MSW .....	45
<b>Gambar 4.6</b> Nyala Api (40:60) CK dan MSW .....	45
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Komposisi Syngas Berdasarkan Variasi Biomassa .....	46

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Sampah Cilowong .....	6
<b>Tabel 2.2</b> Analisa <i>Proximate</i> dan <i>Ultimate</i> Tempurung Kelapa .....	8
<b>Tabel 2.3</b> Kandungan Syngas hasil gasifikasi Variasi bahan Baku.....	17
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Kegiatan .....	32
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian <i>Proximate</i> , <i>Ultimate</i> , Nilai Kalor Pada MSW.....	34
<b>Tabel 4.2</b> Pengujian <i>Proximate</i> , <i>Ultimate</i> , Nilai Kalor Pada Cangkang Kelapa.....	35
<b>Tabel 4.3</b> Komposisi Sampel dengan Perbandingan (0 : 100) .....	38
<b>Tabel 4.4</b> Komposisi Sampel dengan Perbandingan (100 : 0) .....	38
<b>Tabel 4.5</b> Komposisi Sampel dengan Perbandingan (20 : 80) .....	39
<b>Tabel 4.6</b> Komposisi Sampel dengan Perbandingan (40 : 60) .....	39
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Pengukuran Thermocouple 1 .....	40
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Pengukuran Thermocouple 2 .....	41
<b>Tabel 4.9</b> Hasil Pengukuran Thermocouple 3 .....	42
<b>Tabel 4.10</b> Komposisi Kandungan Syngas.....	46
<b>Tabel 4.11</b> Biomassa Sisa Hasil Gasifikasi .....	48

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Zaman yang semakin maju membuat pertumbuhan industri di Indonesia semakin pesat. Perkembangan tersebut tentu memberikan dampak positif pada pertumbuhan ekonomi nasional. Namun juga terdapat dampak negatif dari pertumbuhan tersebut salah satunya ialah pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari limbah sisa industri. Menurut Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) banyaknya sampah yang dihasilkan pada tahun 2022 adalah 3,950,668 (ton/tahun). Adapun sumber dari limbah tersebut dari rumah tangga 58,8 %, pasar tradisional 16 %, pusat perniagaan 7,8 %, fasilitas public 5,5 %, perkantoran 4 %, Kawasan dan lainnya berjumlah 3,9 %. Pencemaran limbah terdiri dari limbah padat, cair dan gas. Pada wilayah dengan jumlah penduduk yang padat seperti di perkotaan tentu menghasilkan limbah sampah dengan jumlah yang besar. Pencemaran limbah tersebut harus segera ditangani untuk menjaga keberlangsungan makhluk hidup serta lingkungannya.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk pengolahan limbah terutama pada perkotaan yang disebut *Municipal Solid Waste* (MSW) adalah dengan menggunakannya sebagai bahan bakar pada proses gasifikasi (Ardiansyah, 2017). MSW dapat dimanfaatkan sebagai biomassa bahan bakar. Selain MSW dalam penelitian ini juga dimanfaatkan cangkang kelapa sebagai biomassa. Indonesia menjadi negara yang memiliki potensi biomassa sebagai sumber daya yang sangat besar. Salah satu penghasil kelapa terbesar di dunia adalah negara Indonesia. Dengan produksi kelapa pertahun sebanyak 3 juta ton. Menurut data dari Badan Pusat Statistik di Provinsi Banten sendiri produksi kelapa pada tahun 2021 sebesar 42.181 ton (BPS, 2021). Kelapa sendiri merupakan tanaman yang hampir semua bagiannya dapat dimanfaatkan manusia. Selain itu tempurung kelapa dapat menjadi salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya lumayan baik untuk dijadikan arang aktif. Biomassa merupakan bagian dari

Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai alternatif pengganti energi fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Pada proses gasifikasi diperlukan biomassa sebagai bahan bakarnya. Dalam hal ini diharapkan dengan kombinasi dari MSW dan tempurung kelapa didapatkan bahan bakar yang baik dengan menghasilkan komposisi syngas yang tinggi.

Proses termokimia pengubahan bahan bakar padat menjadi *syngas* dengan menggunakan udara yang lebih sedikit daripada udara yang digunakan untuk proses pembakaran (*partial combustion*), dalam reaktor disebut sebagai proses gasifikasi (Najib & Darsopuspito, 2012). *Syngas* merupakan hasil proses panas menggunakan oksidasi parsial, uap air (*steam*), atau *Pyrolytic gasification* (Aswir & Misbah, 2018). Pada proses gasifikasi gas yang dihasilkan terdiri dari unsur – unsur seperti hidrogen, karbon monoksida, metan, karbon dioksida, uap air, senyawa hidrokarbon lain dalam jumlah yang kecil, serta bahan-bahan *non organic*.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental guna menemukan hasil *syngas* terbaik dengan variasi rasio biomassa. Dimana akan di dapatkan hasil terbaik performa pada proses gasifikasi menggunakan variasi biomassa. Hasil dari pengujian ini tentu diperlukan untuk mengetahui kuantitas dan kualitasnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui rasio bahan bakar terbaik pada performa hasil proses gasifikasi ?
2. Bagaimana mendapatkan hasil produk berupa *syngas* dari proses gasifikasi tempurung kelapa dan *Municipal Solid Waste* sebagai biomassa?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai penulis dalam melakukan penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui rasio biomassa terbaik pada performa hasil proses gasifikasi.
2. Mendapatkan hasil produk berupa *syngas* dari proses gasifikasi cangkang kelapa dan *Munisipal Solid Waste* sebagai biomassa.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang didapatkan dalam melakukan penelitian guna tidak menyimpang dari bahasan yang sudah ditetapkan yaitu :

1. Variasi rasio yang digunakan untuk biomassa dengan perbandingan (20 : 80, 40 : 60, 100 : 0, 0 : 100. )
2. Tanpa menggunakan katalis
3. Hanya menggunakan pemanas induksi
4. Data MSW yang digunakan berasal dari TPAS Cilowong dengan berat 50gr.
5. Pengeringan hanya dilakukan pada sampah jenis sisa makanan.
6. Tidak diuji komposisi sisa abu hasil gasifikasi dan tidak dikaji secara lebih jauh.
7. Didapatkan variasi rasio terbaik pada proses gasifikasi.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan penulis dengan dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini dapat menjadi sumbangsih dalam *Renewable Energy*.
2. Dapat memberikan inovasi bahan bakar berupa *syngas* melalui pemanfaatan *Municipal Solid Waste* (MSW) dengan cangkang kelapa.
3. Dapat mengetahui rasio bahan bakar terbaik pada performa hasil proses gasifikasi.



## 1.6 Metode Penelitian

Terdapat beberapa metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

### 1. Tahap Literatur

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data dan informasi yang berkaitan dengan variasi rasio biomassa terhadap performa hasil gasifikasi yang berasal dari buku, jurnal, serta literatur lainnya.

### 2. Tahap Eksperimen

Pada tahap experiment ini dilakukan percobaan biomassa menggunakan alat gasifikasi di Laboratorium Material COE yang terletak di fakultas Teknik Untirta.

### 3. Tahap Analisa dan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dimana hasil dari percobaan akan dianalisa dan di bahas kemudian diambil kesimpulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, I. M. (2017). *Studi Eksperimental Pengaruh Air Fuel Ratio (AFR) Proses Gasifikasi Pelet Municipal Solid Waste (MSW) Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft Sistem Kontinyu*. i-84 pp.
- Aswir, & Misbah, H. (2018). ANALISIS PERFORMANSI PROSES GASIFIKASI REFUSE DERIVED FUEL (RDF) LIMBAH PADAT AREN DENGAN VARIASI JENIS BAHAN PENGIKAT SKRIPSITitle. *Photosynthetica*, 2(1), 1–13.  
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76887-8>  
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93594-2>  
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00007-3>  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41559-019-0877-3>
- BPS. (2021). BPS NTT.,2021. Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Timur .Produksi Tanaman Kelapa. Kabupaten/Kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur, 2017-2021. *Coffee Production by Province in Indonesia , 2017-2021, 1, 1*.  
[pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61](http://pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61)
- Diallo, A. D. D., Alkhatib, M. F. R., Alam, M. Z., & Mel, M. (2021). Enhancement Of The Calorific Value Of Empty Fruit Bunch (efb) By Adding Municipal Solid Waste As Solid Fuel In Gasification Process. *IJUM Engineering Journal*, 22(2), 10–20. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v22i2.1566>
- Effendi, R., & Siregar, I. H. (2021). PENGARUH DIAMETER LUBANG NOZZLE SPRAY WATER PADA REACTOR TRAPPING KUANTITAS FLAMMABLE SYNGAS Ryan Effendi Indra Herlamba Siregar Abstrak. *Mazine*, 9(1), 19–26.
- Inovasi, J. S. (2022). *S Tudi L Iteratur P Engaruh*. 2(1), 47–53.
- Merwanda, G. (2008). *Politeknik negeri sriwijaya palembang 2008. D Iv*, 1–77.

- Mufid, F., & Anis, S. (2019). Pengaruh Jenis dan Ukuran Biomassa terhadap Proses Gasifikasi Menggunakan Downdraft Gasifier. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(3), 217–226. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2019.010.03.2>
- Najib, L., & Darsopuspito, S. (2012). Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 12–15.
- Narega, S. O., Apriansyah Ysf, R., Aswan, A., Fatria, F., Erlinawati, E., & Hilwatullisan, H. (2022). Produksi Syngas Dari Proses Gasifikasi Biomassa Menggunakan Downdraft Gasifier Sebagai Gas Bakar Pada Motor Bakar Empat Tak. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 2(11), 469–474. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.245>
- Pakondo, G. E., & Hasanuddin. (2022). *Pengaruh variasi biomassa terhadap efisiensi termal dan daya keluaran pada proses gasifikasi.*
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal of Electrical Technology*, 5(2), 88–92. <https://www.dosenpendidikan>.
- Satriono, A. R. (2021). PENGARUH VARIASI AIR FUEL RATIO ( AFR ) PADA GASIFIER TERHADAP KUANTITAS NYALA API SYN GAS PADA GASIFIKASI BIOMASSA CANGKANG SAWIT Diky Riansyah Dwi Heru Sutjahjo Abstrak. *Jtm*, 09(01), 57–64.
- Siahaan, T. (2018). *Gasifier Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit Program Studi Kimia 2018 M / 1439 H.*
- Styana, U. I. F., Indrawati, R., & Cahyono, M. S. (2018). Pengaruh Variasi Bahan Baku Terhadap Suhu Reaktor Dan Kandungan Syn Gas Yang Dihasilkan Dari Proses Gasifikasi Limbah Padat Industri AREN. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan*

VIII, November, 20–29.

Susila Herlambang, I., Susanti Rina, Ms. N., Ir Purwono, Me. A., Santosa, B., & Heru Tri Sutiono, M. (n.d.). *BIOMASSA SEBAGAI SUMBER ENERGI MASA DEPAN*.

Teknik, P., Institut, E., Yogyakarta, T., & Yogyakarta, J. J. (2019). *Ucik Ika Fenti Styana, (2) Rosiana Indrawati, (3) Muhammad Sigit Cahyono*. 3(1).

Vaish, B., Sharma, B., Srivastava, V., Singh, P., Ibrahim, M. H., & Singh, R. P. (2019). Energy recovery potential and environmental impact of gasification for municipal solid waste. *Biofuels*, 10(1), 87–100.  
<https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1368061>

Yunus Nasution, A., Hiro, F., Tarigan, L., Kunci, K., Bahan, :, Konvensional, B., Biomassa, L., & Biomassa, K. (2022). *ANALISA DESAIN KOMPOR BIOMASSA BERBAHAN BAKAR TEMPURUNG KELAPA MENGGUNAKAN ANSYS*. 10(1), 22–29. <https://talenta.usu.ac.id/dinamis>