

TESIS
**GASIFIKASI KATALITIK *FINE COAL* DARI LIMBAH
BATUBARA UNTUK PRODUKSI SYNGAS DAN
PENINGKATAN KADAR CO**



AKBAR ANDICAN
03012681822007

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

TESIS
**GASIFIKASI KATALITIK *FINE COAL* DARI LIMBAH
BATUBARA UNTUK PRODUKSI SYNGAS DAN
PENINGKATAN KADAR CO**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



AKBAR ANDICAN
03012681822007

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

TESIS
GASIFIKASI KATALITIK *FINE COAL* DARI LIMBAH
BATUBARA UNTUK PRODUKSI SYNGAS DAN
PENINGKATAN KADAR CO



AKBAR ANDICAN
03012681822007

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

TESIS
**GASIFIKASI KATALITIK *FINE COAL* DARI LIMBAH
BATUBARA UNTUK PRODUKSI SYNGAS DAN
PENINGKATAN KADAR CO**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



AKBAR ANDICAN
03012681822007

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

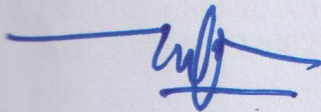
**GASIFIKASI KATALITIK *FINE COAL* DARI LIMBAH
BATUBARA UNTUK PRODUKSI SYNGAS DAN
PENINGKATAN KADAR CO**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

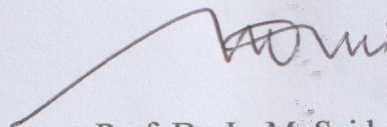
Palembang, Juni 2022
Menyetujui,

Pembimbing I,




Prof. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
NIP. 195805141984031001

Pembimbing II,




Prof. Dr. Ir. M. Said, M.Sc.
NIP. 196108121987031003

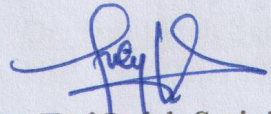
Mengetahui,

 Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

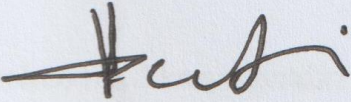
Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul “Gasifikasi Katalitik *Fine Coal* dari Limbah Batubara Untuk Produksi *Syngas* dan Peningkatan Kadar CO” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 14 Juli 2022.

Palembang, Juli 2022

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis


Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
NIP.195610241981032001


()

Anggota

1. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 1980103112005011003

()

2. Dr. Dedi Rohendi, MT.
NIP. 196704191993031001

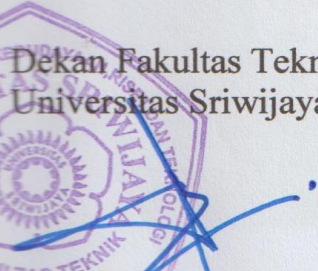
()


3. Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.
NIP. 197808222002122001

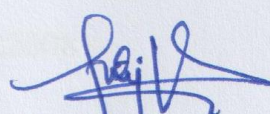
()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,


Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

 Ketua Jurusan Teknik Kimia,


Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Akbar Andican

NIM : 03012681822007

Judul : Gasifikasi katalitik *Fine Coal* dari Limbah Batubara untuk Produksi
Syngas dan Peningkatan Kadar CO”

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2022
Yang Membuat Pernyataan



Akbar Andican
NIM. 03012681822008

RINGKASAN

GASIFIKASI KATALITIK *FINE COAL* DARI LIMBAH BATUBARA UNTUK PRODUKSI SYNGAS DAN PENINGKATAN KADAR CO”

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 25 Juli 2022

Akbar Andican, Dibimbing Oleh Prof. Dr. H. Ir.. M. Faizal, DEA dan Prof. Dr. Ir.. M. Said, M.Sc.

Synthetic Gas Production From Fine Coal Gasification Using Low-Cost Catalyst

xiii + 54 halaman, 13 Tabel, 22 Gambar, 3 Lampiran

RINGKASAN

Pemanfaatan limbah *fine coal* masih sangat terbatas padahal ketersediaanya sangat melimpah dari industri pertambangan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan *fine coal* dengan mengkonversinya menjadi *syngas* melalui gasifikasi katalitik. Proses gasifikasi dilakukan pada rentang temperature 350–550 °C pada 10–50 menit menggunakan natural zeolite sebagai katalis. Komposisi syngas dan parameter kualitas syngas dievaluasi melalui rasio H₂/CO, nilai kalor, dan efisiensi gasifikasi. Dari hasil penelitian, *fine coal* mengandung karbon dan *fixed carbon* yang tinggi. Temperatur menjadi variable yang paling mempengaruhi proses gasifikasi. Penambahan zeolite secara aktif meningkatkan kandungan CO dalam syngas. Rasio H₂/CO *syngas* >1, HHV dan LHV tertinggi 16,15 dan 14,46 MJ/Nm³ dengan nilai efisiensi konversi karbon tertinggi 88,85% menjadikan *fine coal* sangat cocok untuk digunakan sebagai bahan baku proses gasifikasi untuk menghasilkan syngas yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Syngas, natural zeolite, thermochemical process, energy*

Kepustakaan : 20 (2006-2020)

SUMMARY

SYNTHETIC GAS PRODUCTION FROM FINE COAL GASIFICATION USING LOW-COST CATALYST

Scientific paper in the form of Tesis, July 25th, 2022

Akbar Andican, Supervised by Prof. Dr. H. Ir.. M. Faizal, DEA dan Prof. Dr. Ir.. M. Said, M.Sc.

Gasifikasi Katalitik *Fine Coal* Dari Limbah Batubara Untuk Produksi *Syngas* Dan Peningkatan Kadar CO”

xiv + 54 pages, 13 Tables, 22 Pictures, 3 Appendix

SUMMARY

The utilisation of fine coal waste is still limited, even though its availability is very abundant in the mining industry. This study utilises fine coal by converting it into syngas through catalytic gasification. The gasification process was carried out at a temperature range of 350–550°C for 10–50 minutes using natural zeolite as a catalyst. The syngas composition and quality parameters were evaluated through the H₂/CO ratio, heating value, and gasification efficiency. From the research results, fine coal contained high amounts of carbon and fixed carbon. Temperature is the variable that most influences the gasification process. The addition of zeolite actively increased the CO content in the syngas. The H₂/CO ratio of syngas >1, the highest HHV and LHV 16.15 and 14.46 MJ/Nm³ with the highest carbon conversion efficiency value of 88.85%, made fine coal very suitable to be used as raw material for the gasification process to produce environmentally friendly syngas.

Keywords: syngas, natural zeolite, thermochemical process, energy.

Citations : 20 (2006-2020)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, sehingga penyusunan laporan Tesis dengan **“Gasifikasi Katalitik *Fine Coal* dari Limbah Batubara untuk Produksi Syngas dan Peningkatan Kadar CO”** ini dapat terselesaikan. Laporan hasil penelitian ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Magister pada Program Studi Teknik Kimia, Bidang Kajian Utama Teknologi Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya.

Pelaksanaan penelitian, proses penulisan dan penyelesaian laporan hasil penelitian ini dapat berjalan dengan baik karena adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua Orang tua, Istri dan Keluarga tercinta, yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan moral dan finansial.
2. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia dan Dr. Fitri Hadiyah, S.T.,M.T.selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia.
3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia.
4. Prof. Dr. H. M. Faizal., DEA dan Prof. Dr. Ir. M. Said., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan Pembimbing II.
5. Ketua, Analis, dan Asisten Laboratorium Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih mempunyai kekurangan. Namun, diharapkan tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dapat menjadi lebih baik lagi dengan adanya penelitian - penelitian lanjutan. Aamiin.

Palembang, Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
RINGKASAN.....	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesa	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Batubara	6
2.1.1 Materi Penyusun Batubara	7
2.1.2 Jenis dan Kelas Batubara.....	8
2.1.3 Proses Pembentukan Batubara.....	8
2.1.4 Batubara di Indonesia.....	9
2.2 <i>Fine Coal</i>	9

2.3	Katalis	11
2.4	Zeolit	16
2.4.1	Zeolit Alam.....	17
2.4.2	Zeolit Buatan (Sintetik)	18
2.5	Gasifikasi.....	21
2.5.1	Faktor-Faktor yang berpengaruh proses Gasifikasi	21
2.5.2	Dasar Perhitungan Proses Gasifikasi	23
2.5.3	Perhitungan Kestimbangan Massa (<i>Mass Balance</i>)	23
2.5.4	Nilai Efisiensi Gasifikasi.....	26
2.5.5	Proses Gasifikasi pada Reaktor.....	26
2.6	Jenis Reaktor	30
2.7	Penelitian Terdahulu	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.2.1	Alat Uji	33
3.2.2	Instrumen dan Alat Penunjang	33
3.2.3	Bahan.....	33
3.3	Rancangan Penelitian.....	34
3.3.1	Variabel dan Matriks Penelitian	34
3.3.2	Prosedur Penelitian.....	35
3.3.3	Tahapan Penelitian	35
3.3.3.1	Gasifikasi <i>Apparatus</i>	36
3.3.3.2	Persiapan Bahan Baku	36
3.3.3.3	Karakteristik Bahan Baku	36
3.3.3.4	Aktivasi Katalis	36

3.3.3.5	Karakteristik Katalis	37
3.3.3.6	Proses Gasifikasi <i>Fine Coal</i>	37
3.3.3.7	Analisa Hasil Gasifikasi <i>Fine Coal</i>	38
3.4	Analisa Produk	38
3.5	Metode Pengolahan dan Analisa Data	38
3.5.1	Rasio Combustible Gas	39
3.5.2	Rasio H ₂ /CO	40
3.5.3	Nilai Kalor Syngas	40
3.5.4	<i>Carbon Conversion Efficiency (CCE)</i>	40
3.5.5	<i>Cold Gas Efficiency (CGE)</i>	40
3.6	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Karateristik <i>Fine Coal</i>	43
4.2	Karakteristik Katalis Zeolit Alam.....	41
4.3	Pengaruh Suhu pada Volume Produksi <i>Syngas</i> Tanpa Katalis.....	44
4.4	Pengaruh Waktu pada Volume Produksi <i>Syngas</i> Tanpa katalis	48
4.5	Pengaruh Katalis pada Volume Produksi <i>Syngas</i> hasil gasifikasi.....	48
4.6	Nilai Kalor <i>Syngas</i> dan Efisiensi Gasifikasi	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		62

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Tabel 1 Hasil Uji Gasifikasi pada Suhu Optimum.....	61
Tabel 2 Hasil Uji Gasifikasi pada Waktu Optimum	63
Tabel 3. Hasil Uji Gasifikasi pada Menggunakan Katalis Zeolit 10 dan 20%	64
Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Uji SEM Zeolit	65
Gambar 1. Hasil Uji Proksimat dan Ultimat <i>Fine Coal</i>	66
Gambar 2. Hasil Uji Proksimat dan Ultimat <i>Fine Coal Lanjutan</i>	67
Gambar 3 Hasil Pemeriksaan Uji SEM Zeolit pada SEM dan BET	68
Gambar 4 Sampel <i>Fine Coal</i>	69
Gambar 5 Tempat Pengambilan Sambilan <i>Fine Coal</i> di Stock File	69
Gambar 6 <i>Stock File</i> sampel <i>Fine Coal</i> di PT. PLN (Persero) UPK Bukit Asam..	69
Gambar 7 Katalis Zeolit dari Lampung.....	70
Gambar 8 Katalis Zeolit yang digunakan pada saat Gasifikasi	70
Gambar 9 Proses Aktivasi Katalis secara Termal di Laboratorium Proses Politeknik Sriwijaya.....	70
Gambar 10 Laboratorium Terpadu Pasca Sarjana Unsri.....	71
Gambar 11 Alat <i>Gasifier</i>	71
Gambar 12 Proses Pemasukkan <i>Fine Coal</i> kedalam Alat <i>Gasifier</i>	71
Gambar 13 Proses Gasifikasi pada saat <i>Runing</i>	71
Gambar 14 Proses Input Bahan Baku (<i>Fine Coal</i>) kedalam alat Gasifikasi	72
Gambar 15 Gas yang ditampung pada <i>Sampling Bag</i>	72
Gambar 16 Pembakaran Gas didapatkan pada proses Gasifikasi dari Alat <i>Gasifier</i>	72
Gambar 18 Gas yang didapatkan dari Proses Gasifikasi di Uji di Laboratorium PT. Pusri menggunakan alat GC.....	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Perkiraan Kontibusi Batubara7
Tabel 2.2	Hasil Analisis Kimia <i>Fine Coal (Proximate)</i> 11
Tabel 2.3	Beberapa Jenis Penyanga dan Spesifikasinya 14
Tabel 2.4	Beberapa Jenis Promotor dan Kegunaanya 15
Tabel 2.5	Zeolit Alam yang Umum Ditemukan.....18
Tabel 2.6	Jenis dan Rumus Kimia Zeolit Sintetik 19
Tabel 2.7	Rasio Si/Al20
Tabel 2.8	Kelebihan dan Kekurangan <i>Updraft Gasifier</i> 31
Tabel 2.9	Penelitian Terdahulu32
Tabel 3.1	Parameter dan Metode Uji <i>Fine Coal</i> 36
Tabel 4.1	Karakteristik <i>Fine Coal</i>43
Tabel 4.2	Karakteristik Permukaan Katalis45
Tabel 4.3	Komposisi Kimia Zeolit Alam Sebelum dan Susah Diaktivasi Termal.....46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Fine Coal</i>	10
Gambar 2.2 Reaksi Katalitik Heterogen	12
Gambar 2.3 Struktur Zeolit Alam secara Klinoptilolit	16
Gambar 2.4 Struktur Kimia Zeolit	16
Gambar 2.5 Laju Alur Udara.....	24
Gambar 2.6 Proses Pada Reaktor Gasifikasi	27
Gambar 2.7 <i>Updraft Gasifier</i>	30
Gambar 2.8 <i>Downdraft Gasifier</i>	31
Gambar 2.9 <i>Crossdraft Gasifier</i>	31
Gambar 3.1 Skema Alat Penelitian	33
Gambar 3.2 Desain <i>Gasifier Apparatus</i>	35
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Penelitian	44
Gambar 4.1 Hasil Pembesaran Zeolit Alam	44
Gambar 4.2 Pengaruh Suhu terhadap Kandungan H ₂ pada <i>Syngas</i>	47
Gambar 4.3 Pengaruh Suhu terhadap Kandungan CO ₂ , CO, CH ₄ pada <i>Syngas</i>	47
Gambar 4.4 Konsentrasi H ₂ pada Variasi Waktu Reaksi	49
Gambar 4.5 Gas-gas lain dalam <i>Syngas</i> dengan Variasi Waktu Reaksi	49
Gambar 4.6 Pengaruh Suhu dan Waktu Gasifikasi pada Rasio H ₂ /CO	50
Gambar 4.7 Pengaruh Penambahan Katalis terhadap Konsentrasi H ₂	51
Gambar 4.8 Pengaruh Penambahan Katalis terhadap Konsentrasi pada gas Lainya.....	52
Gambar 4.9 Nilai Kalor (HHV dan LHV) pada <i>Syngas</i>	53
Gambar 4.10 Efisiensi Gasifikasi <i>Fine Coal</i> (CCE dan CGE)	54

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

EBT	Energi Baru Terbarukan
ER	<i>Equivalence Ratio</i>
ESDM	Energi Sumber Daya Mineral
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
LHV	<i>Low Heating Value</i>
HHV	<i>High Heating Value</i>
NZ	<i>Natural Zeolit</i>
NZTA	<i>Natural Zeolit Thermal Active</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i> <i>Difraksi Sinar X</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
SEM-EDX	<i>Scanning Electron Microscopy</i> <i>Mikroskop Scan Elektron (MSE)</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-Ray</i>
BET	<i>Brunauer Emmert Teller</i>
GC	<i>Gas Chromatography</i>
FID	<i>Flame Ionization Detector</i>
CGE	<i>Carbon Gas Efficiency</i>
CCG	<i>Cold Gas efficiency</i>
TCD	<i>Thermal Conductivity Detector</i>
WGS	Water Gas

DAFTAR SIMBOL

MBb	Laju Komsumsi Bahan Bakar	Kg/s
mBb	Massa Bahan Bakar	Kg
t	Waktu	s
Cd	<i>Discharge Cooficient</i>	0,61
A	Luas Permukaan Pelat <i>Oriface</i>	$\pi d^2/4$
K	Nilai Konstanta Pipa U pada Alat Manometer	
ΔP	Perbedaaan Tekanan Akibat Orifice	Kg/m ²
ρ_0	Massa Jenis Udara	Kg/m ³
ρ	Massa Jenis dari Tiap Komponen	Kg/m ³
LHVBB	<i>Lower Heating Value Fine Coal</i>	MJ/Kg
HHVBB	<i>High Heating Value Fine Coal</i>	MJ/Kg

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebijakan energi nasional yang menjadi arah kebijakan untuk memberi petunjuk dalam pengelolaan energi nasional guna terwujudnya kemandirian energi dan ketahanan energi nasional dalam mendukung pembangunan nasional berkesinambungan yang termaktum didalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. Sasaran penyediaan dan pemanfaat energi termasuk penyediaan pembangkit listrik dan pemanfaatan listrik per kapita. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan berbagai terobosan antar lain percepatan pembangunan infrastruktur energi, peningkatan nilai tambah dalam negeri, pembangunan industri penunjang sektor energi, pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) secara masif, peningkatan upaya konversi energi serta peningkatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi. Indonesia memiliki sasaran penggunaan energi baru terbarukan yang menjadi target pencapaian minimal sebesar 31% pada Tahun 2050 dengan tujuan untuk mengurangi penggunaan fosil sebagai sumber energi nasional, hal tersebut sesuai dengan amanah Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional dan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Pembaharuan Energi Primer Nasional.

Cadangan batubara diperkirakan mencapai 38,9 miliar ton dengan ketersediaan yang cukup melimpah di Indonesia diantaranya tersebar di Pulau Sumatera sekitar 67 %, Pulau Kalimantan menyimpan cadangan sebesar 32 % dan sisanya tersebar Pulau Irian Jaya, Sulawesi dan Jawa. Sekitar Tahun 2010 diperkirakan sekitar 153 juta ton produksi batubara, 108 juta ton digunakan untuk menopang kebutuhan dalam negeri sedangkan sisanya jumlah yang dapat diekspor mencapai 45 juta Ton. Tingginya cadangan tersebut memungkinkan pemanfaatannya untuk dijadikan energi listrik menggantikan minyak bumi.

Berdasarkan data terakhir yang didapat dari Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), cadangan batubara di Indonesia mencapai 26,2 miliar ton. Mengacu pada produksi batubara pada tahun 2017 sebesar 461 juta ton diperkirakan umur cadangan batubara masih dapat bertahan hingga 56 tahun (Tim Komunikasi ESDM, 2018).

Kebutuhan energi utama dunia masih dipenuhi oleh batubara. Pada tahun 2019, cadangan batubara dunia sekitar 1070 miliar ton (Singh dan Tirkey, 2022). Produksi batubara di Indonesia pada Tahun 2018 saja sudah mencapai 548,6 juta ton batubara, dan sekitar 21% digunakan di dalam negeri (Baskoro dkk., 2021). Batubara halus di sekitar 15-20% tambang batubara hanya disimpan di kolam (Al-asadi dkk., 2020). Proses mekanisasi dan penambangan batubara secara besar-besaran, jumlah *fine coal* dalam *raw coal* terus meningkat. Penggunaan langsung batubara halus akan mengurangi efisiensi pemanfaatan batubara dan memperburuk pencemaran udara (Su dkk., 2020). Pembakaran batubara kualitas rendah menyebabkan beberapa masalah lingkungan seperti hujan asam, polusi udara dan penumpukan limbah, secara pengaturan komersial, umpan batubara yang sulit dimurnikan ini umumnya diklasifikasikan sebagai limbah, karena pengolahannya tidak layak secara ekonomi. Oleh karena itu, sebuah diperlukan teknik pengolahan batubara halus yang efektif dan ekonomis. Sebagai salah satu teknologi pemanfaatan batubara dalam energi bersih dan berkelanjutan, gasifikasi batubara mendapat perhatian lebih dalam beberapa dekade terakhir (Yilmaz dkk., 2019). Karena dampak lingkungan yang berkurang dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran konvensional. Gasifikasi menghasilkan *syngas* yang sebagian besar terdiri dari H_2 dan CO .

Efisiensi proses gasifikasi tergantung pada berbagai aspek terutama suhu operasi *gasifier*, untuk konversi karbon dan reduksi tar suhu yang tinggi menguntungkan (Chen, dkk., 2021), tetapi energi dan biaya yang diperlukan untuk proses gasifikasi juga tinggi. Pada suhu yang lebih rendah, masalah konversi bahan bakar yang rendah mungkin muncul (Xie dkk., 2019). Mempertahankan efisiensi yang tinggi pada suhu rendah, maka perlu dilakukan perbaikan proses dengan menambahkan katalis. Katalis dapat menurunkan suhu gasifikasi,

meningkatkan laju konversi, dan meningkatkan produksi gas (Faizal dkk., 2021). Ovilin biasanya digunakan dalam gasifikasi mineral alam (Ma dkk., 2019), dolomit (Islam, 2020), dan zeolit (Al- asadi dkk., 2020; Zhu dkk., 2019). Katalis alami mengandung logam alkali, seperti Na, K, Ca dan Mg, yang dapat menguraikan tar secara katalitik. Beberapa penelitian membahas zeolit dalam proses gasifikasi batubara, bahkan pada batubara halus, sedangkan pada biomassa dan limbah lainnya seperti gasifikasi menggunakan zeolit masih terbatas (Kislov dkk., 2017; Salavati dkk., 2019; Valizadeh dkk., 2021).

Penelitian sebelumnya telah menggunakan batubara halus untuk gasifikasi menggunakan zeolit dan proses pemurnian (Faizal dkk., 2021a; Faizal dkk., 2021b). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai *fine coal* dalam gasifikasi katalitik menggunakan zeolit. Selama gasifikasi, katalis terkena suhu tinggi, tar, dan belerang yang dapat dengan cepat menonaktifkan katalis oleh karena itu harus tahan lama, berlimpah, murah, dan mudah dibuang. Zeolit menguntungkan karena tahan terhadap belerang dan nitrogen serta memiliki stabilitas termal yang baik dan memiliki pembentukan kokas yang rendah, dengan demikian, zeolit adalah katalis yang cocok yang dapat memenuhi kondisi tersebut dengan biaya rendah dan efektifitas dalam penyisihan tar dan penghilangan H₂S selama proses gasifikasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *syngas* melalui gasifikasi katalitik *fine coal* menggunakan zeolit sebagai katalis.

1.2 Rumusan Masalah

Indonesia masih didominasi oleh energi fosil berupa minyak bumi, gas bumi dan batubara) sedangkan energi baru dan terbarukan (EBT) masih bersifat alternatif. Ketergantungan terhadap energi fosil dapat menimbulkan sekurang-kurangnya tiga ancaman serius berupa menipisnya cadangan minyak bumi, ketidakstabilan harga dan polusi gas rumah kaca, sehingga perlu didorong pemanfaatan penggunaan sumber daya alam yang melimpah salah satunya batubara sebagai energi primer nasional.

Limbah padat *fine coal* hasil produksi dapat diubah menjadi gas sintesis, kualitas gas sintesis perlu ditingkatkan melalui gasifikasi katalitik menggunakan zeolit alam. Berdasarkan uraian tersebut maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimana mengolah *fine coal* sebagai limbah produksi batubara dengan gasifikasi sehingga didapatkan *syngas* sebagai bahan bakar baru?
- 2) Bagaimana kandungan katalis zeolit yang berperan dalam gasifikasi *fine coal* terhadap hasil *syngas*?
- 3) Bagaimana peningkatan kuantitas kandungan karbon dalam proses gasifikasi *fine coal* terhadap hasil *syngas*?
- 4) Bagaimana pengaruh suhu, waktu dan kondisi terbaik untuk mendapatkan rasio pembakaran dalam proses gasifikasi *fine coal* terhadap hasil *syngas*?

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini untuk mendapatkan gas sintesis yang berkualitas melalui gasifikasi katalitik limbah *fine coal*, adapun tujuan khusus penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui dan menganalisis pengolahan *fine coal* sebagai limbah produksi batubara dengan gasifikasi sehingga didapatkan *syngas* sebagai bahan bakar baru?
- 2) Menganalisis penggunaan katalis zeolit alam dalam proses gasifikasi *fine coal* terhadap hasil *syngas*.
- 3) Menganalisis nilai kalor dan efisiensi *syngas* yang didapatkan pada proses gasifikasi *fine coal* terhadap hasil *syngas*.
- 4) Menganalisis pengaruh suhu dan waktu kondisi yang maksimum dalam proses gasifikasi *fine coal* terhadap hasil *syngas*.

1.4 Hipotesa

Proses gasifikasi melalui beberapa tahapan meliputi reaksi pengeringan, pirolisis, reduksi dan oksidasi dengan skala suhu masing- masing proses dengan variasi suhu reaksi serta lamanya waktu reaksi dapat mempengaruhi persentase konversi, kualitas *syngas*. Semakin tinggi suhu reaksi serta semakin lamanya waktu reaksi maka persentase konversi yang dihasilkan semakin besar, kualitas *syngas* semakin baik.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada:

- 1) Bahan baku pembuatan *syngas* menggunakan *fine coal* ukuran 0,5 cm.
- 2) Hasil analisa *syngas* secara fisik seperti gas CO₂, gas O₂, gas CO, Gas H₂ ,dan Gas CH₄
- 3) Suhu reaksi gasifikasi 350°C, 400°C, 450°C, 500°C dan 550°C.
- 4) Waktu reaksi gasifikasi divariasikan 10, 20, 30, 40 dan 50 menit

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan diharapkan mampu memberikan manfaat antara lain:

- 1) Dapat memberikan informasi kepada peneliti, akademisi, mengenai reaksi gasifikasi serta kondisi optimum reaksi gasifikasi terhadap *fine coal*.
- 2) Dapat memberikan informasi mengenai produksi *syngas* melalui awal proses gasifikasi dengan menggunakan *fine coal* sebagai bahan baku.
- 3) Dapat menjadi suatu referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam memproduksi *syngas*.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-asadi, M., Miskolczi, N., and Eller, Z., 2020. *Pyrolysis-gasification of wastes plastics for syngas production using metal modified zeolit catalysts under different ratio of nitrogen/oxygen. Journal of Cleaner Production*, 271, 122186.
- Ackley, M.W., Rege, S.U., Saxena, H., 2003, Application of Natural Zeolites in The Purification and Separation of Gases, *Journal Microporous and Mesoporous Materials* 61, 25-42.
- Aprianti, N., Faizal, M., Said, M., and Nasir, S., 2020. *Valorization of palm empty fruit bunch waste for syngas production through gasification. Journal of Ecological Engineering*, 21(7), 17–26.
- Aprianti, N., Faizal, M., Said, M., and Nasir, S., 2021. Catalytic Gasification Of Oil Palm Empty Fruit Bunch By Using Indonesian Bentonite As The Catalyst. *Journal of Applied Engineering Science*, 19(2), 334–343.
- Arun, K., Venkata Ramanan, M., and Mohanasutan, S., 2020. Comparative studies and analysis on gasification of coconut shells and corn cobs in a perforated fixed bed downdraft reactor by admitting air through equally spaced conduits. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 71.
- Babatabar, M.A. and Saidi, M., 2021. Hydrogen production via integrated configuration of steam gasification process of biomass and water-gas shift reaction: Process simulation and optimization. *International Journal of Energy Research*, 45(13), 19378–19394.
- Basu, P., 2010. *Biomass gasification and pyrolysis: practical design*,
- Bian, C., Zhang, R., Dong, L., Bai, B., Li, W., Jin, H., and Cao, C., 2020. Hydrogen / Methane Production from Supercritical Water Gasification of Lignite Coal with Plastic Waste Blends.
- Borowski, Gabriel, dan Jan J. Hycnar, Utilization of Fine Coal Waste as a Fuel Briquettes, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, ISSN: 1939-2699, Volume 33, Halaman 194-204, 2013
- Bogdanov B, Georgiev D, Angelova K, 2009. Natural Zeolites. *Proceeding of International Science Conference, Stara Zogara, Bulgaria*. 359: Clipnitolite Review. 45-59.

- Chen, Z., Li, J., Guan, S., Qiao, Y., Yuan, Z., Zeng, L., and Li, Z., 2021. Kinetics, thermodynamics and gas evolution of atmospheric circulating fluidized bed coal gasification fly ash combustion in air atmosphere. *Fuel*, **290**, 119810.
- Chew, J.J., Soh, M., Sunarso, J., Yong, S.T., Doshi, V., and Bhattacharya, S., 2020b. Isothermal kinetic study of CO₂ gasification of torrefied oil palm biomass. *Biomass and Bioenergy*, **134**, 105487.
- Dixon, J.B. and Weed, S.B. (1989) Minerals in Soil Environments. 2nd Edition, Soil Science Society of America, Madison, 706.
- Faizal, M., Said, M., Nurisman, E., and Aprianti, N., 2021a. Purification of Synthetic Gas from *Fine coal* Waste Gasification as a Clean Fuel. *Journal of Ecological Engineering*, 22(5), 114–120.
- Faizal, M., Aprianti, N., Said, M., and Nasir, S., 2021b. Syngas Derived From Catalytic Gasification of *Fine coal* Waste Using Indonesian Potential Catalyst. *Journal of Applied Engineering Science*, 19(4), 934–941.
- Guswendar. 2012. Karakteristik Fasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- Guo and Fang., 2011, Biodiesel Production with solid Catalysts, Chinese Academy of Sciences, Biomass Group, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, ChinaGuisnet M, dan Gilson JP. 2002. Zeolite for Cleaner Technologies. Edisi Pertama. London: Imperial Collage Press
- González-Vázquez, M.P., García, R., Gil, M. V., Pevida, C., and Rubiera, F., 2018. Comparison of the gasification performance of multiple biomass types in a bubbling fluidized bed. *Energy Conversion and Management*, 176(July), 309–323.
- Holderich, WF dan H van Bekkum, (1991), “Zeolites in Organic Synthesis” dalam Introduction to Zeolite Science and Practice, editor Van Bekkum, H, E.M Flaningen, and J.C. Jansen, Vol. 58, New York, Elsevier.USA hal 631-726.
- Huang, J., Qiao, Y., Wei, X., Zhou, J., Yu, Y., and Xu, M., 2019. Effect of torrefaction on steam gasification of starchy food waste. *Fuel*, 253(March), 1556–1564.
- Huang, L., Liu, J., He, Y., Sun, S., Chen, J., Sun, J., Chang, K.L., Kuo, J., and Ning, X., 2016. Thermodynamics and kinetics parameters of co-combustion between sewage sludge and water hyacinth in CO₂/O₂ atmosphere as biomass to solid biofuel. *Bioresource Technology*, 218, 631–642.

- Huang, L., Xie, C., Liu, J., Zhang, X., Chang, K.L., Kuo, J., Sun, J., Xie, W., Zheng, L., Sun, S., Buyukada, M., and Evrendilek, F., 2018. Influence of catalysts on co-combustion of sewage sludge and water hyacinth blends as determined by TG-MS analysis. *Bioresource Technology*, 247, 217–225.
- Huang, X., Hu, Z., Miao, Z., Jiang, E., and Ma, X., 2020. Chemical looping gasification of rice husk to produce hydrogen-rich syngas under different oxygen carrier preparation methods. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(51), 26865–26876.
- Islam, M.W., 2020. A review of dolomite catalyst for biomass gasification tar removal. *Fuel*, 267(October 2019), 117095.
- Ismail, T.M. and El-Salam, M.A., 2017. Parametric studies on biomass gasification process on updraft *gasifier* high suhue air gasification. *Applied Thermal Engineering*, 112, 1460–1473.
- IUPAC, 1972. Compendium of Chemical Terminology, 2end ed. (The Gold Book”, Blackwell Scientific Publication. Oxfords.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2015. Rencana Strategis Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Tahun 2015-2019. Jakarta. Kementerian ESDM.
- Kook, J.W., Choi, H.M., Kim, B.H., Ra, H.W., Yoon, S.J., Mun, T.Y., Kim, J.H., Kim, Y.K., Lee, J.G., and Seo, M.W., 2016. Gasification and tar removal characteristics of rice husk in a bubbling fluidized bed reactor. *Fuel*, 181, 942–950.
- Lalsare, A., Wang, Y., Li, Q., Sivri, A., Vukmanovich, R.J., Dumitrescu, C.E., and Hu, J., 2019. Hydrogen-Rich *Syngas* Production through Synergistic Methane-Activated Catalytic Biomass Gasification. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(19), 16060–16071.
- Li, W., Wu, S., Wu, Y., Huang, S., and Gao, J., 2019. Gasification characteristics of biomass at a high-suhue steam atmosphere. *Fuel Processing Technology*, 194(June), 106090.
- Lin, C.L. and Weng, W.C., 2017. Effects of different operating parameters on the *syngas* composition in a two-stage gasification process. *Renewable Energy*, 109, 135–143.
- Ma, X., Zhao, X., Gu, J., and Shi, J., 2019. Co-gasification of coal and biomass blends using dolomite and olivine as catalysts. *Renewable Energy*, 132, 509– 514.

- McCabe, W.I. and Smith, J.C. 1985. Unit Operation of Chemical Engineering. 4th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore.
- Mallick, D., Mahanta, P., and Moholkar, V.S., 2017. Co-gasification of coal and biomass blends: Chemistry and engineering. *Fuel*, **204**, 106–128.
- Mardani, M., Tsolakis, A., Nozari, H., Herreros, J.M., and Wahbi, A., 2021. Synergies in renewable fuels and exhaust heat thermochemical recovery in Monir, M.U., Abd Aziz, A., Kristanti, R.A., and Yousuf, A., 2018a. Co-gasification of empty fruit bunch in a downdraft reactor: A pilot scale approach. *Bioresource Technology Reports*, **1**, 39–49.
- Makgato, S.S., Falcon, R.M.S., and Chirwa, E.M.N., 2019. Reduction in coal fines and extended coke production through the addition of carbonisation tar: Environmentally clean process technology. *Journal of Cleaner Production*, **221**, 684–694.
- Monir, M.U., Abd Aziz, A., Kristanti, R.A., and Yousuf, A., 2018a. Co-gasification of empty fruit bunch in a downdraft reactor: A pilot scale approach. *Bioresource Technology Reports*, **1**, 39–49.
- Monir, M.U., Abd Aziz, A., Kristanti, R.A., and Yousuf, A., 2018b. Co-gasification of empty fruit bunch in a downdraft reactor: A pilot scale approach. *Bioresource Technology Reports*, **1**, 39–49.
- Naghizadeh, M., Taher, M.A., Behzadi, M., and Moghaddam, F.H., 2017. Preparation a novel magnetic natural nano zeolite for preconcentration of cadmium and its determination by ETAAS. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, **8**(February), 261–267.
- Nizami, A.S., Ouda, O.K.M., Rehan, M., El-Maghraby, A.M.O., Gardy, J., Hassanpour, A., Kumar, S., and Ismail, I.M.I., 2016. The potential of Saudi Arabian natural zeolites in energy recovery technologies. *Energy*, **108**, 162–171.
- Payra and Dutta *Handbook*, 2003, *of Zeolit Science and Technology*.
- Rana, R., Nanda, S., MacLennan, A., Hu, Y., Kozinski, J.A., and Dalai, A.K., 2019. Comparative evaluation for catalytic gasification of petroleum coke and asphaltene in subcritical and supercritical water. *Journal of Energy Chemistry*, **31**, 107–118.
- ÖzyuğUran, A. and Yaman, S., 2017. Prediction of Calorific Value of Biomass from Proximate Analysis. *Energy Procedia*, **107** (September 2016), 130–136.

- Robinson, T., Bronson, B., Gogolek, P., and Mehrani, P., 2016. Comparison of the air-blown bubbling fluidized bed gasification of wood and wood-PET pellets. *Fuel*, 178, 263–271.
- Subagjo, 1993. Zeolit: Struktur dan Sifat-sifatna. Bandung: Warta Insiyur Kimia ITB.
- Su, H., Liao, W., Wang, J., Hantoko, D., Zhou, Z., Feng, H., Jiang, J., and Yan, M., 2020. Assessment of supercritical water gasification of food waste under the background of waste sorting: Influences of plastic waste contents. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(41), 21138–21147.
- Supriyanto Dedi, Wardhana Azaria Indra, Muhtadi Saputra, *Grand Strategy Mineral dan Batubara Arah Pengembangan Hulu Hilir Mineral Utama dan Batubara Menuju Indonesia Maju*, 2016, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 122.
- Strydom, C.A., Mthombo, T.S., Bunt, J.R., and Neomagus, H.W.J.P., 2018. Some physical and chemical characteristics of calcium lignosulphonate-bound coal fines. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 118(12), 1277–1283.
- Tsalidis, G.A., Di Marcello, M., Spinelli, G., de Jong, W., and Kiel, J.H.A., 2017. The effect of torrefaction on the process performance of oxygen-steam blown CFB gasification of hardwood and softwood. *Biomass and Bioenergy*, 106, 155–165.
- Umar, H.A., Sulaiman, S.A., Said, M.A., Gungor, A., Ahmad, R.K., and Inayat, M., 2021. Syngas production from gasification and co-gasification of oil palm trunk and frond using a down-draft gasifier. *International Journal of Energy Research*, 45(5), 8103–8115.
- Wardani Sri Pranandiyani Retno, 2008, Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan, Universitas Diponegoro
- Xie, L.F., Duan, P.G., Jiao, J.L., and Xu, Y.P., 2019. Hydrothermal gasification of microalgae over nickel catalysts for production of hydrogen-rich fuel gas: Effect of zeolite supports. *International Journal of Hydrogen Energy*, 5114–5124.
- Xiong, S., He, J., Yang, Z., Guo, M., and Yan, Y., 2020. Thermodynamic analysis of CaO enhanced steam gasification process of food waste with high moisture and low moisture. *Energy*, 194, 116831.
- Yilmaz, F., Ozturk, M., and Selbas, R., 2019. Design and thermodynamic analysis of coal-gasification assisted multigeneration system with hydrogen production and liquefaction. *Energy Conversion and Management*, 186 (March), 229–240. low carbon vehicles. *Applied Energy*, 302(August), 117