

**PENGARUH KOMPOSISI BIOMASSA BATOK KELAPA DAN
BATUBARA TERHADAP PERFORMA CO-GASIFIKASI REAKTOR
*BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

DENI DWI ROHMAD

D 200 130 129

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**“PENGARUH KOMPOSISI BIOMASSA BATOK KELAPA DAN
BATUBARA TERHADAP PERFORMA CO-GASIFIKASI REAKTOR
BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER”**

PUBLIKASI ILMIAH

Disusun oleh :

DENI DWI ROHMAD

D 200 130 129

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



(Nur Akli, ST., M.Eng)

HALAMAN PENGESAHAN

**“PENGARUH KOMPOSISI BIOMASSA BATOK KELAPA DAN
BATUBARA TERHADAP PERFORMA CO-GASIFIKASI REAKTOR
BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER”**

oleh :

DENI DWI ROHMAD

D 200 130 129

Telah disetujui dan dipertahankan dihadapan Dewan penguji

Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Sabtu, 3 Maret 2018

dan dinyatakan memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Nur Aklis, ST., M. Eng
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Tri Tjahjono, MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Subroto, MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan Fakultas Teknik

(.....)
(Ir. H. Sri Sunarjono, MT. Ph.D)

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 20 Januari 2018

Yang menyatakan,



DENI DWI ROHMAD

D 200 130 129

PENGARUH KOMPOSISI BIOMASSA BATOK KELAPA DAN BATUBARA TERHADAP PERFORMA CO-GASIFIKASI REAKTOR BUBBLING FLUIDIZED BED GASIFIER

Abstrak

Biomassa adalah salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjadi energi alternatif pengganti bahan bakar fosil. Bahan bakar biomassa mudah terbakar namun densitas rendah. Batubara memiliki *heating value* tinggi tapi memiliki kelemahan yaitu sulit untuk terbakar pada temperatur yang rendah. Salah satu konversi biomassa dan batubara adalah dengan metode co-gasifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa co-gasifikasi dengan menggunakan bahan campuran antara biomassa batok kelapa dan batubara subbituminus dengan parameter variasi komposisi bahan bakar. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *bubbling fluidized bed* dengan spesifikasi diameter reaktor 160mm, tinggi reaktor 1230mm. Variasi bahan bakar yang digunakan adalah (1) 66,7%:33,3% (2) 50%:50% (3) 33,3%:66,7%. Partikel bed yang digunakan adalah pasir silika dengan diameter rata-rata 0,385mm. Hasil penelitian dengan metode pendidihan air menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan bakar berpengaruh terhadap beberapa parameter yang memengaruhi kinerja suatu reaktor gasifikasi seperti: Pada campuran bahan bakar 66,7%:33,3% nyala api efektif dapat berlangsung selama 40 menit dengan efisiensi sebesar 22,918%. Untuk campuran bahan bakar 50%:50% nyala api efektif dapat berlangsung selama 58 menit dengan efisiensi 13,331%. Sedangkan campuran bahan bakar 33,3%:66,7% nyala api efektif dapat berlangsung selama 60 menit dengan efisiensi 9,433%.

Kata Kunci: *Biomassa, Batubara, Co-Gasifikasi, Bubbling Fluidized Bed.*

Abstract

Biomass is a renewable energy source which can be an alternative energy to replacement fossil fuels. Biomass is combustible fuel but low density. Coal has a high Heating Value but has a weakness of difficulty to burn at low temperatures. One of the conversion of biomass and charcoal is the co-gasification method using mixture of biomass coconut shell and subbituminous coal fuels with variation parameters of the composition. The reactor used is a fluidized bed bubbling reactor with a specification reactor diameter 160mm, Height 1230mm. The fuel variations used are (1) 66.7%:33.3% (2) 50%:50% (3) 33.3%:66.7%. The bed particles used are silica sand with an average diameter of 0.385mm. The results of the research by the boiling method of water show that the variation of fuel composition affects several parameters affecting the performance of a gasification reactor such as: In the fuel mixture 66.7%:33.3% effective flame can last for 40 minutes with an efficiency of 22.918%. For a fuel mixture 50%:50% effective flame can last for 58 minutes with an efficiency of 13.331%. While the fuel mixture 33.3%:66.7% of effective flame can last for 60 minutes with an efficiency of 9.433%.

Keywords: *Biomass, Charcoal, Co-Gasification, Bubbling Fluidized Bed*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini kebutuhan bahan bakar untuk energi di Indonesia tiap tahunnya tercatat semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan juga kemajuan industri. Cadangan minyak nasional semakin lama semakin menurun. Berdasarkan Outlook Energi Indonesia tahun 2015, konsumsi energi final di Indonesia meningkat 778 juta SBM (Setara Barel Minyak) pada tahun 2000 menjadi 1.211 juta SBM pada tahun 2013 atau tumbuh rata-rata sebesar 3,46% per tahun. Untuk mengantisipasi atau mengatasi krisis energi yang terjadi, diperlukan suatu usaha atau sumber-sumber energi alternatif baru yang lebih murah, berlimpah, dan dapat diperbaharui. Energi yang saat ini cukup banyak dikembangkan adalah Biomassa.

Diantara faktor yang penting, bentuk energi alternatif adalah biomassa. Energi alternatif ini sangat cocok dikembangkan di Indonesia. Merujuk pada melimpahnya sumber bahan bakar biomassa di Indonesia, salah satunya adalah batok kelapa yang sampai saat ini masih menjadi limbah dan masih sedikit pemanfaatannya sebagai potensi energi yang mudah di dapat khususnya di daerah pedesaan. Menurut catatan Badan Pusat Statistik (BPS), pada kurun waktu 4 tahun sejak 2012 sampai 2015, hasil perkebunan dibidang kelapa mencapai rata-rata 185,0725 Ton pertahunnya di Jawa Tengah. Dari statistik tersebut, biasanya diperoleh limbah batok kelapa sekitar 12% dari total produksi panen batok kelapa yang dihasilkan. Akan menjadi dampak negatif bagi lingkungan apabila batok kelapa tersebut tidak dapat diolah menjadi suatu yang lebih bermanfaat. Dengan mengadakan riset guna mengetahui kandungan kimia yang terdapat pada batok kelapa, bahan tersebut dapat di jadikan sumber energi alternatif melalui serangkaian proses.

Sampai saat ini pemanfaatan limbah batok kelapa hanya melalui pembakaran secara langsung atau dijadikan arang yang menghasilkan kalor. Pada proses pembakaran batok kelapa secara langsung masih kurang praktis dan menimbulkan polusi berlebih bagi lingkungan. Cara pemanfaatan limbah batok kelapa sebagai sumber energi yang lebih praktis dan meminimalisir

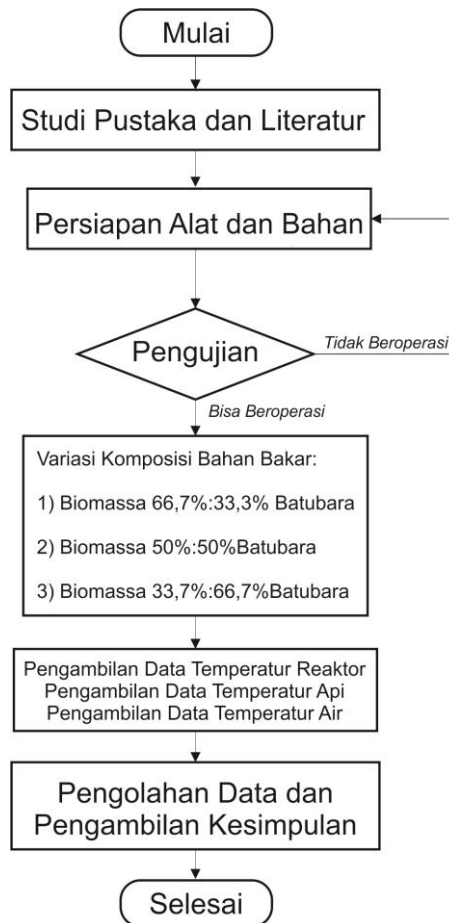
polusi adalah dengan mengonversi limbah batok kelapa menjadi gas yang dapat dilakukan dalam reaktor gasifikasi. Ada beberapa reaktor gasifikasi yang memiliki potensi untuk dikembangkan, salah satunya adalah reaktor gasifikasi jenis *fluidized bed*. *Fluidized bed* adalah teknologi kontak dengan proses fluidisasi. Proses fluidisasi adalah proses dimana benda padat halus (partikel) diubah menjadi fase yang berkelakuan seperti fluida cair melalui kontak dengan gas atau cairan (Kunni dan Levenspiel, 1969). Fenomena yang demikian akan terjadi pada media *fluidized bed*. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi fluidisasi diantaranya, ukuran partikel, densitas dan geometri, sistem distribusi gas dan kecepatan gas. Ukuran partikel bahan bakar akan berpengaruh terhadap kinerja dari reaktor tipe *fluidized bed*. Ukuran partikel dan jumlah lubang pada distributor udara berpengaruh terhadap diameter equivalen gelembung dimana semakin sedikit jumlah lubang cenderung menghasilkan ukuran gelembung lebih besar (Nur Akli, 2013). Aplikasi fluidisasi untuk reaktor gasifikasi penghasil *syngas* sudah dibuat oleh beberapa peneliti diantaranya, Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Kinerja *Fluidized Bed Gasifier* Pada Distributor Udara Jenis Nozel (Riskitianto, 2017).

Penggunaan dua jenis bahan bakar pada teknologi gasifikasi disebut dengan co-gasifikasi. Gasifikasi biomassa dan batubara yang memiliki karakteristik yang berbeda cukup menarik untuk diteliti. Batubara di satu sisi mempunyai kandungan *fixed carbon* yang tinggi namun tidak mudah terbakar pada suhu yang rendah, sedangkan biomassa memiliki kandungan *volatile matter* yang tinggi sehingga mudah terkonversi menjadi gas. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai co-gasifikasi pada reaktor *circulating fluidized bed gasifier* (Wijaya dkk 2017)

Hasil yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengetahui karakteristik yang dihasilkan dari proses co-gasifikasi dengan variasi komposisi bahan bakar. Dari latar belakang, maka rumusan masalahnya adalah “bagaimana pengaruh variasi komposisi bahan bakar biomassa dan batubara terhadap performa reaktor co-gasifikasi *fluidized bed gasifier*.”

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian erat kaitanya dengan prosedur, alat, serta desain penelitian yang akan dipergunakan dalam penelitian. Agar penelitian mengalir secara jelas, teratur dan sistematis, maka diperlukan tahapan-tahapan sebagai acuan dalam penelitian. Tahapan-tahapan inilah yang yang mempengaruhi mutu dan hasil dari penelitian. Berikut ini adalah tahapan dalam bentuk diagram agar mudah dipahami.

Studi literatur yang dilakukan adalah melalui skripsi-skripsi yang pernah ditulis sebelumnya mengenai proyek *fluidized bed gasifier*. Selain itu, dilakukan pula pendalaman materi melalui perkuliahan tentang gasifikasi dan juga jurnal-jurnal Internasional maupun Nasional. Studi literatur yang

dilakukan adalah melalui skripsi-skripsi yang pernah ditulis sebelumnya mengenai proyek *fluidized bed gasifier*. Mencari referensi atau studi pustaka tentang co-gasifikasi terutama pada reaktor tipe *bubbling fluidized bed gasifier*. Selain itu, dilakukan pula pendalaman materi melalui perkuliahan tentang gasifikasi dan juga jurnal-jurnal Internasional maupun Nasional.

Proses yang dilakukan selanjutnya adalah mempersiapkan alat dan bahan. Semua peralatan dalam penelitian *bubbling fluidized bed* dirangkai secara teliti agar tidak terjadi kesalahan, kemudian mempersiapkan bahan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir silika sebagai partikel *bed* dengan ukuran partikel mesh 40 sampai 50, metode untuk mengukur partikel *bed* ini adalah dengan metode ayakan. Biomassa batok kelapa dicacah secara manual hingga mendapatkan ukuran yang diinginkan. Biomassa dan batubara sebagai bahan bakar dipersiapkan dengan variasi komposisi yang berbeda.

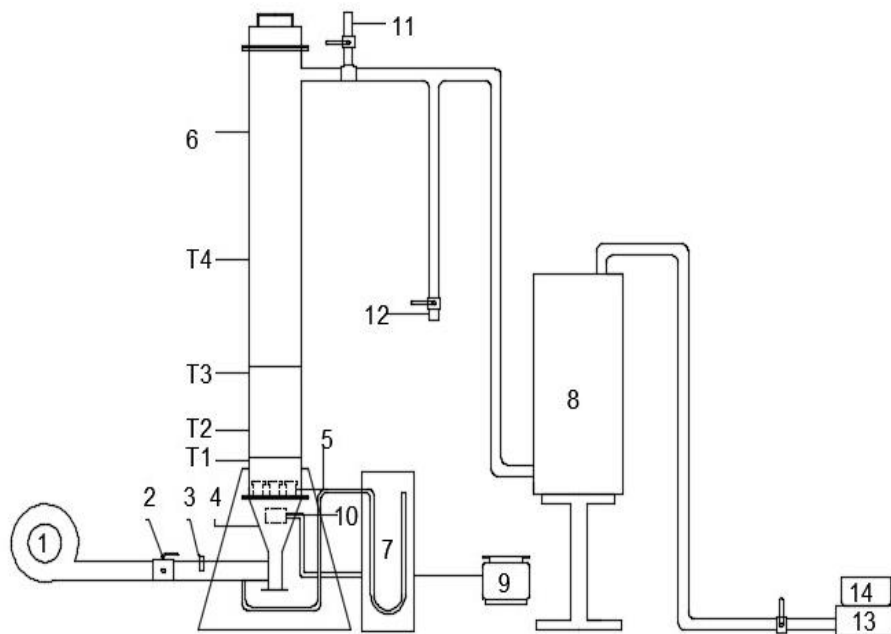
Setelah mendapatkan bahan yang akan digunakan kemudian dilanjutkan dengan uji coba alat dengan menggunakan reaktor *bubbling fluidized bed gasifier*. Pengujian dilakukan beberapa kali, namun tidak semua diambil datanya sebagai bahan penelitian. Sebagian pengujian ditujukan untuk melihat pengaruh fluidisasi, sebagian lagi hanya untuk memastikan semua alat berjalan dengan benar sebelum pengujian dan pengambilan data dilakukan. Pengujian yang diambil datanya dilakukan tiga kali, masing masing dengan variasi komposisi biomassa. Parameter reaktor dapat beroperasi atau tidak diketahui dari apakah kompor yang digunakan untuk menguji hasil gas dapat menyala.

Percobaan dimulai dengan memasukan pasir silika ke dalam reaktor untuk mencari kecepatan minimum fluidisasi. Selanjutnya pasir silika dibakar dengan menggunakan *burner* diiringi dengan penyalaan *blower* yang telah di setting sesuai dengan kecepatan minimum fluidisasi. Temperatur dalam reaktor diukur setiap 5 menit pada 4 titik pengukuran. Titik yang pertama (T_1) adalah temperatur pada pasir silika, titik kedua dan ketiga adalah temperatur pada bahan bakar (T_2 dan T_3) dan titik keempat adalah *freeboard/riser* (T_4). Gas hasil pembakaran dari biomassa batok kelapa dan batubara keluar

melalui pipa menuju tabung *filter*, kemudian dialirkan kembali melalui pipa menuju kompor modifikasi, kemudian dilakukan pengukuran temperatur titik api, mengukur gas gas yang keluar dari kompor pada kondisi awal api menyala sampai mati. Pengukuran temperatur pendidihan air dilakukan setiap 5 menit. Data yang diambil meliputi temperatur rata-rata reaktor, temperatur titik api, dan temperatur pendidihan air. Percobaan dilakukan dengan variasi komposisi campuran bahan bakar biomassa batok kelapa dan batubara yang berbeda yaitu dengan menggunakan komposisi campuran biomassa batok kelapa 63,7%:33,3% batubara, biomassa batok kelapa 50%:50% batubara dan biomassa batok kelapa 33,3%:66,7% batubara.

Pengujian yang diambil datanya dilakukan tiga kali, masing masing dengan variasi komposisi biomassa. Pengujian variasi pertama dilakukan pada tanggal 9 September 2017, pengujian ini dilakukan dengan komposisi biomassa batok kelapa 1 kg dan batubara 0,5 kg. Pengujian kedua dilakukan pada tanggal 12 September 2017, pengujian ini dilakukan dengan komposisi biomassa batok kelapa 0,75 kg dan batubara 0,75 kg. Pengujian terakhir dilakukan pada tanggal 13 September 2017, pengujian ini dilakukan dengan komposisi biomassa batok kelapa 0,5 kg dan batubara 1 kg. Pada semua percobaan ini, suplai udara yang digunakan adalah konstan 5 m/s^2 dan pasir 800 ml. Pemanasan awal temperatur reaktor adalah 400°C . proses selanjutnya dengan mencampur batok kelapa dengan batubara dan dimasukkan ke dalam ruang bakar sekaligus.

Pengambilan data dicatat setiap 5 menit sekali pada setiap titik termokopel yang terpasang. Data yang diambil sebagai bahasan pada penelitian ini adalah tiga percobaan variasi komposisi bahan bakar. Ketiga percobaan ini menggunakan komposisi bahan bakar yang berbeda, sehingga dalam penelitian ini dianalisis pengaruh komposisi bahan bakar pada percobaan co-gasifikasi tersebut.



Gambar 2. Intalasi Penelitian

Keterangan :

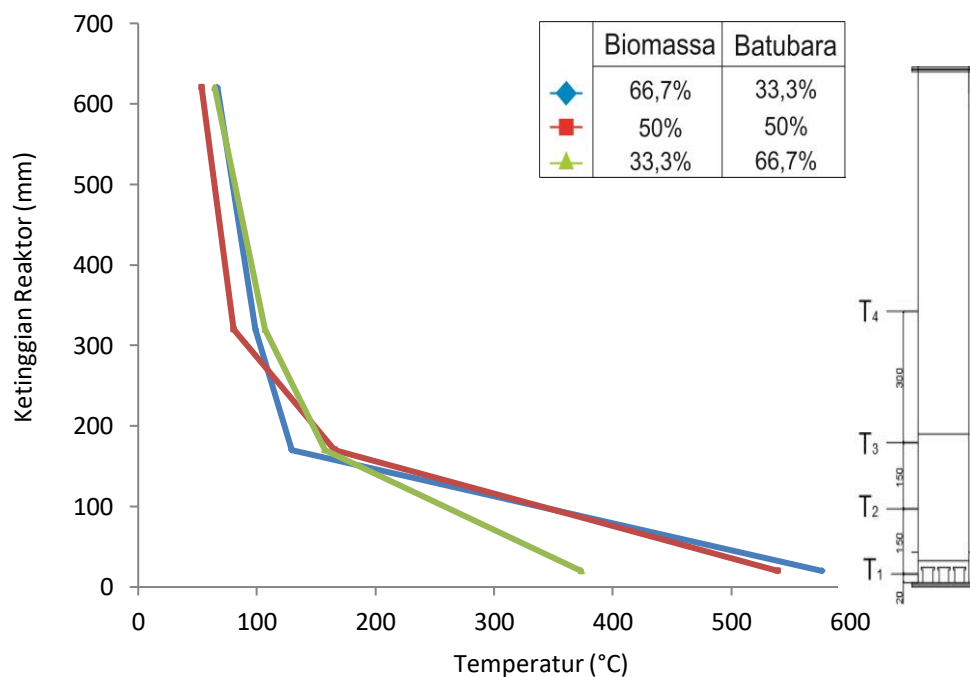
- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1) <i>Blower</i> | 8). <i>Filter</i> |
| 2) Katup Pengatur Udara | 9). Tabung Lpg |
| 3) <i>Anemometer</i> | 10). <i>Burner</i> |
| 4) <i>Plenum</i> | 11). Saluran Buang |
| 5) <i>Distributor</i> | 12). Pembuangan Tar |
| 6) Reaktor Gasifikasi | 13). Kompor |
| 7) <i>Manometer U</i> | 14). Panci Air |

Untuk alat pelengkap yang digunakan pada penelitian ini diantaranya timbangan, stopwatch, termometer, dan gelas ukur. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu batubara yang telah dihancurkan untuk mendapatkan ukuran yang sekecil mungkin dan limbah batok kelapa yang dicacah secara manual dengan ukuran batok kelapa < 50 mm. Bahan yang digunakan untuk membantu mempercepat temperatur operasi reaktor agar mencapai titik operasi yang diinginkan pada penelitian ini adalah arang kayu. Tiap satu kali proses pembakaran menggunakan 1,5 kg campuran biomassa batok kelapa dan batubara, serta tambahan 0,5 kg arang kayu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Temperatur Rata-rata Reaktor

Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan temperatur rata-rata reaktor dari ketiga variasi komposisi bahan bakar dengan laju aliran udara 0,01179 kg/s dan temperatur awal pengoperasian 400°C. Jarak termokopel $T_1 = 20\text{mm}$, termokopel $T_2 = 170\text{mm}$, Termokopel $T_3 = 320\text{mm}$ dan Termokopel $T_4 = 620\text{mm}$ diatas distributor. Termokopel T_1 mengukur temperatur pasir sebagai penghantar panas ke bahan bakar. Termokopel T_2 dan termokopel T_3 mengukur temperatur bahan bakar. Termokopel T_4 mengukur temperatur riser.



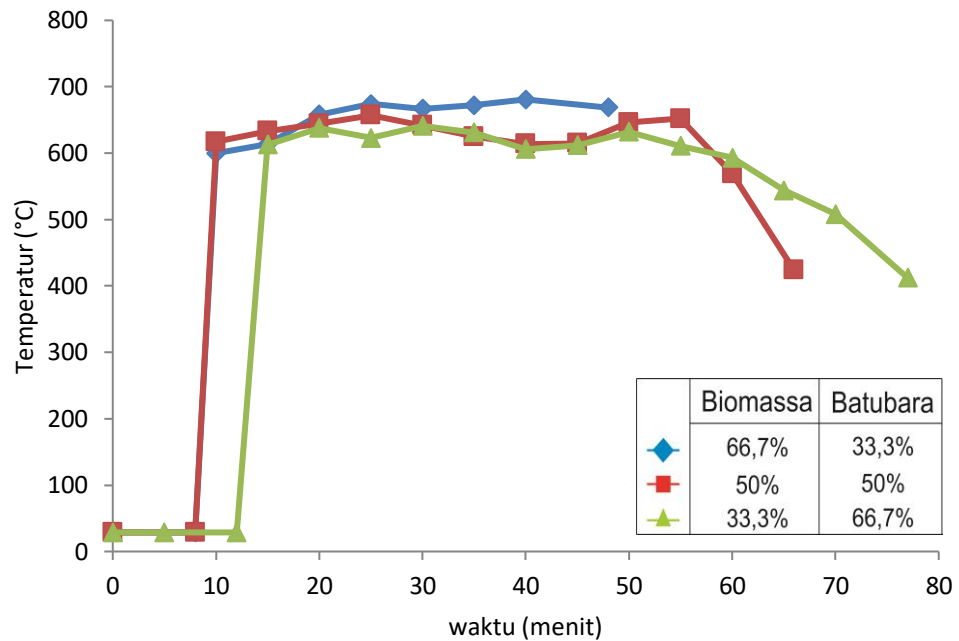
Gambar 3. Profil Temperatur Rata-rata Reaktor

Temperatur paling tinggi berada pada variasi biomassa 66,7%:33,3% batubara, campuran biomassa yang lebih dominan membuat temperatur termokopel T_1 menjadi tinggi, hal ini dikarenakan karakteristik dari biomassa yang mudah terbakar dibandingkan dengan batubara.

Termokopel T_1 pada variasi biomassa 33,3%:66,7% batubara dengan temperatur awal pengoperasian 400°C, turun menjadi 373,34°C, hal ini

disebabkan rendahnya temperatur pengoperasian menjadikan batubara sulit untuk terbakar, sehingga membuat temperatur pada variasi dengan komposisi batubara paling banyak ini turun karena pembebanan pembakaran.

3.2 Temperatur Nyala Api



Gambar 4. Grafik Perbandingan Temperatur Nyala Api

Gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan temperatur nyala api dari ketiga variasi komposisi biomassa dengan laju aliran udara 0,01179 kg/s. Pada variasi komposisi bahan bakar batok kelapa 66,7%:33,3% batubara, api menyala pada menit ke 8. Temperatur api tertinggi terjadi pada menit ke 40 dengan temperatur 681°C, nyala api dapat bertahan selama 40 menit. Pada variasi komposisi batok kelapa 50%:50% batubara, api menyala pada menit ke 8. Temperatur nyala tertinggi terjadi pada menit ke 24 dengan temperatur 657°C, nyala api dapat bertahan selama 58 menit. Pada variasi komposisi batok kelapa 33,3%:66,7% batubara, api menyala pada menit ke 12. Temperatur nyala tertinggi terjadi pada menit ke 33 dengan temperatur 641°C, api dapat bertahan selama 65 menit.

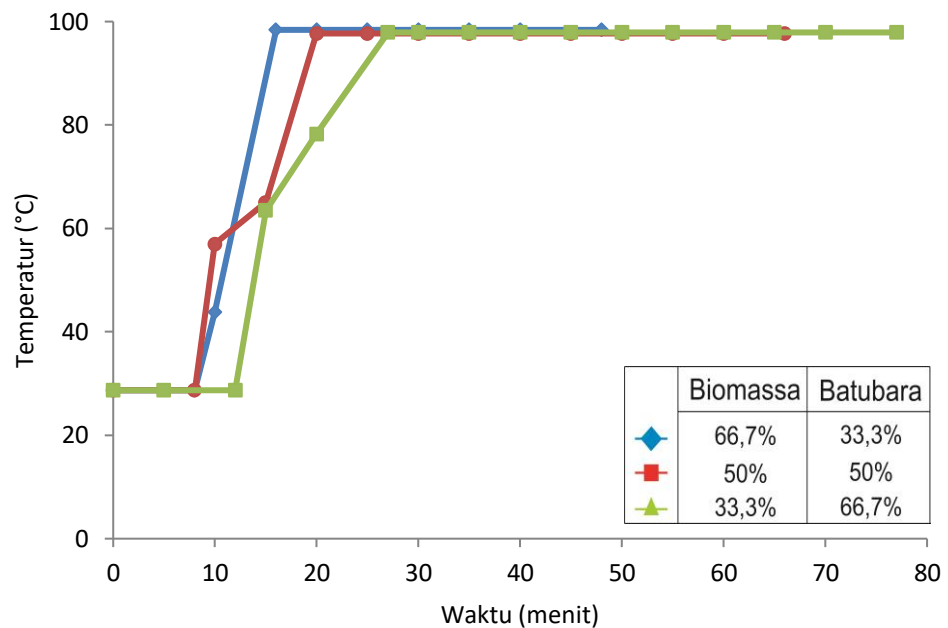
Temperatur api tertinggi pada variasi komposisi biomassa 66,7%:33,3% dengan temperatur 681°C. Perbandingan temperatur nyala api dari ketiga

variasi komposisi bahan bakar relatif stabil. Pada variasi komposisi biomassa 33,3%:66,7% batubara, api mulai menyala menit ke 12, lebih lama dibandingkan kedua variasi lainnya, hal ini dikarenakan lambatnya proses pembakaran pada batubara dengan temperatur operasi yang rendah.

3.3 Waktu Pendidihan Air

Dari gambar 5 dapat diketahui bahwa temperatur mula-mula air sebelum dipanaskan adalah 28,7°C kemudian dipanaskan hingga mencapai titik didih air. Pada campuran bahan bakar biomassa 66,7%:33,3% batubara, api menyala pada menit ke 8 dan berakhir pada menit ke 48. Waktu yang dipakai untuk mendidihkan air sebanyak 1000ml adalah 8 menit. Pada percobaan ini volume air setelah dipanaskan adalah 120ml. Pada komposisi biomassa batok kelapa 50%:50% batubara, api menyala pada menit ke 8 dan berakhir pada menit ke 66. Waktu yang dipakai untuk mendidihkan air sebanyak 1000ml adalah 12 menit. Pada percobaan ini volume air setelah dipanaskan adalah 250ml. Pada komposisi biomassa batok kelapa 33,3%:66,7% batubara, api menyala pada menit ke 12 dan berakhir pada menit ke 77. Waktu yang dipakai untuk mendidihkan air sebanyak 1000ml adalah 15 menit. Pada percobaan ini volume air setelah dipanaskan adalah 300ml.

Pendidihan air paling cepat berada pada variasi bahan bakar dengan biomassa 66,7%:33,3% batubara, namun nyala api efektif pada campuran ini hanya bertahan selama 40 menit, lebih singkat dibandingkan dengan variasi lainnya. Semakin dominan batubara pada setiap campuran, akan semakin lama pula api akan bertahan, hal ini dikarenakan kandungan nilai karbon yang tinggi pada batubara.

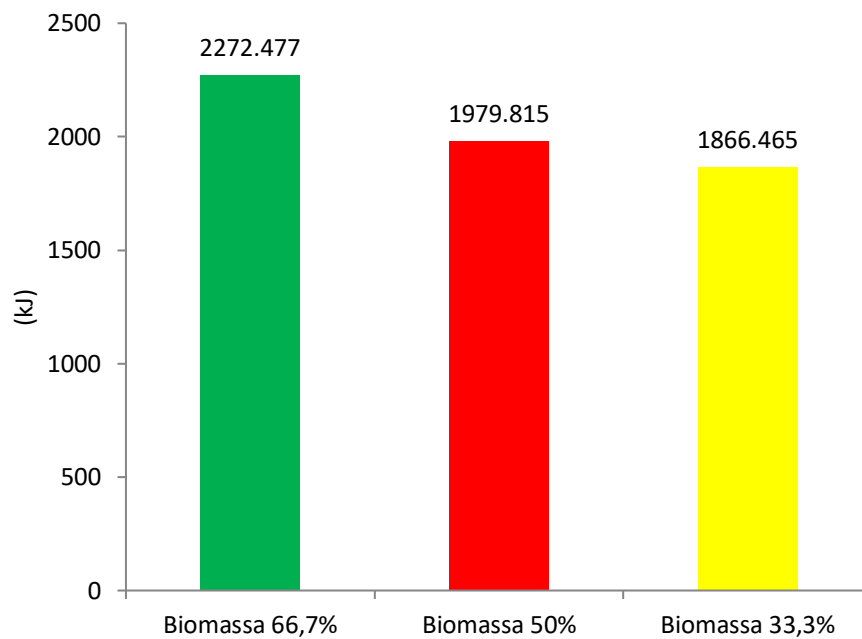


Gambar 5. Grafik Perbandingan Pendidihan Air

3.4 Nilai Kalor

Gambar grafik 6 menunjukkan nilai kalor pada masing-masing variasi biomassa. Variasi biomassa 66,7%:33,7% batubara menghasilkan kalor paling tinggi yaitu 2272,477kJ. Pada percobaan variasi komposisi biomassa 50%:50% batubara, nilai kalornya sebesar 1979,815kJ. Pada percobaan variasi komposisi biomasa 33,7%:66,7% menghasilkan kalor yang paling rendah 1866,465kJ.

Pada penelitian dengan komposisi biomassa kayu 70%:30% batubara (I Ketut Wiyana, 2015) didapatkan hasil yang cenderung serupa dengan komposisi bahan bakar komposisi biomassa 66,7%:33,7% batubara ini, dimana gas yang mampu terbakar dengan nilai kalor paling tinggi berada di campuran biomassa yang lebih besar dibandingkan dengan batubara.

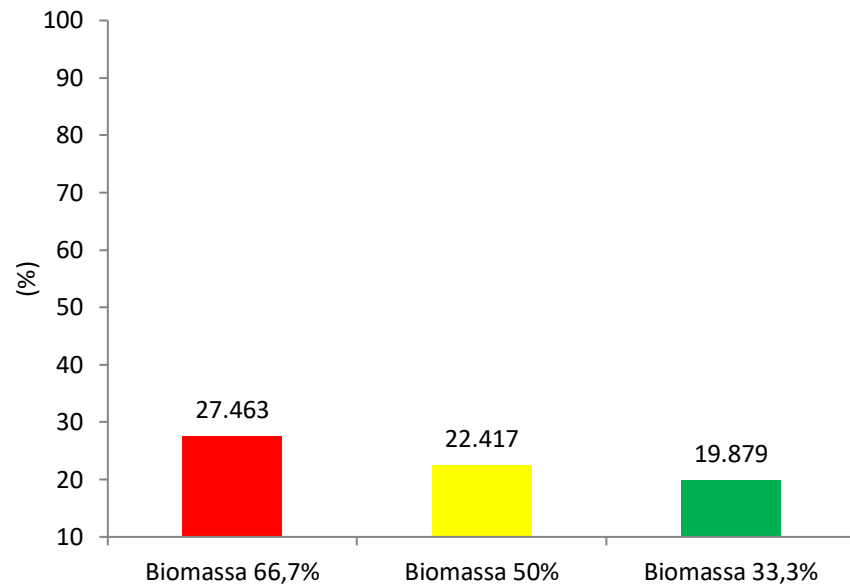


Gambar 6. Grafik Nilai Kalor

Temperatur operasi yang rendah pada pengujian ketiga variasi ini menyebabkan batubara sulit untuk terbakar, sehingga nilai kalor yang dihasilkan paling tinggi pada variasi yang lebih sedikit batubaranya.

3.5 Efisiensi

Gambar 7 menunjukkan nilai efisiensi yang dihasilkan dari variasi komposisi biomassa dan batubara. Pada variasi komposisi biomassa 66,7%:33,3% batubara didapatkan efisiensi sebesar 27,463% kemudian pada variasi komposisi biomassa 50%:50% batubara didapatkan efisiensi sebesar 22,417% dan pada variasi komposisi biomassa 33,3%:66,7% batubara didapatkan efisiensi sebesar 19,879%.



Gambar 7. Grafik Efisiensi

Besarnya efisiensi merupakan perbandingan antara nilai kalor yang dihasilkan dengan nilai kalor pada biomassa dan presentasinya dijumlah dengan nilai kalor dari batubara dan presentasinya. Sehingga akan didapatkan nilai efisiensi tertinggi pada nilai kalor yang tertinggi pula.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa pembahasan data dan hasil pengujian campuran bahan bakar biomassa dan batubara terhadap gas yang dihasilkan dari reaktor gasifikasi didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pengaruh komposisi campuran bahan bakar biomassa batok kelapa dan batubara terhadap hasil gas yang dihasilkan dari reaktor *bubbling fluidized bed gasifier* adalah sebagai berikut. Pada variasi campuran bahan bakar biomassa 66,7%:33,3% batubara dapat menghasilkan gas selama 40 menit. Pada variasi campuran bahan bakar biomassa 50%:50% batubara dapat menghasilkan gas selama 48 menit. Pada

variasi campuran bahan bakar biomassa 33,3%:66,7% batubara dapat menghasilkan gas selama 65 menit.

- 2) Waktu paling singkat untuk mendidihkan air berada pada variasi bahan bakar biomassa 66,7%:33,3% batubara dengan waktu 8 menit.
- 3) Nilai kalor paling tinggi dihasilkan oleh variasi komposisi bahan bakar biomassa 66,7%:33,3% batubara dengan nilai kalor sebesar 2272,477kJ.
- 4) Prosentase efisiensi termal yang paling bagus adalah efisiensi pada komposisi bahan bakar biomassa 66,7%:33,3% batubara sebesar 22,918%

4.2 Saran

Adapun saran untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) sebelum dimasukan ke dalam reaktor, batok kelapa dipotong-potong untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan. Memotong cangkang kelapa secara manual dengan palu sangat membuang waktu yang tidak perlu, sehingga diperlukan mesin pencacah agar lebih efektif.
- 2) Perlu meningkatkan kapasitas burner agar pemanasan operasi awal tidak memakan waktu yang lama.
- 3) Pencatatan hasil percobaan masih menggunakan cara manual yang memerlukan konsentrasi tinggi. Oleh karena itu diperlukan *data logger* dan *data aquisition* yang dihubungkan ke komputer agar mempermudah untuk mencatat data percobaan secara otomatis dan kesalahan dapat diminimalisir.
- 4) Sistem pemasukan bahan bakar masih menggunakan metode sekali masuk, pemasangan *feedstock* dan juga *screwfeeder* diperlukan untuk modifikasi alat agar menjadi sistem kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

2005. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005 - 2025*. Jakarta : Republik Indonesia, 2005.

Fluidization Engineering. Edisi 1. **1969**. New York : Kunii. D. and Levenspiel. O, 1969.

Hasil Perkebunan Kelapa Indonesia. **2015**. s.l. : Badan Pusat Statistik 2015, 2015.

Outlook Energi Indonesia. **BPPT. 2015**. 2015, Pengembangan Energi Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan, hal. 105.

Pengaruh Komposisi Biomassa dan Batubara Terhadap Performansi Co-Gasifikasi Sirkulasi Fluidized Bed. **I Ketut Wijaya, dkk. 2017**. Universitas Udayana, Bali : s.n., 2017.

Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Kinerja Fluidized Bed Gasifier Pada Distributor Udara Jenis Nozle . **Purnomo, Rizkitianto Dwi Hadi. 2017**. Surakarta : s.n., 2017.

Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Lubang Distributor Udara Terhadap Karakteristik Gelembung Pada Bubbling Fluidized Bed Dengan Variasi Partikel Bed. **Aklis, Nur. 2013**. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta : s.n., 2013.