

**PENGARUH ISOLATOR TERHADAP KINERJA TUNGKU GASIFIKASI
TIPE *DOWNDRAFT***



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

MUHAMAD MA'ARIF

D 200 120 075

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH ISOLATOR TERHADAP KINERJA TUNGKU GASIFIKASI
TIPE *DOWNDRAFT***

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MUHAMAD MA'ARIF

D 200 120 075

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Subroto, MT.
NIK. 577

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH ISOLATOR TERHADAP KINERJA TUNGKU GASIFIKASI
TIPE *DOWNDRAFT***

Oleh:

MUHAMAD MA'ARIF

D 200 120 075

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

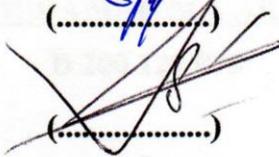
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Senin, 17 Oktober 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. **Ir. Subroto, MT**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Ir. Sarjito, MT, Ph.D**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Ir. Sartono Putro, MT**
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT., PhD

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak ada 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 diatas maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Kamis 27 Oktober 2016

Penulis



MUHAMMAD MA'ARIF
D 200 120 075

PENGARUH ISOLATOR TERHADAP KINERJA TUNGKU GASIFIKASI TIPE *DOWNDRAFT*

Abstrak

Proses gasifikasi merupakan salah satu proses pemanfaatan energi biomassa yaitu dengan mengkonversi energi dari bahan padat (biomassa) menjadi syn-gas (bahan bakar gas) dengan pasokan udara yang terbatas, yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar. Ada beberapa tipe gasifikasi salah satunya adalah tungku gasifikasi tipe *downdraft* yang berarti arah aliran udara dan gas hasil gasifikasi searah yaitu ke bawah. Usaha mengoptimalkan proses gasifikasi salah satunya dapat dilakukan dengan penambahan isolator pada tungku gasifikasi. Dalam penelitian ini, variasi bahan isolator yang digunakan adalah serbuk batu bata, serbuk batu padas, dan pasir. Dengan melapisi permukaan tungku gasifikasi, akan mengurangi pelepasan kalor pada permukaan tungku. Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui pengaruh isolator terhadap temperatur pembakaran, serta pengaruh isolator terhadap waktu nyala efektif tungku gasifikasi dengan bahan bakar sekam padi. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa, Temperatur rata-rata nyala efektif pada serbuk batu bata sebesar 563,9°C dengan temperatur isolator 103,6°C dan nyala efektif 54 menit. Pada serbuk padas temperatur rata-rata nyala efektif 540,8°C dengan temperatur isolator 135,8°C dan nyala efektif 52 menit. Sedangkan pasir temperatur rata-rata nyala efektif 514,62°C dan temperatur isolator 147,7°C dan nyala efektif 50 menit.

Kata kunci: Gasifikasi, Isolator, Sekam Padi, *Downdraft*

Abstract

Gasification process is one of the process of the utilization of biomass energy is to convert the energy from the solid materials (biomass) a syn-gas (gas fuel) with limited air supply, which later can be used as fuel. There are several types of gasification is one type of *downdraft* gasification stove which means the direction of the air flow and gas gasification results clockwise is down. Efforts to optimize the process of gasification one only can be done by adding the isolator on gasification stove. In this research, variations isolator materials used is the pollen bricks, pollen among stones and sand. With the coat the surface of the furnace gasification, will reduce the secretion of the heat insulation on the surface of the furnace. This research aims to find out the influence of the isolator to temperature burning, and the influence of the isolator to the time a flame effective gasification stove with fuel rice chaff. The results of this study found that the average temperature flame effectiveness on a brick powder 563,9°C with

temperature isolator 103,6°C and a flame effective 54 minutes. On the pollen among the average temperature flame effective 540,8°C with temperature isolator 135,8°C and a flame effective 52 minutes. While the average temperature sand flame effective 514,62°C and temperatures isolator 147,7°C and a flame effective 50 minutes.

Keywords : Gasification, Isolator, Rice Husk, Downdraft

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat, berdampak pada meningkatnya konsumsi energi yang sampai saat ini masih bergantung pada energi fosil, sedangkan ketersediaannya semakin berkurang. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan seperti biomassa.

Biomassa sebagai bahan yang alami dan mudah didapat justru terkadang ketersediaannya masih kurang dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Salah satu contoh biomassa tersebut adalah hasil limbah pertanian, seperti sekam padi, tongkol jagung, ampas tebu, dan lain-lain.

Gasifikasi merupakan salah satu proses pemanfaatan energi biomassa yaitu dengan mengkonversi energi dari bahan padat (biomassa) menjadi *syn-gas* (bahan bakar gas) dengan pasokan udara yang terbatas, yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar. Ada beberapa tipe gasifikasi salah satunya adalah tungku gasifikasi tipe *downdraft*, gasifikasi tipe ini memiliki arah padatan dan aliran udara yang sama yaitu ke bawah.

Proses gasifikasi menghasilkan gas-gas yang sifatnya mudah terbakar yaitu CH₄ (Metana), H₂ (Hidrogen), dan CO (karbon monoksida), sehingga bisa menggantikan fungsi dari bahan bakar gas yang digunakan untuk memasak dan hal lain yang menggunakan gas sebagai sumber energinya. Oleh karena itu penelitian dan pengembangan teknologi gasifikasi sebagai salah satu sumber energi alternatif harus terus ditingkatkan agar bisa mengurangi penggunaan gas konvensional.

Usaha mengoptimalkan proses gasifikasi *downdraft* salah satunya dapat dilakukan dengan penambahan isolator pada tungku gasifikasi. Karena pada tungku gasifikasi banyak panas yang hilang, hal ini disebabkan setiap permukaan temperatur yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan temperatur sekitarnya akan mengalami pelepasan kalor.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh isolator terhadap temperatur pembakaran.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan isolator terhadap nyala efektif pada tungku gasifikasi tipe *downdraft*.

Tinjauan Pustaka

Mulyadi (2010), “Uji Isolator Papan Sekam Dengan Variasi Ukuran Partikel Dan Kepadatan”. Hasil dari penelitian ini diperoleh papan sekam dengan ukuran sekam yang lebih kecil memiliki sifat isolator yang lebih baik, sedangkan penambahan kadar resin akan menyebabkan penurunan sifat isolator panas pada papan sekam, dan papan sekam yang memiliki kadar sekam yang lebih banyak memiliki densitas (kenaikan suhu) yang lebih kecil serta lebih ringan dan mempunyai sifat isolator yang lebih baik.

Edika (2013), “Pembuatan Isolator Panas Silika dari *Water Glass* Menggunakan Metode Deposisi Elektroforesis”. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa partikel silika bisa dijadikan sebagai bahan isolator panas melalui proses deposisi elektroforesis dengan bahan baku *waterglass*, dengan nilai konduktivitas panas padatan silika berkisar antara $1,89 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ sampai $3,61 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$.

Kurniawati (2013), “Pengaruh Jenis Dan Ketebalan Material Terhadap Distribusi Temperatur Dinding Tungku Dengan Pendekatan *CFD* (Studi Kasus Di Industri Tempe Kecamatan Tenggilis Mejoyo Surabaya)”. Hasil simulasi sebelum melakukan penambahan ketebalan 8 cm dan 10 cm diperoleh total nilai *heat loss* (panas yang hilang) yang tertinggi pada bahan *concrete* (beton) dengan ketebalan 2 cm, dan paling rendah adalah bahan *firebrick* dengan ketebalan 5 cm. Setelah melakukan penambahan ketebalan pada masing-masing jenis material, nilai *heat loss* yang mendekati nol diperoleh pada bahan *firebrick* dengan ketebalan 10 cm. Nilai *heat loss* yang semakin rendah maka menghasilkan nilai efisiensi tungku yang semakin tinggi.

Maiwita (2014), “Pengaruh Variasi Komposisi Ampas Tebu Dan Serbuk Gergaji Pada Papan Partikel Terhadap Konduktivitas Termal”. Hasil penelitian diperoleh nilai konduktivitas termal pada papan partikel dengan perbandingan komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji, 50% : 50% yaitu $0,14 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, 75% : 25% yaitu $0,11 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, dan 100% : 0 yaitu sebesar $0,08 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan data yang diperoleh bisa disimpulkan bahwa, semakin kecil prosentase komposisi ampas tebu maka nilai konduktivitas termalnya semakin besar, dan semakin banyak prosentase komposisi ampas tebu maka nilai konduktivitas termalnya semakin kecil.

Burlian (2014), “Pengaruh Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor Dan Penurunan Temperatur Pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa”. Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan sebagai isolator adalah triplek dengan variasi ketebalan isolator 3 mm, 6 mm, sampai 9 mm. Hasil dari penelitian diperoleh, Isolator dengan ketebalan 9 mm dapat meredam panas paling baik, nilai efisiensi termal semakin tinggi, dan laju kalor yang keluar dari permukaan tungku semakin mengecil.

Memperhatikan penelitian yang sebelumnya dan beberapa penelitian di atas. Akan dilakukan penelitian yang memfokuskan pada penggunaan isolator dengan variasi serbuk batu bata, serbuk batu padas, dan pasir. Karena pada penelitian yang sebelumnya, variasi isolator belum digunakan dan banyak panas yang terbuang dari tungku gasifikasi. Hal yang membedakan dari beberapa penelitian di atas adalah variasi isolator, serta model tabung yang bisa dibongkar dan dipasang kembali.

Pembakaran

Secara garis besar pembakaran adalah suatu reaksi kimia antara suatu bahan bakar dan suatu oksidan, disertai dengan produksi panas yang kadang disertai cahaya dalam bentuk pendar atau api. Tujuan dari pembakaran adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar.

Berdasarkan gas sisa yang dihasilkan, pembakaran dibedakan menjadi dua macam yaitu:

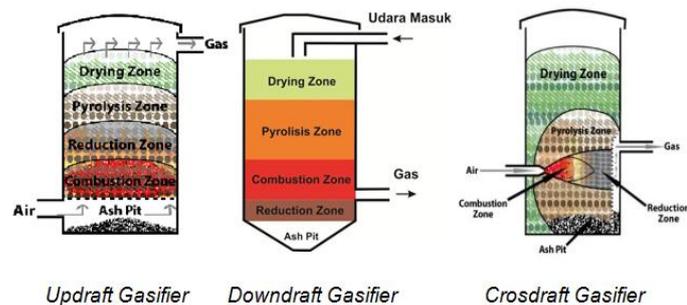
1. Pembakaran sempurna, yaitu pembakaran yang terjadi dimana seluruh bahan yang terbakar membentuk gas karbondioksida (CO_2), air (H_2O) dan sulfur (SO_2), sehingga tidak ada lagi bahan yang tersisa.
2. Pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran yang terjadi apabila hasil dari pembakaran berupa gas karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2) dan gas lain, dimana salah satu penyebabnya adalah kekurangan oksigen.

Gasifikasi

Gasifikasi adalah proses perubahan bahan bakar padat menjadi *syn-gas* (bahan bakar gas), dengan pasokan udara yang terbatas, yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Dari hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam proses gasifikasi, oksigen yang digunakan lebih sedikit dari udara yang digunakan untuk proses pembakarannya. Gas hasil gasifikasi terdiri dari gas-gas yang dapat dibakar yaitu CO , H_2 dan CH_4 , selain itu ada juga gas-gas yang tidak dapat terbakar seperti CO_2 , H_2O , serta debu halus, dan tar.

Berdasarkan sumber panas dan arah aliran gas yang terjadi, *gasifier* dapat dibedakan menjadi: reaktor aliran searah (*downdraft gasifier*), reaktor aliran berlawanan (*updraft gasifier*) dan reaktor aliran menyilang (*crossdraft gasifier*). Pada *downdraft gasifier*, arah aliran gas dan arah aliran padatan adalah sama - sama ke bawah. Pada *updraft gasifier*, arah aliran padatan ke bawah sedangkan arah aliran gas mengalir ke atas. Sedangkan gasifikasi *crossdraft* arah aliran gas dijaga mengalir mendatar dengan aliran padatan ke bawah.



Gambar 1. Tipe *Gasifier* Berdasarkan Arah Aliran

Tahapan Proses Gasifikasi

a. *Drying* atau pengeringan

Pada tahap ini, kandungan air pada bahan bakar padat akan diuapkan oleh panas yang diserap dari proses oksidasi. Temperatur pada tahap pengeringan adalah sekitar 150 °C.

b. Pirolisis atau devolatilisasi

Pirolisis terjadi ketika biomassa mulai mengalami kenaikan temperatur. Pada tahap ini volatil yang terkandung pada biomassa terlepas dan menghasilkan arang. Selain itu pirolisis atau devolatilisasi biasa disebut juga dengan gasifikasi parsial. Rangkaian proses fisik dan kimia pada proses pirolisis terjadi secara lambat pada suhu kurang dari 100°C, namun ketika sudah mencapai suhu 200°C akan terjadi secara cepat hingga suhu bahan bakar meningkat sekitar 230°C. Hasil dari proses pirolisis ada tiga jenis, yaitu gas (H₂, CO, CO₂, H₂O dan CH₄), tar dan arang.

c. Oksidasi atau proses pembakaran

Oksidasi atau pembakaran merupakan reaksi yang penting yang terjadi dalam *gasifier* atau reaktor. Oksigen yang dipasok ke dalam reaktor akan bereaksi dengan bahan bakar yang mudah terbakar. Dari reaksi tersebut akan menghasilkan gas CO₂ dan H₂O yang secara berurutan direduksi ketika saling kontak dengan arang yang dihasilkan dari proses pirolisis.

d. Proses Reduksi

Reduksi merupakan tahapan gasifikasi yang melibatkan suatu rangkaian reaksi endotermik yang didukung oleh panas, serta diproduksi dari reaksi pembakaran. Produk yang dihasilkan pada proses ini adalah gas bakar, seperti H_2 , CO dan CH_4 .

Isolator

Isolator adalah bahan yang mempunyai sifat mengisolasi (penghambat panas) yang baik. Penggunaan isolator merupakan salah satu aspek penting dalam penyimpanan energi panas. Dalam penelitian ini, isolator digunakan sebagai penahan dan pelindung panas pada *reactor* tungku gasifikasi, agar panas tidak banyak terbuang atau hilang. Bahan yang digunakan untuk isolator adalah serbuk batu bata, pasir, dan serbuk batu padas.

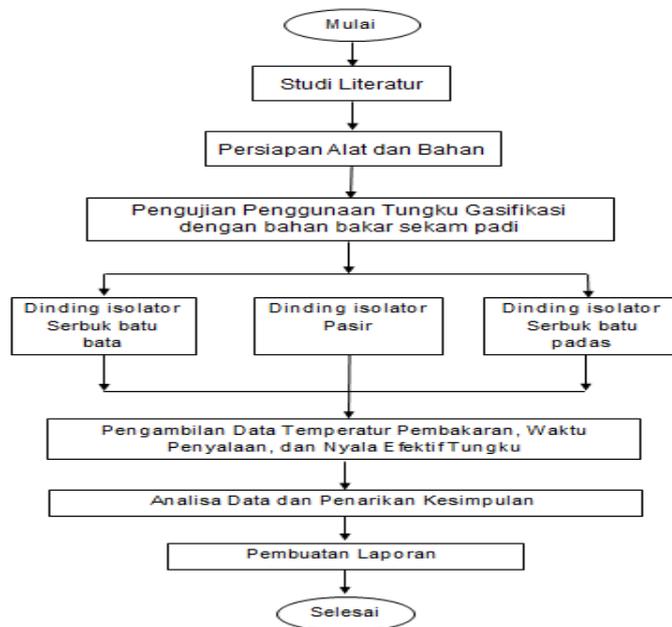
Tabel 1. Konduktivitas Termal Bahan Isolator

| Bahan | Konduktivitas Termal (k) $W/m\ ^\circ C$ |
|------------|--|
| Batu Bata | 0.69 |
| Batu Padas | 1,26-1,33 |
| Pasir | 1,83 |

Sumber: Perpindahan Kalor (*J.P. Holman, 1997*)

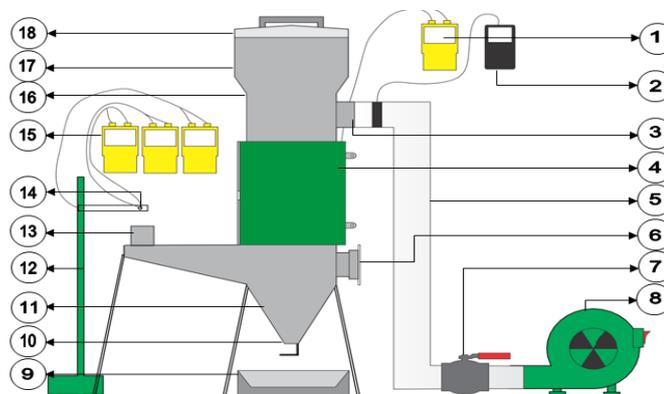
Konduktivitas termal didefinisikan sebagai jumlah kalor yang mengalir secara konduksi melalui penampang tertentu yang diakibatkan karena adanya perbedaan suhu, kalor akan berpindah dari suhu tinggi ke bagian lain yang memiliki suhu lebih rendah. Suatu bahan yang mempunyai konduktivitas panas yang rendah maka dapat dikatakan bahan tersebut merupakan penghambat panas yang baik.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Instalasi Pengujian



Gambar 3. Instalasi Pengujian

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1. Thermocouple Reader 4 | 10. Keluarnya abu |
| 2. Anemometer | 11. Throat (Tenggorokan) |
| 3. Saluran udara | 12. Sensor clamp |
| 4. Isolator | 13. Burner |
| 5. Pipa penyalur udara | 14. Thermocouple 1, 2, & 3 |
| 6. Pipa Ignition | 15. Thermocouple Reader 1 |
| 7. Katup pengatur udara | 16. Ruang pembakaran |
| 8. Blower 2 inchi | 17. Storage (Saluran Pengisian) |
| 9. Tempat abu | 18. Tutup |

Alat

- a. Tungku Gasifikasi Tipe *Downdraft*
- b. Tabung Isolator
- c. Thermocouple Reader
- d. Anemometer
- e. Blower
- f. Timbangan Gantung
- g. Timbangan Digital
- h. Stopwatch Digital
- i. Katub Pengatur Udara

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian atau pengujian ini adalah sekam padi sebagai bahan bakar utama dan arang kayu sebagai bahan untuk proses penyalaan awal didalam tungku gasifikasi *downdraft*.

Bahan Isolator

- a. Serbuk batu bata
- b. Serbuk batu padas
- c. Pasir

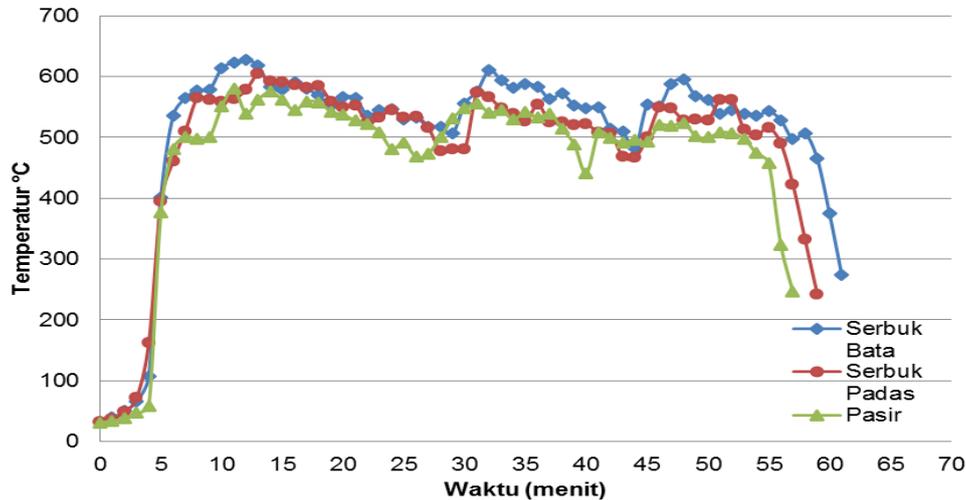
Tahapan Pengujian

Tahapan penelitian pengaruh isolator terhadap kinerja tungku gasifikasi tipe *downdraft* adalah sebagai berikut :

- a. Memasukkan bahan isolator kedalam tabung isolator yang sudah dipasang pada tungku.
- b. Memasukkan sekam padi yang sudah diukur massanya sebesar 2,5 kg ke dalam reaktor tungku gasifikasi dan menutupnya.
- c. Mengukur kecepatan udara yang akan disuplai ke dalam tungku sebesar 6 m/s.
- d. Membakar sebagian sekam padi dengan penyalaan awal menggunakan arang kayu 9 gram yang sudah membara.
- e. Menyalakan *blower* sebagai pemasok udara utama dan mulai mengukur waktu dengan menyalakan stopwatch digital.
- f. Mencatat temperatur gas yang keluar dari burner dan temperatur isolator tiap menitnya.
- g. Menunggu asap agak kehitam-hitaman dan temperaturnya sudah cukup tinggi kurang lebih 300°C keatas, menyalakannya.
- h. Mencatat waktu penyalaan, temperatur nyala api tiap menit dan waktu nyala efektif api hingga api padam dan tak dapat menghasilkan api lagi.
- i. Mengeluarkan sedikit sisa sekam padi yang telah terbakar dengan mendorongnya keluar melalui atas tungku dan melakukan pengisian ulang sekam padi sebesar 2 kg.
- j. Melakukan percobaan yang sama dengan menggunakan variasi bahan isolator yang berikutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Temperatur Nyala Api pada Isolator Batu Bata, Batu Padas dan Pasir

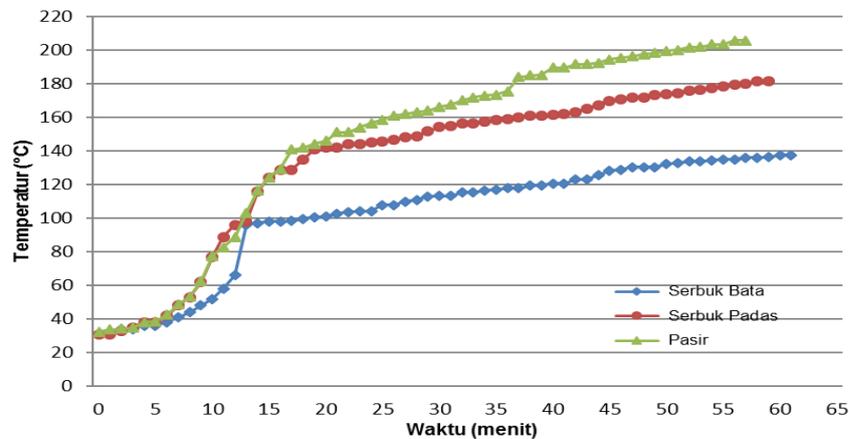


Gambar 4. Hubungan perbandingan temperatur nyala api dengan waktu pada isolator batu bata, batu padas, dan pasir

Pada gambar 4. dapat dilihat bahwa api sudah mulai menyala pada menit yang sama, yaitu pada menit ke 5 dengan suhu sebesar $401,5^{\circ}\text{C}$ pada isolator serbuk bata, 395°C pada isolator serbuk padas, dan $376,6^{\circ}\text{C}$ pada isolator pasir. Pada gambar diatas juga menunjukkan temperatur pembakaran yang tidak stabil, salah satu penyebabnya adalah bahan bakar yang berada didalam tungku tidak bisa turun sendiri maka harus mendorong bahan bakar yang tersisa melalui bagian atas reaktor.

Dengan kecepatan udara, kapasitas bahan bakar awal, dan bahan bakar pengisian ulang yang sama, nyala api pada tungku dengan isolator serbuk batu bata mampu menyala paling lama hingga 54 menit, isolator serbuk batu padas nyala api 52 menit, dan isolator pasir nyala api 50 menit. Hal ini terjadi karena semakin rendah temperatur dinding isolator maka semakin lama nyala apinya.

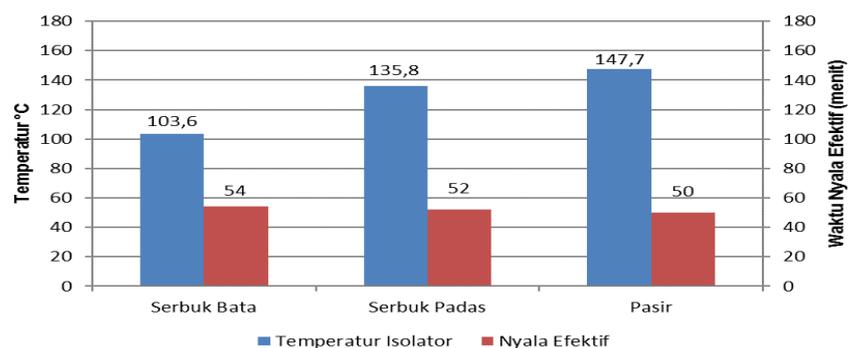
Perbandingan Temperatur Serbuk Bata, Serbuk Padas dan Pasir



Gambar 5. Hubungan perbandingan temperatur isolator dengan waktu

Pada gambar diatas biasa dilihat bahwa temperatur isolator mengalami kenaikan secara konstan pada menit ke 2 untuk serbuk bata dan serbuk padas, sedangkan pasir pada menit ke 1. Temperatur isolator tertinggi terjadi pada pasir yaitu sebesar 206°C pada menit ke 56 dan 57. Pada serbuk padas temperatur tertinggi terjadi pada menit ke 58 dan 59 sebesar $181,7^{\circ}\text{C}$. Pada serbuk bata temperatur tertinggi terjadi pada menit ke 60 dan 61 sebesar $137,7^{\circ}\text{C}$. Pada ke tiga isolator ini, serbuk bata merupakan isolator yang paling baik karena memiliki nilai temperatur yang paling rendah.

Perbandingan antara Temperatur Isolator dengan Nyala Efektif



Gambar 6. Perbandingan nyala efektif pada isolator serbuk batu bata, serbuk batu padas, dan pasir

Pada gambar batang 6. menunjukkan bahwa, pada serbuk batu bata adalah isolator dengan nyala efektif paling panjang yaitu 54 menit kemudian serbuk batu padas selama 52 menit dan yang terpendek diantara ketiga isolator yang

digunakan yaitu pada pasir selama 50 menit. Gambar diatas juga menunjukkan serbuk batu bata adalah isolator dengan nilai temperatur rata-rata paling rendah sebesar $103,6^{\circ}\text{C}$, kemudian isolator batu padas sebesar $135,8^{\circ}\text{C}$, dan yang paling tinggi diantara ketiga isolator yang digunakan yaitu pada isolator pasir sebesar $147,7^{\circ}\text{C}$. Semakin rendah nilai temperatur isolator, maka semakin lama nyala efektifnya.

Perbedaan pada penelitian ini sudah sesuai dengan tabel perpindahan panas pada buku J.P. Holman, yang menunjukkan nilai konduktivita *thermal* batu bata paling rendah di antara batu padas, dan pasir. Suatu bahan yang mempunyai nilai konduktivitas panas yang rendah maka bahan tersebut merupakan isolator panas yang baik.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisa data dari pengujian tungku gasifikasi tipe *downdraft* dengan variasi isolator serbuk batu bata, serbuk batu padas, dan pasir maka, dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Temperatur rata-rata nyala efekti pada serbuk batu bata sebesar $563,9^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur rata-rata isolator $103,6^{\circ}\text{C}$. Pada serbuk padas temperatur rata-rata nyala efektif $540,8^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur rata-rata isolator $135,8^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pasir temperatur rata-rata nyala efektif $514,62^{\circ}\text{C}$ dan temperatur isolator $147,7^{\circ}\text{C}$. Semakin rendah temperatur isolator maka semakin tinggi temperatur pembakaran yang dihasilkan, dan sudah sesuai dengan teori pada buku J.P. Holman, yang menunjukkan nilai konduktivitas *thermal* batu bata paling rendah di antara batu padas dan pasir.
2. Waktu nyala efektif pada isolator serbuk batu bata selama 54 menit dengan temperatur rata-rata isolator sebesar $103,6^{\circ}\text{C}$. Pada isolator serbuk batu padas nyala efektif 52 menit dan temperatur rata-rata isolator sebesar $135,8^{\circ}\text{C}$. Dan isolator pasir sebesar $147,7^{\circ}\text{C}$ dengan nyala efektif 50 menit. Semakin rendah temperatur isolator, maka semakin lama nyala efektifnya.

Saran

Setelah melakukan pengujian terhadap tungku gasifikasi sekam padi dengan variasi isolator serbuk batu bata, serbuk batu padas, dan pasir saran untuk pengujian kedepannya antara lain:

1. Pengujian sebaiknya dilakukan diruangan yang memiliki ventilasi yang baik karena proses awal pembakaran gasifikasi ini menghasilkan asap yang cukup banyak.

2. Perlu adanya tambahan lubang pada tutup gasifikasi untuk menurunkan sekam yang masih di bagian atas, supaya tidak sering membuka tutup jika sekam masih di bagian atas.
3. Semakin banyak data pengujian yang diambil akan semakin valid data yang dihasilkan.
4. Gunaka masker agar tidak banyak menghirup asap dan kacamata pelindung agar mata tidak pedih saat melakukan pengujian.
5. Agar waktu penyalaan awal lebih cepat, dapat ditambahkan *hair dryer*.

PERSANTUNAN

Puji syukur alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas bekah, rahmat, dan hidanya-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian tugas akhir dapat terselesaikan :

Tugas Akhir berjudul “PENGARUH ISOLATOR TERHADAP KINERJA TUNGKU GASIFIKASI TIPE DOWNDRAFT“ dapat diselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua tersayang, yang senantiasa mendoakan yang terbaik untuk kami putra-putranya, sehingga kami bisa sampai saat ini.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Tri Widodo BR, ST., MSc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Ir. Subroto, MT selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa memberikan arahan dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat bagi terselesaikannya tugas ini.
6. Ir. Sarjito, MT, Ph.D. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Rekan-rekan Teknik Mesin khususnya angkatan 2012 yang telah berjuang bersama selama 4 tahun baik suka maupun duka.

8. Serta seluruh pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi R.G., and Siagian U., 1992. *The Potential of Biomass Residues as Energy Sources in Indonesia*. Energy Publ. Series No. 2. CRE-ITB. Bandung
- Firmansyah Burlian dan M. Indaka Khoirullah, 2014, *Pengaruh Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor Dan Penurunan Temperatur Pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa*, Jurnal, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Palembang
- Fitri Maiwita, Yenni Darvina, Yulkifli, 2014, *Pengaruh Variasi Komposisi Ampas Tebu Dan Serbuk Gergaji Pada Papan Partikel Terhadap Konduktivitas Termal*, Jurnal, Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang, Padang
- Himawanto, D. A. 2005, *Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Karakteristik Pembakaran Briket*. Jurnal Media Mesin, Volume 6 No. 2, (Juli 2005), hal 84-91. Surakarta
- Holman, J.P., 1997, *Perpindahan Kalor*, Edisi 6, Erlangga, Jakarta
- Santi Dwi Kurniawati, Dr. Ridho Hantoro, ST, MT., Dyah Sawitri, ST, MT, 2013, *Pengaruh Jenis Dan Ketebalan Material Terhadap Distribusi Temperatur Dinding Tungku Dengan Pendekatan CFD (Studi Kasus Di Industri Tempe Kecamatan Tenggiling Mejoyo Surabaya)*, Jurnal, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Sri Mulyadi, Elvis Adril, Iwan Apriona, 2010, *Uji Isolator Panas Papan Sekam Dengan Variasi Ukuran Partikel Dan Kepadatan*, Jurnal, Jurusan Fisika Universitas Andalas, Padang
- Winny Edika.P, Dyanros Rizkiyanto, Heru Setyawan, Samsudin Affandi, 2013, *Pembuatan Isolator Panas Silika dari Water Glass Menggunakan Metode Deposisi Elektroforesis*, Jurnal, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya