

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

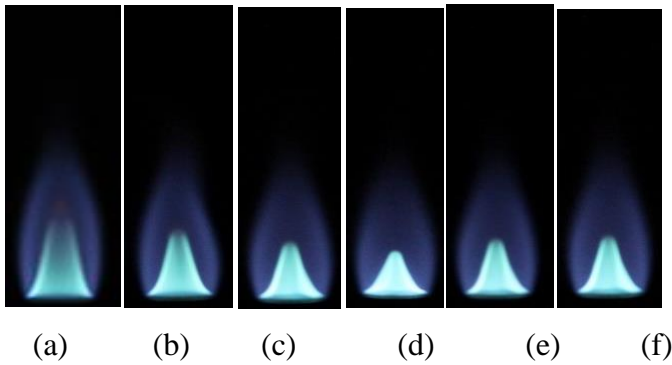
Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan hasil data terlampir, mengenai pengaruh kadar uap air terhadap kecepatan api laminar gas LPG. maka dapat digunakan untuk menjawab permasalahan pada bab sebelumnya serta dapat digunakan untuk memberi gambaran dan analisa secara terstruktur mengenai mengenai pengaruh kadar uap air terhadap kecepatan api laminar gas LPG.

Terdapat 2 buah data hasil penelitian, dimana data visual berupa gambar yang didapatkan dari proses penelitian dari masing masing rasio ekuivalen yang berbeda, dan data statistik berupa nilai temperatur, sudut api dan tinggi api. Selanjutnya penulis melakukan pengolahan data visual dengan menggunakan perhitungan S_L (kecepatan api laminar) dimana pada S_L sendiri dipengaruhi oleh kecepatan reaktan serta sudut api yang terbentuk.

Penelitian serta pengambilan data dilakukan pada kondisi temperatur ruang serta pada saat api stasioner. Pada analisa data kecepatan nyala api semua data dikelompokkan berdasarkan *equivalence ratio* rendah sampai *equivalence ratio* tinggi. Hal yang dibandingkan pada penelitian kali ini adalah mengenai temperatur, tinggi api serta kecepatan api laminar. Sehingga didapatkan perbandingan nyala api antara variasi *equivalence ratio* dan variasi kadar uap air dengan bahan bakar butana.

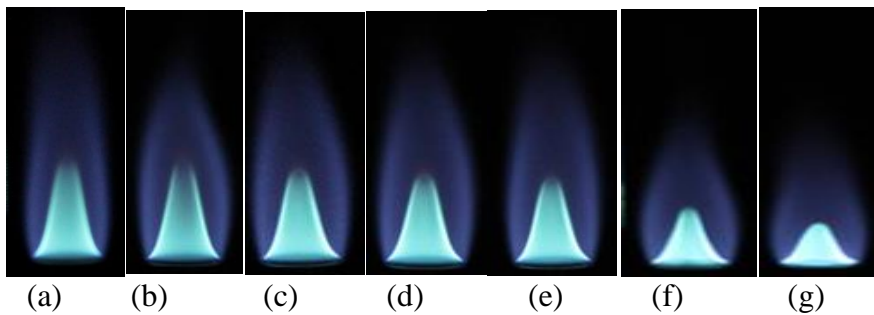
4.1 Data Visualisasi Nyala Api

Berikut adalah data visual nyala api pada *bunsen burner*. Gambar diurutkan berdasarkan besar nilai *equivalence ratio* dan nilai kadar uap air dari nilai terendah hingga nilai tertinggi, sehingga nantinya dapat dilihat perbandingan dan perbedaan yang terdapat pada masing-masing data visual yang telah didapat melalui penelitian. Berikut merupakan data visual *bunsen burner* dari masing masing *equivalence ratio*, pada pengujian kali ini diambil 6 nyala api pada rasio ekuivalen berbeda.



Gambar 4.1 Nyala api variasi *equivalence ratio* (a)1,41 ; (b)1,23; (c)1,08; (d)1,03; (e)0,97 dan (f) 0,91

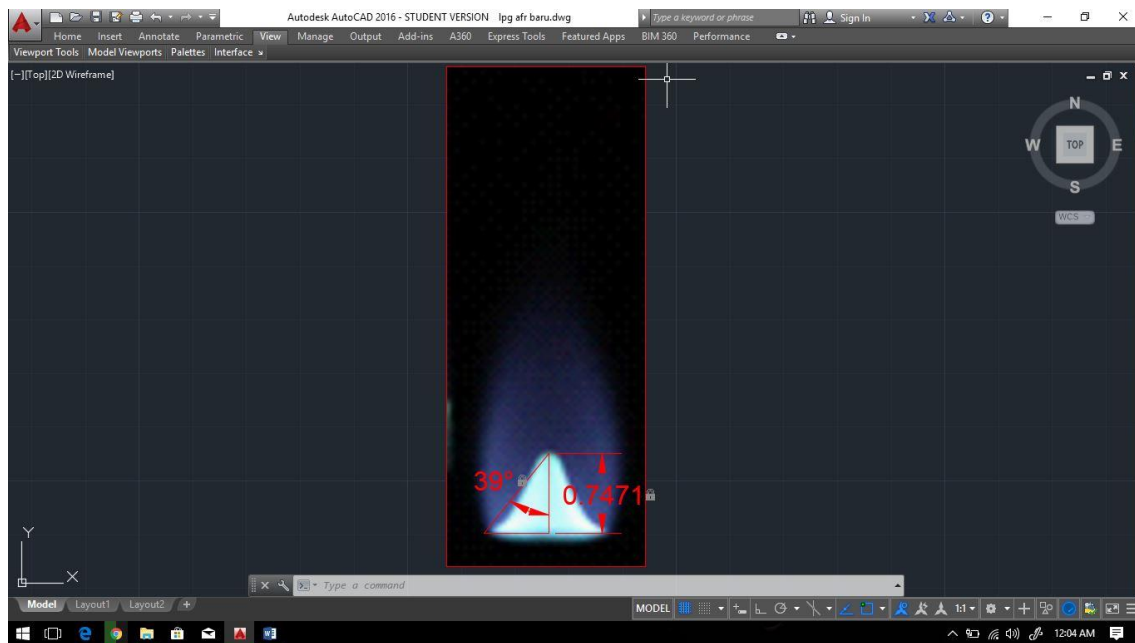
Pada hasil pengujian nyala api dengan variasi kadar uap air didapat kan 7 buah data visual. Pada pengujian ini menggunakan ekuivalen rasio tetap, namun memvariasikan kadar uap air. Sehingga didapat data visual sebagai berikut.



Gambar 4.2 Nyala api dengan variasi kadar uap air (a)10% ; (b)15%; (c)17,5%; (d)20%; (e)22,5%; (f)25% dan (g)30%

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bentuk nyala api dengan variasi kadar uap air. Dari masing masing nyala api nantinya diolah sehingga diketahui nilai S_L dari masing masing nyala api.

4.2 Pengolahan Data Visual Sudut Api



Gambar 4.3 Perhitungan sudut api pada nyala api *Bunsen Burner*

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bagaimana nilai sudut api dari data visual dihitung, pada *AutoCad 2016* dimana gambar diatur hingga ukurannya menjadi 1:1, data didapat setelah menarik garis tegak lurus dengan mulut burner untuk mendapatkan tinggi api, lalu ditarik garis dari ujung api ke ujung mulut burner untuk mendapatkan sudut api yang terbentuk.

Berikut contoh perhitungan nilai kecepatan reaktan pada *burner* dengan nilai ekuivalen rasio 1,41. perhitungan nilai kecepatan reaktan didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan.

$$Q_{fuel} = 0,103 \text{ NL/min}$$

$$Q_{air} = 2 \text{ NL/min}$$

$$Q_{uap} = 0,23 \text{ NL/min}$$

$$A_b = 0,786 \text{ cm}^2$$

$$v = \frac{Q_{fuel} + Q_{air} + Q_{uap}}{A_b} \quad (4-2)$$

dengan:

$$Q_{fuel} = \text{Debit aliran bahan bakar (cm}^3/\text{s)}$$

$$Q_{air} = \text{Debit aliran udara (cm}^3/\text{s)}$$

$$Q_{uap} = \text{Debit aliran uap (cm}^3/\text{s)}$$

$$A_b = \text{Luas bagian melintang burner (cm}^2\text{)}$$

Sehingga didapat nilai kecepatan reaktan pada *burner* dengan nilai *equivalence ratio* 1.41 sebagai berikut.

$$Q_{fuel} = 0,1 \frac{NL}{min}$$

$$= \frac{0,103 \times 1000}{60} = \frac{1,72 cm^3}{s}$$

$$Q_{air} = 2,0 \frac{NL}{min}$$

$$= \frac{2,0 \times 1000}{60} = 33,3 \frac{cm^3}{s}$$

$$Q_{uap} = 0,23 \frac{NL}{min}$$

$$= \frac{0,23 \times 1000}{60} = 0,38 \frac{cm^3}{s}$$

Sehingga didapat nilai kecepatan reaktan pada *burner* dengan nilai *equivalence ratio* 1.369 sebagai berikut.

$$v = \frac{1,72 + 33,3 + 0,38}{0,786}$$

$$v = 49,49 \text{ cm/s}$$

4.2.1 Contoh Perhitungan Kecepatan Api laminar (S_L)

Mengacu pada rumus (4-1) maka kita dapat menghitung besarnya kecepatan api laminar, dari hasil perhitungan kecepatan reaktan serta sudut api. Berikut contoh perhitungan nilai Kecepatan api laminar pada bunsen burner dengan nilai ekuivalen rasio 1.41.

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$= 49,49 \sin 18$$

$$= 49,49 \times 0,36$$

$$= 15,29 \text{ cm/s}$$

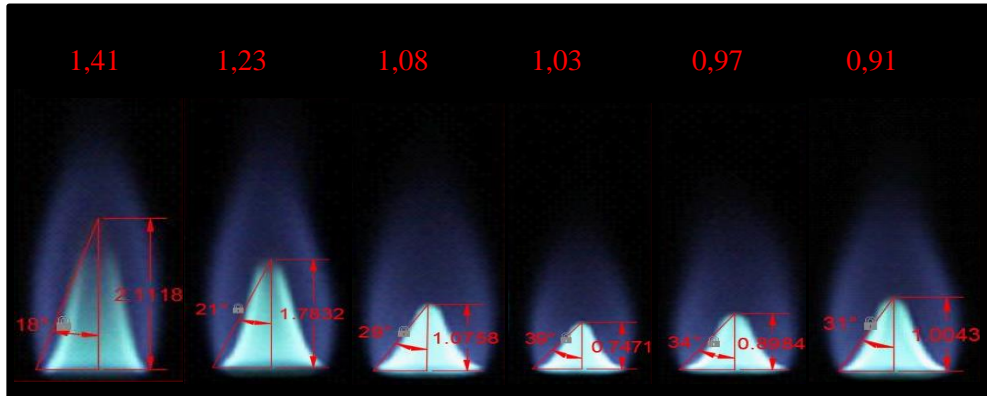
4.3 Pengolahan Data Karakteristik Nyala Api

4.3.1 Pengolahan Data Visual Nyala Api

Pada bagian ini dilakukan pengolahan data visual dari masing masing nyala api , setelah dipotong sesuai ukuran aktual dari *burner* itu sendiri, kemudian data diolah guna mendapatkan nilai tinggi api, S_L (Kecepatan api laminar), dimana nilai kecepatan api laminar didapatkan dari penghitungan sudut alfa.

4.3.2 Pengolahan Data Visual Nyala Api dengan Variasi *Equivalen Rasio* pada *Bunsen Burner*

Berikut adalah hasil pengolahan data *bunsen burner* dari nilai *equivalence ratio* 0,91 sampai 1,41.



Gambar 4.4 nyala api *bunsen burner* dari ekuivalen rasio

Dari Gambar 4.4 didapatkan nilai sudut Alfa (α) dari masing masing rasio ekuivalen pada *bunsen burner*. Sehingga nilai S_L dapat dicari dengan rumus $S_L = v \cdot \sin \alpha$. Dengan nilai $v = \frac{Q_{fuel} + Q_{air} + Q_{uap}}{Ab}$. Disamping itu dari data diatas juga di dapatkan tinggi api yang dapat digunakan sebagai paramater pembandingan pada karakteristik pembakaran.

Untuk mempermudah pembacaan maka di buat tabel sementara tentang masing masing data yang telah didapatkan.

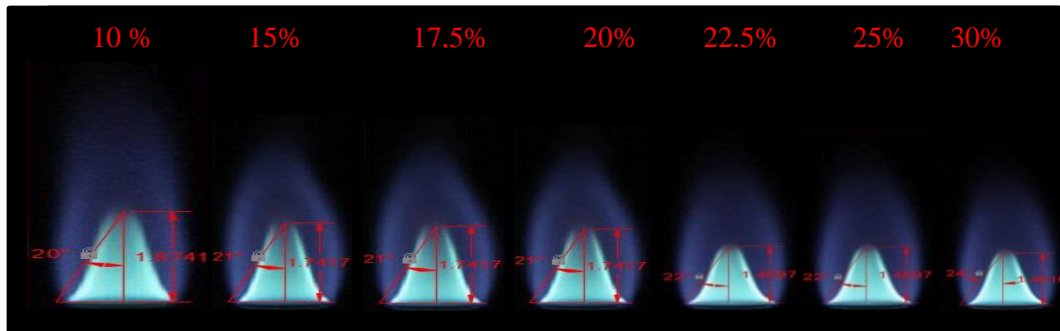
Tabel 4.1

Tabel Data Nyala Api dengan Variasi *Equivalence Ratio*

Rasio Ekuivalen	$\alpha(^{\circ})$	Tinggi Api (cm)	v
0,91	31	1,004	75,48
0,97	34	0,89	70,77
1,03	39	0,74	67,24
1,08	29	1,07	63,70
1,23	21	1,78	56,70
1,41	18	2,12	49,49

4.3.3 Pengolahan Data Visual Variasi Kadar Uap Air

Pada variasi kadar uap air dilakukan pengolahan data api laminer dan tinggi api pada kadar uap air 10% sampai 30%.



Gambar 4.5 nyala api dengan variasi kadar uap air

Dari Gambar 4.5 di dapatkan nilai sudut Alfa (α) dari masing masing rasio ekuivalen pada *bunsen burner*. Sehingga nilai S_L dapat dicari dengan rumus $S_L = v \cdot \sin \alpha$. Dengan nilai $v = \frac{Q_{fuel} + Q_{air} + Q_{uap}}{Ab}$. Disamping itu dari data diatas juga didapatkan tinggi api yang dapat digunakan sebagai paramater pembanding pada karakteristik pembakaran.

Untuk mempermudah pembacaan maka di buat tabel sementara tentang masing masing data yang telah didapatkan.

Tabel 4.2

Tabel Data Nyala Api dengan Variasi Kadar Uap Air

Kadar Uap Air	α (°)	Tinggi Api (mm)	V
10%	20	1,874	55,20
15%	21	1,741	55,24
17,5%	21	1,741	55,34
20%	22	1,696	55,34
22,5%	22	1,669	55,41
25%	23	1,669	55,45
30%	23	1,461	55,56

4.3.4 Tabel Hasil Perhitungan Nyala Api

Pada Bab 3 metodologi penelitian dan rencana pengambilan data dijelaskan bahwa data penelitian selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel karakteristik nyala api. Dimana pada bagian ini yang diamati adalah temperatur, dan tinggi api pada *ekuivalen rasio* tertentu. Sehingga diperoleh Tabel 4.3.

Tabel 4.3

Tabel Hasil Perhitungan Nyala Api dengan Variasi Kadar Uap Air

	Parameter	10%	15%	17,5%	20%	22,5%	25%	30%
Kadar Uap Air	T ujung	1068	1080	1101	1118	1138	1150	1176
	T tengah	993	1006	1017	1033	1047	1066	1081
	S_L	13,78	13,68	13,30	13,22	12,83	12,71	12,43
	Tinggi	1,874	1,741	1,741	1,696	1,669	1,669	1,461

4.4 Bilangan *Reynold*

Dengan data yang telah ditentukan, maka bilangan *Reynolds* dapat dihitung dengan rumus (2-7) setelah menghitung kecepatan reaktan (v) terlebih dahulu. Sebagai contoh perhitungan kecepatan reaktan diambil nilai *equivalence ratio* 1,445.

$$\begin{aligned} \text{Diameter } bunsen \text{ (d)} &= 0,01 \text{ m} \\ \text{Kecepatan fluida (U)} &= 0,49 \text{ m/s} \\ \text{Viskositas absolut } (\mu) &= 10^{-5} \times 1,89 \text{ kg/m.s} \\ \text{Densitas campuran } (\rho_{camp}) &= 1,089 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung nilai bilangan *Reynolds* sebesar:

$$Re = \frac{\rho U d}{\mu} = \frac{1,089 \times 0,49 \times 0,01}{10^{-5} \times 2,08} = 264,49$$

Tabel 4.4

Tabel Perhitungan Bilangan *Reynolds* dengan Variasi *Equivalence Ratio*

ϕ	Bilangan <i>Reynolds</i>
1,41	264,49
1,23	313,20
1,08	357,10
1,03	382,83
0,97	409,10
0,91	442,71

Tabel 4.5

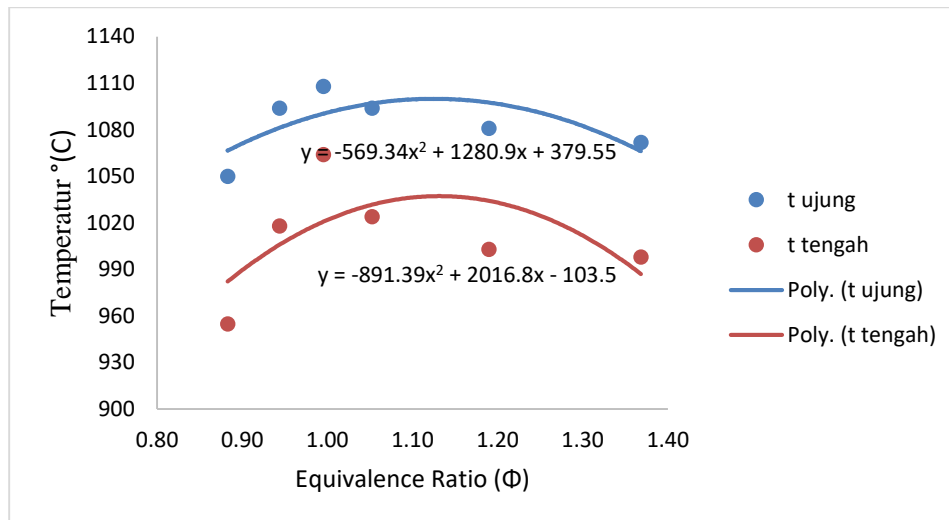
Tabel Perhitungan Bilangan *Reynolds* dengan Variasi Kadar Uap Air

(%)	Bilangan <i>Reynolds</i>
4.76%	376,01
9.52%	376,01
11.90%	376,96
14.29%	376,74
16.67%	377,21
19.05%	377,46
23.81%	378,18

4.4 Grafik dan Pembahasan

Pada grafik dibawah ini akan ditunjukkan hasil penelitian pengaruh variasi *equivalence ratio* terhadap temperatur nyala api, tinggi api dan kecepatan api laminar. Dalam penelitian ini diberikan juga campuran tambahan yaitu kadar uap air, dimana pada setiap *equivalence ratio* yang sudah ditentukan diberikan kadar uap air tetap yaitu 10%.

4.4.1 Hubungan *Equivalence ratio* Terhadap Temperatur Api *Premixed*



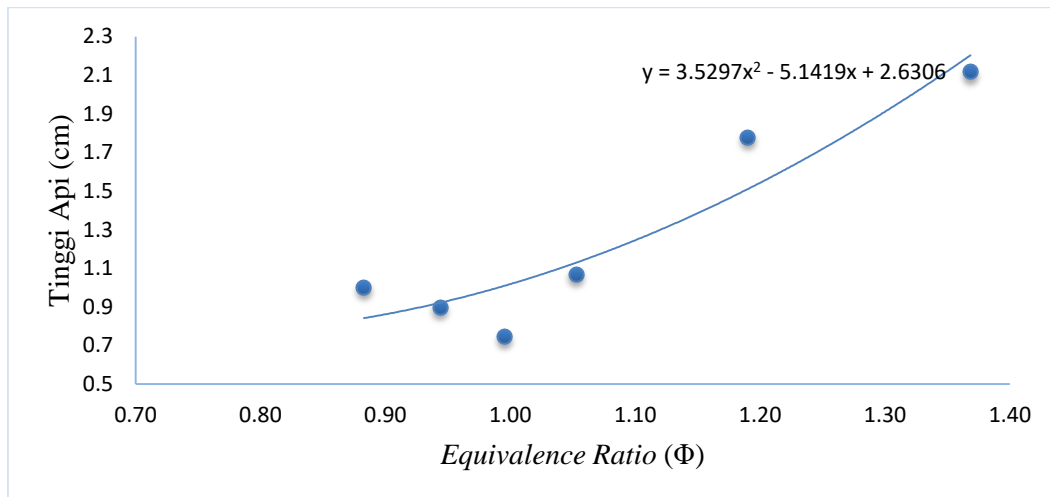
Gambar 4.6 Grafik hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur

Pada Gambar 4.6 dijelaskan hubungan temperatur terhadap variasi *equivalence ratio*, dimana titik biru menunjukkan temperatur pada ujung api dan titik jingga menunjukkan temperatur tengah api. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya *equivalence ratio* yang digunakan adalah 0,91; 0,97; 1,03; 1,08; 1,23 dan 1,41.

Dapat dilihat temperatur api pada variasi *equivalence ratio* cenderung meningkat seiring meningkatnya *equivalence ratio*. Urutan temperatur ujung api berdasarkan *equivalence ratio* terendah hingga tertinggi adalah 1050 ; 1094 ; 1108 ; 1094 ; 1081 ; 1072 dan pada temperatur tengah api adalah 955 ; 1024 ; 1064 ; 1024 ; 1003 ; 998, nilai dalam satuan (°C).

Dapat dilihat pada, nilai temperature api *premixed* cenderung mengalami kenaikan saat mendekati nilai rasio ekuivalen 1 dikarenakan campuran reaktan semakin maksimal dan pembakaran hampir sempurna, namun setelah melewati 1 temperatur akan kembali menurun yang diakibatkan oleh kurangnya udara sebagai campuran reaktan membuat pembakaran tidak baik.

4.4.2 Hubungan Tinggi Api terhadap *Equivalence ratio*

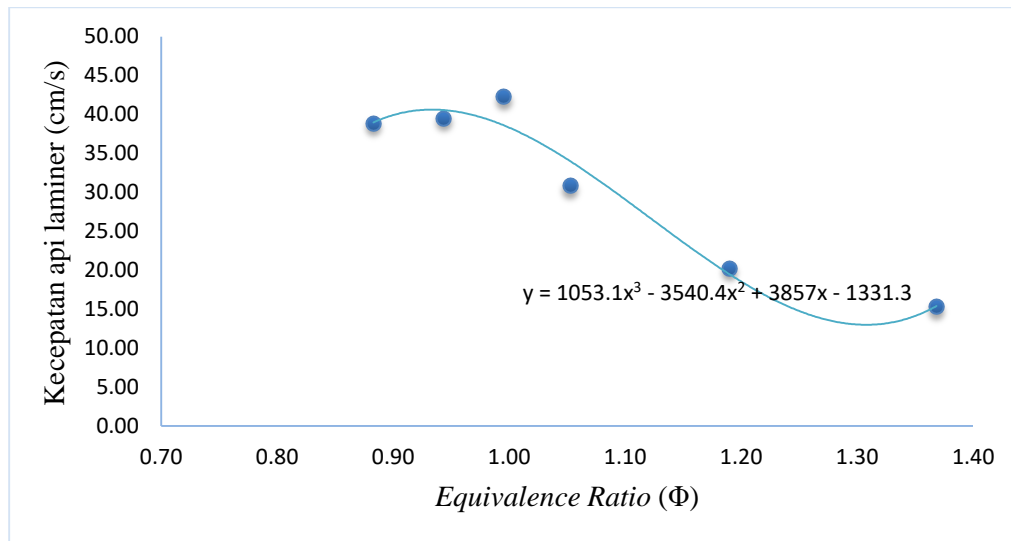


Gambar 4.7 Grafik hubungan tinggi api terhadap *equivalence ratio*

Pada Gambar 4.7 dapat dilihat hubungan antara Tinggi api dengan *equivalence ratio*. Nilai tinggi api *premixed* pada *equivalence ratio* 0,91; 0,97; 1,03; 1,08; 1,23 dan 1,41 adalah sebesar 1,004; 0,898; 0,747; 1,07; 1,78 dan 2,12 , nilai ditunjukkan dalam satuan panjang (cm).

Tinggi api laminar pada grafik dapat dilihat bahwa semakin besar *equivalence ratio* maka akan semakin tinggi api laminernya. Hal itu menyebabkan kadar reaktan memiliki kandungan yang kaya bahan bakar dan miskin udara sehingga dapat mempengaruhi tinggi api. Penurunan kadar udara di dalam reaktan menyebabkan banyak bahan bakar yang belum terbakar sempurna sehingga sisa bahan bakar bercampur secara difusi sehingga menyebabkan tinggi api menjadi lebih tinggi. Dapat dilihat juga pada *equivalence ratio* dibawah 1, tinggi api mengalami peningkatan. Hal tersebut diakibatkan bertambahnya kadar udara didalam reaktan sehingga dapat mendorong api lebih tinggi. Tetapi jika kadar udara tersebut ditambahkan maka akan mengakibatkan *lift off* kemudian *blow off*.

4.4.3 Hubungan Kecepatan Api Laminer (S_L) terhadap *Equivalence Ratio*



Gambar 4.8 Grafik hubungan kecepatan api laminer dengan *equivalence ratio*

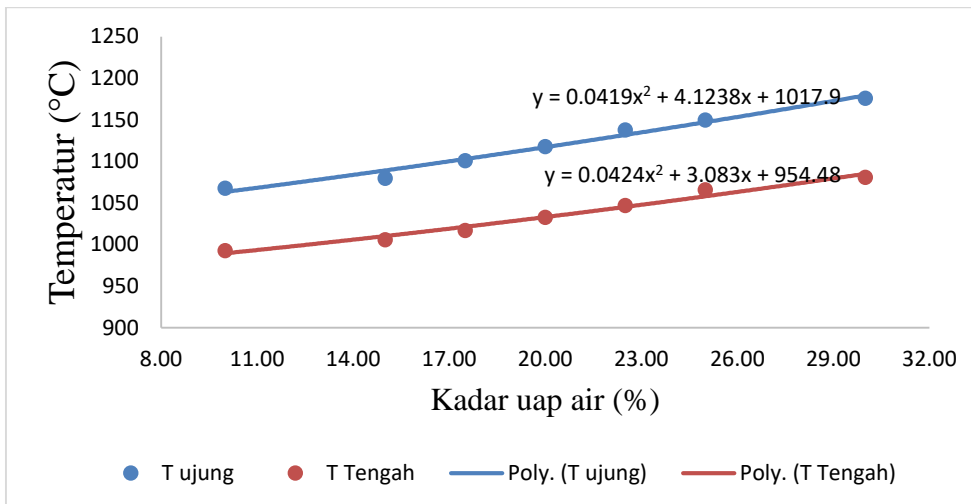
Pada Gambar 4.8 dapat dilihat pengaruh hubungan kecepatan api laminer dengan *equivalence ratio*. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya *equivalence ratio* yang di gunakan adalah *equivalence ratio* 0.91; 0,97; 1,03; 1,08; 1,23 dan 1,41.

Dapat dilihat nilai kecepatan api laminer memiliki kecenderungan untuk turun dari nilai *equivalence ratio* yang rendah ke nilai *equivalence ratio* yang tinggi. Pada grafik ini nilai kecepatan api laminer secara urut dari 0.91 ; 0,97 ; 1,03 ; 1,08 ; 1,23 dan 1,41. Adalah sebesar 38,88; 39,57; 42.31; 30,88; 20,32 dan 15,29, masing masing dinyatakan dalam satuan cm/s.

Hubungan antara semakin menurunnya nilai *equivalence ratio* dengan kecepatan api laminer adalah berbanding terbalik, dimana semakin kecil *equivalence ratio* maka semakin besar kecepatan api laminernya. Hal ini dikarenakan semakin kecil nilai *equivalence ratio* maka semakin besar nilai debit reaktan sehingga semakin besar pula kecepatan aliran reaktan. Tetapi pada *equivalence ratio* mendekati 1 didapat nilai kecepatan api laminer yang paling besar. Hal tersebut diakibatkan meningkatnya temperatur pembakaran sehingga sudut α meningkat juga. Naiknya kecepatan reaktan mengakibatkan naik pula kecepatan api laminernya. Selain kecepatan reaktan yang meningkat ada juga karena nilai sudut α yang meningkat. Sehingga apabila dimasukkan kedalam persamaan maka nilai $\sin \alpha$ akan semakin besar karena sudut sinus semakin mendekati 90' maka akan semakin mendekati nilai 1.

Pada Gambar 4.8 akan ditunjukkan hasil penelitian pengaruh variasi kadar uap air terhadap temperatur nyala api, tinggi api dan kecepatan api laminer. Dalam penelitian ini setiap variasi kadar uap air digunakan *equivalence ratio* tetap yaitu 1,41.

4.4.4 Hubungan Kadar Uap Air dengan Temperatur Api *Premixed*

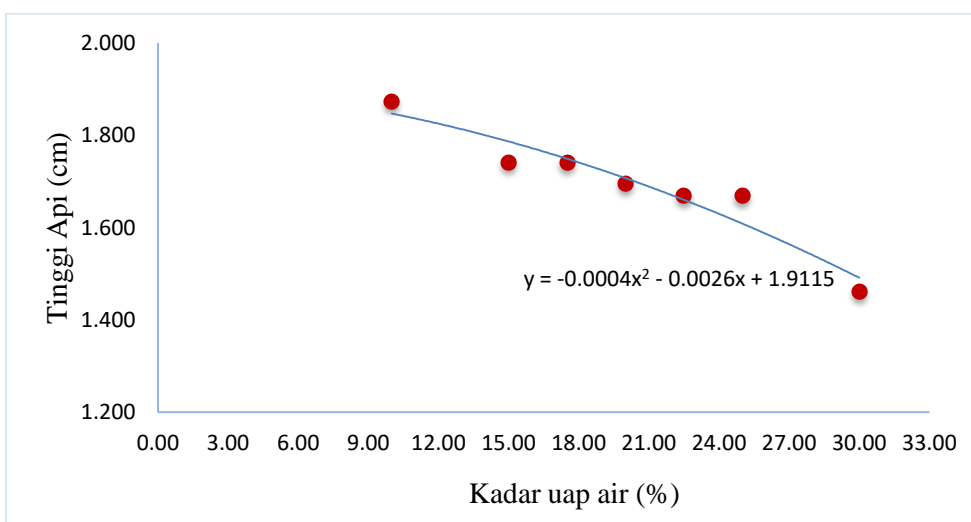


Gambar 4.9 Grafik hubungan kecepatan api laminar dengan *equivalence ratio*

Pada Gambar 4.9 nilai Temperatur api *premixed* pada kadar uap air 10%; 15%; 17,5%; 20%; 22,5%; 25% dan 30% di bagian tengah adalah sebesar 993; 1006; 1007; 1033; 1047; 1066; 1081 dan pada bagian ujung api adalah sebesar 1068; 1080; 1101; 1118; 1138; 1150; 1176 nilai ditunjukkan dalam satuan temperatur (°C).

Temperatur yang dihitung pada penelitian dengan variasi kadar uap air terus mengalami peningkatan dari kadar uap air terkecil hingga terbesar. Semakin meningkatnya kadar uap air maka temperatur nyala api akan semakin meningkat, dimana kejadian ini diakibatkan oleh terpisahnya H_2 dari ikatannya (H_2O) saat terjadi pembakaran dimulut *bunsen*. Pada dasar teori dapat dilihat bahwa tinggi temperatur H_2 berada jauh diatas jenis bahan bakar hidrokarbon lainnya.

4.4.5 Grafik Hubungan Tinggi Api dengan Kadar Uap Air

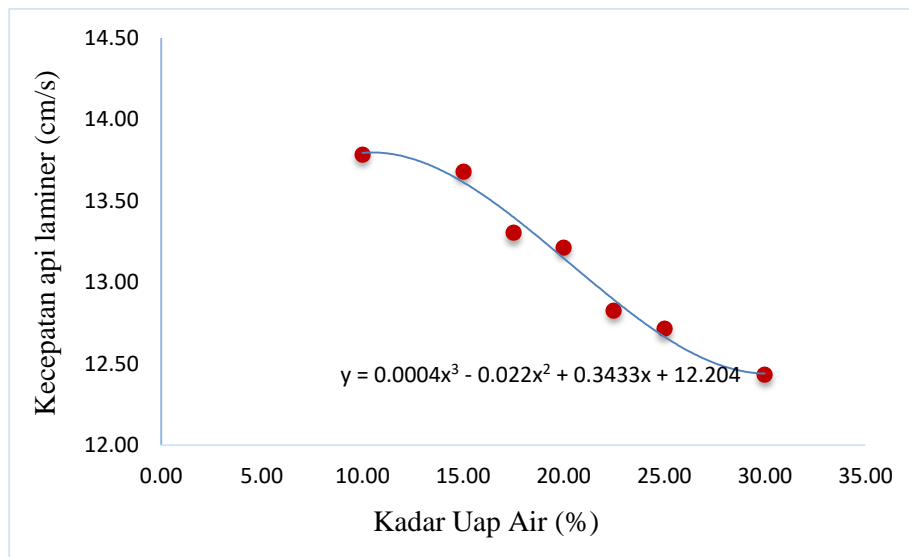


Gambar 4.10 Grafik hubungan tinggi api dengan kadar uap air

Pada gambar 4.10 dapat dilihat hubungan antara Tinggi api dengan Kadar uap air. Nilai tinggi api *premixed* pada Kadar uap air 10%; 15%; 17,5%; 20%; 22,5%; 25% dan 30% adalah sebesar 1.874; 1,741; 1,741; 1,969; 1,669; 1,669 dan 1,461 nilai ditunjukkan dalam satuan panjang (cm).

Hal tersebut dipengaruhi oleh kadar uap air dimana kadar uap air yang meningkat dapat menghambat kecepatan pembakaran karena uap air memiliki viskositas (kekentalan) molekul yang relatif tinggi yang menyebabkan tinggi api menurun. Viskositas yang semakin besar akan mengakibatkan gesekan antara molekul fluida dengan dinding selang dan *bunsen* meningkat pula. Hal ini mengakibatkan kecepatan reaktan melambat dan menyebabkan tinggi api semakin lama semakin mengecil.

4.4.6 Grafik Hubungan Kecepatan (S_L) Api Laminer dengan Kadar Uap Air



Gambar 4.11 Hubungan kecepatan api laminar dengan kadar uap air

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat pengaruh hubungan kecepatan api laminar dengan kadar uap air. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya kadar uap air yang digunakan adalah kadar uap air 10%; 15%; 17,5%; 20%; 22,5%; 25% dan 30%.

Dapat dilihat nilai kecepatan api laminar memiliki kecenderungan untuk naik dari nilai kadar uap air yang rendah ke nilai kadar uap air yang tinggi. Pada grafik ini nilai kecepatan api laminar secara urut dari 10%; 15%; 17,5%; 20%; 22,5%; 25% dan 30% adalah sebesar 22,54; 21,57; 21,09; 21,07; 20,60; 20,56; dan 19,61, masing masing dinyatakan dalam satuan cm/s.

Pada grafik ditunjukkan bahwa semakin besar persentase kadar uap air maka kecepatan api laminar (S_L) juga relatif menurun. Hal ini disebabkan oleh kadar uap air yang meningkat akan semakin menghambat laju pembakaran yang berarti menurunkan kecepatan reaktan.

Hal tersebut dikarenakan uap air relatif sulit untuk dibakar sehingga reaktan yang ada akan semakin sulit untuk terbakar karena telah berikatan sebelumnya dengan uap air yang mengalir bersamaan dengan reaktan.

