

**PRODUKSI *SYNTHETIC GAS* DARI
PROSES GASIFIKASI LIMBAH BIOMASSA PABRIK GULA
SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF**

**SYAMSU RIZAL
94217007**



TESIS

Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik Kimia pada
Universitas Muhammadiyah Palembang
Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
Dipertahankan pada tanggal 29 Juli 2019 di Universitas Muhammadiyah Palembang

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

2019

**PRODUKSI SYNTHETIC GAS DARI
PROSES GASIFIKASI LIMBAH BIOMASSA PABRIK GULA
SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF**

**SYAMSU RIZAL
94217007**



TESIS

**Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik Kimia pada
Universitas Muhammadiyah Palembang
Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
Dipertahankan pada tanggal 29 Juli 2019 di Universitas Muhammadiyah Palembang**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

2019

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

USULAN JUDUL TESIS

NAMA	SYAMSU RIZAL
NIM	94217007
TAHUN AKADEMIK DAN	2017-2018/KE-1
ANGKATAN	
PROGRAM STUDI/ KONSENTRASI	TEKNIK KIMIA/TEKNOLOGI PROSES KIMIA
JUDUL	PRODUKSI <i>SYNTHETIC</i> GAS DARI PROSES GASIFIKASI LIMBAH BIOMASSA PABRIK GULA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF



Palembang, 23 Februari 2019

Yang Bersangkutan,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Syamsu Rizal".

Syamsu Rizal

Catatan :

Ketika menyerahkan harus di lampiri :

1. Copy BPP lunas semester I (atau sesuai dengan yang telah diikuti sampai dengan semester berjalan)
2. Copy bukti setor bimbingan tesis
3. Pas foto ukuran 3 x 4 sebanyak 1 lembar

Surat Permohonan Ujian Tesis

Perihal : **Ujian Tesis**
Lamp : 1 (satu) berkas

Palembang, 29 Juli 2019

Kepada Yth.
Ketua Prodi Ilmu Teknik Kimia PPs. UMP

Assalamu'alaikum Wr. Wb.
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

N a m a	Syamsu Rizal
NIM	94217007
Tempat & Tgl. Lahir	Sekayu-Muba, 16 September 1976
Program Studi/Konsentrasi	Ilmu Teknik Kimia/Teknologi Proses Kimia
Alamat	Jln. Padang Selasa, Lr. Wukir Sari, No.776, RT.025 RW.009, Bukit Lama, Ilir Barat I Palembang
No.Telp/Hp yang mudah dihubungi	0812-736-0232

Dengan ini mengajukan permohonan Ujian Tesis.

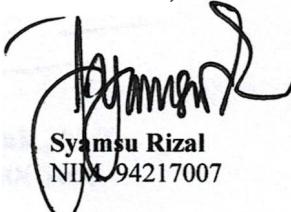
Sebagai bahan pertimbangan saya lampirkan

1. Surat Keterangan Lunas BPP s/d Semester terakhir dari Pascasarjana UMP
2. 6 (enam) eksemplar tesis yang telah ditandatangani oleh pembimbing dan KaProdi.
3. Buku aktivitas bimbingan penulisan tesis (Asli).
4. Abstrak dalam bahasa inggris sudah divalidasi oleh Lembaga Bahasa Inggris
5. Bukti lunas pembayaran sumbangan perpustakaan, sumbangan alumni dan biaya yudisium.
6. Kartu Hasil Studi (KHS) semester 1 s/d 3 atau Transkrip Nilai yang telah di sahkan oleh Bagian Akademik sebanyak 2 lembar.
7. Foto Copy Ijazah terakhir sebanyak 1 lembar / dilegalisir
8. Copy Sertifikat Toefl sebanyak 1 lembar di legalisir
9. Map plastik warna sesuaikan prodi masing-masing

Demikian, atas perkenan Bapak/Ibu diucapkan terima kasih.

Nashrun Min Allah Wa fathun Qorieb
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Pemohon
Mahasiswa,

Syamsu Rizal
NIM. 94217007

PENGESAHAN TESIS

PRODUKSI SYNTHETIC GAS DARI PROSES GASIFIKASI LIMBAH BIOMASSA PABRIK GULA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF

TESIS

NAMA : SYAMSU RIZAL

NIM : 94217007

**Disetujui untuk disampaikan kepada Panitia Penguji
Pada Tanggal 29 Juli 2019**

Pembimbing 1,

Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA
NIDN : 0014055803

Pembimbing 2,

Ir. Erna Yuliwati., M.T., Ph.D
NIDN. 0228076701

Mengetahui,



Dr. Ir. Elfidiah., M.T
NIDN // 0202066401

PENGESAHAN PANITIA SIDANG

Judul Tesis : Produksi Synthetic Gas Dari Proses Gasifikasi Limbah Biomassa Pabrik Gula Sebagai Energi Alternatif
Nama : Syamsu Rizal
NIM : 94217007
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Konsentrasi : Teknologi Proses Kimia

Telah diseminarkan pada tingkat Program Studi Magister Teknik Kimia tanggal **29 Juli 2019** dan dinyatakan **LULUS**, sehingga telah memenuhi persyaratan Kurikulum Program Studi Magister Teknik Kimia Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang.

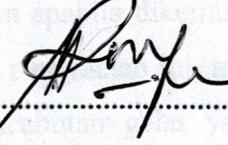
Pembimbing 1,
Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA
NIDN : 0014055803

(.....)

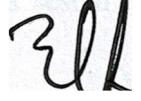

Pembimbing 2,
Ir. Erna Yuliwati., M.T., Ph.D
NIDN : 0228076701

(.....)


Pengaji 1,
Dr. Ir. Kgs. A. Roni, M.T
NIDN : 0227077004

(.....)


Pengaji 2,
Dr. Ir. Elfidiah., M.T
NIDN : 0202066401

(.....)


Pengaji 3,
Dr. Mardwita ST, MT
NIDN : 0023038208

(.....)


PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Syamsu Rizal

NIM : 94217007

Program Studi : Magister Teknik Kimia

Konsentrasi : Teknologi Proses Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Teknik baik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, Juli 2019
Yang membuat pernyataan,



KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrahim
Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Alhamdulillah Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penyusunan dan penulisan tesis dengan judul **“PRODUKSI SYNTHETIC GAS DARI PROSES GASIFIKASI LIMBAH BOIMASSA PABRIK GULA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF”** dapat diselesaikan sesuai dengan harapan. Dalam penyelesaian tesis ini tidaklah semudah pembalikan telapak tangan. Banyak kendala dan kesulitan yang bersifat teknis serta kendala akademis yang ditemukan. Dengan kenyataan tersebut disadari bahwa tesis ini belum sempurna dan butuh perbaikan secara akademis terutama pada pendalaman observasi yang perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, dari pengorbanan dan jerih payah dalam penyelesaian tesis ini maka besar harapan agar tesis ini dapat bermanfaat untuk siapa saja, walaupun masih ada banyak kekurangan dan kelemahan yang ada pada tesis ini. Tentunya penyusunan dan penulisan tesis tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak, baik dalam bentuk material, moril, maupun tenaga serta arahan, bimbingan, dan dorongan semangat yang diberikan selama proses penyelesaian tesis ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. **Dr. Ir. H. Muhammad Faizal., DEA** dan **Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D**, sebagai dosen pembimbing yang menjadi insipirasi serta telah banyak berperan dalam pengorbanan waktu, tenaga, juga fikirannya dalam pengarahan, pembimbingan, dan pemberian dorongan semangat sampai tesis ini terwujud.
2. **Dr. Ir. Elfidiah., M.T** sebagai Ketua Program Studi Fakultas Teknik Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah berperan dalam pemberian ilmu pengetahuan melalui perkuliahan dan seminar, baik pemberian materi, metode, motivasi, inspirasi dan kritikan yang menjadi pondasi ilmu pengetahuan dalam penyelesaian tesis ini.
3. **Dr. Ir. Kgs. A. Roni, M.T., Dr. Ir. Elfidiah., M.T., Dr. Mardwita ST, MT.**, Sebagai dosen penguji tesis. Terima kasih untuk semua motivasi, saran dan pertanyaan yang telah diberika, sehingga penulis dapat menyempurnakan tulisan yang ada didalam tesis ini.
4. **Semua Dosen** Program Studi Fakultas Teknik Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih untuk ilmu, motivasi, inspirasi, kritikan, bimbingan, semangat yang luar biasa sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. **Keluarga besar M. Umar dan Sungeb.TS** yang setiap detik mendoakan dan mensupport dalam menyelesaikan pendidikan Program Studi Magister Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.

6. **Dan pihak-pihak lain** yang tidak bisa disebutkan semuanya karena keterbatasan halaman. Semoga peran serta semua pihak tersebut menjadi catatan amal baik di JannahNYA ALLAH SWT.

Untuk yang terakhir kalinya, penulis berdoa semoga amal kebaikan dari berbagai pihak tersebut mendapatkan pahala yang berlipat ganda dari Allah SWT. Serta semoga tesis ini menjadi manfaat bagi siapa saja yang membacanya. Aamiin Yaa Robbal Alamiin.

Palembang, Juli 2019

Penulis,

PRODUKSI SYNTHETIC GAS DARI PROSES GASIFIKASI LIMBAH BIOMASSA PABRIK GULA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF

Syamsu Rizal, Muhammad Faizal, Erna Yuliwati*

**Program Studi Teknik Kimia Program Magister
Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang**

***Correctponding author : deeyuliwati@gmail.com**

ABSTRAK

Pada saat ini di Indonesia terdapat kurang lebih 60 Pabrik Gula yang beroperasi, dimana kebanyakan terdapat di Pulau Jawa khususnya Jawa Timur. Semua pabrik gula tersebut berbahan baku dari tanaman tebu. Tebu sangat efisien dalam merubah energi surya menjadi energi kimia yang disebabkan karena struktur selulosanya. Setiap musim giling, pabrik gula mengeluarkan limbah yang berbentuk cairan, padat dan gas. Limbah padat meliputi ampas tebu, debu hasil pembakaran ampas di ketel, padatan bekas analisa laboratorium, blotong dan tetes. Limbah pabrik gula tersebut perlu ditangani dengan seksama dan serius agar tidak mencemari lingkungan. Selama ini ampas tebu langsung digunakan sebagai bahan bakar dan sisanya dibiarkan membusuk. Ampas tebu menjanjikan sebagai bahan bakar alternatif, tetapi memiliki beberapa kendala untuk digunakan sebagai bahan bakar yaitu konsumsi energi besar dalam pengumpulan, ketidak seragaman komposisi didalamnya dan nilai kalor rendah. Telah diuraikan di atas bahwa penelitian tentang limbah biomassa *bagasse* akan diperlukan dalam tesis ini. Khususnya modifikasi proses yang akan digunakan dalam penelitian ini, dimana bertujuan untuk meningkatkan konversi limbah biomassa menjadi energi alternatif, dalam hal ini berupa produk gas dengan menggunakan metode gasifikasi.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pemanfaatan ampas tebu menjadi syngas dalam proses gasifikasi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, semakin banyak udara yang ditambahkan maka semakin banyak reaktan yang bereaksi dengan karbon pada ampas tebu (*bagasse*) sehingga meningkatkan produk *Syngas* namun kandungan gas memiliki nitrogen (N_2) yang tinggi. Semakin tinggi temperatur gasifikasi maka akan meningkatkan gas hasil produksi. Penggunaan udara dalam jumlah yang besar akan meningkatkan komposisi gas CO_2 dan H_2O karena semakin mendekati pembakaran sempurna. Produksi *combustible gas* hasil gasifikasi dengan menggunakan katalis zeolit 200 gram dan penambahan air 20 mL/min pada temperatur 500°C. Dengan rasio *combustible* dan *noncombustible gas* sebesar 1,10. Dengan menggunakan katalis bentonit 200 gram dan penambahan air 20, 30 dan 40 mL/min, produksi *combustible syngas* cenderung meningkat. Tetapi rasio *combustible* dan *noncombustible gas* sebesar 0,14.

Kata kunci : Ampas tebu, Gasifikasi, Zeolit, Sintetik Gas.

***PRODUCTION OF SYNTHETIC GAS FROM
GASIFICATION PROCESS OF SUGAR FACTORY BIOMASS WASTE
AS ALTERNATIVE ENERGY***

*Syamsu Rizal, Muhammad Faizal, Erna Yuliwati **

*Chemical Engineering Study Program Master Program
Postgraduate University of Muhammadiyah Palembang*

** Correcting author: deeyuliwati@gmail.com*

ABSTRACT

At present in Indonesia there are approximately 60 sugar factories in operation, most of which are located on Java, especially East Java. All sugar mills are made from sugar cane. Sugarcane is very efficient in converting solar energy into chemical energy caused by the structure of cellulose. Every milling season, sugar mills emit liquid, solid and gas waste. Solid waste includes bagasse, dust from combustion of pulp in the kettle, solids from laboratory analysis, slices and drops. The sugar factory waste needs to be handled carefully and seriously so as not to pollute the environment. During this time the bagasse was directly used as fuel and the rest was left to rot. Sugarcane pulp is promising as an alternative fuel, but has several constraints to be used as fuel, namely large energy consumption in the collection, insufficient composition in it and low calorific value. It has been described above that research on bagasse biomass waste will be deepened in this thesis. Especially the modification of the process that will be used in this study, which aims to increase the conversion of biomass waste into alternative energy, in this case in the form of gas products using the gasification method.

In this study, the utilization of bagasse into syngas will be carried out in the gasification process. Based on the results of the research that has been done, the more air is added, the more reactants react with carbon in bagasse to increase Syngas products but the gas content has high nitrogen (N_2). The higher the gasification temperature it will increase the gas produced. The use of large amounts of air will increase the composition of CO_2 and H_2O gas because it is getting closer to complete combustion. Production of gasification combustible gas using 200 gram zeolite catalyst and 20 mL/min of water added at a temperature of 500°C. With a combustible and noncombustible gas ratio of 1.10. By using 200 gram bentonite catalyst and the addition of water 20, 30 and 40 mL/min, combustible syngas production tends to increase. But the combustible and noncombustible gas ratio is 0.14.

Keywords: Sugarcane pulp, Gasification, Zeolite, Synthetic Gas.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Lembaran Usulan Judul Tesis	ii
Lembaran Surat Permohonan Ujian Tesis	iii
Lembaran Pengesahan Tesis	iv
Lembaran Pengesahan Panitia Sidang	v
Lembaran Pernyataan Bebas Plagiat.....	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
Abstract	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xiv
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Ampas Tebu (<i>Bagasse</i>)	7
B. Analisa <i>Proximate</i>	8
C. Pirolisis, Pembakaran dan Gasifikasi	10
D. Tipe Reaktor Gasifikasi.....	13
1. Reaktor Tipe <i>Fix Bed</i>	15
2. Reaktor Tipe <i>Fluidized Bed</i> dan <i>Rotary Klin</i>	16
3. Reaktor Tipe Tubular	18
4. Reaktor Unggun Tetap (<i>Fix Bed</i>) Tipe <i>Updraft</i>	19
E. Gasifikasi Katalitik	20
F. Gasifikasi Menggunakan Katalis Zeolit	20
G. Gasifikasi Menggunakan Katalis Bentonit.....	22
H. Agen Gasifikasi	23
 BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Tempat Penelitian.....	24
B. Alat dan Bahan	24
C. Variabel Penelitian	25
1. Diagram Alir Sistem Gasifikasi	25
2. Kerangka Penelitian/ <i>Fish Bone</i>	27
3. Analisa <i>Proximate</i>	28
4. Analisa <i>Ultimate</i>	31

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persiapan Bahan Baku (<i>Pre Treatment</i>)	32
1. Analisa Kadar Air	32
2. Analisa <i>Proximate</i> dan <i>Ultimate</i>	32
B. Proses Gasifikasi Ampas Tebu (<i>Bagasse</i>)	33
C. Analisa Komposisi <i>Syngas</i> Dengan Variasi Temperatur	35
1. Komposisi <i>Syngas</i> Dengan Penambahan Air	36
2. Komposisi <i>Syngas</i> Dengan Penambahan Udara dan Oksigen	38
3. Komposisi <i>Syngas</i> Dengan Penambahan <i>Zeolite</i> dan Air	40
4. Komposisi <i>Syngas</i> Dengan Penambahan <i>Bentonite</i> dan Air	41
5. Rasio (R) Combustible Gas dan NonCombustible Gas	42

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	44
B. Saran	44

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

Daftar Gambar

1. Gambar 1. Peta Produksi Perkebunan Tebu Di Indonesia.
2. Gambar 2. Ampas Tebu.
3. Gambar 3. Analisa *Proximate* dan *Ultimate*.
4. Gambar 4. Perbedaan Pirolisis, Gasifikasi dan Pembakaran.
5. Gambar 5. Tipe *Gasifier* Berdasarkan Arah Aliran.
6. Gambar 6. Reaktor Tipe *Fixed Bed*.
7. Gambar 7. Reaktor Tipe *Fluidized Bed*.
8. Gambar 8. Reaktor Tipe *Rotary Klin*.
9. Gambar 9. Reaktor Tipe Tubular.
10. Gambar 10. *Gasifier Updraft*.
11. Gambar 11. Unit Penyusun Zeolit.
12. Gambar 12. *Prototipe Gasifier* Skala Laboratorium.
13. Gambar 13. Diagram Alir Proses Gasifikasi *Baggase*.
14. Gambar 14. Kerangka Penelitian/*Fish Bone* Gasifikasi Limbah Biomassa *Baggase*.
15. Gambar 15. Grafik Kandungan Komposisi *Syngas* Ampas Tebu dengan Variasi Temperatur.
16. Gambar 16. Grafik Kandungan Komposisi *Syngas* Ampas Tebu dengan Penambahan Air.
17. Gambar 17. Kandungan Komposisi *Syngas* Ampas Tebu dengan Penambahan Udara dan Oksigen.
18. Gambar 18. Kandungan Komposisi *Syngas* Ampas Tebu dengan Penambahan *Zeolit* dan Air.
19. Gambar 19. Kandungan Komposisi *Syngas* Ampas Tebu dengan Penambahan *Bentonite* dan Air.

Daftar Tabel

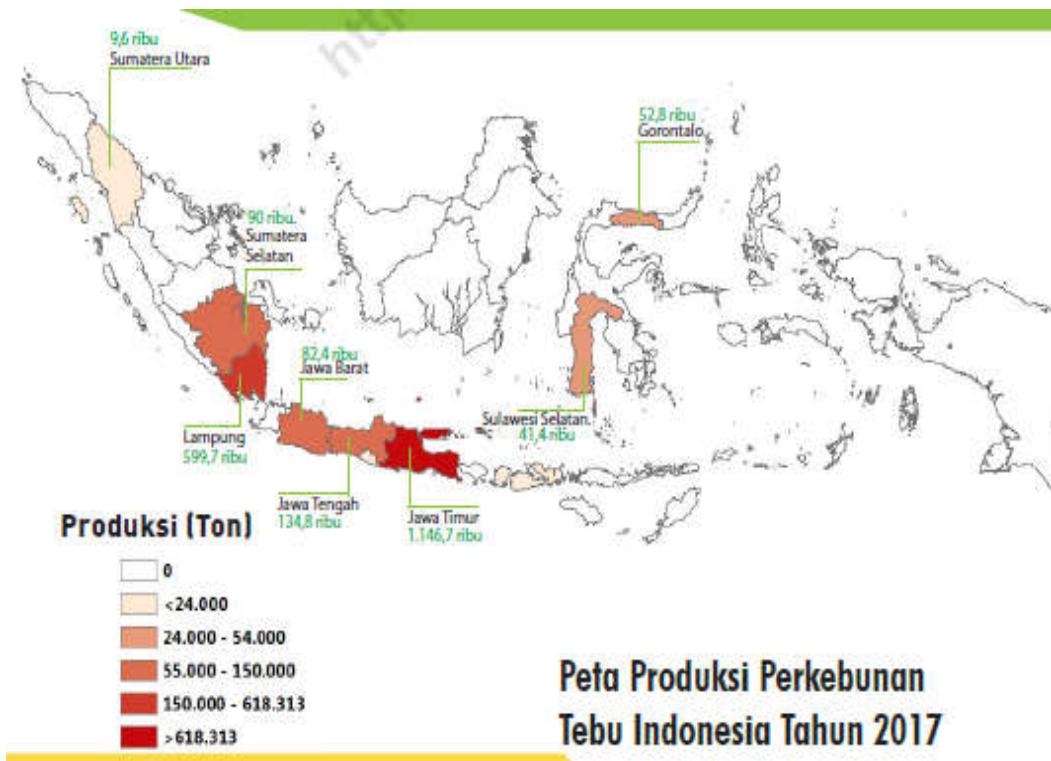
1. Tabel 1. Komposisi Kimia Ampas Tebu.
2. Tabel 2. Perbedaan Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya.
3. Tabel 3. Analisa *Proximate* dan *Ultimate* Ampas Tebu.
4. Tabel 4. Pengambilan Sampel Proses Gasifikasi.
5. Tabel 5. Data Analisa *Proximate* dan *Ultimate* Ampas Tebu.
6. Tabel 6. Komposisi *Syngas* dan Rasio *Combustible* Gas (CG) dan *NonCombustible* (NCG) Ampas Tebu dengan Variasi Temperatur.
7. Tabel 7. Rasio *Combustible* Gas (CG) dan *NonCombustible* (NCG) dari *Syngas Hasil Gasifikasi Ampas Tebu pada Temperatur 500°C*.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia adalah negara agraris dengan iklim subtropis yang cocok untuk ditanami dengan jenis tanaman multikultura, dimana salah satunya adalah tebu. Tebu adalah tanaman untuk bahan baku gula dan termasuk jenis rumput-rumputan dan merupakan bahan baku dalam pembuatan gula (gula kristal putih, *white sugar plantation*) di pabrik gula. Produksi tebu sekitar 34,5 juta ton dan gula yang dihasilkan sekitar 2,2 juta ton (Statistik Tebu Indonesia 2017, Badan Pusat Statistik). Umur tanaman tebu sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia perkebunan tebu tersebar di sepuluh provinsi yaitu: Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan dan Gorontalo (Statistik Tebu 2017, Badan Pusat Statistik).



Sumber : Statistik Tebu Indonesia 2017, Badan Pusat Statistik
Gambar 1. Peta Produksi Perkebunan Tebu di Indonesia

Pada saat ini di Indonesia terdapat kurang lebih 60 Pabrik Gula yang beroperasi, dimana kebanyakan terdapat di Pulau Jawa khususnya Jawa Timur. Semua pabrik gula tersebut berbahan baku dari tanaman tebu. Tebu sangat efisien dalam merubah energi surya menjadi energi kimia yang disebabkan karena struktur selulosanya. Dibandingkan dengan tanaman sejenis yang lain, tebu menghasilkan karbohidrat dan bahan kering jauh lebih tinggi sekitar 30 ton bahan kering per hektar (Kurniawan dkk., 2008). Peluang bahan kering tebu ini (bagasse) sebagai menjadi bahan baku industri kimia cukup besar, terutama karena produksi karbohidrat merupakan sumber daya yang dapat diperbarui.

Setiap musim giling, pabrik gula mengeluarkan limbah yang berbentuk cairan, padat dan gas. Limbah cair meliputi cairan bekas analisa di laboratorium dan luberan bahan olah yang tidak disengaja. Limbah padat meliputi ampas tebu, debu hasil pembakaran ampas di ketel, padatan bekas analisa laboratorium, blotong dan tetes. Limbah gas meliputi gas cerobong ketel dan gas SO₂ dari cerobong reaktor pemurnian. Limbah pabrik gula tersebut perlu ditangani dengan seksama dan serius agar tidak mencemari lingkungan.

Tebu merupakan salah satu sumber biomassa padat terbarukan yang potensial di Indonesia. Tebu sebagai bahan baku pabrik gula akan menghasilkan produk utama berupa gula dan hasil samping berupa ampas (24-30 %), *filter cake/Blontong* (3-4 %), tetes (3-5 %) dan abu *furnace* (0,3 %) (Hugot, 1986 dan Paturau, 1982). Menurut rumus *Pritzlitz* tiap kilogram ampas dengan kandungan gula sekitar 2,5% akan memiliki kalor sebesar 1825 kkal/kg (Hugot, 1986).

Tabel 1. Komposisi Kimia Ampas Tebu (Husin, 2007)

Kandungan	Kadar (%)
Abu	3,82
Lignin	22,09
Selulosa	37,65
Sari	1,81
Pentosa	27,97
SiO ₂	3,01

Ampas tebu langsung digunakan sebagai bahan bakar dan sisanya dibiarkan membusuk. Ampas tebu menjanjikan sebagai bahan bakar alternatif, tetapi memiliki beberapa kendala untuk digunakan sebagai bahan bakar yaitu konsumsi energi besar dalam pengumpulan, ketidak seragaman komposisi didalamnya dan nilai kalor rendah. Dengan kendala tersebut diperlukan metode untuk meningkatkan kualitas ampas tebu sebagai salah satu alternatif bahan bakar ramah lingkungan. Selain itu issue tentang cadangan energi yang makin menipis, dimana menurut BP Migas cadangan minyak bumi indonesia diperkirakan sekitar 4,7 miliar barrel. Pemerintah Indonesia memperkirakan cadangan minyak bumi Indonesia akan habis dalam 15 tahun, gas alam dalam 60 tahun, dan batubara habis dalam 150 tahun (Purba, 2007). Permasalahan ini dapat mempengaruhi ketahanan energi di Indonesia, untuk itu diperlukan energi alternatif sebagai pengganti energi fosil tersebut. Telah diuraikan di atas bahwa penelitian tentang limbah biomassa *baggase* akan diperlukan dalam tesis ini. Khususnya modifikasi proses yang akan digunakan dalam penelitian ini, dimana bertujuan untuk meningkatkan konversi limbah biomassa menjadi energi alternatif, dalam hal ini berupa produk gas dengan menggunakan metode gasifikasi.

Gasifikasi adalah suatu proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20%-40% udara stoikiometri) dengan pemecahan rantai hidrokarbon panjang menjadi hidrokarbon pendek (Guswendar, 2012). Proses gasifikasi merupakan suatu proses kimia untuk mengubah material berkarbon menjadi gas mampu bakar. Berdasarkan definisi tersebut, maka bahan bakar yang digunakan Gasifikasi merupakan proses konversi bahan bakar yang mengandung karbon menjadi gas yang memiliki nilai bakar pada temperatur tinggi (Pahlevi, 2012).

Bahan bakar padat tersebut dapat berupa batubara, ataupun limbah biomassa, yaitu potongan kayu, tempurung kelapa, sekam padi maupun limbah pertanian lainnya. Gas yang diperoleh dari hasil gasifikasi mengandung CO , H_2 dan CH_4 . Untuk proses gasifikasi menggunakan material yang mengandung hidrokarbon seperti batubara, *petcoke* (*petroleum coke*) dan biomassa. Bahan baku untuk proses gasifikasi dapat berupa limbah biomassa yaitu potongan kayu,

tempurung kelapa, sekam padi maupun limbah pertanian lainnya. Gas hasil gasifikasi ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan sebagai sumber bahan bakar, seperti untuk menjalankan mesin pembakaran, digunakan untuk memasak sebagai bahan bakar kompor, ataupun digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik sederhana. Keseluruhan proses gasifikasi terjadi di dalam reaktor gasifikasi yang dikenal dengan nama *gasifier*. *Gasifier* adalah istilah untuk reaktor yang memproduksi gas produser dengan cara pembakaran tidak sempurna (oksidasi sebagian) bahan bakar biomassa pada temperatur sekitar 1000°C (Hantoko, 2012). Di dalam *gasifier* inilah terjadi suatu proses pemanasan sampai temperatur reaksi tertentu dan selanjutnya bahan bakar tersebut melalui proses pembakaran dengan bereaksi terhadap oksigen untuk kemudian dihasilkan gas mampu bakar dan sisa hasil pembakaran lainnya. Gasifikasi umumnya terdiri dari empat proses, yaitu pengeringan, pirolisis, reduksi dan oksidasi dengan rentang temperatur masing-masing proses, yaitu: Pengeringan: $T < 150^\circ\text{C}$; Gasifikasi: $150 < T < 700^\circ\text{C}$; Reduksi: $800 < T < 1000^\circ\text{C}$; Oksidasi: $700 < T < 1500^\circ\text{C}$.

Dari penelitian terdahulu tentang pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan baku biomassa sudah lama dilakukan dan digunakan langsung sebagai bahan bakar, pembangkit listrik, pembuatan briket, *charcoal*, fermentasi metana (Gas Bio), gasifikasi dan produksi methanol. Pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan baku pembuatan gas penghasil (*gas producer*) sudah dilakukan lama ketika Tromp pada tahun 1940 mempublikasikan hasil penelitian terkait ampas tebu dan gas penghasil (Paturau, 1982). Perbedaan dalam penelitian sebelumnya dituangkan dalam Tabel. 2. Pada penelitian ini, akan dilakukan pemanfaatan ampas tebu menjadi syngas dalam proses gasifikasi.

Tabel 2. Perbedaan Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya

No.	Judul	Peneliti / Publikasi	Metode	Hasil
1	Kinerja Gasifikasi Limbah Padat Tebu (<i>Saccharum officinarum L</i>) Menggunakan <i>Gasifier</i> Unggun Tetap Tipe <i>Downdraft</i> (2011).	Bambang Purwantana, dkk. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada	<i>Gasifier</i> Unggun Tetap tipe <i>Downdraft</i>	Nilai kalor 2237,9 kJ/Kg, Efisiensi 29,5 %, Metana 3,6%
2	Gasifikasi-uap Biomassa untuk menghasilkan Hidrogen - Simulasi dengan Model Kesetimbangan	Andjar Pratoto, Slamet Rahroj. Universitas Andalas, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VII November 2008	Gasifikasi Uap	Metana 0,25 mol, temperatur 400°C
3	<i>Gasification of sugarcane bagasse in supercritical water; evaluation of alkali catalysts of maximum hydrogen production</i> (2014)	Mohammadali Ebrahimi-Nik, dkk. <i>Journal of the Energy Institute</i>	<i>Gasification in supercritical water</i>	Catalysts KHCO ₃ , Methane 12,1 mol/kg
4	Gasifikasi ampas tebu tertorefaksi kering yang terintegrasi dengan katalis Alkali dalam reaktor <i>Fix bed</i> dan analisis termodinamika. (2016)	Daniyanto, Universitas Gadjah Mada	Gasifikasi kering tertorefaksi	Temperatur torefaksi 100-300°C, pirolisis 260-340°C, dekomposisi 340-480°C, Orde reaksi tahap dekomposisi n = 5245 cepat, n = 0,356 lambat, Katalis Ca dan Mg.

B. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Produksi pemanfaatan biomassa ampas tebu belum maksimal untuk memberikan nilai tambah dan berdaya guna menjadi sumber energi bersih terbarukan.
2. Temperatur gasifikasi yang digunakan biasanya tinggi sekitar 400-600°C sehingga membutuhkan biaya operasional secara keseluruhan yang juga tinggi.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Memberikan informasi zona proses gasifikasi dengan katalis Zeolite untuk menghasilkan produk *combustible syngas* yang maksimum.
2. Pengaruh debit udara, air dan suhu pada proses gasifikasi untuk menentukan produk *combustible syngas* (*Methane*, CO dan H₂).

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain :

1. Memperbaiki kualitas ampas tebu untuk bahan baku gasifikasi dimana struktur padatan lebih seragam (*uniform*), kadar air (*moisture*) rendah dan kandungan energi yang lebih tinggi.
2. Optimasi debit udara, air dan temperatur untuk menghasilkan produk *combustible syngas* (*Methane*, CO, dan H₂) yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Ingle, N. A. and Lakade, S. S. (2015) 'Design and Development of Downdraft Gasifier to Generate Producer Gas', Energy Procedia. The Author (s), 90 (December 2015), pp. 423–431. doi: 10.1016/j.egypro.2016.11.209.

Pradana, Y. S. et al. (2019) 'Effect of calcium and magnesium catalyst on pyrolysis kinetic of Indonesian sugarcane bagasse for biofuel production', *Energy Procedia*. Elsevier B.V., 158, pp. 431–439. doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.128.

Purwantana, B., Nurisi, M. A. and Markumningsih, S. (2011) 'Kinerja Gasifikasi Limbah Padat Tebu (Saccharum Officinarum L .) Menggunakan Gasifier Unggun Tetap Tipe Downdraft', *Jurnal Teknik Pertanian*, 2(1), pp. 21–22.

Rozas, R. et al. (2019) 'Catalytic gasification of pine-sawdust: Effect of primary and secondary catalysts', *Journal of the Energy Institute*, (xxxx). doi: 10.1016/j.joei.2019.01.002.

Sabitah, A. Y., Hamidi, N. and Wahyudi, S. (2018) 'Gasifikasi biomassa limbah sawit dengan penambahan katalis bentonit', in *Prosiding Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco*, pp. 168–174.

Sharma, R. and Sheth, P. N. (2015) 'Thermo-Chemical Conversion of Jatropha Deoiled Cake: Pyrolysis vs. Gasification', *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 6(5), pp. 376–380. doi: 10.7763/ijcea.2015.v6.513.

Sheikhdavoodi, M. J. *et al.* (2015) ‘Gasification of sugarcane bagasse in supercritical water; Evaluation of alkali catalysts for maximum hydrogen production’, *Journal of the Energy Institute*. Elsevier Ltd, 88(4), pp. 450–458. doi: 10.1016/j.joei.2014.10.005.

Song, X. H., Xu, R. and Wang, K. (2013) ‘The structural development of zeolite-templated carbon under pyrolysis’, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 100, pp. 153–157. doi: 10.1016/j.jaat.2012.12.011.

Yu, H., Wu, Z. and Chen, G. (2018) ‘Catalytic gasification characteristics of cellulose, hemicellulose and lignin’, *Renewable Energy*. Elsevier B.V., 121, pp. 559–567. doi: 10.1016/j.renene.2018.01.047.

Zulkarnain, A. (2017) ‘Pengaruh Temperatur Dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap Bio-Oil Hasil Pirolisis Ampas Tebu / Baggase’, *Teknoin*, 22(5), pp. 328–336. doi: 10.20885/teknoin.vol22.iss5.art2.