

TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK GASIFIKASI PADA TIPE *DOWNDRAFT* *GASIFIER* MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR BIOMASSA

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Islam Riau



oleh :

BAYU LIHANTORO

163310297

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**KARAKTERISTIK GASIFIKASI PADA TIPE *DOWNDRAFT* GASIFIER
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR BIOMASSA**



Disusun Oleh :

BAYU LIHANTORO

16.331.0297

Disetujui Oleh:

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng
Dosen Pembimbing

Tanggal : 29 Maret 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**KARAKTERISTIK GASIFIKASI PADA TIPE *DOWNDRAFT* GASIFIER
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR BIOMASSA**



Disusun Oleh :

BAYU LIHANTORO

16.331.0297

Disahkan Oleh :

MENGETAHUI

PEMBIMBING

Ketua Prodi Teknik Mesin

JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., Ph.D

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng

NIDN : 1009038504

NIDN : 1025057501

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bayu Lihantoro

NPM : 163310297

Fakultas/Prodi : Teknik/Program Studi Teknik Mesin

Judul TA : Karakteristik Gasifikasi Pada Tipe *Downdraft Gasifier*
Menggunakan Bahan Bakar Biomassa

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan Tugas Akhir ini adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya karya tulis milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas di Daftar Pustaka.

Surat Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan kondisi sehat serta tanpa paksaan dari pihak manapun.

Pekanbaru, 29 Maret 2022



Bayu Lihantoro
NPM : 16.331.0297

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas segala limpahan nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ **Karakteristik Gasifikasi Pada Tipe *Downdraft Gasifier* Menggunakan Bahan Bakar Biomassa** “ sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Universitas Islam Riau. Dalam menyusun tugas akhir ini tentu saja peneliti banyak menemui kesulitan dan hambatan, akan tetapi berkat bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak saya dapat menyelesaikan tugas akhir sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Jhonni Rahman B.Eng., M.Eng., P.hD Selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
2. Bapak Rafil Arizona S.T., M.Eng Selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
3. Bapak Eddy Elfiano S.T., M.Eng Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Dosen-Dosen di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau atas ilmu dan dorongannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendoakan dan memberikan dorongan moril dan matrial dalam pembuatan tugas akhir ini.

6. Rekan-rekan mahasiswa yang ikut membantu serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan seperti apa yang diharapkan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan segala kritik dan saran-saran demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Pekanbaru, 19 Maret 2022

Bayu Lihantoro



KARAKTERISTIK GASIFIKASI PADA TIPE *DOWNDRAFT GASIFIER* MENGUNAKAN BAHAN BAKAR BIOMASSA

Bayu Lihantoro, Alfian Dwi Anggara Dan Eddy Elfiano
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
Jln. Kharudin Nasution No.133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
E-mail : Bayulihantoro@student.uir.ac.id

Abstrak

Saat ini kebutuhan bahan bakar untuk energi sangat meningkat. Biomassa merupakan suatu potensi terbesar yang dimiliki Indonesia, biomassa bisa dijadikan sebagai energi alternatif untuk sistem gasifikasi. Sistem gasifikasi adalah proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CH_4 , CO , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan udara terbatas, dan gasifikasi ini bisa dijadikan sebagai energi thermal untuk alat pengering ikan. Pada pengujian ini bahan bakar biomassa yang digunakan yaitu sekam padi dan serbuk kayu dengan massa bahan bakar 3 kg dan pembukaan katup pada blower 40% dan menghasilkan efisiensi gasifikasi yang berbeda, pada sekam padi menghasilkan efisiensi gasifikasi yaitu 41% dan pada serbuk kayu yaitu 39%. Pada proses gasifikasi energi thermal digunakan untuk memanaskan pipa alat pengering ikan, pada proses tersebut didapatkan presentase kandungan polutan yang keluar dari cerobong exhaust alat pengering ikan.

Kata kunci : *sistem gasifikasi, biomassa*

***GASIFICATION CHARACTERISTICS ON THE DOWNRAFT
GASIFIER TYPE USING BIOMASS FUEL***

Bayu Lihantoro, Alfian Dwi Anggara Dan Eddy Elfiano

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

Jln. Kharudin Nasution No.133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

E-mail : Bayulihantoro@student.uir.ac.id

Abstract

Currently the need for fuel for energy is increasing. Biomass is the biggest potential that Indonesia has, biomass can be used as alternative energy for gasification systems. The gasification system is the process of converting solid fuels into combustible gases (CH₄, CO, and H₂) through a combustion process with limited air, and this gasification can be used as thermal energy for fish dryers. In this test, the biomass fuel used is rice husk and sawdust with a fuel mass of 3 kg and valve opening on a blower of 40% and produces different gasification efficiencies, in rice husks it produces a gasification efficiency of 41% and in sawdust ie 39%. In the gasification process, thermal energy is used to heat the fish dryer pipe, in this process the percentage of pollutant content that comes out of the fish dryer exhaust chimney is obtained.

Keywords: *gasification system, biomass*

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| DAFTAR NOTASI..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Tujuan penelitian..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II..... | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Biomassa | 5 |
| 2.2 Pemanfaatan biomassa..... | 5 |
| 2.3 Sekam Padi | 7 |
| 2.4 Serbuk kayu | 9 |
| 2.5 Sistem Gasifikasi | 10 |
| 2.6 Jenis jenis <i>Gasifier</i> | 10 |
| 2.7 Jenis – jenis alat pengering dengan sistem gasifikasi..... | 12 |
| 2.8 Tahapan Proses Gasifikasi..... | 14 |
| 2.9 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi..... | 16 |
| 2.10 Reaktor Gasifikasi (<i>Gasifire</i>) | 18 |

| | | |
|----------------------------|---|----|
| 2.11 | Blower | 18 |
| 2.12 | Parameter–Parameter Pada Proses Gasifikasi | 18 |
| 2.13 | Efisiensi Gasifikasi | 23 |
| 2.14 | Emisi Gas Buang | 25 |
| 2.14.1 | Kandungan Emisi Gas Buang..... | 25 |
| BAB III | | 26 |
| METODOLOGI PENELITIAN..... | | 26 |
| 3.1 | Diagram Alir Penelitian..... | 26 |
| 3.2 | Alat dan Bahan | 28 |
| 3.3 | Alat yang digunakan pada proses pengeringan | 28 |
| 3.4 | Alat Penelitian | 31 |
| 3.5 | Bahan penelitian | 34 |
| 5.6 | Prosedur Pengujian..... | 34 |
| 3.7 | Jadwal Kegiatan Penelitian..... | 35 |
| BAB IV | | 36 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 36 |
| 4.1 | Pengujian Sistem Gasifikasi Dengan Bahan Bakar Biomassa | 36 |
| 4.2 | Perhitungan Parameter Pada Proses Gasifikasi Dengan Variasi Bahan Bakar | 37 |
| 4.2.1 | Efisiensi Gasifikasi | 50 |
| 4.2.2 | Emisi Gas Buang | 52 |
| BAB V..... | | 58 |
| PENUTUP..... | | 58 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 58 |
| 5.2. | Saran..... | 58 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 59 |

DAFTAR NOTASI

SGR = *Spesifik Gasification Rate* (kg/m².jam)

FCR = *Fuel Conversion Rate* (kg/s)

AFR = *Air full ratio* (m³/jam)

FCR = *Fuel consumption rate* (kg/jam)

ρ_a = Massa jenis udara = 1,25 (kg/m³)

ϵ_u = Rasio ekuivalensi (0,3-0,4) = 0,35

SA = Udara stoikiometri dari bahan bakar padat

OFR = *Oxygen fuel rate* (m³/jam)

ρ_o = Massa jenis oksigen = 1,43 (kg/m³)

ϵ_o = Ratio ekuivalensi udara x kandungan oksigen didalam udara
= 0,35 x 0,21 = 0,0735

V_r = Volume reaktor (m³)

ρ = Massa jenis bahan baku (kg/m³)

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| 2.1. Gambar teknologi konversi biomassa | 6 |
| 2.2. Gambar <i>downdraft gasifier</i> | 11 |
| 2.3. Gambar Alat Pengering Biji Kopi Dengan Sistem Gasifikasi..... | 12 |
| 2.4. Gambar Kompor Gasifikasi Biomassa Untuk Pengeringan Gabah..... | 13 |
| 2.5. Gambar Tahapan-Tahapan Proses Gasifikasi..... | 14 |
| 3.1. Gambar Diagram Alir Penelitian..... | 26 |
| 3.2. Gambar sistem gasifikasi pada alat pengering ikan | 28 |
| 3.3. Gambar Dimensi Sistem gasifikasi..... | 28 |
| 3.4. Gambar sistem gasifikasi beserta bagi-bagiannya..... | 29 |
| 3.5. Gambar timbangan..... | 31 |
| 3.6. Gambar Thermocouple..... | 32 |
| 3.7. Gambar Gas analyzer..... | 32 |
| 3.8. Gambar Anemometer..... | 33 |
| 3.9. Gambar stopwatch..... | 33 |
| 3.10. Gambar Thermometer Infrared..... | 34 |
| 4.1. Gambar grafik jumlah udara pembakaran..... | 39 |
| 4.2. Gambar persegi 5..... | 40 |
| 4.3. Gambar <i>Specific gasification rate</i> | 41 |
| 4.4. Gambar grafik <i>Fuel conversion rate</i> | 42 |
| 4.5. Gambar grafik <i>char</i> | 44 |

| | |
|---|----|
| 4.6. Gambar grafik <i>air fuel ratio</i> | 45 |
| 4.7. Gambar grafik <i>oxygen fuel rate</i> | 46 |
| 4.8 Gambar grafik waktu konsumsi bahan bakar..... | 48 |
| 4.9. Gambar grafik efesiensi gasifikasi..... | 52 |
| 4.10. Gambar grifik carbon monoksida..... | 53 |
| 4.11. Gambar grafik carbon dioksida..... | 54 |
| 4.12. Gambar grafik sulfur oksida | 55 |
| 4.13. Gambar grafik nitrogen oksida..... | 56 |
| 4.14. Gambar grafik NO _x | 56 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| 3.1. Tabel Jadwal Kegiatan Penelitian..... | 35 |
| 4.1. Tabel data parameter hasil pengujian dengan variasi biomassa | 36 |
| 4.2. Tabel hasil perhitungan jumlah udara pembakaran | 39 |
| 4.3. Tabel hasil perhitungan <i>specific gasification rate</i> | 41 |
| 4.4. Tabel hasil perhitungan <i>fuel conversion rate</i> | 42 |
| 4.6. Tabel hasil perhitungan char..... | 43 |
| 4.7. Tabel hasil perhitungan <i>air fuel ratio</i> | 45 |
| 4.8. Tabel hasil oxygen fuel ratio..... | 46 |
| 4.9. Tabel hasil perhitungan waktu konsumsi bahan bakar..... | 47 |
| 4.10. biaya listrik pada blwer..... | 52 |
| 4.11. Tabel hasil pengujian syngas biomassa..... | 53 |
| 4.12. Tabel hasil perhitungan efesiensi gasifikasi..... | 54 |
| 4.13. Tabel hasil pengujian emisi gas buang..... | 56 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan bahan bakar untuk energi di Indonesia tiap tahunnya terus semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan kemajuan industri. Untuk mengatasi krisis energi yang terjadi diperlukan suatu usaha untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Energi alternatif saat ini yang banyak dikembangkan adalah biomassa. Biomassa merupakan energi yang dapat digunakan sebagai bahan bakar yang didapatkan dari sumber alam yang dapat diperbaharui. Energi Biomassa bisa menjadi solusi bahan bakar yang selama ini tidak dapat diperbaharui dan mencemari lingkungan hidup (Mangalla et al., 2019).

Pada kondisi tersebut peneliti sebelumnya merancang dan membuat alat pengering ikan dengan memanfaatkan pembakaran tungku bahan bakar biomassa dengan bantuan alat penukar kalor dan blower akan menghembuskan udara bersih melewati pipa-pipa alat penukar kalor menuju lemari pengering. Alat pengering ini sangat membantu pengusaha ikan dan nelayan karena pada proses pengeringan ini bisa dilakukan setiap waktu baik malam, siang dan musim hujan. Akan tetapi, alat pengering ini mempunyai kelemahan yaitu pada saat proses pembakaran biomassa didalam tungku, polutan/asap yang keluar sangatlah banyak dalam proses pengeringan ikan.

Sistem gasifikasi salah satu contoh pemanfaatan biomassa. Sistem gasifikasi digunakan untuk mengubah padatan bahan bakar menjadi gas mampu bakar yaitu CO, H₂, dan CH₄ dari reaksi yang terjadi didalam reaktor gasifikasi untuk

dimanfaatkan sebagai energi thermal untuk alat pengering ikan. Berdasarkan definisi tersebut, proses gasifikasi menggunakan bahan bakar yang mengandung hidrokarbon seperti batubara, petcoke (*petroleum coke*), dan biomassa (Hamni et al., 2014). Sistem gasifikasi digunakan sebagai sumber api yang akan digunakan untuk memanaskan pipa-pipa alat penukar kalor selanjutnya blower menghembuskan udara bersih melalui pipa-pipa didalam alat penukar kalor dan menuju ke lemari pengering. Sistem gasifikasi ini berguna untuk meminimalisir polutan/asap yang keluar dari *exhaust*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, maka rumusan masalah pada skripsi ini adalah :

1. Bagaimana kemampuan sistem gasifikasi biomasa dalam menghasilkan energi thermal untuk alat pengering ikan?
2. Seberapa besar keefektifan sistem gasifikasi dalam meminimalisir polutan?
3. Berapa *persentase* hasil polutan dalam alat pengering ikan dengan sistem gasifikasi?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini, batasan masalah nya adalah :

1. Menghitung parameter sistem gasifikasi dengan bahan bakar biomassa.
2. Menggunakan bahan bakar biomassa untuk menghasilkan energi.
3. Menggunakan blower pada sistem gasifikasi.

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memanfaatkan sistem gasifikasi sebagai sumber energi thermal untuk alat pengeringan ikan patin.
2. Penerapan sistem gasifikasi digunakan untuk meminimalisir polutan yang keluar dari *exhaust* pada alat pengering ikan.
3. Untuk mendapatkan persentase kandungan polutan menggunakan sistem gasifikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Terciptanya suatu alat pengering ikan yang ramah lingkungan dan berguna bagi masyarakat.
2. Terciptanya suatu alat pengering ikan patin yang dapat meminimalisir polutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, sistem penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN, pada bab ini diberi penjelasan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA, Pada bab ini dijelaskan mengenai dasar teori yang dipakai dalam penulisan tugas akhir yang berhubungan dengan alat pengering ikan sistem gasifikasi.
3. BAB III METODE PENELITIAN, Pada bab ini menjelaskan mengenai waktu penelitian dan tempat penelitian dan studi literatur.
4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, bab ini berisikan tentang hasil dan pembahasan dari penelitian karakteristik gasifikasi pada tipe *downdraft gasifier* dengan menggunakan bahan bakar biomassa.
5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran pada skripsi ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa adalah suatu bahan organik berasal dari tumbuh-tumbuhan contohnya limbah tanaman budidaya dan sampah organik. Biomassa dapat dibedakan tiga kelompok besar yaitu : biomassa bukan kayu, dan biomassa sekunder, biomassa kayu (Mangalla et al., 2019). Menurut *Energy Europe Insitute* biomassa dibagi menjadi empat kategori yaitu sebagai berikut : tanaman kebun energi, limbah organik, limbah pertanian, limbah kehutanan.

Biomassa disebut sumber energi terbarukan, pada teknologi konversi termal biomassa beragam tergantung pada proses pemanfaatannya. (Integrasi et al., 2019) Biomassa disebut sumber energi terbarukan, pada teknologi konversi termal biomassa beragam tergantung pada proses pemanfaatannya. (Integrasi et al., 2019) . Biomassa banyak digunakan untuk diambil energinya dengan nilai ekonomisnya yang rendah atau limbah biomassa yang setelah diambil produk primernya. (Arhamsyah, 2010).

2.2 Pemanfaatan biomassa

Dalam teknologi konversi biomassa bisa digunakan untuk bahan bakar. Pada proses konversi biomassa ini membutuhkan alat yang berbeda dalam menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan. Berikut ini adalah teknologi yang digunakan sebagai konversi biomassa, dijelaskan pada gambar 2.1 (Integrasi et al., 2019)



Gambar 2.1 Proses teknologi konversi biomassa
(Sumber : Anonim, 2006)

Pada konversi biomassa dapat dibedakan menjadi tiga untuk menjadi bahan bakar yaitu konversi termokimia, pembakaran langsung, konversi biokimia. Pembakaran langsung adalah proses teknologi yang sederhana karena biomassa dapat secara langsung dibakar. Sedangkan pada konversi termokimia ini teknologi yang memerlukan perlakuan thermal untuk memicu terjadinya proses reaksi kimia menghasilkan bahan bakar. Dan untuk konversi termokimia dengan menggunakan bantuan suatu mikroba untuk menghasilkan bahan bakar (Arhamsyah,s 2010). Berikut proses memanfaatkan biomassa yaitu :

1. Gasifikasi

Proses perubahan dari bahan bakar padat secara menjadi gas ini disebut gasifikasi, di mana udara yang digunakan terbatas pada proses pembakaran didalam reaktor. Gasifikasi dapat digunakan untuk mengatasi pemanfaatan limbah pertanian dan kehutanan dan perkebunan (Hamni et al., 2014)

2. Biobriket

Biobriket digunakan untuk mengubah sumber energi biomassa menjadi bentuk lain dengan mengompresi bentuknya lebih teratur. Briket batubara adalah briket yang terkenal, tetapi tidak hanya batubara yang bisa menjadi briket. (Arhamsyah, 2010).

3. Pirolisa.

Penguraian biomassa (lisis) disebut pirolisis, karena pada proses pirolisis dekomposisi kimia menggunakan pemanasan tanpa adanya oksigen, proses pirolisis menghasilkan produk berupa bahan bakar padat seperti karbon, cairan berupa campuran tar (Arhamsyah, 2010).

4. *Liquification*

Liquification adalah suatu proses perubahan wujud gas menjadi cairan melalui proses secara kondensasi, dengan melalui pendinginan, proses perubahan padat ke cairan melalui peleburan dan proses dengan pencampuran cairan lain untuk memutuskan ikatan tersebut (Arhamsyah, 2010).

2.3 Sekam Padi

Sekam padi merupakan limbah hasil proses penggilingan padi. Sekam padi memiliki bentuk dan ukuran yang seragam sehingga dapat diproses lagi. Struktur pada sekam padi yang keras dan kurang cocok untuk difermentasi, karena mempunyai kadar lignin dan silika (SiO_2) yang tinggi. Banyak periset yang fokus dalam riset untuk mengubah sekam padi menjadi bahan bakar.

Pada saat proses penggilingan padi diperoleh sekam 20-30% dari bobot gabah, dedek 8-12% dan beras giling 50-63,5% dari bobot awal gabah. Dengan

persentasi yang tinggi sekam padi menimbulkan masalah terhadap lingkungan. Sekam padi mengandung berapa beberapa unsur kimia yaitu : (ikwal,2011).

Komposisi kimia menurut Suharno :

- Abu : 17,17%
- Karbohidrat kasar : 33,71%
- Kadar air : 9,02%
- Protein kasar : 3,03%
- Lemak : 1,18%
- Sekam kasar : 35,68%

Komposisi kimia pada sekam padi menurut DTC-IPB :

- Silika : 16,98%
- Sulfur : 0,06%
- Nitrogen : 0,5%
- Karbon (Zat arang) : 1,33%
- Hidrogen : 1,54%
- Oksigen : 33,64%

Kebanyakan selama ini, sekam padi dibuang dengan secara percuma dari tempat penggilingan padi. Sehingga keberadaan manjadi sangat melimpah. Sekam padi perlu dimanfaatkan dengan baik agar tidak menjadi limbah dan tidak mencemari lingkungan. Dengan ini sekam padi bisa dijadikan bahan bakar untuk gasifikasi. Gasifikasi biomassa dengan sekam padi adalah energi terbarukan yang kemungkinan besar dapat berkembang diprovinsi riau (ikwal,2011).

2.4 Serbuk kayu

Sifat serbuk gergaji sama dengan kayu, hanya dalam bentuk yang berbeda. Kayu ini diperoleh dari menebang pohon di hutan. Pada pemotongan kayu terdapat serbuk kayu yang dibiarkan ditumpuk, membusuk atau dibakar berdampak negatif bagi masyarakat, serbuk kayu dapat digunakan untuk energi terbarukan sebagai bahan bakar gasifikasi.

Kayu memiliki komposisi kimia yang sangat penting, karena komposisi kimia dapat menentukan kegunaan jenis kayu. Komposisi kimia pada kayu terdiri dari nitrogen 0,04-0,10%, Abu 0,20-0,50, karbon 50%, hidrogen 6%, dan sisanya adalah oksigen. (Mutasim Billah,2009)

Kandungan kimia pada kayu menurut (ferry ardianto,2010) :

1. Analisa proksimat :
 - Moisture : 9,79 %
 - Volatile matter : 78,33%
 - Fixed karbon : 11,88 %
2. Analisa ultimat :
 - Hydrogen (H) : 6,42
 - Oxygen (O) : 39,6 %
 - Carbon (C) : 43,01 %
 - Nitrogen (N) : 0,17 %
 - Ash : 10,78 %
 - Sulfur : 0,1 %

2.5 Sistem Gasifikasi

Meningkatkan pemanfaatan energi biomassa melalui proses perubahan bahan padat menjadi gas melalui proses degradasi termal bahan organik dengan suhu tinggi pada pembakaran tidak sempurna disebut teknologi gasifikasi. Dalam kata lain, proses gasifikasi adalah proses pembakaran persial bahan baku padat seperti biomassa , yang melibatkan reaksi antara oksigen dengan bahan bakar padat (guswendar rinovianto.,2012).

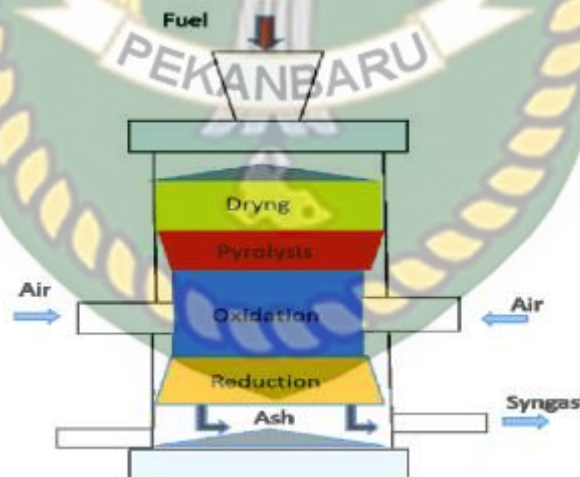
Sistem gasifikasi merupakan proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar yang menghasilkan (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20% - 40% udara stoikiometri). Bahan bakar yang mengandung hidrokarbon seperti batubara, biomassa, dan petcoke (*petroleum coke*) (Hamni et al., 2014). Sistem gasifikasi ini dapat dimanfaatkan sebagai energi thermal yang akan digunakan untuk memanaskan pipa-pipa alat penukar kalor dan selanjutnya blower akan menghembuskan udara bersih melewati pipa-pipa alat penukar kalor dan udara panas tersebut akan menuju kelemari pengering.

2.6 Jenis jenis Gasifier

Teknologi gasifikasi semakin berkembang dengan mengarahkan klasifikasi teknologi sesuai dengan sistem dan sifat fisik untuk menciptakan proses gasifikasi (Mangalla et al., 2019). Jenis alat gasifikasi tersebut antara lain adalah :

A. *Downdraft gasifier*

Downdraft gasifier merupakan jenis gasifikasi yang dirancang agar dapat membatasi kandungan tar dan minyak. Pada *downdraft gasifier* ini aliran udara searah dengan aliran bahan bakar. Dimulai dari masuknya bahan bakar di bagian atas *gasifier*, maka akan terjadi proses pengeringan dan pirolisis bahan bakar akibat panas yang dihasilkan dari reaksi oksidasi. Pada tahap pirolisis, uap dan tar dihasilkan. Selanjutnya, uap dan tar yang dihasilkan akan melewati lapisan arang panas dan mengalami perengkahan menjadi gas sederhana. Pada reaksi reduksi yang terjadi gas produser yang dihasilkan akan tertarik keluar menuju bagian bawah *gasifier* (Purwantana et al., 2011). Gambaran tahap-tahp pada *downdraft gasifier* dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 *Downdraft gasifier*

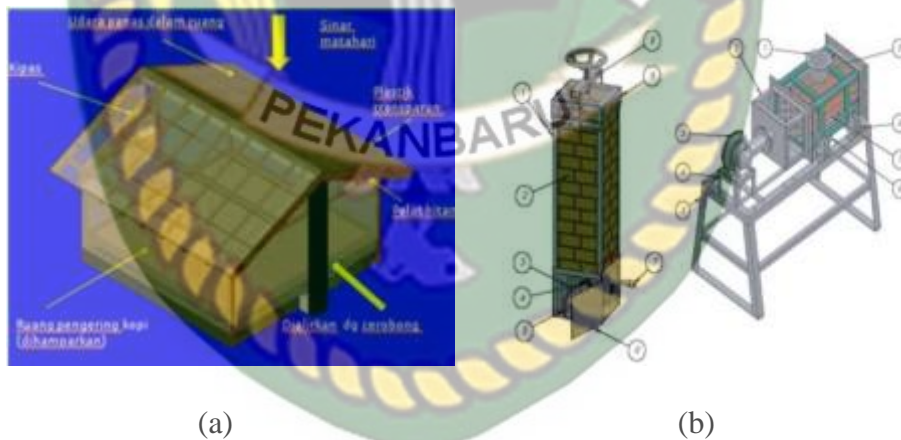
(Sumber : Subroto, 2017)

2.7 Jenis – jenis alat pengering dengan sistem gasifikasi

Jenis jenis alat pengeringan dengan sistem gasifikasi antara lain :

A. Alat Pengering Biji Kopi Dengan Sistem Gasifikasi

Pengeringan ini dengan memanfaatkan panas pembakaran dengan bahan bakar limbah kopi sebagai sumber panas untuk proses pengeringan. Teknik pengeringan kopi ini dengan hasil ramah lingkungan dan memanfaatkan sumber daya energi. Proses pengeringan tidak hanya bisa dilakukan pada siang hari, tetapi bisa dilakukan pada musin hujan dan malam hari dengan sumber panas yang gunakan yaitu sumber panas gasifikasi. Selama limbah kulit kering kopi tersedia proses pengeringan dapat dilakukan . (Hamni et al., 2014)..



Gambar 2.3 Alat Pengering Biji Kopi Dengan Sistem Gasifikasi

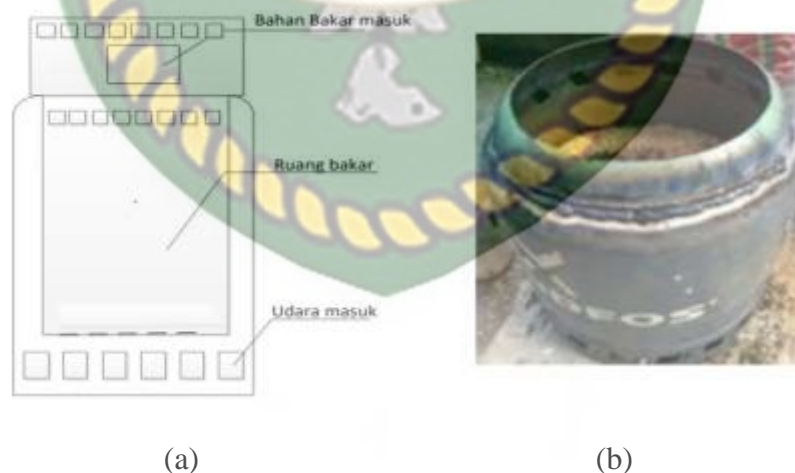
(Hamni et al., 2014)

Proses gasifikasi diawali memasukan bahan limbah kopi kering ke reaktor ruangan pembakaran. Limbah kopi dibakar dan mendapatkan gas selajutya gas diarahkan menuju alat penukar kalor diletakan. Gas dibakar dan digunakan untuk memanaskan pipa-pipa pada alat penukar kalor. Pipa-pipa

pada alat penukar kalor akan mengalami panas yang tinggi, dan kemudian udara bersih masuk ke dalam pipa tersebut, kemudian dialirkan ke ruangan pengering (Hamni et al., 2014)

B. Kompor Gasifikasi Biomassa Untuk Pengeringan Gabah

Kompor gasifikasi terbuat dari tabung freon bekas dan pelat tipis 2 mm. Freon bekas ini berguna sebagai lapisan dalam dari kompor gasifikasi, yang berfungsi sebagai tempat untuk pembakaran bahan bakar biomassa. Pada bagian atas tabung terdapat 24 lubang dengan ukuran 2 x 1,5 cm sebagai masuknya udara. Pada bagian luar kompor dibuat dari pelat tipis. Selanjutnya bagian bawah lapisan diberi saluran udara yang berbentuk lubang persegi ukuran 2x3 cm sebanyak 18 buah. Lubang udara berfungsi untuk masuknya udara kedalam bagian bawah dengan secara alami saat proses pembakaran berlangsung (Mangalla et al., 2019)

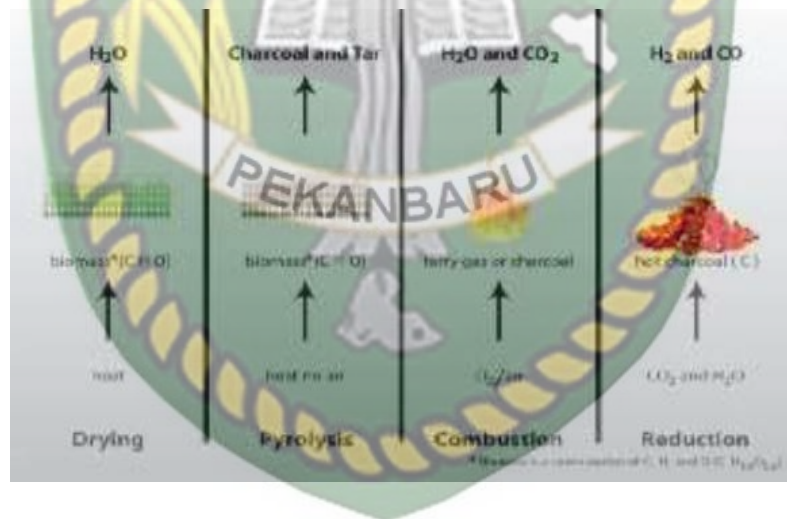


Gambar 2.4 Kompor Gasifikasi Biomassa Untuk Pengeringan Gabah
(Mangalla et al., 2019)

Pada ruang pengering digunakan dari rangka kayu dan tripleks dirancang agar udara panas dihasilkan dari kompor gasifikasi masuk melalui kedua sisi lapisan gabah yaitu sisi atas dan sisi bawah. Proses pengeringan ini secara otomatis masuk menembus kedua sisi lapisan gabah tanpa membalik atau mengaduk secara manual. Proses pembakaran biomassa dilakukan pada ruang tabung kompor gasifikasi. Hasilkan nyala api dari kompor gasifikasi yang besar menghasilkan panas yang cukup untuk dialirkan masuk ke dalam ruang pengeringan (Mangalla et al., 2019).

2.8 Tahapan Proses Gasifikasi

Ada empat tahapan proses gasifikasi yaitu sebagai berikut :



Gambar 2.5 Proses Tahapan-Tahapan Gasifikasi

(Sumber : Brian Fissukarheret.al, (2010)

1. Pengeringan

Pengeringan adalah tahap awal proses gasifikasi dengan temperatur diatas 100 °C. Dimulai ketika bahan bakar masuk kedalam reaktor gasifikasi, air diperbukaan bahan bakar akan menguap, sedangkan air yang berada

didalam bahan bakar mengalir keluar dari pori-pori bahan bakar dan menguap. Pada proses ini berlangsung secara kontinyu hingga mencapai temperatur sekitar 200 °C yang bersifat menyerap panas (endotermik) (Arisanty et al., 2009).

2. Pirolisi

Pirolisis merupakan dekomposisi thermal dari bahan bakar padat. pirolisis menghasilkan produk yaitu : gas ringan, dan arang. Campuran dari gas-gas yaitu CO_2 , H_2O , CH_4 , H_2 , CO . Dari fraksi tar yang dihasilkan termasuk senyawa organik berat. Proses pirolisis bertemperatur 150 °C sampai dengan 800 °C (Arisanty et al., 2009).

3. Oksidasi

Oksidasi reaksi yang terjadi di dalam *gasifier*. Proses pembakaran arang menyediakan semua energi panas yang dibutuhkan untuk reaksi endotermik. Dengan oksigen yang dipasok ke reaktor, ia bereaksi dengan zat yang mudah terbakar untuk menghasilkan CO_2 , dan H_2O . Pada reaksi oksidasi produk lain yang dihasilkan yaitu air, panas, cahaya dan N_2 . Reaksi oksidasi ini terjadi pada temperatur 800 °C sampai dengan 1000 °C (Arisanty et al., 2009)

4. Reduksi

Reduksi bentuk rangkaian reaksi endotermik disokong oleh panas dari hasil reaksi pembakaran, dengan temperatur 600 °C sampai 1000 °C. Pada proses ini produk yang dihasilkan adalah gas mudah terbakar seperti, karbon monoksida (CO), karbondioksida (CO_2), hidrogen (H_2), metan (CH_4), sedikit

hidrokarbon, air, nitrogen, dan berbagai kontaminan seperti partikel arang, debu, tar. (Arisanty et al., 2009).

2.9 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi

Ada pun faktor-faktor yang mempengaruhi pada proses gasifikasi adalah (Zainuddin et al., 2017)

A. Bahan Bakar

Adapun beberapa klasifikasi bahan bakar yang digunakan pada proses gasifikasi berdasarkan dengan kandungan dan sifat yang dimilikinya :

1. Kandungan energi

Semakin tinggi dengan kandungan energi bahan bakar, semakin tinggi pula syngas yang dihasilkan oleh gasifikasi karena semakin tinggi energi yang dikonversi (Zainuddin et al., 2017).

2. Kadar Air (*Moisture*)

Proses gasifikasi umumnya memiliki kadar air bahan bakar yang rendah. Karena kadar air yang tinggi menyebabkan kehilangan panas yang tinggi dengan beban pendinginan yang lebih tinggi (Zainuddin et al., 2017).

3. Debu

Dalam proses gasifikasi, debu ini sangat mengganggu dan menyumbat saluran, sehingga membutuhkan perawatan yang lebih. Dengan desain *gasifier* yang baik tidak menghasilkan kandungan debu yang tinggi.

4. Tar

Proses gasifikasi menghasilkan tar. Tar adalah kandungan yang paling berbahaya dan harus dihindari karena bersifat korosif. Desain reaktor/gasifier yang baik, tidak menghasilkan tar yang tinggi (Zainuddin et al., 2017).

5. Ash dan slagging

Slag merupakan suatu kumpulan *ash* yang tebal dan pekat yang dihasilkan pada proses gasifikasi (Zainuddin et al., 2017). Pengaruh adanya ash dan slag pada *gasifier* adalah:

- Menyumbatan *gasifier*.
- Pada titik tertentu mengurangi respons bahan baku

B. Jenis Media Gasifikasi

Jenis media gasifikasi sangat mempengaruhi kandungan syngas yang dihasilkan. Dengan kandungan nitrogen dan besar nilai kalor yang dikandungnya mempengaruhi perbedaan kandungan syngas. Media udara bebas dapat menghasilkan bentuk senyawa nitrogen yang cukup pekat di dalam syngas, dan dengan penggunaan media oksigen/uap yang memiliki nilai kalor syngas yang lebih baik. (Zainuddin et al., 2017).

C. Rasio Bahan Bakar dan Udara (AFR)

Pada proses gasifikasi perbandingan bahan bakar dan udara mempengaruhi reaksi yang terjadi pada kandungan syngas yang dihasilkan (Zainuddin et al., 2017).

2.10 Reaktor Gasifikasi (*Gasifire*)

Reaktor gasifikasi (*gasifire*) adalah tempat dimana bahan biomassa dibakar sehingga menghasilkan panas yang sumber panas tersebut ditujukan untuk alat pengering. Sistem kerja alat reaktor gasifikasi diawali dengan memasukan bahan biomassa ke ruangan pembakaran dan bahan biomassa dibakar untuk mendapatkan gas yang disalurkan ke ruang, dimana alat penukar kalor diletakan. (Hamni et al., 2014). Sistem pembakaran pada reaktor gasifikasi, dihasilkan gas mampu bakar yang dibakar akan menghasilkan nyala yang panas, biru dan sedikit polusi. (Arisanty et al., 2009)

2.11 Blower

Alat yang digunakan menaikkan dan memperbesar tekanan udara atau gas disebut blower yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan, pemvakuman udara atau gas. Blower diberi nama lain misalnya pada keperluan gas dari dalam oven kokas disebut *exhouter*. Blower di dunia industri kimia digunakan untuk mensirkulasikan gas melalui proses-proses secara kimiawi. (Mukkun & Dana, 2016).

2.12 Parameter-Parameter Pada Proses Gasifikasi

Adapun parameter-parameter pada proses gasifikasi sebagai berikut :

1. Temperatur Gasifikasi

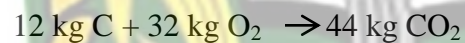
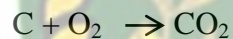
Pengeringan merupakan tahap pertama pada proses gasifikasi. Pengeringan berguna untuk menguapkan kandungan air yang ada didalam bahan bakar sehingga menghasilkan gas yang bersih, oleh karena itu

temperatur gasifikasi harus tinggi. Temperatur yang tinggi dapat mempengaruhi hasil syngas yang mudah terbakar.

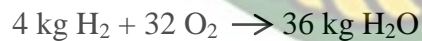
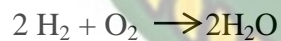
2. Jumlah Udara Pembakaran

Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna terlebih dahulu mengetahui susunan bahan bakar. Dan sebelum menghitung kebutuhan udara pembakaran, harus terlebih dahulu menghitung oksigen yang dibutuhkan untuk setiap kandungan C dan H yang mengikat oksigen dalam pembakaran pada proses gasifikasi..

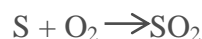
- Karbon (C) terbakar sempurna menjadi CO₂ dengan persamaan:



- Hidrogen (H) terbakar menjadi H₂O berdasarkan persamaan :



- Belerang (S) terbakar berdasarkan persamaan :





Dari persamaan di atas dan jumlah kebutuhan oksigen, dapat dihitung kebutuhan udara stoikiometri (SA) bahan bakar dengan persamaan berikut :

Kebutuhan Oksigen Stoikiometri = Kebutuhan oksigen C + kebutuhan oksigen H + kebutuhan oksigen S – kandungan O dalam bahan bakar.

Kebutuhan udara pembakaran dapat dihitung setelah mengetahui kebutuhan oksigen stoikiometrinya. Berdasarkan massa dalam udara yaitu : kadar oksigen 21% dan kadar nitrogen 78%, maka dari perbandingan udara dan bahan bakar didapat kebutuhan udara dengan rumus :

$$\text{Kebutuhan udara pembakaran} = \frac{\% \text{udara}}{\% \text{O}_2 \text{ di udara}} \times k. \text{ oksigen total} \dots\dots\dots \text{Pers 2.4}$$

Dalam proses gasifikasi, kebutuhan oksigen yang dapat digunakan adalah kebutuhan oksigen stoikiometri (SA).

3. *Spesifik Gasification Rate* (SGR)

Laju gasifikasi spesifik menggambarkan jumlah rata-rata bahan bakar yang digasifikasi dalam proses gasifikasi. Jika laju spesifik gasifikasi lebih besar maka proses gasifikasi tidak akan berjalan dengan sempurna, sebaliknya jika *spesifik gasification rate* semakin kecil maka proses gasifikasi berjalan dengan lambat.

$$\text{SGR} = \frac{\text{berat biomassa} - \text{berat arang}}{\text{luas} \times \text{waktu}} \text{ (kg/m}^2 \cdot \text{jam) } \dots\dots\dots \text{Pers, 2.5}$$

4. *Fuel Conversion Rate* (FCR)

Bahan bakar dikonversi pada proses gasifikasi dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$FCR = \frac{\text{Bahan bakar}}{\text{waktu oprasional}} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots \text{Pers, 2.6}$$

5. *% Char*

Hal ini mengacu pada perbandingan jumlah arang yang dihasilkan dengan jumlah biomassa yang dibutuhkan dalam proses pembakaran pada proses gasifikasi.

$$\% \text{ Char} = \frac{\text{Arang}}{\text{berat biomassa}} \times 100 \%, \dots\dots\dots \text{Pers.2.7}$$

6. *Air Fuel Ratio* (AFR)

Rasio bahan bakar udara adalah laju aliran udara primer ke dalam reaktor. *Air Fuel Ratio* mengacu pada laju aliran udara yang berfungsi untuk mengubah bahan bakar padat menjadi gas yang mudah terbakar. Blower dibutuhkan untuk reaktor, dapat ditentukan dengan menggunakan laju konsumsi bahan bakar , stoikiometri udara bahan bakar , dan rasio ekuevalensi (ϵ) untuk gasifikasi dari 0,3 hingga 0,4. Maka AFR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$AFR = \frac{\epsilon \mu \times FCR \times SA}{\rho_a} \text{ (m}^3\text{/jam)} \dots\dots\dots \text{Pers 2.8}$$

Dimana:

$$AFR = \text{Air fuel ratio , (m}^3\text{/jam)}$$

$FCR = \text{fuel consumption rate (kg/jam)}$

$\rho_a = \text{massa jenis udara} = 1,25 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$\epsilon_u = \text{rasio ekuivalensi (0,3 - 0,4)} = 0,35$

7. Oxygen Fuel Rate (OFR)

Udara bebas memiliki kandungan yang terdiri 78% Nitrogen, 21% Oksigen, dan 1% Uap Air. Berdasarkan udara bebas kandungan oksigen dapat kita simpulkan dengan persamaan :

$$OFR = \frac{\epsilon_o \times FCR \times SA}{\rho_o}, \text{ (m}^3\text{/jam)} \dots\dots\dots \text{Pers 2.9}$$

Dimana:

$OFR = \text{Oxygen fuel rate (tingkat aliran udara), (m}^3\text{/jam)}$

$FCR = \text{fuel consumption rate (kg/jam)}$

$\rho_o = \text{massa jenis oksigen} = 1,43 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$SA = \text{udara stoikiometri dari bahan bakar padat i}$

$\epsilon_o = \text{Ratio ekuivalensi udara x Kandungan oksigen di udara}$

$$= 0,35 \times 0,21 = 0,0735$$

8. Waktu Konsumsi Bahan Bakar

Hal ini merujuk waktu yang dibutuhkan untuk mengubah bahan bakar padat menjadi gas di dalam reaktor pada proses gasifikasi. Hal ii dimulai dari

waktu menyalakan awal bahan bakar, waktu untuk menghasilkan gas dan waktu bahan bakar benar-benar terbakar semua di dalam reaktor.

9. Kecepatan Udara

Kecepatan udara di dalam *gasifier* menyebabkan terbentuknya saluran yang sangat mempengaruhi proses gasifikasi, dilihat dari kecepatan aliran udara di kompartemen bahan bakar..

10. Kandungan Gas Hasil Gasifikasi

Gas diproses dan diuji kandungannya dengan alat gas analayer kemudian mendapat hasil berdasarkan berat molekul unsur penyusun gas..

2.13 Efisiensi Gasifikasi

Kandungan moisture, temperatur udara masuk, dan heatloss mempengaruhi pada efisiensi gasifikasi. Pada kadar air bahan bakar yang tinggi, nilai kalor syngas lebih rendah, menghasilkan efisiensi gasifikasi yang lebih rendah. Suhu udara masuk sangat mempengaruhi efisiensi gasifikasi, dengan suhu udara yang tinggi masuk ke gasifier akan meningkatkan efisiensi gasifikasi dan besar efeknya adalah kehilangan panas, semakin kecil kehilangan panas, semakin besar efeknya terhadap efisiensi gasifikasi..

Bahan bakar biomassa yang memiliki nilai persentase karbon rendah, suhu gasifikasi dikondisikan. Temperatur harus tinggi untuk memastikan semua karbon bereaksi. Pada kondisi ini menghasilkan persentase *char* yang dihasilkan tinggi. Ada pun cara untuk mengatasi hal tersebut, yaitu dengan memanaskan udara

masuk ke dalam reaktor. Efisiensi gas tergasifikasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

1. N_2 - dari udara yang disupply dapat dicari dimana mengandung sekitar 78%.

$$\text{Supply } N_2 \text{ Udara} = 0,769 \times SA \dots\dots\dots \text{Pers, 2.11}$$

Dimana :

SA = Kebutuhan oksigen Stoikiometri

2. Mencari total nitrogen (N) yang diproduksi udara dan bahan bakar :

$$\text{Total N} = \frac{\text{komposisi N dalam bahan bakar} + N_2 \text{udara}}{\text{berat molekul } N_2} \dots\dots\dots \text{Pers, 2.12}$$

3. Mencari jumlah gas nitrogen yang diproduksi

$$\text{Produksi N} = \frac{\text{Nilai total N}}{\text{Kandungan N dari gas hasil gasifikasi}} \dots\dots\dots \text{Pers, 2.13}$$

4. Mencari total energi dari gas mampu bakar/syngas (CO, H₂ dan CH₄)

$$\text{Energi syngas} = \text{energi syngas CO} + \text{energi syngas H}_2 + \text{energi}$$

$$\text{syngas CH}_4 \dots\dots\dots \text{Pres 2.14}$$

5. Mencari efisiensi gas hasil gasifikasi (η_g)

$$\eta_g = \frac{\text{energi syngas}}{\text{energi input}} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{Pers 2.15}$$



2.14 Emisi Gas Buang

Polutan dari proses pembakaran dalam proses gasifikasi disebut gas buang. Polutan pada gas buang berbahaya bagi kehidupan manusia, dan emisi gas buang dapat diukur dengan alat pengukur emisi yang berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak kandungan yang terkandung dalam gas buang tersebut.. (Haryanto & Triyono, 2013).

2.14.1 Kandungan Emisi Gas Buang

Ada pun kandungan emisi pada gas buang sebagai berikut :

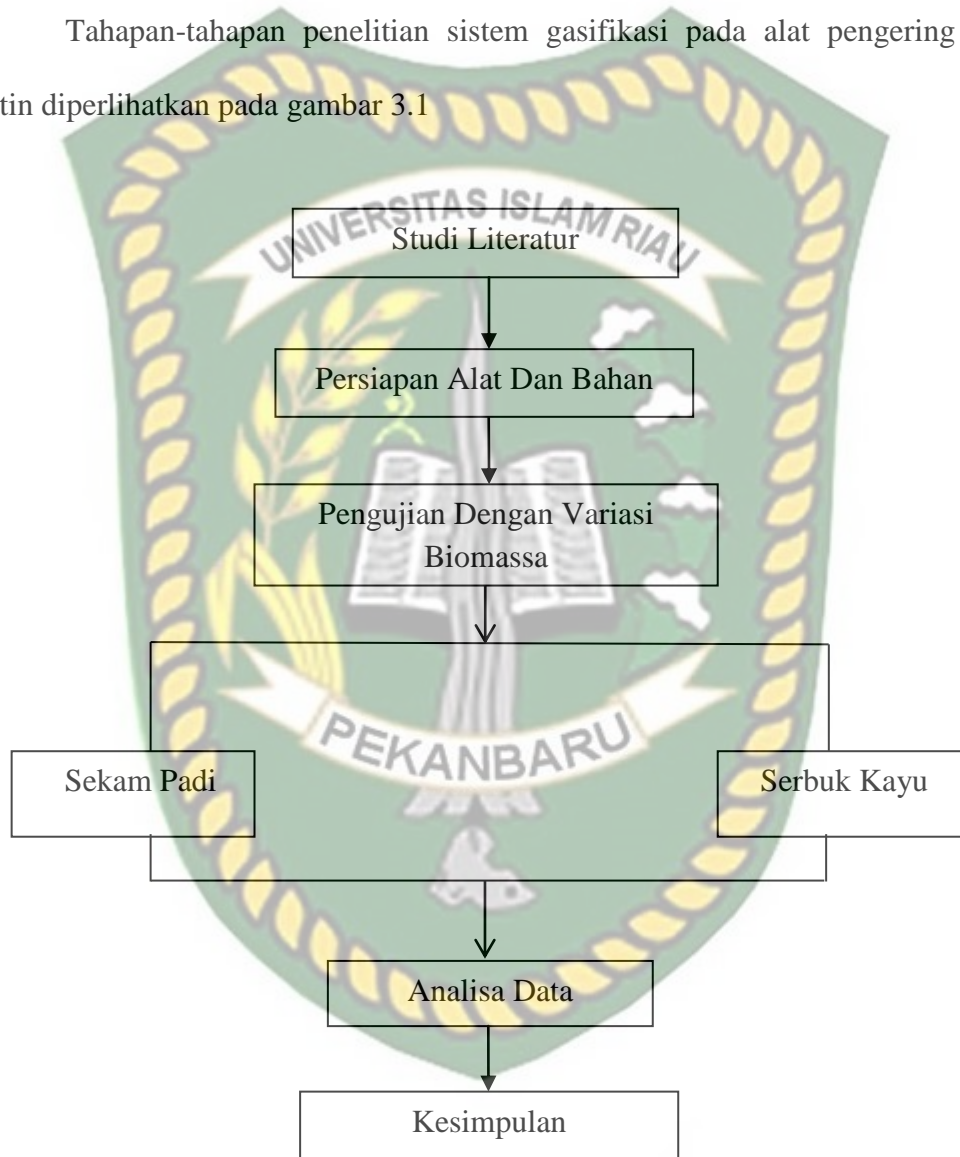
1. CO_2 yaitu gas yang tidak berwarna atau tidak berbau, CO_2 diperoleh dari kombinasi yang seimbang antara bahan bakar biomassa dan oksigen sehingga dapat menghasilkan CO_2 .
2. CO (Karbon Monoksida) gas yang diperoleh dari perbandingan antara bahan bakar dan udara tidak seimbang pada proses pembakaran. CO terbentuk karena banyak bahan bakar atau unsur C tidak dapat berikatan dengan O_2 sehingga pembakaran yang tidak sempurna.
3. SO_2 (Sulfur Oksida) terjadi saat terjadi reaksi pada pembakaran pada proses gasifikasi, dan S akan bereaksi dengan H dan O untuk membentuk senyawa sulfat dan sulfur oksida.
4. NO (Nitrogen Oksida) adalah gas yang terjadi akibat adanya panas tinggi pada proses pembakaran didalam reaktor sehingga kandungan nitrogen bereaksi dengan udara.
5. NO_x adalah reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara pada pembakaran didalam reaktor gasifikasi saat temperatur tinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian sistem gasifikasi pada alat pengering ikan patin diperlihatkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

1. Studi Literatur

Tahap studi literatur adalah studi yang digunakan untuk mengumpulkan bahan referensi yang diperlukan dan berhubungan dengan masalah yang dibahas. Penelitian dilakukan dengan mempelajari dan mengkaji penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem gasifikasi pengeringan, dan sumber-sumber literatur yang relevan dengan topik yang diteliti

2. Pengujian

Pada tahap pengujian adalah bagian terpenting yang akan dilakukan dalam penulisan tugas akhir, karena dibutuhkan data yang sesuai pada saat pengujian sehingga pada saat menganalisa dan perhitungan mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

3. Perhitungan

Pada tahap perhitungan penulis menghitung data-data yang telah didapatkan waktu pengujian karena perhitungan ini dibutuhkan untuk mengetahui unjuk kerja pada sistem gasifikasi alat pengering ikan berbahan bakar biomassa.

4. Hasil

Pada tahap ini merupakan hasil dan analisa/perhitungan yang dilakukan penulis dari data-data yang telah didapat pada waktu pengujian, dan hasil perhitungan penulis sesuai dengan data yang didapatkan pada waktu pengujian.

5. Kesimpulan merupakan rangkuman dari seluruh materi dan dari data-data yang telah didapat.

3.2 Alat dan Bahan

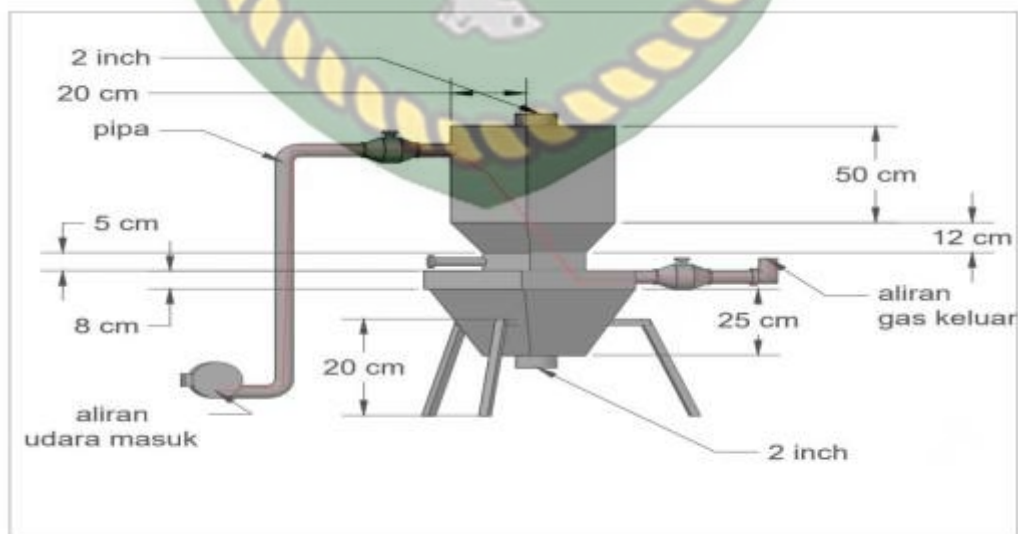
Sebelum melakukan Analisa penelitian, hal-hal penting yang harus disiapkan adalah peralatan yang diperlukan dan bahan-bahan yang akan digunakan untuk pengujian.

3.3 Alat yang digunakan pada proses pengeringan

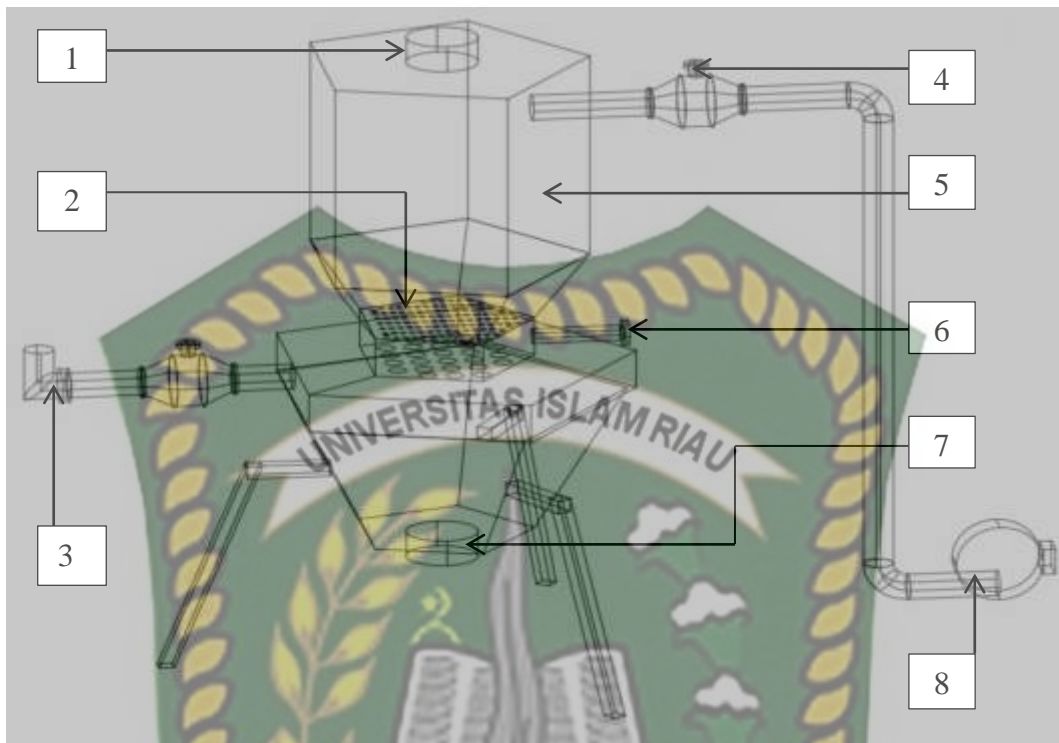
Alat yang digunakan untuk proses pengeringan ikan ini adalah:



Gambar 3.2 Sistem Gasifikasi Pada Alat Pengering Ikan



Gambar 3.3 Dimensi Sistem Gasifikasi



Gambar.3.4 Sistem gasifikasi beserta bagi-bagiannya

Adapun bagian-bagiannya pada sistem gasifikasi yang digunakan :

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1. Penutup reaktor | 5. Reaktor (<i>gasifier</i>). |
| 2. Saringan biomassa | 6. Saluran penyalaan awal |
| 3. Saluran gas keluar | 7. Saluran sisa bahan bakar. |
| 4. Katup | 8. Blower |

Bagian-bagian alat yang digunakan pada penelitian sistem gasifikasi pada tipe downdraft *gasifier* dengan bahan bakar biomassa adalah seperti dibawah ini :

1. Penutup reaktor

Penutup reaktor berfungsi tempat masuknya bahan bakar biomassa dan sebagai penutup reaktor gasifikasi agar gas tidak keluar.

2. Saringan biomassa

Saringan biomassa berfungsi sebagai tempat keluarnya arang dari hasil pembakaran didalam reaktor. Saringan ini memiliki diameter 2 mm setiap 1 lubang pada saringan.

3. Saluran gas keluar

Saluran gas keluar berfungsi untuk tempat atau saluran keluarnya gas dari gasifier.

4. Katup Blower

Katup blower berfungsi sebagai alat untuk mengatur udara yang masuk kedalam reaktor. Blower yang digunakan yaitu blower keong merk Moswell dengan power input 150 watt dan putarannya 2800 Rpm.

5. Reaktor (*gasifier*)

Reaktor (*gasifier*) berfungsi sebagai tempat untuk pembakaran bahan bakar biomassa sehingga menghasilkan syngas sebagai sumber panas untuk alat pengering.

6. Saluran penyalaan awal

Saluran penyalaan awal berfungsi sebagai sumber atau saluran dimana bahan bakar yang akan dinyalakan.

7. Saluran sisa bahan bakar

Saluran sisa bahan bakar berfungsi sebagai tempat atau saluran sisa bahan bakar dari tungku gasifikasi yang berupa abu dan arang.

8. Blower

Berfungsi untuk menghembuskan udara bersih kedalam tungku gasifikasi.

Blower yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan spesifikasinya

3.4 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian dan pengujian sistem gasifikasi alat pengering ikan dengan memanfaatkan panas pembakaran biomassa, yaitu sebagai berikut :

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengetahui massa/berat bahan biomassa yang digunakan selama proses pembakaran ditungku gasifikasi (*gasifier*).



Gambar 3.5 timbangan

2. Thermocouple

Thermocouple adalah jenis sensor suhu yang dapat digunakan untuk mengukur suhu yang keluar dari cerobong (*exhaust*) dan suhu syngas pada saluran syngas gasifikasi (*gasifier*). Cara menggunakan *thermocouple* adalah dengan menempelkan sensor tersebut ke bagian yang kita ingin ukur. Satuan *thermocouple* adalah °C.



Gambar 3.6 *Thermometer couple*

3. Gas Analyzer

Sebuah alat instrument berfungsi untuk mengukur komposisi dari campuran gas buang. Gas yang biasa diukur oleh alat ini yaitu gas karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2), dan karbon monoksida (CO).



Gambar 3.7 Gas analyzer

4. Anemometer

Anemometer adalah sebuah perangkat untuk mengukur kecepatan aliran udara yang dihembuskan oleh blower.



Gamabar 3.8 Anemometer

5. Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk mengukur dan membantu meningkatkan akurasi waktu dalam proses penelitian.



Gambar 3.9 stopwatch

6. *Thermometer Infrared*

Thermometer infrared berfungsi untuk mengukur perubahan temperatur yang terjadi reaktor pada saat pengujian alat sistem gasifikasi. *Thermometer inferared* mampu mengukur suhu mulai dari -50^{a} sampai 550^{a} atau -58E sampai 1022E .



Gambar 3.10 *Thermometer Infrared*

3.5 Bahan penelitian

Bahan bakar yang digunakan yaitu biomassa serbuk kayu dan biomassa sekam padi.

3.6 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian sistem gasifikasi pada tipe downdraft gasifier dengan bahan bakar biomassa sebagai berikut :

Prosedur yang harus dilakukan pada tahap persiapan yaitu menyiapkan bahan bakar, memeriksa perlengkapan gas analyzer, mempersiapkan perlengkapan alat pengujian yang digunakan, serta memastikan semua instrumen bekerja dengan baik untuk mendapatkan hasil yang baik dan hindari kecelakaan dalam bekerja.

Pada pengujian sistem gasifikasi alat pengering ikan dengan bahan bakar biomassa yang harus dilakukan yaitu : Menimbang massa biomassa (sekam padi, serbuk kayu) , mengisi tungku gasifikasi dengan biomassa kemudian menyalakan api dengan menggunakan minyak kerosene ,pengukuran kecepatan angin pada blower menggunakan anemometer, selanjutnya pipa exhaust dan tungku gasifikasi diukur dengan *Thermocouple*, kemudian *thermometer infrared*

digunakan untuk mengukur perubahan temperatur ditungku gasifikasi, dan *gas analyzer* untuk mengukur persentase polutan pada cerobong (*exhaust*). Hitung lama penelitian.

3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian

Penelitian tentang unjuk kerja sistem gasifikasi pada tipe *downdraft gasifier* dengan menggunakan bahan bakar biomassa untuk alat pengering ikan ini dapat berjalan optimal sesuai waktu yang ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti yang terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

| No | Jenis kegiatan | Bulan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------|-----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|---------|---|---|---|
| | | September | | | | Oktober | | | | November | | | | Desember | | | | Januari | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Pembuatan proposal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Studi literatur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Persiapan alat dan bahan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Seminar proposal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sistem Gasifikasi Dengan Bahan Bakar Biomassa

Pengujian sistem gasifikasi menggunakan dua variasi bahan bakar biomassa yaitu sekam padi dan serbuk kayu. Pengujian ini bertujuan sebagai sumber energi *thermal* untuk alat pengeringan dan sistem gasifikasi digunakan untuk meminimalisir polutan yang keluar dari *exhaust* alat pengering ikan. Dari hasil pengujian gasifikasi menggunakan bahan bakar yang berbeda dapat menghasilkan nilai parameter yang berbeda-beda. Parameter hasil pengujian gasifikasi dengan menggunakan bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 data parameter hasil pengujian dengan menggunakan bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu.

| No | Parameter | Bahan Bakar Biomassa | | Satuan |
|----|---|---------------------------|---------------------------|--------|
| | | Sekam Padi | Serbuk Kayu | |
| 1 | Berat Biomassa | 3 | 3 | Kg |
| 2 | Waktu oprasioal | 45 | 40 | Menit |
| 4 | kecepatan udara blower gasifikasi | Max : 10,44 Min : 3,11 | Max : 10,44 Min : 3,11 | m/s |
| 5 | kecepatan syngas gasifikasi | 1,39 | 1,67 | m/s |
| 6 | Temperatur syngas gasifikasi | 167,6 | 137,5 | °C |
| 7 | Temperatur Reaktor | 187,4 | 149,1 | °C |
| 8 | Arang | 650 | 250 | Gram |
| 9 | Temperatur Tungku alat pengering ikan | 139,8 | 123,8 | °C |
| 10 | Kecepatan Gas Buang pipa <i>exhaust</i> alat pengering ikan | 1,25 | 1,29 | m/s |
| 11 | Temperatur suhu Cerobong pada alat pengering ikan | 59,2 | 57,1 | °C |
| 12 | Katup | 40 | 40 | % |

4.2 Perhitungan Parameter Pada Proses Gasifikasi Dengan Variasi Bahan Bakar

Pengujian ini menggunakan variasi bahan bakar yaitu sekam padi dan serbuk kayu. Dari hasil pengujian gasifikasi menggunakan bahan bakar biomassa sekam padi, maka mendapatkan parameter-parameter hasil pengujian, hal ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data pada proses gasifikasi.

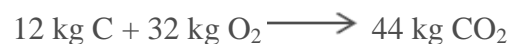
1. Temperatur gasifikasi

Pada proses pengujian menggunakan bahan bakar yaitu sekam padi dengan berat yaitu 3 kg pada pembukaan katup blower 40 % (Hamni et al., 2014) didapatkan temperatur gasifikasi yaitu 176,6 °C menghasilkan arang 650 gr dengan waktu oprasional 45 menit. Dan untuk pengujian serbuk kayu menggunakan cara yang sama dengan sekam padi mendapatkan temperatur 137,5 °C dengan meghasilkan arang 250 gr dan waktu oprasional 40 menit.

2. Jumlah udara pembakaran

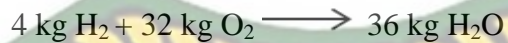
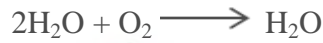
Untuk mendapatkan hasil perhitungan jumlah udara pembakaran terlebih dahulu mengetahui kandungan C dan H yang mengikat oksigen dalam proses pembakaran.

- Karbon (C) akan terbakar sempurna menjadi CO₂



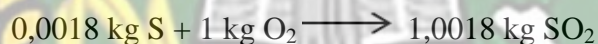
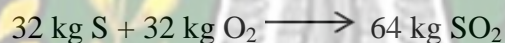
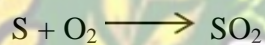
Untuk hasil dari 0,0399 kg C yaitu hasil perhitungan komposisi kimia Carbon bahan bakar \times berat bahan bakar.

- Hidrogen (H) Terbakar menjadi H₂O (1,54%)



Untuk hasil dari 0,0464 kg H₂ yaitu hasil perhitungan komposisi kimia Hidrogen bahan bakar \times berat bahan bakar.

- Belerang (S) terbakar dengan persamaan (0,06 %)



Untuk hasil dari 0,0018 kg S yaitu hasil perhitungan komposisi kimia Belerang bahan bakar \times berat bahan bakar.

Dari perhitungan diatas maka dapat dijumlahkan kebutuhan oksigennya. Selanjutnya menghitung oksigen stokiometri dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{SA} &= \text{Kebutuhan oksigen C} + \text{Kebutuhan oksigen H} + \text{Kebutuhan oksigen S} - \text{Kandungan O dalam bahan bakar} \\
 &= 2,71 \text{ kg CO}_2 + 8,07 \text{ kg H}_2\text{O} + 1,0018 \text{ kg H}_2\text{O} - 33,64\% \\
 &= 11,78
 \end{aligned}$$

Berdasarkan massa dalam udara , umumnya kadar oksigen terkandung antara 21%, nitrogen 78 %, Maka dari perbandingan udara dan bahan bakar didapat kebutuhan udara sebesar :

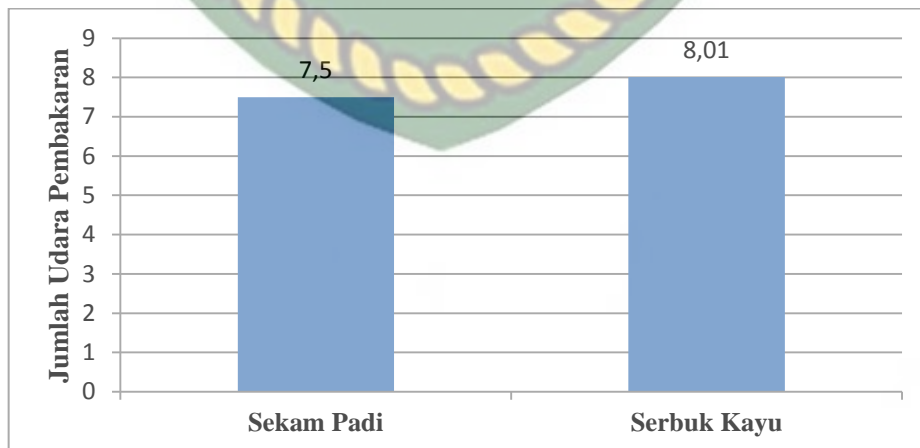
$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{O_2 \text{ Udara}\%}{O_2 \text{ Diudara}\%} \% \times \text{kebutuhan oksigen total} \\
 &= 21 \% : 33 \% \times 11,78 = 7.5
 \end{aligned}$$

Dari data hasil perhitungan jumlah udara pembakaran menggunakan variasi bahan bakar biomassa yang berbeda yaitu sekam padi dan serbuk kayu dapat dilihat pada tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan jumlah udara pembakaran

| Bahan Bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|--------|
| Sekam Padi | 75 | - |
| Serbuk Kayu | 8,01 | - |

Dari tabel 4.2 jumlah udara pembakaran gasifikasi dengan menggunakan variasi bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu dapat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik jumlah udara pembakaran terhadap bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu

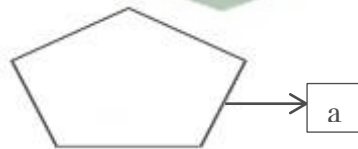
Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa pengujian menggunakan variasi bahan yang berbeda yaitu sekam padi dan serbuk kayu memiliki hasil nilai jumlah udara pembakaran yang berbeda, dengan hasil tertinggi yaitu 8,01 pada bahan bakar serbuk kayu terjadi karena besarnya kebutuhan udara stoikiometri yaitu dengan nilai 12,6 dan pada proses pembakaran bahan didalam reaktor serbuk kayu terbakar sempurna dengan menghasilkan arang yaitu 250 gr. sedangkan untuk sekam padi udara stioikiometri 11,78 dengan menghasilkan arang 650 gr.

3. *Specific gasification rate (SGR)*

Laju gasifikasi spesifik menunjukkan jumlah rata-rata bahan bakar yang digasifikasi dalam gasifier menggunakan bahan bakar sekam padi dan untuk mendapatkan perhitungan laju gasifikasi spesifik (SGR) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{SGR} &= \frac{\text{Berat biomassa} - \text{berat arang}}{\text{luas} \times \text{waktu}} \\
 &= \frac{3 \text{ kg} - 0,65 \text{ kg}}{0,20 \text{ m}^2 \times 0,75 \text{ jam}} = 15,6 \text{ kg/m}^2.\text{jam}
 \end{aligned}$$

Dibawah ini adalah perhitungan untuk mencari luas persegi 5 :



Gambar 4.2 Persegi 5

(Silmi urul utami.2022)

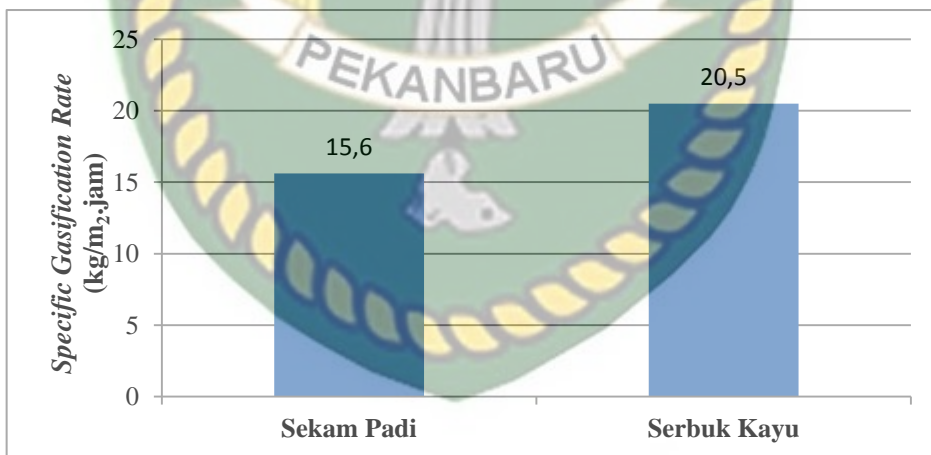
$$\begin{aligned}
 L &= \frac{1}{4} \sqrt{5} (5 + 2 \sqrt{5}) a^2 \\
 &= \frac{1}{4} \sqrt{5} (5 + 2 \sqrt{5}) 20^2 \text{ cm} \\
 &= 0,20 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dari data hasil perhitungan *specific gasification rate* (SGR) dengan bahan bakar yang bervariasi maka dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil *specific gasification rate*

| Bahan Bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|------------------------|
| Sekam Padi | 15,6 | kg/m ³ .jam |
| Serbuk Kayu | 20,5 | kg/m ³ .jam |

Dari tabel 4.3 *Specific gasification rate* dengan variasi bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu dapat ditampilkan dalam grafik pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik *specific gasification rate*

Dari gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa *specific gasification rate* lebih besar pada bahan bakar menggunakan serbuk kayu dengan hasil 20,5 kg/m².jam karena pada proses gasifikasi bahan bakar terbakar keseluruhan

dengan menghasilkan jumlah arang yang lebih sedikit yaitu 0,25 kg dengan waktu oprasional 45 menit dan dengan hasil yang rendah pada bahan bakar sekam padi yaitu 15,6 kg/m².jam

4. *Fuel conversion rate* (FCR)

Pada pengujian ini menggunakan bahan bakar biomassa sekam padi pada proses gasifikasi. *Fuel coversion rate* yaitu proses bahan bakar dikonversikan.

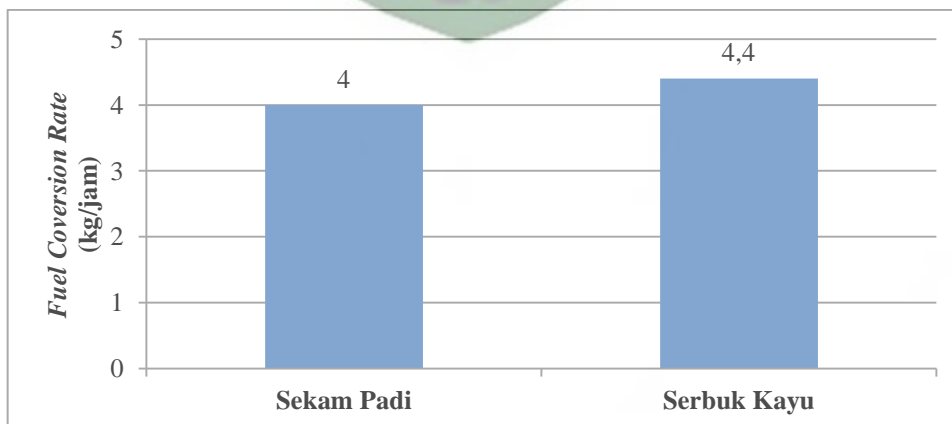
$$FCR = \frac{\text{Berat bahan bakar}}{\text{waktu oprasional}} = \frac{3 \text{ kg}}{0,75 \text{ jam}} = 4 \text{ kg/jam}$$

Dari data hasil perhitungan *fuel conversion rate* (FCR) dengan menggunakan bahan bahan yang bervariasi maka dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil *Fuel Conversion Rate*

| Bahan Bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|--------|
| Sekam Padi | 4 | kg/jam |
| Serbuk Kayu | 4,4 | kg/jam |

Dari tabel 4.4 yaitu hasil perhitungan *fuel conversion rate* dengan bahan bakar bervariasi dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Fuel conversion rate*

Dari gambar 4.4 *fuel conversion rate* dapat dilihat bahwa, pada pengujian gasifikasi dengan bahan bakar yang bervariasi yaitu sekam padi dan serbuk kayu dapat disimpulkan bahwa bahan bakar serbuk kayu pada proses pembakaran didalam reaktor yang lebih kecil menghasilkan arang (250 g) dan pada proses gasifikasi dengan waktu oprasional yaitu 40 menit karena pada proses *start up* gasifikasi menggunakan serbuk kayu bahan bakar lebih mudah terbakar didalam reaktor, sedangkan pada proses gasifikasi menggunakan bahan bakar sekam padi proses *start up* cukup lama sehingga waktu oprasional nya 45 menit.

5. Char

Char menunjukkan perbandingan banyaknya arang yang dihasilkan pada proses gasifikasi dengan menggunakan bahan bakar sekam padi.

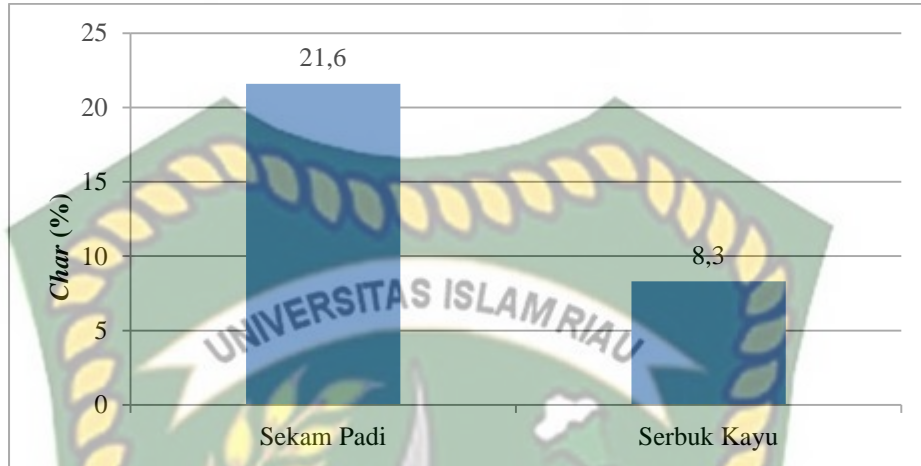
$$\begin{aligned}
 \text{Char} &= \frac{\text{arang}}{\text{berat biomassa}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,65 \text{ kg}}{3 \text{ kg}} \times 100\% = 21,6 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *char* dengan bahan bakar sekam padi dapat juga untuk menghitung *char* dengan bahan bakar serbuk kayu. Dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil perhitungan char

| Bahan Bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|--------|
| Sekam Padi | 21,6 | % |
| Serbuk Kayu | 8,3 | % |

Dari tabel 4.5 char pada bahan bakar yang bervariasi yaitu sekam padi dan serbuk kayu dapat ditampilkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Char dengan variasi bahan bakar

Dari gambar 4.5 diatas dapat disimpulkan bahwa bahan bakar yang menghasilkan char tertinggi yaitu pada bahan bakar sekam padi dengan hasil pengujian 21,6% karena sekam padi tidak seluruhnya terbakar dan bahan bakar serbuk kayu menghasilkan char yaitu 8,3 % hal terjadi karena pada proses pembakaran bahan bakar didalam reaktor bahan bakar terbakar sempurna atau keseluruhan.

6. Air Fuel Ratio

Air fuel ratio yaitu tingkat aliran udara yang masuk kedalam reaktor dengan bahan bakar pada saat proses gasifikasi.

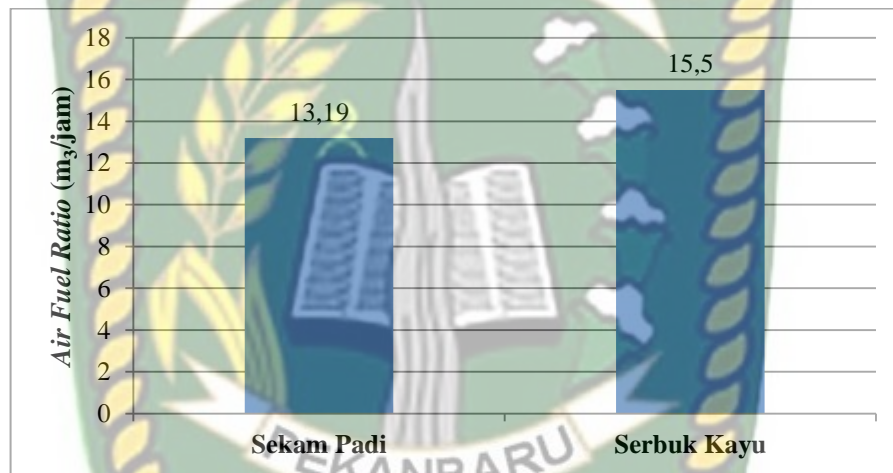
$$AFR = \frac{\varepsilon \mu \times FCR \times SA}{\rho_a} = \frac{0,35 \times 4 \frac{kg}{jam} \times 11,78}{1,25 kg/m^3} = 13,19 m^3/jam$$

Dari cara perhitungan yang sama maka *air fuel ratio* dengan bahan bahan bakar yang bervariasi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Air fuel ratio

| Bahan Bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|--------|
| Sekam Padi | 13,19 | - |
| Serbuk Kayu | 15,5 | - |

Dari tabel 4.6 perbandingan bahan bakar dengan udara tiap jam yang menggunakan variasi bahan bakar yaitu sekam padi dan serbuk kayu pada proses gasifikasi dapat ditampilkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik air fuel ratio

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pada pengujian bahan bakar yang bervariasi yaitu sekam padi dan serbuk kayu dapat disimpulkan bahwa *air fuel ratio* lebih tinggi yaitu pada bahan bakar serbuk kayu dengan hasil 15,5 m³/jam karena nilai dari *fuel conversion rate* lebih besar yaitu 4,4 kg/jam dan dengan nilai udara stokiometri tinggi 12,6 sedangkan pada sekam padi *fuel conversion rate* hanya 4 kg/jam dengan udara stokiometrinya 11,78.

7. *Oxygen Fuel Ratio* (OFR)

Udara bebas memiliki 78% nitrogen, 21% oksigen dan 1% uap air. Berdasarkan data diatas maka dapat menyimpulkan yaitu :

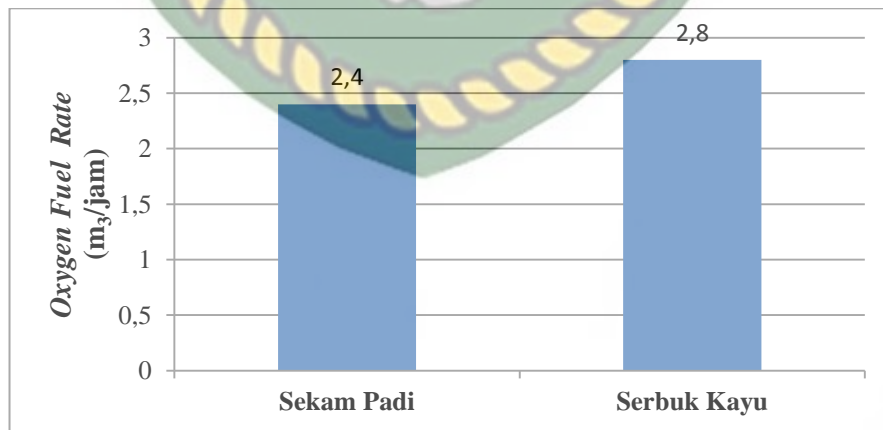
$$\begin{aligned}
 \text{OFR} &= \frac{\epsilon_o \times \text{FCR} \times \text{SA}}{\rho_o} \\
 &= \frac{0,0735 \times 4 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 11,78}{1,43 \text{ kg/m}^3} = 2,4 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *oxygen fuel ratio* dengan bahan bakar yang bervariasi yaitu sekam padi dan serbuk kayu dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 *Oxygen fuel ratio* dengan bahan bakar bervariasi

| Bahan Bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|---------------------|
| Sekam Padi | 2,4 | m ³ /jam |
| Serbuk Kayu | 2,8 | m ³ /jam |

Dari tabel 4.7 *oxygen fuel ratio* tiap jam dengan variasi bahan bakar yang berbeda dapat ditampilkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Oxygen fuel ratio* dengan bahan bakar yang variasi

Dari gambar 4.7 dapat disimpulkan bahwa *oxygen fuel ratio* setiap jam dengan bahan bakar bervariasi sekam padi dan serbuk kayu dengan nilai tertinggi yaitu pada bahan bakar serbuk kayu dengan nilai $2,8 \text{ m}^3/\text{jam}$ terjadi karena besarnya nilai *fuel conversion rate* dan udara strikiometri mempengaruhi pada proses pembakaran didalam reaktor gasifikasi. Sedangkan untuk nilai terendah pada sekam padi dengan menghasilkan perbandingan udara dan bahan bakar yaitu $2,4 \text{ m}^3/\text{jam}$ hal ini terjadi karena pada proses pebakaran bahan bakar tidak terbakar seluruhnya sehingga nilai dari *fuel conversion rate* rendah.

8. Waktu konsumsi bahan bakar (t)

Waku konsumsi bahan bakar mengacu pada total waktu yang dibutuhkan pada proses gasifikasi yang mengubah bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu menjadi gas didalam reaktor.

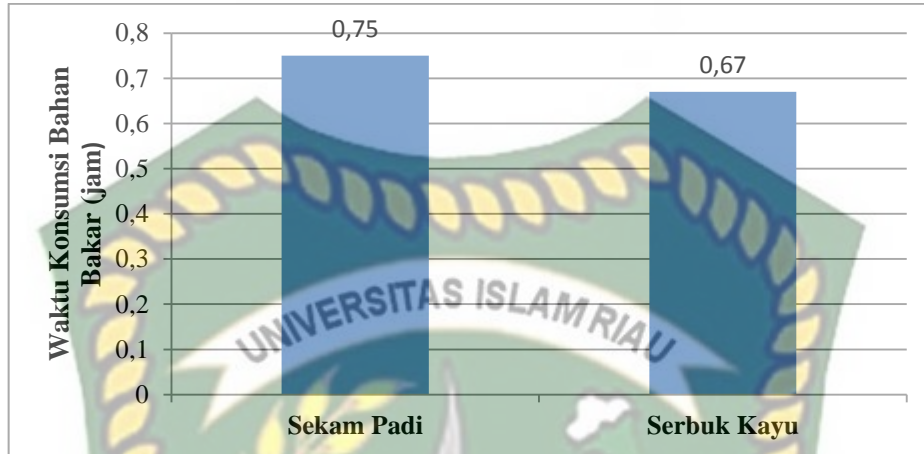
- Sekam padi pada proses gasifikasi menggunakan bahan bakar dengan berat 3 kg dengan waktu 45 menit. jadi, tiap jam nya dengan bahan bakar sekam padi membutuhkan waktu konsumsi bahan bakar yaitu 0,75 jam.

Dari hasil perhitungan waktu konsumsi bahan bakar dengan variasi bahan bakar dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Waktu konsumsi bahan bakar dengan variasi bahan bakar

| Bahan Bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|--------|
| Sekam Padi | 0,75 | Jam |
| Serbuk Kayu | 0,67 | Jam |

Dari tabel 4.8 konsumsi bahan bakar tiap jam dengan variasi bahan bakar dapat ditampilkan pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Waktu konsumsi bahan bakar dengan variasi bahan bakar

Dari gambar 4.8 waktu konsumsi bahan bakar tiap jam nya dapat disimpulkan bahwa sekam padi memiliki nilai yang tinggi yaitu 0,75 jam hal ini terjadi karena sekam padi memiliki massa yang ringan. Pada proses gasifikasi bahan bakar sekam padi lebih lama terbakar di dalam reaktor karena tidak ada ruang kosong didalam reaktor. Hasil dari serbuk kayu yaitu dengan 0,67 jam. hal ini terjadi karena massa serbuk kayu lebih berat dari sekam padi sehingga pada proses gasifikasi serbuk kayu lebih mudah terbakar didalam ruang reaktor karena terdapat ruang kosong yang banyak didalam reaktor.

9. Kecepatan udara

Kecepatan udara pada blower untuk proses gasifikasi dengan pembukanan katup 40 % yang didapat pada hasil pengujian yaitu 3,11 m/s dengan variasi bahan bakar yaitu sekam padi dan serbuk kayu.

10. Biaya Listrik Pada Blower

Pada data hasil pengujian gasifikasi dengan bahan bakar biomassa didapatkan yaitu :

- Sekam padi dengan berat bahan bakar yaitu 3 kg dengan waktu oprasional 45 menit maka biaya listrik pada blower yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya blower kWh} &= (140 \text{ watt} : 1000) \times 0,75 \text{ jam} \\
 &= 0,14 \text{ kWh} \times 0,75 \text{ jam} \\
 &= 0,105 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Jadi biaya listrik pada blower dengan menggunakan bahan bakar sekam padi yaitu $0,105 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.352,00 = \text{Rp } 141,96$

Dari perhitungan biaya listrik pada blower pada gasifikasi dengan menggunakan variasi bahan bakar dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Biaya listrik pada blwer

| Bahan bakar | Hasil |
|-------------|-------------|
| Sekam padi | Rp. 141, 96 |
| Serbuk kayu | Rp. 126,81 |

11. Kandungan Gas Hasil Gasifikasi

Pada proses pengujian gasifikasi tipe *downdraft gasifier* ini menggunakan variasi bahan bakar yaitu sekam padi dan serbuk kayu. Pada proses gasifikasi maka didapatkan syngas yang diukur dengan gas analyers. Dari data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil pengujian syngas

| Nama | Bahan Bakar | | Satuan |
|-----------------|-------------|-------------|--------|
| | Sekam Padi | Serbuk Kayu | |
| CO | 13,32 | 14,413 | % |
| CH ₄ | 1,52 | 2,185 | % |
| N ₂ | 37,09 | 38,02 | % |
| H ₂ | 4,68 | 7,359 | % |

4.2.1 Efisiensi Gasifikasi

Sebelum menghitung efisiensi gasifikasi dengan variasi bahan bakar terlebih dahulu harus mengetahui kandungan dari hasil gas gasifikasi yaitu : CO, H₂, CH₄, N₂. Ada pun perhitungan efisiensi gasifikasi sebagai berikut :

1. Mencari N₂ yang disuplai dari udara yang mana mengandung sekitar 78%.

$$\begin{aligned} \text{Sumplai N}_2 \text{ Udara} &= 0,769 \times SA \\ &= 0,769 \times 11,78 \\ &= 9,05 \end{aligned}$$

2. Menacari total nitrogen (N) yang diproduksi udara dan bahan bakar

$$\begin{aligned} \text{Total N} &= \frac{\text{Komposisi N dalam bahan bakar} + \text{N}_2 \text{ udara}}{\text{berat molekul N}_2} \\ &= \frac{0,0051 + 0,7685}{14,0076} = 0,054 = 5,46 \% \end{aligned}$$

3. Mencari gas nitrogen yang diproduksi

$$\begin{aligned} \text{Produksi N} &= \frac{\text{Nilai total N}}{\text{Kandungan N dari gas hasil gasifikasi}} \\ &= \frac{0,0561}{0,3709} \\ &= 15,1 \% \end{aligned}$$

4. Mencari total energi dari gas mampu bakar/syngas (CO, H₂, dan CH₄)

$$\begin{aligned}\text{Energi syngas} &= \text{energi syngas CO} + \text{energi syngas H}_2 + \text{Energi syngas CH}_4 \\ &= 13,32\% + 4,68\% + 1,52\% \\ &= 19,52\%\end{aligned}$$

5. Efisiensi gas hasil gasifikasi

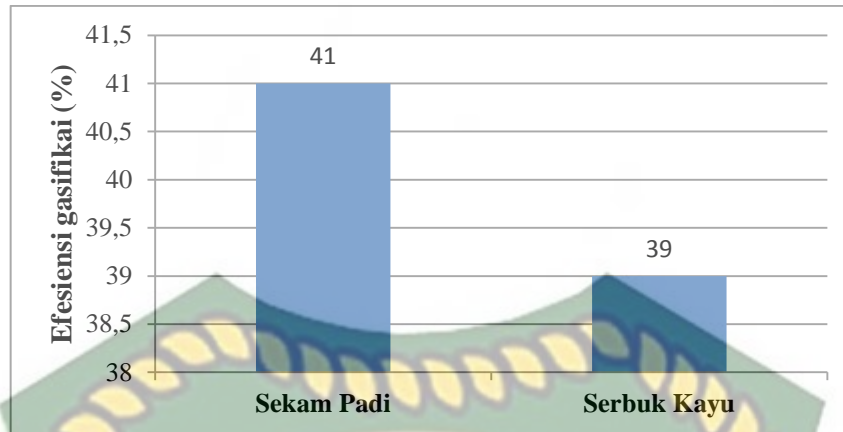
$$\begin{aligned}n_g &= \frac{\text{energi syngas}}{\text{energi input}} \times 100\% \\ &= \frac{0,1952}{0,4752} \times 100\% \\ &= 41\%\end{aligned}$$

Dari data hasil perhitungan efisiensi gasifikasi dengan variasi bahan bakar yaitu sekam padi dan serbuk kayu dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil perhitungan efisiensi gasifikasi bahan bakar bervariasi

| Bahan bakar | Hasil | Satuan |
|-------------|-------|--------|
| Sekam Padi | 41 | % |
| Serbuk Kayu | 39 | % |

Dari tabel 4.11 yaitu efisiensi gasifikasi dengan menggunakan variasi bahan bakar yaitu sekam padi dan serbuk kayu dapat ditampilkan dalam bentuk grafik 4.9.



Gambar 4.9 Grafik efisiensi gasifikasi dengan variasi bahan bakar

Dari gambar 4.9 efisiensi gasifikasi dengan menggunakan variasi bahan bakar nilai efisiensi gasifikasi tertinggi yaitu sekam padi dengan persentase 41% karena pada proses gasifikasi sekam padi lebih lama waktu operasional dengan waktu 45 % dengan nyala api yang berwarna biru dengan nyala api yang membesar tidak mati-mati dan nilai efisiensi gasifikasi terendah yaitu serbuk kayu dengan persentase 39% karena dilihat dari kandungan syngas lebih rendah dari sekam padi, untuk waktu operasional yaitu 40 menit dengan nyala api yang tidak efektif. Dimana semakin besar efisiensi gasifikasi berarti semakin baik energi thermal yang akan disalurkan untuk alat pengering ikan.

4.2.2 Emisi Gas Buang

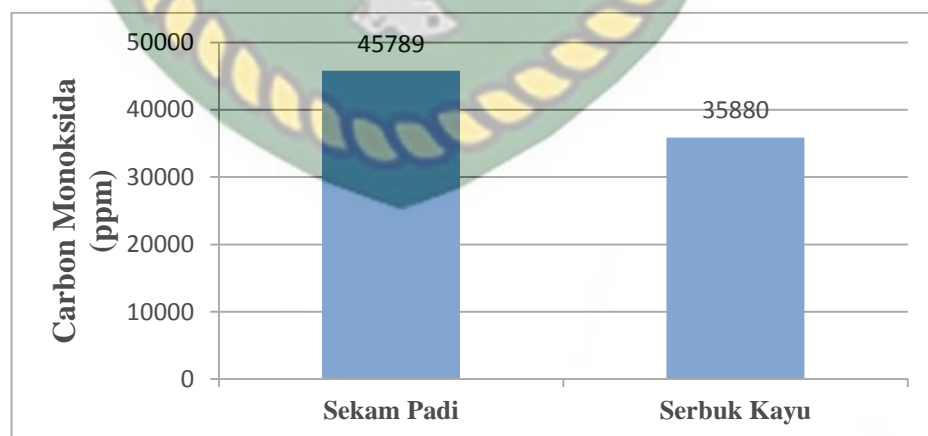
Emisi gas buang merupakan polutan yang berasal dari proses pembakaran pada tungku dengan dengan kandungan polutan yaitu CO_2 , CO , SO_2 , NO , NO_x . Pada pengujian alat gasifikasi dengan menggunakan variasi bahan bakar yaitu sekam padi dan serbuk kayu. gasifikasi ini digunakan sebagai energi thermal untuk alat pengering ikan dan didapatkan presentasi polutan/asap pada cerobong *exhaust* alat pengering dapat dilihat pada tabel 4.12 yaitu :

Tabel 4.12. Data pengeujian ke 2 emisi gas buang yang keluar dari *exhaust*

| Nama | Bahan Bakar | | Satuan |
|-----------------|-------------|-------------|--------|
| | Sekam Padi | Serbuk Kayu | |
| CO | 45789 | 35880 | Ppm |
| CO ₂ | 10,2 | 5,4 | % |
| SO ₂ | 757 | 270 | Ppm |
| NO | 290 | 98 | Ppm |
| NO _x | 305 | 103 | Ppm |

Dari data hasil pengeujian menggunakan gas analyers dengan menggunakan bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu yaitu terdapat 3 kali pengeujian dapat dilihat pada lampiran . Pada tabel 4.12 yaitu kandungan emisi gas buang dari pipa *exhaust* dapat ditampilkan sebagai berikut :

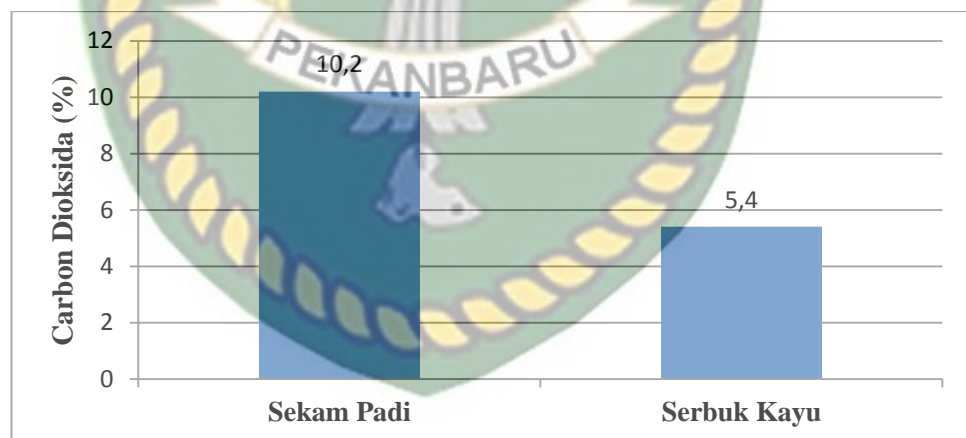
- a. Carbon Monoksida (CO) adalah Gas yang dihasilkan oleh perbandingan antara bahan bakar dengan udara yang tidak seimbang. CO dari data hasil pengeujian dengan bahan bakar yang bervariasi dapat di tampilkan dalam bentuk gambar 4.10



Gambar 4.10 Grafik carbon monoksida dengan variasi bahan bakar

Menurut kementerian lingkungan hidup dari kehutanan (KLHK) memberikan informasi nilai mutu udara yang tepat dan akurat kepada masyarakat dalam upaya pengendalian pencemaran udara, untuk itu nilai dari CO yang sudah ditetapkan oleh kementerian lingkungan hidup yaitu $4500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oleh karena itu pada proses gasifikasi yang digunakan untuk energi thermal alat pengering ikan pada cerobong exhaust memiliki nilai untuk sekam padi yaitu 45789 ppm dan serbuk kayu 35880 ppm, jadi untuk CO bagi masyarakat berbahaya.

- b. *Carbon Dioksida* (CO_2) merupakan gas yang tidak berwarna maupun berbau yang didapatkan dari pembakaran bahan bakar dan oksigen. CO_2 dari data hasil pengujian dengan bahan bakar yang bervariasi dapat di tampilkan dalam bentuk gambar 4.11

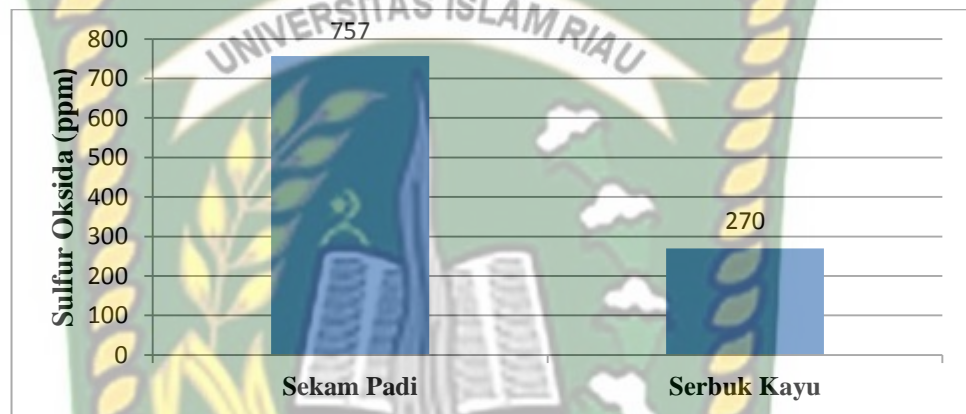


Gambar 4.11 *Carbon dioksida* dengan variasi bahan bakar

Dari gambar 4.11 diatas dapat disimpulkan bahwa pada gasifikasi digunakan untuk alat pengering ikan sebagai energi thermal guna memanaskan alat penukar kalor. CO_2 yang terkandung pada emisi gas

buang karena adanya pembakaran alat penukar kalor dapat menghasilkan CO_2 yaitu pada sekam padi 10,2 % dan pada serbuk kayu 5,4 %.

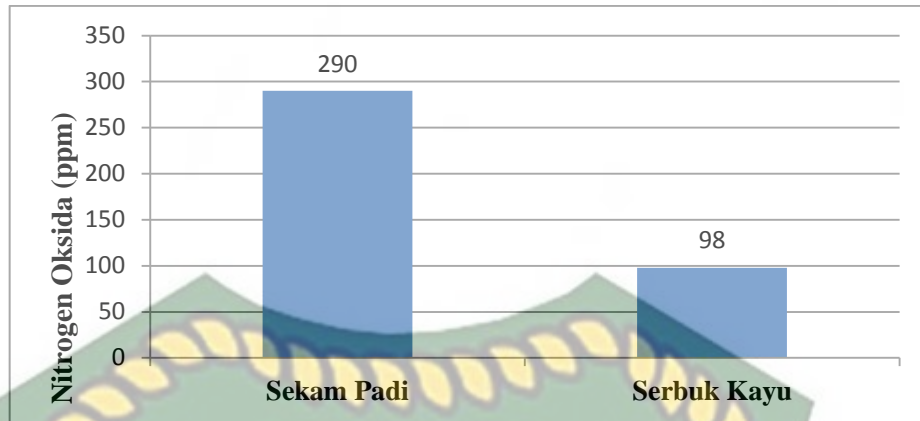
- c. Sulfur Oksida (SO_2) yaitu terjadi reaksi pembakaran S akan bereaksi dengan H dan O untuk membentuk senyawa sulfur dan sulfur oksida. SO_2 dari data hasil pengujian dengan bahan bakar yang bervariasi dapat ditampilkan dalam bentuk gambar 4.12



Gambar 4.12 Grafik sulfur oksida dari variasi bahan bakar

Dari gambar 4.11 dapat disimpulkan bahwa kandungan emisi gas buang pada SO_2 yang paling tinggi yaitu sekam padi dengan hasil 757 ppm, sedangkan serbuk kayu dengan hasil 270 ppm, menurut kementerian lingkungan hidup pencemaran udara pada SO_2 yaitu dengan nilai 1200 mg/m^3 , jadi pada alat gasifikasi yang digunakan untuk alat pengering ikan ini mencemari lingkungan masih dapat ditoleransi.

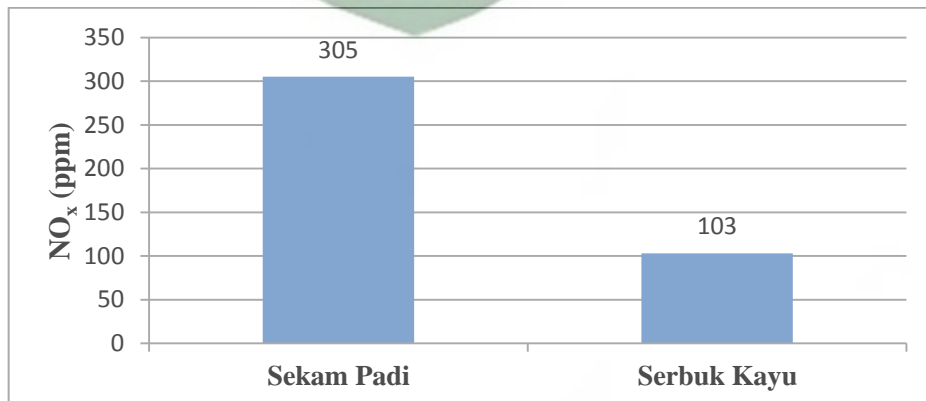
- d. Nitrogen Oksida (NO) yaitu gas ini terbentuk karena adanya pembakaran didalam reaktor yang tinggi sehingga nitrogen bereaksi dengan oksigen. SO_2 dari data hasil pengujian dengan bahan bakar yang bervariasi dapat ditampilkan dalam bentuk grafik 4.14.



Gambar 4.13 Nitrogen oksida dengan variasi bahan bakar

Pada gambar 4.13 yaitu nitrogen dioksida dapat disimpulkan bahwa kandungan nitrogen dioksida pada emisi gas buang alat pengering ikan ini dengan nilai tertinggi yaitu pada sekam padi karena terjadinya pembakaran panas yang tinggi didalam reaktor gasifikasi yaitu dengan temperatur reaktor 187,4 °C sedangkan serbuk kayu dengan temperatur reaktor 149,1 °C.

- e. NO_x adalah gas yang dihasilkan dari reaksi nitrogen dan oksigen diudara saat terjadinya pembakaran direaktor dalam temperatur yang tinggi. NO_x dari data hasil pengujian dengan bahan bakar yang bervariasi dapat di tampilkan dalam bentuk gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik NO_x pada variasi bahan bakar bervariasi.

Dari gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa nilai NO_x tertinggi yaitu pada sekam padi 305 ppm karena dari bentuk asap yang berwarna kuning pekat, sedangkan pada serbuk kayu yaitu dengan nilai 103 ppm hal ini NO_x pada bahan bakar ini berbahaya bagi manusia.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan :

1. Alat gasifikasi ini menggunakan variasi bahan bakar biomassa yaitu sekam padi dan serbuk kayu.
2. Energi thermal yang baik digunakan untuk alat pengering yaitu berbahan bakar sekam padi dengan proses gasifikasi dilihat dari waktu oprasional, bentuk nyala api, dan parameter parameter unjuk kerja.
3. Data pengujian sekam padi dan serbuk kayu yang memiliki emisi gas buang terendah yaitu serbuk kayu dilihat dari dari parameter (CO_2 , CO , SO_2 , NO , NO_x) hasil pengujian emisi gas buang dengan menggunakan gas analyers.

5.2. Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian ini :

1. Diperlukan perbaikan alat gasifikasi supaya bahan bakar bisa ditambah agar lebih lama waktu oprasional dan lebih efektif.
2. Diperlukan isolator untuk alat gasifikasi karena reaktor gasifikasi bertemperatur tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinal, h., Gusri ,A., & Suryadiwansa,h. (2014). Implementasi Sistem Gasifikasi untuk Pengeringan Biji Kopi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.
- Yusak, M., Sumartini, D. (2016). Pembuatan alat pengering ikan Ramah lingkungan dengan menggunakan panel surya, Dosen Teknik Komputer dan Jaringan, Politeknik Negeri Kupang.
- Hafid Alwan. (2019). Model gasifikasi biomassa menggunakan pendekatan kesetimbangan termodinamika stoikiometris dalam memprediksi gas produser. Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Lukas,K,M., Luther, P., Budiman, S. (2019). Kompor gasifikasi biomassa untuk pengeringan gabah. Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo.
- Yovita,R,A., Yuni,K., dan Annisa,W, U. (2009). Gasifikasi limbah kulit biji kopi dalam reaktor fixed Bed dengan sistem *inverted downdraft gasifier*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Muammar, Z., Miftakhul,F., Dina,M., Muhamad,A. (2017). Analisis Efisiensi Gasifikasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) Tongkol Jagung Kapasitas 500 KW di Kabupaten Gorontalo. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ichsan Gorontalo. Jurnal Sains, Teknologi dan Industri.

Bambang,P., Mahmuddin,A,N., Sri,M., (2011). Kinerja gasifikasi limbah padat tebu (*Saccharum officinarum* L.) menggunakan gasifier unggun tetap tipe downdraf. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

Youce, M, B., Jenki, P.,Hens, O. (2013). Kontruksi dan kapasitas alat pengering ikan tenaga surya sistem bongkar pasang. Fakultas perikanan dan ilmu kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara. Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan.

Elieser. I., Hens, O., Jenki, P., (2015). Studi Pengeringan Ikan Layang (*Decapterus Sp*) Asin Dengan Penggunaan Alat Pengering Surya. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan FPIK Unsrat Manado.

Annisa, S., Dade, J., Ade, D, S., (2016). Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Patin (*Pangasius Sp.*) Di Sistem Resirkulasi Dengan Padat Tebar Berbeda. Fakultas Pertanian UNSRI. Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia.

Subroto. (2017). Kinerja Tungku Gasifikasi *Downdraft Continue* Bahan Bakar Sekam Padi. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dewita., Syahrul., Isnaini. (2011). Pemanfaatan Konsentrat protein ikan patin (*Pangasius Hypophthalmus*) untuk pembuatan biskuit dan snack. Jurusan Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.