

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan pengambilan data dengan hasil data terlampir, mengenai pengaruh *perforated burner* terhadap kecepatan nyala api laminer dan karakteristik api, maka dapat digunakan untuk menjawab permasalahan pada bab sebelumnya serta dapat digunakan untuk memberi gambaran dan analisa secara terstruktur mengenai pengaruh *perforated burner* terhadap kecepatan nyala api laminer dan karakteristik api.

Terdapat 2 buah data hasil penelitian, dimana data visual berupa gambar yang didapatkan dari proses penilitan dari masing masing *burner* pada tiap rasio ekuivalen yang berbeda, dan data statik berupa nilai temperatur dan tinggi api. Selanjutnya penulis melakukan pengolahan data visual dengan menggunakan perhitungan  $S_L$  (kecepatan api laminer) dimana pada  $S_L$  sendiri dipengaruhi oleh kecepatan reaktan serta sudut api yang terbentuk dimana dirumuskan sebagai berikut :

$$S_L = v \cdot \sin \alpha \quad (4-1)$$

dengan:

$S_L$  = kecepatan api laminer (cm/s)

$v$  = kecepatan reaktan (cm/s)

$\alpha$  = sudut api yang terbentuk ( $^\circ$ )

Penelitian serta pengambilan data dilakukan pada kondisi temperatur ruang serta pada saat api stasioner. Pada analisa data kecepatan nyala api semua data dikelompokkan berdasarkan jenis *burnernya* dari rasio ekuivalen rendah sampai rasio ekuivalen tinggi. Hal yang dibandingkan pada penelitian kali ini adalah mengenai temperatur, tinggi api serta kecepatan api laminer dari masing masing *burner*. Sehingga didapatkan pengaruh *perforated burner* terhadap kecepatan nyala api laminer.

### 4.1 Hasil Visualisasi Nyala Api

Berikut merupakan data visual nyala api pada *perforated burner* serta *bunsen burner*. Gambar dari masing-masing data visual dipotong dengan ukuran 21 mm dimana nilai ini merupakan besar diameter aktual dari *burner*, kemudian gambar disusun secara

runtut dari *ekuivalen rasio* rendah hingga *ekuivalen rasio* tinggi, sehingga nantinya pada masing – masing data dapat dibandingkan dan dilihat perbedaan visual dari masing-masing jenis *burner* pada setiap rasio ekuivalen.

#### 4.1.1. Hasil Visualisasi Nyala Api Bunsen Burner

Berikut merupakan data visual *bunsen burner* dari masing masing *ekuivalen rasio*, pada pengujian kali ini diambil 3 nyala api pada rasio ekuivalen berbeda.

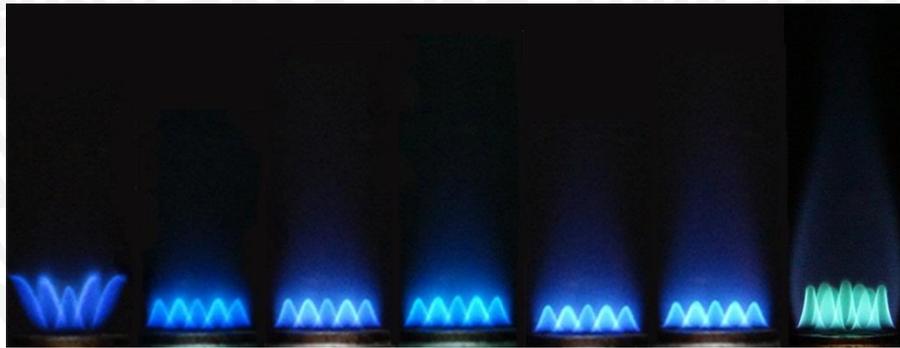


Gambar 4.1 Nyala Api *Bunsen Burner*, Skala 1:1  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar diatas dapat dilihat bentuk nyala api *bunsen burner* dari *ekuivalen rasio* 1.03 ; 1.2 ; dan 1,45. Dari masing masing nyala api nantinya diolah sehingga diketahui nilai dari  $S_L$  dari masing masing nyala api.

#### 4.1.2. Hasil Visualisasi Nyala Api *Perforated Burner*

Pada hasil pengujian *perforated plate* didapatkan 7 buah data visual dari nilai rasio ekuivalen terendah 0.66 sampai tertinggi 1.2, sebagai berikut :

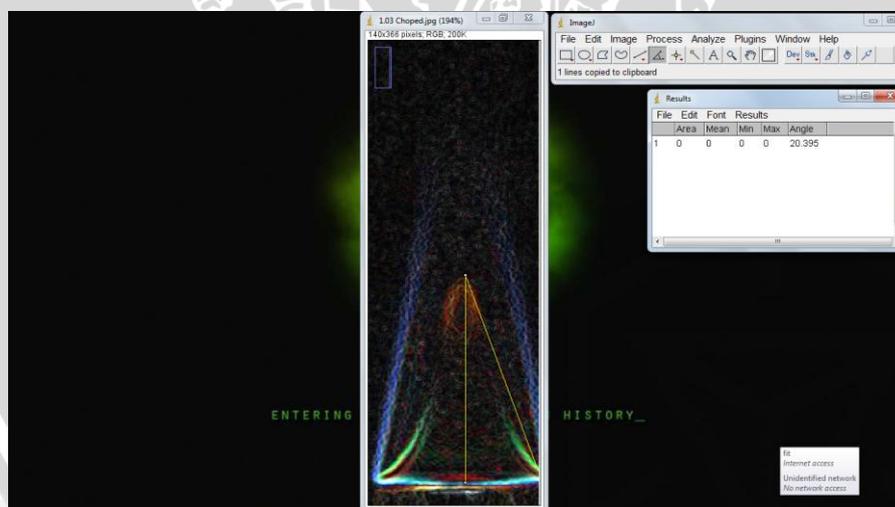


Gambar 4.2 Nyala Api *Perforated Plate* Skala 1:3  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar diatas dapat dilihat bentuk nyala api *perforated plate*, dengan rasio ekuivalen 0.66; 0.7; 0.8; 0.9; 1.03; 1.2; dan 1.45. Dari data nyala api di ambil rasio ekuivalen 1.03 sampai 1.45 untuk dibandingkan dengan nyala api *bunsen burner* sebagai faktor pembanding.

## 4.2 Contoh Perhitungan dan Pengolahan Data Visual

### 4.2.1 Contoh Pengolahan Data Visual Sudut Api



Gambar 4.3 Perhitungan sudut api pada nyala api *Bunsen Burner 1.2*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada gambar 4.3 menunjukkan bagaimana nilai sudut api dari data visual dihitung, pada *freeware* IMAGE - J kita dapat melihat sisi terluar api dengan bantuan fitur *edge*, hal ini memudahkan dalam penentuan sisi terluar api serta meningkatkan keakuratan pengolahan data.

#### 4.2.2 Contoh Perhitungan Kecepatan Reaktan ( $v$ )

Berikut contoh perhitungan nilai Kecepatan reaktan pada *burner* dengan nilai ekuivalen rasio 1.2. perhitungan nilai kecepatan reaktan didapat dengan menggunakan rumus

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

dengan:

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

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

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

Sehingga didapat nilai Kecepatan reaktan pada *burner* dengan nilai ekuivalen rasio 1.2 sebagai berikut

$$v = \frac{100 + 4.4}{3.46}$$

$$v = 30,17 \text{ cm/s}$$

#### 4.2.3 Contoh Perhitungan Kecepatan Api laminer ( $S_L$ )

Mengacu pada rumus (4-1) maka kita dapat menghitung besarnya kecepatan api laminer, dari hasil perhitungan kecepatan reaktan serta sudut api. Berikut contoh perhitungan nilai Kecepatan api laminer pada *bunsen burner* dengan nilai ekuivalen rasio 1.2.

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 30.17 \sin 20.29$$

$$S_L = 30.17 \times 0.3468$$

$$S_L = 10.46 \text{ cm/s}$$

### 4.3 Pengolahan Data Karakteristik Nyala Api

#### 4.3.1 Pengolahan Data Visual Masing – masing *Burner*

Pada bagian ini dilakukan pengolahan data visual dari masing masing *burner*, setelah dipotong sesuai ukuran aktual dari *burner* itu sendiri, kemudian data diolah guna mendapatkan nilai tinggi api,  $S_L$  (Kecepatan api laminer), dimana nilai kecepatan api

laminer didapatkan dari penghitungan sudut alfa. Pada perhitungan *perforated burner* nilai  $S_L$  di dapatkan dari rata rata nilai 3 titik dimana titik titik tersebut adalah titik paling tepi, baik kanan maupun kiri, serta titik tengah.

#### a. Pengolahan Data Visual Bunsen Burner

Berikut adalah hasil pengolahan data *bunsen burner* dari nilai rasio ekuivalen 1.03 sampai 1.45



Gambar 4.4 Nyala Api *Bunsen Burner* Rasio Ekuivalen 1.03  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.5 Nyala Api *Bunsen Burner* Rasio Ekuivalen 1.2  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.6 Nyala Api *Bunsen Burner* Rasio Ekuivalen 1.45  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Dari data diatas di dapatkan nilai sudut Alfa ( $\alpha$ ) dari masing masing rasio ekuivalen pada *bunsen burner*. Sehingga nilai  $S_L$  dapat dicari dengan rumus  $S_L = v \cdot \sin \alpha$ . Dengan nilai  $v = \frac{Q_{fuel} + Q_{air}}{Ab}$ . Disamping itu dari data diatas juga di dapatkan 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 4.1 Tabel Data *Bunsen Burner*

Tabel Data <i>Bunsen Burner</i>			
Rasio Ekuivalen	$\alpha(^{\circ})$	Tinggi Api (mm)	$v$
1.03	22.87	52.82	25,36
1.2	20.29	50.05	30,17
1.45	18.04	48.35	34,99

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Dari tabel 4.1 dapat dilihat kecenderungan nilai sudut api mengalami penurunan seiring dengan peningkatan nilai rasio ekuivalen. Disamping itu juga dapat dilihat bahwa peningkatan nilai rasio ekuivalen yang semakin meningkat menghasilkan nilai tinggi api yang menurun pula dimana rata – rata penurunan nilai adalah sebesar  $\pm 2$  mm pada tiap rasio ekuivalennya.

#### b. Pengolahan Data Visual Perforated Burner

Pada *perforated burner* dilakukan pengolahan data api laminar dan tinggi api pada rasio ekuivalen 1.03 – 1.45, pada pengolahan data sudut api di ambil rata – rata 3 data sudut api, dimana terdapat pada tepi terluar dan tengah *burner*.



Gambar 4.7 Nyala Api *Perforated Burner* Rasio Ekuivalen 1.03

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.8 Nyala Api *Perforated Burner* Rasio Ekuivalen 1.2

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.9 Nyala Api *Perforated Burner* Rasio Ekuivalen 1.45

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari data di atas didapatkan nilai sudut Alfa ( $\alpha$ ) dari masing masing rasio ekuivalen pada *bunsen burner*. Sehingga nilai  $S_L$  dapat dicari dengan rumus  $S_L = v \cdot \sin \alpha$ .

Dengan nilai  $v = \frac{Q_{fuel} + Q_{air}}{A_b}$ . Disamping itu dari data diatas juga didapatkan tinggi api yang dapat digunakan sebagai paramater pembanding pada karakteristik pembakaran.

Pengambilan 3 *ekuivalen rasio* didasarkan pada *bunsen burner* dimana nyala api yang dapat diolah pada *bunsen burner* adalah api dengan *ekuivalen rasio* 1.03, 1.2 dan 1.45.

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

Tabel 4.2 Tabel Data *Perforated Burner*  
Tabel Data *Perforated Burner*

Rasio Ekuivalen	$\alpha(^{\circ})$				Tinggi Api (mm)	$\nu$
	1	2	3	$\Sigma$		
1.03	29.63	23.03	29.12	27.26	34.09	25,36
1.2	28.24	28.54	26.85	27.87	43.39	30,17
1.45	21.04	18.51	17.78	19.11	63.82	34,99

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Dari tabel 4.2 dapat dilihat kecenderungan nilai sudut api mengalami penurunan seiring dengan peningkatan nilai rasio ekuivalen. Disamping itu juga dapat dilihat bahwa peningkatan nilai rasio ekuivalen yang semakin meningkat menghasilkan nilai tinggi api yang meningkat pula dimana rata – rata peeningkatan nilai adalah sebesar  $\pm 20$  mm pada tiap rasio ekuivalennya.

#### 4.3.2 Tabel Hasil Perhitungan Nyala Api

Pada Bab 3 metodologi penelitian dan rencana pengambilan data dijelaskan bahwa data penelitian selanjutnya di masukkan kedalam tabel karakteristik nyala api. Dimana pada bagian ini yang diamati adalah temperatur, dan tinggi api pada masing – masing *burner* tiap *ekuivalen rasio* tertentu.

Sehingga di peroleh tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan Nyala Api

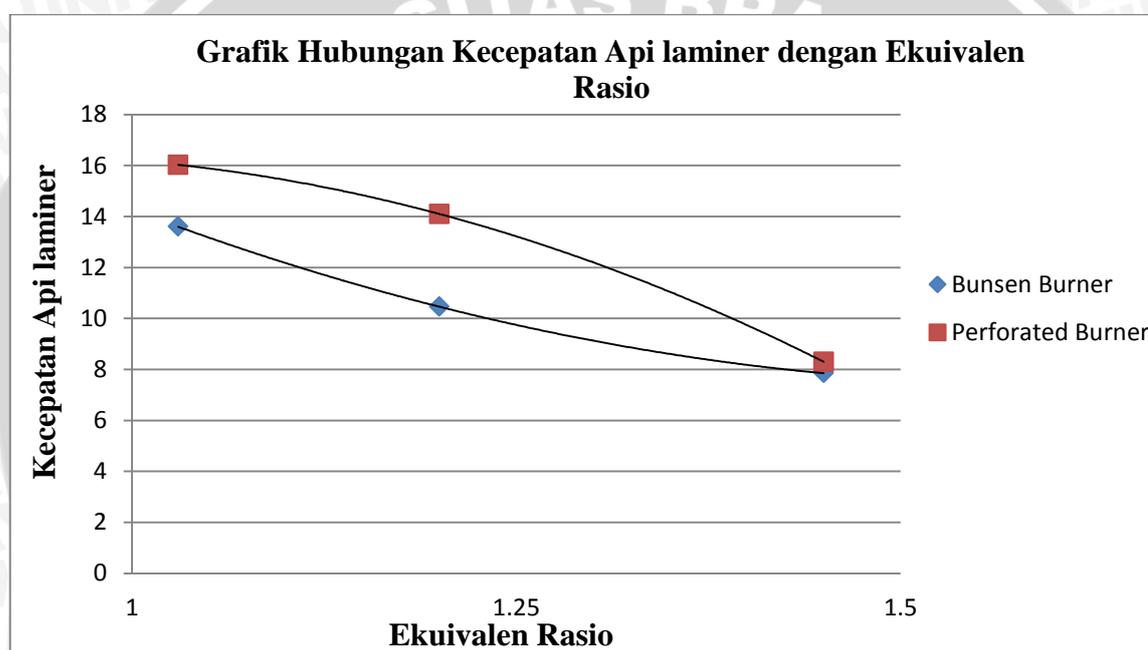
Jenis <i>Burner</i>	Parameter	N=1.45	N=1.2	N=1.03
<i>Bunsen Burner</i>	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	738	749	775
	$S_L$	7.85	10.46	13.60
<i>Perforated Plate</i>	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	750	760	777
	$S_L$	8,30	14.10	16,03

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada tabel 4.3 hanya di gunakan *ekuivalen ratio* 1.45, 1.2, dan 1.3 hal ini dikarenakan pada *bunsen burner* dimana digunakan sebagai faktor pembanding, mengalami *blow off* pada nilai *ekuivalen ratio* 0.9, sedangkan pada *perforated burner* sendiri *lift-off* baru terjadi pada nilai *ekuivalen ratio* 0.66. Sehingga di dapat grafik dari data diatas sebagai hubungan antara Kecepatan Api laminer dengan *ekuivalen rasio*, kecepatan api laminer dengan Temperatur, dan kecepatan api laminer dengan tinggi api.

#### 4.4 Grafik Dan Pembahasan

##### 4.4.1 Grafik Hubungan Kecepatan Api laminer dengan Rasio Ekuivalen



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Kecepatan Api Laminer dengan Ekuivalen Rasio

Pada grafik diatas dapat dilihat pengaruh hubungan kecepatan api laminer dengan ekuialen rasio, dimana pada grafik garis merah merupakan data *perforated burner* sedangkan garis biru merupakan data *Bunsen burner*. Pada grafik juga dapat dilihat hubungan antara kecepatan api laminer dengan *ekuivalen rasio*. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya *ekuivalen rasio* yang di gunakan adalah *ekuivalen rasio* 1.03; 1.2; serta 1.45 dari masing masing *burner*.

Dapat dilihat nilai kecepatan api laminer dari *bunsen burner* maupun *perforated burner* memiliki kecenderungan untuk turun dari nilai *ekuivalen rasio* yang rendah ke nilai *ekuivalen rasio* yang tinggi. Pada *bunsen burner* nilai masing masing kecepatan

api laminer secara urut dari 1.03, 1.2 dan 1.45 adalah sebesar 13.6; 10,46; 7.85, masing masing dinyatakan dalam satuan cm/s.

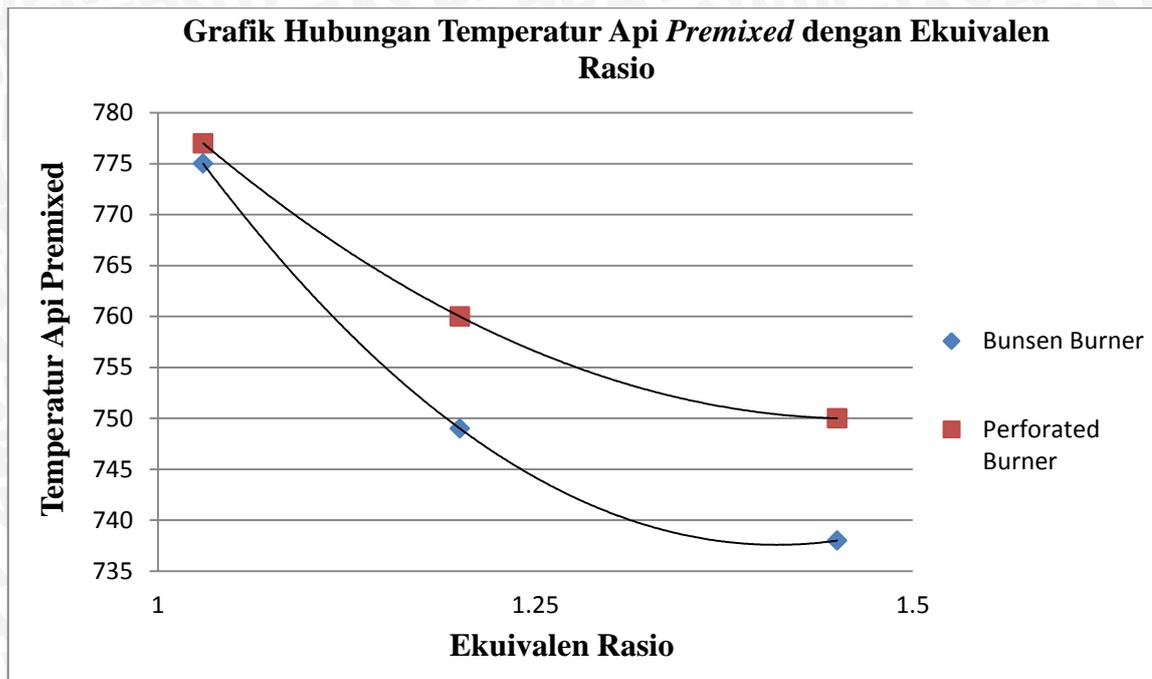
Pada *perforated burner* juga dapat dilihat besarnya kecepatan api laminer sebesar 16.03, 14.1 dan 8.3 masing masing dinyatakan dalam satuan cm/s. Terlihat jelas pada grafik penurunan nilai dari masing masing *burner*. Sehingga dapat di tarik kesimpulan dari ketiga data diatas bahwa kecepatan api laminer cenderung menurun ketika terjadi peningkatan nilai *ekuivalen rasio*, hal ini terjadi baik pada *bunsen burner* maupun *perforated burner*.

Pada persamaan (4-1) nilai kecepatan pembakaran laminar dipengaruhi oleh kecepatan reaktan dan sudut api, sehingga dapat diketahui bahwa nilai kecepatan pembakaran laminar pada masing masing *burner*. Namun pada *perforated burner* dimana merupakan plat yang berlubang, kemungkinan terdapat turbulensi aliran sebelum fluida meninggalkan ruang bakar. Hal ini nantinya menyebabkan terjadinya perbedaan nilai kecepatan api pada kedua *burner*.

Disamping itu pada *perforated burner* memiliki nilai  $S_L$  lebih tinggi daripada *bunsen burner* dikarenakan *perforated burner* memiliki plat pada mulut *burner*, hal ini menyebabkan terjadi perbedaan temperatur pada *perforated burner* dan *bunsen burner*. Pada *perforated burner* terjadi akumulasi nilai kalor pada *perforated plate*, dimana akumulasi panas ini nanti berakibat pada peningkatan nilai  $S_L$ . Pertambahan nilai kalor ini berakibat pada bergesernya titik suhu awal reaktan dimana kemungkinan reaktan pada *perforated burner* memasuki zona *preheating* lebih cepat di bandingkan dengan reaktan pada *bunsen burner*, pada *perforated burner* terdapat perbedaan pertambahan panas dimana panas diserap dari *perforated plate* dan *dinding burner*, sedangkan pada *bunsen burner* hanya diserap dari *dinding burner*.

#### 4.4.2 Grafik Hubungan Temperatur Api *Premixed* dengan Rasio Ekuivalen

Pada grafik gambar 4.11 dapat dilihat pengaruh hubungan antara Temperatur api *premixed* dengan nilai *ekuivalen rasio* pada masing masing *burner*. Pada grafik data *bunsen burner* ditunjukkan dengan garis biru sedangkan data *perforated burner* di tunjukkan dengan garis merah. Pada grafik dapat dilihat besarnya nilai temperatur pembakaran pada api *premixed* cenderung menurun dengan pertambahan nilai *ekuivalen rasio*. Hal ini terjadi baik pada *perforated burner* maupun *bunsen burner*.



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Temperatur Api *Premixed* dengan Ekuivalen Rasio

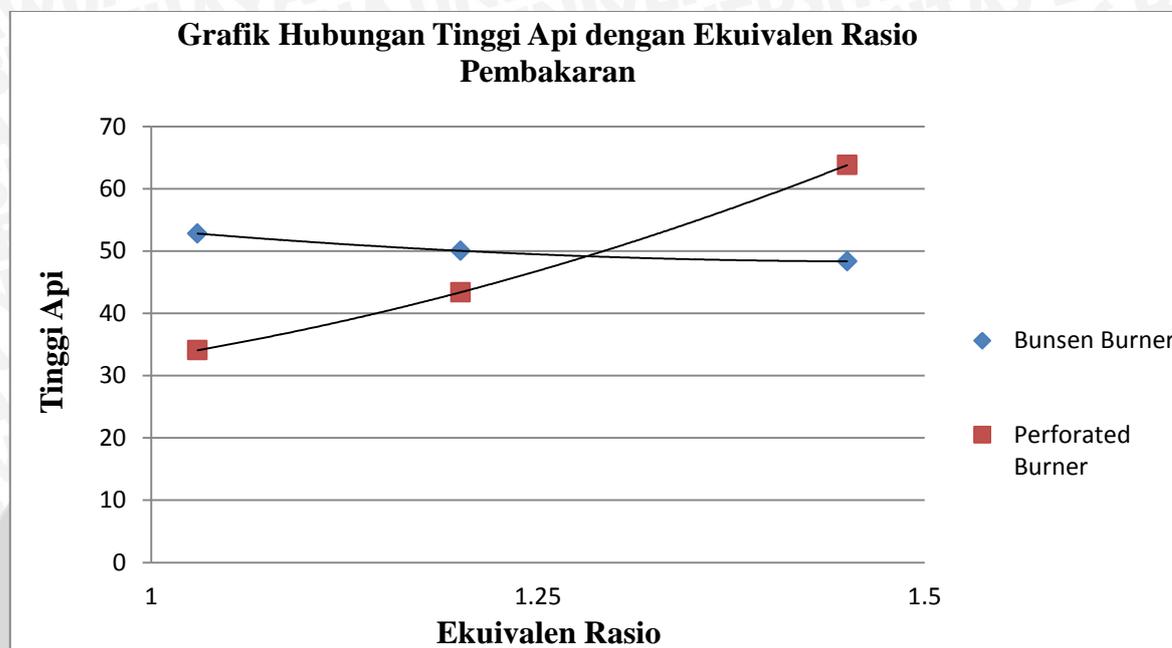
Pada *bunsen burner* nilai Temperatur api *premixed* pada *ekuivalen rasio* 1.03, 1.2; dan 1.45 adalah sebesar 775; 749 dan 738, nilai ditunjukkan dalam satuan temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ). Sedangkan pada *perforated burner* besarnya nilai temperatur api *premixed* pada masing masing *ekuivalen rasio* adalah sebesar 777; 760; dan 750. Baik pada masing masing data terlihat penurunan dari nilai rasio ekuivalen rendah ke rasio ekuivalen tinggi.

Dapat dilihat pada, *perforated burner* merupakan plat berlubang dimana material yang digunakan adalah *galvanite* yang merupakan logam. Seperti yang kita ketahui logam merupakan konduktor panas yang baik, hal ini dapat memicu terjadinya perpindahan panas pada permukaan logam. Panas yang terakumulasi tadi kemudian menginduksi bahan bakar sehingga bahan bakar mengalami proses *preheating*. Hal ini memicu terjadi peningkatan temperatur pada permukaan *burner* dan berakibat pada perbedaan nilai temperature dimana *perforated burner* memiliki nilai temperatur yang lebih tinggi daripada *bunsen burner*.

#### 4.4.3 Grafik Hubungan Tinggi Api dengan Rasio Ekuivalen Pembakaran

Pada grafik gambar 4.12 dapat dilihat hubungan antara Tinggi api dengan *ekuivalen rasio* dari masing masing *burner*. Pada grafik data *bunsen burner* di tampilkan dengan warna biru dan *perforated* dengan warna merah, besarnya nilai tinggi

api dapat dilihat mengalami penurunan pada *bunsen burner* pada rasio ekuivalen 1.03 sampai 1.45, hal berbeda terdapat pada *perforated burner* dimana peningkatan nilai tinggi api didapati dari nilai rasio ekuivalen 1.03 sampai dengan 1.45



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Tinggi Api dengan Ekuivalen Rasio Pembakaran

Pada grafik dapat dilihat hubungan antara Tinggi api dengan *ekuivalen rasio* dari masing masing *burner*. Pada grafik data *bunsen burner* di tampilkan dengan warna biru dan *perforated* dengan warna merah, besarnya nilai tinggi api dapat dilihat mengalami penurunan pada *bunsen burner* pada rasio ekuivalen 1.03 sampai 1.45, hal berbeda terdapat pada *perforated burner* dimana peningkatan nilai tinggi api didapati dari nilai rasio ekuivalen 1.03 sampai dengan 1.45.

Pada *Bunsen burner* nilai Tinggi api premixed pada *ekuivalen rasio* 1.03, 1.2; dan 1.45 adalah sebesar 52.82; 50.05 dan 48.35, nilai ditunjukkan dalam satuan panjang (cm). Sedangkan pada *perforated burner* besarnya nilai temperatur api premixed pada masing masing *ekuivalen rasio* adalah sebesar 34.09; 43.39; dan 63.82. Pada masing masing data terlihat perbedaan kecenderungan dimana pada *bunsen burner* terjadi penurunan tinggi api sedangkan pada *perforated burner* terjadi peningkatan nilai tinggi api.

Dapat dilihat terdapat perpotongan pada titik di antara rasio ekuivalen 1.2 menuju 1.45 pada masing masing *burner*. Perbedaan kecenderungan grafik ini dimungkinkan karena pada *perforated burner* luas area tempat keluarnya bahan bakar lebih kecil

daripada *bunsen burner*. Hal ini memicu terjadinya perbedaan nilai tekanan yang berakibat pada perbedaan nilai kecepatan gas keluar dari *burner*. Pada kasus *perforated burner* peningkatan kecepatan pada tiap kenaikan *ekuivalen rasio* mengakibatkan terjadinya peningkatan pada nilai tinggi api.

Disamping itu pada *bunsen burner* terbentuknya api difusi semakin berkurang dengan pertambahan nilai *ekuivalen rasio*, ini menunjukkan miskinnya bahan bakar mengakibatkan menurunnya nilai tinggi api. Hal ini dikarenakan pada saat terjadi pembakaran api difusi yang terbentuk lebih sedikit. Hal berbeda terdapat pada *perforated burner* dimana luas penampang logam yang di gunakan berfungsi memperlambat kecepatan keluar gas sehingga ketika debit udara ditambah dan *ekuivalen rasio* bertambah maka gas yang terdorong keatas semakin banyak sehingga pada nilai *ekuivalen rasio* 1.45 *perforated burner* lebih tinggi daripada *bunsen burner*.

