

**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**

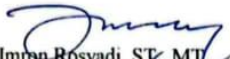
TUGAS AKHIR


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

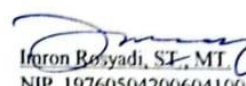

Imron Rosyadi, ST., MT.
NIP. 197605042006041001



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 H₂ 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 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. 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
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
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
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
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
BAB IV DATA DAN ANALISA	
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
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

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

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

DAFTAR TABEL

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

2.1.1 Pengertian Biomassa

Biomassa merupakan suatu istilah yang sering dipakai untuk menyebut semua senyawa organik yang dapat bersumber dari alga, tanaman budidaya dan sampah organik (Yunus Nasution et al., 2022). Biomassa juga dapat diartikan sebagai campuran material organik yang kompleks yang tersusun dari lemak, protein, karbohidrat, dan mineral lainnya dengan jumlah sedikit seperti fosfor, kalium, besi, dan sodium (Merwanda, 2008). Campuran organik pada biomassa dapat dibagi menjadi 4 elemen utama seperti karbon (C), oksigen (O₂), nitrogen (N), dan hidrogen (H) (Ardiansyah, 2017). Biomassa merupakan bagian dari Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai alternatif pengganti energi fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Potensi energi limbah biomassa di Indonesia diperkirakan mencapai 146,7 juta ton per tahun. Sementara potensi Biomassa yang berasal dari sampah untuk tahun 2020 diperkirakan sebanyak 53,7 juta ton (Parinduri & Parinduri, 2020). Biomassa termasuk bahan energi yang dapat diperbarui karena proses produksinya cepat. Untuk itu bahan organik seperti minyak dan batu bara yang melalui proses geologi tidak dapat dikategorikan sebagai biomassa (Merwanda, 2008).

Biomassa sangat beragam namun, secara garis besar dapat merujuk pada limbah pertanian, limbah perhutanan, MSW, lumpur kumbangan, kotoran hewan dan sebagainya (Susila Herlambang et al., n.d.). Keberadaan biomassa menjadi pandangan positif terhadap energi terutama sebagai pengganti energi fosil. Adapun kelebihan pada

penggunaan biomassa seperti mengurangi limbah organik, efek rumah kaca dan juga polusi udara.

2.1.2 Sampah Padat Kota (*Municipal Solid Waste*)

Pada wilayah dengan jumlah penduduk yang padat seperti dikota besar tentu menghasilkan limbah sampah yang banyak. Limbah sampah padat kota tersebut dapat diolah menjadi bahan bakar pada proses gasifikasi. Sampah padat kota (*Municipal Solid Waste*) adalah sumber energi terbarukan yang potensial dan paling berharga (Vaish et al., 2019). MSW termasuk kedalam limbah biomassa dimana berlimpah dan banyak ditemukan di berbagai negara di dunia, seperti Malaysia, Indonesia, Guinea, Turkey (Diallo et al., 2021). Penggunaan sampah padat kota sebagai biomassa menawarkan peluang yang signifikan untuk industri besar, terbarukan, dan sumber energi ramah lingkungan yang sesuai.

MSW merupakan serangkaian bahan heterogen yang karakteristik kimianya berkaitan erat dengan sifat kimiawi dari berbagai komponen penyusunnya. MSW dapat di kelompokkan menjadi dua kalsifikasi fisik, dimana ada anorganik dan juga organik. Anorganik terdiri dari logam, kaca, ubin, abu dan lain lain. Sedangkan pada organik terdiri dari sisa makanan. Komposisi fisik dari MSW tergantung pada iklim, wilayah, gaya hidup dan status ekonomi pada suatu negara. MSW pada wilayah maju dengan gaya hidup yang tinggi mengandung lebih banyak plastik, kertas dan tekstil. Selain itu produksi energi pada MSW tergantung pada komposisinya. Sampah padat kota yang digunakan pada penelitian ini berasal dari TPAS Cilowong Kota Serang. Dimana komposisi sampah pada TPAS Cilowong ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Komposisi Sampah Cilowong

No	Jenis Sampah	Presentase
1	Sisa Makanan	50,00

2	Kertas, Karton dan Nappies	8,00
3	Kayu dan Sampah Taman	4,00
4	Kain dan Produk Tekstil	0,75
5	Karet dan Kulit	0,50
6	Plastik	35,00
7	Logam	0,50
8	Gelas	0,25
9	Lain – Lain	1,00
	Jumlah	100,00

2.1.3 Tempurung Kelapa

Salah satu penghasil kelapa terbesar di dunia ialah Indonesia. Dengan produksi kelapa pertahun sebanyak 3 juta ton. Menurut Badan Pusat Statistik di kota banten sendiri produksi kelapa pada tahun 2021 sebesar 42.181 ton (BPS, 2021). Kelapa merupakan tumbuhan yang sering dimanfaatkan manusia karena hampir semua bagiannya dapat dimanfaatkan, sehingga menjadi tanaman serbaguna. Kelapa sendiri terdiri dari kulit daging (testa), tempurung kelapa, sabut, daging buah dan air kelapa (Effendi & Siregar, 2021). Salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya lumayan baik untuk dijadikan arang aktif ialah tempurung kelapa.

Di Indonesia saat ini jumlah limbah tempurung kelapa pertahunnya ialah 360 ribu ton. Tempurung kelapa adalah bagian paling keras pada kelapa, hal tersebut dikarenakan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya. Jenis tanaman kelapa dalam hal ini menentukan berat dan tebalnya tempurung kelapa. Berat tempurung kelapa biasanya sekitar (15 – 19) % dari berat keseluruhan buah kelapa, sedangkan tebalnya sekitar (3–5) mm (Inovasi, 2022). Umumnya nilai kalor yang terdapat pada tempurung kelapa memiliki kisaran antara 18200 kJ/kg hingga 19338.05 kJ/kg (Inovasi, 2022). Oleh sebab itu tempurung kelapa dapat dijadikan

biomassa untuk energi alternatif (Satriono, 2021). Dengan mengetahui komposisi serta kandungan kimia dari tempurung kelapa, bahan tersebut dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif.

Tabel 2.2 Analisa *Proximate* dan *Ultimate* Tempurung Kelapa

Parameter	Nilai
<i>Proximate</i>	
<i>Moisture (%)</i>	7,57
<i>Volatile Matter (%)</i>	72,82
<i>Fixed Carbon (%)</i>	19,61
<i>Ultimate</i>	
<i>Carbon (%)</i>	44,52
<i>Hydrogen (%)</i>	5,66
<i>Oxygen (%)</i>	42,53
<i>Nitrogen (%)</i>	0,21
<i>Sulphur (%)</i>	0,05
<i>Ash (%)</i>	7,03
Nilai Kalor Bahan Baku	
<i>Low Heating Value (Mj/Kg)</i>	20,89

(sumber : SILISIA, R. ELJI (2017))

2.2 Gasifikasi

2.2.1 Pengertian Gasifikasi

Gasifikasi merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk mengubah biomassa menjadi energi alternatif. Gasifikasi sendiri merupakan sebuah proses perubahan bahan bakar padat (Biomassa) menjadi gas mampu bakar (CH_4 , H_2 , dan CO), atau yang sering dikenal dengan sebutan *syngas* (Effendi & Siregar, 2021). Proses gasifikasi adalah sebuah proses kimia dengan mengubah material berkarbon menjadi gas mampu bakar (Merwanda, 2008). Gasifikasi dapat dikatakan sebagai proses konversi

bahan bakar menjadi gas mampu bakar melalui reaksi termokimia dengan oksigen yang digunakan kurang dari stoikiometri (Pakondo & Hasanuddin, 2022). Pada proses pirolisis dan gasifikasi terjadi dekomposisi bahan bakar, tetapi dekomposisi pada pirolisis terjadi tanpa adanya oksigen, sedangkan pada proses gasifikasi menggunakan oksigen dengan jumlah terbatas. Menggunakan proses gasifikasi tentu membawa keuntungan dimana hasil pembakaran gas lebih bersih dan bahan baku biomassa tidak sulit ditemukan. Pada proses ini dilakukan di dalam suatu alat yaitu *gasifier*.

2.2.2 Proses Gasifikasi

Secara sederhana proses gasifikasi dapat dikatakan sebagai reaksi kimia pada suhu tinggi (Merwanda, 2008). Pada proses gasifikasi terbentuk daerah proses yang dikenal menurut distribusi suhu dalam reaktor gasifikasi (Teknik et al., 2019). Daerah tersebut merupakan pengeringan (*drying*), *pyrolysis*, reduksi (*reduction*) dan oksidasi (*oxidation*) (Teknik et al., 2019).

A. Tahap Pengeringan (*drying*)

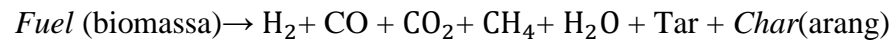
Temperatur yang digunakan pada zona ini berada diantara 100° - 300°C. Dimana pada biomassa terjadi pengeringan akibat panas pada temperatur 100°. Proses ini dilakukan guna untuk mengurangi kadar air yang terdapat didalam biomassa, dan sebisa mungkin kandungan air tersebut hilang. Semakin tinggi suhu pemanasan dapat mempercepat proses difusi kadar air yang terkandung dalam biomassa jadi prosesnya pengeringannya lebih cepat (Merwanda, 2008). Berikut prosesnya :



B. Tahap Pirolisis

Temperatur yang terjadi pada zona ini ialah 250° - 500°C. Proses pirolisis adalah proses pemanasan tanpa adanya udara. Produk yang

dibuat melalui proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu, tekanan, dan juga temperatur (Merwanda, 2008). Pada tahap ini biomassa mulai bereaksi serta membentuk tar dan senyawa gas yang mudah terbakar. Berikut proses pirolisis :

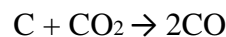


C. Tahap Reduksi

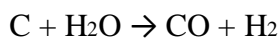
Tahap reduksi terjadi pada temperatur 400° - 900°C. Pada tahap reduksi melibatkan semua produk yang berasal pada tahap sebelumnya dari pirolisis dan oksidasi; campuran gas dan arang bereaksi satu sama lain sehingga berubah dan membentuk *syngas* (Ardiansyah, 2017). Adapun reaksi yang terjadi pada tahap reduksi yaitu *bourdouard reaction*, *steam-carbon reaction*, *water gas shift reaction*, dan *methanation reaction* (Pakondo & Hasanuddin, 2022).

Berikut proses reduksi :

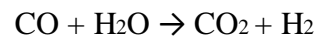
Boundouard reaction



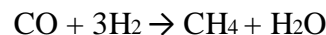
steam-carbon reaction



water gas shift reaction



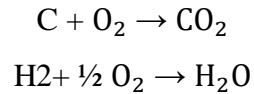
methanation reaction



D. Tahap Oksidasi

Temperatur yang terjadi pada tahap ini relatif cukup tinggi umumnya diatas 900°C. Pada zona ini merupakan bagian proses untuk menyediakan panas yang diperlukan dalam proses pengeringan, pirolisis dan reduksi. Kandungan *volatil* dan *char* dari bahan bakar yang dihasilkan dibakar secara terkendali untuk membentuk dan dalam proses yang dapat dikatakan oksidasi. Sifat bahan bakar

mempengaruhi jumlah panas yang dilepaskan pada zona ini. Produk dari zona oksidasi kemudian memasuki zona reduksi yang berdekatan, yang merupakan zona reaksi penghasil *syngas* dalam *gasifier* (Aswir & Misbah, 2018). Berikut proses oksidasi :



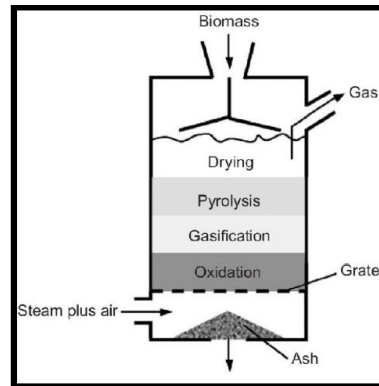
2.2.3 Tipe Reaktor Gasifikasi

Proses gasifikasi terjadi pada suatu alat yang disebut *gasifier* atau reaktor. Terdapat beberapa macam tipe *gasifier* seperti *gasifier* unggun tetap (*fixed bed*) dengan sistem aliran ke atas (*updraft*), aliran ke bawah (*downdraft*), dan arah aliran menyilang (*crossdraft gasification*), kemudian *gasifier* dengan pelumasan (*fluidized bed*) dengan sistem gelembung (*bubbling*) dan sirkulasi (*circulating*), dan *gasifier* aliran berjalan (*entrained flow*) (Teknik et al., 2019). Penelitian ini difokuskan pada *gasifier* tipe *fixed bed* karena *fluidized bed* dan *entrained flow* merupakan reaktor yang sering digunakan untuk pembangkit energi atau industri dengan skala yang besar (Teknik et al., 2019).

1. Reaktor tipe *Updraft*

Reaktor tipe *updraft*, arah aliran biomassa padat ke bawah sedangkan arah aliran gas mengalir ke atas, untuk itu arah alirannya berlawanan. Tipe reaktor ini dengan dimasukkan biomassa ke bagian atas reaktor dan bergerak ke bawah melalui zona pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi. Ketika udara datang dari bawah dan gas keluar dari atas (Merwanda, 2008). Adapun kelebihan dari penggunaan reaktor tipe *updraft* seperti pada mekanisme kerja yang dimiliki oleh reaktor tipe ini jauh lebih sederhana dibandingkan dengan tipe yang lain (Pakondo & Hasanuddin, 2022). Selain itu juga tingkat pembakaran arang yang tinggi, pertukaran panas internal sehingga suhu gas keluar rendah, dan efisiensi gasifikasi yang tinggi

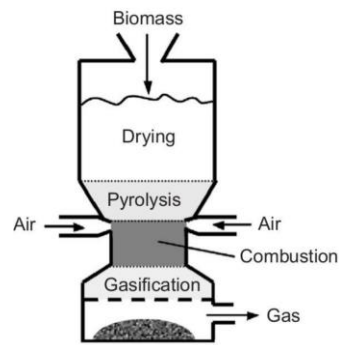
(Merwanda, 2008). Adapun kekurangan dari penggunaan tipe reaktor ini yaitu kandungan tar dalam *syngas* hasil reaksi yang relatif tinggi sehingga mempengaruhi kualitas dari gas yang dihasilkan serta kemampuan muatan reaktor yang relatif rendah (Pakondo & Hasanuddin, 2022). Berikut ini gambar reaktor *updraft*



Gambar 2.1 Reaktor Updraft
(Pakondo & Hasanuddin, 2022)

2. Reaktor tipe *Downdraft*

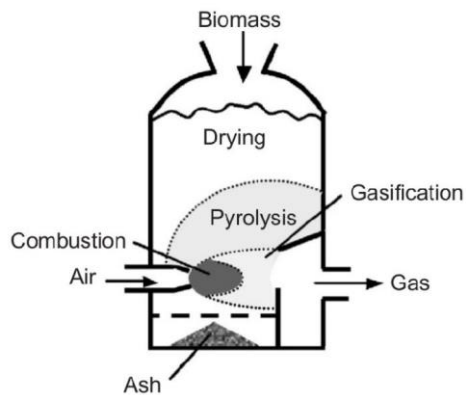
Pada reaktor tipe *downdraft* bahan bakar atau biomassa dimasukkan pada bagian atas. Reaktor tipe ini memiliki arah aliran biomassa dan juga gas sama sama menuju ke bawah. Gasifikasi tipe ini menghasilkan tar yang lebih rendah dibandingkan penggunaan reaktor *updraft* (Ardiansyah, 2017). Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan tar hasil pirolisis terbawa bersama dengan gas kemudian masuk ke daerah gasifikasi dan pembakaran dengan temperatur yang tinggi (Ardiansyah, 2017). Pada kedua daerah tersebutlah tar mengalami penguraian. Kandungan tar yang rendah membuat reaktor ini cocok diaplikasikan untuk mesin pembakaran internal (Merwanda, 2008). Berikut gambar reaktor *downdraft*



Gambar 2.2 Reaktor *Downdraft*
(Pakondo & Hasanuddin, 2022)

3. Reaktor tipe *Crossdraft*

Reaktor tipe *crossdraft* arah aliran udara dihembuskan melalui arah mendatar atau horizontal kedalam alat gasifikasi. Reaktor tipe ini dirancang untuk pemakaian arang, dimana mekanisme pada aliran udara mengalir tegak lurus pada zona pembakaran (Merwanda, 2008). Reaktor tipe ini akan beroperasi dengan baik pada aliran udara dan bahan bakar yang kering. Reaktor jenis ini juga baik digunakan dalam skala kecil. Berikut gambar reaktor *crossdraft*



Gambar 2.3 Reaktor *Crossdraft*
(Pakondo & Hasanuddin, 2022)

2.2.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Gasifikasi

Dalam melakukan proses gasifikasi tentu terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhinya seperti :

A. Sifat Biomassa

Tidak semua biomassa dapat dikonversikan menjadi *syngas*, terdapat beberapa parameter untuk mengklasifikasikan bahan baku yang baik dan juga kurang baik berdasarkan sifat serta kandungannya (Merwanda, 2008). Adapun beberapa parameter yang digunakan dalam mengklasifikasinya seperti :

1. Kandungan energi

Semakin meningkat kandungan energi yang dimiliki biomassa maka *syngas* hasil gasifikasi biomassa tersebut juga akan semakin meningkat (Merwanda, 2008). Hal tersebut dikarenakan energi yang dapat diubah juga semakin tinggi (Merwanda, 2008).

2. *Moisture*

Umumnya pada proses gasifikasi bahan baku yang digunakan diharapkan kandungan kelembapaannya rendah. Kelembapan yang tinggi akan mengakibatkan *heat loss* berlebih dan juga menyebabkan beban pendinginan semakin tinggi dikarenakan *pressure drop* yang terjadi meningkat (Merwanda, 2008). Kandungan *moisture* (kelembaban) yang ideal adalah kurang dari 20% (Merwanda, 2008).

3. Debu

Setiap bahan baku pada proses gasifikasi menghasilkan *dust* (debu) (Ardiansyah, 2017). Adanya debu ini sangat mengganggu sehingga berpotensi untuk menyumbat saluran dan membutuhkan maintenance lebih (Ardiansyah, 2017). Rancangan untuk *gasifier* yang baik setidaknya menghasilkan kandungan debu yang tidak lebih dari 2 – 6 g/m³ (Ardiansyah, 2017).

4. Kandungan Tar

Kandungan paling merugikan dan bersifat korosif adalah tar. Tar merupakan cairan hitam kental yang terbentuk akibat dari pemanasan tertutup pada material organik dan juga mempunyai bau yang dapat mengganggu pernafasan (Ardiansyah, 2017). Jika hasil gas yang dipakai kendaraan bermotor mengandung tar yang relatif tinggi, akan mengakibatkan deposit pada karburator dan *intake valve* sehingga mengakibatkan gangguan. Rancangan gasifier yang baik setidaknya dapat menghasilkan tar tidak lebih dari 1 g/m^3 (Ardiansyah, 2017).

5. *Slagging* dan *Ash*

Kandungan mineral yang terdapat pada bahan baku yang tetap berupa oksida setelah melalui proses pembakaran dapat dikenal sebagai *ash*. Sedangkan slag sendiri memiliki arti sebagai kumpulan ash yang lebih tebal (Ardiansyah, 2017). Adanya *ash* dan *slag* pada gasifier akan memberikan pengaruh dalam penyumbatan gasifier dan di titik tertentu akan mengurangi respon reaktori pada bahan baku (Ardiansyah, 2017).

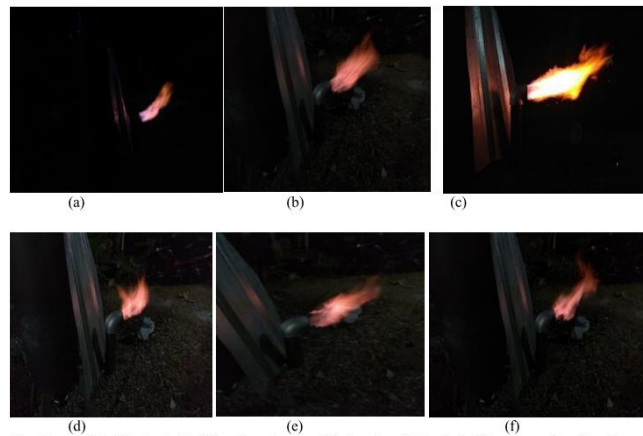
B. Rasio Bahan Bakar dan Udara

Reaksi yang terjadi pada proses gasifikasi dan kandungan *syngas* yang dihasilkan, dapat dipengaruhi oleh perbandingan rasio udara dan bahan bakar yang digunakan. Kebutuhan udara dari proses gasifikasi terletak di antara batas perubahan energi pirolisis serta pembakaran (Ardiansyah, 2017). Oleh sebab itu dibutuhkan rasio yang tepat dan pas jika menginginkan hasil *syngas* yang sempurna.

2.3 Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian yang berkaitan dengan variasi biomassa dengan hasil syngas yang didapatkan. (Teknik et al., 2019) meneliti tentang karakterisasi proses gasifikasi sampah organik dengan variasi jenis bahan. Dimana pada penelitian ini menggunakan reaktor tipe updraft dengan variasi

bahan yang digunakan sampah organik berupa daun dan ranting tanaman melinjo yang diperoleh dari lahan pekarangan rumah warga Desa Sidomoyo. Adapun variasi rasionya 100% : 100% daun dan ranting, serta 50%-50% daun dan ranting. Saat pengujian kandungan air didapatkan kadar air daun sebesar 10,01 %, lebih tinggi daripada ranting yaitu 9,95%. Proses gasifikasi berlangsung dalam reaktor selama satu jam. Dalam hal ini di dapatkan Jenis bahan mempengaruhi proses gasifikasi sampah organik. Sampah organik berupa daun melinjo memiliki karakteristik kadar air 10,01 %, kadar abu 13,11%, kadar karbon 48,41%, dan kadar bahan mudah menguap 53,52%. Sedangkan ranting melinjo memiliki karakteristik kadar air 9,95 %, kadar abu 8,41%, kadar karbon 38,86%, dan kadar bahan mudah menguap 67,28%. Selanjutnya penelitian dari (Mufid & Anis, 2019) pengaruh jenis dan ukuran biomassa terhadap proses gasifikasi menggunakan downdraft gasifier. Pada penelitian beliau menggunakan reaktor tipe downdraft dimana variasi bahan yang digunakan yaitu kayu segon dan mahoni. c Saat pengujian kandungan air didapatkan kayu segon memiliki kandungan air sebesar 9,97 % sedangkan kayu mahoni sebesar 11,8 %. Adapun hasil penelitian ini didapatkan proses gasifikasi yang baik didapatkan pada penggunaan bahan baku serpihan segon. Adapun produk gas yang dihasilkan memiliki nyala api dengan warna biru-kemerahan selama 77 menit dan jumlah residu hanya 9,1%. Api dengan warna kebiru biruan menandakan menghasilkan gas mampu bakar yang tinggi(Mufid & Anis, 2019). Selain itu, bahan baku serpihan segon memberikan suhu gasifikasi tertinggi terutama pada zona oksidasi yaitu 1239 °C. Berikut gambaran nyala api saat proses gasifikasi.



Gambar 7. Foto Nyala Api (a) Serpihan Sengon, (b) Serpihan Mahoni, (c) Campuran Serpihan Sengon dengan Mahoni, (d) Balok Sengon, (e) Balok Mahoni, (f) Campuran Balok Sengon dengan Mahoni.

Gambar 2.4 Nyala Api Pada Penelitian Mufid

Selanjutnya penelitian dari ucik ika dengan judul “Pengaruh Variasi bahan aku Terhadap Suhu reaktor dan kandungan syngas yang dihasilkan dari proses gasifikais limbah padat industri aren”. Dimana pada penelitian ini menggunakan variasi biomassa tempurung kelapa dan campuran limbah padat aren. Seperti tabel dibawah ini

Tabel 2.3 Kandungan Syngas hasil gasifikasi Variasi bahan Baku

No	Bahan baku	Kadar H ₂ (%)	Kadar CH ₄ (%)	Kadar CO ₂ (%)
1	Limbah padat aren	0,497	0,001	3,183
2	Campuran limbah padat aren & tempurung kelapa	4,531	1,395	5,185
3	Tempurung kelapa	2,034	0,653	1,526

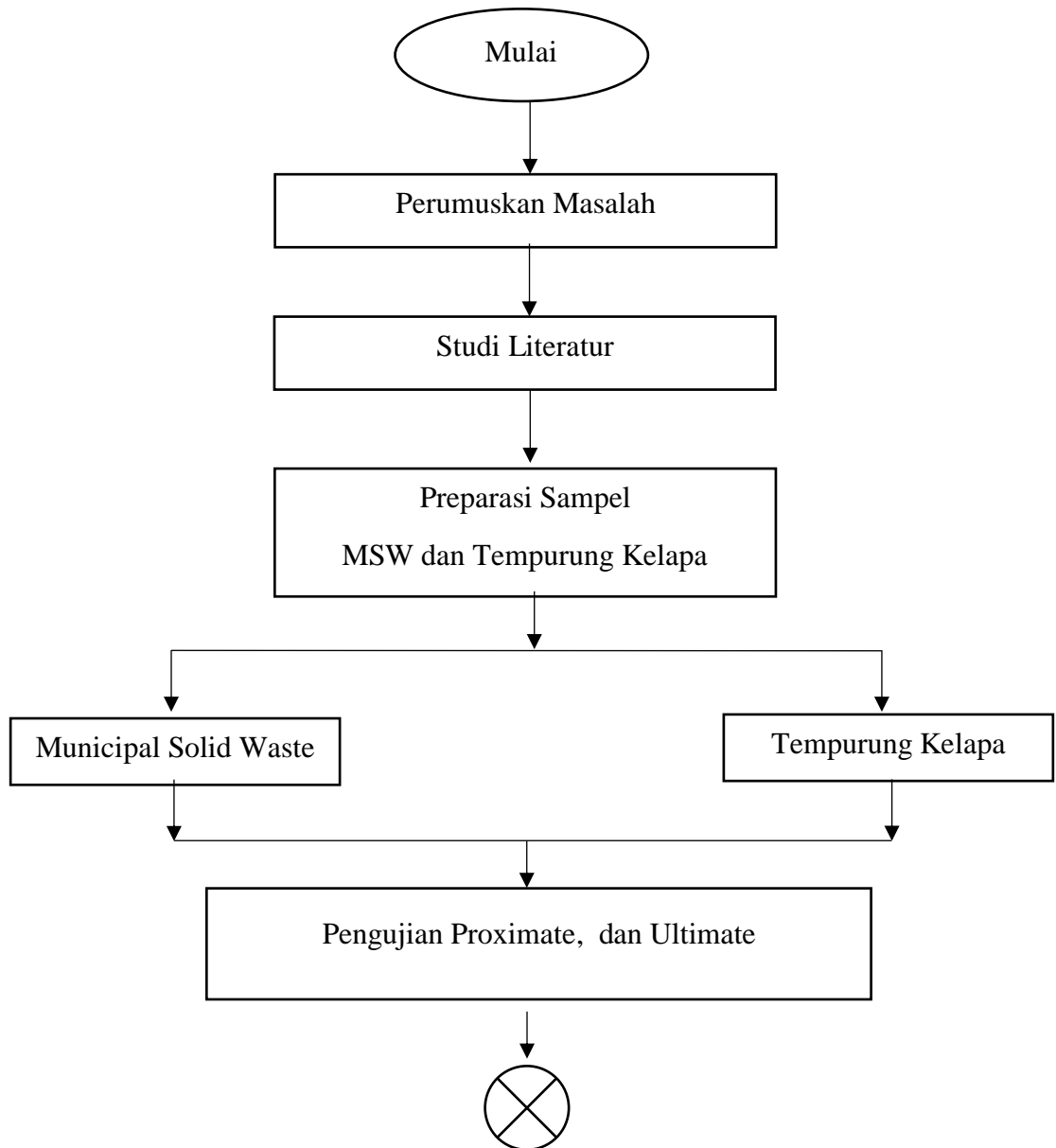
Terlihat bahwa kadar hydrogen terbaik sebagai gas mampu bakar terdapat pada percampuran limbah padat aren dan juga tempurung kelapa. Selain itu juga pada gas susah bakar (CO₂) dimana campuran biomassa tersebut menghasilkan gas yang lebih bervariasi daripada bahan baku yang murni (Styana et al., 2018). Di penelitian ini gasifikasi limbah padat aren menghasilkan gas bakar yang lebih sedikit dibandingkan dengan campuran. Ucik mengatakan hal ini yang membuat syngas hasil gasifikasi sulit untuk terbakar, untuk itu perlu dilakukan pencampuran agar menghasilkan hasil terbaik dan bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternative (Styana et al., 2018).

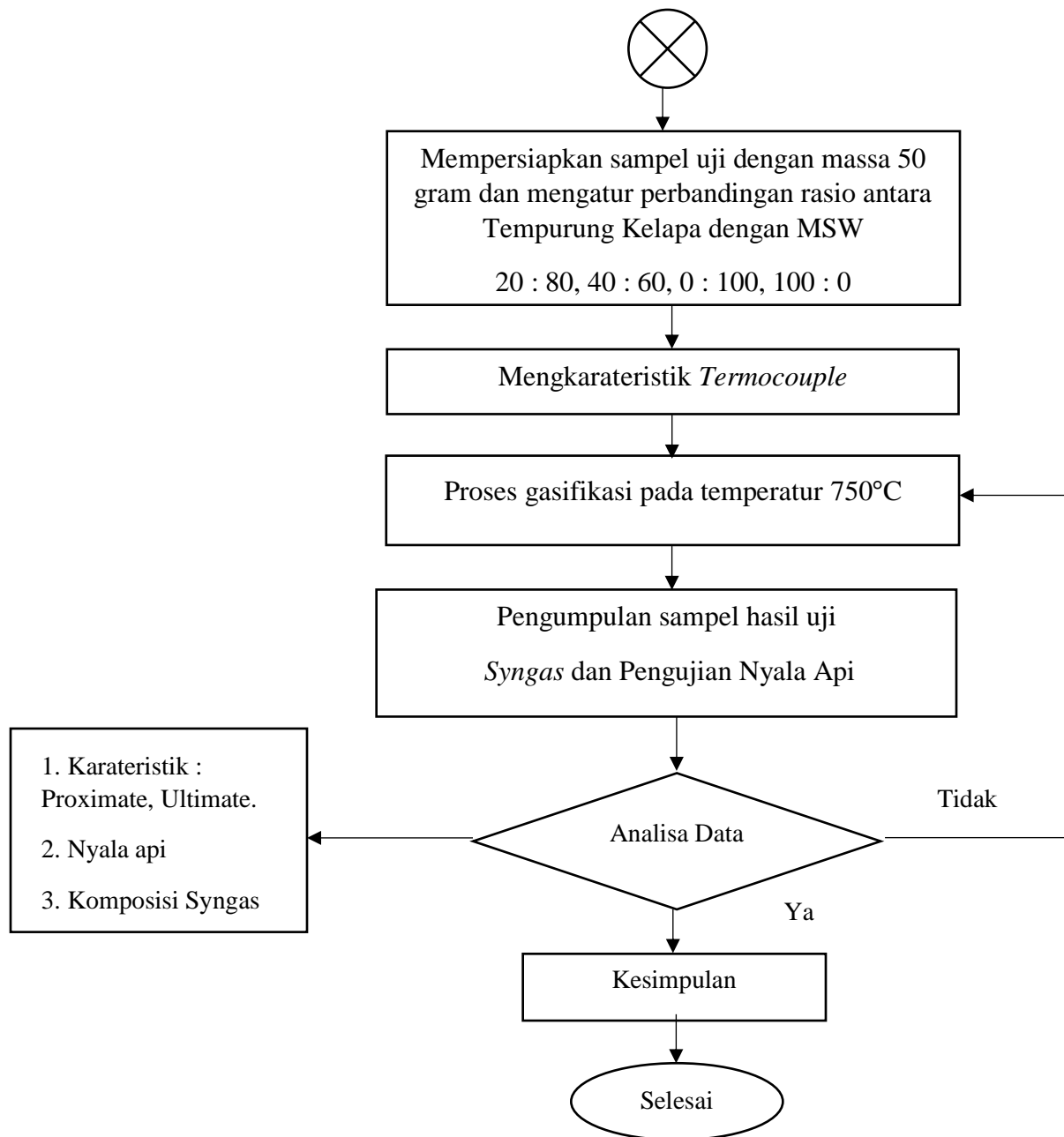
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang berfungsi untuk memberikan gambaran terhadap jalannya penelitian seperti dibawah ini :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber : Pribadi)

3.2 Prosedur Penelitian

Dari diagram alir penelitian 3.1 adapun penjelasan yang akan diuraikan seperti berikut ini :

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode yang digunakan untuk mengumpulkan referensi yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Diperoleh beberapa sumber dari jurnal, buku serta sumber lainnya. Metode ini bertujuan untuk mempelajari biomassa, proses gasifikasi, pengujian nilai kalor (proximate, ultimate, dan bomkalorimeter).

2. Preparasi Sampel

Jenis sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah MSW dan cangkang kelapa. Dimana sampah padat kota diambil dari TPAS cilowong Serang. Adapun jenis sampah yang digunakan sebagai biomassa seperti, sisa makanan, kertas dan karton, kain, karet, kayu dan sampah taman, dan plastik. Sampah yang akan di preparasi di cacah hingga berukuran 5mm x 5mm. Pada sisa makanan seperti tulang, sayur dan nasi, dilakukan pengeringan pada suhu 105°C selama 3 jam menggunakan oven. Adapun komposisi sampah pada preparasi ini sisa makanan 50,875%, kertas dan karton 8,14%, kayu dan sampah taman 4,07%, kain 0,763%, karet 0,509% dan plastic sebesar 35,613%.

3. Pengujian Proximate, Ultimate dan Nilai Kalor

Dilakukan pengujian proximate, ultimate dan nilai kalor sebagai data pendukung sebelum dilakukan penelitian. Dimana pengujian proximate untuk mengetahui kadar moisture, ash, volatile matter. Pada pengujian ultimate untuk mengetahui kadar karbon, hidrogen, dan nitrogen. Paduntuk mengetahui nilai kalor.

4. Persiapan Sampel Uji

Mempersiapkan sampel uji dengan massa 50 gram. Adapun komposisi sampah pada massa 50gr untuk sisa makanan 25,4375 gram. Sisa makanan dikelompokkan menjadi 3 yaitu nasi 10,175 gram, Sayur 10,175 gram dan

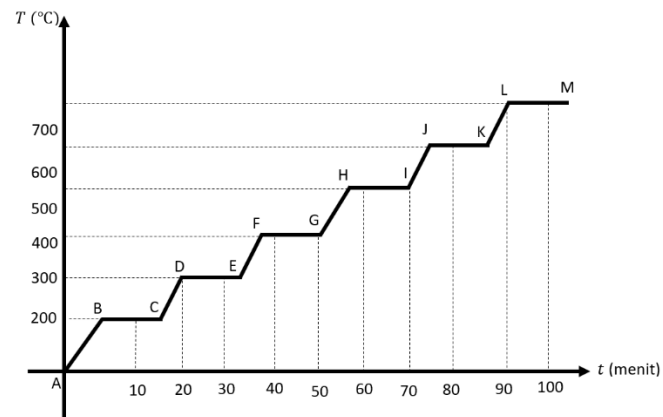
tulang 5,087 gram. Pada kertas dan karton 4,07 gram. Untuk kain dengan berat 0,381 gram. Pada karet dengan berat 0,254 gram. Untuk kayu dan sampah taman 2,035 gram. Terakhir pada sampah plastic dengan berat 17,805 gram. Untuk tempurung kelapa sendiri dengan berat 50 gram

5. Mengatur Rasio Perbandingan

Diatur rasio perbandingan pada tempurung kelapa dan MSW. Pada percobaan pertama dilakukan perbandingan 20 : 80. Pada percobaan kedua 40 : 60. Pada percobaan ketiga 0 : 100. Pada percobaan keempat 100 : 0.

6. Proses Gasifikasi

Dilakukan proses gasifikasi dimana alat gasifikasi dinyalakan dan diatur suhunya hingga mencapai 200°C 15 menit kemudian, dinaikan suhunya menjadi 300°C. Jika sudah mencapai suhu 300°C, ditunggu selama 15 menit dan dinaikan kembali mencapai suhu 400°C. Dimasukan biomassa dengan rasio yang telah ditentukan pada suhu 400°C. Setelah 30 menit suhu dinaikan hingga mencapai 650°C dan uap pun masuk kemudian ditunggu selama 15 menit. Dinaikan kembali suhu 100°C dengan kondisi keran flare tertutup, hingga mencapai 750°C. Hasil yang didapatkan pada proses gasifikasi ini ialah *syngas*.



Gambar 3.2 Grafik Kenaikan Temperatur Terhadap Waktu

(Sumber : Pribadi)

7. Hasil Produk *Syngas*

Hasil produk syngas diambil pada suhu 750°C berupa gas divakum dan ditampung kedalam urine bag. Hal ini dilakukan agar sampel tersebut tidak terkontaminasi dan siap untuk dilakukan pengujian pada lab LEMIGAS dengan menggunakan alat Gas Chromatography GC-MS.

8. Analisa Data

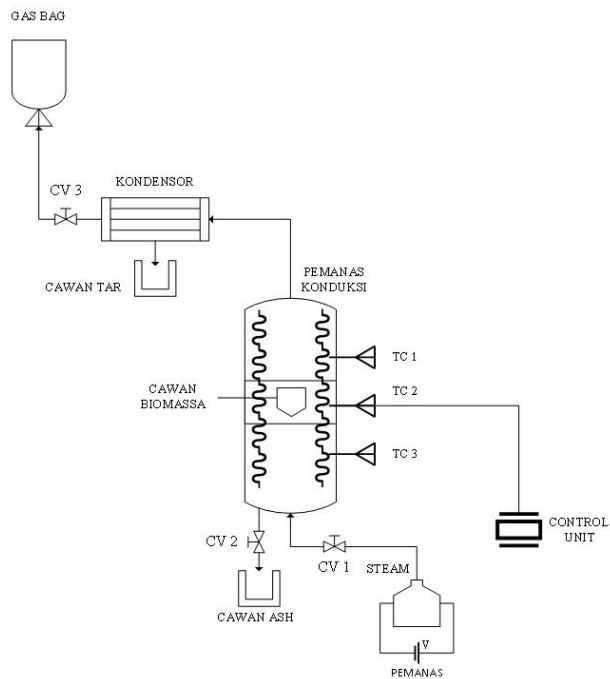
Dilakukan analisa data dengan melihat hasil pengujian yang terdiri dari pertama proximate dan ultimate, Nyala Api serta komposisi syngas. Dari ketiga data tersebut dipadukan dan diberi analisis berdasarkan hasil pengujian. Kemudian dilakukan perbandingan dengan teori dan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti lain. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui hasil terbaik *syngas* dari variasi rasio biomassa MSW dan cangkang kelapa.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini seperti :

3.3.1 Bagan Alat Penelitian

Berikut ini merupakan bagan alat pada penelitian :



Gambar 3.3 Bagan Alat

(Sumber : Pribadi)

3.3.2 Alat

Adapun Alat yang digunakan pada penelitian ini :

1. Thermokopel tipe K

Thermocouple berfungsi untuk mengukur suhu pada gasifier pada proses gasifikasi berlangsung. Termokopel ini bisa mengukur suhu sampai dengan 1200°C

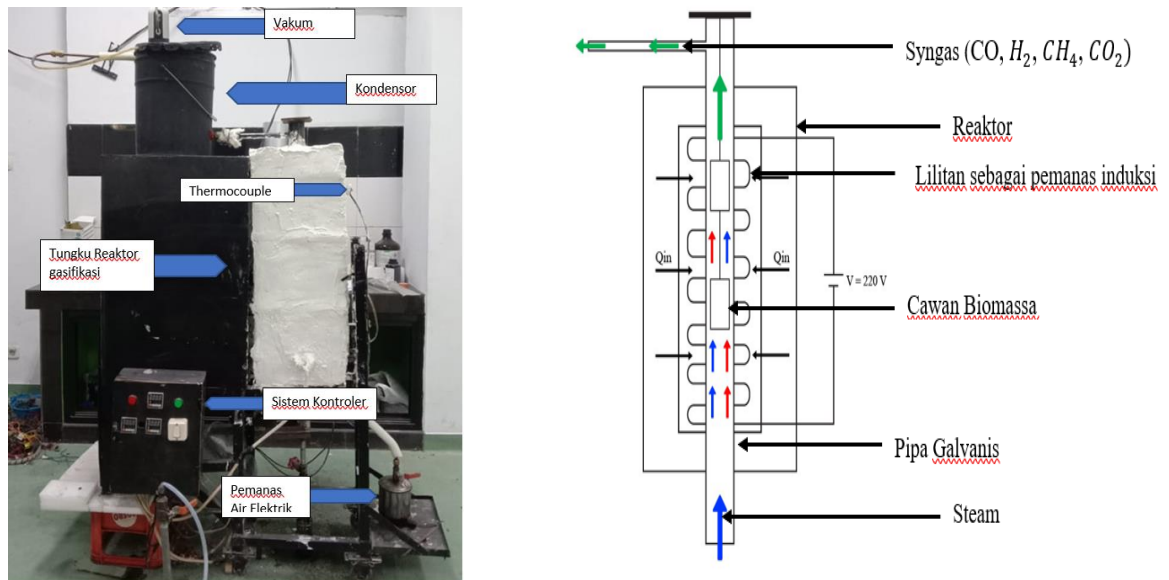


Gambar 3.4 Thermokopel

(Sumber : Pribadi)

2. Tungku gasifikasi tipe *updraft*

Tungku tempat proses gasifikasi berlangsung dimana pada tungku terdapat elemen pemanas, insulasi pemanas yaitu batu tahan api dan *glasswool*, pipa galvanis.

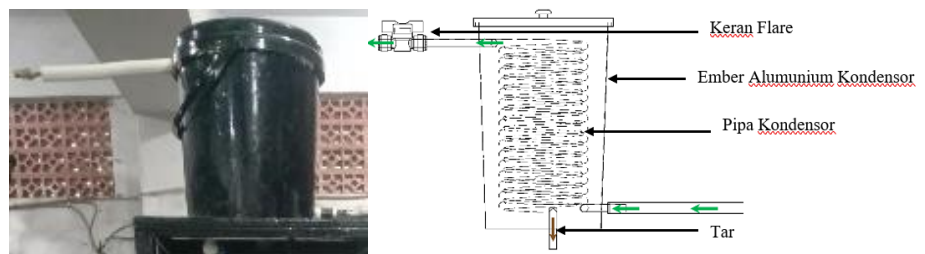


Gambar 3.5 Tungku Gasifikasi Tipe *Updraft*

(Sumber : Pribadi)

3. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mendinginkan gas yang keluar pada proses gasifikasi melalui pipa tembaga atau mengkondensasi gas yang keluar dari gasifier melalui pipa tembaga.

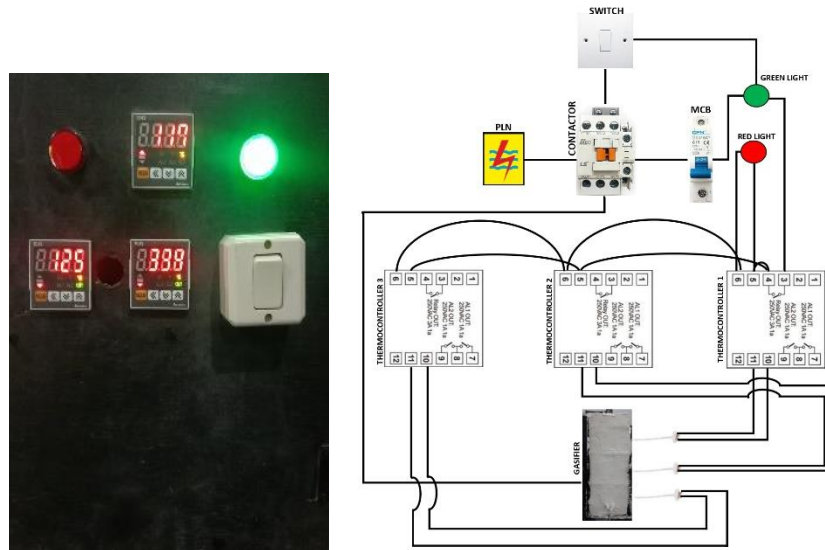


Gambar 3.6 Kondensor

(Sumber : Pribadi)

4. Panel Kontrol

Panel kontrol memiliki fungsi untuk setting atau mengontrol suhu pada saat proses gasifikasi berlangsung



Gambar 3.7 Panel Kontrol

(Sumber : Pribadi)

5. Tang Ampere

Berfungsi untuk mengukur arus, tegangan dan tahanan pada tungku gasifikasi tipe updraft.



Gambar 3.8 Tang Ampere

(Sumber : Pribadi)

6. Timbangan Digital

Berfungsi untuk menimbang sampel MSW dan tempurung kelapa.



Gambar 3.9 Timbangan Digital

(Sumber : Pribadi)

7. *Urine Bag*

Berfungsi sebagai tempat menampung syngas saat keluar dari tungku tipe *updraft*. Dengan kapasitas 2000ml.



Gambar 3.10 Urine Bag

(Sumber : Pribadi)

8. Vakum

Vakum digunakan untuk menghisap syngas yang akan keluar melalui pipa kondensor.



Gambar 3.11 Vakum

(Sumber : Pribadi)

9. Oven

Oven digunakan untuk preparasi sampel, dimana dilakukan pengeringan sampel pada suhu 105°C.

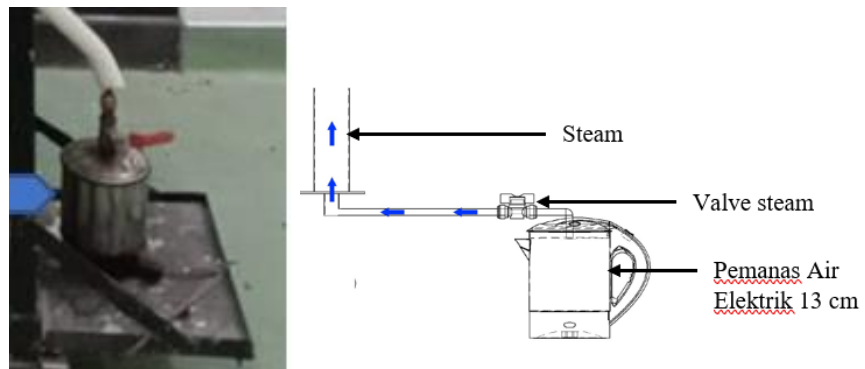


Gambar 3.12 Oven

(Sumber : Pribadi)

10. Pemanas Air Elektrik

Berfungsi untuk memanaskan air untuk menjadi steam sebagai media gasifikasi (*Gasifying agent*).



Gambar 3.13 Pemanas Air Elektrik

(Sumber : Pribadi)

11. Handphone

Handphone digunakan untuk mengambil gambar pada saat proses pengambilan data.



Gambar 3.14 Handphone

(Sumber : Pribadi)

12. Gas Chromatography (GC 7890)

Berfungsi sebagai alat uji untuk mengetahui komposisi dari syngas



Gambar 3.15 Gas Chromatography (GC 7890)

(Sumber : Pribadi)

3.3.3 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada [penelitian ini yaitu :

1. MSW

MSW merupakan biomassa yang akan digunakan sebagai sampel pada penelitian ini. MSW didapatkan dari TPAS Cilowong yang telah disortir berdasarkan jenisnya yaitu sisa makanan (tulang, sayur, nasi), kertas dan karton, kain, karet, kayu dan sampah taman, plastik.



Gambar 3.16 Nasi
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.17 Tulang
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.18 Kertas
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.19 Karton
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.20 Kain
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.21 Karet
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.22 Kayu
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.23 Sampah Taman
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.24 Plastik
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3.25 Sayur
(Sumber : Pribadi)

2. Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan salah satu sampel biomassa pada penelitian ini.



Gambar 3.26 Tempurung Kelapa
(Sumber : Pribadi)

3.4 Jadwal Kegiatan

Berikut ini merupakan jadwal kegiatan yang dilakukan dalam melakukan penelitian :

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Bulan)																			
		Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		Minggu Ke																			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Seminar Proposal	■	■																		
2	Revisi Sempro			■	■																
3	Menyiapkan Alat dan Bahan					■	■	■	■												
4	Pengujian Alat							■	■	■	■	■	■								
5	Pengambilan Data							■	■	■	■	■	■	■	■	■					
6	Seminar Hasil																	■	■	■	
7	Revisi Seminar Hasil																		■	■	
8	Sidang akhir																				■

BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1 Karakteristik MSW dan Cangkang Kelapa

Data sampah padat kota (MSW) yang digunakan berasal dari TPAS Cilowong Serang. Sampah padat perkotaan dan cangkang kelapa disamakan ukurannya yaitu 5 mm x 5 mm. Pada jenis sampah padat kota dengan jenis sisa makanan dilakukan pengeringan dengan oven pada temperatur 105°C. Dilakukan pengujian *proximate*, *ultimate*, dan nilai kalor pada sampel *municipal solid waste* dan cangkang kelapa. Pada pengujian *proximate*, *ultimate* dan nilai kalor MSW dilakukan pada laboratorium BRIN. Sedangkan Cangkang kelapa pada laboratorium Tekmira. Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Pengujian *Proximate*, *Ultimate*, Nilai Kalor Pada MSW

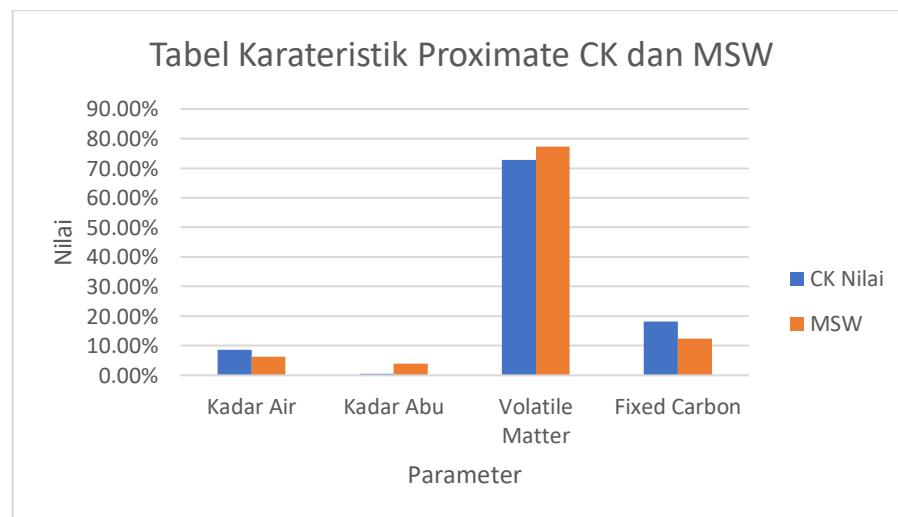
Parameter	Nilai
<i>Proximate</i>	
<i>Kadar Air (%)</i>	6,27
<i>Kadar Abu (%)</i>	3,98
<i>Volatile Matter (%)</i>	77,33
<i>Fixed Carbon (%)</i>	12,42
<i>Ultimate</i>	
<i>Carbon (%)</i>	49,07
<i>Hydrogen (%)</i>	6,05
<i>Oxygen (%)</i>	39,79
<i>Nitrogen (%)</i>	0,95
<i>Sulfur (%)</i>	0,17
Nilai Kalor Bahan Baku	
<i>Nilai Kalor CGV (Cal/gr)</i>	4597

(Sumber : Imron Rosyadi 2023)

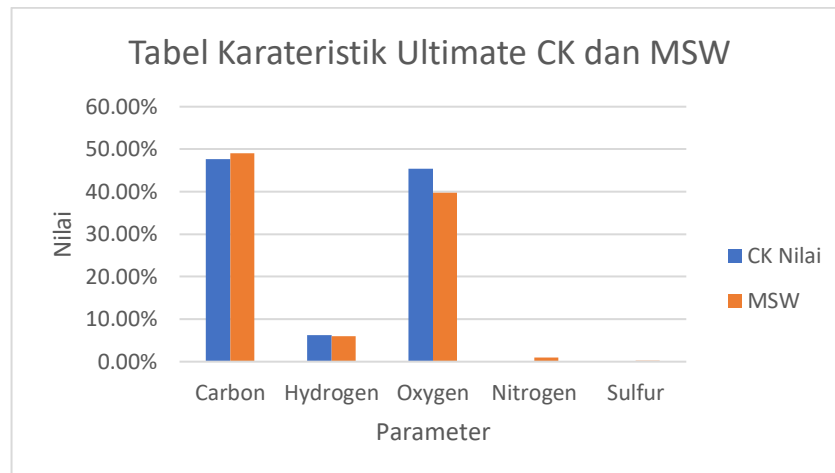
Tabel 4.2 Pengujian Proximate, Ultimate, Nilai Kalor Pada Cangkang Kelapa

Parameter	Nilai
<i>Proximate</i>	
<i>Kadar Air (%)</i>	8,62
<i>Kadar Abu (%)</i>	0,48
<i>Volatile Matter (%)</i>	72,78
<i>Fixed Carbon (%)</i>	18,12
<i>Ultimate</i>	
<i>Carbon (%)</i>	47,63
<i>Hydrogen (%)</i>	6,29
<i>Oxygen (%)</i>	45,42
<i>Nitrogen (%)</i>	0,13
<i>Sulfur (%)</i>	0,046
Nilai Kalor Bahan Baku	
<i>Nilai Kalor CGV (Cal/gr)</i>	4464

(Sumber : Imron Rosyadi 2023)

**Gambar 4.1** Tabel Perbandingan Karakteristik Proximate CK dan MSW

(Sumber : Pribadi)



Gambar 4.2 Tabel Perbandingan Karakteristik Ultimate CK dan MSW
(Sumber : Pribadi)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Faishal Mufid bahwa kadar air pada biomassa memiliki pengaruh pada nilai kalor yang dihasilkan (Mufid & Anis, 2019). Pada data diatas dapat dilihat bahwa nilai kadar air pada MSW yaitu 6,27% dan pada cangkang kelapa sebesar 8,62%. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai kadar air pada MSW lebih rendah dibandingkan dengan cangkang kelapa. Pada penelitian Mufid dikatakan kadar air yang tinggi akan menurunkan nilai kalor (Mufid & Anis, 2019). Selanjutnya adalah nilai kadar abu yang terdapat pada tabel 4.1 yaitu pada MSW sebesar 3,98% sedangkan pada cangkang kelapa sebesar 0,48%. Pada penelitian Ucik Ika dikatakan bahwa kadar abu yang tinggi akan mempersulit proses gasifikasi dikarenakan akan menyerap lebih banyak energi yang seharusnya dapat dilakukan pada proses reduksi dan pirolisis (Teknik et al., 2019).

Kemudian pada hasil *volatile matter* (bahan mudah menguap) pada MSW lebih tinggi dibandingkan cangkang kelapa. Dimana pada MSW sebesar 77,33% dan pada cangkang kelapa 72,78%. Menurut penelitian Ucik Ika dan Mufid Faishal biomassa dengan kandungan *volatile matter* yang tinggi memiliki potensi untuk menghasilkan produk gas yang tinggi pada saat proses

gasifikasi. Pada nilai *fixed carbon* MSW lebih rendah dibandingkan dengan tempurung kelapa. Dimana MSW sebesar 12,42% dan cangkang kelapa 18,12%. *Fixed carbon* menentukan kualitas dari bahan bakar dan menjadi parameter nilai kalor bahan bakar. *Fixed carbon* sendiri dapat diartikan sebagai bahan padat yang tersisa ketika semua *volatile matter* telah teruap pada proses gasifikasi akibat dari panas yang dihasilkan.

Menurut penelitian sebelumnya pada ucik ika dan mufid faishal, perbedaan yang didapatkan pada nilai dari pengujian proximate yaitu kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan juga *fixed carbon*, dapat terjadi akibat dari preparasi sampel yang dilakukan, cara penyimpanan, serta jenis biomassa.

Selanjutnya juga dilakukan pengujian ultimate untuk mengetahui komponen senyawa penyusun dari MSW dan cangkang kelapa. Adapun unsur yang ingin diketahui C, H, O, dan N. Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa komponen utama penyusun dari MSW dan cangkang kelapa yaitu carbon (C). kandungan carbon dan juga hydrogen yang tinggi sangat penting dalam bahan bakar karena dapat meningkatkan nilai kalor. Selain itu diambil dari penelitian amadoou dioulde bahwa bahan baku dengan kandungan hydrogen yang tinggi dapat menjadi bahan bakar dalam konversi energi seperti pada proses gasifikasi yang menghasilkan *syngas* (Diallo et al., 2021). Adapun nilai carbon dan hydrogen pada MSW yaitu 49,07% dan 6,05%. Kemudian pada cangkang kelapa sebesar carbon sebesar 47,63% dan hydrogen 6,29%.

Dari data pengujian proximate dan ultimate yang telah dijelaskan diatas, menunjukkan bahwa kedua biomassa tersebut yaitu MSW dan cangkang kelapa yang digunakan pada penelitian ini memiliki potensi yang lumayan menjanjikan untuk dikonversi menjadi bahan bakar. Pada penelitian ini proses gasifikasi untuk menghasilkan *syngas* menggunakan reaktor jenis updraft.

4.2 Komposisi Perbandingan MSW dan Cangkang Kelapa

Penelitian ini hanya menggunakan 4 variasi rasio biomassa. Dimana biomassa yang digunakan berupa cangkang kelapa dan *municipal solid waste*

yang komposisinya diambil dari TPAS Cilowong. Adapun Biomassa yang digunakan pada penelitian ini memiliki berat 50 gram. Penggunaan biomassa 50 gram dikarenakan pada penelitian ini hanya ingin melihat karakteristik dari syngas. Berikut ini merupakan komposisi biomassa pada variasi rasio 0 : 100. Dimana menggunakan 100% *municipal solid waste* (MSW)

Tabel 4.3 Komposisi Sampel dengan Perbandingan (0 : 100)

No	Jenis Sampah	Komposisi	Berat (gram)
1	Sisa Makanan	Nasi (40%)	10,175
		Sayur (40%)	10,175
		Tulang (20%)	5,087
2	Kertas & Karton	Kertas (50%)	2,035
		Karton (50%)	2,035
3	Kain	Kain (100%)	0,381
4	Karet	Karet (100%)	0,254
5	Kayu dan Sampah Taman	Kayu (50%)	1,017
		Sampah Taman (50%)	1,017
6	Plastik	Plastik (100%)	17,805
Total Berat Sampel			50

Berikutnya merupakan tabel perbandingan variasi rasio cangkang kelapa dengan *municipal solid waste* (MSW) 100 : 0. Dimana hanya menggunakan 100% cangkang kelapa.

Tabel 4.4 Komposisi Sampel dengan Perbandingan (100 : 0)

No	Jenis Sampah	Komposisi	Berat (gram)
1	Cangkang Kelapa	Cangkang kelapa (100%)	50
Total Berat Sampel			50

Berikutnya merupakan tabel perbandingan variasi rasio cangkang kelapa dengan *municipal solid waste* (MSW) 40 : 60. Dimana menggunakan 20 gram cangkang kelapa dan 30 gram *municipal solid waste* (MSW).

Tabel 4.5 Komposisi Sampel dengan Perbandingan (40 : 60)

No	Jenis Sampah	Komposisi	Berat (gram)
1	Sisa Makanan	Nasi (40%)	6,105
		Sayur (40%)	6,105
		Tulang (20%)	3,052
2	Kertas & Karton	Kertas (50%)	1,221
		Karton (50%)	1,221
3	Kain	Kain (100%)	0,228
4	Karet	Karet (100%)	0,152
5	Kayu dan Sampah Taman	Kayu (50%)	0,610
		Sampah Taman (50%)	0,610
6	Plastik	Plastik (100%)	10,683
7	Cangkang Kelapa	Cangkang Kelapa (100%)	20
Total Berat Sampel			50

Berikutnya merupakan tabel perbandingan variasi rasio cangkang kelapa dengan *municipal solid waste* (MSW) 20 : 80. Dimana menggunakan 10 gram cangkang kelapa dan 40 gram *municipal solid waste* (MSW).

Tabel 4.6 Komposisi Sampel dengan Perbandingan (20 : 80)

No	Jenis Sampah	Komposisi	Berat (gram)
1	Sisa Makanan	Nasi (40%)	8,14
		Sayur (40%)	8,14
		Tulang (20%)	4,07
2	Kertas & Karton	Kertas (50%)	1,625
		Karton (50%)	1,625

3	Kain	Kain (100%)	0,305
4	Karet	Karet (100%)	0,203
5	Kayu dan Sampah Taman	Kayu (50%) Sampah Taman (50%)	0,814 0,814
6	Plastik	Plastik (100%)	10,683
7	Cangkang Kelapa	Cangkang Kelapa (100%)	10
Total Berat Sampel			50

4.3 Karakterisasi Alat Ukur

Pada penelitian ini alat ukur yang digunakan ialah thermocouple. Dimana thermocouple yang digunakan jenis K yang dapat mencapai suhu 1200°C. Jenis thermocouple ini tidak dapat dikalibrasi melainkan harus dikarakterisasi. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui ketidaksesuaian hasil pengukuran pada thermocouple. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan dari thermocouple yaitu

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{Y-X}{Y} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Thermocouple 1

No	Set Point °C	Pengamatan Display Sistem °C			Rata - Rata
		Pertama	Kedua	Ketiga	
1	50°C	50.1	50	50.2	50.1
2	100°C	100.25	99.75	100.3	100.1

Berdasarkan tabel diatas didapatkan data untuk melakukan perhitungan agar mendapatkan presentase error dari thermocouple. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah alat ukur thermocouple yang digunakan pada penelitian ini layak atau tidaknya. Adapun perhitungan berdasarkan persamaan 4.1

- Untuk Set Point 50°C

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{Y-X}{Y} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{50-50.1}{50} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = |-0.002| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = 0.2\%$$

- Untuk Set Point 100°C

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{Y-X}{Y} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{100-100.1}{100} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = |-0.001| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = 0.1\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas dengan menggunakan persamaan 4.1 didapatkan bahwa termocouple 1 yang terletak pada bagian bawah layak digunakan dan masih dalam kondisi terbaiknya. Hal tersebut dikarenakan nilai presentase kesalahan pada thermocouple tersebut sangat kecil dimana pada temperature 50°C adalah 0.2% dan 100°C adalah 0.1%. Prsentase alat ukur yang baik yaitu kurang dari 5%.

Selanjutnya adalah tabel untuk thermocouple 2 yang terletak dibagian tengah. Dengan menggunakan temperature yang sama yaitu 50°C dan 100°C.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Thermocouple 2

No	Set Point °C	Pengamatan Display Sistem °C			Rata - Rata
		Pertama	Kedua	Ketiga	
1	50°C	50.5	50.4	50.5	50.46
2	100°C	100.4	100.3	100.5	100.4

Berdasarkan tabel diatas didapatkan data untuk melakukan perhitungan agar mendapatkan presentase error dari thermocouple. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah alat ukur thermocouple 2 yang digunakan pada penelitian ini layak atau tidaknya. Adapun perhitungan berdasarkan persamaan 4.1

- Untuk Set Point 50°C

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{Y-X}{Y} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{50-50.46}{50} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = |-0.0092| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = 0.92\%$$

- Untuk Set Point 100°C

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{Y-X}{Y} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{100-100.4}{100} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = |-0.004| \times 100\%$$

$$\% \text{Kesalahan} = 0.4\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas dengan menggunakan persamaan 4.1 didapatkan bahwa termocouple 2 yang terletak pada bagian tengah layak digunakan dan masih dalam kondisi terbaiknya. Hal tersebut dikarenakan nilai presentase kesalahan pada thermocouple tersebut sangat kecil dimana pada temperature 50°C adalah 0.92% dan 100°C adalah 0.4%. Prsentase alat ukur yang baik yaitu kurang dari 5%.

Terakhir adalah tabel data untuk thermocouple 3 yang terletak pada bagian atas. Dengan menggunakan temperature yang sama yaitu 50°C dan 100°C.

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Thermocouple 3

No	Set Point °C	Pengamatan Display Sistem °C			Rata - Rata
		Pertama	Kedua	Ketiga	
1	50°C	50.1	50	50.1	50.066
2	100°C	99.8	100	100.3	100.033

Berdasarkan tabel diatas didapatkan data untuk melakukan perhitungan agar mendapatkan presentase error dari thermocouple. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah alat ukur thermocouple 3 yang digunakan pada penelitian ini layak atau tidaknya. Adapun perhitungan berdasarkan persamaan 4.1

- Untuk Set Point 50°C

$$\% \text{Kesalahan} = \left| \frac{Y-X}{Y} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{50 - 50.066}{50} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ Kesalahan} = |-0.00132| \times 100\%$$

$$\% \text{ Kesalahan} = 0.132\%$$

- Untuk Set Point 100°C

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{Y - X}{Y} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{100 - 100.033}{100} \right| \times 100\%$$

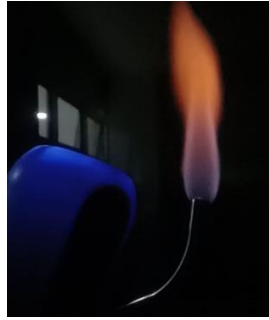
$$\% \text{ Kesalahan} = |-0.00033| \times 100\%$$

$$\% \text{ Kesalahan} = 0.033\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas dengan menggunakan persamaan 4.1 didapatkan bahwa termocouple 3 yang terletak pada bagian tengah layak digunakan dan masih dalam kondisi terbaiknya. Hal tersebut dikarenakan nilai presentase kesalahan pada thermocouple tersebut sangat kecil dimana pada temperature 50°C adalah 0.132% dan 100°C adalah 0.033%. Presentase alat ukur yang baik yaitu kurang dari 5%. Dari ketiga perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat ukur thermocouple pada penelitian ini layak digunakan.

4.4 Visualisasi Warna Nyala Api

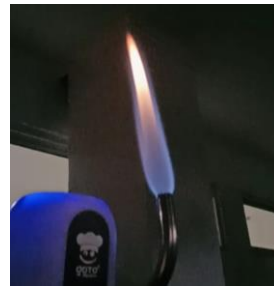
Pada proses gasifikasi tentu menghasilkan syngas. Dimana syngas dibakar yang dibakar akan menjadi api dan merupakan salah satu indikator proses gasifikasi (Mufid & Anis, 2019). Pada penelitian ini didapatkan bahwa variasi rasio biomassa yaitu municipal solid waste dan cangkang kelapa dapat mempengaruhi warna nyala api. Dalam hal ini didapatkan gambar visualisasi nyala api pada rasio (100 :0) atau menggunakan 100 % cangkang kelapa. Pada percobaan menggunakan variasi 100% cangkang kelapa menghasilkan nyala api dengan warna biru ke merahan.



Gambar 4.3 Nyala Api 100 % Cangkang Kelapa

(Sumber : Pribadi)

Selanjutnya pada rasio (0:100) atau menggunakan 100% municipal solid waste (MSW), didapatkan nyala api warna biru kemerahan. Namun pada foto dapat terlihat bahwa warna api cenderung lebih biru dibandingkan dengan cangkang kelapa.



Gambar 4.4 Nyala Api 100 % MSW

(Sumber : Pribadi)

Kemudian rasio selanjutnya ialah rasio campuran biomassa cangkang kelapa dengan MSW dengan perbandingan (20 : 80). Pada percobaan tersebut dapat dilihat bahwa nyala api yang dihasilkan pada variasi tersebut menghasilkan warna nyala api lebih biru walaupun masih terdapat warna nyala api merah.



Gambar 4.5 Nyala Api (20:80) CK dan MSW

(Sumber : Pribadi)

Terakhir merupakan gambar nyala api dengan rasio cangkang kelapa dan municipal solid waste (MSW) sebesar (40:60). Dimana pada percobaan tersebut menghasilkan warna keseluruhan api biru. Hal tersebut membuktikan bahwa rasio syngas terbaik menggunakan visualisasi nyala api terdapat pada rasio ini. Menurut (Narega et al., 2022) saat warna api kebiruan maka menghasilkan komposisi dari syngas yaitu (CO , H_2 , CH_4) yang tinggi. Nyala api yang berwarna biru selain menandakan komposisi syngas yang baik juga, memungkinkan pembakaran gas yang terjadi dalam komposisi yang tepat untuk bereaksi secara menyeluruh.



Gambar 4.6 Nyala Api (40:60) CK dan MSW

(Sumber : Pribadi)

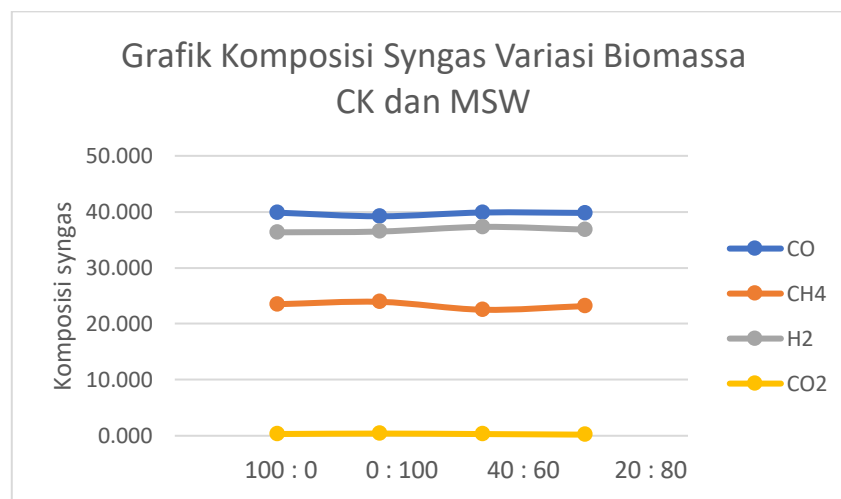
4.5 Analisa Komposisi Syngas

Pada penelitian ini, biomassa MSW dan cangkang kelapa dimasukan ke dalam gasifier, yang dimana akan menghasilkan syngas. Kemudian komposisi atau kandungan syngas dari proses gasifikasi diambil sampelnya menggunakan urine bag. Selanjutnya akan dilakukan pengujian gas

chromatography di lab BBPMGB LEMIGAS, untuk diketahui komposisinya. Adapun komposisi yang di dihasilkan dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.10 Komposisi Kandungan Syngas

Variasi Biomassa CK dan MSW	CO	CH ₄	H ₂	CO ₂
100;0	39.854	23.498	36.337	0.311
0;100	39.207	23.918	36.482	0.394
40;60	39.876	22.512	37.309	0.304
20;80	39.808	23.166	36.826	0.200



Gambar 4.7 Grafik Komposisi Syngas Berdasarkan Variasi Biomassa
(Sumber : Pribadi)





Dari tabel 4.7 dan gambar 4.5 dapat dilihat komposisi syngas berdasarkan variasi biomassa. Dimana biomassa yang digunakan adalah cangkang kelapa dan juga MSW. Adapun rasio yang digunakan yaitu (100:0), (0:100), (20:80) dan (40:60). Dari data diatas dapat dilihat bahwa presentase komposisi syngas H₂, CO, CH₄. Pada rasio (100:0) atau 100% cangkang kelapa yaitu 36.337%, 39.854%, dan 23.498%. Untuk rasio (0:100) atau 100% MSW sebesar 36.482%, 39,207%, dan 23,918. Pada campuran cangkang kelapa dan MSW dengan rasio (20:80) sebesar 36.826%, 39.808%, dan 23.166%. Terakhir pada

campuran cangkang kelapa dengan MSW dengan rasio (40:60) sebesar 37,309%, 39,876% dan 22,512%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa variasi dengan komposisi syngas H_2 dan CO terbaik terdapat pada variasi rasio (40:60). Pada penelitian Ucik Styana dengan menggunakan variasi biomassa limbah padat aren dan tempurung kelapa di dapatkan variasi bahan baku dengan komposisi syngas hydrogen tertinggi terdapat pada campuran limbah padat aren dan tempurung kelapa (Styana et al., 2018). Pada grafik diatas juga dapat dilihat bahwa nilai gas mampu bakar seperti H_2 yang dihasilkan oleh 100% tempurung kelapa dan juga 100% MSW lebih kecil dibandingkan sudah dicampurkan seperti pada variasi (20:80) dan yang terbaik pada variasi (40:60). Untuk itu perlu dilakukan percampuran untuk menghasilkan syngas yang kaya hidrogen sebagai energi alternative. Selain itu pada komposisi syngas CH_4 tertinggi terdapat variasi MSW 100% dan terendah terdapat pada rasio (40:60), hal tersebut dikarenakan reaksi *methanation reaction*. Nilai CH_4 yang tinggi diakibatkan reaksi penguraian CO dan H_2 . Untuk itu semakin tinggi nilai H_2 dan CO maka nilai CH_4 akan semakin kecil.

Selanjutnya melihat dari data pendukung yaitu pada pengujian proximate, ultimate dan nilai kalor. Didapatkan hasil bahwa zat volatile matter MSW lebih tinggi dibandingkan dengan cangkang kelapa yaitu sebesar 77,33%. Sedangkan pada data nilai hydrogen tertinggi terdapat pada cangkang kelapa yaitu 6,29. Menurut penelitian taufiq siahaan besarnya gas H_2 merujuk pada kandungan volatile matter (Siahaan, 2018). Dari kedua data tersebut dapat dikatakan bahwa pencampuran kedua variasi tersebut dapat menghasilkan nilai syngas yang tinggi sebagai bahan bakar. Pencampuran variasi rasio biomassa tersebut untuk melihat apakah kedua variasi dapat menghasilkan hasil syngas yang lebih baik, dari pada hanya menggunakan salah satu biomassa sebagai bahan bakar penghasil syngas. Hal tersebut juga dapat dilihat dari nyala api berwarna biru pada rasio (40:60). Warna api kebiruan menandakan tingginya komposisi dari syngas yang dihasilkan (CO , H_2 , CH_4).

Selanjutnya dibawah ini terdapat tabel abu dan arang hasil gasifikasi CK dan MSW.

Tabel 4.11 Biomassa Sisa Hasil Gasifikasi

Variasi Biomassa CK Dan MSW			
100 : 0	0 : 100	20 : 80	40 : 60
			
11,56 gr	12,59 gr	8,88 gr	7,8 gr

Dari tabel 4.1 dapat dilihat gambar dan berat abu dan arang hasil dari proses gasifikasi menggunakan tungku updraft. Dapat dilihat pada variasi 100% CK menghasilkan sisa abu dan arang sebesar 11,56 gr. Kemudian pada 100% MSW sebesar 12,59gr. Selanjutnya adalah 20 : 80 menghasilkan 8.88gr dan pada 40 : 60 sebanyak 7.8 gr.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat diambil penulis selama melakukan penelitian yaitu :

1. Pada penelitian ini didapatkan hasil variasi rasio terbaik dengan melihat dari nyala api dan komposisi syngasnya. Dimana variasi rasio terbaik menurut nyala api pada variasi (40:60). Dikarenakan nyala api yang dihasilkan berwarna biru. Nyala api berwarna biru menandakan tingginya komposisi dari syngas yang dihasilkan (CO , H_2 , CH_4). Kemudian komposisi syngas H_2 dan CO tertinggi terdapat pada variasi rasio (40:60) yaitu 37.309 dan 39,876% %. Gasifikasi dengan menggunakan 100% CK, 100% MSW dan perbandingan (20:80) menghasilkan gas mudah terbakar lebih sedikit sehingga menyebabkan syngas sulit terbakar. Oleh sebab perlu dilakukan pencampuran biomassa. Hal tersebut juga didukung dari hasil pengujian karakteristik MSW dan cangkang kelapa. Dimana pada pengujian ultimate cangkang kelapa menghasilkan nilai hydrogen lebih tinggi dari pada MSW yaitu 6,29 % dan MSW menghasilkan nilai volatile matter lebih tinggi dibandingkan cangkang kelapa yaitu 77,33%. Dari kedua bahan tersebut jika dicampurkan sebagai bahan bakar tentu akan menghasilkan syngas yang lebih baik sebagai bahan bakar alternative.
2. Didapatkan komposisi syngas (CO , H_2 , CH_4) dengan melakukan pengujian gas chromatography pada laboratorium BBPMGB LEMIGAS. Dimana pada tabel 4.7 bahwa presentase komposisi syngas H_2 , CO dan CH_4 Pada rasio (100:0) atau 100% cangkang kelapa yaitu 36.337%, 39.854%, dan 23,498%. Untuk rasio (0:100) atau 100% MSW sebesar 36.482%, 39,207%, dan 23,918. Pada campuran cangkang kelapa dan MSW dengan rasio (20:80) sebesar 36.826%, 39.808%, dan 23.166%. Terakhir pada campuran

cangkang kelapa dengan MSW dengan rasio (40:60) sebesar 37.309%, 39,876% dan 22,512%.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Adapun aspek tersebut :

1. Dilakukan pengembangan alat gasifier atau reaktor gasifikasi agar dapat digunakan dalam skala besar untuk menghasilkan syngas.
2. Perlu dilakukan pengujian pada abu hasil gasifikasi sebagai data pendukung pada penelitian selanjutnya.

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
- 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).

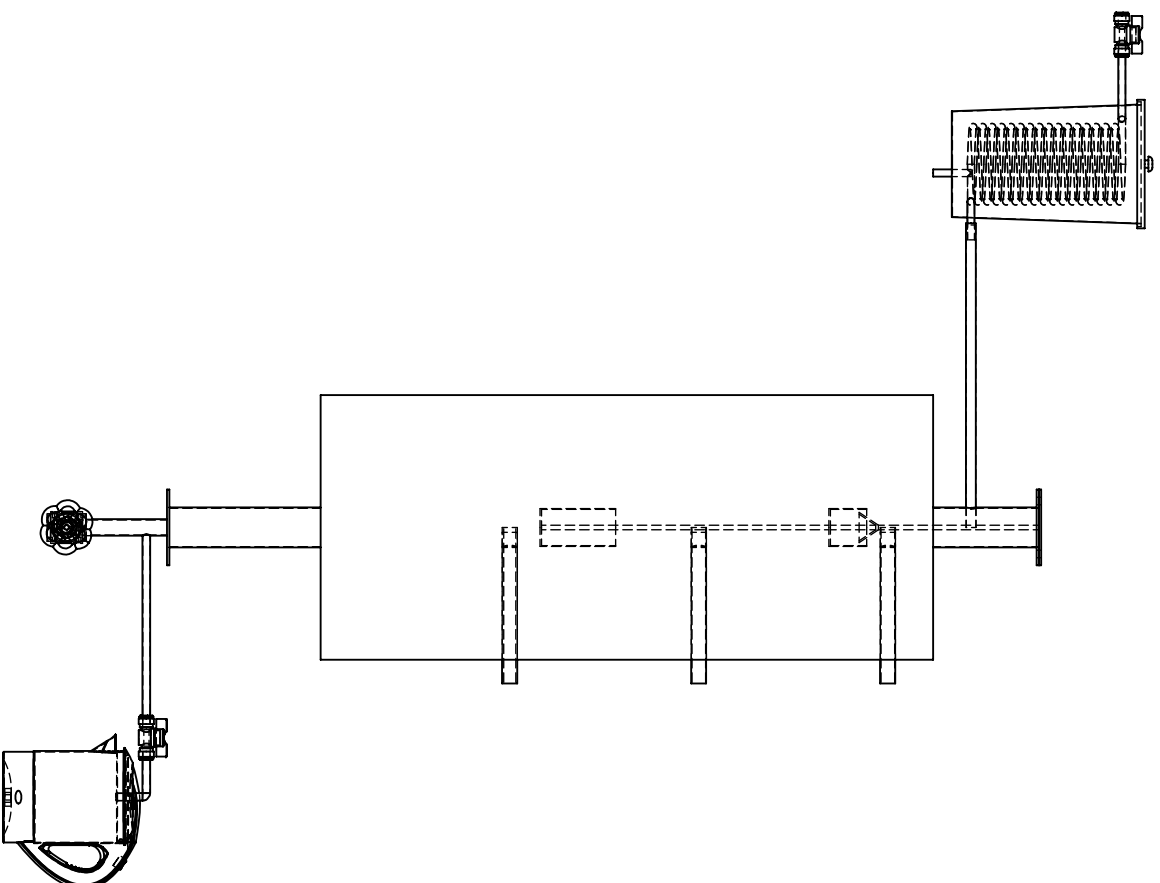
Vaish, B., Sharma, B., Srivastava, V., Singh, P., Ibrahim, M. H., & Singh, R. P. (2019). Energy recovery potential and environmental impact of gasification for municipal solid waste. *Biofuels*, 10(1), 87–100.
<https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1368061>

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>

LAMPIRAN

FOTO PROSES GASIFIKASI





SKALA : 1 : 11

UKURAN : mm

TANGGAL : 4/10/2022

DIGAMBAR : GUNTUR & ELANG

NPM : 3331190049

DIPERIKSA : Imron Rosyidi

FT UNTIRTA

FURNACE GASIFIKASI

TA

A4

BADAN LAYANAN UMUM
BALAI BESAR PENGUJIAN MINYAK DAN GAS BUMI

LEMIGAS

JL. CILEDUG RAYA KAV. 109, CIPULIR, KEBAYORAN LAMA, JAKARTA SELATAN, 12230 INDONESIA
Telepon : 62-21-7246167 Faksimili:62-21-7246150 e-mail: pilt.lemigas@esdm.go.id

LAPORAN HASIL UJI LABORATORIUM
REPORT OF LABORATORY TEST RESULT

No. Order/ Order Number : 202301057 Satuan Kerja/Unit : DPMG
Nomor PK/Work Order Number : PK/5.09.01.4.99/2023060142 Kelompok/Group : DPMG.1

DISIAPKAN UNTUK PELANGGAN/PREPARED FOR CUSTOMER:

Nama/Name : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa-Fakultas Teknik
Alamat/Address : Jalan Jendral Soedirman KM. 3 Kota Cilegon
Provinsi Banten 42435
Nomor Telepon/Phone No(s). : 0254 – 376712
Nomor Facsimile/Fax. No(s). : -
Nomor Surat Permintaan/No. of service/Work Order Letter : 128/UN43.3.1/PL/2023
Tanggal Permintaan/Date of Order : 12 Juni 2023

IDENTIFIKASI LAPORAN HASIL UJI/REPORT IDENTIFICATION:

Lokasi Pengujian/Place Of Testing : Laboratorium Teknologi Pemurnian dan Analisis Gas
Nomor Laporan (LHU)/Report Number : LHU/5.09.01.4.99/2023060142
Disiapkan oleh/Prepared by : Pasunit Administrasi
Disahkan oleh/Authorized by : Ketua Kelompok Pemurnian dan Analisis Gas
Tanggal Penerbitan/Date of Issued : 10 Juli 2023


DATA PERCONTOH/SAMPLE DATA:

Nomor/Number : 2023006984 sd 2023006994
Jenis/Type : Gas
Identifikasi/Identification : Terlampir
Jumlah/Quantity (volume) : 19
Tanggal Sampling/Sampling Date : Terlampir
PPC/Sampler : -
Metode Sampling/Sampling Method : -
Tanggal Diterima/Received Date : 26 Juni 2023
Tanggal Analisis/Date of Analysis : 27 Juni 2023
Jenis Pengujian/Test Type : Terlampir
Metode Uji/Test Method : Terlampir

LAPORAN HASIL UJI selengkapnya disajikan pada halaman berikut:

The detailed report of the laboratory testing result is presented on the following pages.

Disahkan Oleh/Authorized by
Ketua Kelompok Pemurnian dan Analisa Gas


(Eko Handoyo)

Tanggal/Date 10 Juli 2023

Diketahui Oleh/Notice by
Kepala



Semua rekaman, data, laporan, dan informasi lainnya yang dilakukan pada analisa laboratorium akan dijaga kerahasiannya. Menggandakan sebagian atau keseluruhan laporan hanya bisa dilakukan dengan ijin tertulis dari perusahaan.
All records, data, reports, and other information conducted in the laboratory analysis shall be treated as confidential. Copy of part or hole of the report.

Hasil pengujian hanya berlaku untuk percontoh yang diterima, dan bukan untuk kepentingan iklan maupun promosi
This Result valid only for sample received, and not for promotion or publication

No. Form	:	F. 8. IKK. 04-A
No. Revisi	:	V.1
Halaman	:	1 dan 1

BADAN LAYANAN UMUM
BALAI BESAR PENGUJIAN MINYAK DAN GAS BUMI
LEMIGAS

JL. CILEDUG RAYA KAV. 109, CIPULIR, KEBAYORAN LAMA, JAKARTA SELATAN, 12230 INDONESIA
Telepon : 62-21-7246167 Faksimili:62-21-7246150 e-mail: pilt.lemigas@esdm.go.id



HASIL UJI
TEST RESULT

Nomor Percontoh/ : 2023006984
Sample Number

Nomor Laporan / : LHU/5.09.01.4.99/202301057-1
Report Number (LHU)

ANALISIS KOMPOSISI GAS BUMI

No	Komposisi	Satuan	Hasil	Metode
1	Karbon dioksida (CO ₂)	% Mol	0.311	GPA 2261:2020
2	Metana (CH ₄)		23.498	
3	Hidrogen (H ₂)		36.337	
4	Karbon Monoksida (CO)		39.854	
Densitas Relatif			0,9916	GPA 2172:2019
Gross Heating Value (GHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	4,1	
Net Heating Value (NHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	3,9	
Faktor Kompresibilitas, Z			0,9996	

Keterangan:

Kode sampel : Sintetis Gas #01

Ketua Kelompok Pemurnian
dan Analisis Gas

Eko Handoyo, ST
NIP 19821209 200604 1 001

Laporan ini hanya berdasarkan percontohan yang diuji, tidak untuk diiklankan dan tidak boleh digandakan.
This report relates only to the sample tested, may not be used for advertising purpose and not to be copied.

No. Form	:	F. 10. IKK. 05-A
No. Revisi	:	II.1
Halaman	:	2 dari 2

BADAN LAYANAN UMUM
BALAI BESAR PENGUJIAN MINYAK DAN GAS BUMI

LEMIGAS

JL. CILEDUG RAYA KAV. 109, CIPULIR, KEBAYORAN LAMA, JAKARTA SELATAN, 12230 INDONESIA

Telepon : 62-21-7246167

Faksimili:62-21-7246150

e-mail: pilt.lemigas@esdm.go.id



HASIL UJI
TEST RESULT

Nomor Percontoh/ : 2023006985
Sample Number

Nomor Laporan / : LHU/5.09.01.4.99/202301057-1
Report Number (LHU)

ANALISIS KOMPOSISI GAS BUMI

No	Komposisi	Satuan	Hasil	Metode
1	Karbon dioksida (CO ₂)	% Mol	0.394	GPA 2261:2020
2	Metana (CH ₄)		23.918	
3	Hidrogen (H ₂)		36.482	
4	Karbon Monoksida (CO)		39.207	
Densitas Relatif			0,9916	GPA 2172:2019
Gross Heating Value (GHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	4,1	
Net Heating Value (NHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	3,9	
Faktor Kompresibilitas, Z			0,9996	

Keterangan:

Kode sampel : Sintetis Gas #02

Ketua Kelompok Pemurnian
dan Analisis Gas

Eko Handoyo, ST
NIP 19821209 200604 1 001

Laporan ini hanya berdasarkan percontohan yang diuji, tidak untuk diiklankan dan tidak boleh digandakan.
This report relates only to the sample tested, may not be used for advertising purpose and not to be copied.

No. Form	:	F. 10. IKK. 05-A
No. Revisi	:	II.1
Halaman	:	2 dari 2

BADAN LAYANAN UMUM
BALAI BESAR PENGUJIAN MINYAK DAN GAS BUMI

LEMIGAS

JL. CILEDUG RAYA KAV. 109, CIPULIR, KEBAYORAN LAMA, JAKARTA SELATAN, 12230 INDONESIA
Telepon : 62-21-7246167 Faksimili:62-21-7246150 e-mail: pilt.lemigas@esdm.go.id



HASIL UJI
TEST RESULT

Nomor Percontoh/ : 2023006986
Sample Number

Nomor Laporan / : LHU/5.09.01.4.99/202301057-1
Report Number (LHU)

ANALISIS KOMPOSISI GAS BUMI

No	Komposisi	Satuan	Hasil	Metode
1	Karbon dioksida (CO ₂)	% Mol	0.304	GPA 2261:2020
2	Metana (CH ₄)		22.512	
3	Hidrogen (H ₂)		37.309	
4	Karbon Monoksida (CO)		39.876	
Densitas Relatif			0,9916	GPA 2172:2019
Gross Heating Value (GHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	4,1	
Net Heating Value (NHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	3,9	
Faktor Kompresibilitas, Z			0,9996	

Keterangan:

Kode sampel : Sintetis Gas #03

Ketua Kelompok Pemurnian
dan Analisis Gas

Eko Handoyo, ST
NIP 19821209 200604 1 001

Laporan ini hanya berdasarkan percontohan yang diuji, tidak untuk diiklankan dan tidak boleh digandakan.
This report relates only to the sample tested, may not be used for advertising purpose and not to be copied.

No. Form	:	F. 10. IKK. 05-A
No. Revisi	:	II.1
Halaman	:	2 dari 2

BADAN LAYANAN UMUM
BALAI BESAR PENGUJIAN MINYAK DAN GAS BUMI

LEMIGAS

JL. CILEDUG RAYA KAV. 109, CIPULIR, KEBAYORAN LAMA, JAKARTA SELATAN, 12230 INDONESIA
Telepon : 62-21-7246167 Faksimili:62-21-7246150 e-mail: pilt.lemigas@esdm.go.id



HASIL UJI
TEST RESULT

Nomor Percontoh/ : 2023006987
Sample Number

Nomor Laporan / : LHU/5.09.01.4.99/202301057-1
Report Number (LHU)

ANALISIS KOMPOSISI GAS BUMI

No	Komposisi	Satuan	Hasil	Metode
1	Karbon dioksida (CO ₂)	% Mol	0.200	GPA 2261:2020
2	Metana (CH ₄)		23.166	
3	Hidrogen (H ₂)		36.826	
4	Karbon Monoksida (CO)		39.808	
Densitas Relatif			0,9916	GPA 2172:2019
Gross Heating Value (GHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	4,1	
Net Heating Value (NHV), id, 14,696 psia		(BTU/FT ³)	3,9	
Faktor Kompresibilitas, Z			0,9996	

Keterangan:

Kode sampel : Sintetis Gas #04

Ketua Kelompok Pemurnian
dan Analisis Gas

Eko Handoyo, ST
NIP 19821209 200604 1 001

Laporan ini hanya berdasarkan percontohan yang diuji, tidak untuk diiklankan dan tidak boleh digandakan.
This report relates only to the sample tested, may not be used for advertising purpose and not to be copied.

No. Form	:	F. 10. IKK. 05-A
No. Revisi	:	II.1
Halaman	:	2 dari 2