

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA PRIMER DAN
PENAMBAHAN UDARA PADA REAKTOR KOMPOR GASIFIKASI
SEKAM PADI METODE *TOP-LIT UP DRAFT* DENGAN PERBEDAAN
DIAMETER SILINDER REAKTOR**



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

Oleh :

RIFKI ARYA WIGUNA

NIM : D 200 15 0283

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA PRIMER DAN PENAMBAHAN UDARA PADA REAKTOR KOMPOR GASIFIKASI SEKAM PADI METODE *TOP-LIT UP* DRAFT DENGAN PERBEDAAN DIAMETER SILINDER REAKTOR

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

RIFKI ARYA WIGUNA
D 200 15 0283

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

Wijianto, S.T., M.Eng.Sc.

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA
PRIMER DAN PENAMBAHAN UDARA PADA REAKTOR
KOMPOR GASIFIKASI SEKAM PADI METODE *TOP-LIT UP*
DRAFT DENGAN PERBEDAAN DIAMETER SILINDER
REAKTOR**

oleh:

RIFKI ARYA WIGUNA
D 200 15 0283

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 15 Februari 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Wijianto, S.T., M.Eng.Sc.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Subroto, MT.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Sartono Putro, MT.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunrjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

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, 15 Februari 2017

Penulis



RIFKI ARYA WIGUNA

D 200 15 0283

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA PRIMER DAN
PENAMBAHAN UDARA PADA REAKTOR KOMPOR GASIFIKASI
SEKAM PADI METODE *TOP-LIT UP DRAFT* DENGAN PERBEDAAN
DIAMETER SILINDER REAKTOR**

Abstrak

Salah satu pemanfaatan energi biomasa untuk mengurangi emisi udara adalah dengan penggunaan kompor gasifikasi metode TLUD. Penambahan jumlah udara dan perbedaan diameter pada reaktor merupakan salah satu improvisasi desain kompor masak gasifikasi metode TLUD yang digunakan pada kompor dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan temperatur nyala api, waktu nyala efektif, dan menghitung efisiensi termal pada kompor gasifikasi metode TLUD dengan perbedaan diameter silinder dalam reaktor. Pengujian dilakukan dengan mengambil data temperatur nyala api dan temperatur pendidihan air setiap 30 detik pada variasi kecepatan aliran udara primer (8 m/s, 10 m/s, 12 m/s) tanpa penambahan udara dan dengan penambahan udara 2.5 m/s pada dinding reaktor kompor masak gasifikasi metode TLUD. Waktu total operasi dicatat pada setiap pengujian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Temperatur nyala api rata-rata tertinggi didapatkan pada variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s. Semakin tinggi kecepatan aliran udara primer maka semakin sedikit waktu nyala efektif yang dihasilkan. Efisiensi termal terbaik diperoleh pada pengujian variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s dengan penambahan udara 2.5 m/s pada dinding reaktor.

Kata kunci: Gasifikasi, Top-Lit Up Draft, Kompor Gasifikasi, Sekam Padi.

Abstract

One of the utilization of biomass energy to reduce air emissions is to use gasification stove TLUD method. The addition amount of air and the difference in the diameter on the reactor is one of the improvisation of cook stoves gasification TLUD methods design used on the stove in this study. The purpose of this study was to describe the temperature of the flame, time flame effective, and calculate the thermal efficiency of the gasification stove TLUD methods with the differences of the diameter of inner cylinder of the reactor. Testing is done by taking data of the temperature of flame and temperature of boiling water every 30 seconds in the variation of the flow rate of primary air (8 m/s, 10 m/s, 12 m/s) without the addition of air and with the addition of air 2.5 m/s on the reactors wall of gasification cook stoves TLUD method. Total operating time is recorded on each test. The results of this study showed that the highest average temperature is at 10 m/s. The higher the speed of primary air flow the less time flame effective is produced. Thermal efficiency is best obtained on testing variations of the primary air flow velocity of 10 m / s with the addition of air 2.5 m / s at the reactor wall.

Key words: Gasification, Top-Lit Up Draft, Gasification Stove, Rice Husk.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang bersumber pada bahan biologis dari organisme yang belum lama mati (dibandingkan dengan bahan bakar fosil). Biomassa sering disebut sebagai *bioresource*. Basis sumber daya biomassa meliputi ribuan spesies tanaman, daratan dan lautan, berbagai sumber pertanian, perhutanan, dan residu proses industri. Sumber daya biomassa dapat diperbaharui sehingga energi biomassa merupakan energi yang terbarukan.

Pada jaman dahulu, pemanfaatan biomassa masih menggunakan tungku tradisional sederhana yang menyebabkan masalah pada kesehatan. Teknologi-teknologi baru mengenai pemanfaatan biomassa segera bermunculan untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu teknologi tersebut adalah proses gasifikasi dengan metode TLUD.

TLUD (*Top-Lit Up Draft*) merupakan suatu metode teknologi semi-gasifikasi. Proses gasifikasi dengan metode TLUD dapat menghasilkan lebih sedikit emisi yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Di masa ini telah banyak penerapan metode TLUD pada kompor masak gasifikasi dengan berbagai desain. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan kinerja kompor masak gasifikasi yang terbaik.

Bahan bakar untuk kompor masak gasifikasi sekam padi metode TLUD dapat bermacam-macam. Salah satu bahan bakar yang dapat digunakan adalah sekam padi. Sekam padi sering diartikan sebagai bahan buangan atau limbah penggilingan padi, keberadaannya cenderung meningkat yang mengalami proses penghancuran secara alami dan lambat, sehingga dapat mengganggu lingkungan juga kesehatan manusia. Akan tetapi, sekam padi memiliki kerapatan jenis (*bulk density*) 125 kg/m³, dengan nilai kalori 1 kg sekam padi sebesar 3300 k.kalori dan ditinjau dari komposisi kimiawi, sekam mengandung karbon (zat arang) 1,33%, hydrogen 1,54%, oksigen 33,645, dan Silika (SiO₂) 16,98%, artinya sekam dapat dimanfaatkan sebagai bahan

baku industri kimia dan sebagai sumber energi panas untuk keperluan manusia.

Penambahan jumlah udara pada reaktor kompor dan perbedaan diameter reaktor merupakan improvisasi desain kompor masak gasifikasi sekam padi metode TLUD pada kompor yang digunakan dalam penelitian ini. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan kinerja terbaik dari kompor masak gasifikasi sekam padi metode TLUD yang digunakan. Oleh karena itu, pada penelitian ini, peneliti perlu melakukan pengukuran temperatur nyala api dan pencatatan waktu nyala efektif pada kompor yang digunakan.

1.2. Tujuan

1. Untuk mendiskripsikan pengaruh variasi kecepatan aliran udara primer dan penambahan udara pada reaktor terhadap temperatur nyala api pada kompor gasifikasi dengan metode TLUD;
2. Untuk mendiskripsikan pengaruh variasi kecepatan aliran udara primer dan penambahan udara pada reaktor terhadap waktu nyala efektif pada kompor gasifikasi dengan metode TLUD;
3. Untuk mendiskripsikan pengaruh variasi kecepatan aliran udara primer dan penambahan udara pada reaktor terhadap efisiensi termal pada kompor gasifikasi dengan metode TLUD.

1.3. Batasan Masalah

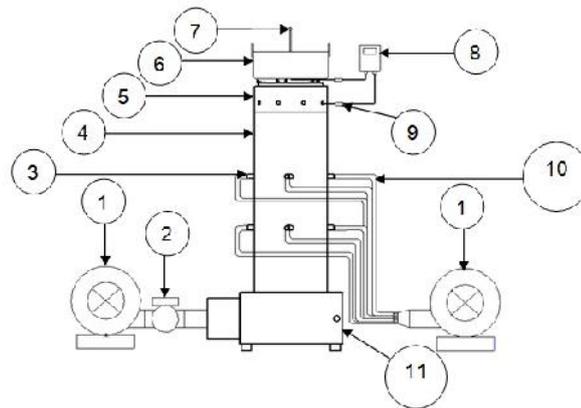
Adapun batasan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bahan bakar yang digunakan adalah sekam padi dengan massa 1.5 kg dan mesh 20;
2. Kompor yang digunakan adalah kompor gasifikasi TLUD dengan penambahan udara dan perbedaan diameter pada dinding reaktor;
3. Bahan isolator yang digunakan adalah tanah liat tahan api;
4. Variasi kecepatan aliran udara primer adalah 8, 10, dan 12 m/s;
5. Kecepatan udara yang ditambahkan pada reaktor adalah 2,5 m/s;
6. Lingkungan berada pada tekanan 1 atm;

7. Nilai yang diambil dalam penelitian ini adalah temperatur nyala api, waktu nyala efektif dan efisiensi termal;
8. Pada penelitian ini tidak membahas mengenai stokiometri pembakaran bahan bakar dengan udara dan jenis aliran yang masuk ke dalam reaktor;
9. Pada penelitian ini tidak membahas perhitungan dan pergerakan perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan



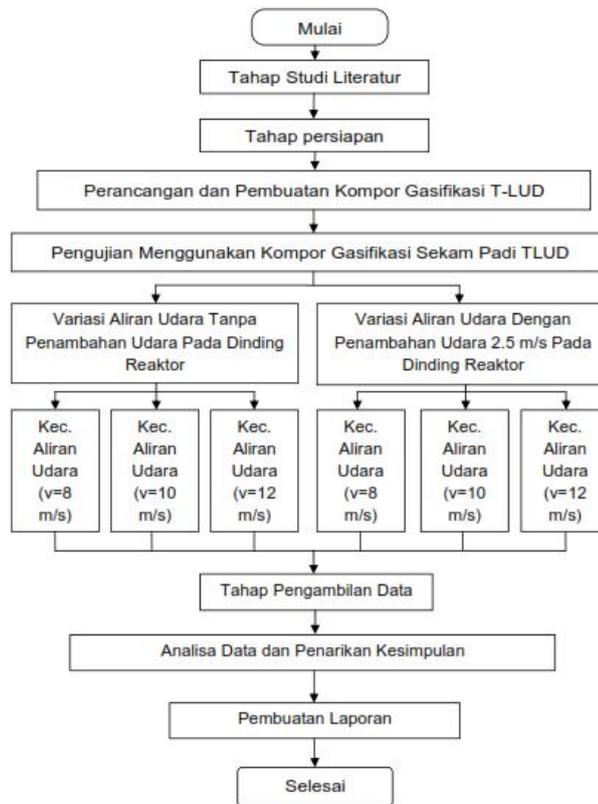
Gambar 1. Alat penelitian

Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Blower</i> 2 inchi | 7. Termometer |
| 2. Katup Pengatur | 8. <i>Thermocouple reader</i> |
| 3. Pipa penyuplai udara tambahan | 9. <i>Sensor Thermocouple</i> |
| 4. Reaktor | 10. Selang penyuplai udara tambahan |
| 5. <i>Burner</i> | 11. <i>Char chamber</i> |
| 6. Panci Air | |

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Sekam Padi.

2.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

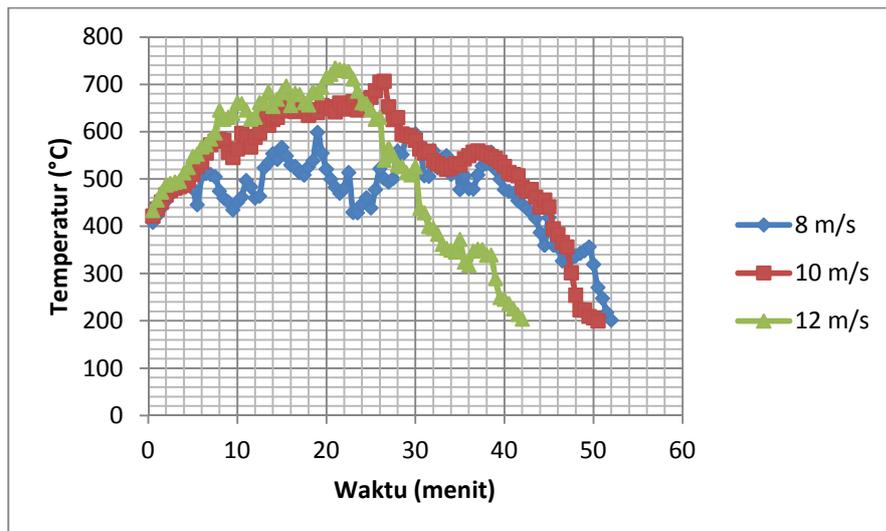
2.3. Tahapan Penelitian

- Mengatur kecepatan *blower* yang digunakan sebagai penyuplai aliran udara primer sesuai variasi yang telah ditentukan;
- Menutup lubang-lubang pada reaktor untuk pengujian tanpa penambahan udara dan membuka lubang-lubang tersebut untuk dialiri udara tambahan pada pengujian dengan penambahan udara;
- Memasang alat-alat penelitian sesuai dengan instalasi pengujian;
- Memasukkan sekam padi yang telah diukur massanya (1.5 kg) ke dalam *gasifier*;
- Membakar permukaan bagian atas sekam padi dengan menggunakan bensin sebagai penyalaan awal;
- Menyalakan *blower* sebagai penyuplai udara primer;

- g. Mencabut selang tambahan udara dan menutup lubang saluran udara pada reaktor ketika bara api sudah merata pada permukaan sekam padi pada pengujian dengan penambahan udara 2.5 m/s.
- h. Mencatat data waktu, temperatur nyala api dan temperatur air setiap 30 detik dari total waktu operasional tungku;
- i. Menimbang arang hasil pembakaran sekam padi;
- j. Mengulangi pengujian dengan variasi kecepatan aliran udara primer yang telah ditentukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perbandingan Temperatur Nyala Api Terhadap Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Tanpa Penambahan Udara Pada Dinding Reaktor



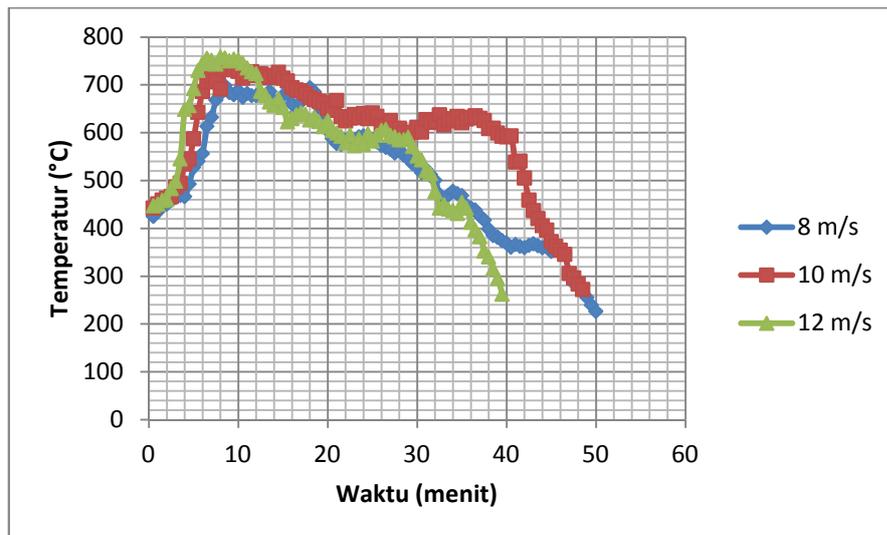
Grafik 1. Perbandingan Temperatur Nyala Api Terhadap Waktu Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Tanpa Penambahan Udara Pada Dinding Reaktor

Grafik 1. menunjukkan bahwa temperatur nyala api rata-rata pada variasi kecepatan aliran udara primer 8, 10, dan 12 m/s secara berurutan adalah 470.08, 540.43, dan 533.28°C. Temperatur nyala api rata-rata tertinggi didapatkan pada variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s. Hal tersebut karena dari grafik variasi kecepatan aliran udara primer 10

m/s tanpa penambahan udara pada dinding reaktor memiliki luasan yang paling besar diantara variasi kecepatan udara primer yang lain.

Waktu nyala efektif variasi kecepatan aliran udara primer 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s secara berurutan adalah 52 menit 41 detik, 50 menit 63 detik, 42 menit 17 detik. Hal ini sejalan dengan teori yang menyebutkan bahwa semakin banyak udara yang disuplai maka semakin cepat pergerakan kebawah dari bahan bakar yang terbakar. Sehingga, semakin tinggi kecepatan aliran udara primer tanpa penambahan udara maka semakin sedikit total waktu yang diperlukan untuk membakar bahan bakar.

3.2. Perbandingan Temperatur Nyala Api Terhadap Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Dengan Penambahan Udara 2.5 m/s Pada Dinding Reaktor



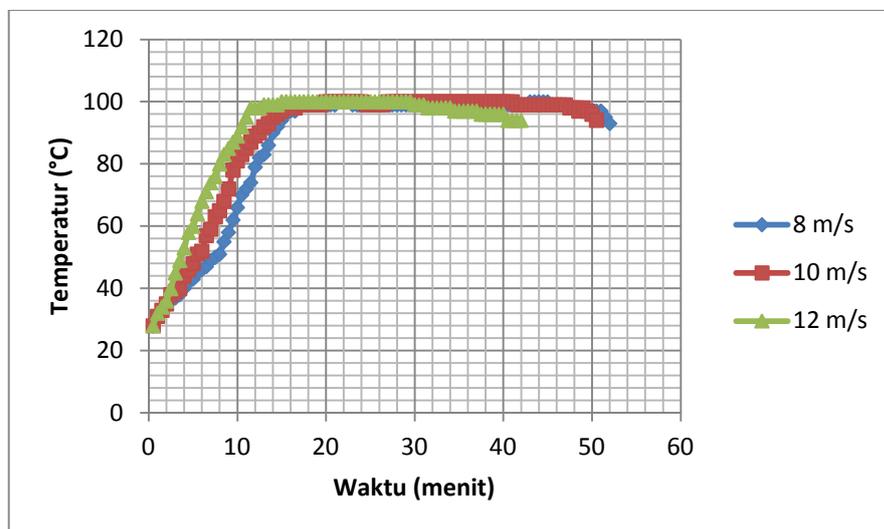
Grafik 2. Perbandingan Temperatur Nyala Api Terhadap Waktu Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Dan Penambahan Udara 2.5 m/s Pada Dinding Reaktor

Grafik 2. menunjukkan bahwa temperatur nyala api rata-rata pada variasi kecepatan aliran udara primer 8, 10, dan 12 m/s dengan penambahan udara 2.5 m/s pada dinding reaktor secara berurutan adalah 514, 596.16, dan 579.58°C. Temperatur nyala api rata-rata tertinggi

didapatkan pada variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s dengan penambahan udara 2.5 m/s. Hal tersebut karena dari grafik variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s dengan penambahan udara 2.5 m/s memiliki luasan yang paling besar diantara variasi kecepatan udara primer yang lain.

Waktu nyala efektif variasi kecepatan aliran udara primer 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s dengan penambahan udara 2.5 m/s secara berurutan adalah 50 menit 24 detik, 48 menit 66 detik, 39 menit 76 detik. Hal ini sejalan dengan teori yang menyebutkan bahwa semakin banyak udara yang disuplai maka semakin cepat pergerakan kebawah dari bahan bakar yang terbakar. Sehingga, semakin tinggi kecepatan aliran udara primer dengan penambahan udara 2.5 m/s maka semakin sedikit total waktu yang diperlukan untuk membakar bahan bakar.

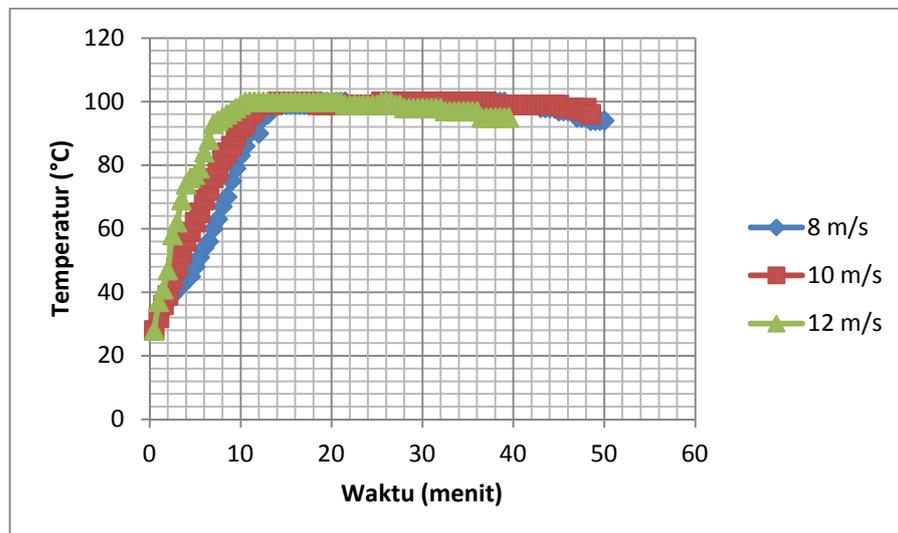
3.3. Perbandingan Temperatur Pendidihan Air terhadap Waktu Dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer tanpa Penambahan Udara Pada Dinding Reaktor



Grafik 3. Perbandingan Temperatur Pendidihan Air terhadap Waktu dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer dengan Penambahan Udara Pada Dinding Reaktor

Pada penelitian ini air mendidih pada temperatur 100°C. Grafik 3. menunjukkan bahwa dengan kecepatan aliran udara primer 8 m/s waktu yang tercatat saat air mendidih adalah pada menit ke 21 lebih 30 detik. Pada kecepatan aliran udara primer 10 m/s waktu yang tercatat saat air mendidih adalah pada menit ke 20. Pada kecepatan aliran udara primer 12 m/s waktu yang tercatat saat air mendidih adalah pada menit ke 18.

3.4. Perbandingan Temperatur Pendidihan Air Terhadap Waktu dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer dengan Penambahan Udara 2.5 m/s Pada Dinding Reaktor



Grafik 4. Perbandingan Temperatur Pendidihan Air terhadap Waktu dengan Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer dengan Penambahan Udara Pada Dinding Reaktor

Pada penelitian ini air mendidih pada temperatur 100°C. Grafik 4. menunjukkan bahwa dengan kecepatan aliran udara primer 8 m/s waktu yang tercatat saat air mendidih adalah pada menit ke 18. Pada kecepatan aliran udara primer 10 m/s waktu yang tercatat saat air mendidih adalah pada menit ke 14. Pada kecepatan aliran udara primer 12 m/s waktu yang tercatat saat air mendidih adalah pada menit ke 10 lebih 30 detik.

3.5. Hasil Perhitungan

Pada penelitian ini telah dilakukan perhitungan kalor sensibel, kalor laten, dan efisiensi termal. Sampel perhitungan kalor sensibel pada variasi kecepatan aliran udara 8 m/s tanpa penambahan udara pada dinding reaktor adalah sebagai berikut.

1. $Q_{28} = m_{\text{air}} \times C_p \times T$
 $= 2 \text{ (Kg)} \times 1.0034 \text{ (Kcal/Kg}^\circ\text{C)} \times (31 - 28) \text{ (}^\circ\text{C)}$
 $= 6.02 \text{ Kcal}$
2. $Q_{31} = m_{\text{air}} \times C_p \times T$
 $= 2 \text{ (Kg)} \times 1.0029 \text{ (Kcal/Kg}^\circ\text{C)} \times (33 - 31) \text{ (}^\circ\text{C)}$
 $= 4.01 \text{ Kcal}$
3. $Q_{33} = m_{\text{air}} \times C_p \times T$
 $= 2 \text{ (Kg)} \times 1.0029 \text{ (Kcal/Kg}^\circ\text{C)} \times (34 - 33) \text{ (}^\circ\text{C)}$
 $= 2.006 \text{ Kcal}$
4. $Q_{34} = m_{\text{air}} \times C_p \times T$
 $= 2 \text{ (Kg)} \times 1.0029 \text{ (Kcal/Kg}^\circ\text{C)} \times (36 - 34) \text{ (}^\circ\text{C)}$
 $= 4.01 \text{ Kcal}$
5. $Q_{36} = m_{\text{air}} \times C_p \times T$
 $= 2 \text{ (Kg)} \times 1.0027 \text{ (Kcal/Kg}^\circ\text{C)} \times (37 - 36) \text{ (}^\circ\text{C)}$
 $= 2.005 \text{ Kcal}$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kalor Sensibel Air Pada Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Tanpa Penambahan Udara Pada Dinding Reaktor

v (m/s)	Qs total (Kcal)
8	144.75
10	144.77
12	144.76

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kalor Sensibel Air Pada Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Dengan Penambahan Udara 2.5 m/s Pada Dinding Reaktor

v (m/s)	Qs total (Kcal)
8	144.75
10	144.79
12	144.77

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kalor Laten Air Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Tanpa Penambahan Udara

v (m/s)	M Uap (kg)	Hfg (Kcal/Kg)	Ql (Kcal)
8	0.66	540	356.40
10	0.70	540	378
12	0.68	540	367.20

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kalor Laten Air Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Dengan Penambahan Udara 2.5 m/s Pada Dinding Reaktor

v (m/s)	M Uap (kg)	Hfg (Kcal/Kg)	Ql (Kcal)
8	0.69	540	372.60
10	0.72	540	388.80
12	0.70	540	378

Tabel 5. Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Pada Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Tanpa Penambahan Udara Pada Dinding Reaktor

v (m/s)	Qs (Kcal)	Ql (Kcal)	M Sekam digunakan (Kg)	Nilai Kalor Sekam (Kcal/Kg)	(%)
8	144.75	356.40	1.03	3300	14.74
10	144.77	378	1.04	3300	15.23
12	144.76	367.20	1.02	3300	15.20

Tabel 6. Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Pada Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer Dengan Penambahan Udara 2.5 m/s Pada Dinding Reaktor

v (m/s)	Qs (Kcal)	Ql (Kcal)	M Sekam (Kg)	Nilai Kalor Sekam (Kcal/Kg)	(%)
8	144.75	372.60	1.04	3300	15.07
10	144.79	388.80	1.05	3300	15.40
12	144.77	378	1.03	3300	15.38

Efisiensi termal antara variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s tanpa penambahan udara dan dengan penambahan udara 2.5 m/s pada dinding reaktor secara berurutan adalah 15.23% dan 15.40%. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian dengan penambahan udara 2.5 m/s memiliki efisiensi termal yang lebih besar daripada tanpa penambahan udara pada dinding reaktor.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

1. Temperatur nyala api rata-rata tertinggi didapatkan pada variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s. Hal tersebut karena dari grafik variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s tanpa penambahan udara

pada dinding reaktor memiliki luasan yang paling besar diantara variasi kecepatan udara primer yang lain.

2. Variasi kecepatan aliran udara primer berpengaruh terhadap waktu nyala efektif yang tercatat. Semakin tinggi variasi kecepatan aliran udara primer maka semakin sedikit waktu nyala efektif yang dihasilkan. Sama halnya pada variasi kecepatan aliran udara primer dengan penambahan udara 2.5 m/s pada dinding reaktor menyebabkan waktu nyala efektif semakin sedikit.
3. Efisiensi termal tertinggi diperoleh pada pengujian variasi kecepatan aliran udara primer 10 m/s dengan penambahan udara 2.5 m/s pada dinding reaktor.

4.2. Saran

Peneliti memberikan saran kepada pengujian selanjutnya menggunakan kompor gasifikasi sekam padi metode TLUD dengan perbedaan diameter silinder reaktor sebagai berikut:

1. Reaktor ataupun bagian bagian tungku harus dalam kondisi rapat tanpa ada kebocoran agar proses gasifikasi dan pembakaran gas dapat lancar;
2. Saat melakukan pengujian dan pengambilan data sebaiknya dilakukan pada tempat yang terhalang dari hembusan angin secara langsung karena hembusan angin secara langsung dapat mempengaruhi kestabilan temperatur nyala api;
3. Memperhatikan langkah pengujian atau penelitian secara teliti agar tidak terjadi perbedaan pada penetapan variable tetap. Seperti kondisi sekam padi, kondisi tungku dan waktu pelaksanaan tahap pengujian. Hal ini perlu diperhatikan untuk menjaga kualitas data-data yang akan dihasilkan dalam tahap pengujian;

4. Menggunakan perlengkapan pengaman seperti masker, sarung tangan dan *goggles* (kacamata debu) pada saat melakukan pengujian untuk mengurangi resiko cedera saat pengujian;
5. Selalu melakukan pengecekan kondisi komponen alat tiap melakukan pengujian.

PERSANTUNAN

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-NYA sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir berjudul “Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Udara Primer dan Penambahan Udara pada Reaktor Kompor Gasifikasi Sekam Padi Metode *Top-Lit Up Draft* dengan Perbedaan Diameter Silinder Reaktor”, dapat terselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D., Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Tri Widodo Besar Riyadi, ST., MSc., Ph.D., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Wijianto, S.T., M.Eng.Sc., Dosen pembimbing yang banyak memberikan ilmu, waktu, dorongan serta arahan dalam proses bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu semoga Allah SWT membalas kebaikan kita semua.

Daftar Pustaka

- Anderson, P.S. 2010. *TLUD Handbook: Draft 1 for Discussion*. Normal, Illinois, USA.
- Belonio, A. T. 2005. *Rice Husk Gas Stove Handbook*. Department of Agricultural Engineering and Environmental Management College of Agriculture. Central Philippine University. Iloilo City Philippines.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika*. Edisi Kelima Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Lertsatitthanakorn C. et al. 2014. “*Study of Combined Rice Husk Gasifier Thermoelectric Generator*”. *Jurnal Energy Procedia*. Volume 52.
- IndoEnergi. 2013. *Pengertian Biomassa*.
<http://www.indoenergi.com/2012/04/pengertian-biomassa.html>, (07 Desember 2016)
- PT. Klik Teknik Indonesia Pratama. 2016. *Cara mudah membuat briket dari sekam padi*. <http://www.klikteknik.com/blog/cara-mudah-membuat-briket-sekam-padi.html>. (15 Januari 2017).
- Surjadi, Eko. 2012. “Kaji Eksperimental Performa Tungku Gasifikasi Biomassa Tipe *Top Lit Up-Draft* pada Berbagai Kombinasi Ukuran Biomassa dan Kecepatan Udara Primer Awal”. Volume XIII No.1. PP 22-31. ISSN 977-19799705.
- Kirch, T. et al. 2016. “*Natural draft and forced primary air combustion properties of a top-lit up-draft research furnace*”. *Jurnal Biomass and Bioenergy*. Volume 91.
- Sutar, K.B. et al. 2015. “*Biomass cookstoves: A review of technical aspects*”. *Jurnal Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 41.
- Union of Concerned Scientists. 2015. *How Biopower Works*.
http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/how-biomass-energy-works.html#.WH7Hm7mwPdg. (07 Desember 2016).
- USDA. 2016. *What is Pyrolysis?* <https://www.ars.usda.gov/northeast-area/wyndmoor-pa/eastern-regional-research-center/sustainable-biofuels-and-co-products-research/docs/biomass-pyrolysis-research/what-is-pyrolysis/>, (15 Januari 2017).
- Wijianto et al. 2016 “Variasi Kecepatan Aliran Udara Pada Tungku Gasifikasi Limbah Biomassa Terhadap Nyala Efektif dan Temperatur Pembakaran”. *The 4th Universty Research Coloquium*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. PP 43-48. ISSN 2407-9189
- Wisconsin Grasslands Bioenergy Network. *Bioenergy Conversion Technology*. <http://www.wgbn.wisc.edu/conversion/bioenergy-conversion-technologies>, (07 Desember 2016).