



Kaji Eksperimen Pengaruh Rasio Panjang Pipa Udara - Bahan Bakar Terhadap Karakteristik Api Pada *Inverse Diffusion Flame* Berbahan Bakar LPG.

Ilham Fadillah Akbar, Indra Alif Maulana, Pramoda Agung Sumadhijono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: ilhamakbar150998@gmail.com , im4ulan4@gmail.com

ABSTRAK

Proses pembakaran atau *combustion* merupakan proses yang terjadi karena adanya oksidator udara dan bahan bakar yang bercampur dan menimbulkan nyala api melalui alat yang bernama *burner*. Nyala api diklasifikasikan macamnya menjadi nyala api *premix*, nyala api difusi. Guna untuk menambah wawasan, meningkatkan temperatur nyala api, dan memaksimalkan efisiensi bahan bakar gas LPG yang digunakan maka akan dilaksanakan penelitian eksperimentasi menggunakan *burner* kustomisasi buatan sendiri dengan tujuan agar bisa menentukan karakteristik api *inverse diffusion flame* yang dipengaruhi oleh rasio panjang pipa udara – bahan bakar, perubahan kapasitas aliran udara dan perubahan kapasitas aliran bahan bakar. Hasilnya jika semakin besar rasio panjang pipa maka fenomena *neck* api pada pangkal bibir *burner* akan terhilangkan. Nantinya apabila penelitian tentang nyala api ini bisa dilanjutkan maka akan memberikan dampak positif yang cukup besar dalam bidang industrialisasi dan ekonomi dengan luaran efisiensi yang tinggi dari pemakaian bahan bakar yang minim serta kualitas yang sempurna dari api yang dihasilkan oleh proses pembakarannya.

Kata Kunci : *inverse diffusion flames*, karakteristik api, *burner* co aksial

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan dunia teknologi salah satu yang memiliki pengaruh besar adalah bidang konversi energi. Konversi energi sendiri merupakan hal yang sangat menarik untuk di teliti maupun di kembangkan karena di dalamnya terdapat topik-topik yang sangat bagus dan berpotensi terhadap perkembangan teknologi itu sendiri, juga dari segi ekonomi mampu menekan pengeluaran masyarakat agar tidak menjulang tinggi setiap waktunya. salah satu contohnya hal tersebut dapat di aplikasikan dalam peralihan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) menuju ke bahan bakar gas yaitu *liquid patroleum gas* (LPG), gagasan ini dapat diwujudkan karena bahan bakar gas

(LPG) itu sendiri sudah beredar banyak di pasaran sedangkan bahan bakar minyak (BBM) sudah lumayan sulit untuk dicari dipasaran karena suplai pasokannya yang kian lama makin berkurang dan menipis di bumi.

Dalam kehidupan sehari hari terdapat banyak sistem proses pembakaran (*combustion*). bisa kita lihat dilingkungan masyarakat mulai dari penghangat ruangan, transportasi, manufaktur, pembangkit listrik, dll. Sistem proses pembakaran biasanya mampu menimbulkan nyala api (*flame*) yang terbentuk dari bahan bakar serta oksidator yang mudah terbakar.

Penelitian kali ini yang akan di teliti antara lain adalah karakteristik api (*flame*) dan juga

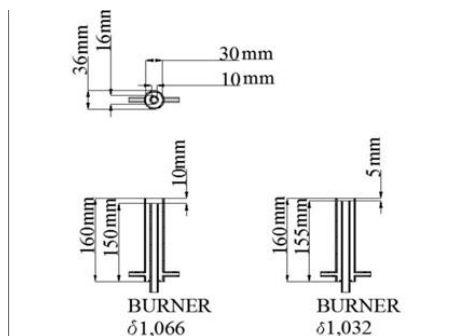
mempercepat proses pembakaran (*combustion*) yang terjadi pada pangkal api di ujung *burner* sehingga mengurangi *neck* atau leher api sehingga diharapkan mendapat luaran karakteristik api yang lebih baik. Dalam penelitian kali ini variasi yang di ambil adalah kapasitas aliran udara dengan rasio panjang pipa pada *burner* terhadap aliran bahan bakar yang konstan menggunakan bahan bakar gas *liquid petroleum gas* atau yang lebih dikenal dengan LPG.

Yang diharapkan pada penelitian kali ini tidak lain adalah untuk mengetahui struktur api *inverse diffusion flame (IDF) co-axial* yang dipengaruhi oleh laju kapasitas aliran udara dengan kapasitas bahan bakar terhadap ketinggian pipa jet udara pada *burner custom* rakitan sendiri. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimentasi penelitian yang memakai *burner* dari bahan *stainless steel*.

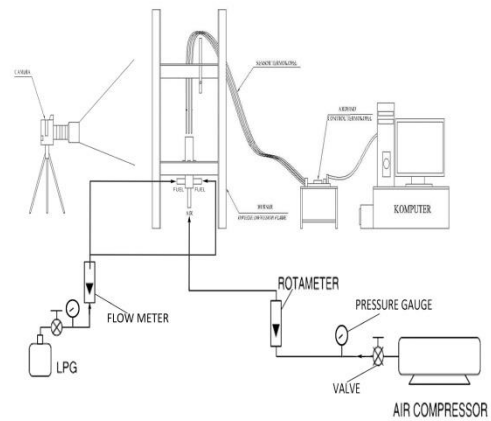
penurunan ketinggian nyala api H_f terjadi bersamaan dengan peningkatannya tinggi daerah pembakaran yang biru dan bisa diamati dengan peningkatan kecepatan jet udara karena pencampuran bahan bakar dan udara yang ditingkatkan (S. Mahesh and D.P.Mishra 2008).

PROSEDUR EKSPERIMEN

LPG dan kompresor udara yang merupakan komponen sumber dimana nantinya akan mampu menimbulkan nyala api pada *burner*, oleh karna itu terdapat skema sistem pengujian seperti pada gambar 2 dibawah ini



Gambar 1. burner $\delta_1=1,032$ & $\delta_2=1,066$

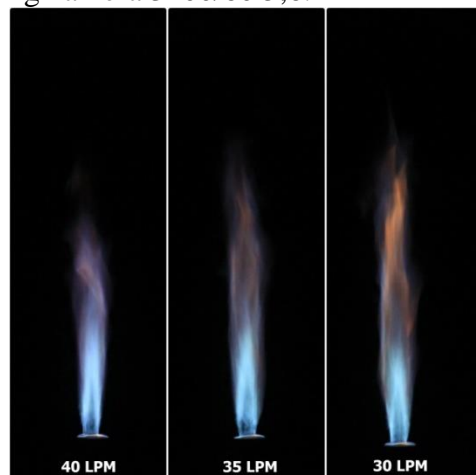


Gambar 2. Skema sistem pengujian
 Pada gambar 1 adalah sketsa dari burner yang digunakan, sedangkan gambar 2 merupakan rangkaian komponen pengujian untukselanjutnya dimbil datanya. Untuk mendapatkan bentuk api yang baik maka saat sesi pengambilan gambar digunakan kamera DSLR, sedangkan untuk mendapatkan kapasitas aliran sesuai variabel yang ada maka dipasangkan *flowmeter* untuk udara dan bahan bakar.

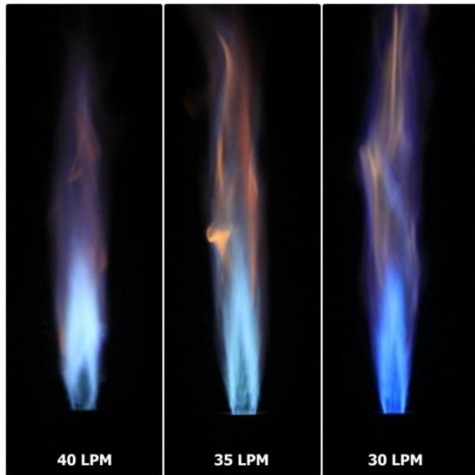
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Badan api atau bentuk api

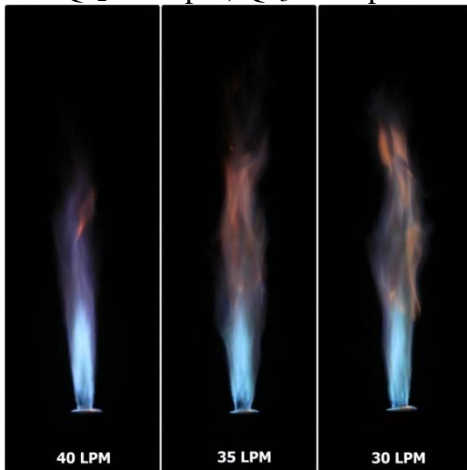
Diambil foto disetiap api yang ada dengan setting kamera 3200/60 5,6.



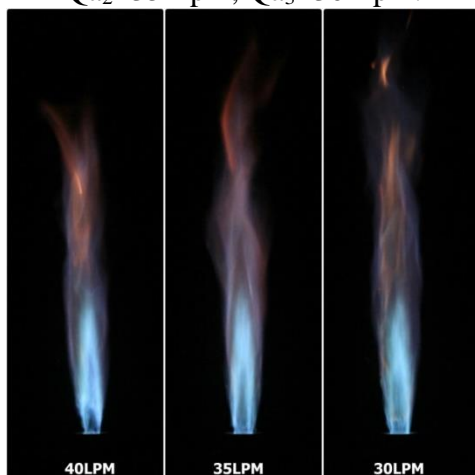
Gambar 3. $\delta_1=1,032$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f1}) 3,5 Lpm dengan $Q_{a1}=40$ Lpm, $Q_{a2}=35$ Lpm, $Q_{a3}=30$ Lpm.



Gambar 4. $\delta_2=1,066$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f1}) 3,5 Lpm dengan $Q_{a1}=40$ Lpm, $Q_{a2}=35$ Lpm, $Q_{a3}=30$ Lpm.



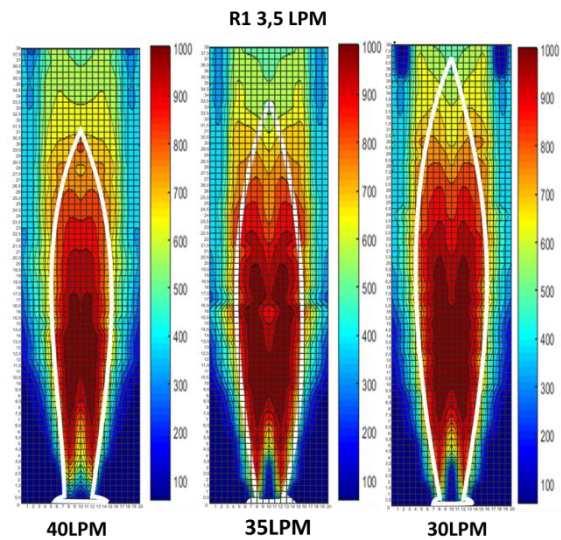
Gambar 5. $\delta_1=1,032$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f2}) 3,8 Lpm dengan $Q_{a1}=40$ Lpm, $Q_{a2}=35$ Lpm, $Q_{a3}=30$ Lpm.



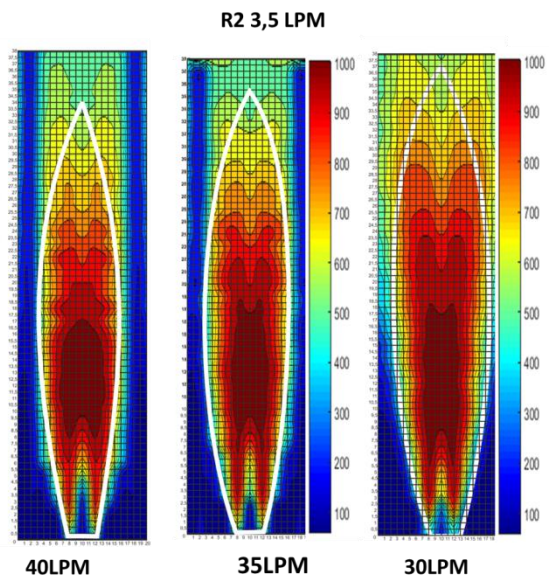
Gambar 6. $\delta_2=1,066$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f2}) 3,8 Lpm dengan $Q_{a1}=40$ Lpm, $Q_{a2}=35$ Lpm, $Q_{a3}=30$ Lpm.

2. Distribusi temperatur api, dan ketinggian nyala api

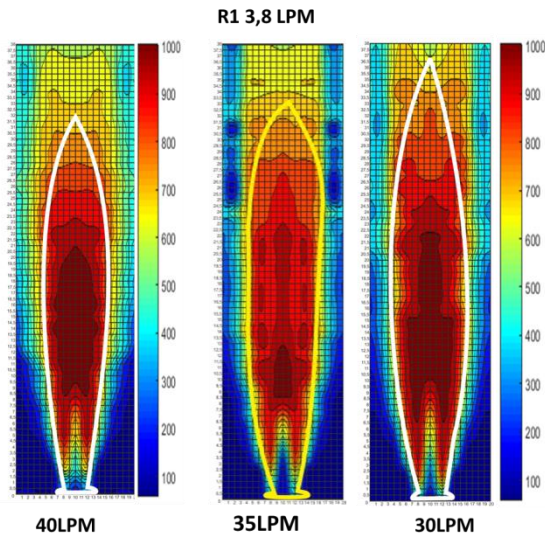
Distribusi temperatur bisa diamati setelah data yang diambil diolah melalui *software* Matlab, sedangkan untuk ketinggian api bisa dilihat setelah menggambar sketsa foto dari api dan diberi latar belakang *gridlines* melalui *software* Corel draw.



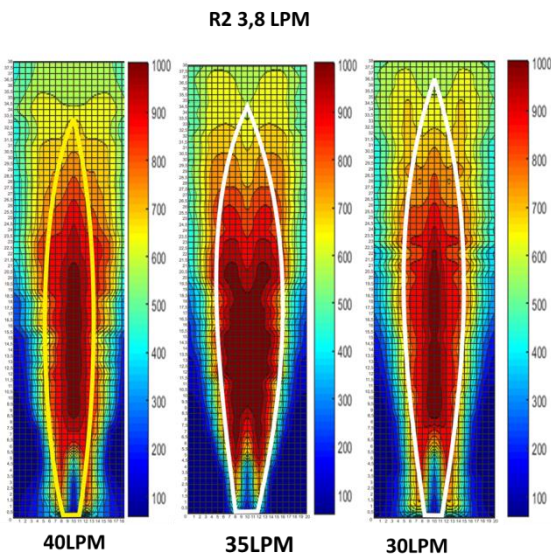
Gambar 7. Grafik distribusi temperatur dan ketinggian api, $\delta_1=1,032$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f1}) 3,5 Lpm dengan $Q_{a1}=40$ Lpm, $Q_{a2}=35$ Lpm, $Q_{a3}=30$ Lpm.



Gambar 8. Grafik distribusi temperatur dan ketinggian api, $\delta_2=1,066$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f1}) 3,5 Lpm dengan $Q_{a1}=40$ Lpm, $Q_{a2}=35$ Lpm, $Q_{a3}=30$ Lpm.



Gambar 9. Grafik distribusi temperatur dan ketinggian api, $\delta_1=1,032$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f_2}) 3,8 Lpm dengan $Q_{a_1}=40$ Lpm, $Q_{a_2}=35$ Lpm, $Q_{a_3}=30$ Lpm

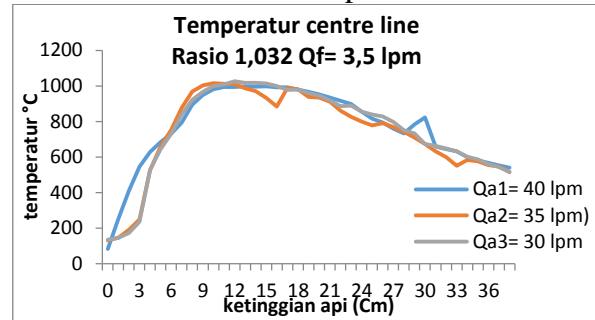


Gambar 10. Grafik distribusi temperatur dan ketinggian api, $\delta_2=1,066$ dengan aliran bahan bakar (Q_{f_2}) 3,8 Lpm dengan $Q_{a_1}=40$ Lpm, $Q_{a_2}=35$ Lpm, $Q_{a_3}=30$ Lpm.

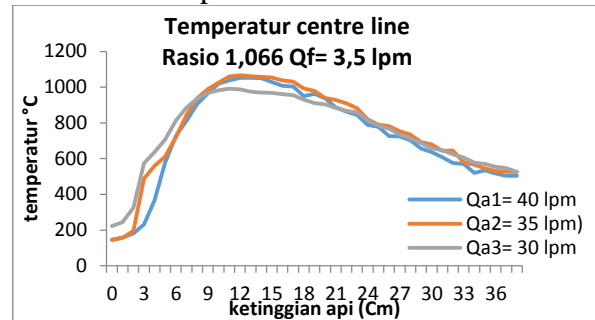
Rekapitulasi Ketinggian setiap api							
δ_1 1,032 $Q_{f_2}=3,5$ Lpm	Tinggi api	δ_2 1,066 $Q_{f_2}=3,5$ Lpm	Tinggi api	δ_1 1,032 $Q_{f_2}=3,8$ Lpm	Tinggi api	δ_2 1,066 $Q_{f_2}=3,8$ Lpm	Tinggi api
$Q_{a_1}=40$ Lpm	30 Cm	$Q_{a_1}=40$ Lpm	33 Cm	$Q_{a_1}=40$ Lpm	31 C	$Q_{a_1}=40$ Lpm	32 Cm
$Q_{a_2}=35$ Lpm	32 Cm	$Q_{a_2}=35$ Lpm	35 Cm	$Q_{a_2}=35$ Lpm	32 C	$Q_{a_2}=35$ Lpm	34 Cm
$Q_{a_3}=30$ Lpm	36 cm	$Q_{a_3}=30$ Lpm	36 cm	$Q_{a_3}=30$ Lpm	36 cm	$Q_{a_3}=30$ Lpm	36 cm

Tabel 1. Rekapitulasi ketinggian api
3. Temperatur *centre line*

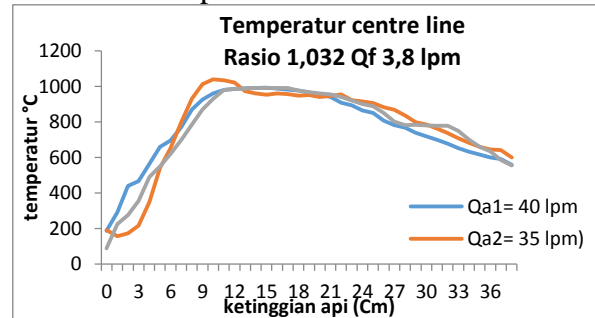
Temperatur *centre line* merupakan data temperatur di garis tengah nyala api dan biasanya berupa grafik untuk memudahkan memahami karakteristik api.



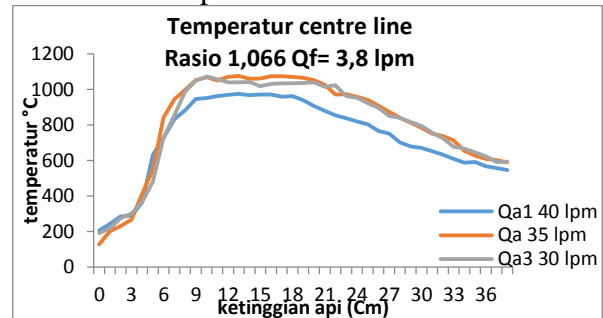
Gambar 11. Grafik Temperatur api δ_1 3,5 lpm di *centre line*



Gambar 12. Grafik Temperatur api δ_2 3,5 lpm di *centre line*



Gambar 13. Grafik Temperatur api δ_1 3,8 lpm di *centre line*



Gambar 14. Grafik Temperatur api δ_2 3,8 lpm di *centre line*

4. Q_{radiasi} nyala api

Q Radiasi $\delta_1 = 1,032$ 3,5 lpm			
ketinggian (H)	40 lpm	35 lpm	30 lpm
0	27,06	44,97	21,75
1	25,95	49,90	49,23
2	75,29	83,12	116,35
3	123,00	124,52	152,51
4	143,32	209,18	208,79
5	161,15	250,89	267,64
6	178,37	270,29	292,85
7	180,95	290,46	346,97
8	193,43	311,40	420,39
9	214,21	502,50	452,90
10	197,98	536,41	494,86
11	227,65	425,64	512,68
12	241,15	452,63	578,00
13	255,07	480,48	638,98
14	224,88	650,34	692,25
15	263,51	774,79	750,02
16	273,00	390,54	796,87
17	254,40	530,13	832,98
18	273,00	491,59	857,51
19	263,51	417,22	829,24
20	254,20	377,40	677,67
21	243,26	422,82	521,72
22	113,19	135,68	133,54
23	107,71	127,75	128,39
24	101,07	92,68	109,11
25	77,64	77,41	95,22
26	62,65	67,79	76,67
27	53,63	63,25	71,37
28	41,52	54,69	59,17
29	22,10	38,26	48,73
30	9,83	27,22	38,25
31		14,35	35,12
32		4,94	30,70
33			21,69
34			16,72
35			9,73
36			6,22
Total Q	4883,65	8791,26	11392,76

Tabel 2. Q_{radiasi} api $\delta_1 = 1,032$,
 $Q_{f1} = 3,5$ Lpm

Q Radiasi $\delta_2 = 1,066$ 3,5 lpm			
ketinggian (H)	40 lpm	35 lpm	30 lpm
0	15,41	49,09	20,11
1	50,17	75,29	46,23
2	79,20	102,12	79,30
3	80,40	92,50	96,59
4	85,11	105,94	59,98
5	157,78	110,81	65,86
6	171,59	189,90	75,88
7	153,30	202,66	88,05
8	159,63	215,42	98,17
9	174,60	254,25	108,86
10	180,78	293,72	98,05
11	166,84	419,57	90,47
12	171,41	396,27	111,44
13	193,01	389,91	173,74
14	213,40	366,98	164,34
15	250,06	344,60	245,58
16	208,99	352,39	328,05
17	396,79	376,56	359,61
18	309,50	408,87	359,61
19	265,73	442,50	366,71
20	258,61	396,27	471,34
21	274,29	455,48	502,60
22	83,10	136,75	147,83
23	86,87	122,98	176,96
24	77,00	178,09	173,03
25	67,38	136,45	205,00
26	58,14	101,62	213,71
27	50,91	91,48	203,80
28	41,08	81,93	178,03
29	30,89	59,65	164,50
30	20,85	36,08	157,14
31	15,82	28,45	103,50
32	9,48	16,20	92,70
33	4,59	14,69	55,33
34		11,66	44,22
35		10,03	28,16
36			10,34
Total Q	4562,70	7067,17	5964,80

Tabel 3. Q_{radiasi} api $\delta_2 = 1,066$,
 $Q_{f1} = 3,5$ Lpm

Q Radiasi $\delta_1 = 1,032$ 3,8 lpm			
ketinggian (H)	40 lpm	35 lpm	30 lpm
0	15,38	19,70	17,86
1	24,84	44,60	73,03
2	69,07	85,64	123,19
3	92,55	135,10	161,15
4	112,39	148,20	219,30
5	138,22	178,74	265,15
6	151,10	181,40	304,06
7	205,74	171,94	339,68
8	218,83	181,69	385,08
9	236,10	237,30	418,19
10	275,26	250,07	452,00
11	345,82	237,95	480,88
12	358,28	246,11	503,16
13	399,59	300,35	525,96
14	390,44	285,86	511,61
15	442,11	295,20	342,79
16	424,06	309,50	305,76
17	410,44	343,00	279,56
18	397,05	358,77	289,05
19	383,89	433,98	324,16
20	370,97	442,91	341,25
21	478,45	382,57	312,56
22	155,37	117,18	96,81
23	150,84	110,39	90,93
24	101,62	117,94	93,91
25	95,60	122,95	143,84
26	86,97	120,01	101,60
27	67,79	117,10	104,33
28	54,69	101,59	97,81
29	43,14	81,92	79,37
30	26,99	64,58	62,56
31	14,58	38,83	53,70
32		17,84	38,48
33			40,03
34			21,51
35			11,77
36			6,37
Total Q	6738,18	6280,90	8018,48

Tabel 4 Q radiasi api $\delta_1 = 1,032$,
 $Q_{f1} = 3,8$ Lpm

Q Radiasi $\delta_2 = 1,066$ 3,8 lpm			
ketinggian (H)	40 lpm	35 lpm	30 lpm
0	10,46	9,74	7,16
1	40,80	43,46	28,10
2	85,49	63,88	65,32
3	92,55	63,81	96,00
4	94,67	83,15	115,07
5	102,15	130,33	123,19
6	135,79	147,34	127,93
7	154,42	158,46	135,72
8	186,28	167,60	153,49
9	197,74	188,35	157,78
10	162,48	164,02	175,17
11	208,87	267,65	190,05
12	175,16	293,10	205,59
13	206,78	312,56	208,87
14	165,53	341,25	216,80
15	276,67	324,16	215,69
16	334,13	348,21	257,61
17	330,19	330,19	269,60
18	401,04	351,46	274,29
19	339,95	488,25	244,92
20	369,38	560,11	251,69
21	395,80	573,72	223,59
22	125,05	165,52	81,00
23	103,15	122,12	80,22
24	84,21	118,69	80,88
25	58,46	112,01	71,68
26	51,67	105,55	66,66
27	46,37	67,36	64,61
28	38,18	64,29	54,93
29	31,04	54,12	44,72
30	24,92	36,59	37,44
31	19,47	31,05	29,90
32	11,78	18,92	24,40
33		11,37	19,97
34		5,01	15,60
35			8,34
36			4,56
Total Q	5060,63	6323,41	4428,53

Tabel 5 Q radiasi api $\delta_2 = 1,066$,
 $Q_{f1} = 3,8$ Lpm

5. Rasio ekivalen (*shie*)

$$\Phi = \frac{AFR_s}{AFR_a} = \frac{FAR_a}{FAR_s}$$

Shie adalah perbandingan antara AFR Stoikiometri dengan AFR aktual. Selain itu *shie* juga merupakan faktor yang dapat menentukan kaya atau miskin percampuran bahan bakar yang ada.

	Kapasitas aliran bahan bakar	Kapasitas aliran udara	AFR aktual	AFR stoikiometri	Rasio ekivalen (<i>shie</i>) Φ
$\delta 1$ & $\delta 2$	3,5 Lpm	40 Lpm	5,71	15,60	2,73
		35 Lpm	5,00	15,60	3,12
		30 Lpm	4,29	15,60	3,64
	3,8 Lpm	40 Lpm	5,26	15,60	2,96
		35 Lpm	4,61	15,60	3,39
		30Lpm	3,95	15,60	3,95

Tabel 6. Rekapitulasi keseluruhan hasil perhitungan AFR & Φ

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari keseluruhan penelitian yang telah dilaksanakan maka bisa didapat beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dari sesi pengambilan gambar dapat dilihat pada bentuk api dengan aliran bahan bakar konstan jika semakin tinggi aliran udara maka semakin stabil api yang dihasilkan (aliran udara 40 Lpm lebih stabil dari aliran udara 35 & 30 Lpm), namun sebaliknya apabila aliran bahan bakar yang diberikan lebih tinggi maka semakin tidak stabil api yang dihasilkan.
2. Dari bentuk api yang dihasilkan dapat disimpulkan jika semakin tinggi aliran bahan bakar maka semakin tinggi juga nyala api yang keluar, namun sebaliknya semakin tinggi aliran udara yang diberikan maka semakin rendah ketianggian nyala api yang dihasilkan (aliran udara 40 Lpm lebih rendah ketinggiannya dibandingkan dengan aliran udara 35 & 30 Lpm).

3. Berdasarkan *image* badan api yang didapatkan, bisa dilihat bahwasanya api yang dihasilkan dari *burner* $\delta 1$ cenderung memiliki *neck* (api lebar pada bibir *burner*) lebih tinggi sedangkan *burner* $\delta 2$ cenderung memiliki *neck* yang lebih rendah dan hampir sama sekali tidak terlihat *neck* nya.
4. Berdasarkan dari grafik temperatur di *centre line* dan data distribusi api yang diambil maka dapat dikatakan jika semakin tinggi kapasitas aliran bahan bakar dan udara yang diberikan maka semakin tinggi temperatur *centre line* yang didapat pada ketinggian api yang rendah.
5. Hasil Q radiasi sangat dipengaruhi oleh tinggi api, dan diameter api yang didapat dari grafik distribusi api .
6. Hasil dari perhitungan rasio ekivalen (*shie*) Φ menunjukkan bahwa tidak ada satupun yang memiliki nilai Φ kurang dari satu, ataupun pas dengan satu, jadi dapat disimpulkan bahwa ada kelebihan bahan bakar dan udara dalam pembakaran atau biasa dikatakan sebagai campuran kaya (*rich mixture*).

Saran

Dari keseluruhan percobaan dan penelitian yang dilakukan oleh peneliti, maka saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Dalam melakukan pengambilan data temperatur di setiap titik ketinggian yang ada, hendaknya dipasangkan eretan ulir otomatis yang dapat mempermudah dan meningkatkan akurasi pengukuran.
2. Saat melakukan pengambilan data di setiap variasi, hendaknya mendinginkan atau memberi jeda waktu pada termokopel untuk kembali pada suhu normalnya.

3. Apabila pembacaan termokopel terlihat signifikan atau tidak wajar, lebih baik lagi untuk sesegera mungkin mengganti termokopel yang baru agar data yang didapatkan lebih baik lagi.
 4. Pada saat melakukan pengambilan data pada suatu variasi harus dilakukan secara stabil mulai dari titik nol hingga titik ketinggian api yang tertinggi
- Mahandri CP. 2010. Fenomena flame lifted up pada pembakaran premixed gas propana [Skripsi]. Jakarta. Universitas Indonesia.
- McAllister S, Chen JY, Fernandez-pello AC. 2011. Fundamentals of combustion processes. Springer, London.
- Kreith F. 1973. Principles of heat transfer. Intext educational publisher. New york.
- Glassman I, Yetter RA, Glumac NG. 2015. Combustion fifth edition. Academic press. New jersey.

PENGHARGAAN

Penghargaan setinggi-tingginya diberikan kepada Kedua orang tua penulis, kepada dosen pembimbing, dan rekan-rekan mahasiswa teknik mesin angkatan 2015 atas bantuan, support dan doanya sehingga penelitian bisa terselesaikan dengan lancar.

REFERENSI

- Walker, J. 1979. Flames in which air is introduced into a flammable gas rather than vice versa. Sci. Am., 192, 213–217.
- Sidebotham GW, and Glassman I. 1992. Flame temprature, fuel structure, and fuel concentration effect on inverse diffusion flame. Combust Flame. 90: 269-283.
- Sobiesiak A, and Wenzell JC. 2005. Characteristics and structure of inverse flames of natural gas. Science direct. 30: 743-749.
- Mahesh S, and Mishra DP. 2008. Flame stability and emission characteristics of turbulent LPG IDF in a backstep burner. Science direct. 87: 2614-2619
- Basri M. 2018. Pengaruh tekanan bahan bakar dan kecepatan udara terhadap struktur api pada inverse diffusion flame menggunakan bahan bakar LPG [Skripsi]. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.