

EFISIENSI SISTEM PEMANASAN AIR DENGAN PENERAPAN SELUBUNG BERTINGKAT PADA PERFORATED BURNER

Agung Sugeng Widodo
Jurusan Mesin Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 169, Malang, 65145
Telp. : (0341) 587710. Fax : (0341) 551430
E-mail : agung_sw@ub.ac.id

Abstract

Salah satu yang menyebabkan inefisiensi pada sistem pemanasan dengan menggunakan kompor gas adalah perpindahan panas radiasi. Penerapan selubung bertingkat diharapkan akan mengurangi kehilangan panas tersebut. Pada Penelitian ini sebuah investigasi akan dilakukan pada sebuah kompor gas jenis perforated burner dengan menambahkan selubung bertingkat. Parameter-parameter seperti energi yang di serap oleh air dan energi yang dihasilkan oleh bahan bakar digunakan untuk mengukur kinerja sistem pemanasan tersebut. Bahan bakar yang digunakan adalah liquid petroleum gas (LPG) dengan komposisi 50 % butane dan 50% propana. Hasil menunjukkan bahwa penerapan selubung bertingkat pada perforated burner pada debit sebesar 0,0125 liter/detik mempunyai efisiensi rata-rata sebesar 53,2% dengan waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air sebanyak 1,5 liter selama 670 detik, lebih cepat 36 detik untuk kasus perforated burner tanpa selubung bertingkat dan lebih cepat 80 detik dari kasus burner konvensional.

Keywords: selubung bertingkat, perforated burner, efisiensi, radiasi

PENDAHULUAN

Efisien sebuah system pemanasan menjadi sesuatu yang krusial mengingat akan kelangkaan energi dewasa ini. Kompor gas konvensional dalam konteks efisiensi energy merupakan object yang perlu untuk tingkatkan performansinya dalam rangka mengatasi permasalahan di atas. [1 - 2]

Kompor gas konvensional merupakan sebuah aplikasi proses pembakaran yang dikarakteristikan dengan sebuah nyala api bebas (*free flame*), dimana nyala api terbentuk akibat reaksi pembakaran dan dengan adanya efek gaya apung maka arah panas akan menuju ke atas. Proses pembakaran dengan kondisi di atas akan membuat proses perpindahan panas didominasi oleh perpindahan panas konveksi dan radiasi. Selain itu, perubahan terhadap bentuk geometri nyala api juga berpengaruh terhadap proses pembakaran itu sendiri.

Berkaitan dengan kondisi bentuk nyala api bebas pada kompor gas, berbagai penelitian mengenai kompor gas konvensional telah dilakukan. Aplikasi selubung pada sebuah kompor gas konvensional menunjukkan selisih

2.6 % dibandingkan dengan kompor gas konvensional tanpa selubung [3]. Pengaturan jarak selubung dengan beban pemanasan juga menunjukkan pengaruh terhadap efisiensi pemanasan dimana jarak antara selubung dan beban tertentu akan menghasilkan sebuah efisiensi tertinggi. Pengaturan jarak pada kondisi di atas akan mengoptimalkan pelepasan perpindahan panas konveksi dan konveksi yang berlangsung secara simultan [4]. Penerapan nyala api radiant juga dilakukan guna untuk meningkatkan efisiensi sekaligus penurunan emisi gas buang [5-8].

Penambahan sebuah material padat diantara selubung dan beban pemanasan berupa grid juga telah dilakukan [9]. Proses tersebut dilakukan untuk menggenerasi turbulensi pada aliran setelah keluar grid. Hasilnya menunjukkan baik secara kuantitas maupun visualisasi bahwa efisiensi maksimal naik sekitar 5% dibandingkan dengan kompor gas konvensional tanpa menggunakan grid. Pemakaian grid ternyata selain menggenerasi turbulensi pada aliran keluar grid (berpengaruh pada proses pencampuran antara bahan bakar dan udara), juga memperbesar distribusi

temperature pada luasan kontak api ke beban pemanasan. Hal tersebut di tunjukkan dengan semakin lebarnya luasan api ketika menyentuh beban dibandingkan dengan tanpa menggunakan grid. Distribusi temperatur yang besar diharapkan akan memperbesar flux panas yang diterima oleh beban dari system pemanas.

Penambahan selubung keramik dan penambahan grid pada kompor gas konvensional telah membuktikan adanya peningkatan efisiensi pada system pemanasan. Dari latar belakang tersebut akan dilakukan investigasi mengenai pengaruh penambahan selubung berlubang dua lapis diantara *burner* dan beban pemanasan guna mencari karakteristik nyala api dan efisiensi system pemanasan air dengan menggunakan kompor gas jenis perforated.

METODOLOGI PENELITIAN

Instalasi penelitian untuk mencari karakteristik sistem pemanasan air dengan penerapan selubung bertingkat pada perforated burner dapat dilihat pada gambar 1. *Perforated burner* didesain dengan 3 lapisan dengan uraian 10 lubang pada bagian dalam, 20 lubang pada lapisan kedua dan 30 lubang pada lapis terluar, sehingga jumlah total lubang ada 60 lubang. Selubung berlubang kemudian di letakkan di antara lapis lapis tadi. Beban dibuat dari aluminium dengan diameter 20 cm dan

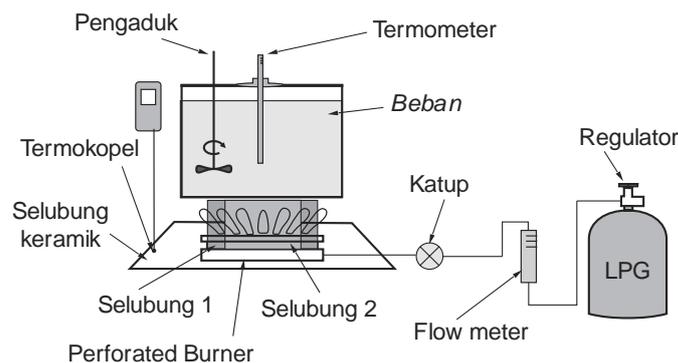
Selain itu beban juga dilengkapi dengan sebuah pengaduk untuk membuat distribusi temperatur di dalam beban merata, sehingga temperatur yang dibaca oleh termometer akan mewakili jumlah energi yang di serap oleh air. Bahan bakar yang di gunakan adalah LPG produksi Pertamina, dengan komposisi 50 % butana dan 50 % propana. Flow meter dengan merk Zya dengan range pengukuran 0,3 – 3,0 Nl/min. Termometer alkohol tipe AL-30100-010 dengan range pengukuran -10°C – 110°C digunakan untuk mengukur temperatur air dalam beban.

Konsep efisiensi pada penelitian ini adalah nilai energi yang diserap oleh air di dalam *loading* (massa *loading* tidak di hitung) dibagi dengan nilai energi yang dihasilkan oleh bahan bakar LPG seperti terlihat pada persamaan 1.

$$\eta = \frac{m_a C_{pa} \Delta T}{m_f LHV_f} \times 100\% \quad (1)$$

dimana m_a adalah massa air, C_{pa} adalah panas jenis air dan ΔT adalah perbedaan awal dan akhir temperatur pengukuran, m_f adalah massa bahan bakar, dan LHV_f adalah nilai kalor bahan bakar. Metode perhitungan efisiensi dan panas radiasi dapat di lihat di dalam [Widodo, 2016].

Kondisi penelitian, nilai kalor bahan bakar LPG serta spesifikasi bahan penelitian lainnya



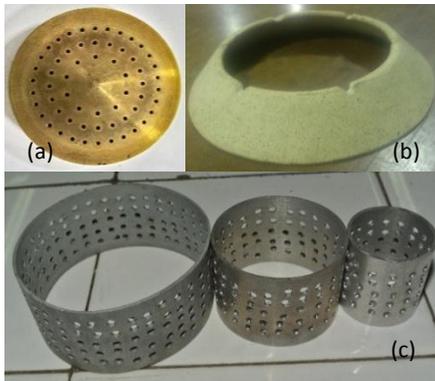
Gambar 1. Skema instalasi penelitian

berat ± 200 gram. Beban dilengkapi dengan sebuah penutup dengan tujuan agar proses penguapan air tidak keluar beban, sehingga massa total dari air dalam beban konstan.

dapat dilihat pada tabel 1.

Pengambilan temperatur awal air disesuaikan dengan kondisi lokal atmosfer pada malam hari sekitar pukul 8.00 WIB dengan fluktuasi ± 1°C dan temperatur akhir air

pada kondisi mendidih adalah 92°C akibat dari topografi lokasi penelitian yang berada di



Gambar 2. *Perforated burner* (a) ; selubung keramik (b) ; selubung bertingkat (c) yang digunakan dalam penelitian

ketinggian ± 476 m dari permukaan laut. Kondisi mendidih pada penelitian ini asumsikan sebagai kondisi dimana timbul gelembung air diseluruh permukaan dasar beban ($\pm 50\%$ permukaan dasar beban). Hal ini dilakukan supaya pembacaan temperature akhir tidak berbeda atau seragam sehingga jumlah energi yang diserap oleh air sama dalam setiap perlakuan. Panas jenis air yang digunakan adalah panas jenis air rata-rata pada temperatur pendidihan. Nilai LHV bahan bakar yang digunakan juga merupakan proporsional komposisi dari bahan bakar LPG sebesar 46,4 MJ/kg.

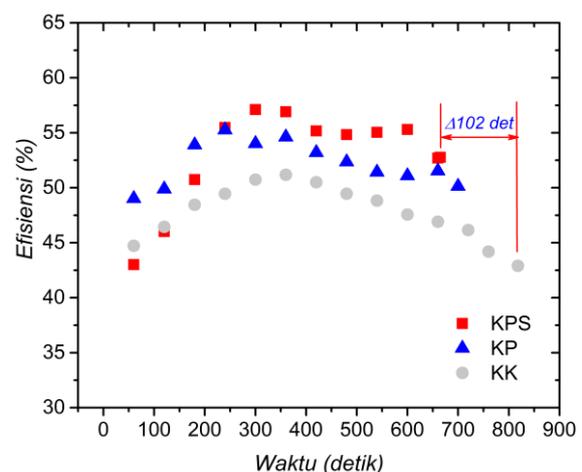
Tabel 1 Kondisi penelitian.

Kondisi Penelitian	Nilai
Massa air	1,5 kg
Temperatur awal air	25 °C
Temperatur akhir air	92°C
Panas jenis air	4,196 J/kg °C
Debit (Q) gas LPG	45 l/h
Massa jenis (ρ) gas LPG	0,0021 kg/L
LHV gas propana	46,1 MJ/kg
LHV gas butana	46,5 MJ/kg
Komposisi gas LPG	50% propana
	50% butana

HASIL DAN PEMBAHASAN

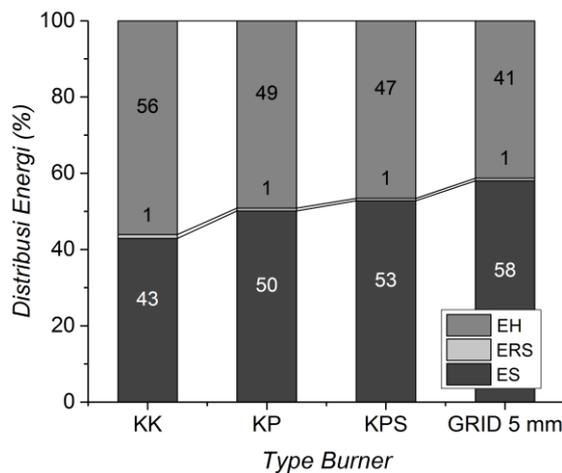
Grafik efisiensi persatuan waktu pada penelitian ini dapat dilihat di gambar 3. Seperti terindikasi pada grafik tersebut, terlihat pada awal proses pemanasan air, efisiensi kompor gas dengan penambahan selubung bertingkat (KPS) terlihat lebih rendah dibandingkan dengan kompor konvensional (KK) maupun kompor dengan type perforated (KP).

Hal tersebut disebabkan karena adanya penambahan selubung bertingkat akan mengakibatkan panas yang dihasilkan proses pembakaran pada awal awal proses pemanasan akan terserap oleh selubung bertingkat karena perbedaan temperatur yang relatif tinggi. Tetapi seiring dengan bertambahnya waktu dan perbedaan temperatur antara material diantara selubung dan beban, maka efisiensi sistem pemanasan meningkat dan mencapai puncaknya. Pada akhir pemanasan, efisiensi cenderung menurun karena perbedaan temperatur yang relatif kecil, sehingga proses perpindahan panas dari api atau gas hasil pembakaran menjadi lebih kecil. Justru pada kondisi seperti inilah, fungsi selubung bertingkat terindikasi lebih baik untuk menahan perpindahan panas radiasi dari nyala api. Selain itu, penambahan selubung bertingkat terlihat memicu terjadinya turbulensi. Dimana turbulensi tersebut bisa dihasilkan dari kekasam permukaan selubung yang dilalui aliran maupun dari pertukaran gas diantara lubang selubung.



Gambar 3. Efisiensi per satuan

Efisien maksimal pada KPS adalah 57 % lebih tinggi 1,7 % dari KP dan 5,8 % dari KK. Proses pendidihan pada ketiga kasus diatas juga menunjukkan perbedaan waktu didih. Waktu didih pada KPS adalah 670 detik, lebih cepat 180 detik dari KK dan 26 detik dari KP. 180 detik waktu pendidihan pada kontek penelitian ini akan setara dengan penghematan energi sebesar 218,7 kJ.



Gambar 4. Distribusi Energi

Gambar 4 menunjukkan distribusi energi yang terjadi pada sebuah sistem pemanasan pada berbagai kasus. Di dalam grafik 4 pula diperlihatkan hasil penelitian oleh Widodo [2016] tentang pengaplikasian grid setebal 5 mm di dalam sistem pemanasan digunakan sebagai pembanding. Energi yang diserap air (ES) pada kasus KK hanya sebesar 43 % dari total energy yang dihasilkan oleh bahan bakar. Sedang penggunaan *burner perforated* berhasil meningkatkan jumlah energy yang di serap sebesar 7 % dan menggunakan selubung bertingkat mempunyai jumlah energy yang diserap air sebesar 53 %.

Gambar 5 menunjukkan hasil visualisasi dari sistem pemanasan pada berbagai kasus. Terlihat bahwa geometri dan warna nyala api berbeda untuk setiap kasus. Efisiensi KK relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan KP dan KPS karena posisi nyala api yang terlalu ke pinggir dari pusat beban pemanasan. Hal menyebabkan distribusi temperatur pada beban hanya terpusat pada bagian tepi beban, sehingga penyerapan panas dari gas atau nyala api relatif tidak besar jika dibandingkan dengan KPS maupun KP. Atau dengan kata lain, waktu tinggal pemanasan relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan KPS dan KP karena gas panas relatif lebih cepat keluar dalam bentuk konveksi maupun radiasi. Bentuk dari kasus KPS terlihat lebih turbulen dibandingkan dengan kasus lainnya. Turbulensi dan bentuk api yang melebar dari pusat beban menuju ke pinggir menyebabkan distribusi temperatur penyerapan panas menjadi labih merata. Hal ini di buktikan dengan tempratur ruang bakar yang relatif lebih besar pada kasus KPS dibandingkan dengan kasus lainnya

KESIMPULAN

Pada penelitian ini sebuah investigasi untuk mengukur performansi sebuah sistem pemanasan dengan penerapan selubung bertingkat telah dilakukan. Dari diskusi dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

Pada sebuah massa alir konstan sebesar 0.0125 l/s bahan bakar LPG, efisiensi maksimal sebuah sistem pemanasan diperoleh pada kasus KPS yaitu sebesar grid dengan tebal 5 mm. Efisiensi tertinggi yang diperoleh adalah 53.2 % lebih besar dibandingkan dengan sistem pemanasan pada kasus KK dan KP. Penerapan selubung bertingkat pada perforated burner dapat memicu turbulensi pada nyala api yang mengakibatkan



Gambar 5. Vusualisasi api pada kasus KK (a); KP (b); KPS.

temperature dan proses penyerapan panas nyata beban menjadi lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas biaya DIPA yang diberikan dengan nomor kontrak No.15/UN.10.6/PG/2017 sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Ucapkan terima kasih pula penulis sampaikan kepada saudara Muhammad Kurniawan atas bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonymous. (2012). Conversion Oil to Gas, Reduce Subsidy for Long Term, Ministry and Mineral Resources of Republic of Indonesia.
- [2] Lontoh L., *et al.*, 2015, Indonesia Energy Subsidy Review, International Institute for Sustainable Development, Issue 1. Volume 2. March 2015.
- [3] Widiandra, P., & Widodo, A.S. (2014), Effect of Materials Stove Cover to the Efficiency of Gas Stove Water Boiling System, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.5, No.3, 291-295, Brawijaya University.
- [4] Widodo, A.S., (2015) Jarak Optimum Panci Terhadap Selubung Pada Efisiensi Sistem Pemanasan Air, *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.6, No.1 Tahun 2015:69-73
- [5] Yu, B. *et al.*, (2013), Combustion characteristics and thermal efficiency for premixed porous-media types of burners, *Energy* 53, pp. 343-350.
- [6] Muthukumar, P. *et al.* (2011), Performance analysis of porous radiant burners used in LPG cooking stove, *International Journal of Energy and Environment* Volume 2, Issue 2, 2011 pp.367-374
- [7] Jugjai S, & Rungsimuntuchart N. (2002), High efficiency heat-recirculating domestic gas burners. *Experimental Thermal and Fluid Science* ;26(5):581-92.
- [8] Pantangi V.K., *et al.*, Studies on porous radiant burners for LPG cooking applications. *Energy*;36:6074-80
- [9] Widodo, A.S., (2016)., Peningkatan Efisiensi Sistem Pemanasan dengan Penambahan Grid pada Perforated Burner.