

KAJIAN EKSPERIMENTAL *FLASHBACK FLAME* PADA BUNSEN BURNER DENGAN BAHAN BAKAR LPG

I Made Kartika Dhiputra^a, Imanuel^b

^{a,b},*Flame and Combustion Research Group Thermodynamic Laboratory*,
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424
E-mail : *dhiputra_made@yahoo.com*

Abstrak

Flashback adalah fenomena api dimana nyala api merambat masuk mempenetrasi ke dalam tabung burner atau *depth of flame penetration*. Ada banyak parameter yang bisa diamati di dalam fenomena *flashback* antara lain mengenai jenis reaksi pembakaran, bentuk nyala api yang terbentuk, kecepatan api yang merambat turun ke dalam tabung *burner*, serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Khusus untuk penelitian ini, akan dilihat bagaimana perbedaan jarak penetrasi nyala api dan besar kecepatan api turun ke bawah saat fenomena *flashback* berlangsung yang terjadi diakibatkan dari variasi perubahan aliran udara pembakarannya pada bahan bakar berjenis LPG. Hasil data eksperimen ini menunjukkan bahwa jarak penetrasi nyala api semakin dangkal kedalam tabung *burner* bila campuran udara / bahan bakar semakin kurus, tetapi sebaliknya kecepatan sambaran nyala api pada akhir fenomena *flashback* semakin tinggi bahkan menimbulkan terjadinya letusan. Suara letusan ini sering disebut juga sebagai ‘*noise of extinction*’ terjadi akibat laju aliran campuran udara / bahan bakar terlalu lambat dibandingkan dengan kecepatan *Rate of Reaction*, saat fenomena nyala api *flashback* tersebut berlangsung.

Keywords: Nyala Api *Flashback*, *depth of flame penetration*, LPG, *noise of extinction*.

Pendahuluan

Pengertian *Flashback* yakni adalah fenomena api yang terjadi ketika nyala api merambat masuk (penetrasi) ke dalam *burner* atau saluran pencampur bahan bakar. Untuk aplikasi kompor gas komersial, ciri-ciri yang dapat diketahui bahwa pada kompor terjadi *flashback* yakni adalah terdengarnya suara letusan ketika suplai bahan bakar gasnya ditutup. Suara letusan ini sering disebut juga sebagai ‘*noise of extinction*’ [1] yang berasal dari api yang menyambar balik setelah turun masuk ke dalam *burner*-nya. Namun, fenomena ini masih sangat jarang diketahui oleh masyarakat umum karena api yang merambat ke dalam saluran burner kompor gas tidak dapat terlihat bila tidak menggunakan bahan yang transparan.

Resiko bahaya yang dapat terjadi akibat fenomena *flashback* ini seperti pernah terjadi dalam kasus pengelasan *oxy-acetylene*. Api *flashback* ini dapat merambat memasuki selang bahan bakar atau bahkan tabung penyimpanan bahan bakar itu sendiri sehingga menyebabkan terjadinya ledakan tabung. Karena tingkat bahaya yang tinggi itulah maka penelitian tentang *flashback* ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada

kemungkinan bahwa *flashback* ini dapat terjadi pada aplikasi bahan bakar LPG. Penelitian ini juga dapat menjadi sebagai salah satu upaya mengenal dan memberi pengetahuan tambahan mengenai fenomena dan karakter dari api yang terjadi sebagai dasar di dalam menentukan langkah-langkah pencegahan terjadinya *flashback*.

Menurut Kurdyumov, dkk. [2]. Pada umumnya, terdapat beberapa macam fenomena *flashback* yang dibedakan dari penyebabnya, yaitu :

1. *Flashback* pada lapisan batas yang menempel pada dinding saluran campuran bahan bakarnya, dimana kecepatan alirannya mendekati 0.
2. *Flashback* akibat pecahan pusaran arus api (*Vortex Breakdown*)
3. *Flashback* yang terjadi akibat ketidakstabilan yang terjadi dalam ruang bakar.

Metode Eksperimen

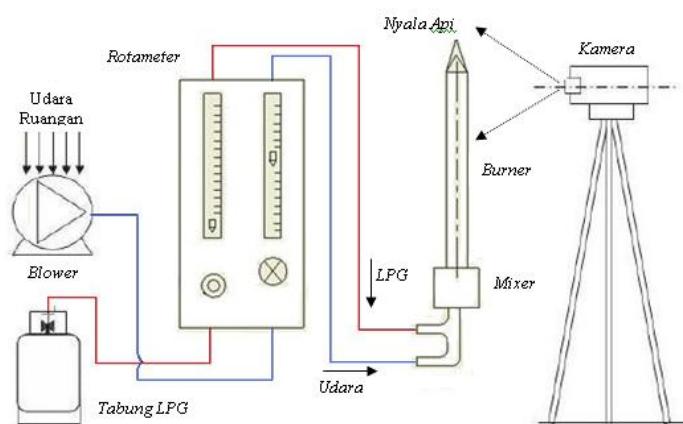
Pengambilan data untuk fenomena *flashback* ini digunakan dengan cara eksperimental. Parameter yang dicari atau variabel bebas dalam kajian eksperimen ini adalah kecepatan api masuk ke dalam tabung pencampur sedangkan variabel yang diubah

yakni aliran debit udara sebagai indikator pengamatan bilamana terjadi perubahan fenomena nyala api *flashback* tersebut. Variasi debit udara yang diambil yakni sebanyak 9 variasi yakni mulai dari 0 cm, 1 cm, 2 cm, hingga 8 cm pada skala rotameter. Selain itu, juga dilihat fenomena pada tertutup kondisi tanpa adanya aliran udara.

Setting kamera yang digunakan juga disetarakan untuk semua pengambilan rekaman video nyala api yakni pada standar sensitivitas cahaya ISO 6400, *Shutter Speed* sebesar 1/60 detik, dan dengan rentang interval waktu perekaman gambar setiap 0,02 detik atau 50 fps (*frame per second*). Fenomena api *flashback* yang tererekam dari kamera tersebut akan diinput ke dalam komputer dengan bantuan program ekstraksi video ke gambar diam *ZoomBrowser EX*, untuk pengolahan gambar dengan *Adobe Photoshop CS3*, dan program pengukur jarak pada gambar yakni *Image J*.

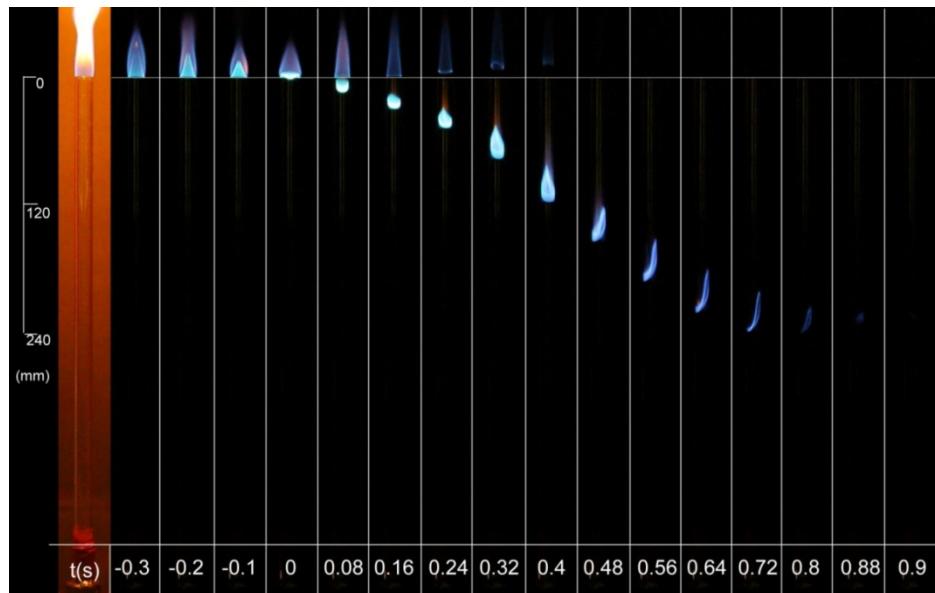
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data yang didapat adalah berupa foto api dari rangkaian proses ekstraksi video rekaman menjadi foto, pengurutan foto nyala api, dan proses pengukuran jarak pixel pada gambar yang sebelumnya sudah dikalibrasi terlebih dahulu ke

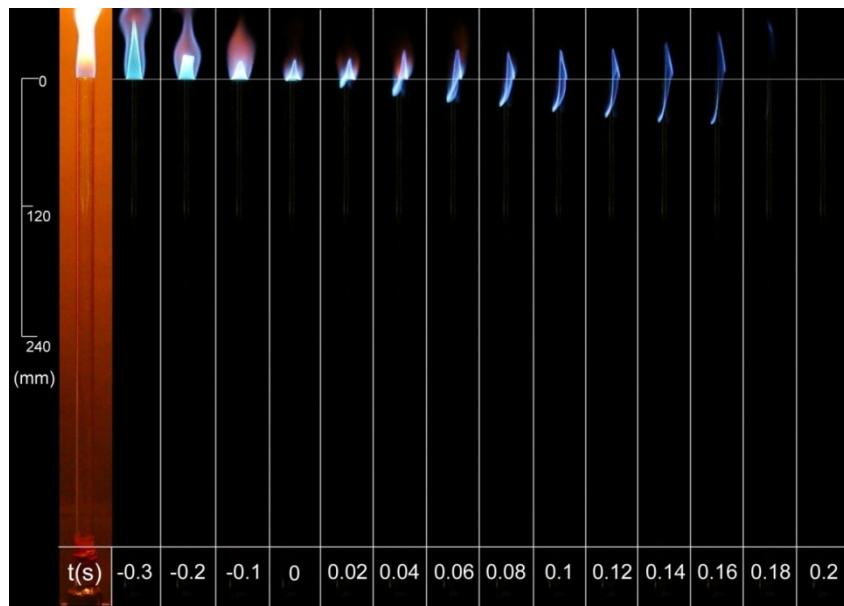


Gambar 1 Perancangan *Set-up* Alat Penelitian

dalam perbandingan satuan pixel/mm. Pengambilan titik mulai pengukuran adalah dimulai dari lubang keluaran burner yang dapat terlihat pada saat api masih menyala terang. Angka-angka yang tertera di bagian bawah gambar menunjukkan pada waktu detik keberapa saja titik tersebut terfoto. Sedangkan latar belakang gelap pada gambar adalah agar warna nyala api yang terlihat dapat semakin jelas.



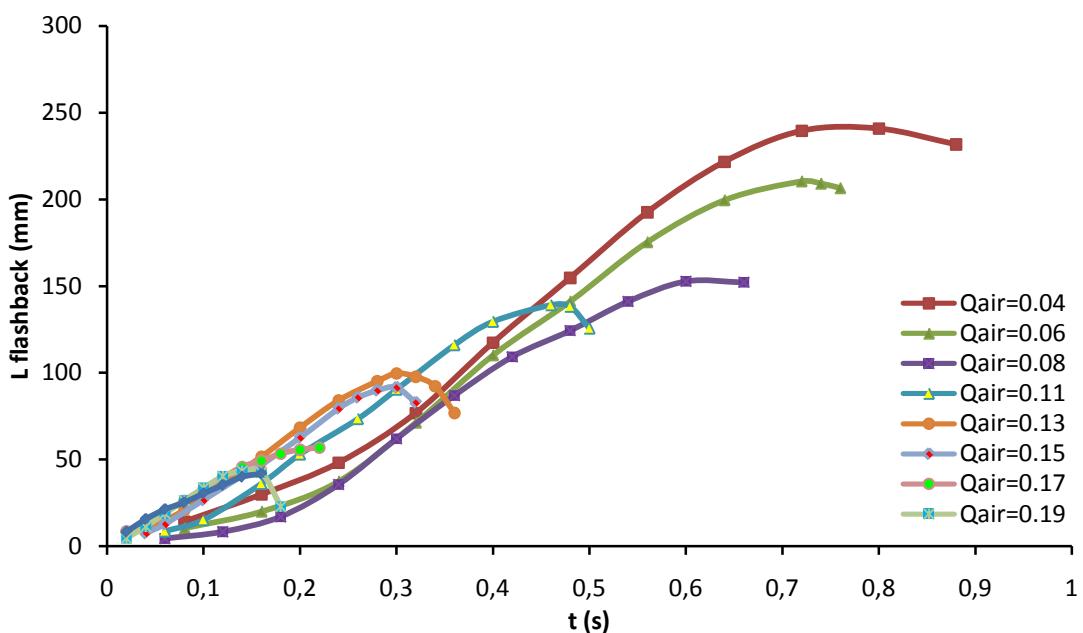
Gambar 2 Hasil Pengurutan Foto Nyala Api pada Debit Aliran Udara (Q_{air}) = 0,04 L / s

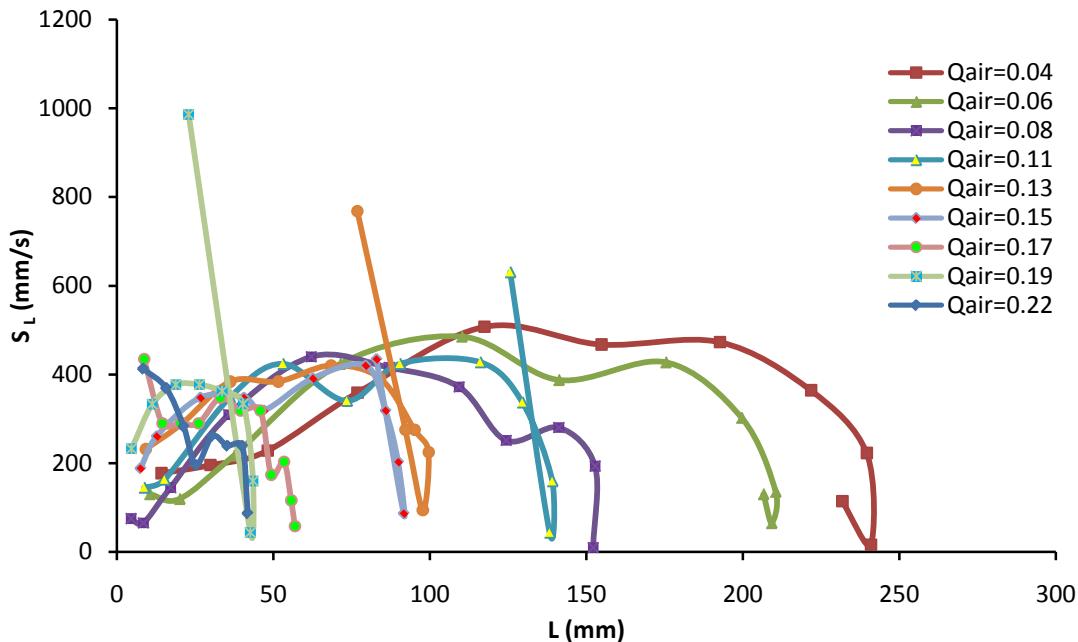
Gambar 3 Hasil Pengurutan Foto Nyala Api pada Debit Aliran Udara ($Q_{air} = 0,22 \text{ L/s}$

Terlihat dengan sangat jelas bahwa terdapat perbedaan tahapan perubahan nyala api dari saat sebelum mulai masuk ke dalam tabung *burner* hingga padam berdasarkan dari gambar 2 dan 3. Bagian nyala api *premixed* yang berwarna biru muda cerah mengecil lalu kemudian menguncup dan merambat ke dalam tabung. Warna apinya pun berubah bertahap dari warna biru muda cerah hingga warna biru tua gelap dengan semakin jauhnya jarak tempuh api *flashback* tersebut. Terlihat juga perbedaan interval lama waktu api *flashback* dari

mulai penetrasi hingga akhirnya padam, bahwa pada debit udara yang lebih sedikit atau pada campuran yang lebih gemuk, waktu *flashback*-nya semakin lama dan jaraknya semakin jauh mendekati pangkal tabung.

Dari hasil pengukuran gambar berdasarkan gambar-gambar itulah dapat dibentuk hasil plotnya ke dalam bentuk grafik sehingga dapat terlihat lebih jelas perbandingannya.

Gambar 4 Grafik Perubahan Jarak *Flashback* terhadap Waktu pada Variasi Debit Aliran Udara dalam L/s

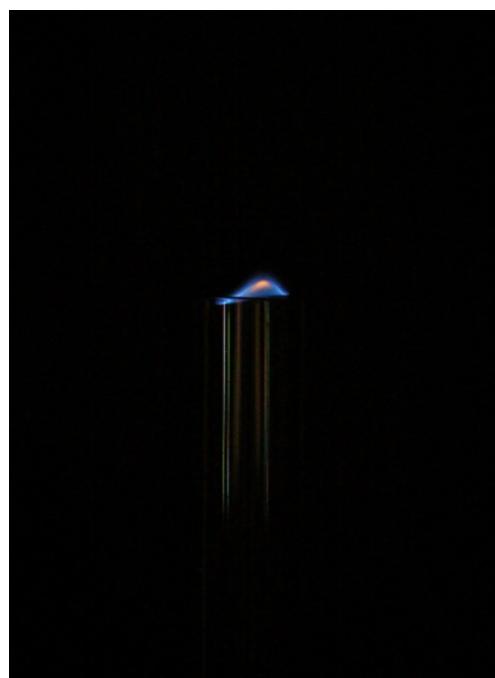


Gambar 5 Grafik Perubahan Kecepatan *Flashback* terhadap Jarak pada Variasi Debit Aliran Udara dalam L/s

Gambar 4 menjelaskan perbandingan jarak api *flashback* dengan waktu pada berbagai variasi aliran massa udara. Terlihat pada sejumlah grafik bahwa ada yang kemiringan kurvanya bertambah menjadi lebih curam namun ada pula kalanya melanda pada titik-titik tertentu. Hal ini menandakan bahwa terdapat adanya perbedaan kecepatan di setiap titik perpindahan jaraknya di dalam waktu tertentu. Waktu terlama terjadinya *flashback* adalah pada debit udara (Q_{air}) sebesar 0,04 ltr/s dan waktu yang tercepat adalah pada debit aliran udara 0,22 ltr/s.

Pada gambar 5 terlihat bahwa perubahan kecepatan yang terjadi tidak konstan dan menempuh jarak yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat percepatan ataupun perlambatan sesaat secara tiba-tiba ketika api *flashback* menempuh jarak tertentu. Trend dari grafik juga sebagian besar menunjukkan bahwa pada waktu awal mula api memasuki *burner*, terjadi peningkatan kecepatan secara bertahap lalu kemudian sedikit mendatar pada saat pertengahan untuk kemudian turun pada saat mendekati titik padam. Selain itu, terdapat juga titik membalik dari *flashback* dimana api yang sudah turun mencapai jarak maksimumnya kembali menyambut naik sedikit sebelum akhirnya padam karena suplai bahan bakar yang habis. Pada beberapa grafik, dengan debit aliran udara banyak, saat menyambut balik terjadi peningkatan kecepatan secara tajam mengarah kembali ke mulut *burner*. Tetapi pada grafik-grafik dengan debit aliran udaranya sedikit, kecepatan api hanya naik sedikit lalu padam.

Namun padasaat kondisi tanpa aliran udara pembakaran, terlihat pada gambar 6 bahwa yang terjadi adalah api hanya diam melekat pada tepi tabung *burner* saja dan tidak terjadi *flashback* hingga padam.



Gambar 6 Fenomena Nyala Api Tanpa Aliran Udara ($Q_{air} = 0$)

Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan pengamatan langsung fenomena api *flashback* dalam penelitian ini, kesimpulan yang didapat adalah :

1. *Flashback* hanya dapat terjadi bila terdapat aliran udara, meskipun dalam jumlah yang sedikit.
2. Jenis nyala api yang terjadi pada *flashback* adalah berjenis *lean-premixed* terlihat dari ciri-ciri warna biru tuanya.
3. Pada campuran bahan-bakar dengan udara yang semakin gemuk, *depth of penetration* dari api *flashback* semakin jauh ke dalam burner.
4. Terdapat efek percepatan dan perlambatan sesaat yang tidak konstan / berubah-ubah pada nyala api *flashback*.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai melalui Hibah Riset Utama UI 2012, untuk itu kami ucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Universitas Indonesia. Demikian juga terima kasih kepada para mahasiswa S2 dan S1 sebagai anggota maupun pembantu peneliti di Laboratorium *Flame and Combustion Research Group Thermodynamic Laboratory*.

Nomenklatur

- L Jarak tempuh api *flashback*(mm)
sL *Flame speed linear* (mm s⁻¹)
Qair Besar debit udara (liters⁻¹)
t Waktu (s)

Referensi

- [1]. *Quenching of Flame and Flashback on Shut-off with Gas Appliance Burner*. Wilson, C. W. Baltimore : American Chemical Society, 1958.
- [2]. *Experimental and Numerical Study of Premixed Flame Flashback*. V. Kurdyumov, E. Fernandez Tarrazo, et.al. s.l. : *Proceedings of the Combustion Institute 31*, 2007, 1275-1282