

Jarak Optimum Panci Terhadap Selubung Pada Efisiensi Sistem Pemanasan Air

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

Energy conservation from fossil fuel is urging to be implemented recently, including conservation in a conventional gas stove (CGS). Considering the mechanism of a CGS, there are many prospects to enhance its performance. In this study, efficiency of a CGS has been investigated by varying the gap between pan and stove cover. Many parameters were measured as energy from fuel, cover temperature and water temperature to develop efficiency equation of heating system. Ceramic cover was used to prevent heat release from flame. Gaps between pan and stove cover were varied in 1 mm to 7 mm with increment of 1 mm. The results showed that in certain fuel rate of 45 l/h, the gap of 4 mm indicated the highest efficiency of 46.4 % due to the optimum condition was achieved simultaneous in convection and radiation heat transfer processes of the heating system.

PENDAHULUAN

Sebuah data dari kementerian ESDM menyatakan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar gas lebih murah karena hanya 60% dari BBM (www.esdm.go.id). Data subsidi minyak tanah pemerintah Indonesia dari tahun 2006 – 2008 adalah sebesar Rp. 105 triliun yang dirasa terlalu membebani APBN, sehingga pada tahun 2006 mulailah dicanangkan program konversi minyak tanah ke LPG dan dimulai pelaksanaannya pada tahun 2007 (www.iisd.org). Berlanjut pada tahun 2007 – 2012 telah terjadi penghematan sebesar 70 triliun (www.esdm.go.id). Konversi minyak tanah ke LPG menjadikan penggunaan bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga juga meningkat. Akan tetapi, jika melihat mekanisme proses pembakaran pada kompor gas konvensional, maka masih terdapat kesempatan luas untuk melakukan penelitian mengenai penghematan bahan bakar gas tersebut.

Gohil, 2011 melakukan penelitian pada kompor gas konvensional secara umum. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi sebesar 66 %. Gohil juga menyatakan bahwa efisiensi kompor gas konvensional tersebut data ditingkatkan lagi dengan penambahan peralatan berupa selubung dan mengoptimasi proses pembakaran pada kompor tersebut.

Peningkatan efisiensi sebesar 2,8 % juga di dapatkan oleh Syarial, 2012, ketika mengaplikasikan sebuah reflektor (selubung) berbentuk

primamida terbalik pada kompor gas berbahan bakar biogas dibandingkan tanpa reflektor.

Khan, 2013 juga melakukan penelitian mengenai kompor gas konvensional. Khan melakukan perubahan material *burner* serta desain *burner head*. Dari perubahan tersebut didapatkan peningkatan efisiensi sebesar 10 % pada perubahan material *burner* dari *cast iron head burner* menjadi *brass hear burner*. Terjadi pula peningkatan efisiensi sebesar 10 % apabila bentuk *head burner* diubah dari *flat burner*.

Sebuah alat pengumpul diaplikasikan pada sebuah kompor gas konvensional. Tujuan dari alat pengumpul panas tersebut adalah untuk mendapatkan panas terbuang sebagai proses perpindahan panas konveksi dan radiasi untuk diarahkan ke sekeliling panci. Hasil menerapkan alat pengumpul panas tersebut adalah peningkatan efisiensi sebesar 10 % dibandingkan dengan tanpa alat pengumpul panas (Wardani, 2007).

Sebuah penelitian oleh Prima (2014) mengenai pengaruh jenis material selubung pada kompor gas konvensional. Penelitian oleh Prima bertujuan untuk menerapkan sebuah selubung pada kompor gas konvensional, akan tetapi model aplikasi tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga lebih praktis jika dibandingkan dengan model selubung oleh Wardani (2007). Hasil yang didapat menunjukkan bahwa selubung dengan material keramik menghasilkan peningkatan efisiensi sebesar 2,26 % dari efisiensi sebelumnya tanpa menggunakan selubung.

Sebuah indikasi terlihat pada penelitian oleh Prima (2014), yaitu ketika jarak panci dengan selubung sangat rapat, efisiensi kompor gas konvensional justru menurun drastis. Oleh karena itu, diperlukan sebuah penelitian mengenai jarak selubung terhadap panci untuk mendapatkan sebuah efisiensi yang maksimal dari sebuah kompor gas konvensional.

Efisiensi Termal

Kinerja sebuah kompor gas pada sistem pemanasan air dapat diukur dengan menggunakan istilah efisiensi karena kompor gas memanfaatkan sebuah sumber panas dan menghasilkan output berupa panas yang diserap oleh air. Efisiensi pada penelitian ini didefinisikan sebagai perbandingan *output* panas yang diserap oleh air dengan input panas yang dihasilkan oleh bahan bakar, seperti terlihat pada persamaan (1) dibawah ini.

$$\eta = \frac{m_a C_a \Delta T}{m_{bb} LHV_{bb}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana m_a adalah massa air, C_a adalah panas jenis air dan ΔT adalah perbedaan awal dan temperatur akhir air, m_{bb} adalah massa bahan bakar, LHV_{bb} adalah nilai kalor bahan bakar.

Definisi efisiensi termal pada persamaan (1) diambil, karena berkaitan dengan energi hilang yang terjadi pada sistem pemanasan air tersebut. Energi hilang pada sistem pemanasan tersebut relatif kompleks untuk diidentifikasi satu persatu karena bentuk geometri dari setiap elemen pemanasan yang cukup kompleks. Energi hilang yang relatif mudah untuk diidentifikasi adalah energi hilang yang diakibatkan oleh panas selubung kompor seperti pada persamaan dibawah ini.

$$\dot{Q}_{rad} = e\sigma AT^4 \quad (2)$$

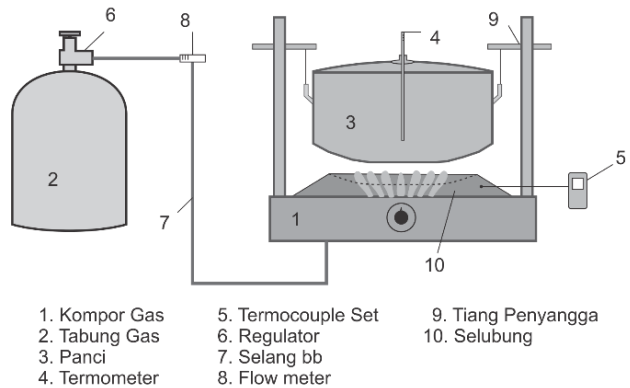
dimana A = luas penampang, e adalah bahan dan σ adalah konstanta Boltzmann yang bernilai $5.67 \times 10^8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

Data Akuisisi

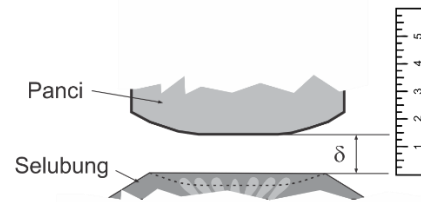
Untuk memperoleh data-data mengenai temperature, energi radiasi dan massa alir bahan bakar dibuat sebuah instalasi penelitian seperti terlihat pada gambar 1.

Instalasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1. Kompor yang digunakan adalah sebuah kompor gas 1 tungku merk Quantum tipe QGC-101R. Panci yang digunakan adalah sebuah

panci standar yang digantung. Skematik gap optimum yang akan dicari pada penelitian ini seperti terlihat pada gambar 2 dibawah ini.

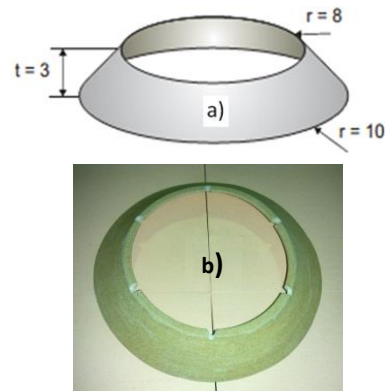


Gambar 1. Ilustrasi instalasi penelitian



Gambar 2. Skematik gap optimum yang akan diteliti.

Massa alir bahan bakar diukur dengan menggunakan sebuah *flow meter* merk Omega FL-1501A dengan kapasitas ukur 0.317-3.17 SCFM. Temperatur air diukur dengan menggunakan termometer alkohol tipe AL-30100-010 dengan range pengukuran $-10^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$. Pengukuran permukaan selubung kompor menggunakan termokopel probe tipe K yang dipasang pada *thermometer set* merk KRISBOW KW06-278 *Single Input Digital Thermometer*.



Gambar 3. a) Skematik gambar selubung, b) selubung keramik

Gambar 3 menunjukkan skematik gambar selubung dan selubung keramik yang digunakan pada penelitian ini. Dimensi selubung yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah diameter bawah 10 cm, diameter atas 8 cm, tinggi 3 cm serta tebal 5 mm. Bentuk selubung adalah kerucut terpotong. Alasan menggunakan bentuk ini karena alasan praktis dalam pemakaian.

Energi Pemasakan

Energi yang hilang pada proses pemasakan dihitung dengan persamaan dibawah ini (3). Hal ini dilakukan karena kompleksitas dalam pengidentifikasian energi yang hilang akibat mekanisme perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi dari media selain selubung.

$$E_p = E_s + E_{r.sel} + E_l \tag{3}$$

dimana E_p adalah energi yang dihasilkan melalui proses pembakaran, E_s adalah energi yang diserap oleh air, $E_{r.sel}$ adalah energi yang dipancarkan oleh selubung dan E_l adalah energi yang hilang

Prosedur perhitungan efisiensi dari sistem pemanasan ini dilakukan dengan pendefinisian *input* dan *output* energi seperti pada persamaan (1). Efisiensi dihitung persatuan waktu sampai seluruh air mendidih.

Kondisi Penelitian

Untuk mendapatkan besaran efisiensi pada sistem pemanasan air didapatkan kondisi penelitian seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kondisi penelitian yang digunakan.

Kondisi Penelitian	Nilai
Massa air	: 1 kg
Temperatur awal air	: 25°C
Temperatur akhir air	: 95°C
C_p air	: 4196 J/kg °C
Debit (Q) gas LPG	: 0,0125 L/s
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	: 30% propana 70% butana

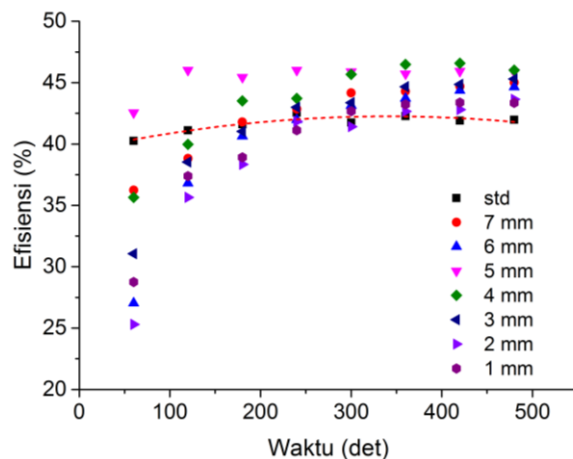
Temperatur atmosfer pada saat penelitian adalah 25°C dan temperatur akhir sebagai kondisi mendidih adalah 95°C akibat dari topografi lokasi

penelitian yang berada di ketinggian ± 476 m dpl. Panas jenis air yang digunakan adalah panas jenis air rata-rata pada temperatur operasi. Nilai LHV bahan bakar yang digunakan juga merupakan proporsional komposisi dari bahan bakar LPG sebesar 46365,08 kJ/kg.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 adalah grafik efisiensi per waktu pada berbagai jarak antara selubung dengan panci yang dibandingkan pula dengan efisiensi kompor standar tanpa selubung. Terlihat pada gambar 4 bahwa efisiensi pemanasan mempunyai kecenderungan rendah pada awal pemanasan karena pada awal pemanasan banyak panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran terserap oleh material sistem pemanasan termasuk selubung dan panci. Akan tetapi pada sekitar 250 detik, efisiensi mulai cenderung konstan dan efisiensinya meningkat melebihi efisiensi kompor standar tanpa selubung (*dash line*).

Efisiensi tertinggi terjadi pada gap 4 mm sebesar 46,4 % terpaut 0,1 % dengan gap 5 mm. Efisiensi sebesar ini menghasilkan penghematan waktu pemanasan sebesar 116 atau sebanding dengan energi sebesar 141,2 kJ, jika dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk memasak air pada kompor standar tanpa selubung. Efisiensi terbesar pada gap tersebut dikarenakan terjadi kondisi optimum perpindahan panas konveksi dan radiasi yang terjadi pada sistem pemanasan ini.



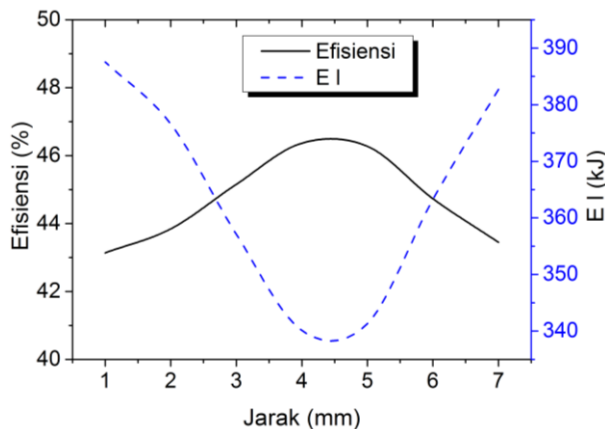
Gambar 4. Efisiensi kompor per satuan waktu untuk berbagai gap

Garis polinomial dilakukan pada efisiensi dan energi yang hilang, E_l , pada berbagai variasi gap selubung dan panci dapat dilihat pada gambar 5. Efisiensi tertinggi terjadi pada gap 4 dan 5 mm dan selainnya menunjukkan efisiensi yang

cenderung menurun. Hal ini ditunjukkan oleh besarnya E_l yang mengikuti grafik efisiensi tetapi dalam kondisi yang berkebalikan.

Ketika efisiensi mencapai titik tertinggi, maka grafik E_l akan menunjukkan titik terendah. E_l sebesar 0,34 MJ merupakan E_l terkecil. Sebaliknya E_l tertinggi sebesar 0,48 MJ terjadi pada pemanasan dengan menggunakan kompor standar.

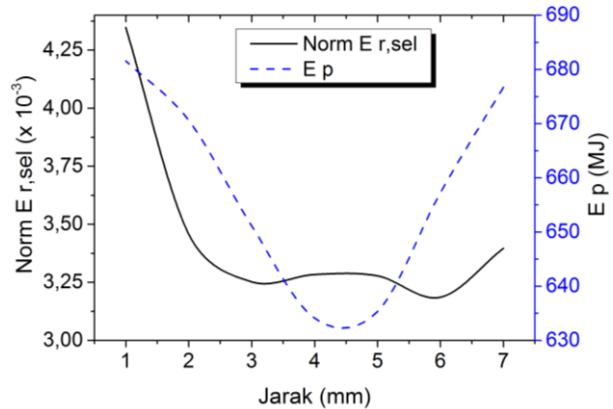
Garis polinomial juga diplot untuk energi pembakaran E_p dan energi radiasi selubung $E_{r,sel}$ seperti terlihat pada gambar 6. $Norm. E_{r,sel}$ merupakan normalisasi energi radiasi selubung dengan energi hilang E_l pada berbagai variasi gap. Pada gambar 6 terlihat bahwa gap 1 mm mengindikasikan $Norm. E_{r,sel}$ tertinggi sebesar $4,31 \times 10^{-3}$. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun energi radiasi paling besar (ditandai dengan temperatur permukaan selubung paling tinggi sebesar $323,3 \text{ }^\circ\text{C}$) akan tetapi energi yang hilang pada gap 1 mm (dari proses perpindahan panas konveksi) relatif tidak begitu besar jika dibandingkan dengan gap yang lain. Pada gap 6 mm, $Norm E_{r,sel}$ menunjukkan nilai terendah sebesar $3,17 \times 10^{-3}$ meskipun gap 6 mm bukan merupakan gap yang mempunyai efisiensi terendah. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun $E_{r,sel}$ pada gap 6 mm bukan merupakan yang terkecil, akan tetapi energi akibat perpindahan konveksi hampir mencapai energi yang hilang terbesar pada penelitian ini.



Gambar 5. Garis polinomial efisiensi dan energi yang hilang selama proses pemanasan.

Garis polinomial energi yang dihasilkan pada proses pembakaran, E_p (dash line pada gambar 6) menunjukkan kecenderungan yang energi hilang, E_l , yaitu berbanding terbalik dengan efisiensi. Nilai tertinggi diperoleh pada gap 1 mm yang artinya pada gap ini dibutuhkan energi yang besar

untuk proses pemanasan. Sebaliknya energi pembakaran terkecil diperoleh pada gap 4 mm.



Gambar 6. Norm $E_{r,sel}$ dan energi pembakaran pada sistem pemanasan air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Diskusi pada hasil dan pembahasan menunjukkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil. Selain penggunaan selubung yang dapat meningkatkan efisiensi sistem pemanasan air, dapat pula diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Jarak antara selubung dengan panci mempengaruhi efisiensi sistem pemanasan. Pada sebuah massa alir bahan bakar yang konstan sebesar 0,0125 L/s pada kompor standar efisiensi terbesar diperoleh pada gap 4 mm.
- Efisiensi paling tinggi yang diperoleh adalah 46,36% yang menunjukkan bahwa terjadi kondisi optimum antara perpindahan panas radiasi dan konveksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas biaya DIPA yang diberikan dengan nomor kontrak No./UN.10.6/PG/2014 sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Ucapkan terima kasih pula penulis sampaikan kepada saudara Mohammad Hasan Ashari atas bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Konversi BBM ke Gas, Kurangi Subsidi BBM Jangka Panjang, <http://www.esdm.go.id/berita/40-migas/5515-konversi-bbm-ke-gas-kurangi-subsidi-bbm-jangka-panjang.html>.
 [2] Panduan Masyarakat Tentang Subsidi Energi Di Indonesia Perkembangan Terakhir 2012, <http://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/indon>

- esia_czguide_bahasa_update_2012.pdf, hal. 11
- [3] Konversi Mitan Ke LPG Hemat Rp 70 Triliun”, 2014. <http://www.esdm.go.id/berita/migas/40-migas/6513-konversi-mitan-ke-lpg-hemat-rp-70-triliun.html>).
- [4] Gohil , P.P and Channiwala, S.A., 2011., “Fundamental J. Thermal Science and Engineering”, Vol. 1, Issue 1, 2011, Pages 25-34
- [5] Khan, M.Y and Saxena A.” Performance of LPG Cooking Stove Using Different Design Of Burner Heads”, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 2 Issue 7, July – 2013.
- [6] Syarial, M., 2012, “Unjuk Kerja Kompor Berbahan Bakar Biogas Efisiensi Tinggi Dengan Penambahan Reflektor”., Skripsi Unpublihed 2012. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- [7] Wardani, D. 2007. “Alat Penghemat Bahan Bakar Gas Pada Kompor Gas Rumah Tangga”. Skripsi Unpublished. Institut Teknologi Bandung.
- [8] Widiandra, P. 2014, Pengaruh Material Selubung Sebagai Isolator Terhadap Efisiensi Sistem Pemanasan Menggunakan Kompor Gas, Skripsi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.
- [9] Widodo, A.S., Selubung Radiasi Untuk Efisiensi Penggunaan Energi Pada Kompor Gas, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.5, No.3 Tahun 2014: 291-295