

**NASKAH PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH**

**Pengembangan Teknologi Alat Produksi Gas Metana Dari  
Pembakaran Sampah Organik Menggunakan Media  
Pemurnian Batu Kapur, Arang Batok Kelapa, Batu *Zeolite*  
Dengan Satu Tabung**



Disusun Dan Diajukan Untuk Melengkapi Syarat-Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik S1 Pada Fakultas Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh:

**UTA LUTFI WICAKSONO**

**D 200090057**

**JURUSAN MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2015**

## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah publikasi berjudul "**Pengembangan Teknologi Alat Produksi Gas Metana Dari Pembakaran Sampah Organik Menggunakan Media Pemurnian Batu Kapur, Arang Batok Kelapa, Batu Zeolite Dengan Satu Tabung**" telah disetujui dan disahkan Ketua Jurusan sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : UTA LUTFI WICAKSONO

NIM : D 200090057

Disetujui pada:

Hari : Senin

Tanggal : 9/2/2015

Pembimbing Utama



Ir. Sartono Putro, MT

Pembimbing Pendamping



Amin Sulistyanto, ST

Mengetahui

Ketua Jurusan



Tri Widodo BR,ST,M.Sc,Ph.D

**Pengembangan Teknologi Alat Produksi Gas Metana Dari  
Pembakaran Sampah Organik Menggunakan Media Pemurnian Batu  
Kapur, Arang Batok Kelapa, Batu *Zeolite* Dengan Satu Tabung**

**Uta Lutfi Wicaksono, Sartono Putro, Amin Sulistyanto**

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasuro

e-mail: [utalutfi@yahoo.com](mailto:utalutfi@yahoo.com)

**ABSTRAKSI**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknologi alat produksi gas metana dari sampah organik sekam padi dengan cara dibakar, mengetahui pengaruh pemurnian gas metana dengan menggunakan media batu kapur, arang batok kelapa, batu zeolite terhadap waktu nyala efektif, temperatur pembakaran dan jumlah kalor dengan metode pendidihan air.

Pada penelitian ini menggunakan variasi media pemurnian dengan batu kapur, arang batok kelapa, batu zeolite dengan satu tabung. Mengambil data setiap 5 kg sekam padi meliputi volume air yang dapat dididihkan, lama waktu nyala efektif, temperatur pembakaran serta perubahan temperatur 1 liter air setiap dua menit.

Hasil penelitian menunjukkan menggunakan batu kapur sebagai media pemurnian gas didapatkan temperatur tertinggi sebesar  $673^{\circ}\text{C}$ , waktu nyala efektif selama 56 menit, dan jumlah kalor pendidihan air 1223,48 kJ. Menggunakan arang batok kelapa didapatkan temperatur tertinggi sebesar  $721^{\circ}\text{C}$ , waktu nyala efektif selama 38 menit, dan jumlah kalor pendidihan air 917,61 kJ. Menggunakan batu zeolite didapatkan temperatur tertinggi sebesar  $746^{\circ}\text{C}$ , waktu nyala efektif selama 70 menit, dan jumlah kalor pendidihan air 1529,35 kJ.

**Kata Kunci: Media Pemurnian, Sekam Padi, Kalor.**

## **A. PENDAHULUAN**

### **1. LATAR BELAKANG**

Sampah selalu identik dengan barang sisa atau hasil buangan tak berharga. Seperti sampah organik yang banyak di pedesaan, meski setiap hari manusia selalu menghasilkan sampah, manusia pula yang paling menghindari sampah. Selama ini sampah organik dikelola dengan konsep umum seperti, dibakar, padahal dari hasil pembakaran sampah organik tersebut menghasilkan kandungan gas metana, gas karbon monoksida dan senyawa lain yang berbahaya bagi lingkungan. Di daerah perkotaan sampah rumah tangga yang semakin lama semakin bertambah menjadi suatu masalah krusial seiring meningkatnya populasi penduduk sehingga pemerintah memerlukan lokasi penampungan yang lebih besar dan lebih banyak dibandingkan sebelumnya. Untuk menanggulangi masalah tersebut, bagaimanakah cara memanfaatkan gas metana hasil pembakaran sampah organik sebagai salah satu sumber energi alternatif pengganti bahan bakar LPG.

Gasifikasi adalah konversi bahan bakar padat menjadi gas dengan oksigen terbatas yang menghasilkan gas yang bisa dibakar. Teknologi gasifikasi sebagai salah satu teknologi konversi energi saat ini masih sangat terbatas penggunaannya di Indonesia. Penelitian mengenai gasifikasi juga masih sangat sedikit dilakukan. Padahal teknologi tersebut menghasilkan bahan bakar gas yang fleksibel penggunaannya, mulai dari untuk memasak dengan nyala api yang bersih sampai untuk menjalankan motor penggerak diantaranya motor busi, motor diesel, maupun turbin (Tasliman, 2006).

Penelitian tentang pemanfaatan gas metana dari hasil pembakaran sampah organik, telah banyak dilakukan, oleh ( Syawal, I., 2011.) melakukan penelitian “Rancang Bangun dan Pengujian Alat Produksi Gas Metana dari Sampah Organik dengan Variasi Bahan Sekam Padi, Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu”. dimana gas metana digunakan sebagai nyala api kompor. Dalam prosesnya terjadi beberapa tahapan sebelum menjadikan gas metana sebagai bahan bakar nyala api kompor. Tahap pertama sampah organik dibakar di reaktor pembakaran sehingga menghasilkan gas asap pembakaran berupa gas metana yang merupakan bahan bakar api

kompur dan gas-gas lain hasil pembakaran sampah organik. Tahap kedua gas hasil pembakaran sampah organik mengalir masuk menuju tangki absorber, pada penelitian ini proses pemurnian gas menggunakan tangki absorber yang berisi air berdiameter 580 mm dan tinggi 890 mm. Tetapi pada penelitian ini masih terdapat kelemahan, antara lain untuk mengaduk bahan bakar yang ada didalam reaktor harus membuka tutup reaktor, sehingga pada saat membuka tutup reaktor gas-gas hasil pembakaran otomatis akan banyak terbang keluar.

Penelitian ( Syawal, I., 2011.) dilanjutkan oleh (Putro, A,S, 2013) yang meneliti menggunakan Desain Dan Konstruksi Alat Produksi Gas Metana Dari Pembakaran Sampah Organik Sekam Padi. Pada dasarnya cara kerja dari penelitian ini adalah sama yaitu tahap pertama sampah organik sekam padi dibakar didalam reaktor, dan tahap kedua gas hasil pembakaran sekam padi mengalir masuk menuju tangki absorber. Namun pada penelitian tersebut tutup reaktor telah dipasang pengaduk yang berfungsi sebagai pengaduk bahan bakar yang ada didalam reaktor, dan tangki absorber yang digunakan berdiameter 280 mm dan tinggi 520 mm.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh ( Saputro, Y 2014) "Pengembangan desain alat produksi gas metana dari pembakaran sekam padi menggunakan *filter* tunggal". Jenis Pembentukan gas metana yaitu *Thermal Process Gasification*, menggunakan prinsip kerja *updraft gasification* dan media yang digunakan untuk pemurnian gas metana yang terdapat didalam *filter* tersebut adalah *glas wool*.

Media yang digunakan untuk pemurnian gas metana tersebut masih terdapat kelemahan yaitu *glas wool* didalam *filter* hanya berfungsi sebagai penyaring partikel padat namun tidak mampu mengikat gas yang tidak diinginkan yang ikut terbawa gas hasil pembakaran. Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki penelitian sebelumnya. Dengan merubah media yang digunakan untuk pemurnian gas hasil pembakaran. Media yang digunakan adalah batu kapur, arang batok kelapa, dan batu *zeolite*, penggunaan media tersebut diharapkan mampu menyaring gas yang tidak diinginkan yang ikut terbawa oleh gas hasil pembakaran sekaligus memurnikannya.

## 2. TUJUAN PENELITIAN

Untuk mengetahui pengaruh pemurnian gas metana dengan menggunakan media batu kapur, arang batok kelapa, batu *zeolite* terhadap waktu nyala efektif, kalor pembakaran, dan temperatur air melalui metode pendidihan air.

## B. KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 1. KAJIAN PUSTAKA

Syawal, I.,( 2011 ) melakukan penelitian “Rancang Bangun dan Pengujian Alat Produksi Gas Metana dari Sampah Organik dengan Variasi Bahan Sekam Padi, Tempurung Kelapa dan Serbuk Gergaji Kayu”. dimana gas metana digunakan sebagai nyala api kompor. Dalam prosesnya terjadi beberapa tahapan sebelum menjadikan gas metana sebagai bahan bakar nyala api kompor. Tahap pertama sampah organik dibakar di reaktor pembakaran sehingga menghasilkan gas asap pembakaran berupa gas metana yang merupakan bahan bakar api kompor dan gas-gas lain hasil pembakaran sampah organik. Tahap kedua gas hasil pembakaran sampah organik mengalir masuk menuju tangki absorber, pada penelitian ini proses pemurnian gas menggunakan tangki absorber yang berisi air berdiameter 580 mm dan tinggi 890 mm. Hasil pengujian menunjukkan, nyala efektif 5 kg sekam padi 152 menit dengan nilai kalor 6.032,7 kJ, nyala efektif tempurung kelapa 102 menit dengan nilai kalor 4.423,98 kJ, dan nyala efektif serbuk gergaji kayu jati 224 menit dengan nilai kalor 5.228,38 kJ.

Putro, A,S, (2013). Pengembangan desain dan konstruksi alat produksi gas metana dari pembakaran sampah organik sekam padi. pada penelitian ini ada dua tipe dimensi penggunaan tangki absorber yaitu tangki A diameter 580 mm dan tinggi 890 mm, serta tangki B diameter 280 mm dan tinggi 520 mm. Hasil penelitian penggunaan tangki tipe A waktu nyala efektif dalam membakar gas metana untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter menghasilkan dua kali percobaan pendidihan air yaitu selama 46 menit. Kalor yang dihasilkan sebesar 569,2 kJ dengan daya rata-rata pendidihan air sebesar 206,63 J/s. Sedangkan untuk penggunaan tangki B dalam pembakaran gas metana untuk mendidihkan air sebanyak 1 liter menghasilkan dua kali percobaan pendidihan air yaitu selama 36 menit. Kalor yang dihasilkan

sebesar 569,2 kJ dengan daya rata-rata pendidihan air sebesar 266,82 J/s.

Rifa'i, A ( 2014 ) Pengembangan desain alat produksi gas metana dari pembakaran sampah organik dengan pemurnian gas menggunakan *filter* tipe ganda, dan didalam *filter* diisi dengan glass wool sebagai penyaring partikel kecil yang ikut terbawa gas asap pembakaran. Hasil penggunaan satu *filter* temperatur pembakaran rata-rata 462,792 °C, dua *filter* temperatur pembakaran rata-rata 435,548 °C, dan tiga *filter* temperatur pembakaran rata-rata 383,771 °C. Dan nyala efektif menggunakan satu *filter* selama 48 menit, dan dapat menghasilkan percobaan pendidihan air sebanyak dua kali, kemudian menggunakan dua *filter* nyala efektif selama 62 menit, dan menghasilkan percobaan pendidihan air sebanyak tiga kali, dan menggunakan tiga *filter* didapat nyala efektif selama 70 menit, dan menghasilkan percobaan pendidihan air sebanyak tiga kali.

## **2. LANDASAN TEORI**

### **a. Pembakaran**

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara bahan bakar dengan oksigen yang disertai dengan timbulnya cahaya dan kalor atau panas. Pembakaran berdasarkan gas sisa yang dihasilkan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

1. Pembakaran sempurna, yaitu pembakaran dimana semua bahan yang terbakar membentuk gas karbon dioksida, air dan sulfur, sehingga tidak ada lagi bahan yang tersisa.
2. Pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran yang menghasilkan gas karbon monoksida (CO), dimana salah satu penyebabnya adalah kekurangan jumlah oksigen.

Tabel 2.1. Unsur Kimia

Unsur	Berat molekul ( kg/kg mol )
C	12
O <sub>2</sub>	32
H <sub>2</sub>	2
S	32
N <sub>2</sub>	28
CO <sub>2</sub>	44
SO <sub>2</sub>	64
H <sub>2</sub> O	18

### b. Pemurnian Gas

Pembakaran sampah yang dilakukan di reaktor sampah menghasilkan gas pembakaran berupa gas metana (CH<sub>4</sub>), gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), gas hidrogen (H<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), gas karbon monoksida (CO) dan TAR. Kemurnian gas metana (CH<sub>4</sub>) menjadi hal yang sangat penting karena merupakan bahan bakar yang berpengaruh terhadap nilai kalor atau panas yang dihasilkan, sehingga perlu dilakukannya pemurnian gas metana dengan membuang gas hasil pembakaran yang tidak diinginkan.

Ada beberapa teknik pemurnian atau pembersihan dan pendinginan gas biomassa, teknik pemurnian dan pembersihan antara lain berupa:

1. Pemisahan partikel padat dan debu halus dengan siklon atau filter
2. Pencucian TAR dengan dilewatkan air tergenang
3. Pencucian dengan cara di semprot air
4. Penyaringan kering menggunakan bahan kering sistem curah (Adsorpsi)
5. Penyaringan dengan lembaran kain

**c. Gasifikasi**

Menurut Higan Van Der Burgt (2003), gasifikasi adalah konversi bahan bakar padat menjadi gas.

Prinsip kerjanya gasifikasi dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Downdraftgasification
2. Updraftgasification
3. Crosstdraft gasification

**d. Sampah**

Sampah adalah material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses.

Berdasarkan sifatnya sampah diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu:

1. Sampah organik
2. Sampah anorganik

**e. Gas metana**

Gas metana adalah hidrokarbon sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH<sub>4</sub>. Metana merupakan komponen utama gas alam dan termasuk sumber bahan bakar utama.

Tahap terbentuknya gas metana (CH<sub>4</sub>) dari pembakaran sekam padi.

1. Driying
2. Devolation + combustion  
 $C + O_2 = CO_2$  ( + 393 MJ/kg mole)  
 $2H_2 + O_2 = 2H_2 O$  ( - 242 MJ/kg mole)

3. Gassification of Char (arang)

$C + O_2$	→	$CO_2$	- 394.4 kJ/mole
$C + (1/2) O_2$	→	$CO$	- 110.6 kJ/mole
$C + CO_2$	→	$2CO$	+ 173.0 kJ/mole
$C + H_2O (g)$	→	$CO+H_2$	+ 131.4kJ/mole
$C 2H_2$	→	$CH_4$	- 71.0kJ/mole

**f. Kalor**

Kalor adalah energi yang merambat atau berpindah akibat perbedaan suhu atau temperatur.

Jumlah kalor yang dibutuhkan untuk mendidihkan air dapat dicari.

$$Q = m \times \Delta h$$

$$= m \times (hf_2 - hf_1).....(2)$$

dimana :

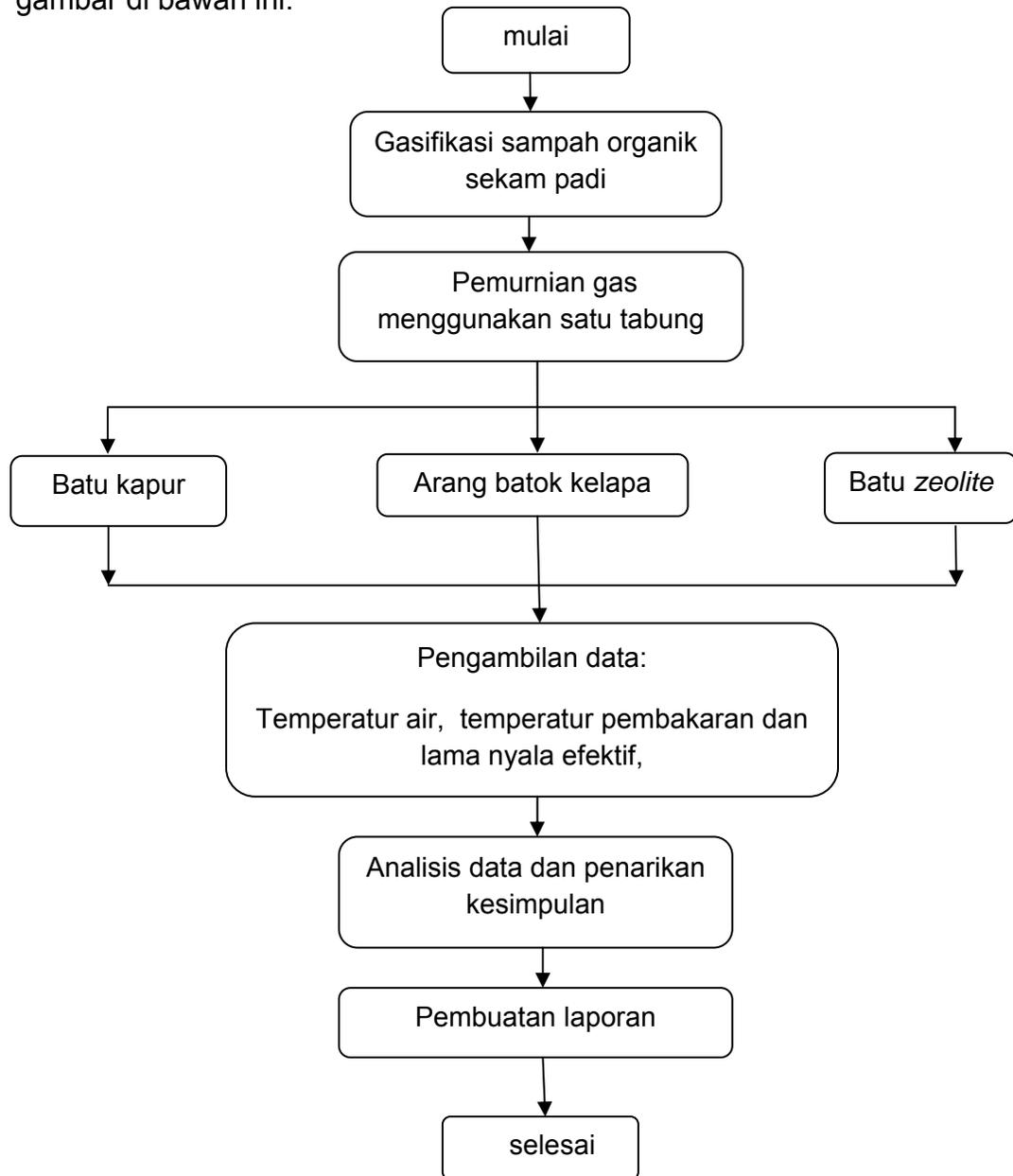
$Q$  = Banyaknya kalor, (Joule)

$m$  = Massa benda, (kg)

$\Delta h = (hf_2 - hf_1)$  Enthalpi pendidihan air (kJ/kg)

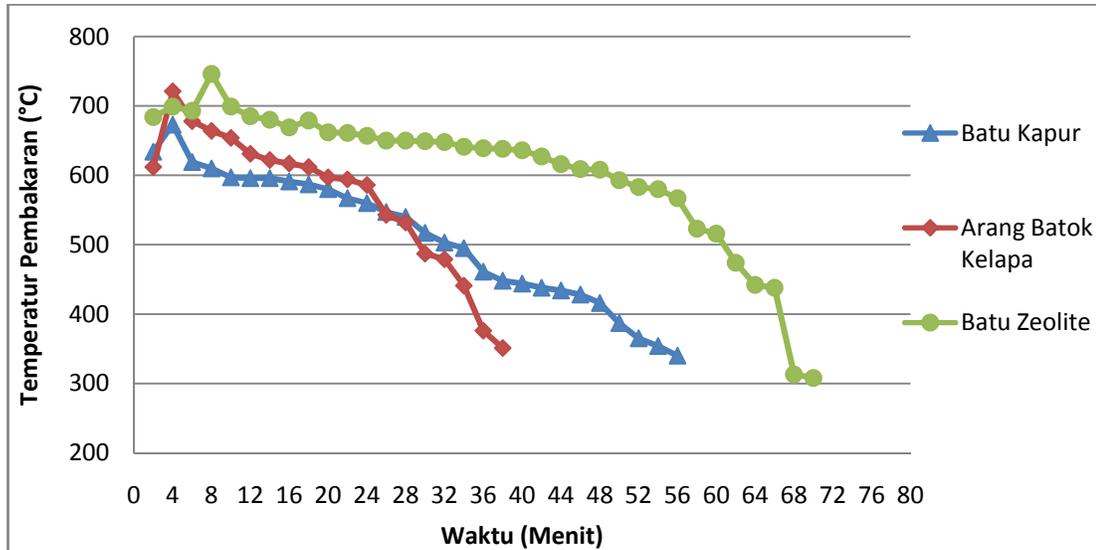
### C. METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir pada gambar di bawah ini.



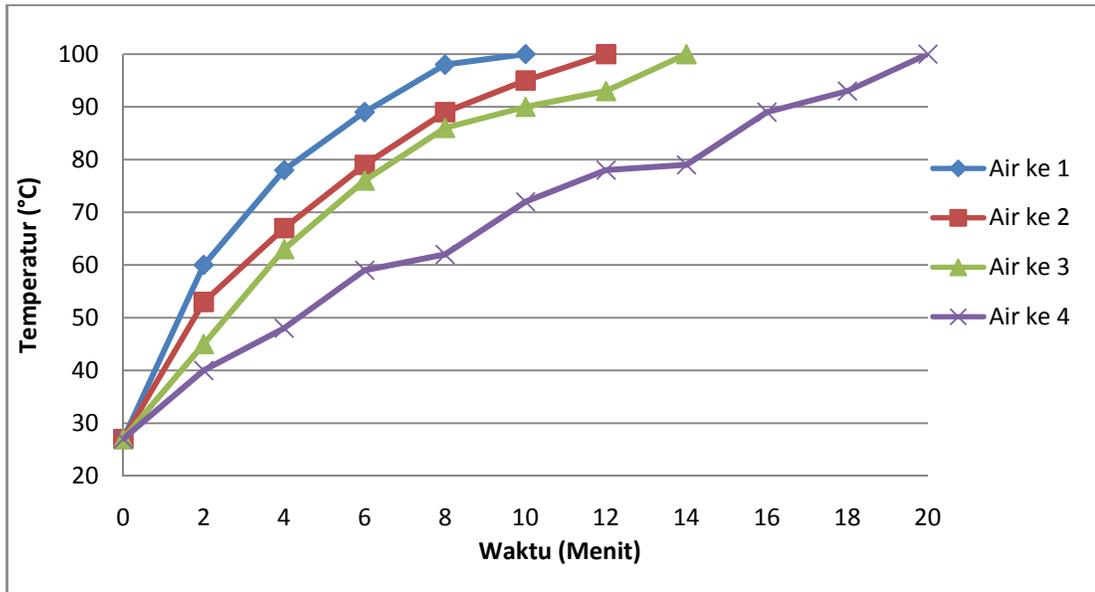
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

#### D. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



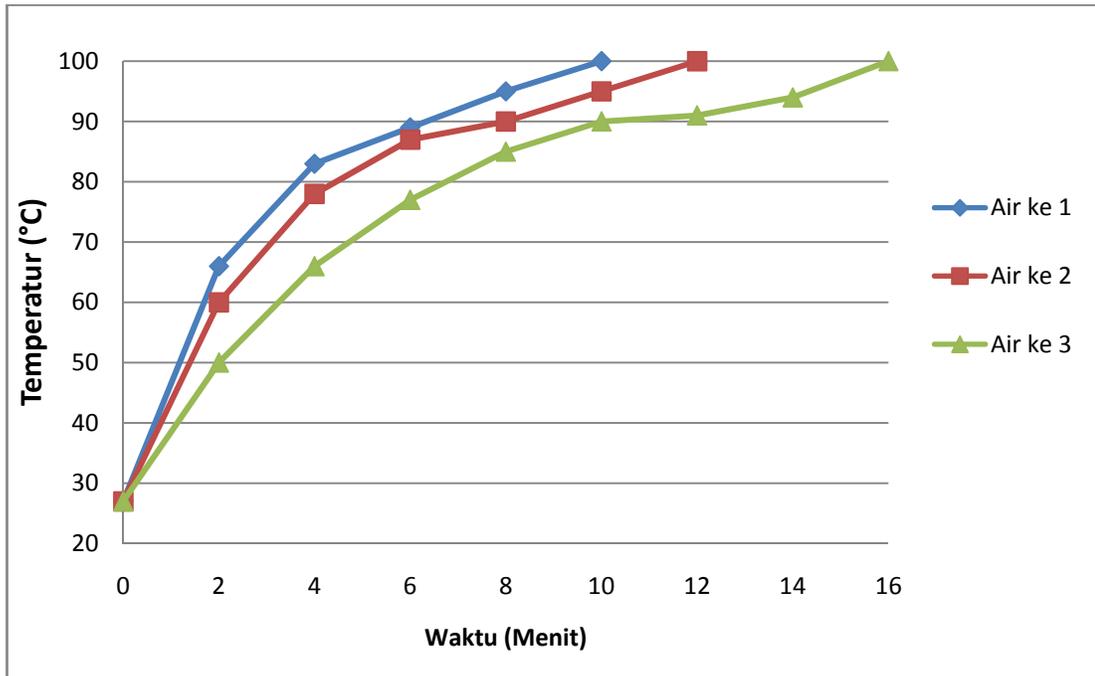
Gambar 2. Grafik perbandingan temperatur pembakaran dengan waktu nyala efektif pada penggunaan Media Pemurnian Batu Kapur, Arang Batok Kelapa, Batu Zeolite.

Dari grafik diatas diketahui bahwa nyala efektif paling lama adalah dengan menggunakan media batu zeolite yaitu selama 70 menit, pada penggunaan media batu kapur selama 56 menit, pada penggunaan media arang batok kelapa selama 38 menit. Temperatur pembakaran tertinggi yaitu pada percobaan yang menggunakan media Batu zeolite, pada menit ke-8 dengan temperatur pembakaran sebesar  $746^{\circ}\text{C}$ , untuk media arang batok kelapa pada menit ke-4 dengan temperatur  $721^{\circ}\text{C}$ , dan pada media batu kapur menit ke-4 dengan temperatur pembakaran sebesar  $673^{\circ}\text{C}$ . Penurunan temperatur terjadi karena pembakaran sekam padi telah habis, sehingga gas metana yang dihasilkan juga mengalami penurunan.



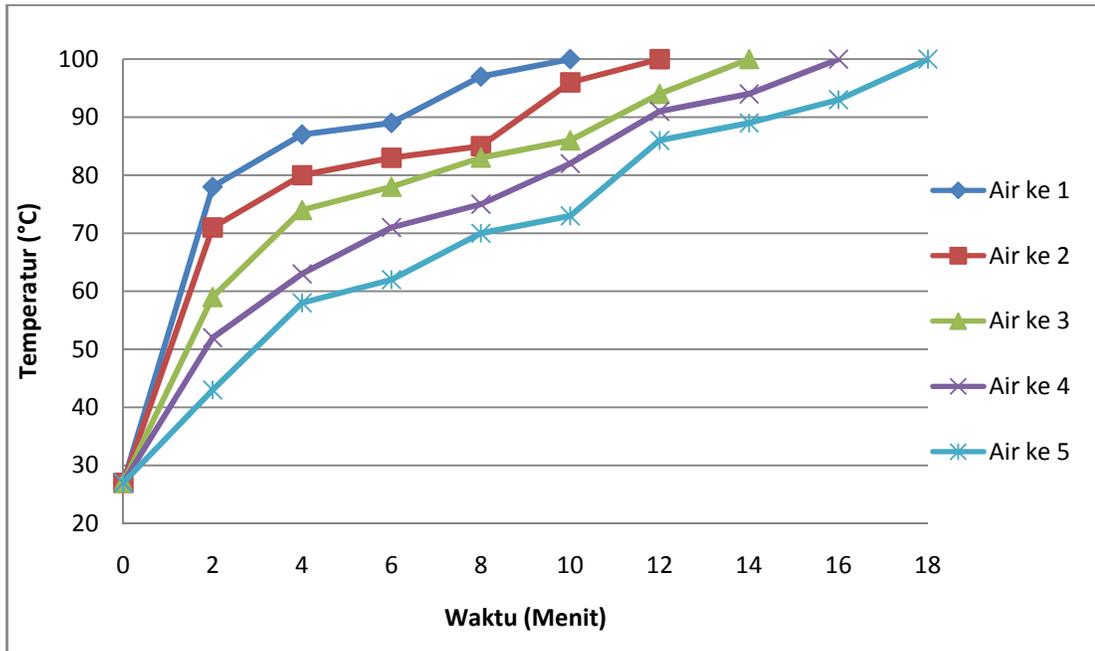
Gambar 3. Grafik hubungan antara temperatur air dengan waktu pada media pemurnia batu kapur.

dapat diketahui percobaan pendidihan air sebanyak empat kali, waktu untuk percobaan pendidihan air ke 1 selama 10 menit, air ke 2 selama 12 menit, air ke 3 selama 14 menit, dan pada percobaan air ke 4 diperoleh waktu selama 20 menit. Setiap percobaan pendidihan air waktu yang diperlukan semakin lama, dikarenakan temperatur pembakaran semakin rendah.



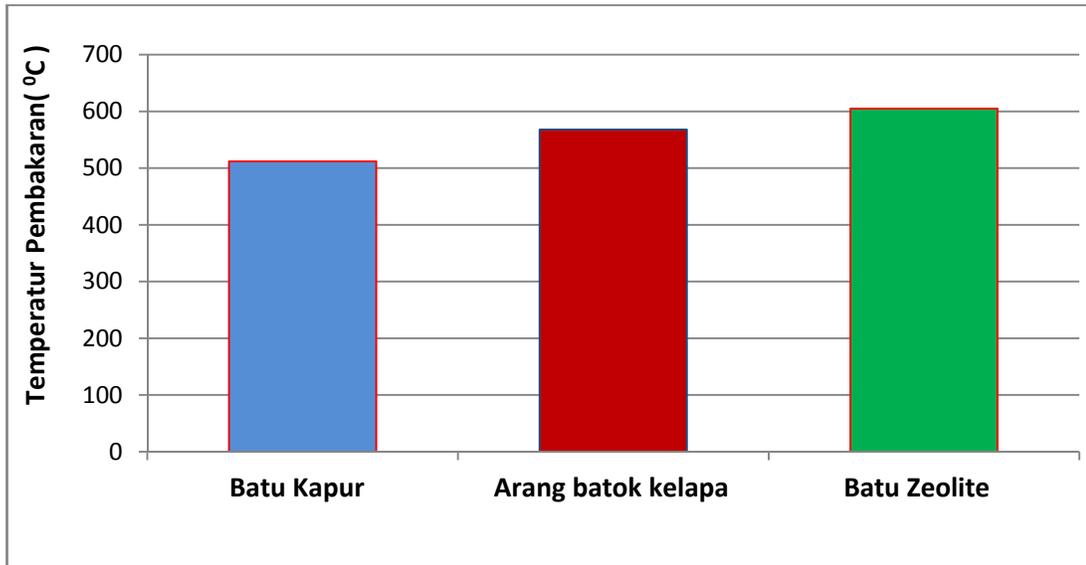
Gambar 4. Grafik hubungan antara temperatur air dengan waktu pada media arang batok kelapa.

didapatkan percobaan pendidihan air sebanyak tiga kali, waktu untuk percobaan pendidihan air ke 1 selama 10 menit, air ke 2 selama 12 menit, air ke 3 selama 16 menit. Setiap percobaan pendidihan air waktu yang diperlukan semakin lama, dikarenakan temperatur pembakaran semakin rendah.



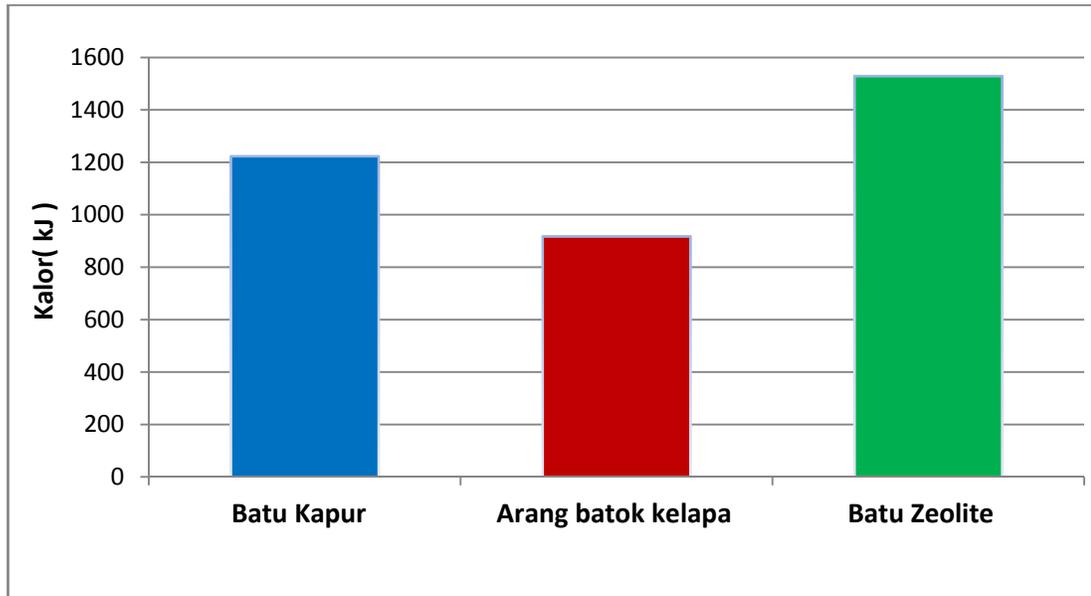
Gambar 5. Grafik hubungan antara temperatur air dengan waktu pada media batu zeolite.

didapat percobaan pendidihan air sebanyak lima kali, waktu tercepat untuk pendidihan air terjadi pada percobaan ke 1 dengan waktu 10 menit, air ke 2 dengan waktu 12 menit, air ke 3 dengan waktu 14 menit, air ke 4 dengan waktu 16 menit, air ke 5 dengan waktu 18 menit. Setiap percobaan pendidihan air waktu yang diperlukan semakin lama, dikarenakan temperatur pembakaran semakin rendah.



Gambar 6. Diagram Perbandingan antara temperatur pembakaran rata-rata dengan media pemurnian.

di atas menunjukkan hubungan antara temperatur pembakaran rata-rata dengan media pemurnian. Pada penggunaan batu kapur temperatur pembakaran rata-rata  $512^{\circ}\text{C}$ , Untuk penggunaan arang batok kelapa temperatur pembakaran rata-rata  $568^{\circ}\text{C}$ , Untuk penggunaan media batu *zeolite* temperatur pembakaran rata-rata  $605^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan tinggi rendahnya temperatur pembakaran rata-rata dipengaruhi pada penggunaan media pemurnian, ditunjukkan pada media batu zeolite karena zeolite memiliki potensi tinggi untuk menangkap  $\text{CO}_2$ . Sehingga berpengaruh terhadap temperatur pembakaran rata-rata.



Gambar 7. Diagram perbandingan antara kalor dengan media pemurnian.

diatas menunjukkan jumlah kalor pembakaran pada media batu kapur sebesar 1223,48 kJ, pada media arang batok kelapa sebesar 917,61 kJ, dan pada media batu *zeolite* sebesar 1529,35 kJ. Kemampuan tinggi rendahnya menangkap  $\text{CO}_2$  akan mempengaruhi kalor yang didapatkan, kalor pembakaran tertinggi pada penggunaan media batu zeolite, dan kalor pembakaran terendah pada penggunaan media arang batok kelapa. Hal ini disebabkan oleh pengaruh tinggi rendahnya  $\text{CO}_2$  yang terserap. Yang dikarenakan dari ketiga media pemurnian tersebut sama-sama memiliki pori atau rongga yang memungkinkan untuk menyerap gas  $\text{CO}_2$ .

## E. PENUTUP

### KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat produksi gas metana terdiri dari dua alat utama, yaitu reaktor pembakaran dan filter tunggal.
  - a. Spesifikasi reaktor pembakaran :
    - Tinggi albakos : 810 mm
    - Massa kosong : 40 kg
    - Tinggi ruang bakar : 530 mm
    - Tinggi pengaman : 50 mm
    - Diameter reaktor : 570 mm
  - b. Spesifikasi Tabung :
    - Panjang Tabung : 600 mm
    - Diameter tabung : 11 inch
    - Berat kosong : 1,5 kg
    - Diameter lubang asap : 40 mm
    - Jumlah lubang : 2
2. Penggunaan media batu *zeolite* yang paling baik untuk mengetahui pengaruh terhadap waktu nyala efektif, temperatur pembakaran dan kalor hasil pembakaran.
3. Temperatur tertinggi diperoleh pada penggunaan media batu *zeolite* sebesar 746<sup>0</sup>C.
4. Waktu nyala efektif terlama diperoleh pada penggunaan media batu *zeolite* selama 70 menit
5. Kalor pembakaran rata-rata tertinggi pada penggunaan media batu *zeolite* sebesar 1529,35 kJ.
6. Debit udara 0.024 m<sup>3</sup>/s menghasilkan kalor pembakaran 929.52 kJ, debit udara 0.022 m<sup>3</sup>/s menghasilkan kalor pembakaran 1033.97 kJ dan debit udara 0.020 m<sup>3</sup>/s menghasilkan kalor pembakaran 1096.77 kJ. Semakin rendah debit udara 0.024 m<sup>3</sup>/s yang digunakan semakin tinggi kalor pembakaran yang dihasilkan.

## **SARAN**

Saran-saran dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Reaktor pembakaran dibuat dimensi yang lebih kecil dan tinggi disesuaikan kebutuhan.
2. Reaktor harus dalam kondisi rapat tanpa ada sedikit pun kebocoran dan tidak perlu alat pengaduk.
3. Saat melakukan pengujian hendaknya kondisi lingkungan harus sama untuk menjaga kualitas data pengujian.
4. Perlu adanya penelitian tentang pereaksian secara kimia.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim, *Biogas*, Diakses 18 September 2014 jam 21.30 WIB

<http://id.wikipedia.org/wiki/Biogas>

Rifa'i, A. 2014. Pengembangan Desain Alat Produksi Gas Metana Dari Pembakaran Sampah Organik Dengan Pemurnian Gas Menggunakan Filter Tipe Ganda

Eny apriyanti, “ Adsorpsi CO<sub>2</sub> Menggunakan Zeolite, Aplikasi Pada Pemurnian Biogas”, Diakses 8 Agustus 2014 jam 23.15 WIB

Nugroho, R. 2013. “Pengembangan Desain dan Pengoperasian Alat Produksi Gas Metana Dari pembakaran Sampah Organik”.Skripsi. Surakarta: Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Putro, A, S. 2013. “Pengembangan Desain dan Konstruksi Alat Produksi Gas Metana Dari pembakaran Sampah Organik Sekam Padi.

Ir. Tasliman, M.Eng. Teknologi Gasifikasi Biomasa.

Laraswati, Novy. 2009. Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Kapur Tohor dari Batu Kapur untuk Kebutuhan Pemurnian Nira di Pabrik Gula. Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.