

**PEMBERSIH GAS DENGAN MEDIA BONGGOL JAGUNG, ZEOLIT,
SERBUK GERGAJI DARI REAKTOR FLUIDIZED BED GASIFIER**



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

oleh:

NUR SAPUTRO

D 200 12 0073

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMBERSIH GAS DENGAN MEDIA BONGGOL JAGUNG, ZEOLIT,
SERBUK GERGAJI DARI REAKTOR FLUIDIZED BED GASIFIER**

PUBLIKASI ILMIAH

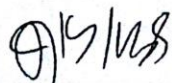
Oleh :

NUR SAPUTRO

D200120073

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Pembimbing



(Nur Aklis, ST., M.Eng.)

HALAMAN PENGESAHAN

**“PEMBERSIH GAS DENGAN MEDIA BONGGOL JAGUNG, ZEOLIT,
SERBUK GERGAJI DARI REAKTOR FLUIDIZED BED GASIFIER”**

OLEH

NUR SAPUTRO

D 200 120 107

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas N eadiyah Surakarta

Pada hari K 5 September 2017

dan dinyatakan memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- 1. Nur Aklis ST., M.Eng.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Ir. Subroto, MT.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ir. Sunardi Wiyono, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)**

()
()
()

Dekan,



Ir. H. Sri Sunarjono, MT, 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 dalam naskah dan disebabkan dalam daftar pustaka.

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

Surakarta, 14 September 2017

Yang menyatakan



Nur Saputro

PEMBERSIH GAS DENGAN MEDIA BONGGOL JAGUNG, ZEOLIT, SERBUK GERGAJI DARI REAKTOR *FLUIDIZED BED GASIFIER*

Abstrak

Gasifikasi adalah suatu proses perubahan bahan bakar padat secara termokimia menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang digunakan untuk proses pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan biofilter terhadap gas yang dihasilkan dari reaktor gasifikasi. Penelitian ini menggunakan variasi media filter berupa zeolit, serbuk gergaji dan bonggol jagung. Nyala api dari gas yang telah dibersihkan digunakan untuk menghitung nilai kalor yang diperlukan untuk mendidihkan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biofilter mampu membersihkan gas produk dari gas pengotor dan tar. Data yang diperoleh menunjukkan temperatur nyala api tertinggi sebesar 713° C menggunakan media filter bonggol jagung, waktu nyala api efektif terbaik selama 70 menit menggunakan media filter bonggol jagung, waktu tercepat pendidihan air selama 52 menit menggunakan media filter campuran, nilai kalor sensibel tertinggi adalah filter serbuk gergaji dengan kalor sensibel sebesar 628,802 kJ, sedangkan yang memiliki kalor laten tertinggi adalah filter serbuk gergaji dengan kalor laten sebesar 1636,325 kJ.

Kata Kunci : Bonggol jagung, Gasifikasi, Serbuk gergaji, Zeolit

Abstract

Gasification is a process of change thermochemical solid fuel into gas, where the necessary air is lower than the air used for combustion processes. This study aims to determine the effect of using biofilter against gas produced from the gasification reactor. This study uses a variety of media filters such as zeolite, sawdust and corncobs. The flame of the gas that has been cleaned is used to calculate the heating value required to boil water. The results showed that the use of the biofilter was able to clean the product gas from gas impurities and tar. The data obtained showed a temperature flame high of 713 ° C using a filter medium corncobs, when the flame best effective for 70 minutes using media filter corncobs, the fastest time of boiling water for 52 minutes using a filter media mix, the value of sensible heat highest filter sawdust with sensible heat of 628.802 kJ, while those with the highest latent heat is filter sawdust with latent heat of 1636.325 kJ.

Keywords : corncobs, gasification, sawdust, zeolites

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara dengan konsumsi energi terbesar, khususnya bahan bakar fosil. Pada Tahun 2016, konsumsi bahan bakar minyak (BBM) meningkat. Diperkirakan konsumsi BBM tahun 2016 meningkat menjadi 72,1 juta KL seiring dengan membaiknya pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi Indonesia diperkirakan mencapai 5%, lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan tahun 2015 yang sebesar 4,8%. Selain itu kembalinya tumbuhnya sektor transportasi dan penurunan harga minyak dunia yang berujung pada penurunan harga BBM dalam negeri, akan meningkatkan konsumsi BBM. Pertumbuhan kendaraan roda empat tiap harinya bertambah sampai dengan 1200 kendaraan dan pertumbuhan kendaraan roda dua tiap hari sebesar 4500 kendaraan. Sehingga perlu adanya penanganan khusus mengatasi ketergantungan bahan bakar minyak (BBM).

Ditengah ancaman defisit energi sesungguhnya Indonesia menyimpan potensi energi yang melimpah dan terbarukan yaitu biomassa. Dari beberapa jenis kandungan gas dalam biomassa (CO , H_2 , CH_4 , CO_2 , N_2), yang merupakan sumber energi *syintetic fuel gas* adalah CO dan H_2 . Salah satu proses biomassa untuk menghasilkan *syintetic fuel gas* adalah gasifikasi, gasifikasi merupakan suatu proses perubahan bahan bakar padat secara termokimia menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang digunakan untuk proses pembakaran. Jika dibandingkan dengan jenis reaktor gasifikasi lainnya, reaktor unggun terfluidakan (*fluidized bed*) memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah mampu memproses bahan baku berkualitas rendah, kontak antara padatan dan gas bagus, luas permukaan reaksi besar sehingga reaksi berlangsung secara cepat, efisiensi tinggi dan emisi rendah. Guna menaikkan kemanfaatan biomassa sebagai *syintetic fuel gas*, perlu dilakukan tahap pembersihan gas secara mudah dan murah.

Sebelum digunakan lebih lanjut, gas produk gasifikasi perlu dimurnikan terlebih dahulu untuk meningkatkan kualitas gasnya. Beberapa proses yang dilakukan untuk meningkatkan kadar gas pada gas produk adalah

dengan membuang zat-zat pengotor seperti CO₂ yang dapat mengurangi nilai pembakaran, H₂S yang bersifat korosif terhadap logam, dan tar yang dapat mengurangi nilai kalor gas yang dihasilkan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, masih terdapat kekurangan dalam hal pembersihan produk gas. Pada tugas akhir ini peneliti mencoba melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan filter dengan media filter serbuk gergaji, zeolit, dan bonggol jagung terhadap gas yang dihasilkan dari reaktor gasifikasi. Dengan penggunaan filter tersebut, diharapkan mampu mereduksi gas pengotor dan tar sehingga gas yang keluar dari filter bisa digunakan sebagai energi alternatif yang aman tanpa menimbulkan kerusakan pada perangkat. Sebagai indikasi keberhasilan penggunaan filter tersebut, gas yang dihasilkan akan digunakan untuk mendidihkan air.

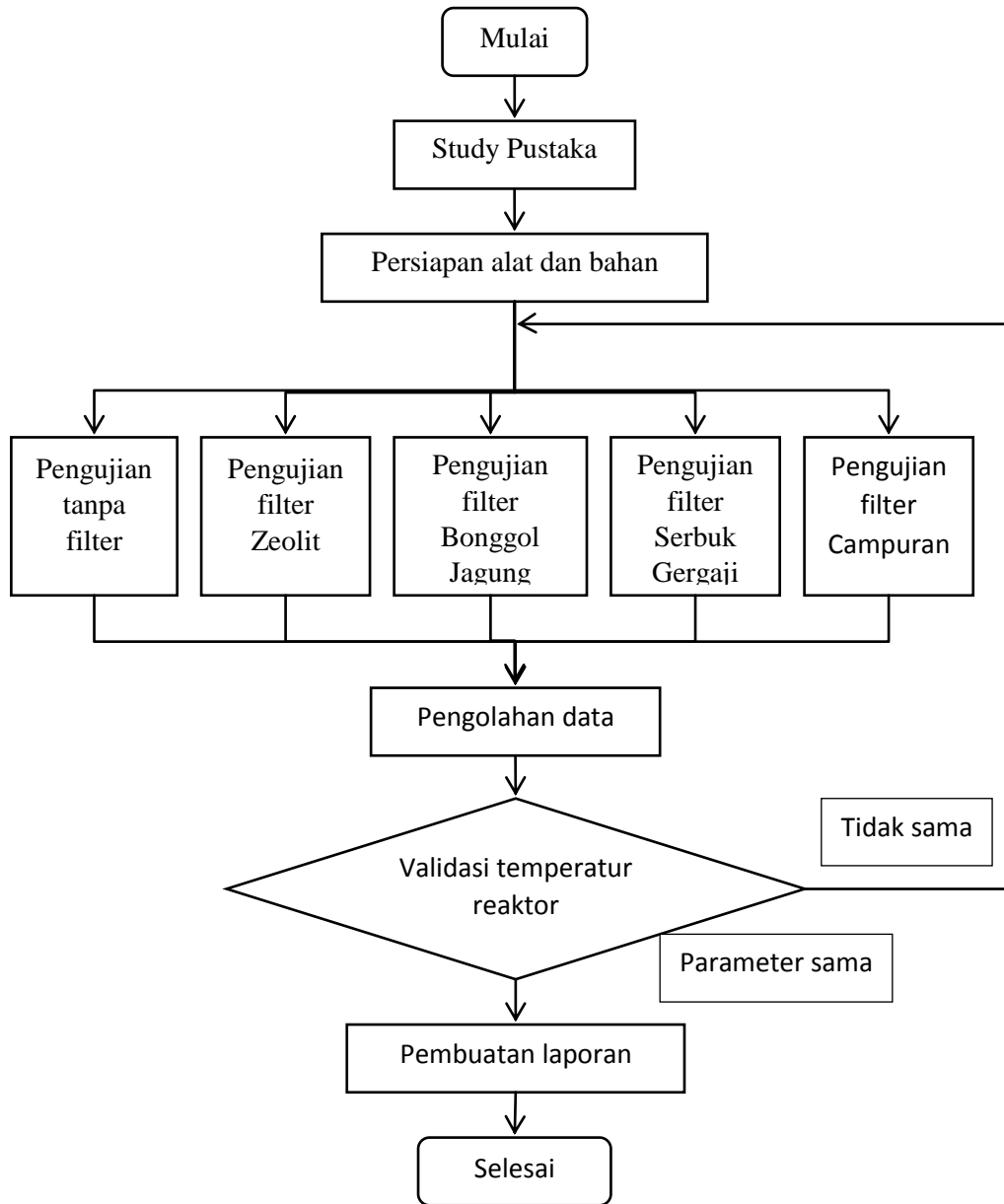
2. METODE PENELITIAN

Tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah perancangan, pembuatan alat pembersih gas dan pengujian. Hal ini dimaksudkan untuk membandingkan gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi dengan dan tanpa alat pembersih. Kemudian dilakukan analisa berdasarkan data tersebut untuk mendapatkan nyala api terbaik dari gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi.

Berikut ini adalah uraian dari tahap perancangan alat pembersih gas :

- 1) Menentukan awal dari pembuatan alat pembersih gas yang akan dibuat meliputi material bahan dan dimensi serta media yang akan digunakan sebagai pembersih gas.
- 2) Merancang seluruh bagian dari alat pembersih gas.
- 3) Membuat alat pembersih gas.
- 4) Melakukan pengujian dengan dan tanpa alat pembersih gas menggunakan reaktor gasifikasi tipe *fluidized bed*.

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

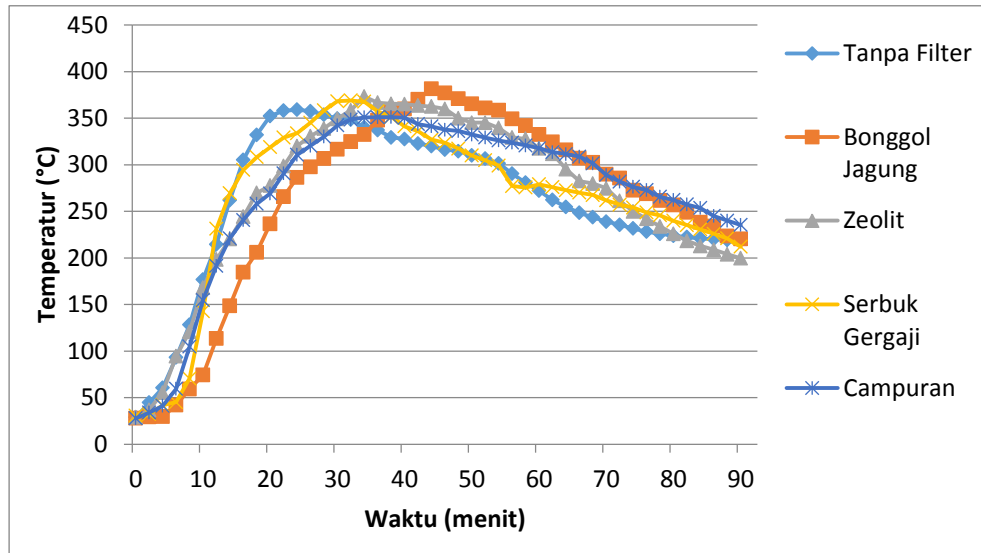
Dari gambar 3 menunjukkan desain alat pembersih gas. Setelah keluar dari reaktor, gas produk gasifikasi dilewatkan ke filter dengan media air untuk membersihkan gas dari partikel debu dan tar, kemudian gas dialirkan masuk ke filter melalui saluran inlet yang kemudian akan dilewatkan pada beberapa variasi media filter berupa bonggol jagung, zeolit, serbuk gergaji dan campuran dari ketiga media selanjutnya gas akan mengalir keluar melalui saluran outlet dan mengalir melalui pipa menuju ke kompor.

2.4 Langkah Penelitian

- 1) Menyiapkan alat, bahan dan alat ukur yang akan digunakan dalam penelitian.
- 2) Memasukkan pasir silika ke dalam reaktor sebanyak 10 kg.
- 3) Memasukkan bahan filter kemudian menutup filter dengan rapat.
- 4) Memasukkan umpan berupa bara api ke dalam reaktor.
- 5) Memasukkan bahan bakar sekam padi sebanyak 5 kg ke dalam reaktor.
- 6) Menutup reaktor serapat mungkin.
- 7) Menyalakan kompresor dengan kecepatan udara 4 m/s.
- 8) Mencatat perubahan data yang terjadi setiap 2 menit.
- 9) Setelah bahan bakar di dalam reaktor habis, kompresor dimatikan.
- 10) Membuka tutup reaktor dan menunggu temperatur turun sampai temperatur ruangan.
- 11) Membersihkan reaktor dari bahan bakar yang telah terbakar.
- 12) Membersihkan filter dari bahan filter yang telah terpakai.
- 13) Mengulangi langkah yang sama sesuai variabel yang akan diuji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Validasi Temperatur Reaktor

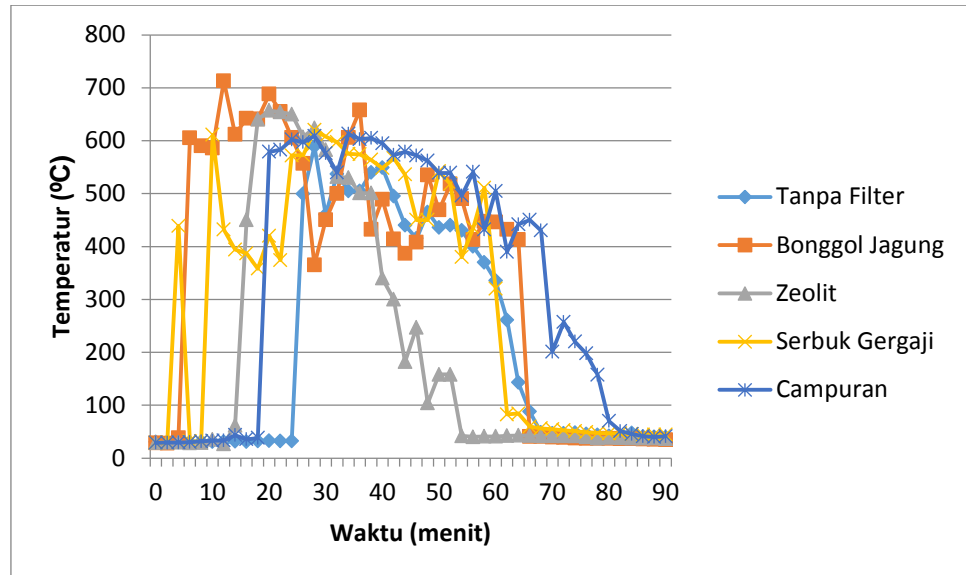


Gambar 4 Grafik Validasi Temperatur Reaktor

Gambar 4 menunjukkan profil temperatur rata-rata bahan bakar pada kelima variasi *filter*. Temperatur awal pada Pengujian tanpa *filter* adalah $28,87^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-24 sebesar $358,97^{\circ}\text{C}$. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* bonggol jagung adalah $30,40^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-44 sebesar $381,47^{\circ}\text{C}$. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* zeolit adalah $28,87^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-34 sebesar $373,1^{\circ}\text{C}$. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* serbuk gergaji adalah $30,73^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-32 sebesar $369,03^{\circ}\text{C}$. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* campuran adalah $27,87^{\circ}\text{C}$ dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-34 sebesar $350,77^{\circ}\text{C}$.

Distribusi temperatur bahan bakar pada reaktor cenderung naik mulai dari menit awal proses pembakaran dan rata-rata mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-30. Nyala api akan mengecil seiring penurunan temperatur pada reaktor karena bahan bakar telah habis terbakar.

3.2 Perbandingan Temperatur Nyala Api



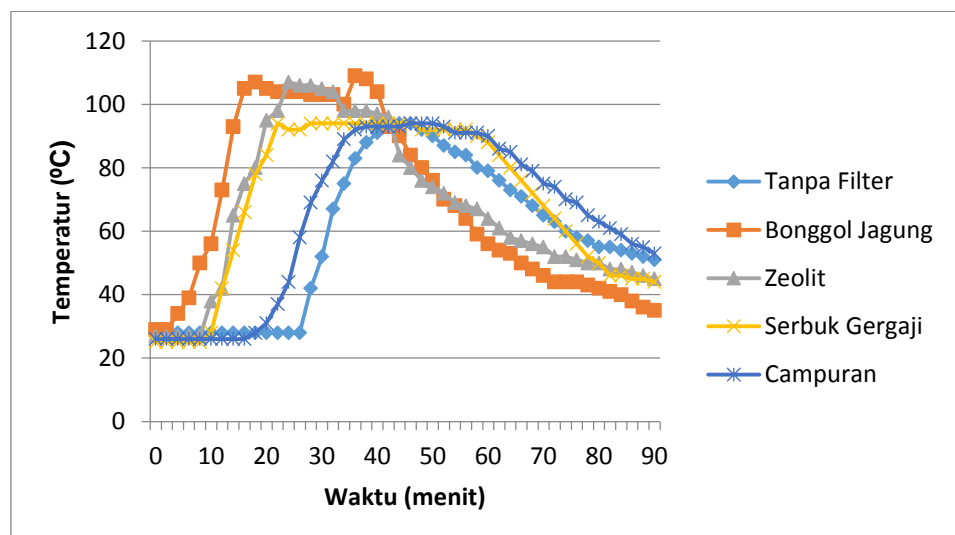
Gambar 5 Grafik Perbandingan Temperatur Nyala Api

Gambar 5 menunjukkan perbandingan temperatur nyala api pada kelima variasi *filter*. Perbandingan lama reaksi dapat dilihat dari grafik temperatur nyala api melalui kompor yang dinyalakan. Temperatur awal pada Pengujian tanpa *filter* adalah 30,5°C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-28 sebesar 589°C sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-24 sampai menit ke-66. Jadi dari pembakaran 5 kg sekam padi tanpa menggunakan *filter* menghasilkan nyala api selama 42 menit. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* bonggol jagung adalah 28,2°C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-12 sebesar 713°C, sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-6 sampai menit ke-64. Jadi dari pembakaran 5 kg sekam padi menggunakan *filter* bonggol jagung menghasilkan nyala api selama 58 menit. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* zeolit adalah 29,2°C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-20 sebesar 657°C, sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-14 sampai menit ke-52. Jadi dari pembakaran 5 kg sekam padi

menggunakan *filter* zeolit menghasilkan nyala api selama 38 menit. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* serbuk gergaji adalah 29,1°C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-28 sebesar 620°C, sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-8 sampai menit ke-64. Jadi dari pembakaran 5 kg sekam padi menggunakan *filter* serbuk gergaji menghasilkan nyala api selama 56 menit. Temperatur awal pada Pengujian dengan filter campuran adalah 28,9°C dan mencapai temperatur tertinggi pada menit ke-34 sebesar 613°C, sedangkan untuk nyala efektif api yaitu dari menit ke-16 sampai menit ke-78. Jadi dari pembakaran 5 kg sekam padi menggunakan filter campuran menghasilkan nyala api selama 62 menit.

Distribusi temperatur nyala api pada kelima variasi *filter* cenderung berbeda, begitu pula dengan waktu nyala efektifnya. Diketahui bahwa nyala api efektif terbaik adalah menggunakan *filter* bonggol jagung sedangkan untuk temperatur nyala api tertinggi dan nyala api tercepat adalah menggunakan *filter* bonggol jagung.

3.3 Perbandingan Temperatur Pendidihan Air

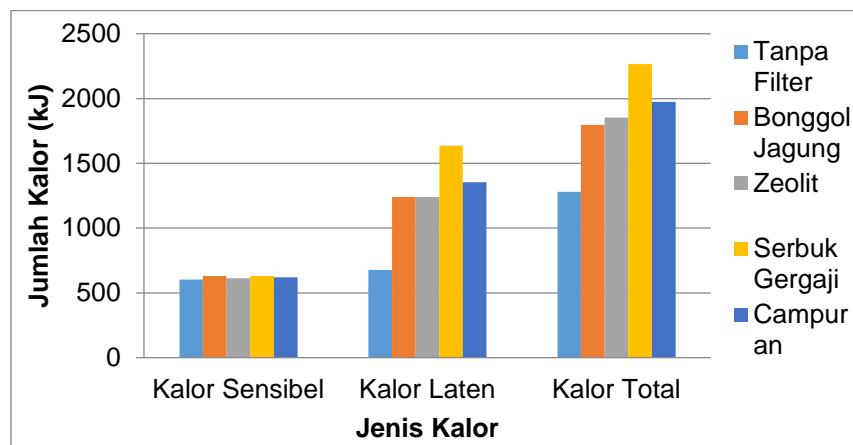


Gambar 6 Grafik Perbandingan Temperatur Pendidihan Air

Gambar 6. menunjukkan perbandingan temperatur pendidihan air pada kelima variasi *filter* Perbandingan waktu pendidihan air dapat dilihat dari grafik temperatur pendidihan air. Temperatur awal pada Pengujian tanpa *filter* adalah 28°C dan mencapai temperatur 94°C pada menit ke-46, temperatur konstan hingga menit ke-54. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* bonggol jagung adalah 29°C dan mencapai temperatur 109°C pada menit ke-36, temperatur konstan hingga menit ke-40. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* zeolit adalah 27°C dan mencapai temperatur 107°C pada menit ke-24, temperatur konstan hingga menit ke-40. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* serbuk gergaji adalah 25°C dan mencapai temperatur 94°C pada menit ke-46, temperatur konstan hingga menit ke-64. Temperatur awal pada Pengujian dengan *filter* campuran adalah 26°C dan mencapai temperatur 94°C pada menit ke-50, temperatur konstan hingga menit ke-66.

Distribusi temperatur nyala api pada kelima variasi filter cenderung berbeda, begitu pula dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur pendidihan(100°C). Diketahui bahwa waktu tercepat untuk mendidihkan air adalah menggunakan filter bonggol jagung.

3.4 Perbandingan Nilai Kalor



Gambar 7 Grafik Perhitungan Kalor

Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai kalor pada kelima variasi filter. Nilai kalor gas hasil gasifikasi dapat dilihat dari grafik perhitungan kalor. Dari grafik perhitungan kalor sensibel, kalor laten dan kalor total

pendidihan air dapat lihat bahwa pada Pengujian tanpa filter memiliki kalor sensibel sebesar 603,692 kJ, kalor laten sebesar 677,1 kJ dan kalor total sebesar 1280,792 kJ. Sedangkan pada Pengujian dengan filter bonggol jagung memiliki kalor sensibel sebesar 554,276 kJ, kalor laten sebesar 1241,35 kJ dan kalor total sebesar 1795,626 kJ. Pada Pengujian dengan filter zeolit memiliki kalor sensibel sebesar 612,131 kJ, kalor laten sebesar 1241,35 kJ dan kalor total sebesar 1853,481 kJ. Pada Pengujian dengan filter serbuk gergaji memiliki kalor sensibel sebesar 628,802 kJ, kalor laten sebesar 1636,325 kJ dan kalor total sebesar 2265,127 kJ. Pada Pengujian dengan filter campuran memiliki kalor sensibel sebesar 620,578 kJ, kalor laten sebesar 1354,2 kJ dan kalor total sebesar 1974,778 kJ.

Dari kelima variasi filter yang memiliki kalor sensibel tertinggi adalah filter serbuk gergaji dengan kalor sensibel sebesar 628,802 kJ, sedangkan yang memiliki kalor laten tertinggi adalah filter serbuk gergaji dengan kalor laten sebesar 1636,325 kJ dan yang memiliki kalor tertinggi adalah filter serbuk gergaji dengan kalor sebesar 2265,127 kJ.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menggunakan reaktor gasifikasi *Fluidized Bed* dengan ukuran diameter reaktor 454,38 mm, tinggi reaktor 1368,5 mm, tinggi ruang bakar 908,5 mm dan diameter lubang gas keluar 50 mm, pengujian menggunakan material bed berupa pasir silika sebanyak 10 kg, bahan bakar sekam padi sebanyak 5 kg, kecepatan udara 4 m/s dengan membandingkan variasi media filter berupa arang tempurung kelapa, zeolit, silica gel dan campuran dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Media filter mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap temperatur nyala api dari gas produk yang dihasilkan oleh reaktor

gasifikasi. Dari data yang didapatkan, temperatur nyala api tertinggi didapatkan, temperatur nyala api tertinggi didapatkan oleh media filter bonggol jagung dengan temperatur tertinggi sebesar 713 °C dan waktu nyala api selama 58 menit.

- 2) Lama pendidihan air yang baik diperoleh pada percobaan filter bonggol jagung yaitu selama 22 menit.
- 3) Sebanding dengan temperatur nyala api, kalor yang didapatkan maksimal terjadi pada percobaan filter Serbuk gergaji dengan kalor total sebesar 1636,325 kJ.

4.2 Saran

Adapun saran - saran untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Supaya mendapatkan hasil yang maksimal perlu dilakukan uji kandungan gas secara kualitas dan kuantitas.
- 2) Penelitian sebaiknya dilakukan ditempat tertutup agar didapatkan temperatur nyala api yang stabil.
- 3) Penelitian harus dilakukan dengan cermat dan penuh tanggung jawab.

PERSANTUNAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala hormat ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Subroto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Nur Aklis, ST., M.Eng. selaku pembimbing tugas akhir.
4. Keluarga tercinta dan sahabat yang selalu memberikan dukungan semangat baik moril maupun materil.

5. Semua pihak yang telah membantu, semoga Allah membalas kebaikanmu. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

DAFTAR PUSTAKA

- Aklis. 2013. *Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Lubang Distributor Udara Terhadap Karakteristik Gelembung Pada Bubbling Fluidized Bed Dengan Variasi Partikel Bed* (Tesis). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Aklis, Nur., Riyadi, M.A., Rosyadi. G., Cahyanto, W.T. 2015. *Studi Eksperimen Konversi Biomassa Menjadi Syngas Pada Reaktor Bubbling Fluidized Bed*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2015, 19 Desember 2015. STTNas Yogyakarta. Hal 973-978.
- Alenisa, G et al, 2014, *Porous Filtering media comparison through wet and dry sampling of fixed bed gasification products*, Journal of Physics: Conference Series 547.
- Nurman Alwin, 2011, *Studi Karakteristik Pembakaran Biomassa Tempurung Kelapa Pada Fluidized Bed Combustor Universitas Indonesia Dengan Partikel Bed Berukuran Mesh 40-50*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Pathak, B.S et al, 2007, *Design and Development of Sand Bed Filter for Upgrading Producer Gas to IC Engine Quality Fuel*, International Energy Journal 8.
- Prabir Basu. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. USA: Elsevier.
- Putri Tiara Yulia, 2013. *Rancang Bangun Alat Gasifikasi Biomassa (Kayu Karet) Sistem Updraft Single Gas Outlet*. Jurusan Teknik Kimia Program Studi S1 (Terapan) Teknik Energi.

Samsudin Anis dkk, *Studi Eksperimen Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Gasifikasi Penghasil Syngas*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.