

BAB 4 HASIL dan ANALISA

4.1 Data Hasil Percobaan

Pada proses penelitian ini, digunakan dua buah ring AISI 304 dengan kondisi dimensi yang dibedakan adalah diameter ring dalamnya. Diameter yang digunakan adalah diameter dalam 10 mm dan 14 mm. Sedangkan diameter luar dan ketebalan kedua ring tersebut sama, yaitu 30 mm sebagai diameter luar dan 5 mm sebagai ketebalan dari ringnya.

Adapun percobaan dilakukan:

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter barrel} & : D_b = 14 \text{ mm} \\
 \text{Diameter luar kedua material} & : d_o = 30 \text{ mm} = 14 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 \text{Diameter dalam material} & : d_i = 10 \text{ mm} = 10^{-2} \text{ m} \\
 & d_i = 14 \text{ mm} = 1.4 \times 10^{-2} \text{ m} \\
 g & = 9,8 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Kelembaban relatif ruangan 65 %

Kemurnian bahan bakar Propana (C_3H_8) 98%

Temperatur ruangan = $32^{\circ}C$

Data hasil percobaan dapat dilihat pada bagian lampiran.

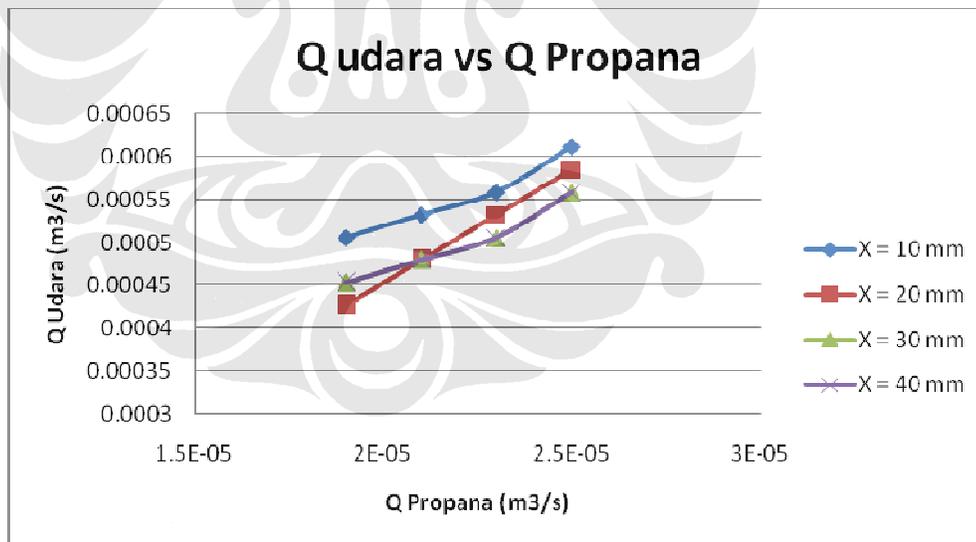
4.2 Data dan Analisis Perbedaan Kapasitas Udara Lift-up

4.2.1 Kapasitas Udara Ring 10 mm

Tabel 4. 1 Kapasitas Udara pada ring 10 mm

Ketinggian ring (X) (mm)	Indikator Aliran gas (cm)	ΔH Udara (mm H ₂ O) Lift up	Q udara (m ³ /s)	Q Gas (m ³ /s)
10	0.5	0.15	0.000506169	0.000019
	1	0.16	0.000532569	0.000021

	1.5	0.17	0.00055897	0.000023
	2	0.19	0.00061177	0.000025
20	0.5	0.12	0.000426969	0.000027
	1	0.14	0.000479769	0.000029
	1.5	0.16	0.000532569	0.000031
	2	0.18	0.00058537	0.000033
30	0.5	0.13	0.000453369	0.000035
	1	0.14	0.000479769	0.000037
	1.5	0.15	0.000506169	0.000039
	2	0.17	0.00055897	0.000041
40	0.5	0.13	0.000453369	0.000043
	1	0.14	0.000479769	0.000045
	1.5	0.15	0.000506169	0.000047
	2	0.17	0.00055897	0.000049



Gambar 4. 1 Laju Aliran Udara vs Laju Aliran Gas

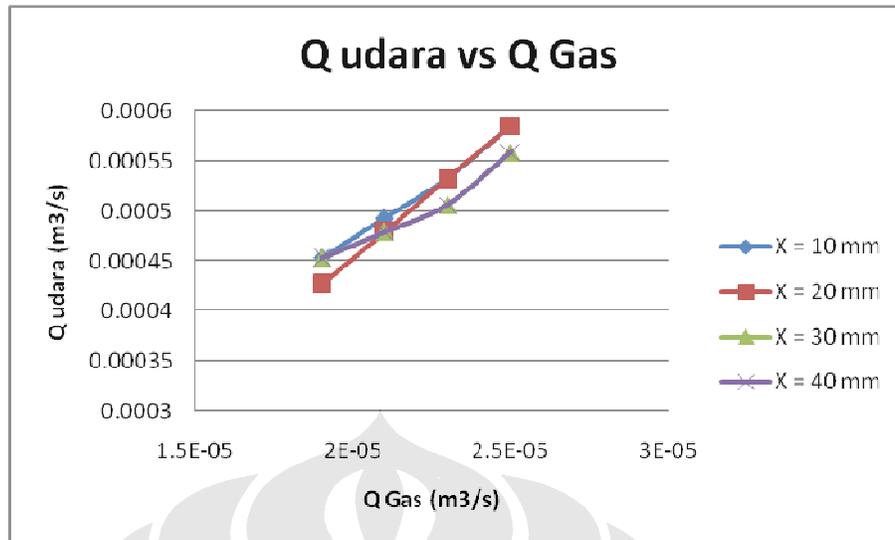
Pada Grafik di atas mengenai perbandingan kapasitas udara dan bahan bakar propana yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi fenomena *flame lift-up*. Kondisi yang sudah ditentukan adalah jumlah bahan bakar propana yang dialirkan melalui burner. Pada kondisi jarak ring terhadap burner didapat bahwa laju aliran udara

akan selalu bertambah seiring dengan semakin banyaknya jumlah bahan bakar yang dialirkan. Laju aliran udara yang terbesar dibutuhkan oleh ring dengan jarak 10 mm. Kemudian tingkat kebutuhannya menurun sebanding dengan bertambah ketinggian ring.

4.2.2 Kapasitas Udara Ring 14 mm

Tabel 4. 2 Kapasitas udara Ring 14 mm

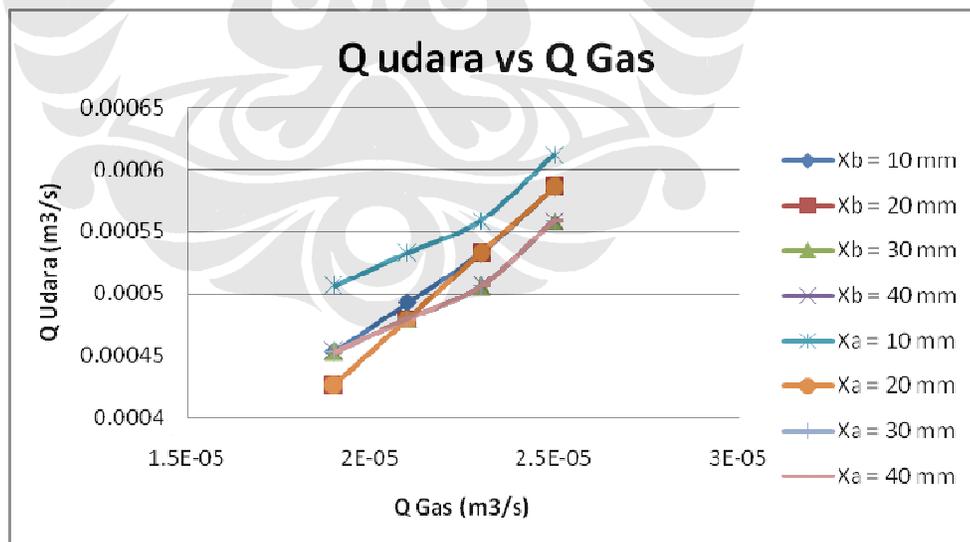
Ketinggian ring (X) (mm)	Indikator Aliran gas (cm)	ΔH Udara (mm H ₂ O)	Q udara (m ³ /s)	Q Gas (m ³ /s)
10	0.5	0.13	0.000453369	0.000019
	1	0.145	0.000492969	0.000021
	1.5	0.16	0.000532569	0.000023
	2	0.18	0.00058537	0.000025
20	0.5	0.12	0.000426969	0.000019
	1	0.14	0.000479769	0.000021
	1.5	0.16	0.000532569	0.000023
	2	0.18	0.00058537	0.000025
30	0.5	0.13	0.000453369	0.000019
	1	0.14	0.000479769	0.000021
	1.5	0.15	0.000506169	0.000023
	2	0.17	0.00055897	0.000025
40	0.5	0.13	0.000453369	0.000019
	1	0.14	0.000479769	0.000021
	1.5	0.15	0.000506169	0.000023
	2	0.17	0.00055897	0.000025



Gambar 4. 2 Laju Aliran Udara vs Laju Aliran Gas

Pada kondisi ring yang diperbesar menjadi 14 mm, ternyata didapatkan kondisi yang tidak jauh berbeda dibanding dengan kondisi ring berukuran diameter 10 mm. Hal yang membedakan adalah jumlah udara yang dibutuhkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan kondisi ring 10 mm.

4.2.3 Perbandingan Laju Aliran Udara Ring 10 mm dan 14 mm



Gambar 4. 3 Laju Aliran Udara vs Laju Aliran Gas

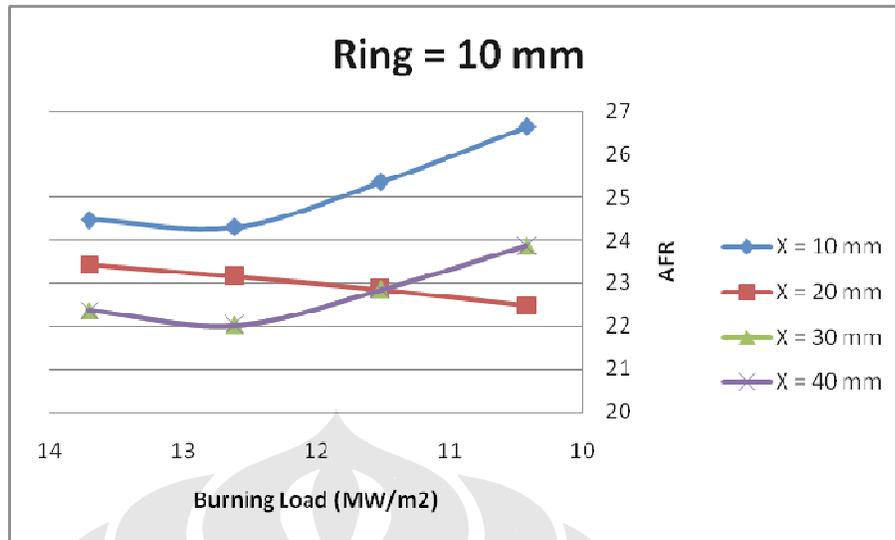
Pada gambar diatas dibandingkan laju aliran udara dengan laju aliran gas. Perbandingan ini juga termasuk atas perbandingan terhadap ring dengan ukuran

10 mm dan 14 mm. Pada gambar diatas Xa adalah ring diameter 10 mm dan Xb adalah ring diameter 14 mm. Perbandingannya adalah pada kondisi ring dengan diameter 10 mm lebih membutuhkan udara yang lebih banyak dibanding dengan ring dengan diameter 14 mm. Hal ini dikarenakan diameter yang lebih kecil sehingga ring membutuhkan udara yang lebih banyak untuk mempercepat prose *lift-up*.

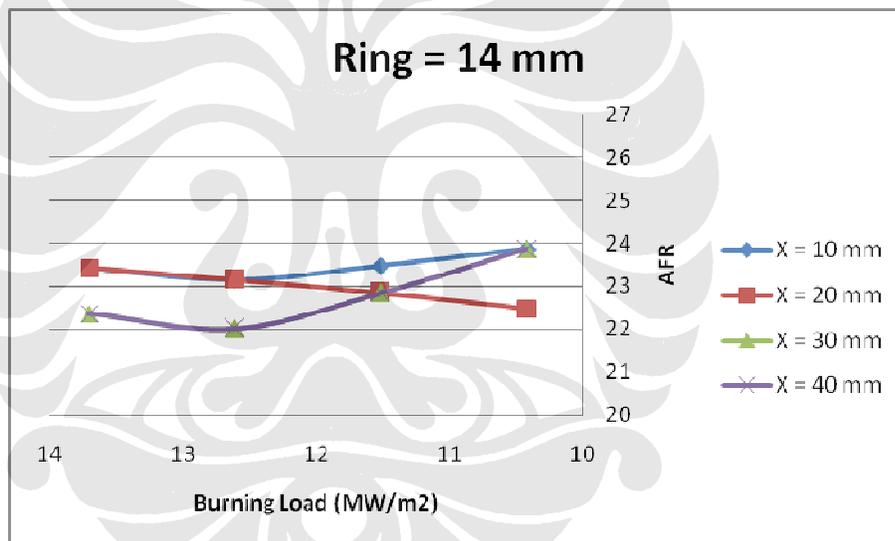
4.3 Data dan Analisis AFR Berbanding Burning Load

Tabel 4. 3 Data AFR Lift-up R 10 dan R 14

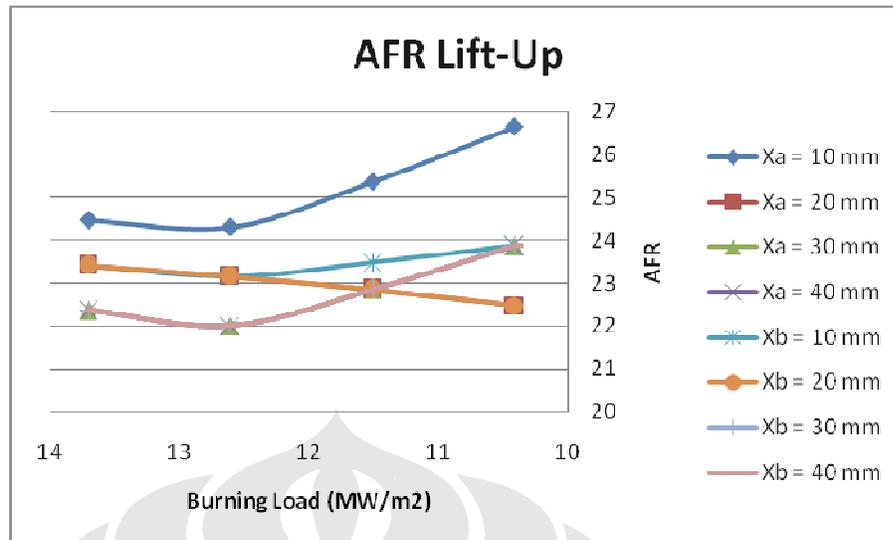
Ketinggian ring (X) (mm)	Indikator Aliran gas (cm)	Burning Load (MW/m ²)	AFR Lift-up	
			R = 10 mm	R = 14 mm
10	0.5	10.41670246	26.64049211	23.86153526
	1	11.51319745	25.36044952	23.47472881
	1.5	12.60969245	24.30302304	23.15519304
	2	13.70618744	24.4707884	23.4147848
20	0.5	10.41670246	22.47205684	22.47205684
	1	11.51319745	22.84615524	22.84615524
	1.5	12.60969245	23.15519304	23.15519304
	2	13.70618744	23.4147848	23.4147848
30	0.5	10.41670246	23.86153526	23.86153526
	1	11.51319745	22.84615524	22.84615524
	1.5	12.60969245	22.00736304	22.00736304
	2	13.70618744	22.3587812	22.3587812
40	0.5	10.41670246	23.86153526	23.86153526
	1	11.51319745	22.84615524	22.84615524
	1.5	12.60969245	22.00736304	22.00736304
	2	13.70618744	22.3587812	22.3587812



Gambar 4. 4 AFR vs BL pada Ring = 10 mm



Gambar 4. 5 AFR vs BL pada Ring 14 mm



Gambar 4. 6 AFR vs Burning Load Kondisi Lift-Up

Gambar diatas mengenai AFR vs Burning Load yang berdasarkan ukuran diameter dalam ring yang digunakan. Pada gambar diatas, ring berdiameter 10 mm diwakili dengan symbol Xa sedangkan ring dengan diameter 14 mm diwakili dengan symbol Xb. Secara umum baik ring berdiameter 10 mm dan diameter 14 mm mengalami kenaikan nilai AFR nya sebanding dengan penurunan dari nilai *Burning Load*nya. Pada grafik di atas juga dapat dilihat terjadinya kurva yang menurun pada setiap ketinggian ring. Kenaikan nilai AFR ini dipengaruhi oleh laju aliran udara terhadap laju aliran bahan bakarnya. Apabila laju aliran gas semakin rendah dengan kondisi laju aliran udara tetap, maka nilai AFR akan menjadi tinggi. Pada *Burning Load* sesuai dengan persamaannya ($BL = \frac{\dot{m}_f \times HV}{A}$), didapat bahwa nilai *Burning Load* dipengaruhi oleh banyaknya gas yang dialirkan, hal ini berarti semakin besar nilai dari laju aliran bahan bakar akan membuat nilai *Burning Load* menjadi ikut besar. Hal ini berarti berlawanan dengan hasil yang diberikan oleh AFR.

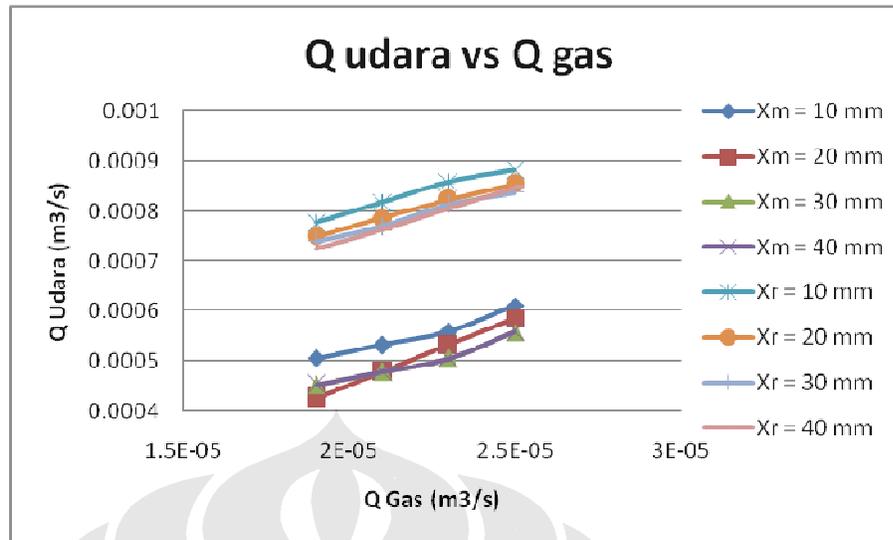
Berdasarkan posisi ring yang diletakkan di atas mulut *burner*, semakin tinggi posisi ring maka nilai AFR nya secara umum adalah menurun. Nilai AFR yang paling tinggi didapat pada kondisi posisi ring berjarak 10 mm dari mulut burner. Hal ini berarti campuran udara dan bahan bakar lebih banyak udaranya. Menuju ring dengan posisi 20 mm, ternyata didapat nilai AFR yang cukup jauh

dibandingkan dengan posisi 10 mm. Namun pada kondisi ring yang diposisikan pada 30 dan 40 mm, didapat selisih nilai AFR nya tidak lah sebesar posisi 10 dan 20 mm. Bahkan pada posisi 30 dan 40 beberapa posisi memiliki nilai yang sama. Hal ini berarti semakin tinggi posisi ring, perbedaan nilai AFRnya akan semakin kecil mendekati suatu nilai limit tertentu. Penyebabnya adalah hambatan yang ditimbulkan oleh posisi ring terhadap burner. Apabila semakin dekat dengan mulut burner maka dibutuhkan aliran campuran bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan posisi yang lebih jauh dari mulut burner.

4.4 Perbandingan Kapasitas Udara Antara Manometer dan Rotameter

Tabel 4. 4 Data Perbandingan Kapasitas Udara dengan Menggunakan Manometer dan Rotameter.

Ketinggian ring (X) (mm)	Indikator Aliran gas (cm)	ΔH_2 Udara (mm H ₂ O) Lift up	Q udara (m ³ /s)		Q Gas (m ³ /s)
			Manometer	Rotameter	
10	0.5	0.15	0.000506169	0.00078	0.000019
	1	0.16	0.000532569	0.00082	0.000021
	1.5	0.17	0.00055897	0.00086	0.000023
	2	0.19	0.00061177	0.00088	0.000025
20	0.5	0.12	0.000426969	0.00075	0.000019
	1	0.14	0.000479769	0.00079	0.000021
	1.5	0.16	0.000532569	0.00082	0.000023
	2	0.18	0.00058537	0.00085	0.000025
30	0.5	0.13	0.000453369	0.00074	0.000019
	1	0.14	0.000479769	0.00077	0.000021
	1.5	0.15	0.000506169	0.00081	0.000023
	2	0.17	0.00055897	0.00084	0.000025
40	0.5	0.13	0.000453369	0.00073	0.000019
	1	0.14	0.000479769	0.00076	0.000021
	1.5	0.15	0.000506169	0.00081	0.000023
	2	0.17	0.00055897	0.00085	0.000025



Gambar 4. 7 Grafik Q Udara vs Q Gas

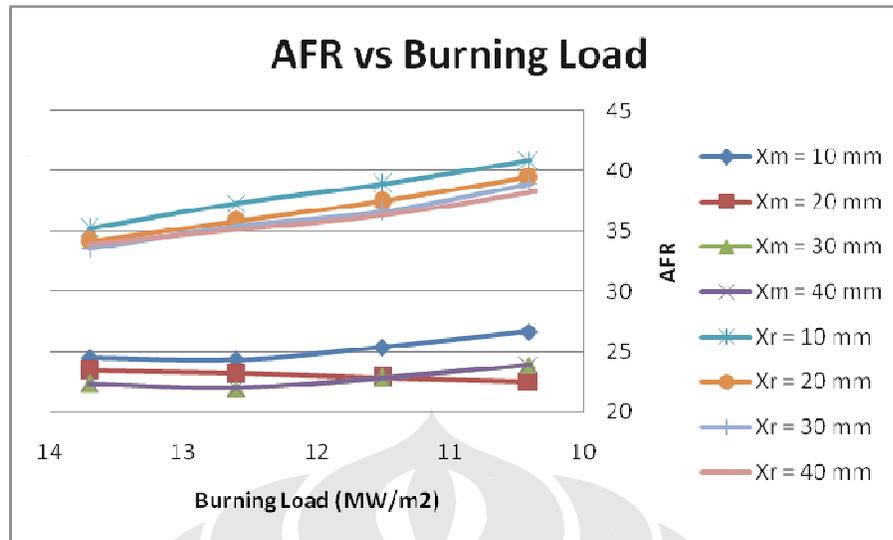
Grafik di atas menandakan perbedaan yang ada antara pengukuran kapasitas udara yang dialirkan dengan menggunakan manometer dan menggunakan rotameter. Pengukuran dengan manometer disimbolkan dengan X_m dan pengukuran dengan menggunakan rotameter disimbolkan dengan X_r . Pada grafik di atas didapat pengukuran dengan rotameter memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran dengan manometer. Selain itu pengukuran dengan menggunakan rotameter grafiknya lebih halus dibandingkan dengan manometer. Akan tetapi secara umum kecenderungan grafiknya antara manometer dan rotameter adalah sama, yaitu nilai kapasitas udara yang dibutuhkan semakin meningkat sebanding dengan kenaikan laju aliran gas bahan bakar.

Pada tabel diatas didapat perbandingan antara jumlah kapasitas udara yang diukur dengan menggunakan Manometer dan Rotameter. Didapat adanya perbedaan nilai yang dimiliki namun memiliki kesamaan pada pergerakan nilai jumlah udara yang dibutuhkan setiap perubahan jumlah aliran gas.

4.5 Perbandingan AFR vs Burning Load Antara Pengukuran dengan Manometer dan Rotameter

Tabel 4. 5 Data Perbandingan AFR dengan menggunakan Manometer dan Rotameter

Ketinggian ring (X) (mm)	Indikator Aliran gas (cm)	Burning Load (MW/m ²)	AFR	
			Manometer	Rotameter
10	0.5	10.41670246	26.64049211	40.87894737
	1	11.51319745	25.36044952	38.91714286
	1.5	12.60969245	24.30302304	37.29652174
	2	13.70618744	24.4707884	35.2592
20	0.5	10.41670246	22.47205684	39.45578947
	1	11.51319745	22.84615524	37.46857143
	1.5	12.60969245	23.15519304	35.82695652
	2	13.70618744	23.4147848	34.1776
30	0.5	10.41670246	23.86153526	38.92210526
	1	11.51319745	22.84615524	36.66380952
	1.5	12.60969245	22.00736304	35.38608696
	2	13.70618744	22.3587812	33.5016
40	0.5	10.41670246	23.86153526	38.21052632
	1	11.51319745	22.84615524	36.34190476
	1.5	12.60969245	22.00736304	35.09217391
	2	13.70618744	22.3587812	33.9072



Gambar 4. 8 AFR vs BL Antara Manometer Dengan Rotameter

Pada tabel dan gambar di atas didapat perbandingan antara jumlah kapasitas udara yang diukur dengan menggunakan Manometer dan Rotameter. Pengukuran yang dilakukan adalah menggunakan rotameter sebagai pengatur aliran gas, sedangkan untuk pengukur aliran udara digunakan rotameter dan manometer. gambar di atas merupakan hasil dari kedua jenis pengukuran laju aliran udara. Secara Umum data yang didapat memiliki kesamaan yaitu nilai AFR yang menurun sepanjang kenaikan nilai Burning Load.

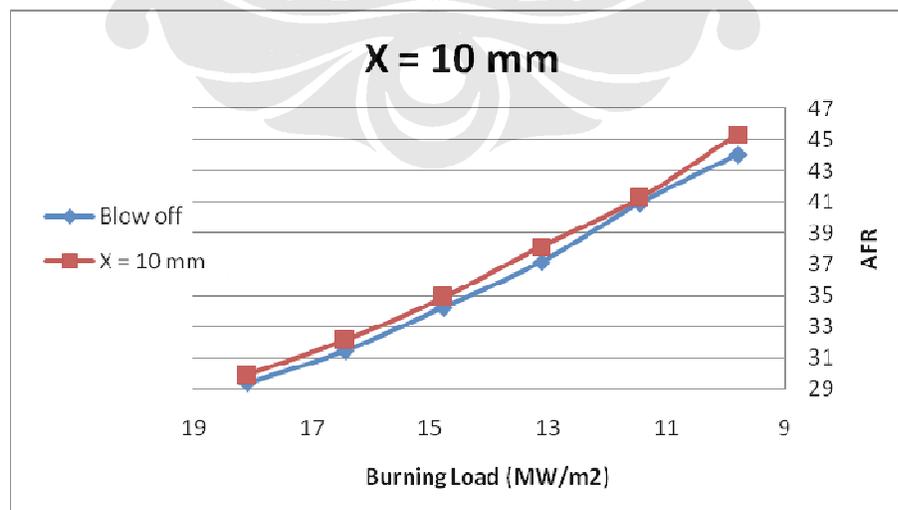
4.6 Pengambilan Data dengan Rotameter Sebagai Penyalur Udara dan Manometer Sebagai Penyalur Bahan Bakar

Pengambilan data ini adalah sebagai pembandingan antara hasil penggunaan antara manometer sebagai penyalur udara dan rotameter sebagai penyalur gas bahan bakar seperti yang dijelaskan di atas, dengan manometer sebagai penyalur gas bahan bakar dan rotameter sebagai penyalur udara. Adapun ring yang digunakan adalah ring dengan ukuran diameter = 10 mm.

Data yang diambil dan dianalisis tetap sama yaitu kebutuhan campuran udara dan bahan bakar terhadap kemampuan api untuk mencapai fenomena *flame lift-up*. Adapun hasil yang didapat adalah:

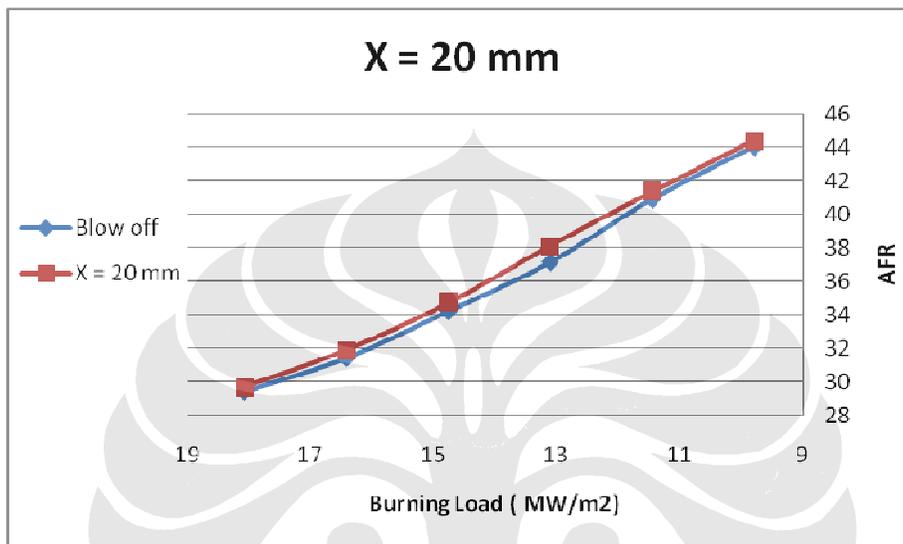
Tabel 4. 6 Data AFR Lift-Up R = 10 mm

Tinggi Ring	ΔH_2 (mm H ₂ O)	Indikator Aliran Udara	Burning Load (MW/m ²)	AFR
X = 10 mm	200	21.5	9.796689362	45.35762853
	250	23	11.45513804	41.21737715
	300	24.5	13.11358672	38.12434414
	350	25.3	14.7720354	34.84770321
	400	26	16.43048408	32.11975001
	450	26.7	18.08893276	29.892011
X = 20 mm	200	21	9.796689362	44.41186182
	250	23.1	11.45513804	41.37914531
	300	24.5	13.11358672	38.12434414
	350	25.2	14.7720354	34.72225831
	400	25.8	16.43048408	31.89418434
	450	26.5	18.08893276	29.68712588
X = 30 mm	200	21	9.796689362	44.41186182
	250	23	11.45513804	41.21737715
	300	24.5	13.11358672	38.12434414
	350	25.1	14.7720354	34.5968134
	400	25.8	16.43048408	31.89418434
	450	26.5	18.08893276	29.68712588
X = 40 mm	200	21	9.796689362	44.41186182
	250	23	11.45513804	41.21737715
	300	24.5	13.11358672	38.12434414
	350	25	14.7720354	34.4713685
	400	25.7	16.43048408	31.78140151
	450	26.3	18.08893276	29.48224076

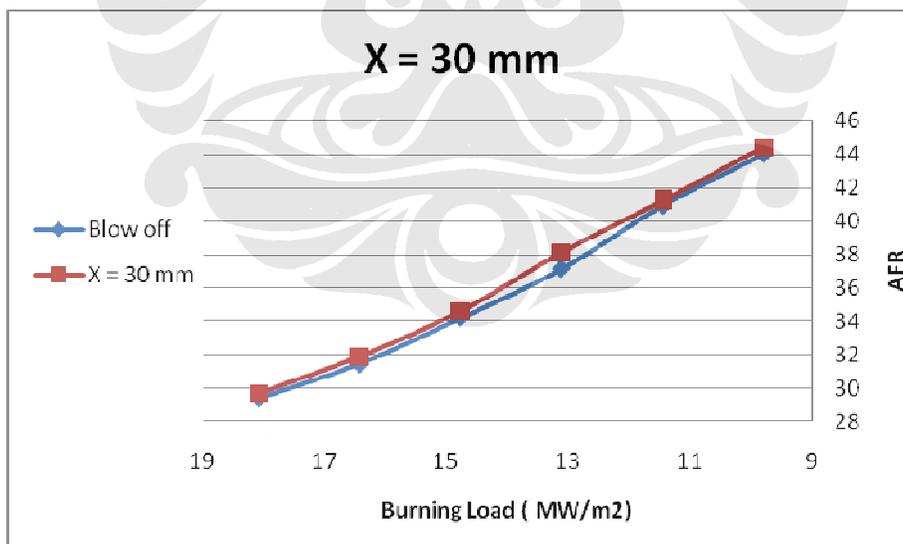


Gambar 4. 9 AFR vs BL pada X = 10 mm

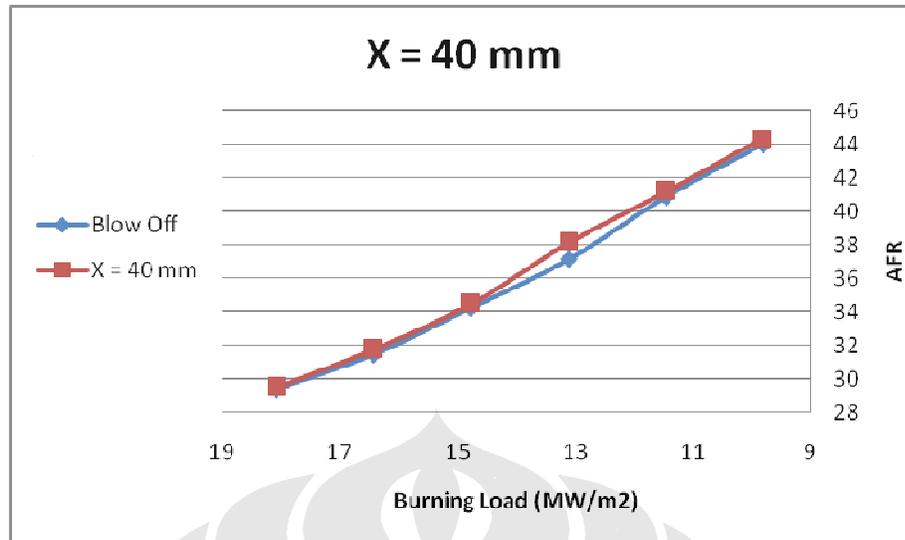
Pada Gambar diatas didapat bahwa nilai dari AFR pada kondisi ring berada pada posisi 10 mm di atas burner adalah lebih besar dari nilai AFR pada kondisi blow off tanpa menggunakan ring. Hal ini berarti penggunaan ring dapat membuat api tidak menjadi mati, melainkan mampu tetap menyala meskipun nilai AFR nya diperbanyak.



Gambar 4. 10 AFR vs BL pada X = 20 mm



Gambar 4. 11 AFR vs BL pada X = 30 mm



Gambar 4. 12 AFR vs BL pada X = 40 mm

Berdasarkan grafik-grafik yang ada diatas, didapat seluruh nilai dari AFR pada setiap ketinggian ring memiliki trend yang sama. Trend yang dimiliki adalah nilai dari AFR akan menurun seiring dengan bertambahnya nilai dari Burning Loadnya. Selain itu nilai dari AFR yang dibutuhkan oleh api untuk mencapai fenomena *flame lift-up* adalah lebih besar dibanding dengan nilai AFR yang didapat ketika terjadi *blow-off*.

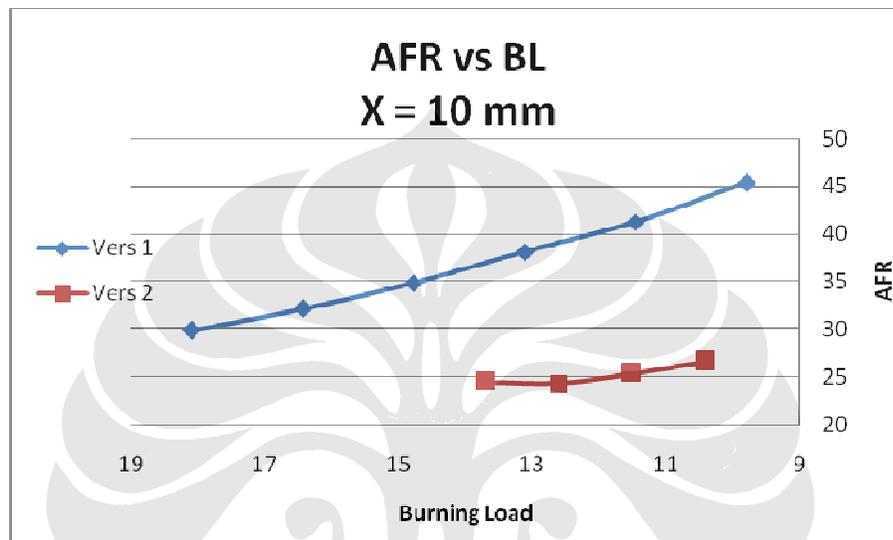
Perbandingan antara nilai AFR yang dibutuhkan untuk mengalami fenomena *flame lift-up* dengan AFR pada *blow-off* adalah rata-rata sebesar 1.5 %. Nilai ini berarti kenaikan AFR pada fenomena *flame lif-up* tidak lah terlalu besar dibanding AFR *blow off*. Disimpulkan bahwa fenomena *flame lift-up* dapat terjadi apabila nilai AFR untuk *blow off* sudah tercapai dan tidak membutuhkan selisih AFR yang besar untuk mencapainya.

4.7 Analisa Perbedaan Manometer dengan Rotameter

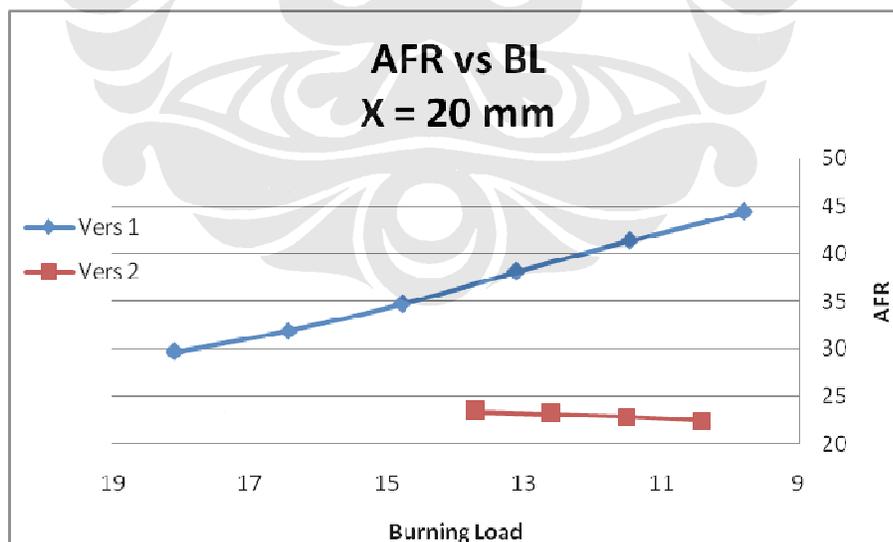
Pada perbandingan kali ini, akan dibandingkan antara penggunaan manometer sebagai penyalur bahan bakar gas dan rotameter sebagai penyalur udara dengan manometer sebagai penyalur udara dan rotameter sebagai penyalur gas serta penggunaan rotameter sebagai penyalur gas dan udara. Pada analisis yang akan diberikan pada grafik, digunakan vers 1 sebagai tanda dari manometer penyalur gas dan rotameter penyalur udara, kemudian vers 2 sebagai manometer penyalur

udara dan rotameter sebagai penyalur gas, dan vers 3 tanda dari rotameter sebagai penyalur gas dan udara. Diameter ring yang digunakan adalah ring berukuran 10 mm.

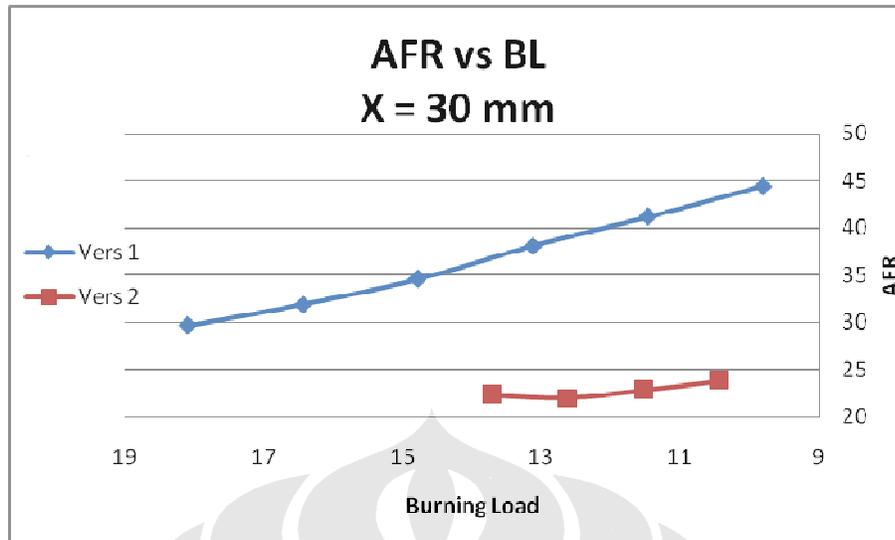
Sebagai awal dari analisis ini, akan dimulai dari perbandingan antara vers 1 dan vers 2.



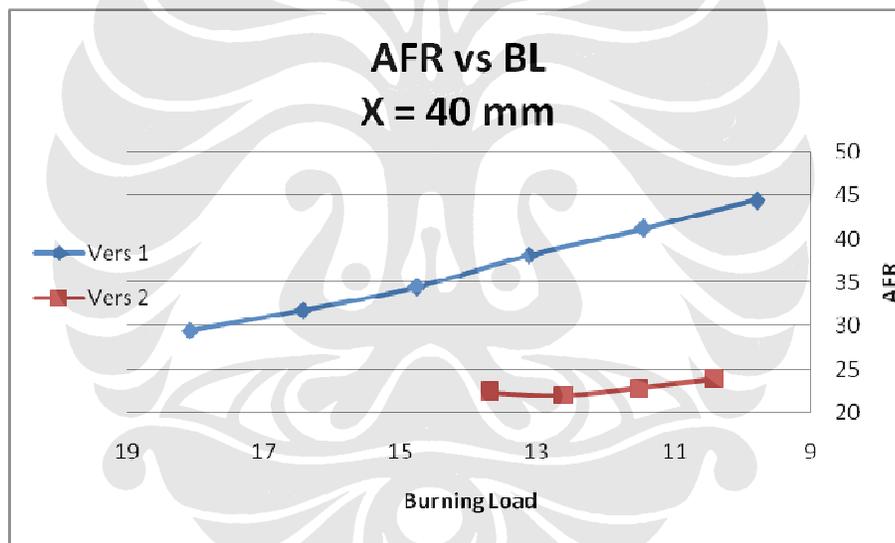
Gambar 4. 13 AFR vs BL pada X = 10 mm



Gambar 4. 14 AFR vs BL pada X = 20 mm



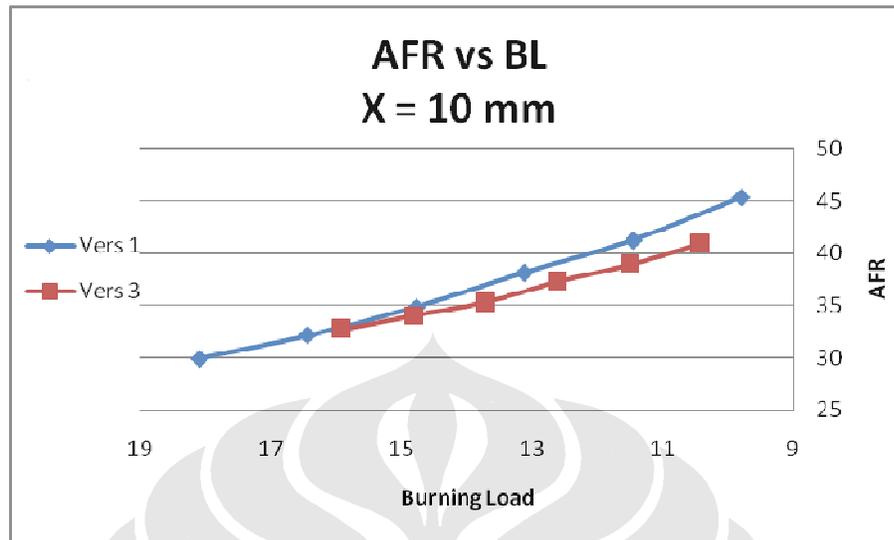
Gambar 4. 15 AFR vs BL pada X = 30 mm



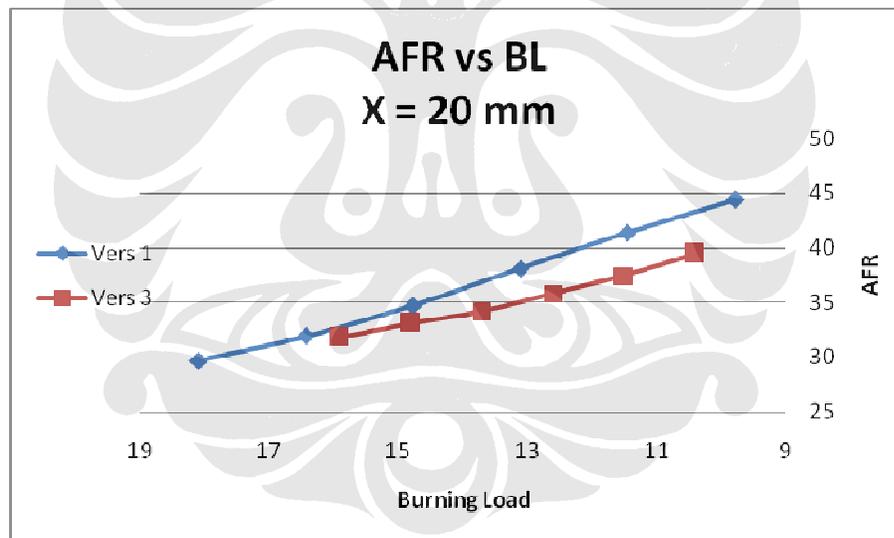
Gambar 4. 16 AFR vs BL pada X = 40 mm

Dari keempat gambar di atas didapat bahwa nilai AFR berbanding Burning Load baik pada vers 1 maupun vers 2, didapat nilai yang berbeda cukup jauh. Persamaan antara kedua vers tersebut hanyalah pada terjadinya kenaikan nilai AFR ketika semakin menurunnya nilai Burning Loadnya.

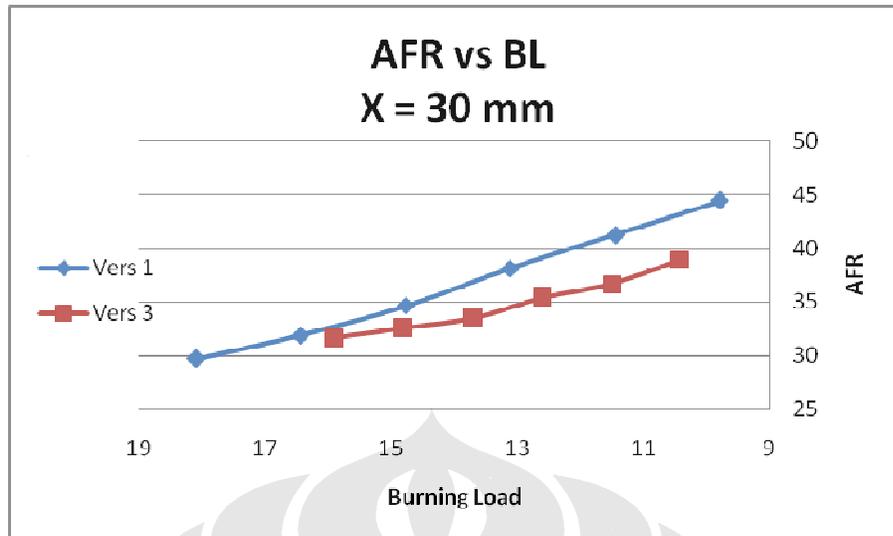
Kemudian analisis yang selanjutnya adalah antara vers 1 dan vers 3.



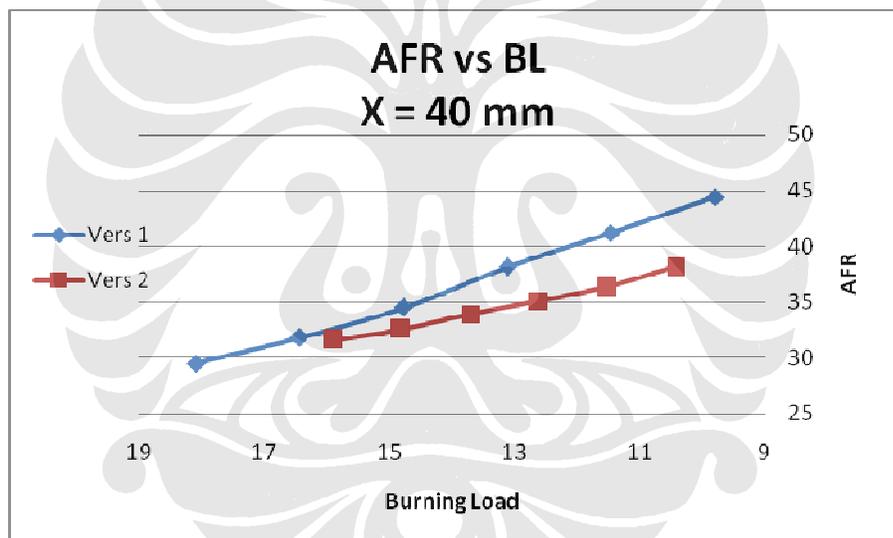
Gambar 4. 17 AFR vs BL pada X = 10 mm



Gambar 4. 18 AFR vs BL pada X = 20 mm



Gambar 4. 19 AFR vs BL pada X = 30 mm



Gambar 4. 20 AFR vs BL pada X = 40 mm

Dari keempat gambar di atas didapat hasil yang berbeda dengan perbandingan antara vers 1 dan vers 2. Pada perbandingan antara vers 1 dan vers 3 ini didapat bahwa nilai AFR keduanya mengalami penurunan sebanding dengan kenaikan nilai Burning Load. Hal yang membedakan antara perbandingan antara vers 1 – vers 2 dengan perbandingan vers 1- vers 3 didapat bahwa nilai dari versi 1 dan vers 3 tidak terlampau jauh bila dibandingkan dengan vers 1 dan 2.

Adapun perbandingan antara vers 1 dan vers 3 adalah rata-rata sebesar 6.7 %. Nilai ini didapat dari selisih AFR antara vers 1 dan 3 dibanding dengan vers 3.

Dari perbandingan antara vers 1, 2, dan vers 3 didapat bahwa nilai AFR yang dibutuhkan ternyata akan sangat besar nilainya apabila alat yang digunakan sebagai penyalur udara adalah rotameter. Pada vers 1 dan 3 yang berbeda adalah pada penyaluran bahan bakar propane, sedangkan yang sama adalah penyalur udaranya yaitu menggunakan rotameter. Dilihat dari perbandingan yang dilakukan diatas baik antara vers 1 dan 2 serta vers 2 dan 3 didapat adanya perbedaan yang cukup besar diantara penggunaan rotameter sebagai pengukur laju aliran udara dengan manometer sebagai pengukur laju aliran udara.

Analisa terhadap perbedaan ini didapat dari alat yang digunakan, dengan kata lain dari penggunaan rotameter untuk penyalur udara. Rotameter yang menyalurkan udara menggunakan kipas sebagai pemompa udara ke burner. Berbeda dengan manometer yang hanya menggunakan pompa yang sudah diberi regulator untuk menjaga tekanan yang masuk konstan. Penambahan kipas dapat membuat terjadinya getaran ataupun perbedaan jumlah udara yang dialirkan. Hal ini lah yang membuat data yang didapat menjadi berbeda antara rotameter dengan manometer.

Sebagai tindak lanjut terhadap penelitian ini adalah perlu dilakukan *error analysis* terhadap rotameter sebagai pengukur laju aliran udara. Hal ini untuk mengetahui besaran nilai dari laju udara yang dialirkan oleh rotameter pada kondisi sekarang dibandingkan ketika kondisi rotameter masih sesuai dengan rancangan alatnya. Hasil *error analysis* ini sebagai basis untuk penelitian selanjutnya yang menggunakan rotameter sebagai pengukur laju aliran udara.