

SKRIPSI

**SIMULASI GASIFIKASI BATUBARA SUMATERA
SELATAN MENGGUNAKAN *CYCLE TEMPO***



FERDY KURNIAWAN

03051281722031

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

SKRIPSI

**SIMULASI GASIFIKASI BATUBARA SUMATERA
SELATAN MENGGUNAKAN *CYCLE TEMPO***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
FERDY KURNIAWAN
03051281722031**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

**SIMULASI GASIFIKASI BATUBARA SUMATERA
SELATAN MENGGUNAKAN *CYCLE TEMPO***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

FERDY KURNIAWAN

03051281722031

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP.197112251997021001

Indralaya, 24 Desember 2021
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



Dr. Fajri Vidian, ST., MT
NIP. 197207162006041002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : FERDY KURNIAWAN
NIM : 03051281722031
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL : SIMULASI GASIFIKASI BATUBARA SUMATERA SELATAN
MENGUNAKAN *CYCLE TEMPO*
DIBUAT : 25 JANUARI 2021
SELESAI : 24 DESEMBER 2021

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP.197112251997021001

Indralaya, 24 Desember 2021

Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



Dr. Fajri Vidian, ST., MT
NIP. 197207162006041002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Simulasi Gasifikasi Batubara Sumatera Selatan Menggunakan Cycle Tempo” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 November 2021.

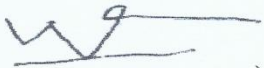
Palembang, Desember 2021

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA

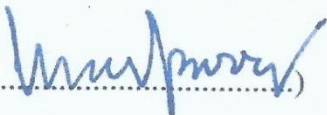
NIP. 195701181985031004


(.....)

Sekretaris :

2. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T

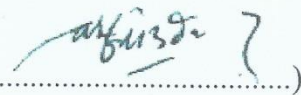
NIP. 196005281989031002


(.....)

Anggota :

3. Aneka Firdaus, S.T., M.T.

NIP. 197502261999031001

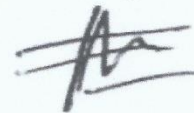

(.....)

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP.197112251997021001

Indralaya, 24 Desember 2021
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



Dr. Fajri Vidian, ST., MT
NIP. 197207162006041002

KATA PENGANTAR

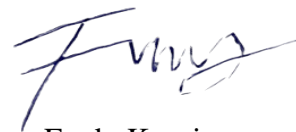
Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Simulasi Gasifikasi Batubara Sumatera Selatan Menggunakan *Cycle Tempo*”.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua beserta Kakak dan Adik yang selalu mendukung penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini
2. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng. Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dari awal hingga skripsi ini selesai.
5. Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat membantu dan bermanfaat bagi dunia pendidikan.

Indralaya, 24 Desember 2021



Ferdy Kurniawan

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ferdy Kurniawan

NIM :03051281722031

Judul : Simulasi Gasifikasi Batubara Sumatera Selatan Menggunakan
Cycle Tempo

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

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

Indralaya, 24 Desember 2021



Ferdy Kurniawan

03051281722031

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ferdy Kurniawan

NIM : 03051281722031

Judul : Simulasi Gasifikasi Batubara Sumatera Selatan Menggunakan
Cycle Tempo

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan plagiat dalam Skripsi 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.



Indralaya, 24 Desember 2021



Ferdy Kurniawan

03051281722031

RINGKASAN

SIMULASI GASIFIKASI BATUBARA SUMATERA SELATAN MENGUNAKAN *CYCLE TEMPO*

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Desember 2021

Ferdy Kurniawan, Dibimbing oleh Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T.

SOUTH SUMATRA COAL GASIFICATION SIMULATION USING CYCLE TEMPO

XXVI + 55 Halaman, 3 Tabel, 15 Gambar

RINGKASAN

Indonesia merupakan Negara yang memiliki cadangan sumber daya batubara sebesar 147,6 miliar ton yang tersebar di 21 Provinsi. Dari jumlah tersebut sekitar 45 % cadangan batubara nasional terdapat di Sumatera Selatan. Di tahun 2017, produksi batubara mencapai 461 juta ton, sebanyak 97 juta ton dimanfaatkan untuk kepentingan dalam negeri (*Domestic Market Obligation*). Dilihat dari data ini maka kebutuhan batubara sebagai bahan bakar utama di Indonesia masih sangatlah tinggi terutama sebagai pembangkit listrik. Agar batubara tersebut bisa dimanfaatkan dengan baik, maka dibutuhkan teknologi gasifikasi yang dapat mengolah batubara tersebut menjadi sumber energi yang bermanfaat. Sistem gasifikasi merupakan salah satu contoh pemanfaatan bahan bakar sebagai energi. Gasifikasi mengubah padatan bahan bakar menjadi gas mampu bakar seperti CO, H₂, dan CH₄ sebagai hasil dari reaksi yang terjadi di dalam reaktor gasifikasi untuk dimanfaatkan selanjutnya sebagai sumber energi. Pada penelitian kali ini dilakukan simulasi gasifikasi Batubara Sumatera Selatan (MT-46) menggunakan *Cycle Tempo* dengan variasi perbandingan udara dan bahan bakar (*Air Fuel Ratio*). Penelitian ini bertujuan

untuk mendapatkan komposisi gas hasil gasifikasi, LHV_{Gas} , dan efisiensi gasifikasi. Simulasi dilakukan menggunakan aplikasi *Cycle Tempo* dengan pemodelan fixed bed gasifier. Dari hasil penelitian gas yang dapat terbakar pada saat AFR 1,25 hingga AFR 1,5 mengalami penurunan persentase volume, rata-rata penurunan persentase gas CO adalah 0,85 %. Rata-rata penurunan persentase gas CH_4 dari AFR 1,25 hingga AFR 1,5 adalah 3,8 %. Rata-rata penurunan persentase gas H_2 dari AFR 1,25 hingga AFR 1,5 adalah 1,89 %. Pada tiap kenaikan AFR maka LHV_{gas} mengalami penurunan rata-rata sebesar 2,22 %

Kata Kunci : Gasifikasi, Batubara, AFR, Cycle Tempo

Kepustakaan : 28 (2000 – 2019)

SUMMARY

SOUTH SUMATRA COAL GASIFICATION SIMULATION USING CYCLE TEMPO

Scientific writing in the form of a thesis, December 2021

Ferdy Kurniawan, Supervised by Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T.

XXVI + 55 Pages, 3 Tables, 15 Images

SIMULASI GASIFIKASI BATUBARA SUMATERA SELATAN MENGUNAKAN *CYCLE TEMPO*

SUMMARY

Indonesia is a country that has reserves of coal resources of 147.6 billion tons spread across 21 provinces. Of this amount, about 45% of the national coal reserves are in South Sumatra. In 2017, coal production reached 461 million tons, of which 97 million tons were used for domestic purposes (Domestic Market Obligation). Judging from this data, the need for coal as the main fuel in Indonesia is still very high, especially as a power plant. In order for the coal to be put to good use, gasification technology is needed that can process the coal into a useful energy source. The gasification system is an example of the use of fuel as energy. Gasification converts fuel solids into combustible gases such as CO, H₂, and CH₄ as a result of reactions that occur in the gasification reactor to be used later as an energy source. In this study, a simulation of South Sumatran Coal gasification (MT-46) was conducted using Cycle Tempo with variations in the air-fuel ratio (Air Fuel Ratio). This study aims to obtain the gasification gas composition, LHV_{Gas}, and gasification efficiency. The simulation was carried out using the Cycle Tempo application with fixed bed gasifier modeling. From the results of the research, the flammable gas when

AFR 1.25 to AFR 1.5 experienced a decrease in volume percentage, the average decrease in the percentage of CO gas was 0.85%. The average decrease in the percentage of CH₄ gas from AFR 1.25 to AFR 1.5 is 3.8%. The average decrease in the percentage of H₂ gas from AFR 1.25 to AFR 1.5 is 1.89%. For each increase in AFR, LHV_{gas} decreased by an average of 2.22%

Keywords : Gasification, Coal, AFR, Cycle Tempo

Literatures : 28 (2000 – 2019)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	iii
Kata Pengantar.....	4
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	5
Halaman Pernyataan Integritas	6
Ringkasan	7
Summary	9
Daftar Isi.....	11
Daftar Gambar	14
Daftar Tabel.....	15
Daftar Rumus.....	15
BAB 1 Pendahuluan.....	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Rumusan Masalah	17
1.3 Batasan Masalah	21
1.4 Tujuan Penelitian	22
1.5 Manfaat Penelitian	22
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	23
2.1 Pengertian Gasifikasi.....	23
2.1.1 Jenis-Jenis Alat Gasifikasi.....	23
2.1.2 Reaksi Pembakaran	29
2.2 Proses Pada Gasifikasi.....	30
2.2.1 Drying.....	30
2.2.2 Pyrolysis	30
2.2.3 Reduction.....	31
2.2.4 Pembakaran (<i>Combustion</i>)	32
2.3 Bahan Bakar Batubara.....	33

2.3.1	Kualitas dan Klasifikasi Batubara	33
2.4	Aspek Termodinamika	37
2.4.1	Kesetimbangan Massa (<i>Mass Balance</i>)	37
2.4.2	Kesetimbangan Energi (<i>Energy Balance</i>)	38
2.4.3	Persamaan Gasifikasi Global	39
2.4.4	Kesetimbangan Energi Pada Gasifier	40
2.4.5	Perhitungan Udara Stokiometri Pembakaran	43
2.4.6	Perbandingan Udara dan Bahan Bakar	43
2.4.7	Nilai Kalor (<i>Heating Value</i>)	44
2.4.8	Perhitungan <i>Cold Gas Efficiency</i>	45
2.4.9	Perbandingan Udara dan Bahan Bakar Proses Gasifikasi	46
2.5	Perangkat Lunak <i>Cycle Tempo</i>	46
2.5.1	Prinsip Kerja <i>Cycle Tempo</i>	46
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		51
3.1	Diagram Alir Penelitian	51
3.1.1	Diagram Alir <i>Cycle Tempo</i>	52
3.2	Studi Literatur	53
3.3	Analisa Ultimat Batubara	53
3.4	Penentuan Udara Stoikiometri	54
3.5	Penentuan Udara Gasifikasi	55
3.6	Penentuan Perbandingan Udara dan Bahan Bakar	55
3.7	Pembuatan Blok Gasifier Pada <i>Cycle Tempo</i>	55
3.8	Input Data dan Kalkulasi	56
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		59
4.1	Hasil	59
4.1.1	Data Hasil Komposisi Gas Pada Tiap AFR	59
4.1.2	Data Hasil Hubungan Antara AFR Terhadap LHV_{Gas}	60
4.1.3	Data Hasil Hubungan Antara AFR Terhadap Efisiensi Gasifikasi	60
4.2	Pembahasan	61
4.2.1	Hubungan Antara Komposisi Gas Pada Tiap AFR	61
4.2.2	Hubungan Antara AFR Terhadap LHV_{Gas}	63
4.2.3	Hubungan Antara AFR Terhadap Efisiensi Gasifikasi	64

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
Daftar Rujukan.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Fixed Bed Gasifier</i>	24
Gambar 2.2 <i>Updraft Gasifier</i>	25
Gambar 2.3 <i>Downdraft Gasifier</i>	26
Gambar 2.4 <i>Crossdraft Gasifier</i>	27
Gambar 2.5 <i>Twin Fire Gasifier</i>	28
Gambar 2.6 <i>Fluidized Bed Gasifier</i>	29
Gambar 2.7 Kesetimbangan Massa Pada Sistem Gasifikasi	38
Gambar 2.8 Sistem Kontrol Volume Kesetimbangan Energi Pada <i>Gasifier</i> ...	41
Gambar 2.9 Kesetimbangan Energi Pada Gasifier	43
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	51
Gambar 3.2 Diagram Alir <i>Cycle Tempo</i>	52
Gambar 3.3 Skema Gasifier	56
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara AFR Terhadap Komposisi Gas	62
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara AFR Terhadap LHV_{Gas}	64
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara AFR dan Efisiensi Gasifikasi	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 ASTM <i>Spesifications For Solid Fuels</i>	36
Tabel 2.2 Persentase Oksigen, Air, dan Abu Pada Bahan Bakar.....	37
Tabel 2.3 LHV <i>syngas</i> hasil gasifikasi pada temperatur ruang	45
Tabel 3.1 Analisa Ultimat Batubara.....	54

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Udara Stoikiometri	43
Rumus 2.2 Rumus Perbandingan Udara dan Bahan Bakar	44
Rumus 2.3 Rumus <i>Cold Gas Efficiency</i>	45

BAB 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara dengan cadangan sumber daya batubara sebanyak 147,6 miliar ton yang beredar pada 21 Provinsi, dari jumlah tadi sekitar 45 % cadangan batubara nasional terdapat pada Sumatera Selatan, dimana cadangan batubara di perkirakan 50,dua miliar ton. Tambang batubara primer berlokasi pada Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, serta Kalimantan Tengah. Meski demikian, Pulau Kalimantan juga memiliki dampak signifikan terhadap batuan terbesar di Indonesia. Volumennya sekitar 48,2 miliar ton di Kalimantan Timur dan 22,8 miliar ton di Kalimantan Barat. Selain itu, di Kalsel 16,5 miliar ton dan di Kalteng tiga koma empat miliar ton. Sementara itu, Pulau Jawa memiliki cadangan batubara terkecil, yakni satu juta ton di Jawa Tengah dan 100.000 ton di Jawa Timur (ESDM, 2018).

Berdasarkan Kementerian ESDM (2018), pada tahun 2017, produksi batubara mencapai 461 juta ton, sebanyak 97 juta ton dimanfaatkan guna kepentingan dalam negeri (*Domestic Market Obligation*). Pemanfaatan batubara naik asal tahun ke tahun. Terhitung sejak 2013 hanya 72 juta ton kemudian menjadi 97 juta ton di 2017 menggunakan rincian yaitu pada tahun 2014 (76 juta ton), tahun 2015 (86 juta ton) dan 2016 (91 juta ton). dipandang berasal data ini maka kebutuhan batubara menjadi bahan bakar utama di Indonesia masih sangatlah tinggi terutama menjadi pembangkit listrik.

Supaya batubara tersebut mampu dimanfaatkan secara maksimal baik, maka diperlukan teknologi gasifikasi yang mampu memasak batubara tersebut menjadi sumber energi yang bermanfaat. Teknologi gasifikasi merupakan proses konversi bahan bakar padat yg melibatkan senyawa hidrokarbon yaitu

antara oksigen, uap air, serta karbon dioksida. yang akan terjadi pembakaran direduksi sebagai gas yg mudah terbakar, yaitu karbon monoksida (CO), hydrogen (H₂), dan methan (CH₄). Proses ini berlangsung pada dalam suatu indera yang bernama *gasifier* (Vidian, 2009). tetapi kekurangan teknologi gasifikasi ini memerlukan biaya yg cukup mahal serta parameter yang pada hasilkan dalam pengujian sedikit.

Pada penelitian kali ini batubara yang digunakan adalah batubara Sumatera Selatan, batubara sumatera selatan dipilih untuk di gasifikasi karena kadar air (*moisture*) yang tinggi, oleh karena itu di butuhkan teknologi gasifikasi yang baik agar batubara tersebut bisa di manfaatkan lebih efisien. Batubara Sumatera Selatan digunakan karena memiliki kelebihan biaya produksi yang murah, ketersediaan cadangan yang melimpah, dan suhu pembakarannya yang tinggi dan stabil.

Jenis batubara yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah *low rank coal* (MT-46). Vidian, Basri and Sihotang (2017) pada pengujiannya telah menggunakan batubara jenis ini untuk di gasifikasi menggunakan *downdraft gasifier*, dari hasil pengujiannya mereka menarik kesimpulan bahwa sistem gasifikasi berjalan dengan baik menggunakan batubara jenis ini karena gas yang mudah terbakar berhenti berproduksi ketika posisi bahan bakar di dalam *gasifier* melewati *throat zone*.

Pada tahun 2019 Vidian *et al* menggunakan *producer gas* dari *low rank coal* (MT-46) untuk di aplikasikan di *spark ignition engine* atau *gasoline engine*. Hasil penelitian menunjukkan, gas hasil dari gasifikasi batubara Sumatera Selatan, *low rank coal* (MT-46) dapat digunakan dalam *dual fuel gasoline engine operations*. Penghematan bensin bisa didapat maksimal 16,6%, dan rata-rata penghematan bensin 15,3%. Tingkat konsumsi bensin spesifik yang lebih rendah diperoleh sekitar 0,68 L / kWh pada *dual fuel operation*. Dengan telah dilakukannya penelitian–penelitian tersebut maka bisa disimpulkan batubara jenis ini layak untuk di gasifikasi.

Air Fuel Ratio (AFR) merupakan perbandingan laju alir massa udara (Kilo Gram/s) menggunakan laju alir massa bahan bakar (Kilo Gram/s). pengaruh besar kecilnya *AFR* sangat ditentukan oleh sedikitnya udara yg

masuk ke dalam gasifier sangat terbatas. di gasifikasi batubara rasio yg sempurna buat proses gasifikasi berkisar pada angka satu koma dua sampai satu koma lima.

Dalam proses gasifikasi, salah satu dampak negatifnya adalah *Air Fuel Ratio* (AFR). Menurut penelitian Sudarmanta (2016), tongkol jagung merupakan tanda umpan dan perbedaan AFR adalah pada proses pembakarannya menggunakan rasio udara-bahan bakar yang optimum sebesar 1,05. Studi-studi ini juga menunjukkan bahwa gas sintesis dapat terjadi dengan menggunakan komposisi $H_2 = 13,29\%$, $CO_2 = 8,33\%$, $CO = 10,52\%$, $CH_4 = 1,4\%$ dan $C_2H_6 = 0,08\%$ dengan harga terendah. 2642,88 kJ / Kilo Gram. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Ardianto (2014), batas bawah dan atas penggunaan AFR berada pada kisaran 0,70 – 1,24. Berdasarkan uraian di atas, diketahui bahwa turbin angin sering dikendalikan untuk mempengaruhi kinerja proses gasifikasi, oleh karena itu dalam penelitian ini penulis ingin mengetahui tentang pengaruh perubahan iklim terhadap proses gasifikasi seperti yang ditunjukkan oleh penulis. Komposisi gas, *Low Heating Value* (LHV), dikombinasikan dengan kombinasi karbon monoksida dengan peralatan listrik lainnya.(MT-46)

Mohammad (2019) pada pengujian dan pemodelan menggunakan program *Cycle Tempo* melakukan simulasi gasifikasi biomassa yang pada penelitian tersebut adalah kayu dengan jenis reaktor *fixed bed gasifier*. Dari hasil pengujiannya perbedaan yang cukup jauh pada kandungan CH_4 dan H_2 dengan fraksi mol CH_4 2,98% pada pengujian sedangkan pada pemodelan hanya 0,01%, dan untuk fraksi mol H_2 2,66% pada pengujian dan pada pemodelan 11,93%. Terdapat perbedaan yang cukup besar pada kandungan CH_4 dan H_2 , hasil pengujian menghasilkan jumlah yang lebih kecil dari hasil pemodelan, hal ini mungkin disebabkan tidak tercapainya suhu reaksi gasifikasi, dari hasil pemodelan pengaruh suhu reaksi dalam gasifikasi proses sangat berpengaruh dalam pembentukan gas sintesis, semakin rendah suhu reaksi maka semakin rendah rendemen gas yang dihasilkan. Suhu reaksi tidak sampai karena terlalu banyak panas yang terbuang di luar reaktor. Selanjutnya,

tidak ada reaksi metana steam reforming yang mengubah CH_4 menjadi H_2 dan CO .

Fortunato *et al* (2017) melalui penelitiannya melakukan eksperimen dan pemodelan *Cycle Tempo* ditahun 2017 dengan menggunakan bahan bakar biomassa dan jenis reaktor yang digunakan dalam *downdraft gasifier*, dari hasil penelitiannya komposisi gas dan efisiensi gasifikasi yang di dapatkan sangat dekat dengan pemodelan yang dibuat di program *cycle tempo*.

Pada era modern saat ini, gasifikasi bisa dilakukan dengan menggunakan metode simulasi dengan memanfaatkan beberapa macam *software engineering* yang tersedia dari berbagai *developer*. *Cycle Tempo* merupakan program untuk memudahkan perhitungan untuk analisis sistem termodinamika seperti pembangkit listrik, sistem refrigasi, sistem gasifikasi, dan sebagainya. *Software Cycle Tempo* (Lhokseumawe *et al.*, 2010).

Keunggulan *software* ini untuk menganalisis gasifikasi adalah karena *cycle tempo* bekerja dengan menyelesaikan persamaan energi aliran *steady* dimana energi kinetik dan energi potensial diabaikan, fluida kerja dianggap sebagai gas ideal, dan penurunan tekanan disemua pipa diabaikan.

Tujuan utama dari *Cycle Tempo* untuk penelitian ini adalah untuk menghitung komposisi bahan bakar dan *syngas* dalam proses gasifikasi. Dalam analisis menggunakan *Cycle Tempo*, Jumlah serta jenis komponen dan cara penyusunan berbeda dari kasus ke kasus, oleh karena itu sistem harus diatur dengan susunan apparatus yang sesuai dengan kebutuhan (Lewerissa, 2018).

Perangkat lunak ini sangat ideal untuk membuat perancangan gasifikasi, baik itu untuk pemodelan sederhana, gasifikasi bertingkat, dan gasifikasi pada sistem pembangkit listrik dengan berbagai macam analisa bahan bakar. Oleh karena itu *Cycle Tempo* ini cukup memadai untuk digunakan dalam simulasi gasifikasi batubara.

Agar batubara sumatera selatan bisa digunakan dengan baik dan efisien maka diperlukan teknologi gasifikasi yang baik untuk mengetahui komposisi gas dari hasil gasifikasi.

Dengan dasar pemikiran dan pandangan diatas maka penelitipada penelitan kali ini, bermaksud untuk melakukan simulasi gasifikasi batubara menggunakan *Cycle Tempo* untuk mengetahui hasil gasifikasi dari batubara.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh *Air Fuel Ratio* (AFR) pada proses gasifikasi terhadap Batubara Sumatera Selatan, *low rank coal* (MT-46) serta parameter unjuk kerja reaktor gasifikasi yang meliputi komposisi gas, LHV_{Gas} , efisiensi gasifikasi (*Cold gas efficiency*) menggunakan aplikasi *Cycle Tempo*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan karya ilmiah diperlukan kedalaman pengkajian mengenai masalah yang akan dibahas. Untuk mempermudah hal tersebut maka masalah tersebut perlu dibatasi. batasan masalah pada penelitian ini :

1. Bahan bakar yang digunakan pada simulasi kali ini adalah batubara *Low Rank Coal* (MT-46).
2. Program yang digunakan adalah *Cycle Tempo* untuk pemodelan *gasifier* serta simulasi gasifikasi pada batubara.
3. Variasi parameter perbandingan udara dan bahan bakar.
4. Asumsi operasi dalam keadaan *steady state*
5. Perubahan energi potensial dan energi kinetik diabaikan
6. Analisa *proximat* bahan bakar diabaikan
7. Temperatur operasi pada reaktor diasumsikan 850 °C
8. Pressure pada reaktor diasumsikan 1 bar

9. Asumsi laju konsumsi bahan bakar 17 kg/h
10. Pada software *cycle tempo* ini m_{ash} diabaikan
11. Tar tidak muncul pada saat simulasi telah di *running*.
12. Jenis reaktor yang digunakan adalah *downdraft gasifier*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan komposisi gas hasil gasifikasi dengan variasi perbandingan udara dan bahan bakar.
2. Mendapatkan LHV_{gas} dengan variasi perbandingan udara dan bahan bakar
3. Mendapatkan Efisiensi Gasifikasi dengan variasi perbandingan udara dan bahan bakar

1.5 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang dihasilkan dalam penelitian berikut, antara lain:

1. Menghitung lebih cepat komposisi gas, LHV_{Gas} , dan Efisiensi Gasifikasi
2. Bagi peneliti, sebagai bekal pembelajaran pada suatu masalah yang dihadapi di dunia nyata.
3. Dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk penelitian berikutnya.
4. Sebagai bentuk kontribusi untuk perkembangan ilmu pada konsentrasi Konversi Energi pada era industri 4.0.

Daftar Rujukan

- Arif, I. (2014) *Batubara Indonesia - Prof. Dr. Ir. Irwandy Arif, M. Sc.* PT GRAMEDIA PUSAKA UTAMA.
- Asimptote (2018) 'Introduction of A program for thermodynamic modeling and optimization of energy conversion systems', p. 9.
- Basu, P. (2013) *Gasification Theory, Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction*. Elsevier Inc. doi: 10.1016/b978-0-12-396488-5.00007-1.
- Bhardwaj, S., Sharon, Maheshwar and Sharon, Madhuri (2009) *Pyrolysis, Pyrolysis: Types, Processes, and Industrial Sources and Products*. Elsevier Inc. doi: 10.1201/b15089-16.
- Cengel, Y. A. and Boles, M. A. (2005) *THERMODYNAMICS :An Engineering Approach, Proceedings - IEEE Military Communications Conference MILCOM*. doi: 10.1109/MILCOM.2005.1605829.
- ESDM, K. (2018) *Cadangan Batubara Indonesia Sebesar 26 Miliar Ton*. Available at :<https://esdm.go.id/media-center/news-archives/cadangan-batubara-indonesia-sebesar-26-miliar-ton> (Accessed: 18 February 2021).
- Fortunato, B., Brunetti, G., Camporeale, S. M., Torresi, M. and Fornarelli, F. (2017) 'Thermodynamic model of a downdraft gasifier', *Energy Conversion and Management*. Elsevier Ltd, 140, pp. 281–294. doi: 10.1016/j.enconman.2017.02.061.
- Hadi, S. and Darsopuspito, S. (2013) 'Pengaruh Variasi Perbandingan Udara-Bahan Reaktor Downdraft Dengan Suplai Biomass Serabut Kelapa Secara Kontinyu', *Teknik POMITS*, 2(3), pp. 3–6.
- Kramreiter, R., Url, M., Kotik, J. and Hofbauer, H. (2008) 'Experimental investigation of a 125 kW twin-fire fixed bed gasification pilot plant and comparison to the results of a 2 MW combined heat and power plant (CHP)', *Fuel Processing Technology*, 89(1), pp. 90–102. doi: 10.1016/j.fuproc.2007.08.001.
- L.Najib and Darsopuspito, S. (2012) 'Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa

- Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu’, *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), pp. 12–15. Available at: digilib.its.ac.id.
- Lewerissa, Y. J. (2018) ‘Analisis Energi Pada Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Dengan Cycle Tempo’, *Jurnal Voering*, 3(1), p. 23. doi: 10.32531/jvoe.v3i1.85.
- Lhokseumawe, P. N., Pengantar, K., Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B. and Andespa, R. (2010) ‘ANALISIS SISTEM KONVERSI ENERGI BIOMASSA SABUT KELAPA MENGGUNAKAN SIKLUS RANKINE’, *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), pp. 41–49.
- Mahmoudi, A. H. (2015) ‘Prediction of Heat-Up, Drying and Gasification of Fixed and Moving Beds By the Discrete Particle Method (Dpm)’, p. 176.
- Mohammad, M. A. (2019) ‘Pengujian fixed bed gasifier dengan bahan bakar biomassa’, *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 14(1), p. 14. doi: 10.36289/jtmi.v14i1.107.
- Pereira, E. G. and Martins, M. A. (2017) ‘Gasification Technology Sustainable Water & Energy Systems’.
- Rinovianto, G. (2012) ‘Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet’, *Jurnal Teknik Mesin UI*.
- Shadle, L. J., Berry, D. A. and Syamlal, M. (2002) *Coal Conversion Processes, Gasification, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. doi: 10.1002/0471238961.0701190913010801.a01.pub2.
- Sudarmanta, B. (2016) ‘Variasi Rasio Gasifying Agent -Biomassa Terhadap Karakterisasi Gasifikasi Tongkol Jagung pada reaktor downdraft’, (May 2010).
- Susetyo, A. R., Nas, C. and Suliestyah (2020) ‘Analisis Kebutuhan Udara Untuk Pembakaran Batubara Pada Boiler Unit 3 Di Pltu Suralaya Analysis of Air Requirements for Coal Combustion’, *Indonesian Mining and energy Journal*, 3(2), pp. 36–41.
- Tarigan, P. B. (2013) *Pencucian Batubara, Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Trifiananto, M. (2015) ‘Karakterisasi Gasifikasi Batubara Tipe Updraft dengan

- Variasi Equivalence Ratio’, *Jurnal Teknik ITS*, pp. 11–13.
- Vidian, F. (2009) ‘Kompom Gas Berbahan Bakar Biomassa’, *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 9(2), pp. 31–35. doi: 10.36706/jrm.v9i2.13.
- Vidian, F., Safrialto, Basri, H. and Alian, H. (2019) ‘Application of producer gas from South Sumatera, Indonesia, low rank coal gasification on spark ignition engine or gasoline engine’, *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9(5), pp. 255–264. doi: 10.24247/ijmperdoct201922.
- Vidian, F. and Alin Indri Handika (2009) ‘PENGEMBANGAN UPDRAFT GASIFIER UNTUK MENGAHASILKAN GAS MAMPU BAKAR’, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII*, pp. 790–805.
- Vidian, F., Basri, H. and Sihotang, D. (2017) ‘Design, Construction and Experiment on Imbert Downdraft Gasifier Using South Sumatera Biomass and Low Rank Coal as Fuel’, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 07(03), pp. 39–44. doi: 10.9790/9622-0703063944.
- Vidian, F., Surjosatyo, A. and Nugroho, Y. S. (2016) ‘Thermodynamic Model for Updraft Gasifier with External Recirculation of Pyrolysis Gas’, *Journal of Combustion*, 2016. doi: 10.1155/2016/9243651.
- Vinasse, L., Industri, D. and Cfd, B. (2014) ‘Teori Dasar Simulasi Proses Pembakaran Limbah Vinasse Dari Industri Alkohol Berbasis Cfd’, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 2(2), p. 74053. doi: 10.15294/jbat.v2i2.2795.
- Warnecke, R. (2000) ‘Gasification of biomass: Comparison of fixed bed and fluidized bed gasifier’, *Biomass and Bioenergy*. Pergamon, 18(6), pp. 489–497. doi: 10.1016/S0961-9534(00)00009-X.