

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa data hasil penelitian

Pada analisa data ini, karakteristik api pada model *burner co-axial Inverse Diffusion Flame* dapat diketahui dengan cara mengukur dan mencatat ketinggian api dan distribusi temperatur api. Sebelum pada tahap analisa data, ada beberapa tahap yang harus dilalui yaitu tahap uji coba, pengaturan tekanan serta aliran udara-bahan bakar, dan tahap pengambilan data. Hasil analisa data ini akan dibandingkan berdasarkan variasi dari variabel yang meliputi perubahan *chamfer* luar jet udara dan perubahan kapasitas aliran udara.

Tabel 4. 1 Variasi penelitian

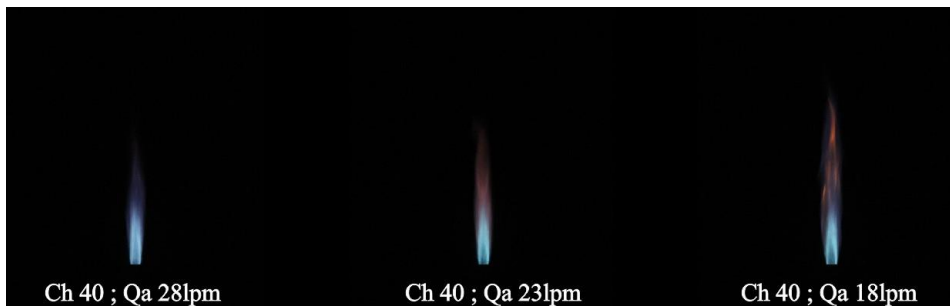
<i>Chamfer</i>	P_{fuel} Konstan	Q_{fuel} Konstan	P_{air} Konstan	Q_{air}
	Bar	lpm	bar	lpm
0°	0,75	1,0	5,5	18
				23
				28
40°				18
				23
				28
60°				18
				23
				28

4.2 Bentuk api dan nyala api stabil

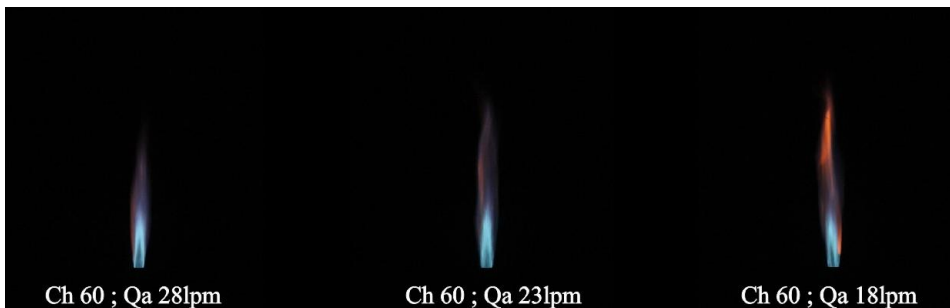
Dari hasil pengambilan foto menggunakan kamera DSLR dengan pengaturan sebagai berikut : ISO 3200, kecepatan rana 1/100, diafragma f.5.6 dan dibantu menggunakan *tripod stand* serta pengambilan gambar dilakukan pada latar belakang yang gelap, hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang jelas dan sesuai dengan aslinya, didapatkan hasil bentuk api dan nyala api stabil sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Foto api Inverse Diffusion Flame dengan tekanan bahan bakar 0,75 bar, chamfer 0°, tekanan udara 5,5 bar



Gambar 4. 2 Foto api Inverse Diffusion Flame dengan tekanan bahan bakar 0,75 bar, chamfer 40°, tekanan udara 5,5 bar



Gambar 4. 3 Foto api Inverse Diffusion Flame dengan tekanan bahan bakar 0,75 bar, chamfer 40°, tekanan udara 5,5 bar

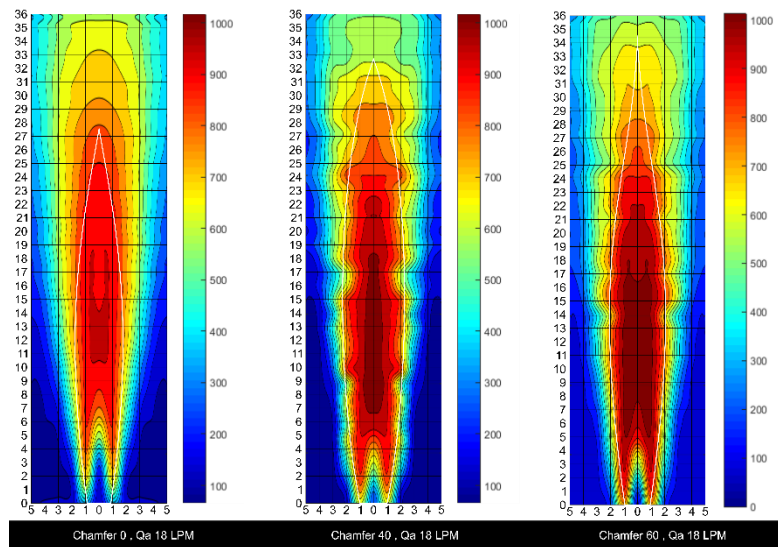
Dari gambar diatas pada tiap variabel, chamfer luar jet udara, tekanan bahan bakar (Q_{fuel}) kapasitas aliran bahan bakar (P_{fuel}), serta tekanan udara (P_{air}) yang konstan dengan perubahan kapasitas aliran udara (Q_{air}), didapatkan beberapa analisa :

- Jika kapsitas aliran udaranya nilainya diturunkan maka terjadi perubahan ketinggian pada bentuk api, dan api merah semakin tampak.
-

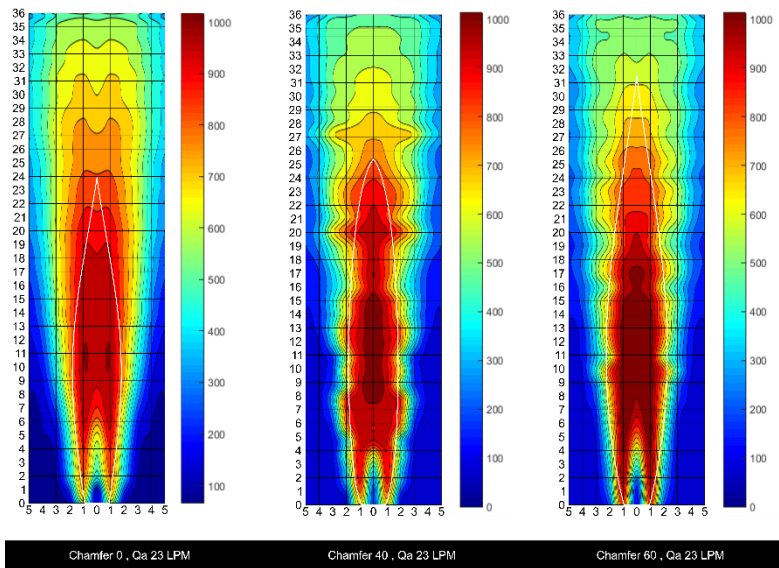
- Dengan melihat gambar nyala api stabil dari atas, menunjukkan bentuk api terbaik terjadi pada kapasitas aliran udara (Q_{air}) 23lpm.

4.3 Distribusi temperatur dan ketinggian api

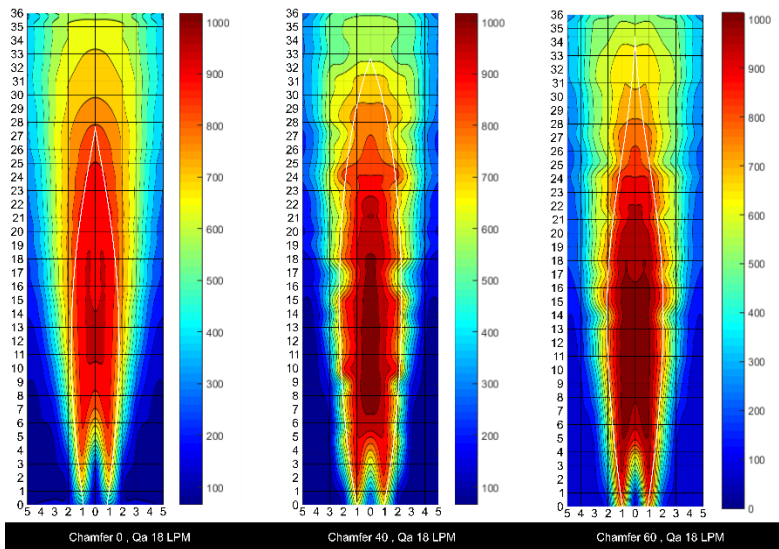
Pada penelitian ini mengasumsi, bahwa api memiliki bentuk badan yang simetris, maka pengukuran dilakukan pada setengah sumbu simetri *burner*. Kemudian dari foto api, mensketsa pada sisi tepi badan api menggunakan *outline* dengan skala sesuai aktualnya, setelah itu latar belakang menggunakan *gridlines* yang memiliki ukuran sesuai dengan jarak termokopel dan ketinggian pada saat pengambilan data. Data hasil pengukuran dapat dilihat secara grafik distribusi dan tinggi api sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Distribusi temperatur dan ketinggian api pada Qa 18 lpm



Gambar 4. 5 Distribusi temperatur dan ketinggian api pada Qa 23 lpm



Gambar 4. 6 Distribusi temperatur dan ketinggian api pada Qa 28 lpm

Tabel 4. 2 Data hasil pengukuran ketinggian api

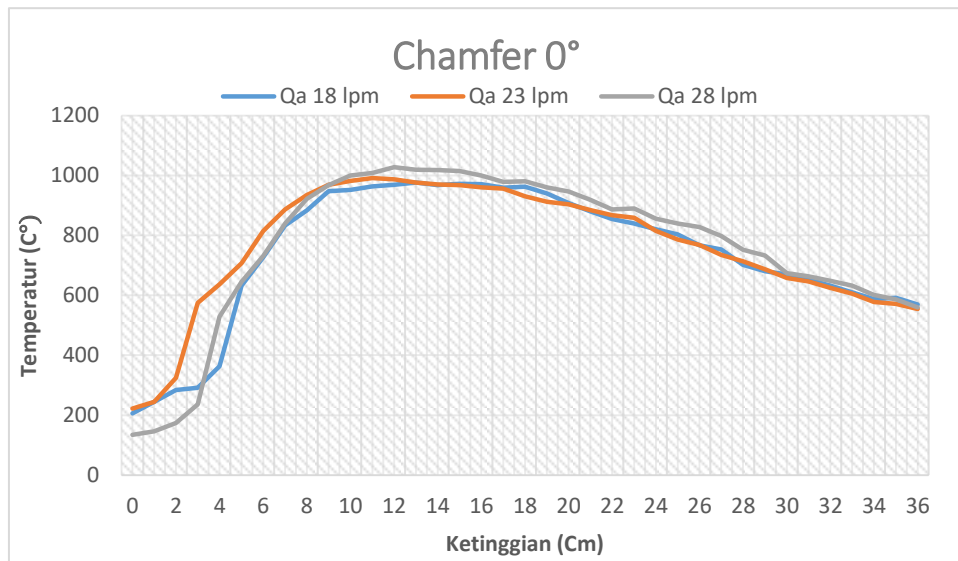
Chamfer	P_{fuel} konstan	Q_{fuel} konstan	P_{air} konstan	Q_{air}	Ketinggian api
	bar	Lpm	bar	lpm	Cm
0	0,75	1,0	5,5	18	27,5
				23	24
				28	21,5
40°				18	32,5
				23	25,5
				28	22,4
60°				18	34
				23	31,5
				28	24,6

Dari tabel hasil pengukuran diatas, didapatkan analisa sebagai berikut:

- Dari hasil analisa gambar distribusi temperature pada chamfer 60° dengan kapasitas aliran udara 28 lpm memiliki daerah dengan temperature >1000°C yang lebih luas, dimana api dengan distribusi temperature yang lebih baik karena dapat mencapai suhu >1000°C.
- Pada api dengan chamfer 60° dan kapasitas aliran udara 18 lpm, memiliki ujung api tertinggi, yaitu 34cm.
- Chamfer 0° memiliki daerah temperatur rendah yang lebih tinggi yang berada pada *centerline*.

4.4 Grafik temperatur pada centerline

Untuk mempermudah dalam memahami perbandingan api, dari data tersebut diubah kebentuk gambar grafik yang berisi data temperatur api pada *centreline*, dari ketinggian 0 cm hingga ketinggian 36 cm.

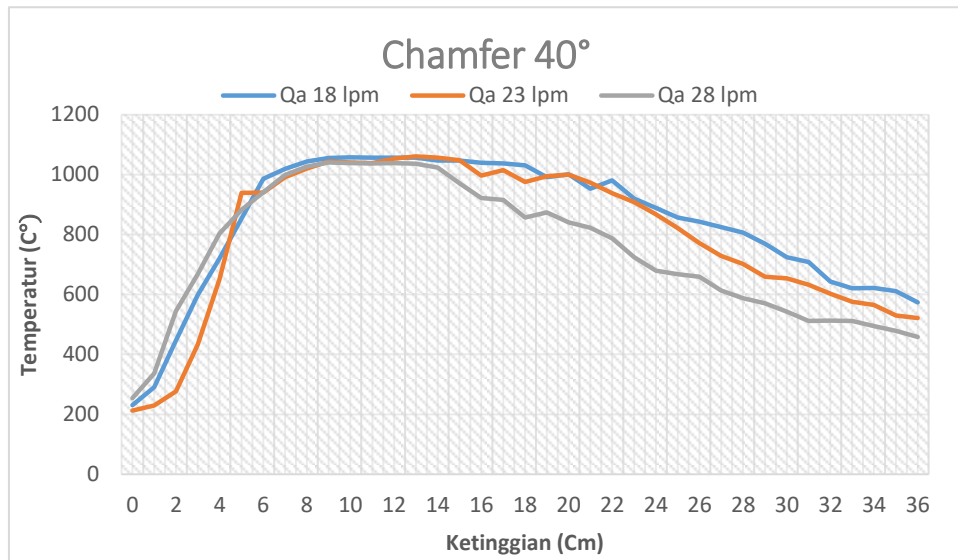


Gambar 4. 7 Grafik temperatur centerline pada chamfer 0°

Tabel 4. 3 Data temperatur *centerline* pada *chamfer* 0°

Ketinggian (Cm)	18 lpm	23 lpm	28 lpm
0	206	223	135
1	244	245	147
2	285	325	174
3	292	574	236
4	363	636	528
5	632	707	645
6	727	815	732
7	833	887	840
8	884	935	922
9	947	969	967

10	952	982	1000
11	963	992	1009
12	969	987	1027
13	976	976	1019
14	968	970	1018
15	972	968	1015
16	971	960	1000
17	959	956	979
18	962	930	980
19	940	912	960
20	908	904	946
21	880	884	919
22	854	868	887
23	839	859	890
24	820	815	856
25	803	786	840
26	767	768	828
27	753	735	797
28	701	713	752
29	681	687	733
30	670	658	674
31	653	647	664
32	633	625	648
33	610	606	632
34	587	577	601
35	592	571	587
36	569	554	560

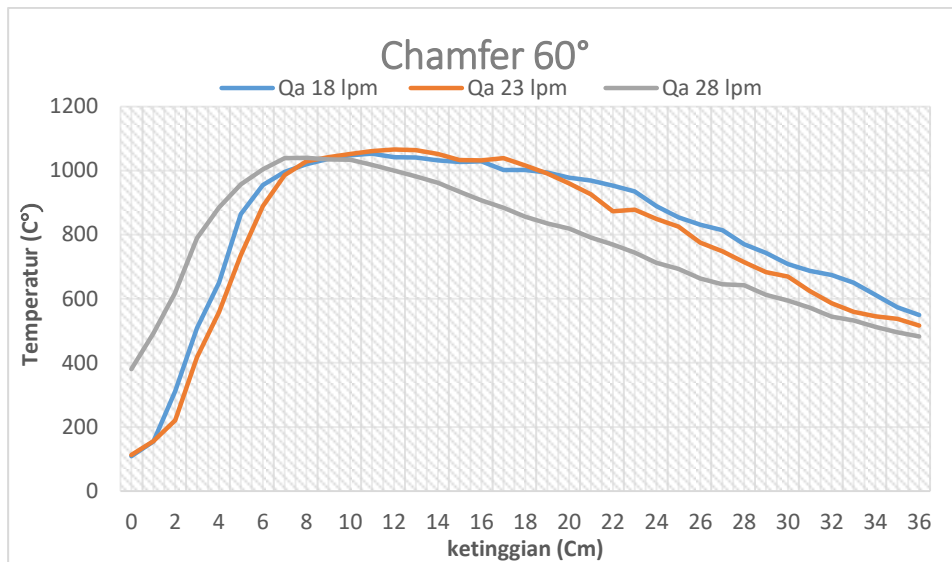


Gambar 4. 8 Grafik temperatur certerline pada chamfer 40°

Tabel 4. 4 Data temperatur *centerline* pada *chamfer* 40°

Ketinggian (Cm)	18 lpm	23 lpm	28 lpm
0	231	212	254
1	291	230	337
2	446	277	545
3	598	433	668
4	720	651	803
5	853	939	882
6	986	940	941
7	1019	991	999
8	1044	1020	1027
9	1055	1043	1041
10	1057	1041	1039
11	1056	1038	1037
12	1056	1053	1039
13	1056	1061	1036

14	1047	1056	1023
15	1046	1048	971
16	1039	997	922
17	1037	1014	916
18	1031	975	856
19	991	994	873
20	1001	999	841
21	953	973	823
22	980	938	787
23	919	908	724
24	889	867	679
25	857	821	668
26	843	771	659
27	825	728	613
28	806	702	588
29	769	659	570
30	724	654	543
31	708	632	511
32	643	602	512
33	620	576	512
34	622	565	495
35	611	530	478
36	574	522	458



Gambar 4. 9 Temperatur centerline pada chamfer 60°

Tabel 4. 5 Data temperatur *centerline* pada *chamfer* 60

Ketinggian (Cm)	18 lpm	23 lpm	28 lpm
0	109	113	381
1	155	156	492
2	312	221	619
3	508	417	789
4	650	558	885
5	864	736	957
6	955	889	1004
7	996	986	1039
8	1020	1029	1040
9	1037	1042	1035
10	1048	1052	1034
11	1053	1061	1018
12	1042	1066	1000
13	1041	1064	982
14	1032	1052	962
15	1027	1033	934
16	1029	1032	907

17	1002	1039	884
18	1002	1016	856
19	994	991	835
20	978	960	819
21	969	926	791
22	953	873	769
23	935	878	744
24	889	849	712
25	854	825	693
26	831	775	663
27	814	748	645
28	770	714	642
29	743	683	612
30	708	669	594
31	687	624	572
32	674	586	544
33	650	559	532
34	612	545	512
35	573	537	495
36	549	516	482

Dari hasil diatas, dapat ditarik beberapa kesimpulan dari analisa grafik :

- Pada *chamfer* 60° pada kapasitas aliran udara 28 lpm memiliki temperatur awal yang lebih tinggi.
- Pada *chamfer* 40° pada kapasitas aliran udara 28 lpm terjadi fluktuatif mulai ketinggian 14cm

4.5 Perpindahan panas secara radiasi

Hasil dari proses pembakaran akan mengeluarkan emisi gas panas, pada penelitian ini emisi gas panas terbentuk dari nyala api, hal ini akan mengakibatkan suatu perpindahan panas secara radiasi (q_r). Penelitian ini mengasumsi radiasi terjadi pada setiap luasan selimut api.

Sebagai contoh perhitungan q_r pada titik 0-1 :

- Garis pelukis
$$S = \sqrt{(r_0 - r_1)^2 + L^2}$$

$$S = \sqrt{(0,009 - 0,01)^2 + 0,01^2}$$

$$S = 0,01005 \text{ m}$$

Setelah mendapatkan garis pelukis, langkah selanjutnya ialah mencari luasan selimut kerucut terpancung pada ketinggian 0-1 :

- Luas selimut api

$$A_s = 2\pi r s$$

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

$$A_s = 2\pi \left(\frac{0,009 + 0,01}{2} \right) s$$

$$A_s = 2 \times 3,14 \times 0,0095 \times 0,01005 = 0,0006 \text{ m}^2$$

Selanjutnya, mencari laju perpindahan panas secara radiasi yang pada selimut api pada *burner Co-axial Chamfer* 60° dengan $P_{fuel} = 0,75 \text{ bar}$; $Q_{fuel} = 1,0 \text{ lpm}$; $P_{air} = 5,5 \text{ bar}$; $Q_{air} = 18 \text{ lpm}$, sebagai contoh perhitungan pada ketinggian 0-1Cm dengan $L = 1 \text{ cm}$:

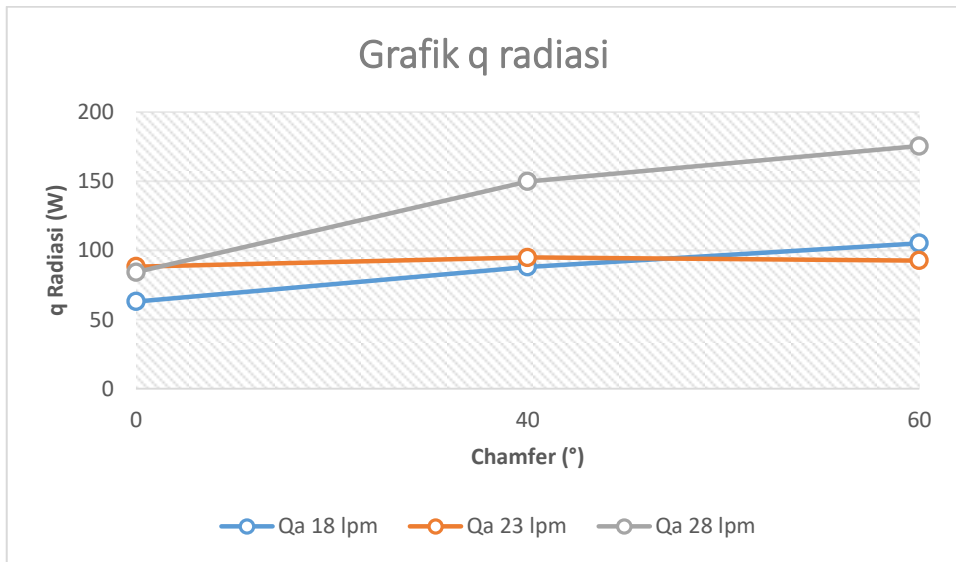
$$q_{r\ 0-1} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_s^4 - T_\infty^4)$$

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 api (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan selimut api (K)
- T_∞ = Temperatur sekeliling ruangan (K)

Sehingga,

$$q_{r\ 0-1} = 1 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 0,0006 \text{ m}^2 \cdot (1076^4 - 311^4) = 45,3 \text{ W}$$



Gambar 4. 10 Laju perpindahan panas radiasi

Tabel 4. 6 Laju perpindahan panas radiasi *chamfer* 0°

<i>Chamfer</i> 0°			
ketinggian (Cm)	Qa = 18 lpm	Qa = 23 lpm	Qa = 28 lpm
0-1	10,4894	19,1178	14,5457
1-2	10,0583	34,0445	30,6285
2-3	23,7933	39,8743	29,8588
3-4	38,2113	40,0701	32,5858
4-5	41,7026	36,0713	34,1558
5-6	36,9048	49,4399	35,1506
6-7	30,8446	56,2016	42,916
7-8	35,2304	40,7901	70,2657
8-9	28,4446	32,0806	84,3351
9-10	41,4723	45,0984	80,4328
10-11	63,0463	66,732	75,8333
11-12	53,6445	70,3604	68,6327
12-13	60,5056	88,2972	58,5842
13-14	59,6996	74,2736	48,0653

14-15	56,9412	57,1909	52,9117
15-16	43,998	41,8506	65,0485
16-17	28,9841	31,772	59,3959
17-18	37,5841	32,1546	46,3628
18-19	45,6739	35,4525	34,4375
19-20	40,8404	44,8573	22,2449
20-21	33,5527	39,2031	12,9097
21-22	30,6091	19,7181	0
22-23	32,5723	8,61597	0
23-24	33,1239	0	0
24-25	27,7727	0	0
25-26	15,0991	0	0
26-27	6,99339	0	0
27-28	0	0	0
28-29	0	0	0
29-30	0	0	0
30-31	0	0	0
31-32	0	0	0
32-33	0	0	0
33-34	0	0	0
34-35	0	0	0
35-36	0	0	0

Tabel 4. 7 Laju perpindahan panas *chamfer* 40°

<i>Chamfer</i> 40°			
ketinggian (Cm)	Qa = 18 lpm	Qa = 23 lpm	Qa = 28 lpm
0-1	14,0516	21,0358	29,7386
1-2	14,4701	37,0792	57,354
2-3	32,8829	43,4003	56,0639
3-4	51,4826	43,6918	61,0381
4-5	55,3687	39,4809	66,2618

5-6	50,5293	53,7651	69,9954
6-7	44,9242	60,9972	83,1693
7-8	49,4704	44,6038	123,497
8-9	40,2886	35,2802	149,873
9-10	57,31	49,2033	139,767
10-11	83,8747	69,9526	130,104
11-12	69,0481	72,8951	123,243
12-13	76,0489	94,9296	115,168
13-14	78,8016	83,3998	94,5327
14-15	80,8042	70,3398	96,4933
15-16	66,5034	53,6054	110,495
16-17	46,2288	44,9195	99,8617
17-18	61,8725	52,3407	78,1287
18-19	80,3015	58,5498	59,0683
19-20	76,2184	76,5801	38,9068
20-21	68,2714	77,8733	23,0067
21-22	68,5102	65,035	10,0155
22-23	75,3258	58,5657	0
23-24	88,1217	43,8032	0
24-25	86,0424	23,1769	0
25-26	65,3584	0	0
26-27	54,1544	0	0
27-28	53,0817	0	0
28-29	50,1931	0	0
29-30	34,4496	0	0
30-31	22,5204	0	0
31-32	11,4969	0	0
32-33	0	0	0
33-34	0	0	0
34-35	0	0	0
35-36	0	0	0

Tabel 4. 8 Laju perpindahan panas radiasi *chamfer* 60°

<i>Chamfer</i> 60°			
ketinggian (Cm)	Qa = 18 lpm	Qa = 23 lpm	Qa = 28 lpm
0-1	45,2943	53,1839	25,6928
1-2	56,3717	56,4305	29,2123
2-3	57,9434	55,267	33,8532
3-4	59,2297	45,5706	49,0939
4-5	60,5158	39,5852	72,1796
5-6	61,3755	37,2694	98,1305
6-7	60,8432	39,9415	130,104
7-8	65,0325	66,3369	158,651
8-9	71,3379	85,4976	171,182
9-10	74,3774	83,4966	175,539
10-11	84,3486	92,7835	171,486
11-12	86,9792	82,494	165,088
12-13	84,6741	74,9208	157,046
13-14	70,9236	78,8126	146,161
14-15	78,4926	76,3577	126,312
15-16	105,214	59,4071	110,916
16-17	90,3529	60,1988	93,3234
17-18	88,3667	77,2098	67,6107
18-19	92,6903	59,5699	51,8206
19-20	83,2452	53,2547	38,7567
20-21	73,2959	63,0775	27,7214
21-22	71,4899	66,0822	18,5223
22-23	74,5453	63,7228	11,3607
23-24	68,4038	55,0353	0
24-25	53,4186	47,3935	0
25-26	41,0469	38,2274	0
26-27	37,1368	28,4372	0
27-28	26,2058	20,7104	0
28-29	17,1301	13,9502	0

29-30	13,6773	9,86589	0
30-31	10,9867	5,05412	0
31-32	7,40019	0	0
32-33	4,07653	0	0
33-34	0	0	0
34-35	0	0	0
35-36	0	0	0

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 pembanding antara rasio bahan bakar – udara (*Fuel Air Ratio*) stoikiometrik dengan rasio bahan bakar – udara (*Fuel Air Ratio*) aktual.

$$\Phi = \frac{AFR_{stoi}}{AFR_{act}} \quad (2.3)$$

- Jika $\Phi > 1$ menunjukkan kelebihan bahan bakar dari pada campuranya 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

Chamfer	Q_f konstan (Lpm)	Q_a (Lpm)	AFR actual	AFR stoikiometri	Rasio ekivalen (shie) Φ
0°	1,0	18	0,135	15.60	108,12
		23	0,1373	15.60	106,32
		28	0,1396	15.60	104,58
40°	1,0	18	0,135	15.60	108,12
		23	0,1373	15.60	106,32
		28	0,1396	15.60	104,58

60°	1,0	18	0,135	15.60	108,12
		23	0,1373	15.60	106,32
		28	0,1396	15.60	104,58