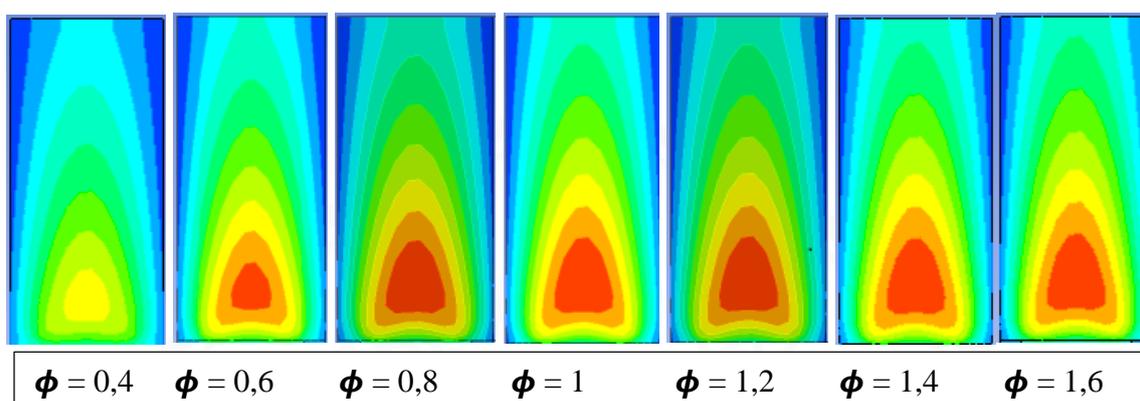
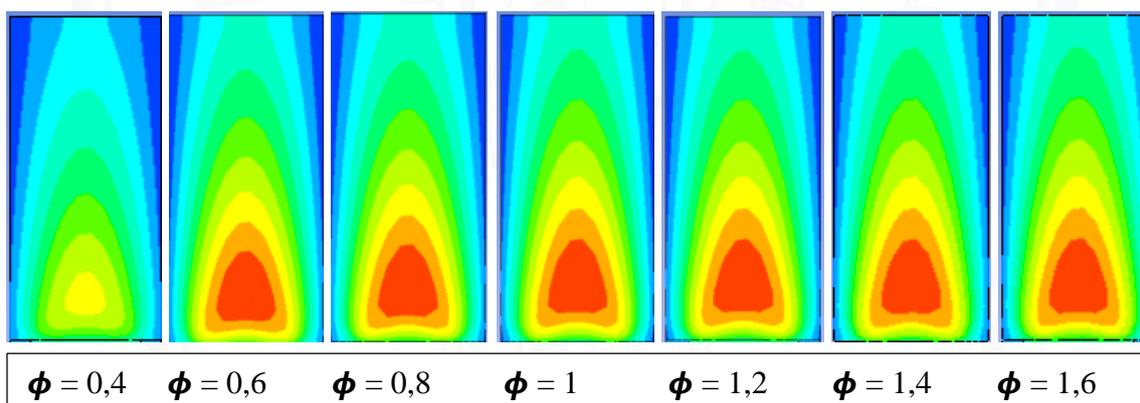


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

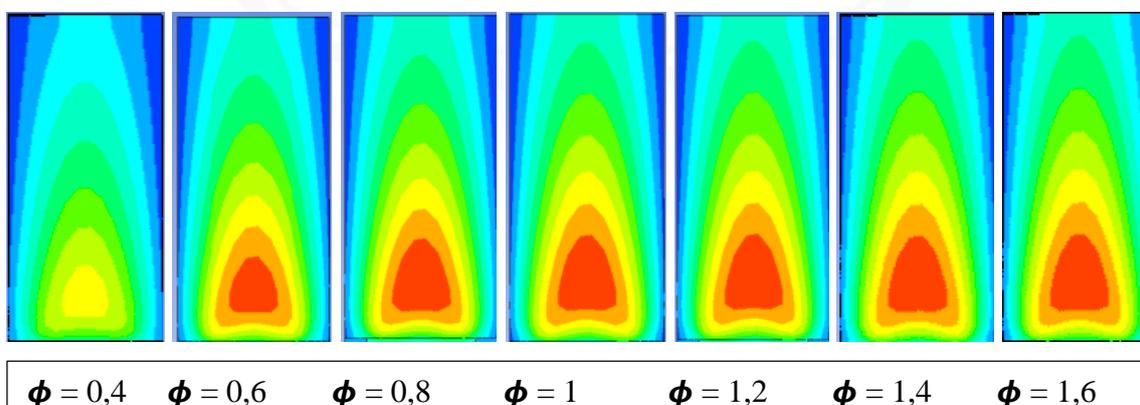
4.1 Hasil Visualisasi Nyala Api



Gambar 4.1 Hasil nyala api dengan bahan bakar butana dengan variasi ekuivalen rasio



Gambar 4.2 Hasil nyala api dengan bahan bakar metana dengan variasi ekuivalen rasio



Gambar 4.3 Hasil nyala api dengan bahan bakar propana dengan variasi ekuivalen rasio

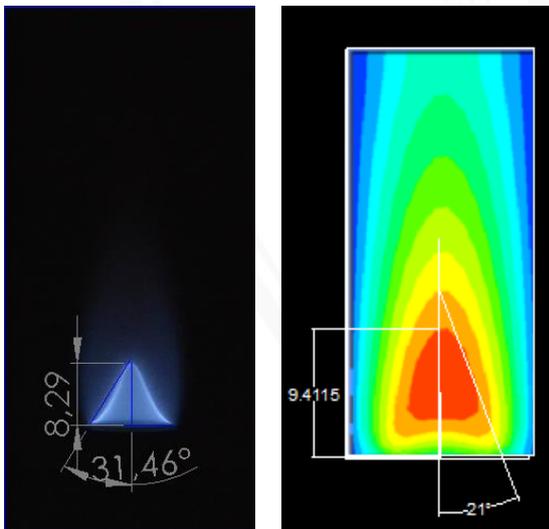
Dari simulasi menggunakan *software ansys 18.1 fluent* diperoleh hasil visualisasi nyala api yang terlihat pada gambar 4.1 , gambar 4.2, dan gambar 4.3. Pada gambar 4.1 menunjukkan nyala api dari bahan bakar butana dengan variasi ekivalen rasio sebesar 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 ; 1,4 dan 1,6 sedangkan pada gambar 4.2 menunjukkan nyala api dengan bahan bakar metana dengan variasi ekivalen rasio yang sama kemudian gambar 4.3 menunjukkan nyala api dengan ekivalen rasio yang sama tetapi menggunakan bahan bakar propana.

Dari gambar diatas terlihat perbedaan tinggi nyala api yang dihasilkan oleh setiap *bunsen burner* dengan variasi bahan bakar gas yang digunakan.

4.2 Verifikasi penelitian

Pada penelitian kali ini verifikasi digunakan untuk membandingkan hasil dari penelitian eksperimental mengenai variasi diameter *bunsen burner* terhadap karakteristik nyala api pembakaran premix gas metana yang dilakukan oleh Winedi, 2017. Diameter berukuran 8mm, 9 mm, 10 mm, 11 mm, dan 12 mm.

Hasil yang didapat dari eksperimental menunjukkan bahwa visualisasi bentuk nyala api, pada saat equivalence ratio mendekati 1 maka tinggi api akan semakin tinggi dan turun pada ekuivalen ratio melebihi 1. Berikut perbandingan nyala api yang dihasilkan pada bahan bakar metana.



Gambar 4.4 Perbandingan Visualisasi nyala api, tinggi api, dan sudut yang dihasilkan pada equivalence ratio 1 pada bahan bakar butana

Tabel 4.1
Verifikasi Perbandingan Hasil Penelitian Eksperimental Dan Hasil Penelitian Simulasi

no	Jenis pembanding	Hasil eksperimental	Hasil simulasi
1	Bahan bakar	Metana	Metana
2	Diameter	Diameter luar =14 mm Diameter dalam = 10mm	Diameter luar = 14vmm Diameter dalam = 10 mm
4	Equivalence ratio	1	1
5	Temperatur Api (pada ekuivalen rasio 1) (K)	1495	2108
6	Tinggi Nyala api (pada equivalence ratio) (mm)	9,23	9,41
7	Kecepatan Api Laminar (pada ekuivalen ratio 1) (cm/s)	45, 2	29

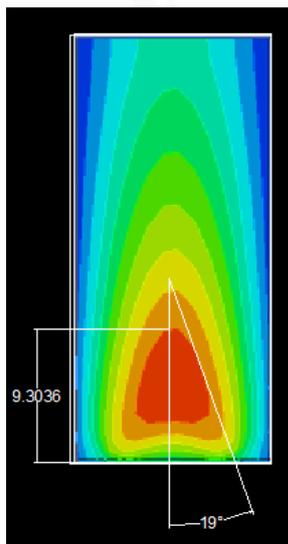
Dari Tabel 4.1 setelah dilakukan verifikasi disimpulkan bahwa data hasil simulasi dapat dinyatakan valid karena data hasil simulasi memiliki trendline yang sama dengan data eksperimental.

4.3 Pengolahan Data Karakteristik Nyala Api

4.3.1 Pengolahan Data Visual

Hasil dari simulasi menggunakan *software ansys 18.1 fluent* berupa data visual seperti yang terlihat pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3. data visual tersebut kemudian diolah menggunakan *software CAD* untuk mendapatkan data berupa tinggi api dan sudut api yang mana ukurannya menyesuaikan dengan ukuran aktual dari *bunsen burner*. Data berupa tinggi api dan sudut api nantinya akan digunakan untuk menentukan kecepatan api laminar.

Berikut contoh pengolahan data visual menggunakan *software CAD*:



Gambar 4.5 Pengolahan data bahan bakar butana dengan ekuivalen rasio 0.8

Dari Gambar 4.5 diperoleh tinggi api dan sudut api yang digunakan untuk mendapatkan kecepatan api laminer. Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 untuk tinggi api dan sudut api dari variasi bahan bakar:

Tabel 4.2

Tabel Data Bunsen Burner Dengan Bahan Bakar Butana

Parameter	$\phi = 0,4$	$\phi = 0,6$	$\phi = 0,8$	$\phi = 1$	$\phi = 1,2$	$\phi = 1,4$	$\phi = 1,6$
α ($^{\circ}$)	-	14	19	21	19	18	17
Tinggi api (mm)	-	7,22	9,3	9,61	9,48	9,39	9,37

Tabel 4.3

Tabel Data Bunsen Burner Dengan Bahan Bakar Metana

Parameter	$\phi = 0,4$	$\phi = 0,6$	$\phi = 0,8$	$\phi = 1$	$\phi = 1,2$	$\phi = 1,4$	$\phi = 1,6$
α ($^{\circ}$)	-	17	21	21	18	18	17
Tinggi api (mm)	-	8,25	8,82	9,41	9,04	8,99	8,88

Tabel 4.4

Tabel data *bunsen burner* dengan bahan bakar propana

Parameter	$\phi = 0,4$	$\phi = 0,6$	$\phi = 0,8$	$\phi = 1$	$\phi = 1,2$	$\phi = 1,4$	$\phi = 1,6$
α ($^{\circ}$)	-	19	20	23	21	18	16
Tinggi api (mm)	-	8,02	9,3	9,71	9,78	9,58	9,37

Dari Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 dapat dilihat kecenderungan bahwa semakin besar ekuivalen rasio maka sudut api dan tinggi api akan semakin besar dan turun saat melewati ekuivalen rasio 1 atau stokiometri.

4.3.2 Pengolahan Data Numerik

Selanjutnya setelah dilakukan pengolahan data visual maka akan didapatkan data berupa kecepatan api laminer dengan menggunakan persamaan (2-2). Berikut adalah perhitungan nilai kecepatan api laminer *bunsen burner* dengan bahan bakar butana pada nilai ekuivalen rasio 0,8 dimana kecepatan reaktan telah ditentukan sebesar 0,81 m/s.

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,81 \text{ m/s} \cdot \sin 19^{\circ}$$

$$S_L = 0,81 \text{ m/s} \times 0,45$$

$$S_L = 0,26 \text{ m/s}$$

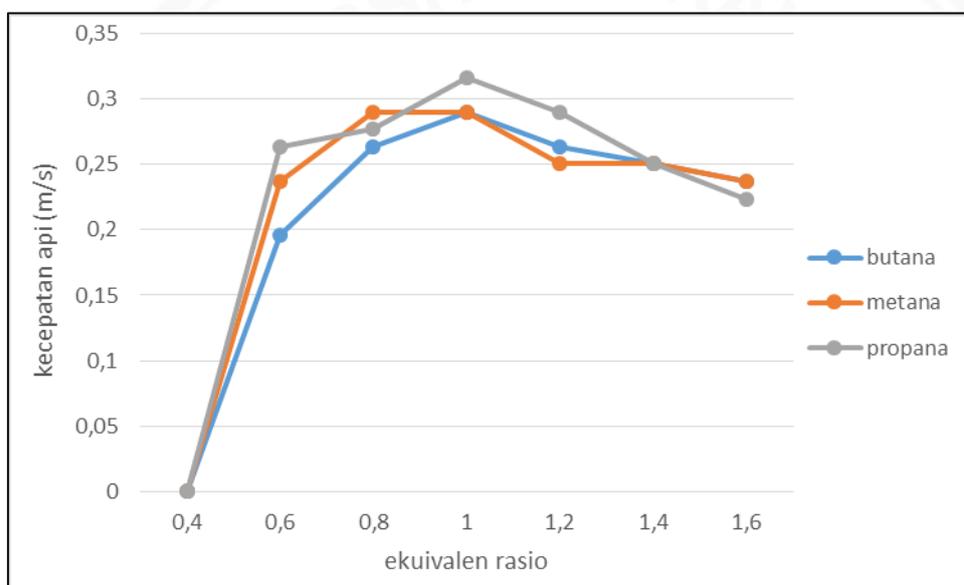
Tabel 4.5

Hasil Perhitungan Karakteristik Nyala Api Masing-masing Variasi bahan bakar

Bahan bakar	parameter	$\Phi=0,4$	$\Phi=0,6$	$\Phi=0,8$	$\Phi=1$	$\Phi=1,2$	$\Phi=1,4$	$\Phi=1,6$
Butana	T (K)	1432	1700	1895	2070	2067	2067	1938
	S_L (m/s)	-	0,19	0,26	0,29	0,26	0,25	0,23
	Tinggi api (mm)	-	7,22	9,3	9,61	9,48	9,39	9,37
Metana	T (K)	1432	1724	1856	2108	2032	1954	1894
	S_L (m/s)	-	0,23	0,29	0,29	0,25	0,25	0,23
	Tinggi api (mm)	-	8,25	8,82	9,41	9,04	8,99	8,88
Propana	T (K)	1432	1700	1894	2111	2056	1976	1909
	S_L (m/s)	-	0,26	0,27	0,31	0,29	0,25	0,22
	Tinggi api (mm)	-	8,02	9,3	9,71	9,78	9,58	9,37

4.4 Grafik dan Pembahasan

4.4.1 Grafik Hubungan Ekuivalen Rasio terhadap Kecepatan Api Laminer



Gambar 4.6 Grafik Hubungan ekuivalen rasio terhadap kecepatan api laminar

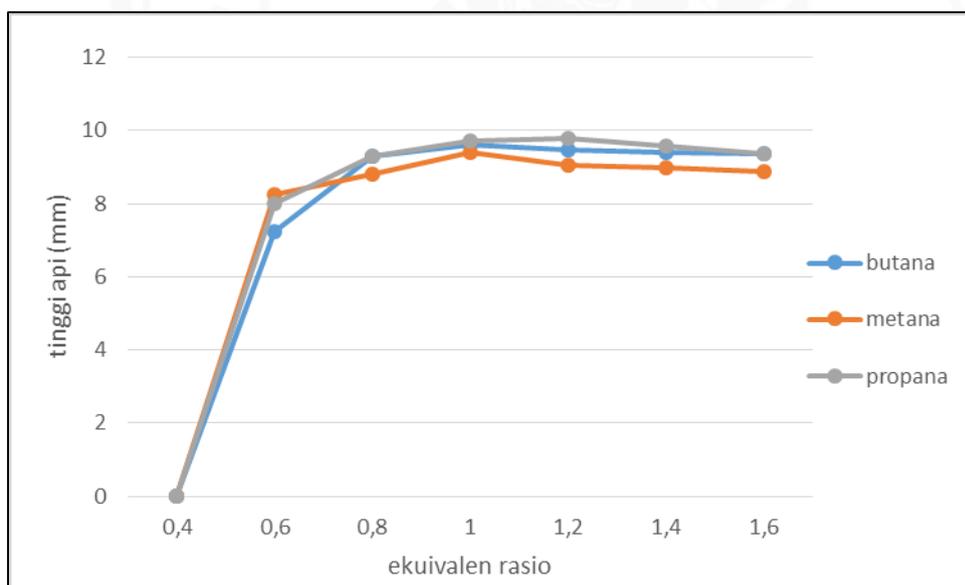
Pada Gambar 4.6 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan ekuivalen rasio terhadap kecepatan api laminar pada setiap variasi bahan bakar. Dimana grafik dengan warna biru mewakili butana, grafik dengan warna orange mewakili metana dan grafik dengan warna abu-abu mewakili propana. Untuk setiap variasi bahan bakar diuji dengan variasi nilai ekuivalen rasio sebesar 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 ; 1,4, dan 1,6.

Semakin besar nilai ekuivalen rasio maka kecepatan api laminar akan semakin naik dan turun pada ekuivalen rasio melebihi satu. Pada bunsen burner dengan variasi bahan bakar butana nilai kecepatan api laminar secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 ; 1,4, dan 1,6 adalah sebesar 0 ; 0,19 ; 0,26 ; 0,29 ; 0,26 ; 0,25, dan 0,23. Sedangkan untuk bahan bakar metana nilai kecepatan api laminar secara urut berdasarkan nilai

ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8; 1; 1,2 ;1,4, dan 1,6 adalah sebesar 0 ; 0,23 ; 0,29 ; 0,29 ; 0,25 ; 0,25, dan 0,23. Kemudian untuk nilai kecepatan api laminer untuk variasi bahan bakar gas propana secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8; 1; 1,2 ;1,4, dan 1,6. adalah sebesar 0 ; 0,26 ; 0,27 ; 0,31 ; 0,29 ; 0,25, dan 0,22. Kemudian nilai kecepatan api laminer berdasarkan variasi jenis bahan bakarnya propana memiliki nilai kecepatan api laminer yang lebih tinggi dengan nilai ekuivalen rasio yang sama kemudian disusul butana dan yang terakhir metana.

Kecepatan api laminer dipengaruhi oleh kecepatan reaktan dan sudut api yang dihasilkan. Kecepatan reaktan dipengaruhi oleh debit bahan bakar , debit udara dan luas penampang dari *bunsen burner*. Pada simulasi ini fraksi mol bahan bakar dikontrol tetap untuk setiap variasi bahan bakar, begitupun dengan diameter *bunsen burner* juga dibuat sama untuk setiap variasi bahan bakar sehingga yang mempengaruhi kecepatan api laminer adalah penambahan dan pengurangan fraksi mol udara dan jenis gas yang digunakan dalam simulasi.

4.4.2 Grafik Hubungan Ekuivalen Rasio terhadap Tinggi api Laminer



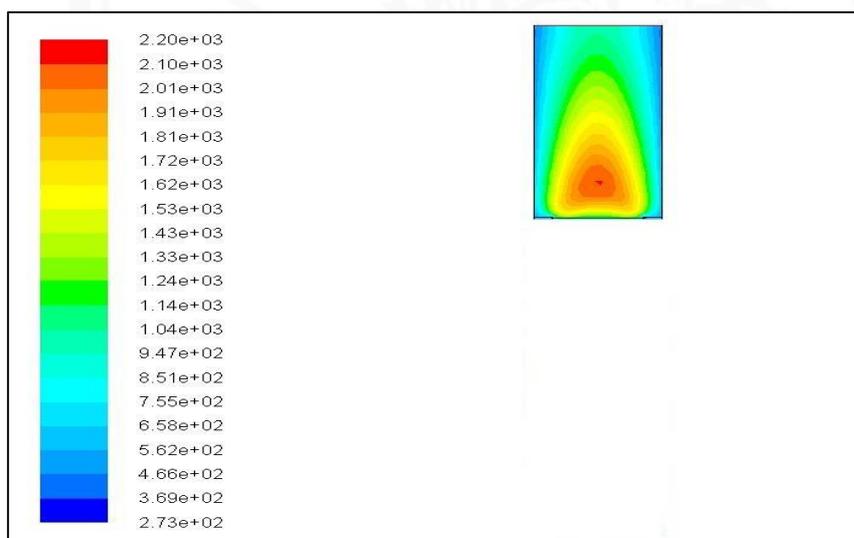
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Ekuivalen Rasio terhadap tinggi api laminer

Pada Gambar 4.7 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan ekuivalen rasio terhadap tinggi api pada setiap variasi bahan bakar. Dimana grafik dengan warna biru mewakili butana, grafik dengan warna orange mewakili metana dan grafik dengan warna abu-abu mewakili propana. Untuk setiap variasi bahan bakar diuji dengan variasi nilai ekuivalen rasio sebesar 0,4 ; 0,6 ; 0,8; 1; 1,2 ;1,4, dan 1,6.

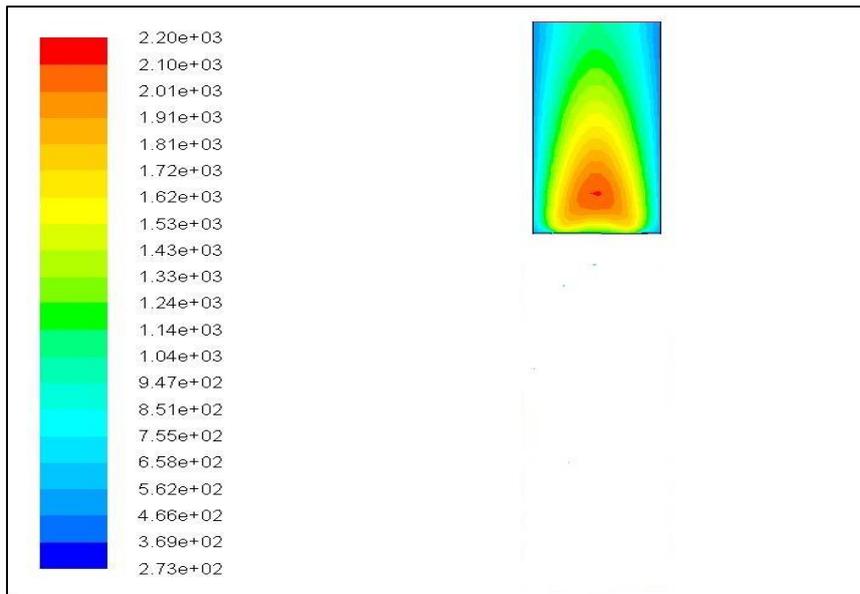
Semakin besar nilai ekuivalen rasio maka tinggi api laminar akan semakin naik dan turun pada ekuivalen rasio melebihi satu. Pada *bunsen burner* dengan variasi bahan bakar butana nilai tinggi api laminar secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 ; 1,4, dan 1,6 adalah sebesar 0 ; 7,22 ; 9,3 ; 9,61 ; 9,48 ; 9,39 dan 9,37. Sedangkan untuk bahan bakar metana nilai tinggi api secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 ; 1,4, dan 1,6 adalah sebesar 0 ; 8,25 ; 8,82 ; 9,41 ; 9,04 ; 8,99 dan 8,88. Kemudian untuk nilai tinggi api laminar untuk variasi bahan bakar gas propana secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 ; 1,4, dan 1,6 adalah sebesar 0 ; 8,02 ; 9,3 ; 9,71 ; 9,78 ; 9,58 dan 9,37. Kemudian nilai tinggi api berdasarkan variasi jenis bahan bakarnya propana memiliki nilai tinggi api yang paling tinggi dengan nilai ekuivalen rasio yang sama kemudian disusul butana dan yang terakhir metana.

4.4.3 Grafik Hubungan Ekuivalen Rasio terhadap Temperatur Api Laminar

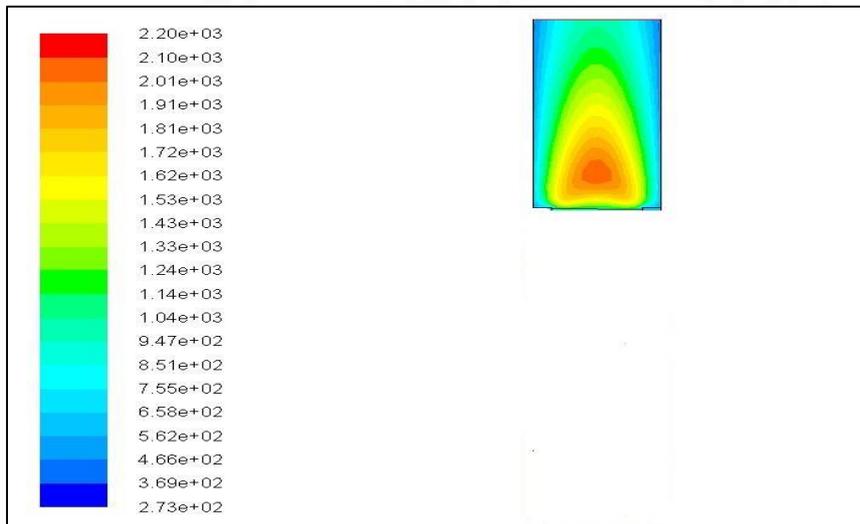
Distribusi temperatur pada ekuivalen rasio 1 dengan variasi bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 distribusi temperatur pada bahan bakar metana dengan ekuivalen rasio 1

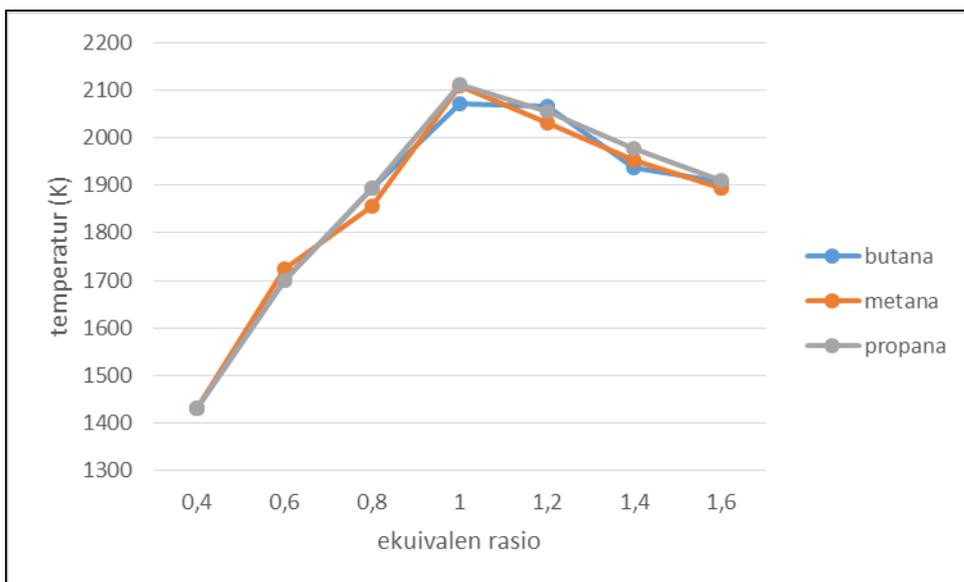


Gambar 4.9 distribusi temperatur pada bahan bakar propana dengan ekuivalen rasio 1



Gambar 4.10 distribusi temperatur pada bahan bakar butana dengan ekuivalen rasio 1

Dari Gambar 4.8, 4.9, dan 4.10 terlihat bahwa temperatur tertinggi berada pada ekuivalen rasio 1 dengan bahan bakar propana. Hal ini dikarenakan bahwa semakin kuat ikatan penyusun suatu bahan bakar maka energi yang dihasilkan akan semakin besar. Untuk lebih memudahkan distribusi temperatur akan ditampilkan seperti grafik dibawah:



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Ekuivalen Rasio terhadap temperatur api

Pada Gambar 4.11 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan ekuivalen rasio terhadap temperatur api laminar pada setiap variasi bahan bakar. Dimana grafik dengan warna biru mewakili butana, grafik dengan warna orange mewakili metana dan grafik dengan warna abu-abu mewakili propana. Untuk setiap variasi bahan bakar diuji dengan variasi nilai ekuivalen rasio sebesar 0,4 ; 0,6 ; 0,8; 1; 1,2 ;1,4, dan 1,6.

Semakin besar nilai ekuivalen rasio maka temperatur api akan semakin naik dan turun ketika ekuivalen rasio melebihi 1. Pada *bunsen burner* dengan variasi bahan bakar butana nilai temperatur api secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8; 1; 1,2 ;1,4, dan 1,6 adalah sebesar 1432 K, 1700 K, 1895 K, 2070 K, 2067 K, 1938 K, dan 1906 K. Sedangkan untuk bahan bakar metana nilai temperatur api secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8; 1; 1,2 ;1,4, dan 1,6 adalah sebesar 1432 K, 1724 K, 1856 K, 2108 K, 2032 K, 1954 K, dan 1894 K. Kemudian untuk nilai temperatur api untuk variasi bahan bakar gas propana secara urut berdasarkan nilai ekuivalen rasio 0,4 ; 0,6 ; 0,8; 1; 1,2 ;1,4, dan 1,6 adalah sebesar 1432 K, 1700 K, 1894 K, 2111 K, 2056 K, 1976 K, dan 1909 K. Kemudian nilai temperatur api berdasarkan variasi jenis bahan bakarnya propana memiliki nilai temperatur api yang paling tinggi dengan nilai ekuivalen rasio yang sama kemudian disusul metana dan yang terakhir butana.

Dari Gambar 4.11 terlihat bahwa temperatur api paling tinggi berada pada ekuivalen rasio 1 dimana ekuivalen rasio 1 merupakan pembakaran pada keadaan stokiometri yang berarti *air fuel rasio* stokiometri dan *air fuel rasio* aktual memiliki nilai yang sama.

