**BAB IV**

**PENGUJIAN REAKTOR GASIFIKASI BIOMASSA**

* 1. **Prosedur Pengujian Gasifikasi Batok Kelapa**

 Dalam melakukan pengujian gasifikasi campuran batok kelapa, terdapat prosedur yang harus diikuti. Prosedur ini dimaksudkan untuk menghindari kecelakaan kerja ataupun kerusakan alat. Prosedur ini juga dimaksudkan agar alat yang diuji dapat bekerja dengan baik, serta untuk memperoleh hasil yang dapat dipercaya.

 Berikut adalah prosedur yang harus dilakukan dalam pengujian:

A. Persiapan sebelum melakukan gasifikasi

1. Mempersiapkan reaktor gasifikasi dengan baik. Pastikan blower telah terhubung dengan listrik, namun kontak listrik dalam keadaan terbuka.
2. Memotong batok kelapa kering sehingga ukurannya cukup muat ke saluran masuk.
3. Menyiapkan obor untuk memicu pembakaran gas hasil gasifikasi.
4. Memasukkan bahan bakar yakni batok kelapa sebanyak 1 kg.
5. Memasukkan sedikit minyak tanah kemudian bakar secarik kertas dengan api, lalu memasukkan ke dalam reaktor gasifikasi.
6. Setelah bara terbentuk di permukaan atas bahan bakar, memasukkan sisa bahan bakar sebesar 2 kg.
7. Tunggu kurang lebih sekitar 5-10 menit untuk proses pembakaran sebelum masuk ke tahap pirolisis.
8. Setelah masuk tahap pirolisis, menutup saluran masuk bahan bakar dan nyalakan *blower*.

B. Prosedur yang dilaksanakan ketika proses gasifikasi sedang berlangsung

1. Menyalakan obor.
2. Setelah asap hasil pembakaran mula bahan bakar berubah menjadi kecoklatan, kemudian membakar gas dengan cara memasukkan ujung obor melalui lubang pemasukkan udara pada burner.
3. Mengatur frekuensi pemasukan udara pada blower agar sumber api tidak mati.
4. Setelah gas mengalir dengan kecepatan yang cukup, gas akan terbakar dengan mudah dan terjadi api pembakaran yang stabil.
5. Mencatat waktu dimulainya pembakaran gas hasil gasifikasi.
6. Mematikan obor guna mencegah terjadinya kebakaran.
7. Apabila terjadi gangguan yang menyebabkan api pembakaran mati, nyalakan kembali menggunakan obor.
8. Setelah api meredup dan bara telah mencapai permukaan bahan bakar paling atas, menghentikan pencatat waktu proses gasifikasi dan waktu pembakaran.

C. Prosedur yang dilaksanakan setelah proses gasifikasi berakhir

1. Mematikan blower dan putuskan semua kontak listrik.
2. Tunggu hingga temperatur permukaan reaktor cukup dingin untuk dipegang.
3. Membuka penutup saluran buang yang terdapat pada bagian bawah reaktor.
4. Membuang arang batok kelapa sisa proses gasifikasi, siram dengan sedikit air apabila api masih menyala untuk mengurangi timbulnya asap dan potensi kebakaran.

 

 (a) (b)

Gambar 4.1 (a) Burner saat nyala api kecil (b) Burner saat nyala api besar

* 1. **Data Pengujian**

 Data-data yang dibutuhkan dalam melakukan analisis dan perhitungan efisiensi reaktor gasifikasi batok kelapa, diperoleh melalui pengujian yang dilakukan di Laboratorium Proses Manufaktur Teknik Mesin Universitas Pasundan. Pengujian dilakukan pada rentang waktu bulan Juni hingga September 2011.

 Data yang diperoleh melalui pengujian yang dilakukan disajikan dalam tabel di bawah ini:

* Pengujian Spesifik Reaktor

|  |  |
| --- | --- |
| Bahan Bakar | Batok Kelapa |
| Massa Bahan Bakar | 3 kg |
| LHV Batok Kelapa | 18200 kJ/kg |
| Waktu Proses Gasifikasi | 30 menit |
| Waktu Nyala Api | 2-5 menit |
| Kecepatan Gas di Nozzle | 12 m/s |

Tabel 4.1 Data Pengujian Spesifik Reaktor

* Pengujian Pemanasan Air

|  |  |
| --- | --- |
| Zat yang dipanaskan | Air |
| Volume | 20 ml |
| Densitas | 1 gr/cm3 |
| Temperatur awal | 25° C |
| Temperatur akhir | 96° C |
| Waktu Pemanasan | 3 menit 7 detik |

Tabel 4.2 Data Pengujian Pemanasan Air

* 1. **Pengolahan Data**
		1. **Laju Konsumsi Bahan Bakar**

 Laju konsumsi bahan bakar didefinisikan sebagai jumlah konsumsi bahan bakar (batok kelapa) per satuan waktu pembakaran bahan bakar yang menghasilkan gas.

 Hal ini dirumuskan sebagai:

 *ṁbahan bakar =* $\frac{m\_{bahan bakar}}{t\_{gasifikasi}}$

 = $\frac{3 kg}{0,5 jam}$

 = $6 kg/jam$

 Jadi laju konsumsi bahan bakarnya adalah 6 kg/jam.

* + 1. **Laju Aliran Masa Gas**

Dalam penelitian tugas akhir ini, gas yang dihasilkan selama proses gasifikasi adalah *syn gas.* Untuk mengetahui densitasnya, diperlukan pengujian laboratorium.

 Dikarenaka keterbatasan alat untuk mengujinya, maka densitas *syn gas* didapatkan dari hasil proses gasifikasi yang telah dilakukan oleh saudara Ery Ferdian Sanusi di Laboratorium Termodinamika ITB.

 Densitas (ρ) = 0,72468 kg/m3

LHVsyntetic gas = 2729,1 kJ/kg

 Laju aliran massa gas hasil gasifikasi dapat diketahui dengan mengalikan densitas gas dengan debit aliran gas. Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

 *ṁgas* = ρ × Anozzle × vgas

= 0,72468 kg/m3 × (0,02 m)2 × 12 m/s

 = 0,003478 kg/s

 = 12,522 kg/jam

 Jadi Laju aliran massa gas keluaran reaktor adalah 12,522 kg/jam.

* + 1. **Daya Gas**

Gas yang dihasilkan memiliki kandungan energi per satuan massanya. Daya gas maksimum keluaran reaktor merupakan perkalian antara kandungan energi maksimum ini dikalikan dengan laju aliran massanya. Sehingga:

 Pgas = *ṁgas* × LHVgas

= 0,003478 kg/s × 2729,1 kJ/kg

 = 9,492 kW

* + 1. **Kalor yang Dihasilkan**

 Untuk menguji seberapa besar kalor yang dapat dihasilkan oleh reaktor gasifikasi ini, maka dilakukan pengujian dengan cara memanaskan air sebanyak 20 ml.

 Dengan data yang telah tercantum sebelumnya, maka kalor yang dihasilkan didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

*q* = $m × c\_{p} × ∆T$

 =$\left(20 cm^{3}×1\frac{gr}{cm^{3}}+50 gr\right)×\left(4,1813+0,84 \frac{J}{gr K}\right)$

 = $×\left(369-298\right)K$

 = 70 × 5,0213 × 71

 = 24,956 kJ

 Apabila kalor tersebut dibagi dengan lamanya waktu pemansan maka akan diperoleh dayanya sebagai berikut:

 P = $\frac{q}{t}$

 = $\frac{24,956 kJ}{187 s }$

 = $0,13345 kW$

 = $133,45 Watt$

* + 1. **Efisiensi Gasifikasi**

 Efisiensi gasifikasi didefinisikan sebagai daya gas hasil gasifikasi dibagi perkalian antara laju konsumsi bahan bakar dan LHV bahan bakar.

 Sehingga efiesiensi gasifikasi menggunakan bahan bakar batok kelapa adalah:

* = $\frac{P\_{gas}}{P\_{bahan bakar}}×100\%$

= $\frac{P\_{gas}}{ṁ\_{bahan bakar}×LHV\_{bahan bakar}}×100\%$

= $\frac{9,492 kW}{6 \frac{kg}{jam}× \left(\frac{1}{3600}\right) s × 18900 \frac{kJ}{kg}}×100\%$

= $\frac{9,492 kW}{31,5 kW}×100 \%$

= 30,13 %

 Jadi efisiensi total dari proses gasifikasi menggunakan reaktor yang telah dirancang sebelumnya dan bahan bakar berupa batok kelapa adalah sebesar 30,13 %.

 Rugi-rugi panas yang terjadi melalui dinding permukaan reaktor dapat dihitung melalui tahapan perpindahan panas menyeluruh. Koefisien panas menyeluruh didapat dengan cara sebagai berikut:

$$u=\frac{1}{A×R\_{total}}$$

$$u=\frac{1}{A(\frac{1}{h\_{c gas}∙A\_{i}}+\frac{ln⁡(r\_{o}/r\_{i})}{2πkl}+\frac{1}{h\_{c udara}∙A\_{o}})}$$

Dengan diameter reaktor diketahui adalah:

 di = 0,294 m

 do = 0,3 m

* Menentukan hc gas (Permukaan dalam reaktor)

 Diasumsikan bahwa temperatur di dalam reaktor adalah 700°C = 973 K dan persentase gas yang terbesar adalah CO. Dari tabel sifat-sifat perpindahan panas didapat

* = 0,3591 kg/m3
* = 388×10-7 kg/m⋅s

k = 0,0639 W/m⋅K

Pr = 0,702

Maka besar bilangan Reynolds adalah

$$Re=\frac{ρ×v×d\_{o}}{μ}=\frac{0,3591×12×0,294}{3,88×10^{-7}}=32652$$

Nu = $0,023Re^{0,8}Pr^{0,3}$

 = $0,023(32652)^{0,8}(0,702)^{0,3}$

 = $84,48$

hc gas = $\frac{Nu×k}{d\_{o}}$

= $\frac{84,48×0,0639}{0,294}$

= $18,36 W/m^{2}∙K$

* Menentukan hc udara (Permukaan luar reaktor)

 Diasumsikan bahwa temperatur di luar reaktor atau di udara luar adalah 25°C = 298 K dan pada tekanan 1 bar. Dari tabel sifat-sifat perpindahan panas didapat

* = 1,184 kg/m3
* = 184,9×10-7 kg/m⋅s

k = 0,02551 W/m⋅K

Pr = 0,7296

Maka besar bilangan Reynolds adalah

$$Re=\frac{ρ×v×d\_{i}}{μ}=\frac{1,184×12×0,3}{184,9×10^{-7}}=230525$$

Nu = $C∙Re^{m}∙Pr^{1/3}$

 = $0,027(230525)^{0,805}(0,7296)^{1/3}$

 = $504,33$

hc udara = $\frac{Nu×k}{d\_{i}}$

 = $\frac{504,33×0,02551}{0,3}$

 = $42,88 W/m^{2}∙K$

* Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh ($u$)

 Setelah koefisien konveksi baik pada gas dan udara luar didapat dengan menggunakan rumus empiris, dan dengan luas permukaan selimut reaktor sebesar:

 Ai = π ⋅ di ⋅$ l$

= π ⋅ 0,294 ⋅ 0,45

= 0,416 m2

 Ao = π ⋅ do ⋅$ l$

= π ⋅ 0,3 ⋅ 0,45

= 0,424 m2

maka nilai koefisien perpindahan panas menyeluruhnya berdasarkan basis permukaan dalam adalah

$$u=\frac{1}{A×R\_{total}}$$

$$u=\frac{1}{A(\frac{1}{h\_{c gas}∙A\_{i}}+\frac{ln⁡(r\_{o}/r\_{i})}{2πkl}+\frac{1}{h\_{c udara}∙A\_{o}})}$$

$$u=\frac{1}{0,416(\frac{1}{18,36∙0,416}+\frac{ln⁡(0,15/0,147)}{2π∙43∙0,45}+\frac{1}{42,88∙0,424})}$$

$$u=\frac{1}{0,416×0,186}$$

$$u=12,92 W/m^{2}∙K$$

 Setelah didapatkan nilai koefisien menyeluruh, maka besar rugi-rugi panas di reaktor adalah

$$q\_{loss}=u∙A∙∆T$$

$$q\_{loss}=12,92∙0,416∙\left(973-298\right)$$

$$q\_{loss}=3627,936 W$$

$$q\_{loss}=3,63 kW$$

 Rendahnya efisiensi reaktor gasifikasi ini dapat disebabkan oleh banyak fakor, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Reaktor gasifikasi dirancang dengan prinsip dasar ekonomis, sehingga mau tidak mau mengorbankan nilai efisiensinya.
2. Kurangnya insulasi pada permukaan reaktor. Hal ini menyebabkan banyaknya daya panas yang keluar melalui permukaan, sehingga energi yang terbuang cukup banyak.
3. Rancangan burner yang sangat sederhana, menyebabkan gas yang dapat digunakan tidak terlalu maksimal.