

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Pada analisis data penelitian ini untuk mengetahui karakteristik atau struktur api pada burner IDF ialah dengan cara mengukur dan mencatat distribusi temperatur api serta ketinggian api. Tentunya sebelum proses analisis data sudah dilakukan uji coba, setting tekanan, aliran udara bahan bakar, dan pengambilan data terlebih dahulu. Sehingga setelah analisis data nantinya mendapatkan karakteristik dan struktur api dari setiap variabelnya dari perbedaan diameter pipa bahan bakar dan kapasitas aliran udara.

Tabel 4. 1 Variabel pengujian

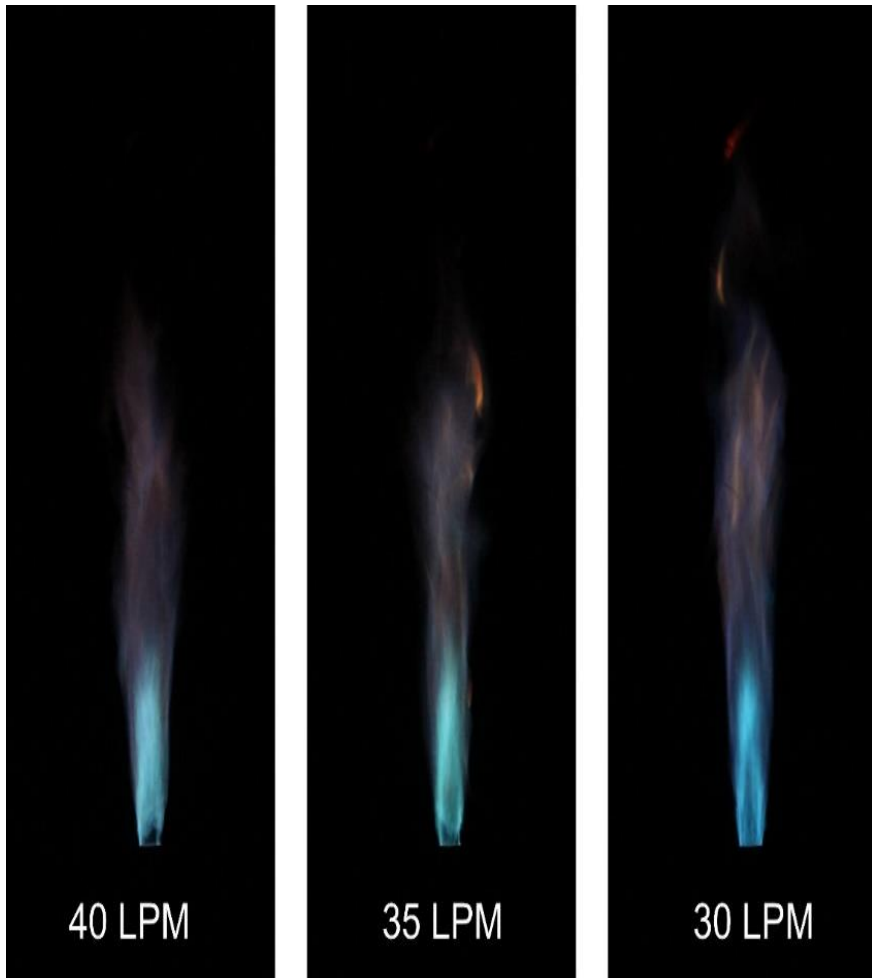
Tekanan Bahan Bakar	Kapasitas Aliran Bahan Bakar	Diameter Pipa Bahan Bakar	Kapasitas Aliran Udara
0,75 bar	3,5 lpm	27 mm	40 lpm
			35 lpm
			30 lpm
		33 mm	40 lpm
			35 lpm
			30 lpm
		36 mm	40 lpm
			35 lpm
			30 lpm

4.1.1 Image Badan Api

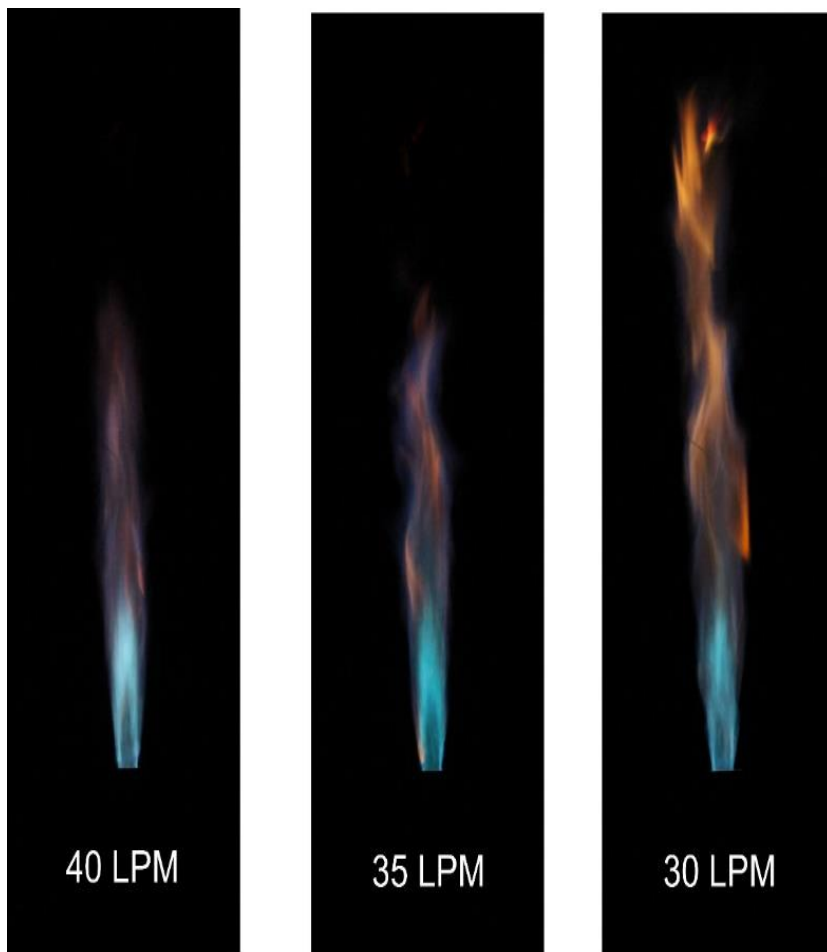
Image badan api adalah sebuah foto atau gambar yang diambil menggunakan kamera DSLR yang bertujuan untuk mengetahui bentuk api dan warna api.



Gambar 4. 1 Image badan api burner 27 mm dengan $Q_f = 3,5$ Lpm



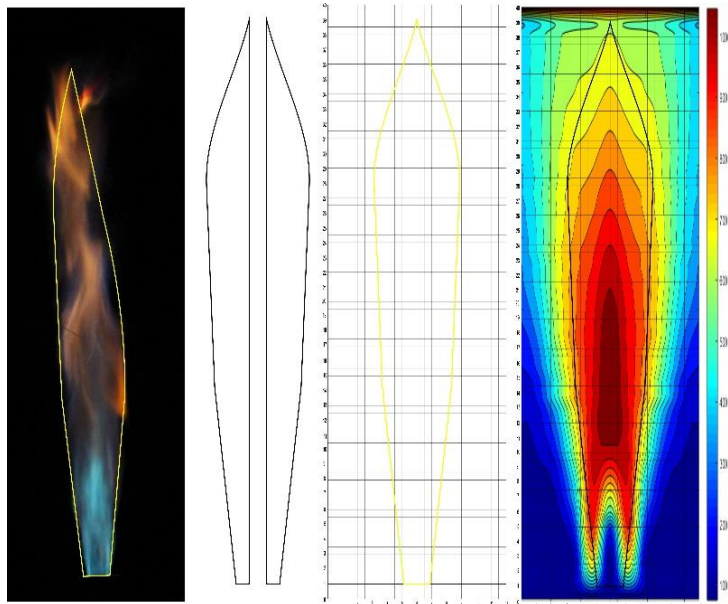
Gambar 4. 2 Image badan api burner 33 mm dengan $Q_f = 3,5 \text{ Lpm}$



Gambar 4. 3 Image badan api burner 36 mm dengan $Q_f = 3,5$ Lpm

4.1.2 Distribusi dan Ketinggian Api

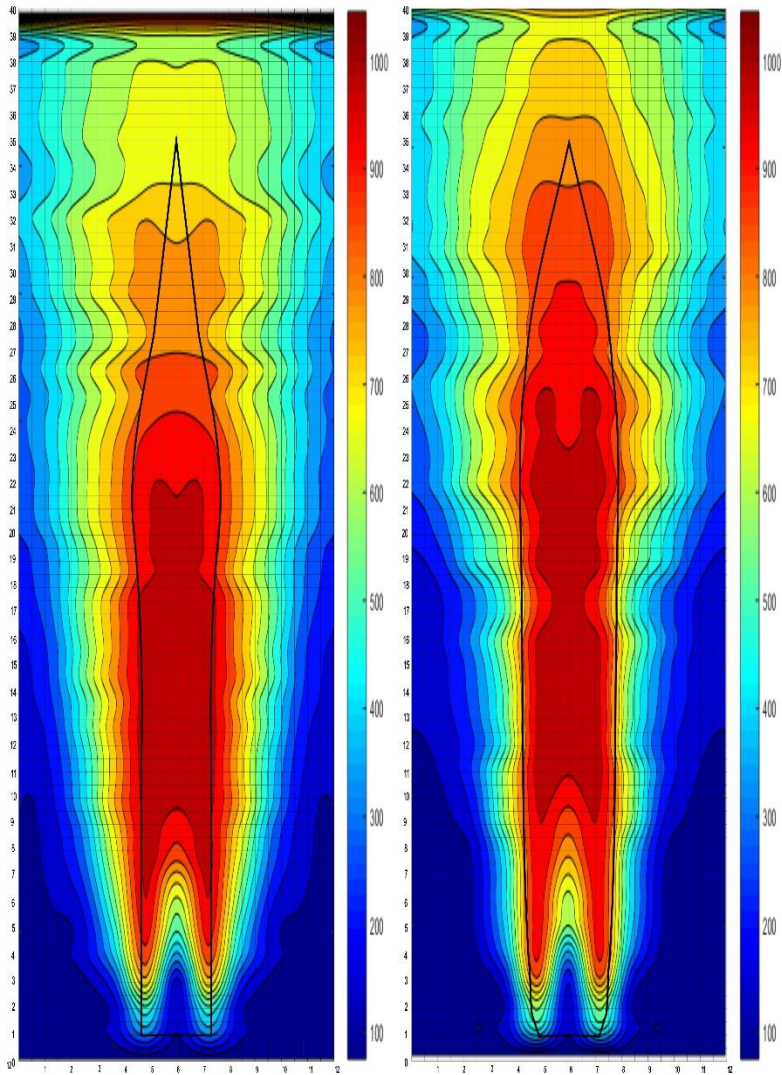
Distribusi temperatur data yang didapat sudah sesuai dengan ketentuan dan prosedur yang ada pada metode penelitian, dan diasumsikan bahwasanya api memiliki bentuk yang simetris sehingga pengukuran setengah sumbu simetrisnya sudah mencerminkan bentuk utuh keseluruhan dari api tersebut.



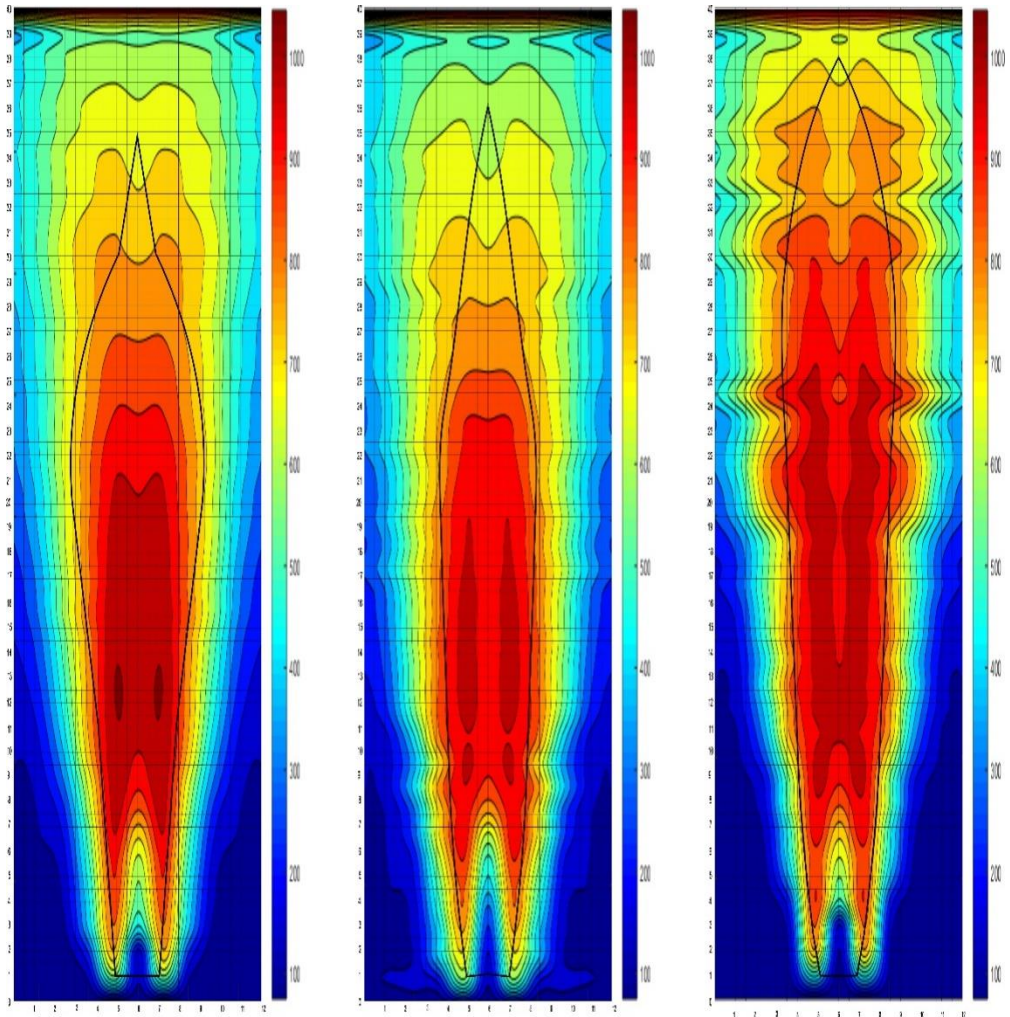
Gambar 4.4 Cara pengukuran ketinggian api

Ketinggian api yang terukur adalah dengan cara menggambar outline (sketsa) pada image badan api yang telah dipotret sebelumnya seperti gambar kiri, kemudian membuat gridlines berukuran 5 mm diatur sebagai latar belakang sketsa api sehingga gambar ditengah menunjukk ketinggian api sama dengan ketinggian api aktual yang telah di teliti. Sedangkan pada gambar sebelah kanan ialah sketsa api yang telah menyatu dengan gridlines dan matlab (distribusi temperatur api).

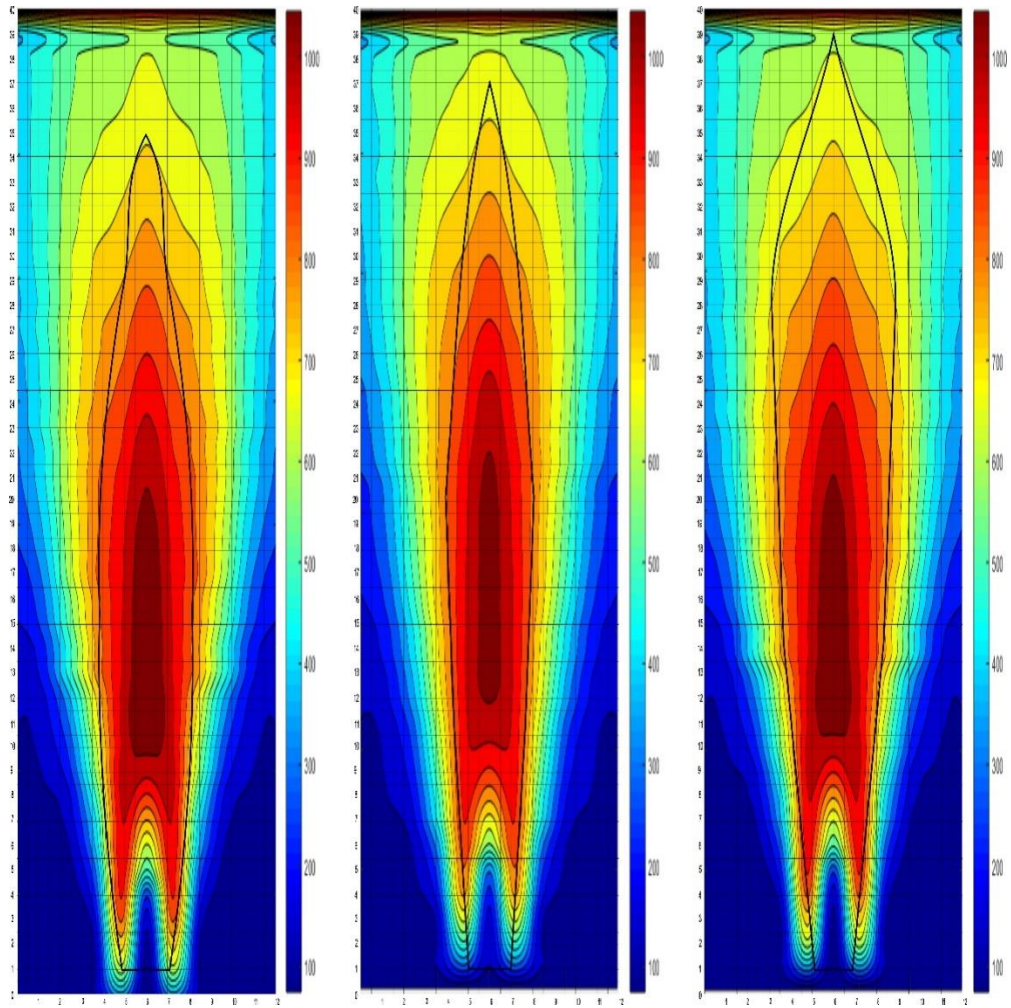
Tujuan dari mengetahui distribusi dan ketinggian api merupakan percampuran bahan bakar yg kian sempurna karena dipengaruhi pertambahan kecepatan aliran udara yang diberikan. Sehingga pengaruh ketinggian api semakin besar aliran udara yang diberikan maka sebaliknya bentuk api akan semakin pendek.



Gambar 4. 5 Grafik distribusi api dan ketinggian api Burner 27mm $Q_a = 30$ Lpm,
 $Q_a = 35$ Lpm



Gambar 4. 4 Grafik distribusi api dan ketinggian api Burner 33mm $Q_a = 30$ Lpm,
 $Q_a = 35$ Lpm, $Q_a = 40$ Lpm



Gambar 4. 5 Grafik distribusi api dan ketinggian api Burner 36mm $Q_a = 30$ Lpm ,
 $Q_a = 35$ Lpm, $Q_a = 40$ Lpm

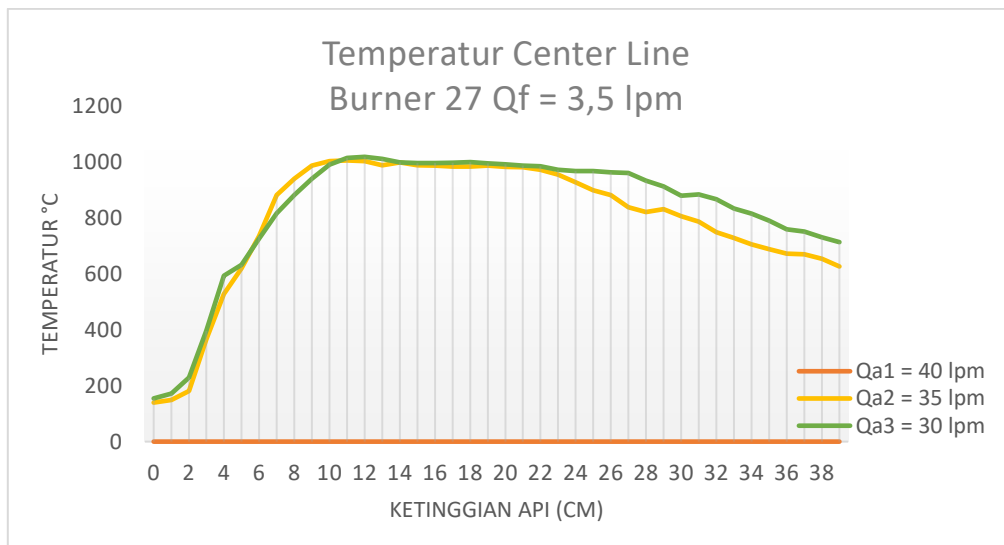
Tabel 4. 2 rekapitulasi tinggi setiap api

Rekapitulasi Ketinggian setiap api					
(27mm) Qf = 3,5 Lpm	Tinggi api	(33mm) Qf = 3,5 Lpm	Tinggi api	(36mm) Qf = 3,5 Lpm	Tinggi api
-		Qa = 40 Lpm	34 cm	Qa = 40 Lpm	34 cm
Qa = 35 Lpm	34 cm	Qa = 35 Lpm	35,5 cm	Qa = 35 Lpm	36 cm
Qa = 30 Lpm	35 cm	Qa = 30 Lpm	37 cm	Qa = 30 Lpm	38 cm

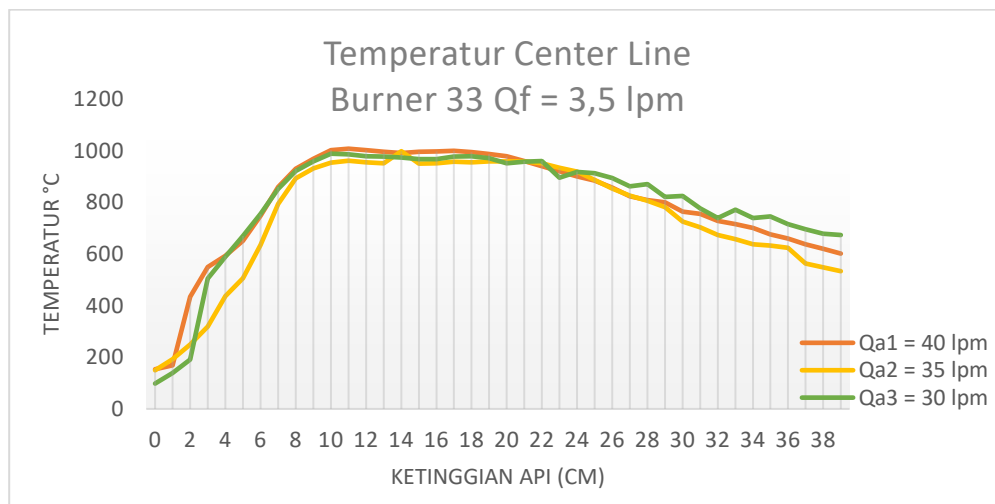
4.1.3 Grafik Temperatur pada Centre Line

Temperatur pada titik tengah atau termokopel 1 bertujuan mempermudah memahami perbandingan antara api yang satu dengan yang lain maka, harus ada grafik yang bisa menggambarkan temperatur api di centre line pada setiap titik ketinggian 0 cm sampai dengan 39 cm.

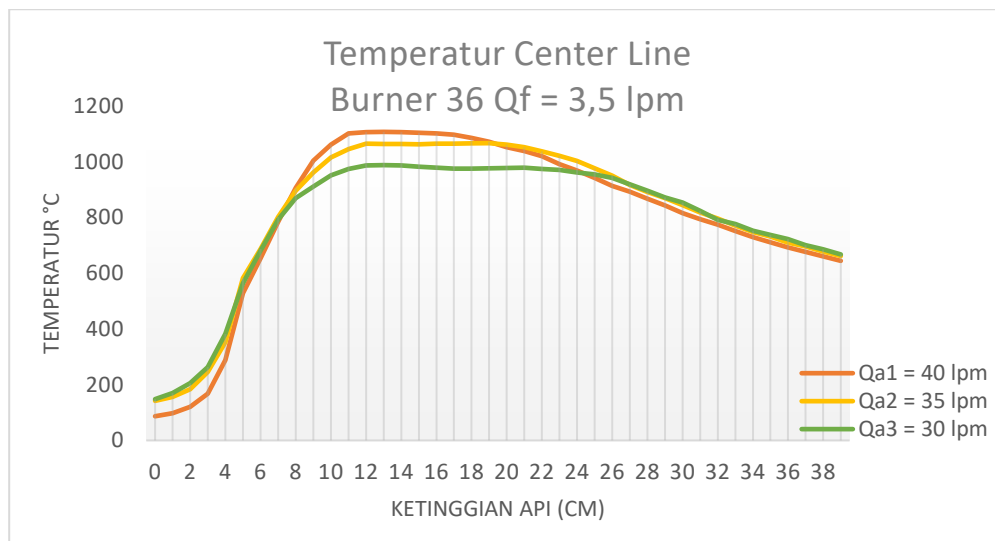
Tabel 4. 3 Grafik Temperatur api Burner 27 Qf = 3,5 lpm di centre line



Tabel 4. 4 Grafik Temperatur api Burner 33 $Q_f = 3,5$ lpm di centre line



Tabel 4. 5 Grafik Temperatur api Burner 36 $Q_f = 3,5$ lpm di centre line



4.1.4 Q radiasi

Contoh perhitungan Q radiasi pada ketinggian 0 sampai 10 mm :
 Selimut kerucut :

$$S = \sqrt{\left(\frac{r_0+r_1}{2}\right)^2 + L^2}$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{0,012+0,014}{2}\right)^2 + 0,01^2}$$

$$S = 0,0164 \text{ m}$$

Jadi, akan didapatkan luasan selimut kerucut terpancung pada ketinggian 0 sampai 10 mm, sebagai berikut :

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot s$$

$$A_s = 2 \cdot \pi \left(\frac{r_0+r_1}{2}\right) s$$

$$A_s = 2(3,14) \left(\frac{0,012+0,014}{2}\right) 0,0164$$

$$A_s = 2 \times 3,14 \times 0,013 \times 0,0164 = 0,00134 \text{ m}^2$$

Dari luasan kerucut diatas akan dicari perpindahan panas radiasi yang terjadi sepanjang luasan selimut yang mengelilingi api pada “burner” 27 dengan $Q_f = 3.5$ lpm , $Q_a = 30$ lpm

Sebagai contoh perhitungan digunakan “burner” 27 pada ketinggian 0 dan 1 dengan $L = 10$ mm dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_{0-1} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_s^4 - T_\infty^4)$$

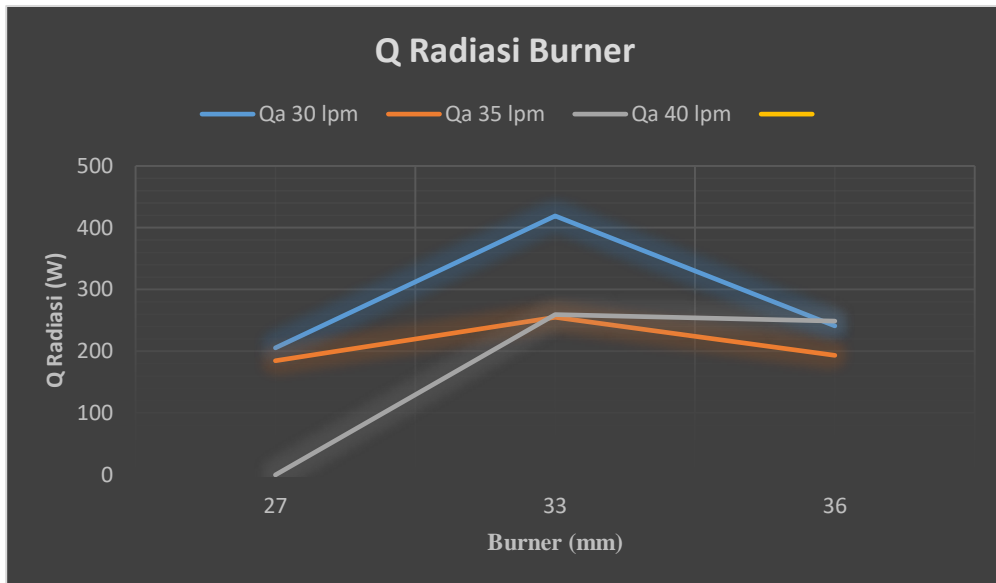
Dimana :

- $q_{r\ 0-1}$ = Laju perpindahan panas (W)
- ε = Emisivitas gas panas (*Blackbody*)
- σ = Konstanta boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)
- A_s = Luas selimut terpancung (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan (K)
- T_∞ = Temperatur keliling (K)

Sehingga,:

$$Q_{0-1} = 1 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times 0,00134 \times (697^4 - 311^4)$$

= 17,2 W



Gambar 4. 6 laju perpindahan panas radiasi

Tabel 4. 6 Laju perpindahan panas radiasi Burner 27

Q Radiasi Burner 27 mm		
Ketinggian (cm)	Qa = 30 lpm	Qa = 35 lpm
0-1	17.207918	8.170795477
1-2	30.21460989	27.17643258
2-3	50.21836562	59.83631606
3-4	64.34211968	89.4809673
4-5	68.47674268	109.8407023
5-6	67.12402002	125.5046976
6-7	67.84744914	138.6613078
7-8	84.77962273	146.4838018
8-9	108.5424286	153.5945857
9-10	113.9263995	160.4252787
10-11	96.01317202	158.7342542
11-12	84.77962273	158.7077389

12-13	89.86671506	158.4515264
13-14	96.43370248	157.1750962
14-15	110.1605945	164.2792624
15-16	97.49099559	174.0828292
16-17	83.06936767	177.9335206
17-18	101.8062398	164.3817398
18-19	121.0922614	159.241356
19-20	140.4463455	176.988911
20-21	186.9212077	184.7466306
21-22	205.5754291	179.595255
22-23	189.982247	167.699599
23-24	198.3946787	138.5429723
24-25	192.9480124	108.4736565
25-26	150.6046624	93.39022604
26-27	130.0176311	70.64964493
27-28	122.0506933	51.69704832
28-29	106.8595605	42.27040719
29-30	89.45569375	31.74815932
30-31	66.39677532	23.214029
31-32	38.88270439	15.86490968
32-33	20.91407939	9.691529341
33-34		
34-35		
35-36		
36-37		
37-38		
38-39		
Total Q	3392.842068	3786.735187

Tabel 4. 7 Laju perpindahan panas radiasi Burner 33

Q Radiasi Burner 33 mm			
Ketinggian (cm)	Qa = 30 lpm	Qa = 35 lpm	Qa = 40 lpm
0-1	22.40858037	33.27644034	36.66909343
1-2	55.35995004	52.5176108	63.71437718
2-3	58.24030094	68.55457892	77.82674476
3-4	65.72766497	82.51926059	85.63724105
4-5	70.30867485	99.23448249	94.79458404
5-6	76.00321911	128.1681834	107.5997886
6-7	90.77349188	151.3233067	122.3227258
7-8	101.5871788	177.3231238	137.5133555
8-9	121.5979971	178.9366512	160.7105709
9-10	171.1721439	189.403794	188.4608074
10-11	206.663243	238.0092708	206.364607
11-12	225.0767118	255.1243303	211.9655214
12-13	216.4404555	253.9379482	207.5249826
13-14	210.4719872	254.8727317	208.355284
14-15	227.1572423	251.6296051	223.8460756
15-16	217.8036143	244.8129064	225.7364264
16-17	209.7079521	248.7020748	221.0419293
17-18	202.6559883	242.5319319	233.9924699
18-19	247.0469174	241.1494837	237.7893512
19-20	340.726754	235.6043664	234.6425879
20-21	396.0152241	217.3718284	247.5631032
21-22	370.4868075	217.1761728	258.7261172
22-23	308.6816739	215.6082633	259.4589766
23-24	383.8471318	193.1784068	252.6932547
24-25	419.1457578	161.6426686	240.9526007
25-26	344.2482282	134.636715	209.4424768
26-27	339.0327152	115.0281375	154.2117189
27-28	330.4822681	96.10581772	98.25798278
28-29	311.0666851	78.81805535	51.15320305
29-30	316.192052	63.15816337	28.92438876
30-31	307.6456874	45.35694437	20.86975091
31-32	218.5313934	34.34863016	12.03879898

32-33	172.863379	25.82717457	
33-34	145.7823593	15.22295094	
34-35	91.36431269	7.833352496	
35-36	41.99113529		
36-37			
37-38			
38-39			
Total Q	7634.306879	5248.945363	5120.800897

Tabel 4. 8 Laju perpindahan panas radiasi Burner 36

Q Radiasi Burner 36 mm			
Ketinggian (cm)	Qa = 30 lpm	Qa = 35 lpm	Qa = 40 lpm
0-1	10.99131834	10.63868234	15.40876678
1-2	34.27785502	28.73593608	27.78167277
2-3	51.32391806	46.90661448	35.29426953
3-4	60.35524971	59.34664679	41.37637957
4-5	68.26698561	66.84242079	39.3467216
5-6	75.74921433	79.4419343	33.71780629
6-7	84.2620831	93.31464025	36.8536666
7-8	92.63679946	101.903835	49.04686089
8-9	89.38971846	108.5989261	65.84009069
9-10	100.3415614	116.4952253	83.4030939
10-11	123.6338313	127.5164135	103.2352327
11-12	134.9731073	138.5452556	126.3443086
12-13	151.1886876	147.3065984	163.7593979
13-14	159.1261495	154.3198687	192.1227353
14-15	165.2071526	165.3305673	201.5409774
15-16	177.7574095	177.5718242	216.7278094
16-17	195.5535679	184.5915771	234.980833
17-18	192.1667909	186.9597745	248.7020748
18-19	192.2636232	189.5020587	245.2699372
19-20	213.9063804	191.7693419	240.4405491
20-21	226.3986526	193.7166757	237.6480734
21-22	223.8257592	188.9257071	224.6175548
22-23	224.7795875	175.4650109	205.9895146

23-24	232.67452	163.7001597	184.7250931
24-25	237.1522704	149.4614709	153.8180087
25-26	240.0240027	139.0531224	127.5219131
26-27	235.0132796	126.3482277	109.9329959
27-28	237.9710495	113.9491292	83.53393078
28-29	240.9571345	103.3340806	60.03996808
29-30	230.3663819	87.26548936	51.90299748
30-31	207.0783186	67.7048414	44.51077665
31-32	175.1568208	51.56981483	35.32818908
32-33	135.0165394	41.37501897	25.28543104
33-34	98.90146738	27.56790736	18.9733518
34-35	62.44745694	14.8922054	13.80477366
35-36	29.71688173		
36-37			
37-38			
38-39			
Total Q	5410.851527	4019.967003	3978.825756

4.6 Rasio Ekuivalen (*Equivalent Ratio, Φ*)

Rasio ekuivalen merupakan perbandingan antara nilai rasio udara - bahan bakar (*Air Fuel Ratio*) stoikiometrik dengan nilai rasio udara – bahan bakar (*Air Fuel Ratio*) aktual, dan dapat juga sebagai pembandingan antara rasio bahan bakar – udara (*Fuel Air Ratio*) stoikiometrik dengan rasio bahan bakar – udara (*Fuel Air Ratio*) aktual.

$$\Phi = \frac{mf}{ma} = \frac{MfNf}{MaNa} \quad (2.3)$$

- Jika $\Phi > 1$ menunjukkan kelebihan bahan bakar dari pada campurannya maka dapat disebut sebagai campuran kaya bahan bakar (*fuel rich mixture*)
- Jika $\Phi < 1$ menunjukkan kelebihan campuran dari pada bahan bakar maka dapat disebut sebagai campuran miskin bahan bakar (*fuel-lean mixture*)
- Jika $\Phi = 1$ menunjukkan campuran stoikiometrik (pembakaran sempurna).

Tabel 4. 9 Rekapitulasi keseluruhan hasil perhitungan AFR & Φ

Burner	Kapasitas aliran bahan bakar	Kapasitas aliran udara	AFR actual	AFR stoikiometri	Rasio ekivalen (shie) Φ
27	3,5 bar	30 Lpm	5.71	15.60	2.73
		35 Lpm	5.00	15.60	3.12
33	3,5 bar	30 Lpm	5.71	15.60	2.73
		35 Lpm	5.00	15.60	3.12
		40 Lpm	4.29	15.60	3.64
36	3,5 bar	30 Lpm	5.71	15.60	2.73
		35 Lpm	5.00	15.60	3.12
		40 Lpm	4.29	15.60	3.64

4.2 Pembahasan

1. Foto atau image badan api (bentuk api) harus diambil dengan kamera digital (DSLR) Canon EOS 650D dengan setting ISO 3200/100 shutter speed, diafragma 5,6 agar mendapatkan gambar yang jelas dan fokus pada api di latar belakang yang gelap.
2. Foto bentuk api sangat diperlukan pada saat sebelum pengambilan data dilakukan, hal ini dikarenakan api yang stabil perlu dicari untuk mengetahui tiap-tiap variasi yang akan digunakan melalui perubahan debit aliran udara (air flow).
3. Pada saat pengambilan image badan api perubahan ketinggian perlu diperhatikan dari setiap pengaruh perubahan diameter burner bahan bakar dan debit aliran udara.
4. Grafik distribusi api merupakan tahapan yang sangat penting dan berguna untuk dapat mengetahui tinggi rendahnya temperatur api pada setiap titik dan ketinggian sehingga mempermudah memahami cepat dan lambatnya pembakaran dari debit aliran bahan bakar – udara yang telah ditentukan.
5. Dari gambar badan api, distribusi api, dan ketinggian api yang telah didapat, kita mampu untuk mengetahui ketinggian luas bidang api (L), selimut terpancung (S), luasan selimut (AS), dan temperatur selimut (TS), untuk selanjutnya dari nilai – nilai tersebut dapat untuk menghitung total keseluruhan panas radiasi yang dikeluarkan oleh api setiap variasi yang ada.

6. Nilai kecepatan bahan bakar dan udara serta kerapatan massa bahan bakar dan udara sangat berpengaruh pada hasil laju aliran massa yang keluar dari burner. Nilai laju aliran massa bahan bakar serta udara dari keluaran burner berpengaruh terhadap air fuel ratio actual (AFR actual) yang dihasilkan. AFR berpengaruh terhadap rasio ekivalen (Φ) yang didapat sehingga dapat menentukan apakah pembakaran tersebut kaya pencampuran atau tidak.