

PERANCANGAN BURNER UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PEMBAKARAN KOMPOR GAS LPG

W. W. Purwanto, A. S. Basuki dan S. N. Rahmayani^{*)}

Abstrak

Untuk meningkatkan efisiensi termal kompor gas, burner konvensional yang mempunyai orientasi nyala mengembang dimodifikasi menjadi burner Bunsen yang mempunyai orientasi nyala fokus ke obyek yang dipanaskan. Efisiensi termal meningkat dari 42,8 % menjadi 67,9 %, tetapi peningkatan efisiensi ini tidak diikuti dengan penurunan emisi karena kurangnya difusi udara ke dalam nyala yang mengakibatkan reaksi pembakaran menjadi tidak sempurna. Untuk mengatasi hal ini, dirancang beberapa burner bertipe Bunsen baru dengan nyala memutar dengan tujuan untuk meningkatkan difusi udara ke dalam nyala karena meningkatnya turbulensi nyala. Burner-burner tersebut adalah burner lubang bulat, burner kotak dan burner kombinasi lubang kotak dan bulat. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa burner lubang kotak-bulat memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi dibandingkan burner yang lainnya. Efisiensi tertinggi burner lubang kotak-bulat diperoleh pada laju alir Liquefied Petroleum Gas (LPG) 700 ml/menit, yaitu 69,6 % (26,8 % lebih tinggi dari burner konvensional). Efisiensi tertinggi untuk burner jenis lainnya secara berturut-turut adalah 65,9 % untuk burner lubang bulat dan 64,8 % untuk burner kotak. Dari jumlah CO₂ yang dihasilkan, dapat diketahui bahwa nyala yang dapat menarik oksigen dan berdifusi ke dalamnya akan menghasilkan CO₂ yang lebih tinggi karena reaksi pembakaran yang terjadi lebih sempurna. Kenaikan konsentrasi CO₂ yang dihasilkan untuk burner modifikasi dibanding burner konvensional pada laju alir LPG 700 ml/menit adalah sekitar 2,6-5 %.

Kata kunci : pembakaran; burner; kompor gas LPG

Pendahuluan

Bahan bakar gas banyak dipakai untuk sektor industri dan rumah tangga, terutama gas bumi (metana) dan Liquefied Petroleum Gas (LPG) karena memiliki beberapa keunggulan seperti mudah pembakarannya, nilai kalor tinggi, dan ramah lingkungan. Pemakaian bahan bakar gas dalam sektor rumah tangga dapat dilihat dari penggunaan kompor berbahan bakar LPG yang merupakan campuran dari propana dan butana.

Walaupun pemanfaatan LPG di sektor rumah tangga cukup besar karena keunggulan-keunggulan yang dimilikinya, ternyata terdapat beberapa permasalahan yaitu masih rendahnya efisiensi termal dan masih tingginya emisi yang dihasilkan berupa gas polutan seperti CO, NO_x dan hidrokarbon yang tidak terbakar. Gas-gas polutan yang dihasilkan oleh pembakaran LPG ini dapat membahayakan kesehatan apabila terakumulasi pada dapur yang sempit dan tidak memiliki ventilasi yang baik (Smith, et al, 1999).

Kinerja dari kompor gas sangat berkaitan dengan efisiensi dan emisi pembakarannya. Kompor gas mempunyai kinerja yang baik apabila memiliki efisiensi termal yang tinggi dan emisi polutan yang rendah. Dalam kenyataannya efisiensi termal tidak selalu diikuti dengan penurunan emisi polutan. Hal ini dimungkinkan karena efisiensi termal lebih dipengaruhi oleh orientasi nyala, sementara itu emisi

lebih dipengaruhi oleh kualitas pencampuran bahan bakar dan udara (Munawar, 2002).

Orientasi nyala dapat dideskripsikan sebagai bentuk nyala yang dihasilkan oleh pembakaran dan arah dari nyala tersebut. Pada kompor gas, burner berfungsi untuk mengarahkan orientasi nyala. Nyala yang dihasilkan oleh burner kompor gas konvensional memiliki bentuk yang kecil dan halus serta melebar kesamping. Bentuk burner kompor gas konvensional dengan nyala yang melebar dapat menurunkan emisi karena mudah mendapatkan oksigen sekunder, tetapi ditinjau dari segi efisiensi bentuk ini dapat merugikan karena kehilangan panas yang terjadi akan semakin besar. Secara rata-rata burner kompor gas konvensional memiliki efisiensi termal pada kisaran 40-50 % (Darmawan, 1999).

Pada penelitian sebelumnya telah dicoba dikembangkan burner api tegak (nyala tidak melebar) dengan beberapa modifikasi yaitu burner 1 lubang, burner 3 lubang, burner 5 lubang, lubang bintang, dan lubang tirus (Munawar, 2002 ; Purwanto, 2002). Hasil yang didapatkan adalah meningkatnya efisiensi sampai 67,9 % yang dihasilkan oleh burner 1 lubang (tipe Bunsen) namun pengurangan emisi yang dihasilkan belum begitu memuaskan. Hal ini disebabkan oleh kurangnya difusi oksigen ke dalam nyala sehingga reaksi pembakaran yang terjadi kurang sempurna. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dirancang

^{*)}Program Studi Teknik Kimia, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia
Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus Baru UI Depok 16424
Telp. (021)7863516, Fax. (021)7863515, E-mail : widodo@che.ui.edu

beberapa burner baru yang merupakan kelanjutan dan penyempurnaan dari burner-burner yang telah dirancang pada penelitian sebelumnya dengan tujuan memperbaiki turbulensi sehingga difusi oksigen meningkat dengan tetap memperhatikan bentuk api tegak (nyala Bunsen) sehingga kehilangan panas bisa dikurangi (Glassman, 1996; Othmer, 1993). Diharapkan pada akhirnya ditemukan bentuk burner yang menghasilkan kinerja paling tinggi yang layak menggantikan peran burner konvensional pada kompor gas yang banyak beredar di pasaran.

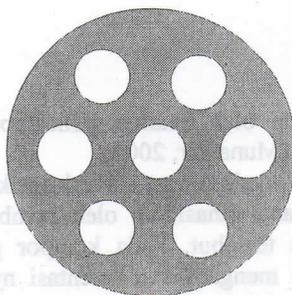
Penelitian

Perancangan burner

Ada tiga jenis burner yang dirancang untuk mengatasi permasalahan di atas dengan mempertimbangkan bahwa aliran gas dalam kondisi turbulen (Bilangan Reynold > 2100). Rancangan burner akan dibahas di bawah ini :

Rancangan 1

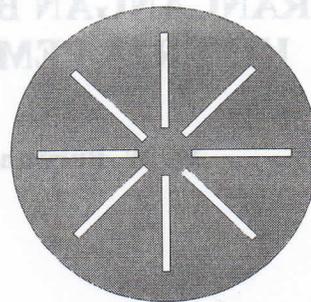
Burner pertama yang dirancang adalah burner untuk menghindari *blow off* dengan tujuh buah lubang yang berbentuk lingkaran, dengan total luas lubang $5,5 \text{ cm}^2$.



Gambar 1. Rancangan burner dengan 7 lubang bulat.

Rancangan 2

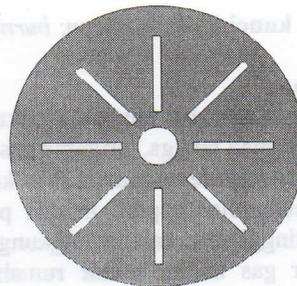
Pada rancangan kedua ini prinsip yang digunakan sama dengan burner sebelumnya dimana ingin dicapai bentuk nyala Bunsen dengan difusi oksigen yang lebih banyak ke dalam nyala dengan memperkecil luas. Perbedaan dengan rancangan sebelumnya adalah pada rancangan ini lubang tidak berbentuk lingkaran melainkan berbentuk persegi panjang. Dipilih bentuk persegi panjang dengan luas $2,4 \text{ cm}^2$ karena luas semakin kecil maka kecepatan nyala yang keluar akan semakin cepat sehingga turbulensi yang terjadi pun semakin besar. Diharapkan dengan meningkatnya kecepatan perputaran, difusi oksigen akan semakin besar. Lubang burner dibuat dengan kemiringan 60° . Rancangan dari burner tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



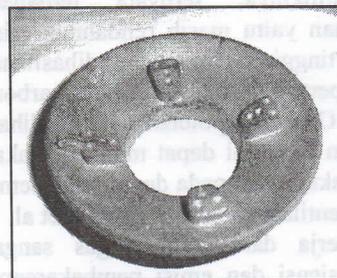
Gambar 2. Rancangan burner lubang kotak.

Rancangan 3

Rancangan ini merupakan kombinasi dari rancangan 1 dan 2 dimana burner memiliki 8 lubang berbentuk persegi panjang dengan satu buah lubang di tengah dengan luas $2,4 \text{ cm}^2$. Total luas lubang keseluruhan sama dengan rancangan 2. Fungsi lubang di tengah adalah sebagai nyala sekunder dimana reaksi pembakaran yang terjadi merupakan kelanjutan dari pembakaran pada nyala yang dihasilkan oleh lubang persegi panjang yang mungkin belum sempurna. Diharapkan dengan adanya nyala sekunder ini reaksi pembakaran yang terjadi akan lebih sempurna. Bentuk burner dapat dilihat pada gambar 3 sedangkan burner konvensional dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Rancangan burner kombinasi lubang bulat dan kotak.



Gambar 4. Burner konvensional (luas lubang $4,1 \text{ cm}^2$)

Percobaan pembakaran

Ada dua macam eksperimen pembakaran yang dilakukan, yaitu: pengukuran efisiensi termal dan pengukuran emisi polutan.

dalam kondisi *rich* dimana jumlah bahan bakar lebih dari jumlah udara. Hal ini menyebabkan reaksi pembakaran tidak sempurna karena tidak semuanya terbakar sehingga efisiensi termal pun akan menurun. Efisiensi termal akan maksimum bila harga F/A stoikiometris. Apabila reaksi pembakaran tidak berlangsung secara stoikiometris, kalor pembakaran yang dihasilkannya pun tidak maksimum sehingga akan membuat efisiensi termal menurun.

Dari penelitian dapat dilihat bahwa laju alir tertinggi untuk setiap burner dapat dicapai 700 ml/menit untuk ketiga burner yang dirancang, dan 900 ml/menit untuk burner konvensional. Burner kotak-bulat memiliki efisiensi yang paling tinggi dibanding yang lain karena burner ini memiliki luas kontak antara teko dan api yang lebih maksimum dibandingkan burner yang lainnya.

Adanya lubang bulat di tengah pada burner kotak-bulat akan memperkecil luas dari tiap lubang kotaknya dibandingkan dengan burner kotak tanpa bulatan. Hal ini menyebabkan nyala yang dihasilkan memiliki luas yang lebih kecil sehingga kalor yang terbuang ke lingkungan pun lebih kecil dibandingkan burner kotak. Pada burner dengan 7 buah lubang bulat, efisiensi termal lebih tinggi dibandingkan dengan burner kotak, hal ini disebabkan nyala yang dihasilkan oleh burner ini lebih mengerucut dan terfokus ke arah teko sehingga kehilangan panas pun akan lebih kecil. Tetapi karena nyala yang dihasilkan oleh burner lubang bulat memiliki diameter yang lebih besar dari burner kotak-bulat maka efisiensi termalnya pun lebih rendah dari burner kotak-bulat karena kehilangan panasnya lebih tinggi.

Efisiensi termal yang dihasilkan oleh burner yang dirancang pada penelitian sebelumnya (Munawar, 2002) memiliki efisiensi termal yang lebih rendah dibanding rancangan ini seperti terlihat pada Tabel 1. Hal ini disebabkan karena adanya nyala yang berputar yang dapat menarik oksigen ke dalam nyala sehingga reaksi pembakaran yang terjadi akan lebih sempurna. Oksigen dalam reaksi pembakaran ini memang berlebih, tetapi oksigen itu kurang dapat terdistribusi ke dalam nyala sehingga dibuat berputar agar oksigen dapat terdistribusi lebih merata ke dalam nyala.

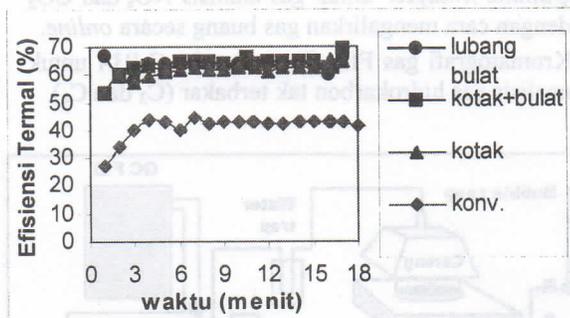
Tabel 1. Efisiensi termal burner pada laju alir gas 700 ml/menit (pangamatan sampai suhu 90°C)

No.	Jenis Burner	Efisiensi termal (%)	Kenaikan (%)
1	Burner lubang bulat	65,96	23,15
2	Burner Ktk+bulat	69,61	26,81
3	Burner Kotak	64,85	22,05
4	Burner 1 Lubang	67,92	25,12
5	Burner 3 Lubang	67,92	25,12
6	Burner 5 Lubang	62,32	19,52
7	Burner Bintang	56,97	14,17
8	Burner Tirus	63,50	20,70
9	Konvensional	42,80	-

Nomor 4 s/d 8 dari hasil penelitian sebelumnya pada laju alir 700 ml/menit (Munawar, 2002)

Pengaruh waktu pembakaran

Gambar 7 menyajikan perubahan efisiensi termal setiap burner terhadap waktu pembakaran. Secara umum efisiensi termal tidak tergantung pada waktu. Pengaruh waktu hanya terjadi pada saat pemanasan awal.



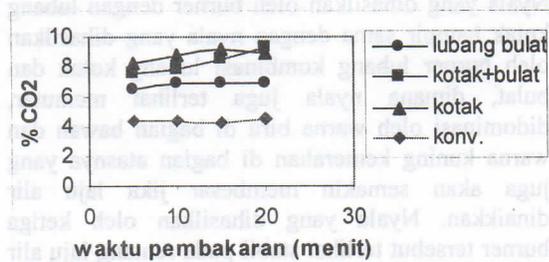
Gambar 7. Perubahan efisiensi termal terhadap waktu pada laju alir gas 700 ml/menit (sampai 90°C)

Rendahnya efisiensi termal pada saat awal pemanasan disebabkan reaksi pembakaran belum berjalan sempurna, artinya belum semua bahan bakar bereaksi sehingga kalor yang dihasilkan masih kecil dan UHC (*Unburned hydrocarbon*) yang dihasilkan masih banyak. Adanya UHC ini mampu menyerap panas yang dihasilkan dan membawanya ke lingkungan, sehingga mengakibatkan kehilangan panas. Setelah diatas 6 menit waktu reaksi semakin sempurna, bahan bakar yang bereaksi dengan udara pun semakin meningkat sehingga kadar UHC berkurang dan kehilangan panas ke lingkungan dapat dikurangi, sehingga efisiensi termal meningkat.

Emisi Pembakaran

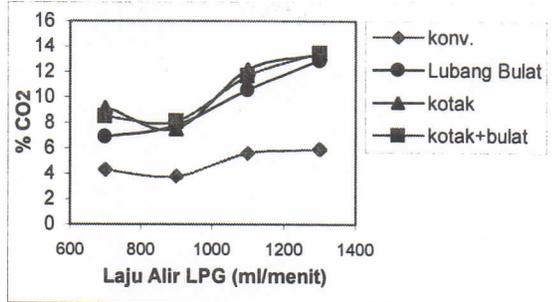
Emisi CO₂

Gambar 8 menunjukkan konsentrasi gas CO₂ dalam gas buang yang dihasilkan oleh reaksi pembakaran. Konsentrasi gas CO₂ akan meningkat dengan bertambahnya waktu pembakaran. Semakin besar %CO₂ dalam gas buang akan semakin baik, karena hal ini menandakan reaksi pembakaran yang terjadi mendekati stoikiometris.



Gambar 8. Perubahan emisi CO₂ terhadap waktu pembakaran pada laju alir gas 700 ml/menit

Gambar 9 menunjukkan pengaruh laju alir bahan bakar terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan. Secara umum ketiga burner yang dirancang memiliki emisi CO₂ yang tinggi dibandingkan dengan burner konvensional. Burner yang menghasilkan konsentrasi CO₂ tinggi adalah burner dengan lubang bulat dan bulat-kotak



Gambar 9. Pengaruh laju alir gas terhadap emisi CO₂ (pembakaran menit ke-15)

Secara umum semakin besar laju alir gas maka emisi CO₂ yang dihasilkan pun cenderung meningkat. Semakin besar laju alir gas, oksigen yang terdifusi semakin besar baik melalui udara primer maupun sekunder sehingga emisi CO₂ akan meningkat. Perbandingan burner modifikasi dengan burner konvensional berkaitan dengan emisi CO₂ terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan emisi CO₂ setiap burner pada laju alir 700 ml/menit (menit ke-15)

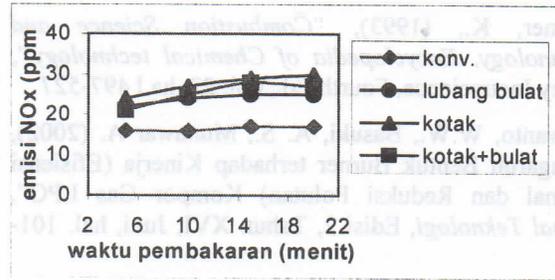
Burner	% CO ₂	% Kenaikan
Konvensional	4,3	-
Lubang Bulat	6,9	2,6
Lubang Kotak	9,2	4,9
Lubang Kotak+Bulat	8,5	4,2

Emisi NO_x

Emisi NO_x dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah kondisi campuran bahan bakar-udara, ketersediaan kalor, dan temperatur nyala. Gambar 10 memperlihatkan hubungan antara emisi NO_x dengan waktu pembakaran. Secara umum setiap burner memiliki kecenderungan yang sama yaitu emisi NO_x akan meningkat dengan bertambahnya waktu pembakaran. Adanya penambahan waktu pembakaran maka kalor yang dihasilkan semakin meningkat dengan kata lain temperatur nyala juga meningkat, sehingga menyebabkan emisi NO_x meningkat pula.

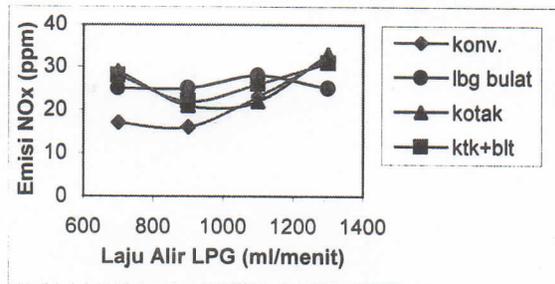
Emisi NO_x yang dihasilkan burner modifikasi lebih besar dibandingkan burner konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi burner berhasil meningkatkan efisiensi termal dengan kenaikan temperatur nyala dan memfokus nyala sehingga kehilangan panas bisa dikurangi namun emisi NO_x terkait dengan temperatur nyala. Oleh sebab itu dalam

penelitian selanjutnya dilakukan dengan pendekatan pembakaran katalitik untuk menurunkan kadar NO_x.



Gambar 10. Perubahan emisi NO_x terhadap waktu pembakaran pada laju alir 700 ml/menit.

Pengaruh laju alir bahan bakar terhadap emisi NO_x dapat dilihat pada gambar 11. Pada umumnya penambahan laju alir bahan bakar akan menaikkan emisi NO_x yang dikarenakan adanya peningkatan temperatur nyala sehingga meningkatnya emisi NO_x.



Gambar 11. Pengaruh laju alir gas terhadap emisi NO_x (diambil pada menit ke-15)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa secara umum modifikasi burner yang telah dilakukan dapat meningkatkan efisiensi termal (20-27 %) dibanding burner konvensional yang berarti meningkatkan kesempurnaan pembakaran (2,6-5 %), namun demikian belum mampu menurunkan emisi NO_x dikarenakan pembentukan NO_x terkait dengan temperatur nyala. Penelitian selanjutnya dalam rangka mengurangi emisi NO_x menggunakan pendekatan pembakaran katalitik dimana katalis diharapkan akan mampu mereduksi NO_x.

Daftar Pustaka

Darmawan, A., (1999), "Pengembangan Kompor Gas (LPG) Katalitik Menggunakan Katalis Cr₂O₃/La₂O₃/Al₂O₃", *Skripsi*, Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Glassman, I., (1996), "Combustion", Academic Press, New York, 1996, hal. 20-22, 123-215.

Munawar, A., (2002), "Pengaruh Bentuk Burner Terhadap Kinerja (Efisiensi Termal Dan Reduksi Polutan) Kompor Gas LPG", *Skripsi*, Jurusan Teknik

Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

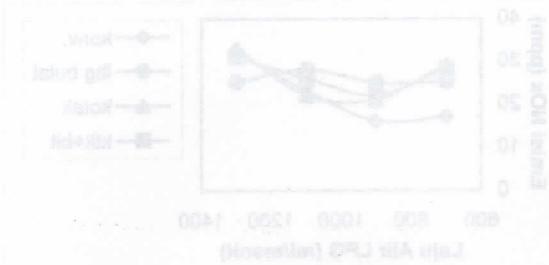
Othmer, K., (1993), "Combustion Science and Technology, Encyclopedia of Chemical technology", Wiley Interscience, Fourth Ed., Vol. 22, ha.1 497-527

Purwanto, W.W., Basuki, A. S., Munawar A. (2002), "Pengaruh Bentuk Burner terhadap Kinerja (Efisiensi Termal dan Reduksi Polutan) Kompor Gas LPG", Jurnal Teknologi, Edisi 2, Tahun XVI, Juni, hal. 101-107.

Smith, K., Zhang, J. Uma, R., Kishore, V., Lata, K., Josi, V. Rasmussen, R., Khalil, M. (1999). "Greenhouse Gases from Small-scale Combustion Devices in Developing Countries, Phase Iia Household Stoves in India", EPA-USA, Office of Research and Development Air Pollution Prevention and Control Division.

Gambar 10. Perubahan emisi NO_x terhadap waktu pembakaran pada laju air 700 ml/menit

Pengaruh laju air bahan bakar terhadap emisi NO_x dapat dilihat pada gambar 11. Pada umumnya pertambahan laju air bahan bakar akan meningkatkan emisi NO_x yang dikarenakan adanya peningkatan temperatur nyata sehingga meningkatkan emisi NO_x.

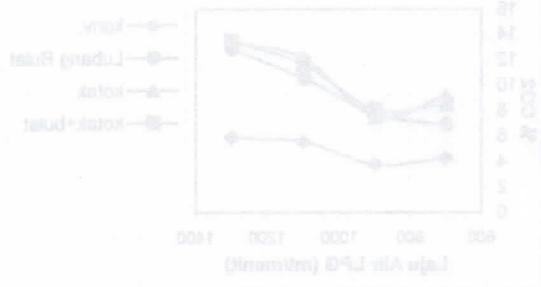


Gambar 11. Pengaruh laju air gas terhadap emisi NO_x (diambil pada menit ke-12)

Ketepatan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa secara umum modifikasi burner yang telah dilakukan dapat meningkatkan efisiensi termal (20-37 %) dibanding burner konvensional yang berarti meningkatkan kesempurnaan pembakaran (2,6-4 %) namun demikian belum mampu menurunkan emisi NO_x dikarenakan pembakaran NO_x terkait dengan temperatur nyata. Penelitian selanjutnya dalam rangka mengurangi emisi NO_x menggunakan pendekatan pembakaran katalitik dimana katalis diharapkan akan mampu mereduksi NO_x.

Daftar Pustaka

Darmawan, A. (1999), "Perancangan Kompor Gas (LPG) Katalitik Menggunakan Katalis Cu_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3 ", Skripsi, Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
 Glasman, I. (1996), "Combustion", Academic Press, New York, 1996, hal. 30-32, 133-143.
 Munawar, A. (2002), "Pengaruh Bentuk Burner Terhadap Kinerja (Efisiensi Termal Dan Reduksi Polutan) Kompor Gas LPG", Skripsi, Jurusan Teknik



Gambar 9. Pengaruh laju air gas terhadap emisi CO₂ (pembakaran menit ke-12)

Secara umum semakin besar laju air gas maka emisi CO₂ yang dihasilkan pun cenderung meningkat. Semakin besar laju air gas, oksigen yang tersedia semakin besar baik melalui udara primer maupun sekunder sehingga emisi CO₂ akan meningkat. Perbandingan burner modifikasi dengan burner konvensional berkaitan dengan emisi CO₂ terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan emisi CO₂ setiap burner pada laju air 700 ml/menit (menit ke-12)

Burner	% CO ₂	% Konsumsi
Konvensional	4,3	-
Lubang Kotak	6,9	2,6
Lubang Kotak	9,2	4,9
Lubang Kotak+Burner	8,2	4,3

Emisi NO_x

Emisi NO_x dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya adalah kondisi campuran bahan bakar, udara, ketersediaan katalis, dan temperatur nyata. Gambar 10 menunjukkan hubungan antara emisi NO_x dengan waktu pembakaran. Secara umum setiap burner memiliki kecenderungan yang sama yaitu emisi NO_x akan meningkat dengan bertambahnya waktu pembakaran. Adanya pertambahan waktu pembakaran maka kalor yang dihasilkan semakin meningkat dengan kata lain temperatur nyata juga meningkat sehingga menyebabkan emisi NO_x meningkat pula.

Emisi NO_x yang dihasilkan burner modifikasi lebih besar dibandingkan burner konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi burner berhasil meningkatkan efisiensi termal dengan menaikkan temperatur nyata dan menurunkan emisi NO_x sehingga kebutuhan panas bisa dikurangi namun emisi NO_x terkait dengan temperatur nyata. Oleh sebab itu dalam