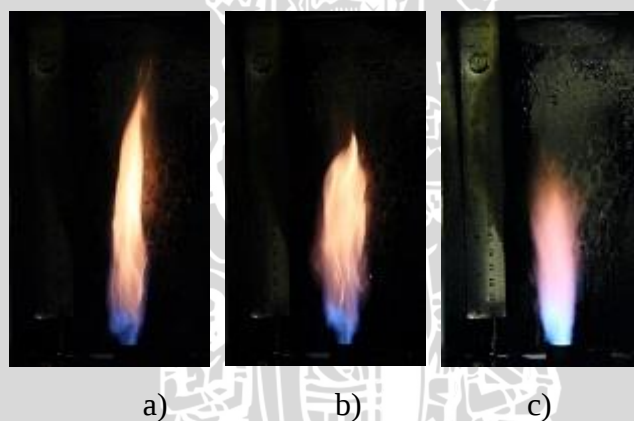


BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pengolahan Data

Dalam penelitian ini diamati visualisasi nyala api pembakaran *spray* campuran biodiesel minyak jarak dan etanol dengan variasi persentase etanol. Etanol divariasikan 10%, 20%, 30%, 40%, 50% pada debit bahan bakar 2.6, 3.6, dan 4.6 mL/menit dan ALR dijaga konstan yaitu 1,2. Foto api hasil pembakaran *spray* campuran biodiesel minyak jarak dan etanol disusun sejajar pada skala yang sama. Hal ini bertujuan agar tinggi api dan warna api pembakaran *spray* campuran biodiesel minyak jarak dan etanol pada persentase yang berbeda dapat dianalisa. Gambar 4.1 dibawah ini adalah salah satu contoh hasil visualisasi api pembakaran *spray* biodiesel minyak jarak E20% variasi debit bahan bakar.



Gambar 4.1 Visualisasi api pembakaran campuran etanol 20% (a) debit bahan bakar 2,6ml/menit (b) debit bahan bakar 3,6ml/menit (c) debit bahan bakar 4,6ml/menit

Pada debit bahan bakar 4,6 ml/menit campuran etanol 10%, 20%, 30%, 40%, 50% selain visualisasi api ,juga diamati temperatur api. Temperatur api diamati pada ketinggian 25%, 50%, 75% dari tinggi keseluruhan api yang dihasilkan. Pada debit bahan bakar 4.6 ml/menit Campuran etanol 10% dan 30% tiap ketinggian 25%, 50%, 75% diamati pula temperatur api radial pada jarak -1 cm, -0,5 cm, 0, 0,5cm, 1 cm dengan tujuan untuk mengetahui distribusi temperatur api pada campuran etanol yang berbeda. Temperatur radial api ketinggian 25%, 50%, 75% juga diamati pada campuran etanol 30% pada debit bahan bakar berbeda yaitu 2.6 ml/menit, 3.6 ml/menit dan 4.6 ml/menit.

Berikut ini adalah data hasil pengambilan temperatur api pembakaran *spray* biodiesel campuran etanol 10% debit bahan bakar 4,6 ml/menit.

Tabel 4.1 Profil temperatur api etanol 10% pada posisi radial dan aksial

Etanol 10% Debit bahan bakar 4,6 ml/menit ALR 1,2					
Radial \ Aksial	-1 (cm)	-0,5 (cm)	0 (cm)	0,5 (cm)	1 (cm)
25%	1437.17	1502.79	1508.36	1480.73	1456.97
50%	1494.64	1528.37	1548.78	1520.06	1501.47
75%	1455.97	1525.34	1536.54	1497.62	1471.98

4.2 Contoh Perhitungan ALR , Kecepatan Udara dan Bahan Bakar

Pada debit bahan bakar yang berbeda dengan ALR yang sama, maka debit udara yang digunakan juga berbeda karena ALR adalah perbandingan rasio udara dan bahan bakar sesuai rumus :

$$ALR = \frac{\dot{M}_{udara}}{\dot{M}_{bahan\ bakar}}$$

Pada ALR yang sama bila debit bahan bakar semakin tinggi maka debit udara yang digunakan juga akan semakin tinggi. Contoh perhitungan ALR adalah sebagai berikut.:

$$ALR = 1,2$$

$$\text{debit bahan bakar (Q bb)} = 2,6 \text{ ml/menit}$$

$$\rho \text{ bahan bakar biodiesel minyak jarak} = 853 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ bahan bakar etanol} = 761 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ bahan bakar campuran dengan persentase etanol 10\%} &= (0,1 \times 761) + (0,9 \times 853) \\ &= 843,8 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ udara} = 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$ALR = \frac{\rho \text{ udara} \cdot (Q_u)}{\rho \text{ bahan bakar} \cdot (Q_{bb})}$$

$$Q_u = \frac{\rho_{\text{bahan bakar}} \times (Q_{\text{bb}}) \times ALR}{\rho_{\text{udara}}}$$

$$= \frac{2,6 \frac{\text{mL}}{\text{menit}} \cdot 843,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,8}{1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1000} = 2,04 \text{ mL/menit}$$

Besar kecepatan bahan bakar dan kecepatan udara ditentukan oleh debit bahan bakar dan debit udara serta diameter dari *twin fluid atomizer*. Semakin tinggi debit udara maka kecepatan udara keluar meninggalkan nosel juga semakin tinggi. Hal ini juga berlaku pada penambahan bahan bakar. Semakin tinggi debit bahan bakar maka kecepatan bahan bakar meninggalkan nosel juga semakin meningkat sesuai dengan rumus:

$$Q = v \cdot A$$

Q = debit fluida

V = kecepatan fluida

A = luas penampang

Contoh perhitungan kecepatan udara sebagai berikut:

$$Q_{\text{udara}} = 2,04 \text{ liter/menit} = 33,93 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$A_{\text{nosel}} = 0,0668 \text{ cm}^2$$

$$V_{\text{udara}} = \frac{Q_{\text{udara}}}{A_{\text{nosel}}}$$

$$= \frac{33,93 \text{ cm}^3/\text{s}}{0,0668 \text{ cm}^2} = 507,98 \text{ cm/s}$$

Contoh perhitungan kecepatan bahan bakar sebagai berikut :

$$Q_{\text{bahan bakar}} = 2,6 \text{ mL/menit} = 0,00043 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$A_{\text{nosel bahan bakar}} = 0,00385 \text{ cm}^2$$

$$V_{\text{bahan bakar}} = \frac{Q_{\text{bahan bakar}}}{A_{\text{nosel bahan bakar}}}$$

$$= \frac{0,043 \text{ cm}^3/\text{s}}{0,00385 \text{ cm}^2} = 11,2 \text{ cm/s}$$

Untuk selengkapnya debit udara, kecepatan udara, dan kecepatan bahan bakar meninggalkan nosel dapat pada ALR 1,2 dengan debit udara dan debit bahan bakar yang berbeda dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Data Hasil Kecepatan Udara dan Bahan Bakar pada Variasi Etanol

Jumlah campuran etanol	Debit bahan bakar	Kecepatan bahan bakar	Debit udara	Kecepatan udara
E10	2.6	11.26565	2.04	507.9782563
	3.6	15.5986	2.82	703.3545087
	4.6	19.93154	3.60	898.7307611
E20	2.6	11.26565	2.01	502.4397401
	3.6	15.5986	2.79	695.685794
	4.6	19.93154	3.56	888.9318479
E30	2.6	11.26565	1.99	496.9012239
	3.6	15.5986	2.76	688.0170793
	4.6	19.93154	3.52	879.1329346
E40	2.6	11.26565	1.97	491.3627077
	3.6	15.5986	2.73	680.3483646
	4.6	19.93154	3.48	869.3340214
E50	2.6	11.26565	1.95	485.8241916
	3.6	15.5986	2.70	672.6796498
	4.6	19.93154	3.45	859.5351081

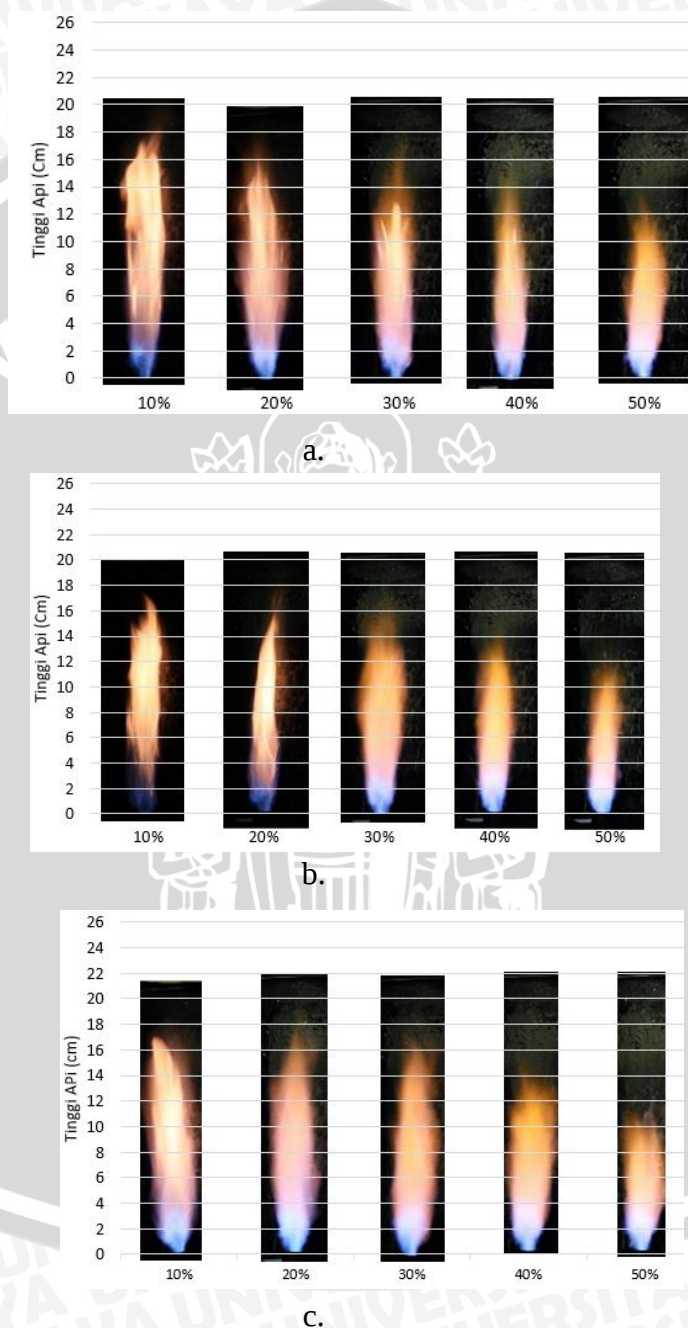
4.3 Pembahasan Data Visualisasi Api

4.3.1 Visualisai nyala api pada persentase etanol yang berbeda.

Hasil visualisasi pembakaran *spray* campuran biodiesel minyak jarak dan etanol menunjukkan tinggi api dan warna api yang berbeda-beda. Semakin tinggi persentase etanol ,tinggi api hasil pembakaran akan semakin memendek tetapi warna api akan berubah menjadi semakin kuning tua / *orange* (Pan, Kuo-long, *et al*, 2012).

Dengan adanya perbedaan persentase campuran etanol pada pembakaran *spray* biodiesel minyak jarak, menimbulkan visualisasi nyala api yang berbeda. Semakin tinggi persentase etanol, warna api semakin kuning dibandingkan warna api pada campuran dengan persentase etanol yang sedikit. Warna api ini disebabkan karena etanol yang menguap terlebih dahulu daripada biodiesel minyak jarak. Persentase etanol pada campuran bahan bakar juga berpengaruh terhadap dimensi api yang meliputi tinggi api.

Tinggi Api yang dihasilkan berbanding terbalik dengan besarnya persentase etanol pada campuran bahan bakar. Semakin besar persentase etanol pada campuran bahan bakar semakin rendah tinggi api yang dihasilkan. Hal ini karena etanol lebih cepat menguap dan bercampur dengan udara karena viskositasnya yang rendah maka lebih mudah diatomisasi serta lebih cepat terbakar dan menyebabkan tinggi api semakin pendek.

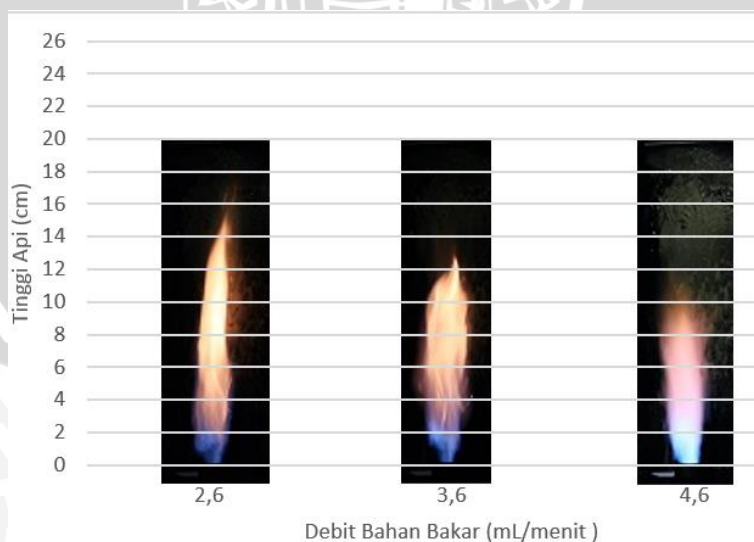


Gambar 4.2 Visualisasi nyala api dengan variasi persentase etanol pada debit bahan bakar : a. 2,6 mL/menit, b. 3,6 mL/menit, c. 4,6 mL/menit.

4.3.2 Visualisai nyala api pada debit bahan bakar yang berbeda

Dengan debit bahan bakar yang berbeda terlihat api yang dihasilkan juga memiliki perbedaan. Dengan meningkatnya debit bahan bakar, api yang dihasilkan memiliki tinggi yang berbanding terbalik dengan bertambahnya debit bahan bakar. Semakin tinggi debit bahan bakar, tinggi api yang dihasilkan semakin rendah dan warna api kuning kemerahan (Kourmatzis, et al, 2006).

Visualisasi nyala api Gambar 4.3 menunjukkan adanya perbedaan warna api yang dihasilkan pada tiap debit bahan bakar. Terlihat dengan kenaikan debit bahan bakar diiringi dengan meningkatnya debit udara, api yang berwarna biru semakin menurun. Hal ini dikarenakan etanol mempunyai temperatur penguapan dan *heating value* yang lebih rendah dari biodiesel minyak jarak. Dengan kenaikan debit bahan bakar yang diikuti dengan kenaikan debit udara maka kecepatan bahan bakar pun meningkat yang disebabkan karena distribusi udara yang menumbuk bahan bakar semakin besar sehingga butiran droplet semakin kecil dan semakin mudah diatomisasi membuat kecepatan bahan bakar semakin meningkat. Meningkatnya debit bahan bakar dan debit udara membuat uap bahan bakar yang keluar dari *flame holder* memiliki kecepatan yang tinggi. Kecepatan ini berpengaruh terhadap tinggi api yang dihasilkan. Semakin besar kecepatan udara yang menumbuk bahan bakar maka semakin rendah tinggi api yang dihasilkan. Bagian api yang berwarna kuning semakin menurun setiap bertambahnya debit bahan bakar dan udara karena semakin mudah diatomisasi, ukuran droplet lebih kecil lebih mudah menguap dan terbakar.

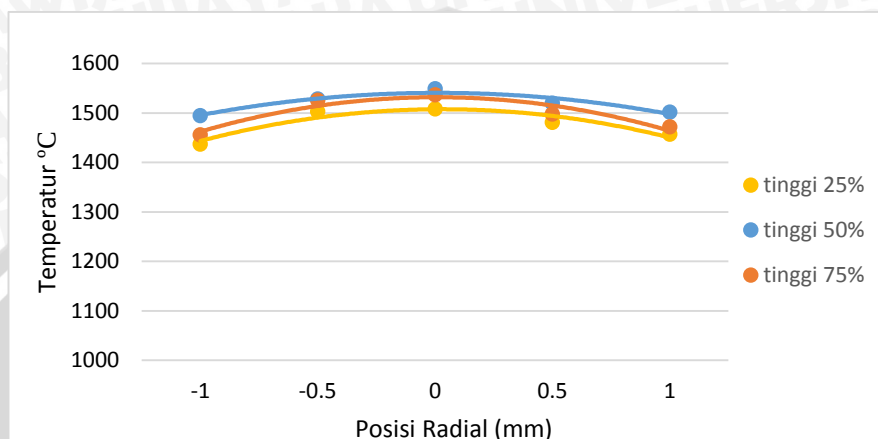


Gambar 4.3 Visualisasi api pembakaran spray campuran biodiesel minyak jarak dan etanol dengan persentase 30% pada debit bahan bakar 2,6 mL/menit , 3,6 mL/menit, 4,6 mL/menit.

4.4 Pembahasan Data Temperatur

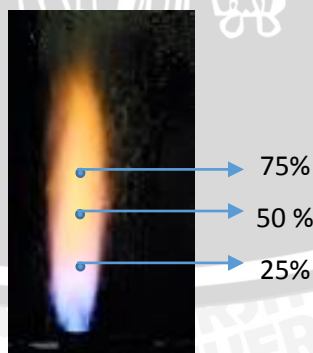
4.4.1 Profil Temperatur pada Persentase Etanol Berbeda.

Dari hasil pengambilan data temperatur api pada sumbu aksial dan radial diperoleh grafik perbandingan temperatur seperti berikut :



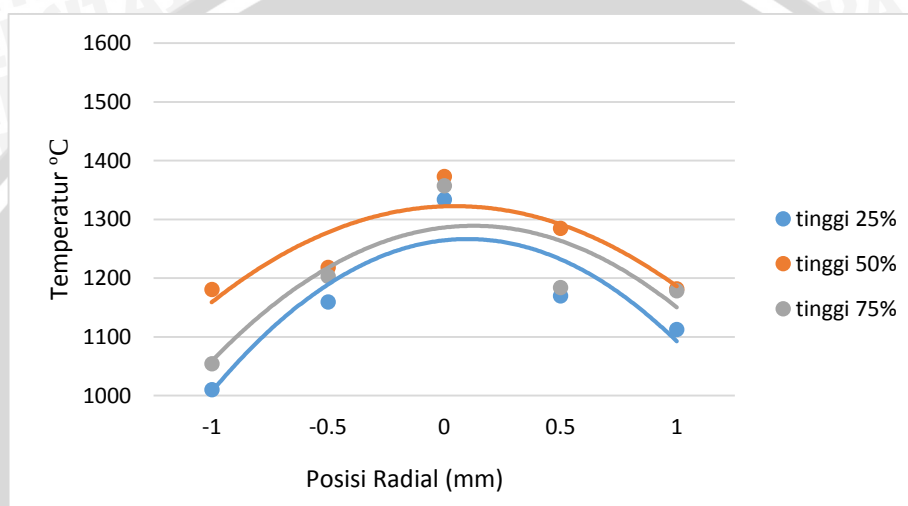
Gambar 4.4 Profil temperatur radial pada campuran etanol 10% debit bahan bakar 4,6 mL/menit.

Dapat dilihat pada gambar 4.4 dimana distribusi temperatur api sumbu radial pada persentase 10% debit bahan bakar 4,6 mL/menit menghasilkan temperatur dengan posisi tinggi api 50 % lebih tinggi daripada tinggi api 75% dan tinggi api 25%. Hal ini karena pada titik 25% merupakan daerah dimana awal mula terjadinya penguapan droplet. Posisi pada titik 50% merupakan daerah dimana hampir seluruh droplet menguap sempurna. Hal ini akan memaksimalkan pelepasan energi panas hasil proses pembakaran. Sehingga diperoleh temperatur dengan nilai tertinggi.



Gambar 4.5 Pengambilan titik temperatur aksial pada Etanol 10% debit bahan bakar 4,6 mL/menit.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada posisi ketinggian 25% api masih berwarna biru keunguan. Pada posisi ketinggian 50% posisi dimana transisi warna api dari api biru menuju ke api kuning. Pada ketinggian 75% warna api kecenderungan berwarna merah atau kekuningan. Dengan seiring berubahnya warna biru menuju warna kemerahan seperti gambar 4.5 maka panjang gelombang yang dihasilkan juga semakin besar (Marselina, et al, 2013). Hal ini menyebabkan temperaturnya pada posisi 75% lebih besar dari posisi 25%.

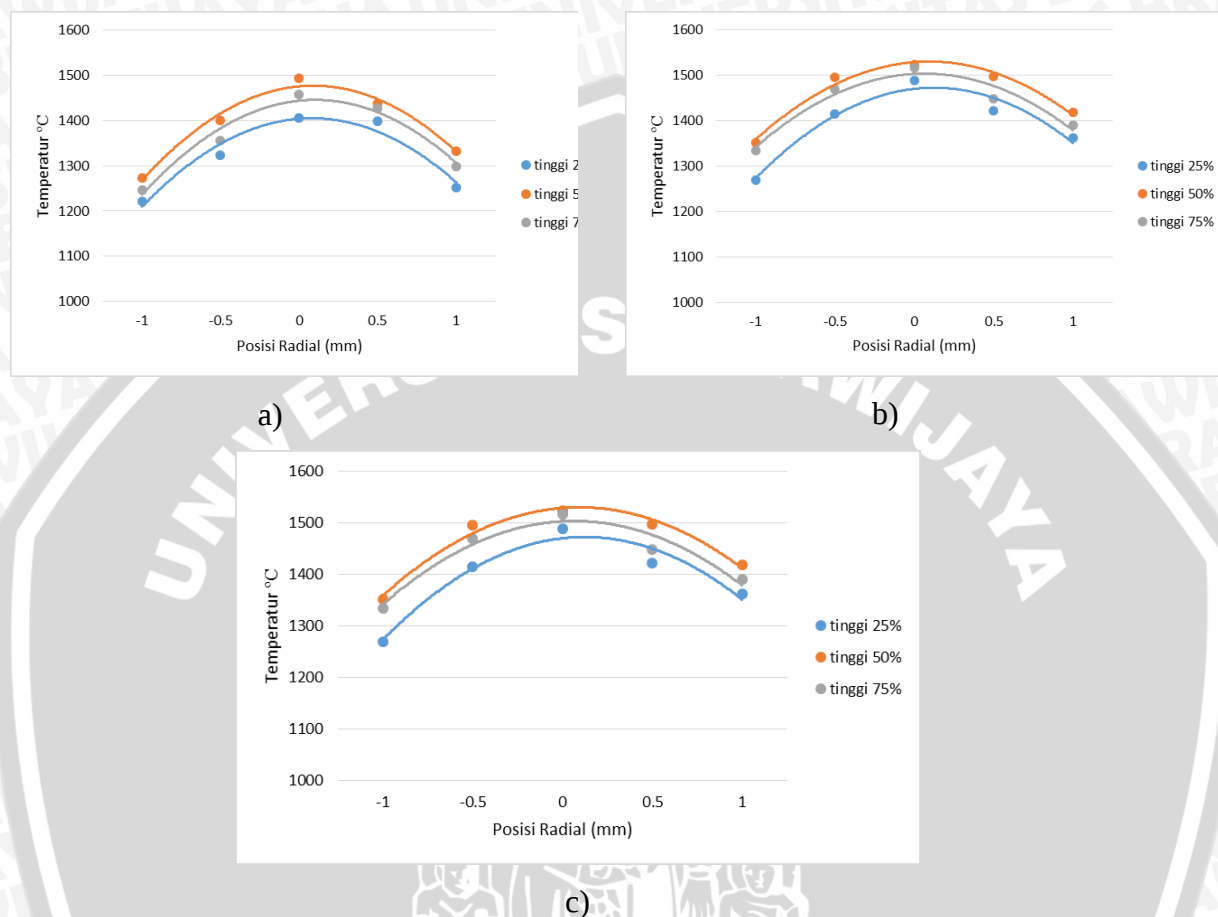


Gambar 4.6 Profil temperatur radial pada campuran etanol 30% debit bahan bakar 4,6 mL/menit.

Pada campuran etanol 30% debit bahan bakar 4.6 mL/menit pada Gambar 4.6 hasil temperatur radial pada ketinggian 50% lebih tinggi selanjutnya temperatur radial ketinggian 75% dan 25%. Hal ini dikarenakan pada posisi 50% tepat pada posisi tengah dari total tinggi api sehingga distribusi droplet yang menyentuh *thermocouple* cenderung merata dan transisi warna api dari api biru menuju ke api kuning. Pada Gambar 4.5 dan 4.6 terlihat bahwa temperatur api pada pembakaran campuran etanol 10% lebih tinggi daripada etanol 30% karena semakin tinggi campuran etanol maka viskositas dari bahan bakar semakin menurun serta nilai kalor bahan bakar juga cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena etanol memiliki *heating value* lebih rendah daripada biodiesel minyak jarak, sehingga semakin banyak campuran etanol maka perpindahan kalor yang terjadi dalam jumlah yang lebih besar ketika persentase etanol lebih besar dan lebih cepat karena lebih cepat menguap. Hal ini mengakibatkan temperatur api lebih tinggi ketika persentase etanol dalam campuran bahan bakar rendah.

4.4.2 Profil Temperatur pada Debit Bahan Bakar Berbeda.

Dari hasil pengambilan data temperatur api pada sumbu aksial dan sumbu radial diperoleh grafik perbandingan temperatur seperti berikut :



Gambar 4.7 Profil temperatur sumbu radial dan aksial pada E30 debit bahan bakar : a. 2.6 mL/menit, b) 3.6 mL/menit, c) 4.6 mL/menit.

Dapat dilihat pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa semakin tinggi debit bahan bakar pada persentase etanol yang sama yaitu dengan campuran 30% etanol (E30) distribusi temperatur yang dihasilkan semakin merata. Bila ketiga grafik diatas dibandingkan, dapat dilihat bahwa distribusi temperatur terbaik diperoleh debit bahan bakar 4.6 mL/menit. Hal ini karena droplet pada debit bahan bakar 4.6 mL/menit memiliki diameter yang lebih kecil dan homogen. Diameter droplet yang semakin kecil dan homogen disebabkan kecepatan udara pada debit udara yang semakin besar seiring bertambahnya debit bahan bakar. Semakin tinggi debit bahan bakar, debit udara juga semakin besar maka momentum yang dihasilkan untuk mengatomisasi bahan bakar lebih besar, sehingga lebih mudah terbentuk droplet dengan diameter yang lebih kecil dan

homogen. Diameter droplet yang homogen dan ukurannya yang semakin kecil menyebabkan droplet cepat menguap dan bercampur dengan udara sehingga lebih mudah terbakar dan melepaskan energi pembakaran dengan distribusi yang merata.

