

PENENTUAN *LIFTED-DISTANCE* DAN *HEIGHT-FLAME* PADA NYALA DIFUSI GAS PROPANA MENGGUNAKAN SISTEM PENGOLAH CITRA (*RGB-INDEX*)

I Made K Dhiputra¹), Harinaldi²), NK.Caturwati³)

^{1,2} Teknik Mesin Universitas Indonesia

³ Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Laboratorium Termodinamika, "Flame & Combustion Research Group"

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok 16242

Telp. (021) 7270032 & 7864089 - Fax. (021) 7270033

E-mail: ¹dhiputra_made@yahoo.com, ²harinald@eng.ui.ac.id.

³n4wati@yahoo.co.id

ABSTRAK

Struktur nyala api hasil pembakaran merupakan suatu hal yang sangat erat kaitannya terhadap karakteristik pembakaran diantaranya : tinggi nyala api (*height-flame*) yang menentukan waktu tinggal (*residence-time*) dari jelaga, jarak angkat nyala api (*lifted-distance*) yang berhubungan dengan konstanta difusivitas udara-bahan bakar. Pengukuran dimensi api menjadi hal yang sulit mengingat kondisi nyala yang tidak statis, bergetar terutama pada nyala turbulen. Paper ini memperlihatkan cara pengukuran *lifted-distance* dan *height-flame* dengan menggunakan sistem pengolah citra, yaitu menganalisa gambar nyala yang dihasilkan melalui kamera melalui distribusi nilai *RGB*-indeksnya. *Lifted distance* ditentukan berdasarkan posisi puncak nilai *RGB* disekitar ujung burner. Untuk nyala *attached-flame* yaitu pangkal nyala berada pada ujung burner, distribusi nilai *RGB* sepanjang sumbu tidak memperlihatkan adanya lonjakan nilai. Penentuan *height-flame* dilakukan dengan jarak terjauh dimana nilai *RGB* mulai menurun secara drastis. Dengan sistem pengolah citra diperoleh kesalahan sistematis pengukuran yang sangat kecil mencapai 0.1285 mm.

Kata kunci : *tinggi nyala api, lifted distance, pengolah citra.*

1. Pendahuluan

Pemanfaatan dan produksi energi merupakan hal penting dalam kehidupan manusia karena energi merupakan modal dasar dalam setiap aktivitas manusia. Penggunaan bahan bakar gas mulai digalakkan guna menghemat penggunaan cadangan minyak bumi yang ada disamping makin banyaknya penemuan sumber gas alam serta peningkatan gas yang dihasilkan sebagai hasil samping pengolahan minyak bumi. Disamping itu kesulitan penyimpanan gas dalam waktu panjang mendorong pemerintah Indonesia yang merupakan salah satu negara penghasil bahan bakar gas untuk mengutamakan penggunaan bahan bakar gas dalam setiap pemenuhan kebutuhan akan energi.

Mengingat hal tersebut diatas peningkatan efisiensi pemanfaatan bahan bakar gas serta peningkatan keamanan proses pembakaran perlu diiringi dengan

perkembangan penelitian-penelitian yang dapat menunjang kenyamanan penggunaan bahan bakar gas. Beberapa penelitian bertumpu pada dimensi nyala yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar gas untuk menentukan karakteristik dari pembakaran bahan bakar yang digunakan dalam penelitian [1,2,3,4].

Selain itu penentuan dimensi nyala dikembangkan dengan berbagai cara antara lain :

- Kevin T. Walsh et.al dalam program komputasi untuk menentukan *lifted-distance* yang dibuatnya mendefinisikan posisi pangkal nyala sebagai posisi dimana terdapat pembentukan CH dan OH yang maksimum [5].
- Dengan menggunakan *planar imaging* , Schefer et.al (1994) melakukan pengukuran konsentrasi CH₄,CH dan temperatur dan menemukan daerah nyala merupakan daerah dengan konsentrasi CH tinggi.

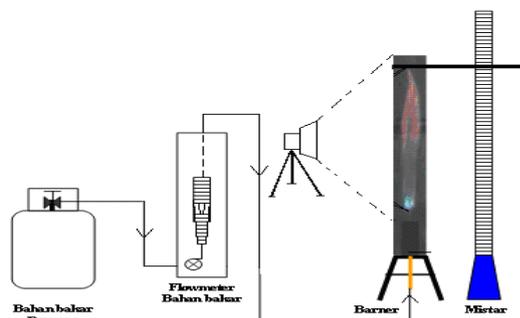


- Pengukuran nyala difusi laminar dengan Planar Laser Induced Fluorescence (PLIF) oleh Mark A. Mikofski et.al. menemukan bahwa tinggi nyala luminous lebih tinggi dibandingkan tinggi zona reaksi akibat adanya pendaran jelaga diatas zona reaksi [6].
- Selain itu beberapa pengujian memperlihatkan adanya lonjakan temperatur pada permukaan pangkal nyala api dibandingkan dengan daerah lainnya.

Adanya keterkaitan antara temperatur dan intensitas radiasi sinar menjadi dasar dalam paper ini untuk menentukan dimensi nyala melalui RGB-indeks, yaitu intensitas radiasi sinar Red –Green-Blue (merah-Hijau-Biru).

2. Metode Penelitian

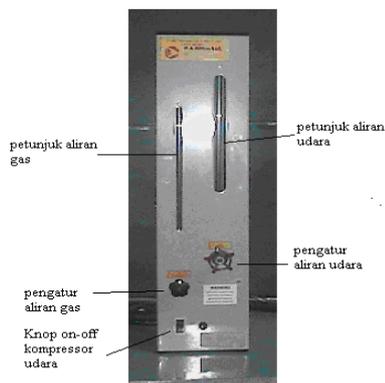
Penelitian diawali dengan rujukan pustaka untuk mengetahui karakteristik nyala, penentuan height-flame serta lifted-distance dari peneliti-peneliti sebelumnya. Selanjutnya dilakukan penelitian secara eksperimen dengan susunan peralatan sesuai dengan yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan peralatan pengujian

Gas Propana dialirkan melalui flowmeter bahan bakar untuk selanjutnya dilewatkan ke burner dengan nosel konis berdiameter laluan 1.8 mm pada ujung burner. Selanjutnya gas dinyalakan dan api hasil pembakaran diabadikan dengan video kamera. Laju aliran gas dibuat bervariasi untuk mendapatkan gambar nyala api pada setiap nilai BL (Burning Load) pembakaran.

Pengukuran laju aliran gas menuju burner menggunakan alat ukur rotameter: Flame Propagation & Stability, Unit P.A. Hilton LTD. C551 seperti yang terlihat dalam Gambar 2 yang telah dikalibrasi terlebih dahulu dengan Wet Gas Meter WE-1.5A. Nilai ketidakpastian pengukuran laju aliran gas hasil kalibrasi memberikan nilai ketidak pastian pengukuran sebesar 0.1 ml/s.



Gambar 2. Alat ukur laju aliran gas Flame Propagation & Stability, Unit P.A. Hilton LTD. C551

Burner yang dipergunakan dalam penelitian adalah burner dengan jenis Ejected Gas Combustor dengan nosel konik pada ujung burner sebagai laluan gas keluar burner dengan diameter laluan 1.8 mm. Sedangkan video kamera yang dipergunakan pada eksperimen ini adalah video kamera dengan kecepatan 25 fps. Mistar yang dipasang disebelah burner dipergunakan untuk kalibrasi jarak antar piksel yang terdapat pada gambar nyala yang dihasilkan.

3. Diskusi

3.1 Pengukuran Lifted-Distance.

Lifted-distance merupakan jarak antara ujung burner terhadap pangkal nyala api. Kondisi nyala dengan pangkal nyala menempel pada ujung burner merupakan kondisi attached, sedangkan nyala api dengan pangkal nyala menjauhi ujung burner merupakan kondisi nyala terangkat atau lifted.

Dengan memperbesar laju aliran gas dilakukan pengamatan terhadap nyala api yang dihasilkan. Tabel 1 memperlihatkan kondisi nyala api yang dihasilkan dengan pengamatan secara visual.

Pada laju aliran gas rendah, pangkal nyala api masih menempel pada ujung burner ; laju aliran gas 21 ml/s dan 25 ml/s menghasilkan kondisi nyala attached-flame. Peningkatan laju aliran gas menyebabkan pangkal nyala bergerak menjauhi ujung burner yang menunjukkan bahwa kondisi nyala yang dihasilkan adalah kondisi lifted.

Peningkatan laju aliran gas propana hingga mencapai 81 ml/s mengakibatkan nyala api padam, ini menunjukkan kecepatan gas jauh lebih tinggi dibandingkan kecepatan reaksi pembakaran, sehingga gas propana tidak sempat terbakar. Kondisi ini dikenal sebagai kondisi Blow-Out.

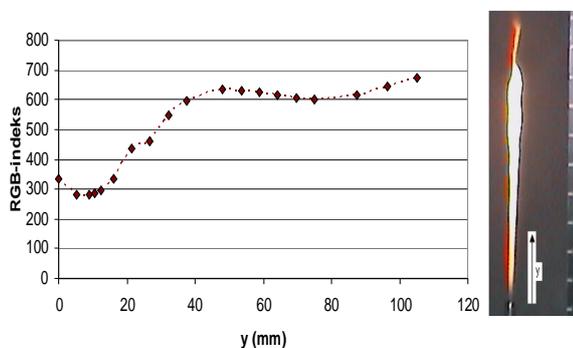
Tabel 1. Kondisi nyala hasil pengamatan visual.



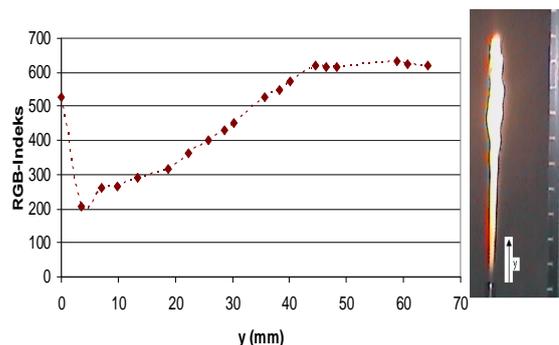
| No. | Qf (ml/s) | Kondisi |
|-----|-----------|----------|
| 1. | 21 | Attached |
| 2. | 25 | Attached |
| 3. | 29 | Lifted |
| 4. | 33 | Lifted |
| 5. | 37 | Lifted |
| 6. | 41 | Lifted |
| 7. | 45 | Lifted |
| 8. | 49 | Lifted |
| 9. | 53 | Lifted |
| 10. | 57 | Lifted |
| 11. | 61 | Lifted |
| 12. | 65 | Lifted |
| 13. | 69 | Lifted |
| 14. | 73 | Lifted |
| 15. | 77 | Lifted |
| 16. | 81 | Blow-Out |

Kondisi Attached-Flame

Kondisi *attached-flame* merupakan kondisi dimana pangkal nyala api menempel pada ujung burner. Saat gas propana dialirkan dengan kecepatan 21 ml/s dan 25 ml/s kondisi nyala yang dihasilkan adalah pada kondisi *attached*. Gambar 3 menampilkan bentuk nyala api serta distribusi nilai RGB sepanjang garis sumbu nyala untuk laju aliran gas 21 ml/s. Sedangkan Gambar 4 untuk nyala pembakaran gas propana dengan kecepatan 25 ml/s



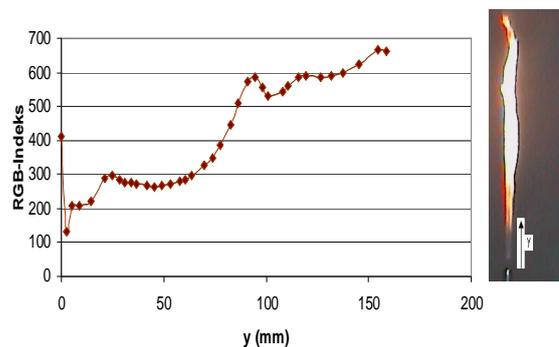
Gambar 3. Distribusi RGB-indeks sepanjang sumbu nyala api untuk laju aliran gas 21 ml/s.



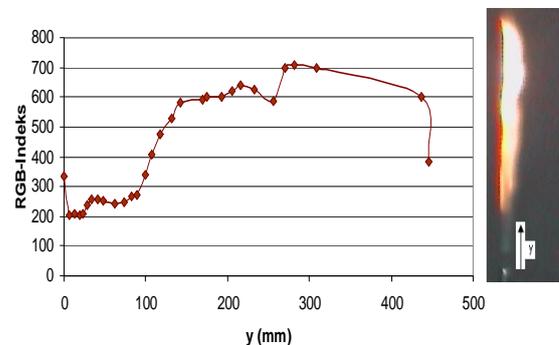
Gambar 4. Distribusi RGB-indeks sepanjang sumbu nyala api untuk laju aliran gas 25 ml/s.

Lifted-Flame

Kondisi Lifted-Flame yaitu kondisi dimana pangkal nyala api mulai terangkat menjauhi ujung burner. Dalam eksperimen ini laju aliran gas mulai dari 29 ml/s membuat nyala yang dihasilkan berada pada kondisi lifted. Pengolahan citra dengan memperhatikan distribusi nilai RGB-indeks sepanjang sumbu nyala untuk laju aliran gas 29 ml/s dan 45 ml/s diperlihatkan pada Gambar 5 dan 6 berikut.



Gambar 5. Distribusi RGB-indeks sepanjang sumbu nyala api untuk laju aliran gas 29 ml/s.



Gambar 6. Distribusi RGB-indeks sepanjang sumbu nyala api untuk laju aliran gas 45 ml/s.

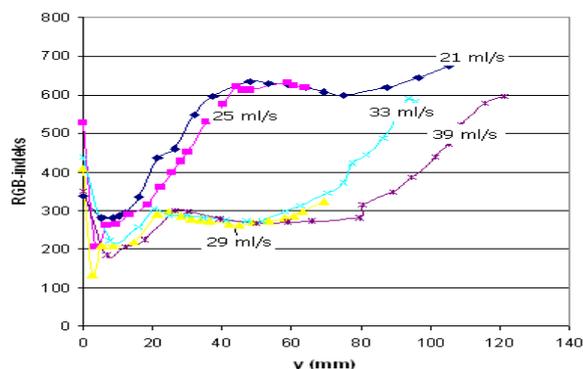
Diskusi



Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan kondisi *attached-flame*. Distribusi nilai RGB-indeks sepanjang sumbu nyala memperlihatkan nilai yang tidak sama pada $y = 0$ mm. Laju aliran gas yang lebih besar memberikan nilai Burning Load yang lebih besar yang mengakibatkan temperatur nyala yang lebih tinggi. Gambar 4 memberikan nilai RGB > 500 untuk $y = 0$ sedangkan pada Gambar 3 untuk laju aliran yang lebih rendah pada ujung burner $y = 0$ mm memberikan nilai RGB > 300.

Demikian pula untuk kondisi nyala *lifted* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Kondisi *Lifted* memberikan daerah tanpa nyala antara ujung burner dan pangkal nyala, Gambar 5 memberikan nilai RGB-indeks < 200 pada daerah tersebut. Sedangkan pada Gambar 6 nilai RGB > 200 untuk semua daerah di atas ujung burner.

Dari uraian di atas penentuan posisi pangkal nyala tidak dapat dilakukan melalui penentuan nilai RGB-indeks. Untuk itu digunakan langkah pendekatan dengan melakukan analisa pengolahan citra dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan secara manual dan secara visual kondisi nyala berada pada kondisi *attached* atau *lifted*, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.



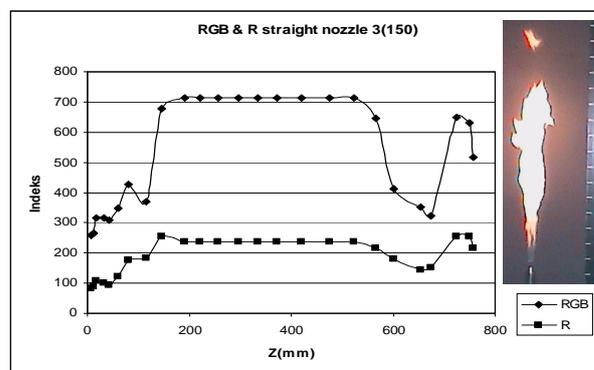
Gambar 7. Distribusi RGB sepanjang sumbu Untuk beberapa laju aliran gas.

Pada kondisi *attached-flame*, distribusi nilai RGB sepanjang sumbu nyala memperlihatkan tidak adanya lonjakan nilai RGB yang cukup berarti disekitar ujung burner. Sebaliknya pada kondisi *lifted-flame* selalu tampak adanya lonjakan nilai RGB disekitar ujung burner. Perbandingan antara data pengukuran manual *lifted-distance* dan distribusi RGB sepanjang sumbu nyala memperlihatkan posisi pangkal nyala merupakan posisi puncak nilai RGB pada lonjakan nilai RGB disekitar ujung burner.

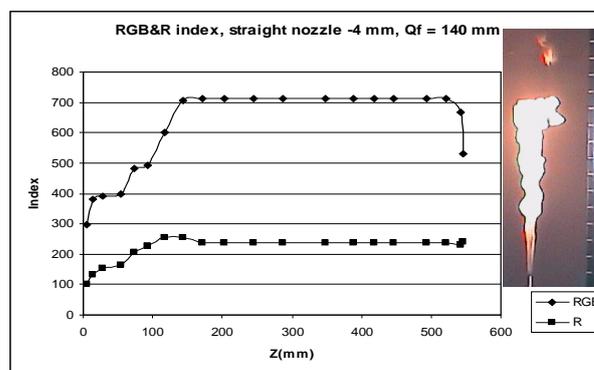
3.2 Pengukuran *Height-Flame*

Tinggi nyala merupakan posisi tertinggi dari ujung burner yang memiliki pendaran cahaya api yang cukup terang untuk dilihat. Distribusi RGB-indeks sepanjang

sumbu nyala untuk nyala gas propana melalui nosel lurus diperlihatkan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Distribusi RGB-indeks sepanjang sumbu nyala untuk laju aliran gas 81 ml/s



Gambar 9. Distribusi RGB-indeks sepanjang sumbu nyala untuk laju aliran gas 73 ml/s

Tinggi nyala api dari kedua gambar tersebut dapat dinyatakan sebagai ketinggian dimana nilai RGB-indeks menurun secara tajam.

4. Kesimpulan

Dengan mengamati pola distribusi nilai RGB-indeks dapat disimpulkan bahwa pangkal nyala merupakan kondisi dimana terdapat lonjakan nilai RGB didaerah dekat dengan ujung burner Lihat Gambar 7. Lonjakan nilai RGB sekitar ujung burner mulai terdapat pada laju aliran gas 29 ml/s dengan puncaknya berada pada posisi $y = 24$ mm sedangkan pada laju aliran gas 33 ml/s puncak pertama berada pada $y = 21$ mm dan untuk aliran gas 39 ml/s puncak pertama RGB-indeks berada pada $y = 26$ mm. Kondisi ini sesuai dengan pengamatan secara manual.

Tinggi nyala api (*height-flame*) merupakan ketinggian dimana nilai RGB-indeks menurun secara tajam.

Dengan melakukan penentuan dimensi nyala api menggunakan pengolahan citra, mampu meningkatkan

kemampuan keterbacaan skala pengukuran sesuai dengan nilai piksel yang dihasilkan kamera yaitu nilai kesalahan sistematik sebesar 0.1285 mm.

Rujukan

- [1] Kalghatgi, G.T., 1984, "Lift-off heights and visible lengths of vertical turbulent jet diffusion flames in still air", *Combustion Science and Technology* 41, 17-29.
- [2] Mark A. Mikofski, Timothy C. Williams, Christopher R. Shaddix, Linda G. Blevins, 2006, "Flame height measurement of laminar inverse diffusion flames", *Combustion and Flame* 146, 63 – 72.
- [3] Eduardo Fernandez-Tarrazo, Marcos Vera, Amable Linan, 2006, "Liftoff and blowoff of diffusion flame between parallel streams of fuel and air", *Combustion and Flame* 144, 261 – 276.
- [4] P.S. Cumber, M. Spearpoint, 2006, "A computational flame length methodology for propane jet fires", *Fire Safety Journal* 41, 215 – 228.
- [5]. Kevin T. Walsh, Joseph Fielding, Mitchell D. Smooke, Marshall B. Long, Amable Linan, 2005, *A Comparison of computational and Experimental lift-off heights of coflow laminar Diffusion Flames*", *Proc. Combustion Inst*, 30, 357-365
- [6] Mark A Mikofski et.al , 2006, "Flame height measurement of laminar inverse diffusions flames", *Combustion and Flame* 146, 63-72.



