

Analisis Pengaruh Gradien Medan Magnet terhadap Karakteristik Nyala Api Difusi Bahan Bakar LPG

I Made Kartika Dhiputra^{1 (*)}, Mokhamad Is Subekti², Ahmad Syihan Auzani³

^{1,2,3}Flame and Combustion Research Group, Laboratorium Termodinamika,
Department Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok 16424, Indonesia
email : dhiputra_made@yahoo.com, mokhamad_issubekti@yahoo.com, ahmad.syihan01@ui.ac.id

Abstrak

Efek dari gradien medan magnet terhadap nyala api difusi bahan bakar LPG dan oksidator udara telah dipelajari untuk memahami interaksinya. Sebuah medan magnet tidak seragam yang dihasilkan oleh elektromagnet dari arus listrik searah diberikan diantara aliran udara dan nyala api difusi LPG dan divariasikan kecepatan alirannya untuk diketahui pengaruhnya terhadap intensitas medan magnet. Pengaruh dari kondisi operasi dari karakteristik nyala api difusi seperti panjang nyala api, luas nyala api, temperatur dan jarak *lifted* yang dihasilkan dari proses pembakaran telah dipelajari. Panjang nyala api dan jarak *lifted* cenderung menurun jika dikenai gradien medan magnet dengan intensitas medan magnetnya mengecil secara vertikal keatas (22.9T/m), intensitas medan magnet 0.24T dan membawa dampak terhadap penambahan temperatur. Sementara itu, luas nyala api cenderung tidak berubah terhadap gradien medan magnet. Pemanfaatan medan magnet mengindikasikan sebuah cara yang lebih cepat untuk mempengaruhi oksidator nyala api dan juga dapat mengontrol pembakaran.

Kata kunci: Gradien Medan Magnet, Panjang Nyala Api, *Jarak Lifted*, Luas Nyala Api

Pendahuluan

Adanya kebutuhan yang sangat besar terhadap bahan bakar fosil serta menipisnya ketersediaan cadangannya mendorong upaya peningkatan efisiensi pembakaran dalam segala sektor yang membutuhkan konsumsi bahan bakar fosil seperti: industri, transportasi maupun domestik. Hal ini diperkuat dengan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Bab I Pasal 1 ayat 7, tentang konservasi energi yaitu penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang diperlukan.

Dari latar belakang tersebut maka penelitian ini berusaha menggali fenomena perilaku flame difusi bahan bakar LPG dilingkungan medan magnet untuk dapat diambil manfaatnya bagi peningkatan efisiensi energi terutama pada sisi *demand*, pilihan ada pada LPG karena adanya program pemerintah mengenai konversi BBM ke BBG,

Untuk meningkatkan kinerja pembakaran yang efisien harus diupayakan semua variabel pembakaran pada kondisi optimum. Terdapat banyak cara maupun metoda dilakukan untuk dapat mencapai hal tersebut. Beberapa diantaranya melakukan optimasi dengan memodifikasi konstruksi pembakar (*burner*),

mencari bahan bakar alternatif dan juga menambahkan piranti tertentu untuk mengatur flame maupun dinamika fluida pembakaran.

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi energi pada pembakaran adalah melalui rekayasa medan magnet yaitu penambahan magnet untuk menghasilkan gradien medan magnet disekeliling flame. Ada dua aspek yang akan menjadi fokus efisiensi dengan rekayasa magnet ini yaitu pertama: aspek dinamika fluidanya dan kedua aspek flame sebagai plasma. Pada sisi dinamika fluida, gas – gas yang terlibat pada proses pembakaran dapat bersifat zat paramagnetik: O₂ maupun bersifat diamagnetik seperti CO₂, N₂, CO dan senyawa hidro-karbon, dimana zat paramagnetik akan ditarik ke daerah dengan fluks medan magnet kuat, sedangkan zat diamagnetik akan ditarik ke daerah dengan fluks medan magnet lemah sehingga struktur fluks medan magnet yang menghasilkan gradien negatif bentuk flame cenderung memendek karena zat paramagnetik (oksigen) ditarik kebawah ke daerah fluks medan kuat sebaliknya zat diamagnetik dalam hal ini produk pembakaran didorong keatas ke daerah fluks medan lemah yang hasilnya dapat dilihat dengan memendeknya flame. Disamping itu oksigen yang tertarik ke fluks medan kuat akan membentuk tirai yang menghalangi gas lain untuk

masuk sehingga daerah tersebut kaya akan oksigen yang tentu saja hal ini akan membuat pembakaran menjadi lebih sempurna [2,8] . Efek tersebut berakibat pada kualitas pembakaran seperti: temperatur yang lebih tinggi, stabilitas flame, efisiensi dan hasil pembakaran yang lebih bersih.

Pada sisi flame sebagai plasma, flame masuk kelompok *cold plasma* dengan densitas bilangan elektron $n_e = 10^{12} \text{ m}^{-3}$, pada jangkauan temperatur $10^{2.8} - 10^4 \text{ K}$, panjang Debye $\lambda_D = 10^{-4} \text{ m}$, frekuensi plasma $\omega_{pe} = 10^{11.7} \text{ rad/s}$ dan bilangan elektron N_D antara $10^4 - 10^6$. Karena flame sebagai plasma maka akan dipengaruhi medan elektromagnet, dengan syarat keempat kriteria plasma non equilibrium terpenuhi yaitu:

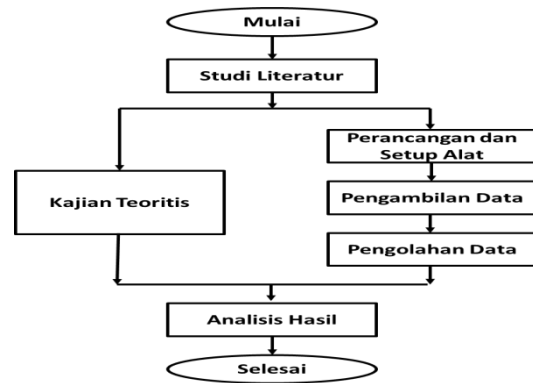
1. $L \geq \lambda_D$, dimana L = panjang karakteristik
2. $n_e \lambda_D^3 \geq 1$
3. $n_e = \sum n_i$, dimana n_i = ion positif
4. $\omega_{pe} \tau > 1$, dimana τ = waktu rata –rata tumbukan elektron.

Daerah flame dengan konsentrasi muatan positif dan juga muatan negatif akan menghasilkan gaya Lorentz resultan gerakan flame jika dikenai medan magnet, fenomena inilah yang akan dimanfaatkan untuk stabilitas flame, meningkatkan temperatur dan efisiensi pembakaran.

Penelitian ini dititik beratkan pada aspek dinamika fluida dan pembakarannya sebab lebih implementatif, serta pertimbangan ketersediaan peralatan ukur dan pengujian .

Metodologi Penelitian

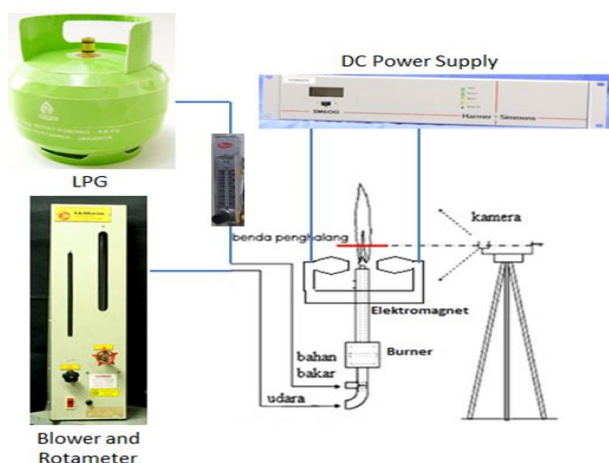
Dalam penelitian ini beberapa tahapan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini. Tahapan yang pertama adalah tahap studi literatur dari beberapa referensi seperti buku, jurnal, dan lain-lain. Tahapan yang berikutnya adalah perancangan dan persiapan alat penelitian dari tabung bahan bakar LPG sampai ke *coaxial* burner, kalibrasi alat ukur dan juga pengaturan alat fotografi untuk dokumentasi fenomena pembakaran. Setelah itu, dilakukan pengambilan data dan dokumentasi yang kemudian dapat dianalisis. Berikut merupakan diagram alur penelitian.



Gambar 1. Alur penelitian

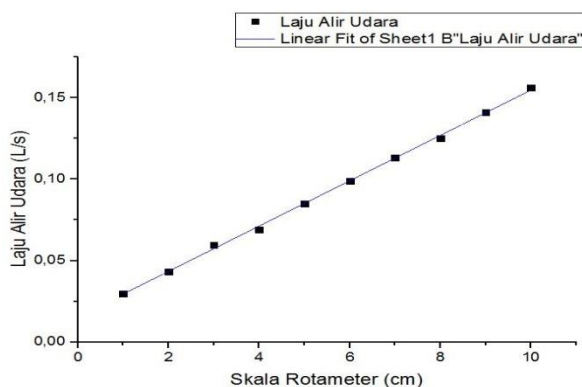
Perancangan dan Setup Alat Eksperimen

Gambar di bawah menunjukkan eksperimen setup untuk pengambilan data fenomena pengaruh tinggi lifted, panjang nyala, temperatur dan luas flame akibat variasi medan magnet dengan menggunakan kamera. Bahan bakar yang bersumber dari tabung LPG 3 kg dengan menggunakan regulator di alirkan melalui selang yang diberikan needle valve ke Rotameter yang berfungsi untuk mengukur aliran bahan bakar dan udara yang dilengkapi dengan blower udara. Dari rotameter bahan bakar dan udara yang sudah diatur debitnya dialirkan ke burner. Di samping itu, burner diatur di kumparan elektromagnet. Fenomena yang terjadi di dokumentasikan dengan kamera.



Gambar 2. Rancangan eksperimen

Kalibrasi Alat Ukur Aliran Udara



		Value	Standard Error
Laju Alir Udara	Intercept	0,01559	9,63353E-4
	Slope	0,01391	1,55258E-4

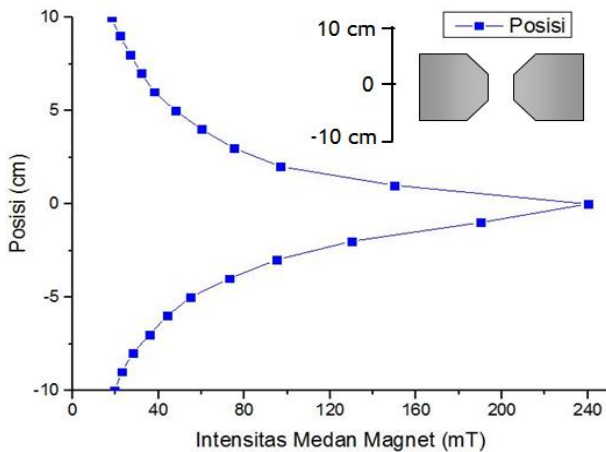
Gambar 3. Hasil Kalibrasi Alat Ukur Laju Aliran Udara

Pengaturan laju aliran udara menuju burner menggunakan alat ukur rotameter : *Flame Propagation & Stability Unit, P.A. Hilton LTD. C551* seperti yang terlihat pada gambar di bawah. Alat ukur rotameter ini dilengkapi dengan blower udara serta pengatur aliran udara. Besarnya aliran udara ditunjukkan dengan ketinggian pelampung pada tabung kaca penunjuk debit aliran. Untuk menentukan hubungan antara tinggi pelampung dan debit aliran udara perlu dilakukan penyetaraan alat ukur atau kalibrasi. Penyetaraan dilakukan dengan membandingkan tinggi pelampung yang ditunjuk rotameter dengan laju aliran udara yang terukur melalui *Wet Gas Meter Model WE-1.5A* produksi Shinagawa keisokki Seisakusho CO. LTD. Gambar 8 menunjukkan data hasil penyetaraan alat ukur aliran udara rotameter untuk pengukuran debit aliran udara. Tabel berikut merupakan hasil kalibrasi skala rotameter terhadap laju aliran udara dalam cc/min.

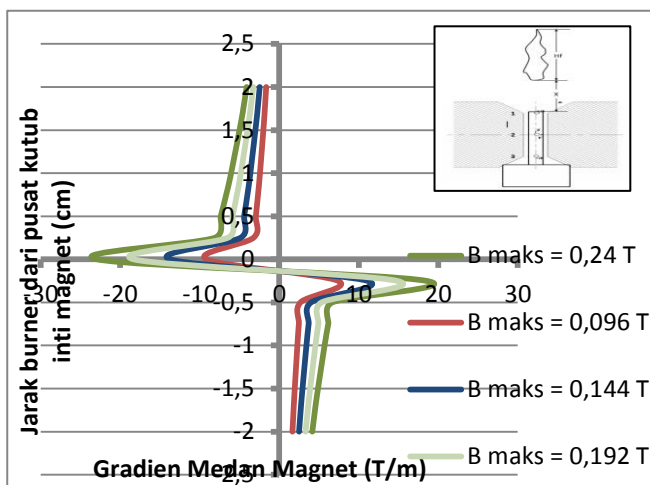
Tabel 1. Kalibrasi skala rotameter

Skala rotameter (cm)	Laju aliran (cc/min)
-2	0
-1	100,8
-0,5	518,1
0	935,4
0,5	1352,7
1	1770

Kalibrasi Elektromagnet



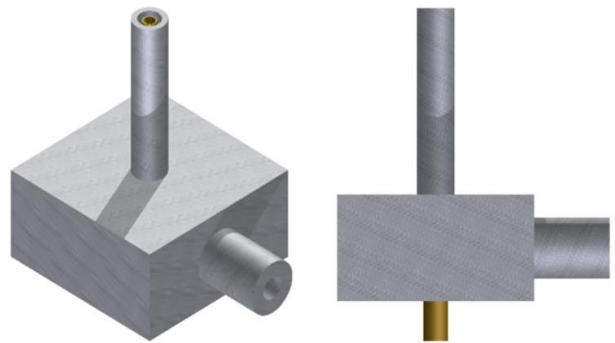
Gambar 4. Hasil Kalibrasi intensitas medan magnet pada Elektromagnet



Gambar 5. Grafik gradien medan magnet dB/dz (T/m)

Untuk menentukan hubungan antara arus listrik dan intensitas medan magnet pada tiap posisi, perlu dilakukan penyetaraan alat ukur atau kalibrasi. Penyetaraan dilakukan dengan membandingkan arus listrik yang ditunjuk multimeter dengan intensitas medan magnet yang terukur melalui Teslameter. Gambar 4. menunjukkan data hasil pengukuran intensitas medan magnet di sekitar elektromagnet dan Gambar 5. Grafik gradien medan magnet pada berbagai posisi secara vertikal..

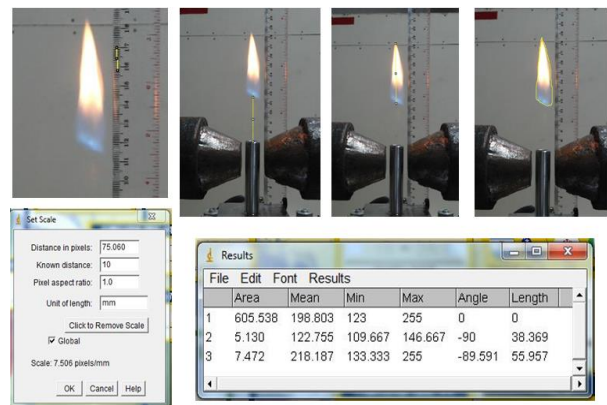
Desain Burner



Gambar 6. Desain Coaxial Burner

Burner yang dipakai adalah *coaxial burner* dengan tabung burner yang terbuat dari aluminum dengan diameter dalam 4 mm dan diameter luar 10 mm. Penggunaan material aluminum bertujuan untuk menghindari pengaruh medan magnet terhadap burner yang dapat mengakibatkan gaya tarikan pada burner. Burner yang digunakan dapat dilihat pada gambar 6.

Pengolahan Data



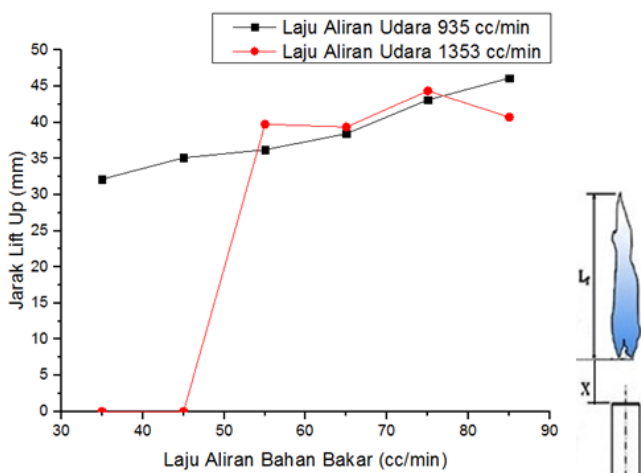
Gambar 7. Pengolahan data menggunakan image processing software

Gambar 7 menunjukkan proses Pengolahan data menggunakan software image processing. Software yang digunakan ialah imageJ. Data visual yang diperoleh dari eksperimen diolah untuk memperoleh data tinggi flame, luas flame dan jarak *lift-up*. Langkah-langkah untuk melakukan pengukuran yaitu melakukan kalibrasi pixel terhadap panjang objek acuan, kemudian membuat garis sepanjang jarak dan seluas area yang akan diukur. Kemudian hasil pengukuran dapat diperoleh.

Hasil dan Diskusi

Setelah melakukan serangkaian eksperimen untuk meneliti pengaruh medan magnet terhadap karakteristik nyala difusi LPG maka didapatkan data hasil eksperimen yang kemudian diolah menggunakan software image processing, disajikan dalam grafik untuk dianalisis. Pengolahan data dan analisis terhadap hasil pengolahan data terfokus pada beberapa tinjauan utama, antara lain tinggi flame, luas flame, jarak *lifted* dan temperatur untuk berbagai variasi laju aliran udara, LPG dan intensitas medan magnet. Variasi laju aliran LPG yang digunakan yaitu 35, 45, 65, 75, dan 85 cc/min. Sedangkan variasi laju aliran udara yang digunakan yaitu 0, 100,8, 518,1, 935,4, 1352,7, dan 1770 cc/min. Variasi intensitas medan magnet yang digunakan yaitu 0, 96, 144, 192, dan 240 mT.

Fenomena *Lifted* Tanpa Medan Magnet



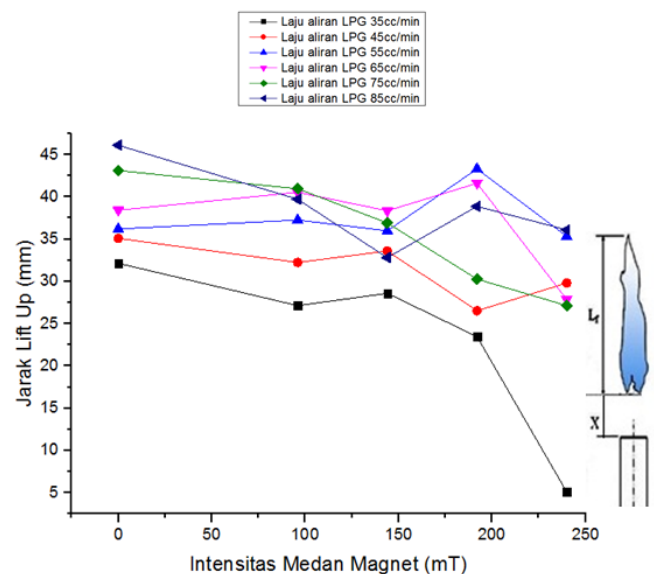
Gambar 8. Grafik jarak lift-up tanpa medan magnet

Gambar 8 menunjukkan hasil pengukuran terhadap jarak *lifted* tanpa pengaruh dari medan magnet. Pada laju aliran udara 935 cc/min fenomena *lifted* mulai terjadi. Jarak *lifted* yang terjadi pada laju aliran bahan bakar 35 cc/min adalah 32,15 mm. Kemudian dilakukan penambahan laju aliran sebanyak 10 cc/min hingga mencapai 85 cc/min. Terlihat seiring dengan penambahan laju aliran bahan bakar, jarak *lifted* mengalami kenaikan hingga 46 milimeter dari mulut burner pada laju aliran 85 cc/min. Kenaikan jarak *lifted* setiap penambahan laju aliran bahan bakar sebesar 10cc/min bervariasi antara 1 sampai 6 mm. Kenaikan tertinggi terjadi pada laju aliran

bahan bakar 75 cc/min yaitu sebesar 5 mm. Sedangkan kenaikan jarak *lifted* terkecil terjadi pada laju aliran bahan bakar 55cc/min yaitu sebesar 1 mm.

Pada laju aliran udara 1353 cc/min fenomena *lifted* terjadi hanya pada laju aliran bahan bakar 55, 65, 75, dan 85 cc/min. Jarak *lifted* yang terjadi pada laju aliran bahan bakar 55 cc/min adalah 39,74 milimeter. Kemudian dilakukan penambahan laju aliran sebanyak 10 cc/min hingga mencapai 85 cc/min. Terlihat seiring dengan penambahan laju aliran bahan bakar, jarak *lifted* mengalami fluktuasi. Hal ini terjadi karena nyala api hampir mendekati *blow-off*. Kenaikan jarak *lifted* terjadi pada laju aliran bahan bakar 75 cc/min sedangkan pada laju aliran bahan bakar yang lain, jarak lift-up mengalami penurunan. Jarak *lifted* tertinggi terjadi pada laju aliran bahan bakar 75 cc/min yaitu sebesar 44,35 milimeter. Sedangkan jarak *lifted* terendah terjadi pada laju aliran bahan bakar 65cc/min yaitu sebesar 39,76 milimeter.

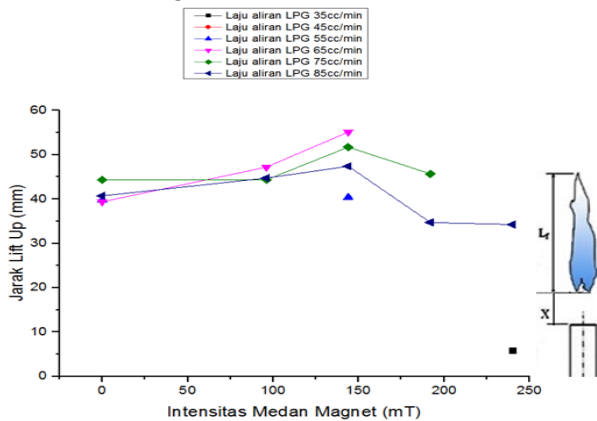
Pengaruh Medan Magnet Terhadap Fenomena *Lifted*



Gambar 9. Grafik jarak lift-up terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran udara 935 cc/min

Gambar 9 menunjukkan grafik hasil pengukuran terhadap jarak *lifted* dengan pengaruh dari medan magnet pada laju aliran udara 935 cc/min dimana fenomena *lifted* mulai terjadi. Jarak *lifted* yang terjadi pada laju aliran bahan bakar 35 cc/min adalah 32,15 mm pada kondisi tanpa medan magnet. Kemudian dilakukan peningkatan

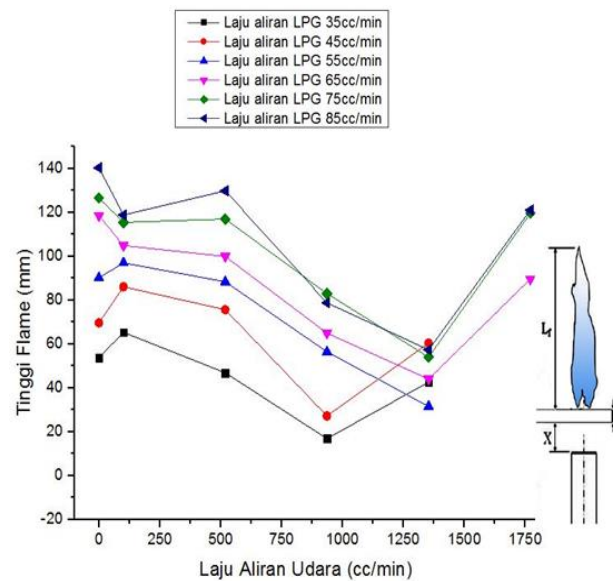
intensitas medan magnet hingga 240 mT. Terlihat seiring dengan penambahan intensitas medan magnet, jarak *lifted* mengalami penurunan hingga 5,1 milimeter dari mulut burner pada intensitas medan magnet 240 mT. Pada laju aliran LPG 35 cc/min ini terlihat jarak *lifted* terus menurun seiring dengan penambahan intensitas medan magnet.



Gambar 10. Grafik jarak *lift-up* terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran udara 1353 cc/min

Gambar 10 merupakan grafik hasil pengukuran terhadap jarak *lifted* dengan pengaruh dari medan magnet pada laju aliran udara 1353 cc/min dimana fenomena *lifted* terjadi hanya pada laju aliran LPG sebesar 55, 65, 75, dan 85 cc/min. Terlihat pada gambar 4.3, pengaruh medan magnet tidak seperti pada laju aliran udara 935,4 cc/min yang mana jarak *lifted* berkurang seiring dengan penambahan intensitas medan magnet. Pada laju aliran udara 1353 cc/min ini jarak *lifted* tidak terlihat pengaruhnya terhadap variasi intensitas medan magnet. Hal ini terjadi karena laju aliran udara 1353 cc/min nyala api tidak stabil dan cenderung untuk *blow-off*. Sehingga pengaruh variasi medan magnet terhadap jarak *lifted* kurang terlihat.

Tinggi Nyala Api Tanpa Medan Magnet



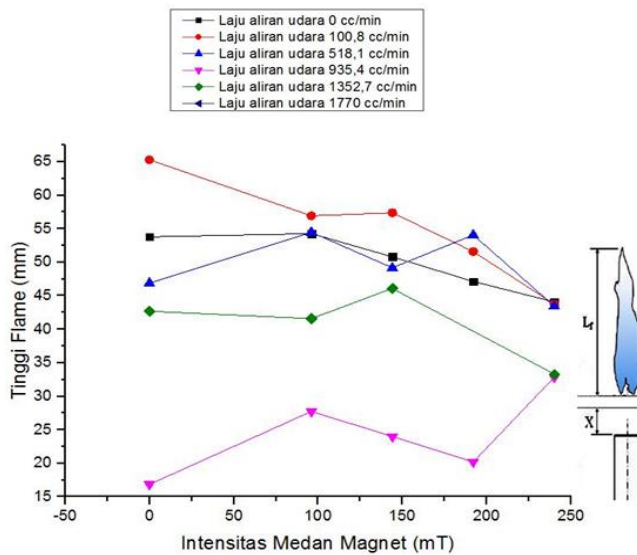
Gambar 11. Grafik tinggi flame terhadap laju aliran udara tanpa medan magnet

Gambar 11 menunjukkan grafik hasil pengukuran terhadap tinggi flame tanpa pengaruh dari medan magnet pada berbagai variasi laju aliran udara dan LPG. Tinggi flame yang terjadi pada laju aliran bahan bakar 35 cc/min adalah 53,8 milimeter pada kondisi tanpa aliran udara *coaxial*. Kemudian dilakukan peningkatan laju aliran udara hingga 1770 cc/min. Terlihat seiring dengan penambahan laju aliran udara, tinggi flame mengalami penurunan hingga 46,9 milimeter pada laju aliran udara sebesar 518,1 cc/min. Pada laju aliran udara 935,4 cc/min ini nyala api mengalami *lifted*, tinggi flame mengalami penurunan. Kemudian dilakukan penambahan laju aliran udara menjadi 1352,7 cc/min yang mengakibatkan tinggi flame naik. Kenaikan tinggi flame pada saat penambahan laju aliran udara terjadi pada saat kondisi *lifted*

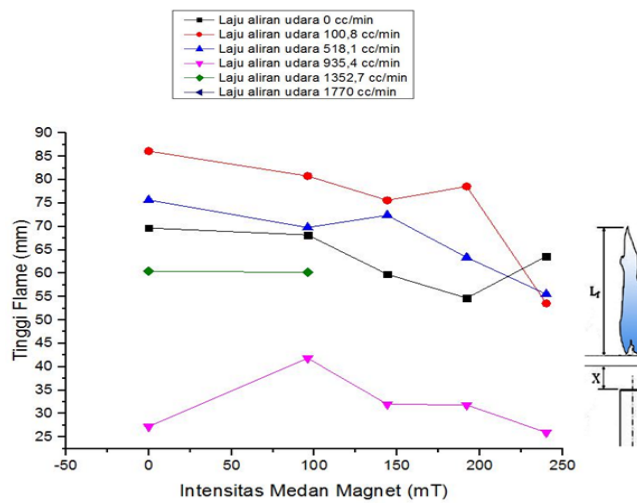
Kondisi serupa terjadi ketika pengujian dengan menggunakan laju aliran LPG 45, 55, 65, 75, dan 85 cc/min dimana penambahan laju aliran udara mengakibatkan penurunan tinggi flame. Namun, pada saat laju aliran udara mencapai 1770 cc/min tinggi flame akan bertambah. Hal ini terjadi karena pada laju aliran udara 1770 cc/min nyala api mendekati *blow-off*. Tidak semua data untuk laju aliran udara

1770 cc/min dapat diambil karena pada laju aliran LPG 35, 45, dan 55 cc/min terjadi *blow-off* karena suplai udara terlalu besar. Sehingga data yang diperoleh yaitu untuk laju aliran LPG 65, 75, dan 85 cc/min.

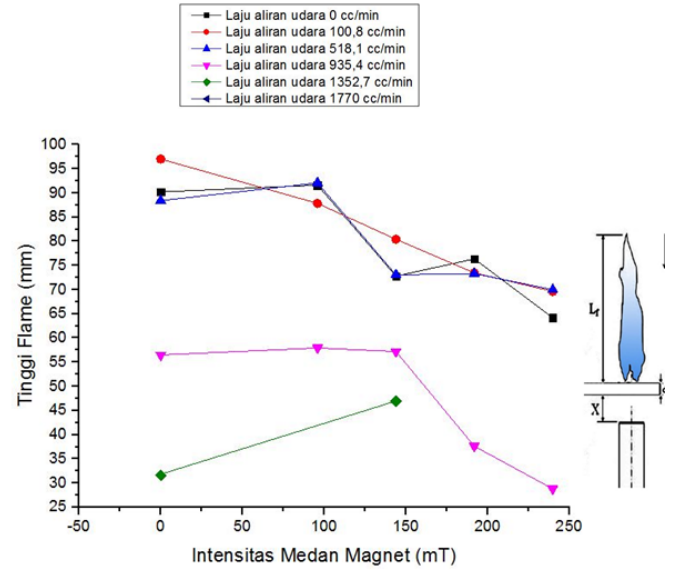
Pengaruh Medan Magnet Terhadap Tinggi Nyala Api



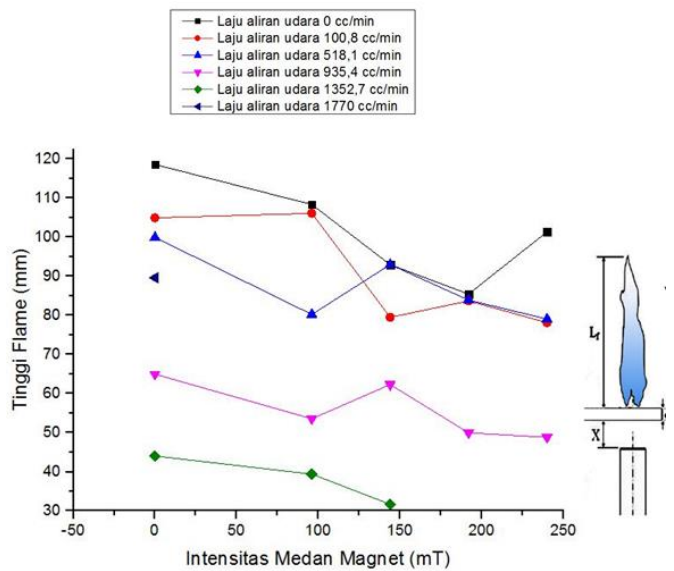
Gambar 12. Grafik tinggi flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 35 cc/min



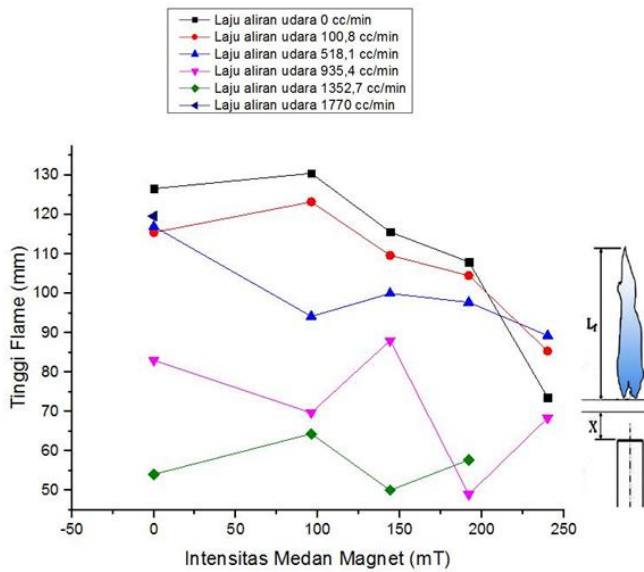
Gambar 13. Grafik tinggi flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 45 cc/min



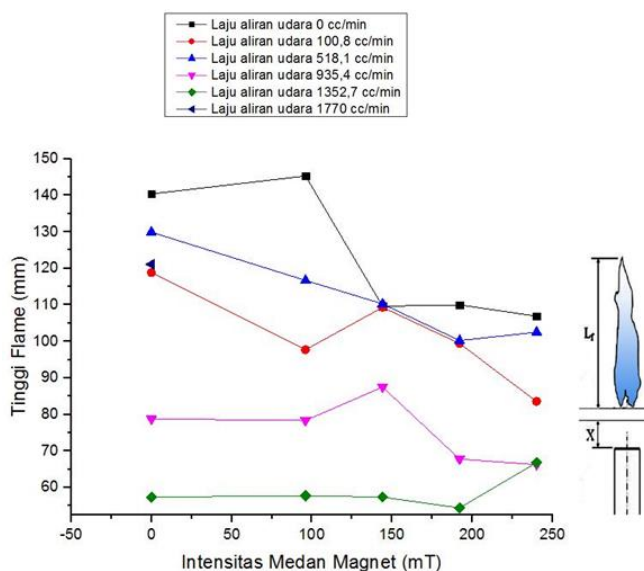
Gambar 14. Grafik tinggi flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 55 cc/min



Gambar 15. Grafik tinggi flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 65 cc/min



Gambar 16. Grafik tinggi flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 75 cc/min

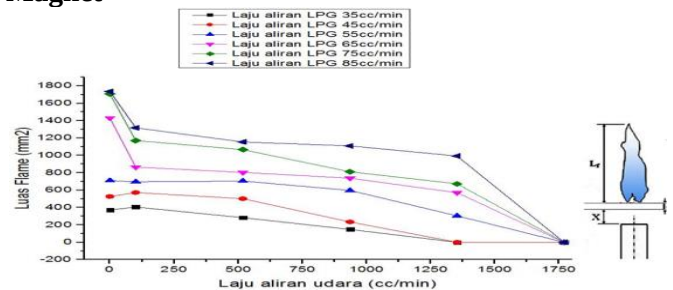


Gambar 17. Grafik tinggi flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 85 cc/min

Gambar 12 sampai 17 menunjukkan grafik hasil pengukuran terhadap tinggi flame dengan pengaruh dari medan magnet pada laju aliran LPG 35, 45, 65 75, dan 85 cc/min. Tinggi flame yang terjadi pada laju aliran bahan bakar 35 cc/min ini adalah 53,8 milimeter pada kondisi tanpa medan magnet dan tanpa aliran udara. Kemudian dilakukan peningkatan intensitas medan magnet hingga 240 mT. Terlihat seiring dengan penambahan intensitas medan magnet, tinggi flame mengalami penurunan hingga 44,08 milimeter pada intensitas medan magnet 240 mT. Hal serupa juga terjadi untuk variasi laju aliran LPG 45, 55, 65, 75 dan 85. Penurunan tinggi

flame akibat penambahan intensitas medan magnet juga terjadi pada laju aliran udara 100,8, 518,1, 935,4 dan 1352,7 cc/min. Pada beberapa laju aliran LPG, penurunan tinggi flame tidak terlihat pada laju aliran udara 935,4 dan 1352,7 cc/min karena pada laju aliran ini terjadi fenomena *lifted*. Apabila laju aliran udara terus ditambah, nyala api akan mengalami *blow-off*

Luas Nyala Api Tanpa Pengaruh Medan Magnet

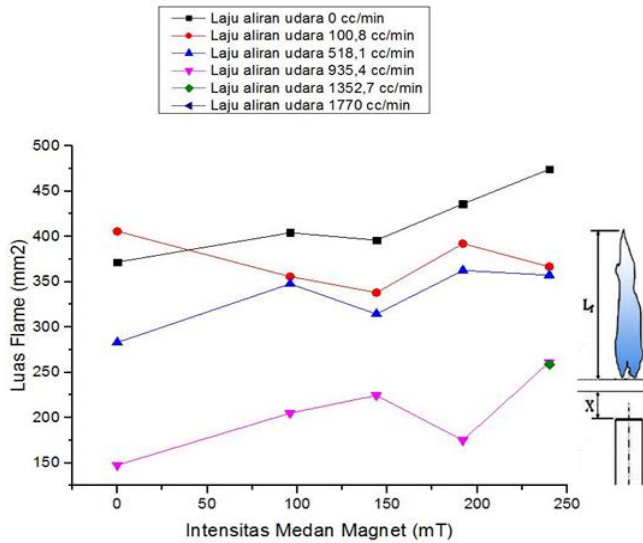


Gambar 18. Grafik luas flame terhadap laju aliran udara tanpa medan magnet

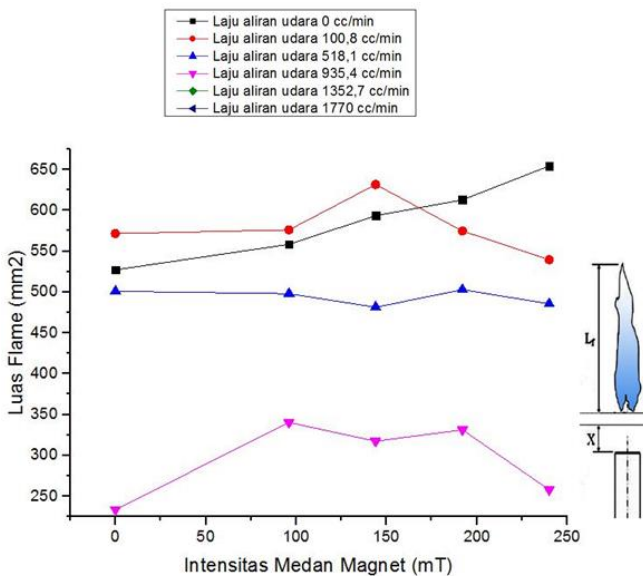
Gambar 18 menunjukkan grafik hasil pengukuran terhadap luas flame tanpa pengaruh dari medan magnet pada berbagai variasi laju aliran udara dan LPG. luas flame yang terjadi pada laju aliran bahan bakar 35 cc/min adalah 371,73 milimeter persegi pada kondisi tanpa aliran udara *coaxial*. Kemudian dilakukan peningkatan laju aliran udara hingga 1770 cc/min. Terlihat seiring dengan penambahan laju aliran udara, luas flame mengalami penurunan hingga 147,72 milimeter persegi pada laju aliran udara sebesar 935,4 cc/min. Pada laju aliran udara 935,4 cc/min ini nyala api mengalami *lifted*. Kemudian dilakukan penambahan laju aliran udara menjadi 1352,7 cc/min yang mengakibatkan luas flame berkurang. Kemudian dilakukan penambahan laju aliran udara menjadi 1770 cc/min yang mana mengakibatkan nyala api mengalami *blow-off* karena suplai udara terlalu banyak dibandingkan dengan laju aliran bahan bakar.

Kondisi serupa terjadi ketika pengujian dengan menggunakan laju aliran LPG 45, 55, 65, 75, dan 85 cc/min dimana penambahan laju aliran udara mengakibatkan penurunan luas flame. Sedangkan penambahan laju aliran LPG akan menambah luas flame. Untuk laju aliran udara 1770 cc/min nyala api mengalami *blow-off* sehingga data luas flame tidak dapat diambil.

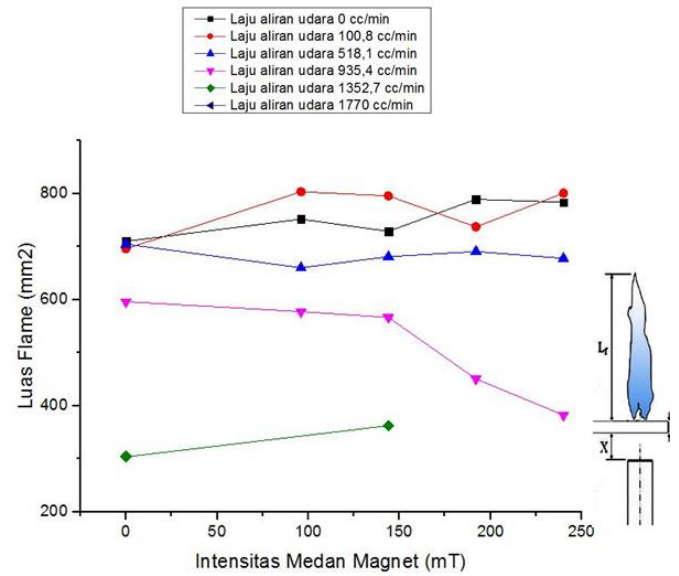
Pengaruh Medan Magnet Terhadap Luas Nyala Api



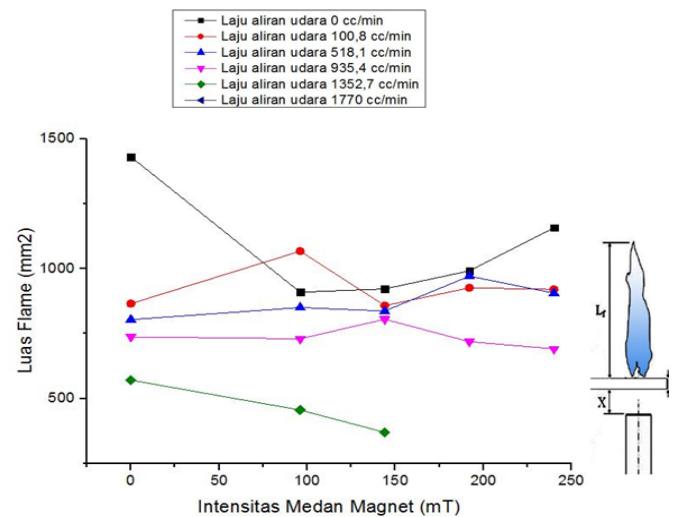
Gambar 19. Grafik luas flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 35 cc/min



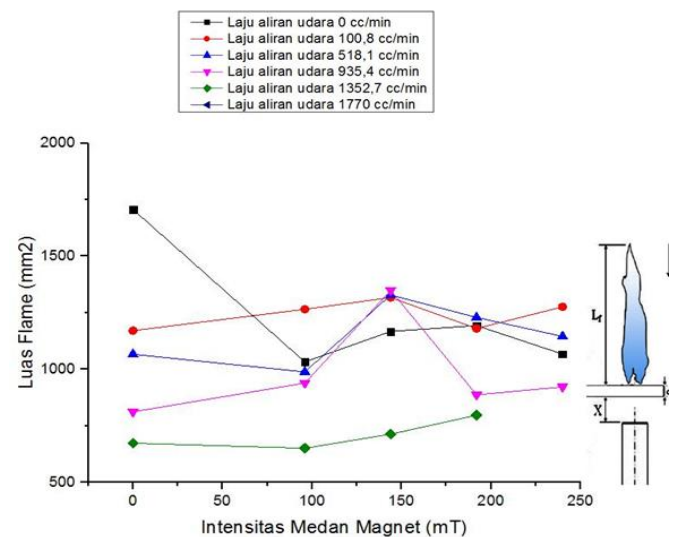
Gambar 20. Grafik luas flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 45 cc/min



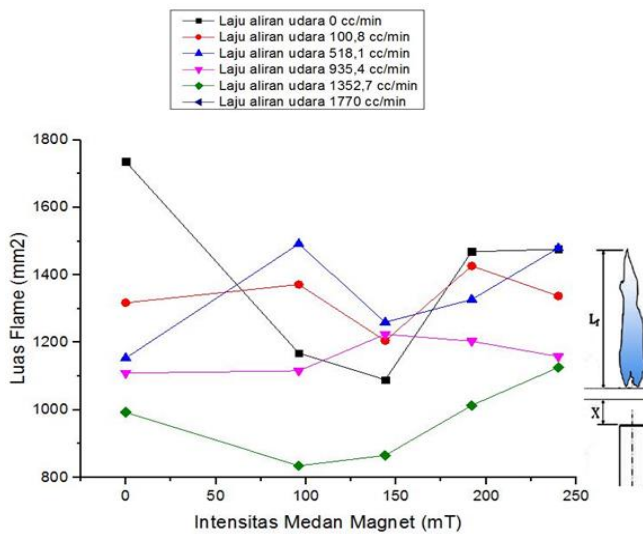
Gambar 21. Grafik luas flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 55 cc/min



Gambar 22. Grafik luas flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 65 cc/min



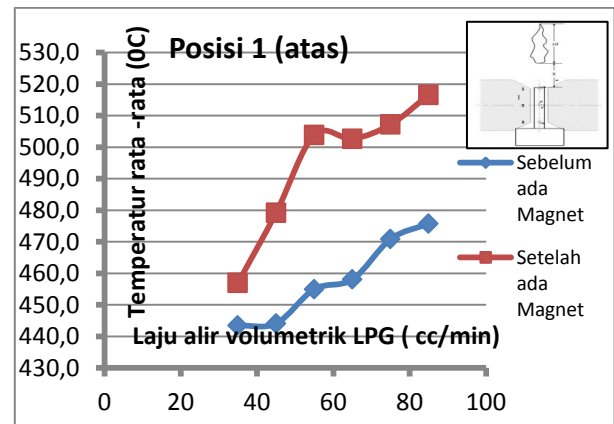
Gambar 23. Grafik luas flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 75 cc/min



Gambar 24. Grafik luas flame terhadap intensitas medan magnet pada laju aliran LPG 85 cc/min

Gambar 19 sampai 24 menunjukkan grafik hasil pengukuran terhadap luas flame dengan pengaruh dari medan magnet pada laju aliran LPG 35, 45, 55, 65, 75, dan 85 cc/min. Luas flame yang terjadi pada laju aliran bahan bakar 35 cc/min ini adalah 371,73 milimeter persegi pada kondisi tanpa medan magnet dan tanpa aliran udara. Kemudian dilakukan peningkatan intensitas medan magnet hingga 240 mT. Terlihat seiring dengan penambahan intensitas medan magnet, luas flame mengalami fluktuasi setiap mengalami penambahan intensitas medan magnet hingga 240 mT. Fluktuasi luas flame ketika penambahan intensitas medan magnet juga terjadi pada laju aliran udara 100,8, 518,1, dan 935,4 cc/min. Nyala api mengalami *blow-off* pada laju aliran udara 1352,7 dan 1770 cc/min sehingga tidak dapat dilakukan pengambilan data luas flame. Pada laju aliran LPG 35 cc/min, fluktuasi luas flame juga terjadi pada laju aliran udara 935,4 cc/min yaitu pada saat terjadi fenomena *lifted*. Hal serupa juga terjadi pada laju aliran LPG sebesar 45, 55, 65, 75, dan 85 cc/min. Fluktuasi luas flame saat diberikan penambahan intensitas medan magnet mendekati nilai yang sama. Sehingga dapat dikatakan bahwa luas flame tidak terpengaruh oleh medan magnet.

Pengaruh Temperatur



Gambar 25. Perubahan temperatur sebelum dan setelah ada medan magnet

Gambar 25. Menunjukkan perubahan temperatur untuk posisi gradien negatif / menurun secara vertikal, seperti terlihat di gambar bahwa temperatur mengalami peningkatan ketika burner di tempatkan pada posisi 1 pada keadaan gradien negatif setelah adanya medan magnet dengan intensitas 240mT.

Analisa

Ketika flame dikenai medan magnet pada posisi 1 dimana flame dikenai gradien medan magnet negatif udara akan tertarik ke daerah dengan intensitas medan magnet tinggi kebawah, sebaliknya produk pembakaran dan zat reaktan akan ditolak kearah intensitas medan magnet keatas, dimana kondisi ini akan menambah gaya *bouyance* penyebab laju alir konveksi, dan lapisan oksigen akan memendek diikuti memendeknya flame agar flame dapat terbakar sempurna mendekati lapisan oksigen yang memendek tersebut, demikian juga untuk kondisi *lifted*.

Untuk temperatur mengalami peningkatan sebab, flame dalam keadaan terkompresi yang mengakibatkan temperatur bertambah besar, juga adanya konsentrasi oksigen yang akan membantu dalam mencapai ke pembakaran yang sempurna, karena tercukupinya persediaan oksigen, sehingga temperatur akan meningkat, serta jumlah jelaga yang terbentuk lebih sedikit dibanding dengan tanpa medan magnet, karena jelaga teroksidasi lebih banyak dari sebelumnya.

Perilaku ini bermanfaat bagi peningkatan efisiensi dan kebersihan pembakaran

Kesimpulan

Dari keseluruhan penelitian mengenai pengaruh medan magnet terhadap nyala api difusi LPG ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Pada gradien menurun/ negatif secara vertikal yaitu posisi 1, flame mempunyai kecenderungan mengalami penurunan panjang nyala, dan jarak *lifted*
- Pada posisi 1 temperatur dan brightness mengalami peningkatan, dimana hal ini mengindikasikan pada peningkatan efisiensi pembakaran
- Pertumbuhan jelaga juga mengalami penurunan akibat dari oksidasi yang cukup, hal ini juga menunjukan pada perbaikan terhadap kinerja pembakaran terutama aspek kebersihan.
- Terdapat gaya *bouyance* tambahan, yaitu gaya *bouyance* magnetik selain gaya *bouyance* gravitasi. Gaya *bouyance* tersebut memberikan kontribusi terhadap laju alir konveksi *heat transfer*, juga peningkatan stabilitas nyala.

Referensi

- [1] M. Faraday, “ On the Diamagnetic Conditions of Flame and Gases”, The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 3, Vol. 31, No. 210, December 1847, pp.401-421.
- [2] Swaminathan. Effects of Magnetic Field on Micro Flames. Thesis. 2005.
- [3] Wakayama, Nobuko. Magnetic Promotion of Combustion in Diffusion Flames. 1996. Physica B 216 403 405.
- [4] Wakayama, Nobuko. Magnetic Support of Combustion in Diffusion Flames under Microgravity. 1996. Combustion and Flame 107: 187-192.
- [5] Wakayama, Nobuko. Magnetic Acceleration and Deceleration of O₂ Gas Streams Injected Into Air. 1995. IEEE Transactions on Magnetic Vol. Mag 31, No 1.
- [6] Gillard. Effects of a Magnetic Field on the Stabilization of a Lifted Diffusion Flame. 2009. European Combustion Meeting.
- [7] *Air & Gas Industries: Properties using Metric Unit*. (n.d.). 10 Desember 2013. http://www.airgas.com.au/info/fuel_gas_properties.php
- [8] F.E Mahalawy, Fundamentals and technology of combustion, Elsevier, 2002
- [9] S.R. Turns, An introduction to combustion – concepts and applications, McGraw Hill, 2000
- [10] M.A. Liberman, Introduction to physics and chemistry of combustion-Explosion, flame, detonation, Springer, 2008
- [11] Cengel. Yunus A, Boles. Michael, Thermodynamics and Engineering Approach, Third Edition, Mcgraw-hill, International Edition, 1998
- [12] Mishra D.P. , Experimental studies of flame stability limits of CNG-Air Premixed flame, Energy and conversion & management, 2006
- [13] Kurdyumov V. et al, Experimental and numerical study of premixed flame flashback, proceeding of the combustion institute, 2006
- [14] Caturwati, Ni Ketut. Fenomena Nyala Terangkat Pada Pembakaran Difusi Gas Propana
- [15] Lawn C.J., Lifted flames on fuel jets in co-flowing air, progress in energy and combustion science, 2009
- [16] Chen R.H, Li Z. Phuoc T.X., Propagation and stability characteristics of laminar lifted diffusion flame base, combustion and flame, 2012
- [17] Shanbhogue S.J., Husain S., Lieuwen T. Lean *blow-off* of bluff body stabilized flames: scaling and dynamics, progress in energy and combustion science, 2008
- [18] Chaudhuri S. et al, Blowoff dynamics of bluff body stabilized turbulent premixed flames, combustion and flame, 2009
- [19] Lee J., Chung S.H., Characteristics of reattachment and blowout of laminar lifted flames in partially premixed propane jets, The combustion institute, 2001
- [20] Alif, Hartono Hamdan. (2008). Korelasi panjang nyala api lift-up pada pembakaran non difusi gas propana. Tesis Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [21] Randonuwu, Irvan. (2012). Kajian Eksperimental Fenomena Reattachment Flame Sebagai Dasar Pencegahan Flashback flame pada Bunsen Burner dengan Bahan Bakar LPG. Tesis Jurusan

- Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [22] Pinem, Mekro Permana. (2014). Studi Eksperimental Pengaruh Swirling Intensity Terhadap Efisiensi Termal RFM Swirl Burner. Tesis Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [23] Kuo, Kenneth Kuan-Yun. (1986). Principle of combustion. John Wiley & Sons.
- [24] Glassman, I. (1996). Combustion. New York: Academic Press.
- [25] Sumber : Drysdale, Dougal, An Introduction To Fire Dynamics, John Willey & Sons, England, 1998
- [26] Dhiputra et all, Ring temperature effect on propane flame lift-up, quality in research UI, 2007
- [27] Mahandari, C.P., Flame lift-up phenomenon on premixed combustion of propane, desertasi, 2010
- [28] Pertamina – komposisi LPG 3 kg sesuai spesifikasi dan standar keselamatan
- [29] Ueno, Shoogo. Effects of Magnetic Fields on Flames and Gas Flow. 1987. IEEE Transactions on Magnetic Vol. Mag 23, No 5.
- [30] Ueno, Shoogo. Combustion Process under Strong DC Magnetic Fields. 1985. IEEE Transactions on Magnetic Vol. Mag 21, No 5.
- [31] Baker, John. A study of the Characteristics of Slotted Laminar Jet Diffusion Flames in the Presence of Non-Uniform Magnetic Fields.
- [32] Yamada, Eisuke. Experimental and Numerical Analysis of Magnetic Effect on OH Radical Distribution in a Hydrogen-Oxygen Diffusion Flame. Combustion and Flame 135 (2003) 365–379.