

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1. PENGUKURAN TEMPERATUR NYALA API

4.1.1. Pengukuran Temperatur Nyala Api dengan Termokopel

Pengukuran temperatur sebuah nyala api dengan menggunakan termokopel type-K pada dasarnya sangat sulit dilaksanakan, karena termokopel type K ini sebetulnya hanya mampu mengukur temperatur obyek sampai temperatur 1200 °C. Untuk pengukuran temperatur >1200 °C, termokopel akan rusak jika dipakai dengan jangka waktu yang lama sehingga akurasi tidak bisa diharapkan. Pengukuran suatu obyek pada posisi temperatur maksimumnya, perlu dilakukan dengan cara coba-coba dengan waktu yang lama untuk setiap obyek. Untuk mempermudah dan mempersingkat dalam pengukuran dalam penelitian ini, temperatur maksimum suatu obyek posisinya kita prediksi dulu dengan infra red termografi sehingga proses coba coba dapat dipersingkat waktunya.

Untuk mengetahui gambaran distribusi temperatur nyala api secara vertikal terhadap tabung pembakar dengan 14 mm dan panjang 250 mm pada nilai AFR 23,3 disajikan pada Tabel 4.1. Pada ujung barel bagian tengah merupakan campuran gas propana dan udara yang belum terbakar, karena temperatur ignition gas propana adalah 466 °C, sebelum tercapainya titik 170 mm, distribusi temperatur nyala api bagian tengah relatif lebih kecil dibandingkan dengan bagian tepinya, selanjutnya distribusi temperatur naik dan tertinggi di posisi flame tipnya, temperatur tertinggi tetap pada bagian tengah sampai ujung atas api.

Dalam penelitian ini hasil pengukuran dengan termokopel dipakai sebagai nilai awal dalam proses penyetaraan alat ukur Infra View maupun Infra Red, dan dipakai sebagai pengukur temperatur nyala api untuk melihat penyimpangan pengukurannya relatif terhadap infra view.

No	Jarak mm	Tepi kiri °C	Tengah °C	Tepi kanan °C
1	0	594	370	594
2	10	971	526	971
3	20	1056	546	1056
4	30	1078	605	1078
5	40	1089	691	1089
6	50	1099	731	1099
7	60	1095	798	1095
8	70	1098	908	1098
9	80	1133	1049	1133
10	90	1156	1096	1156
11	100	1164	1143	1164
12	110	1189	1170	1189
13	120	1220	1190	1220
14	130	1264	1212	1264
15	140	1297	1239	1297
16	150	1325	1275	1325
17	155	1342	1282	1342
18	160	1336	1305	1336
19	165	1324	1309	1324
20	170	1319	1321	1319
21	175	1315	1334	1315
22	180	1314	1363	1314
23	185	1303	1351	1303
24	195	1279	1308	1279
25	200	1271	1301	1271
26	210	1239	1281	1239

Tabel 4.1. Pengukuran temperature nyala api non defusi pada AFR 23.3
Pada barrel 14/25 dengan Termokopel

4.1.2. Pengukuran Temperatur Nyala Api Dengan Infra Red

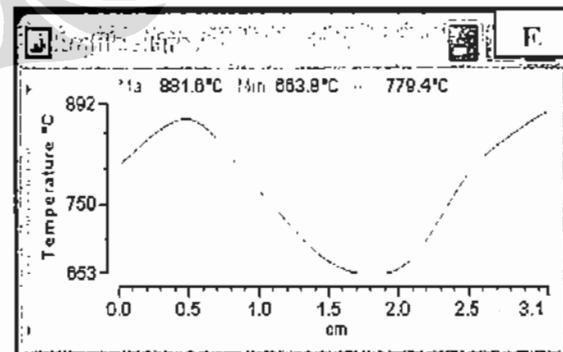
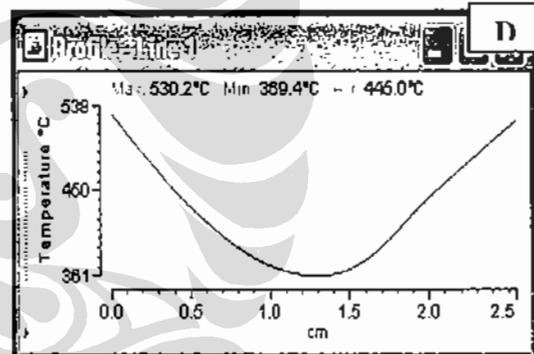
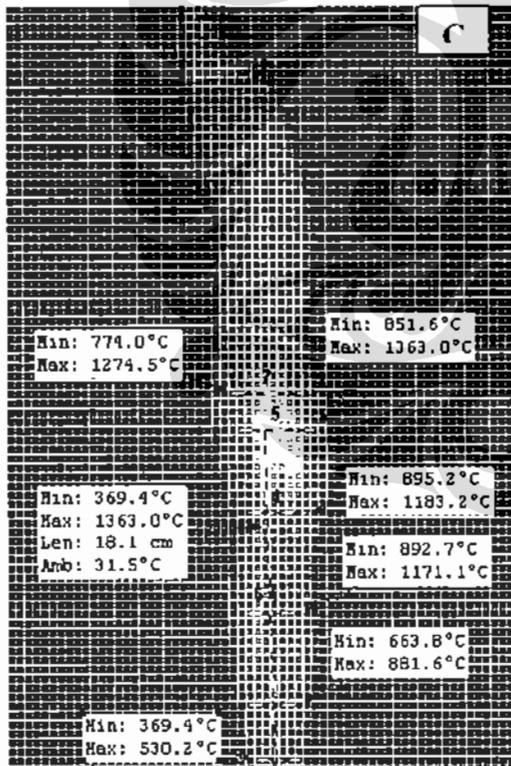
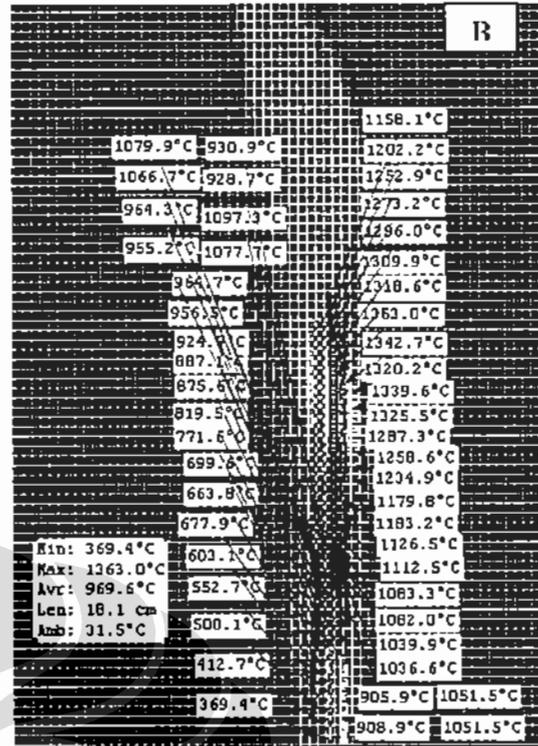
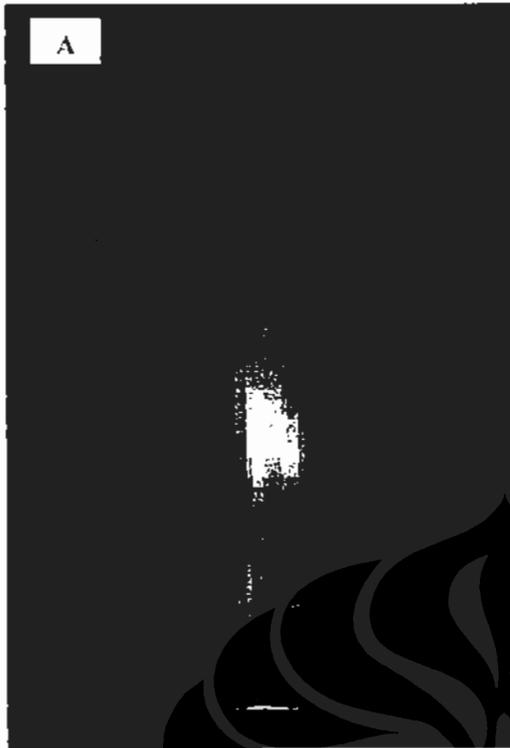
Pengukuran temperatur nyala api dengan metode non kontak yaitu menggunakan Infra Red Thermografi dilakukan dengan menggunakan Infra Red merk NEC. Pengukuran dengan peralatan Infra Red Thermografi ini berdasarkan nilai radiasi infra red yang dipancarkan oleh nyala api atau obyek yang diamati, namun demikian dalam pengukuran ini perlu diketahui nilai emisivity dari obyek yang diamati, karena nilai emisivity sebuah nyala api belum ada referensi nilai emisivitynya, maka perlu dilakukan penentuan nilai emisivitynya terlebih dahulu. Nilai emisivity nyala api ditentukan menggunakan pendekatan dengan kurva Hotel [14]. untuk penerapannya perlu diberikan beberapa asumsi.

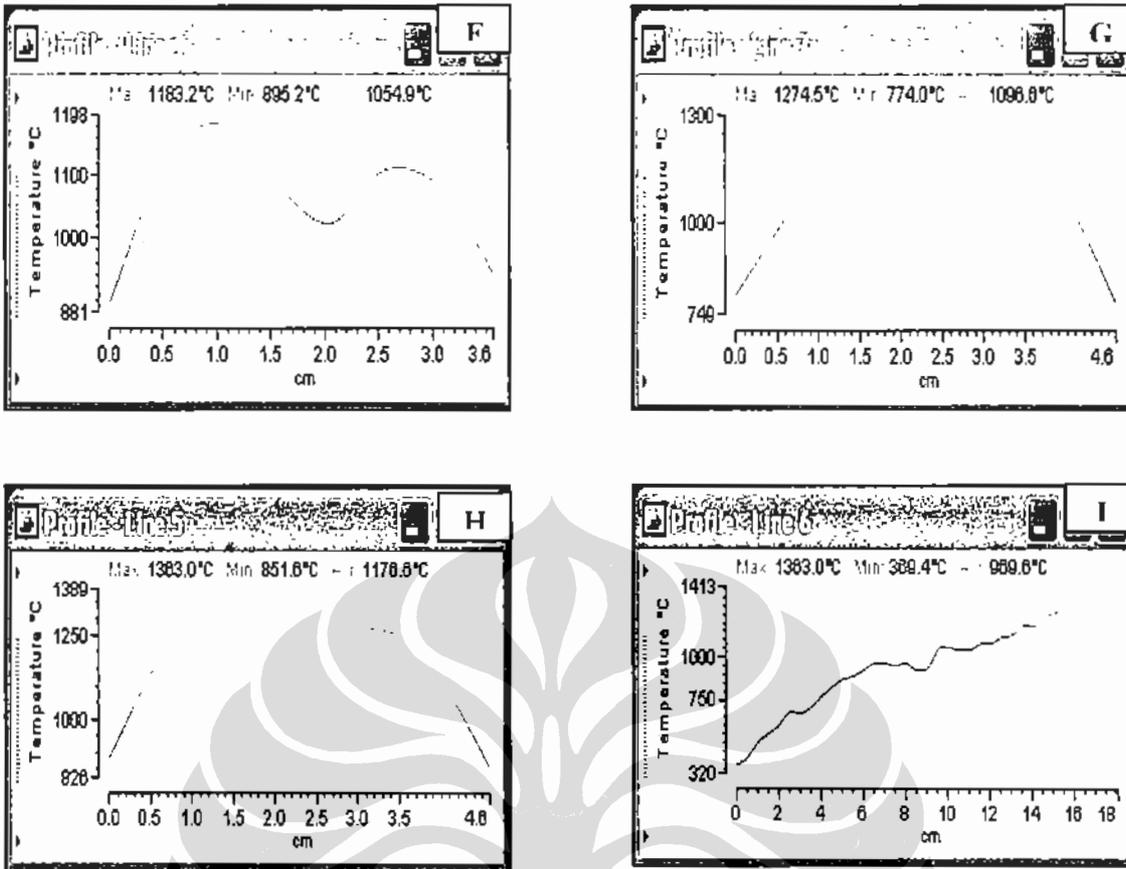
Pertama, reaksi pembakaran dianggap sempurna sehingga tekanan parsial CO_2 dan H_2O dapat ditentukan. Kedua, geometri flame diasumsikan sebagai silinder tak terbatas sehingga nilai P_{CL} dan P_{WL} dapat ditentukan. Temperatur nyala api sebagai referensi penentuan emissivity diukur dengan termokopel, dari tabel diperoleh nilai emissivity sebagai berikut tabung 14/38 nilainya 0,0445, tabung pembakar 14/25 adalah 0,0327 dan tabung pembakar 10/25 nilai emissivitasnya 0,03325. Nilai emissivity selanjutnya dipakai untuk menentukan nilai temperatur nyala api dari beberapa variasi nilai AFR. Hasil pengukuran temperatur maksimum yang diperoleh dilakukan penyetaraan dengan termokopel.

Contoh pencitraan nyala api ditampilkan pada Gambar 4.1, gambar A-B menunjukkan pencitraan awal yang menunjukkan irisan permukaan dalam nyala api, hal ini diperkuat bahwa nilai temperatur nyala api pada posisi tengah adalah paling rendah pada ujung barel dibanding pada tepinya dan temperatur akan cenderung meningkat sesuai dengan kenaikan jarak secara vertikal sehingga dicapai temperatur maksimumnya di posisi flame tip yaitu posisi di atas ujung api luminous. Pernyataan ini telah dibuktikan dengan pengambilan data penyalaan api non defusi dengan termokopel seperti tercantum pada tabel 4.1.

Pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa titik tengah nyala api dekat barrel temperaturnya lebih rendah dibandingkan dengan titik tepi permukaan nyala api hal tersebut akhirnya mempunyai trend yang berkebalikan pada titik menjelang flame tip.

Irisan dalam nyala api yang diperoleh dengan menggunakan peralatan Infra Red dapat dengan mudah mengetahui gambaran dari trend nilai temperatur suatu nyala api. Pada Gambar 4.1C-D dapat diketahui potongan melintang nyala api, di bagian tengah dekat mulut barrel terdapat campuran antara gas dan udara yang panas sebelum mencapai titik ignisionya, daerah yang berwarna agak gelap tersebut merupakan posisi preheat zone pada posisi tengah nyala api.





Gambar 4.1. Pencitraan nyala api Non defusi pada AFR 23,3 pada barrel 14/25 dengan emisivity 0.020535

4.1.3. Pengukuran Temperatur Nyala Api dengan peralatan Infra View

Pengukuran temperatur nyala api dengan peralatan Infra View ini berdasarkan pada besarnya radiasi infra red yang diterima oleh peralatan yang dipancarkan gas CO₂ yang dihasilkan dalam pembakaran. Peralatan Infra View ini hanya dapat mengukur temperatur maksimum nyala Api, tetapi peralatan ini tidak dapat menentukan diposisi mana temperatur maksimum itu terjadi.

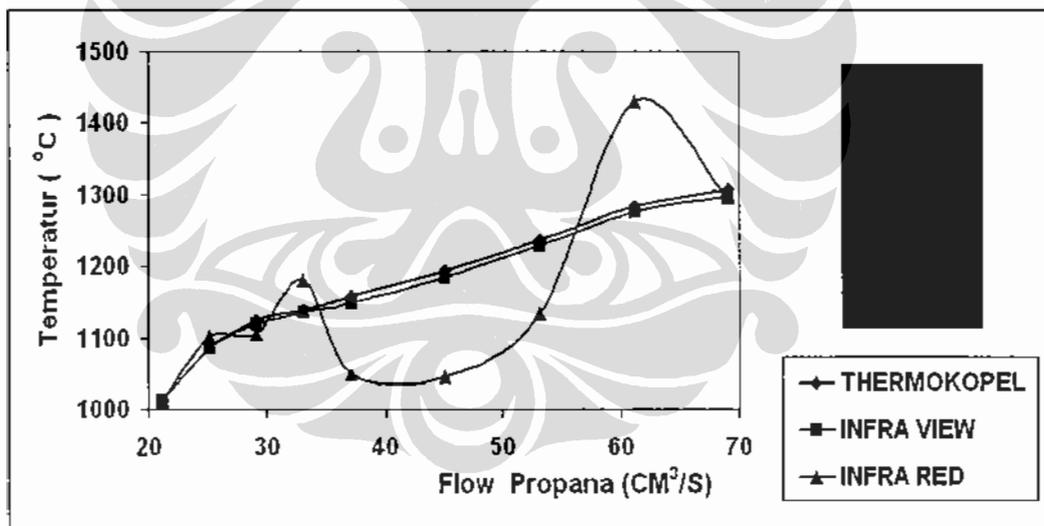
Untuk memperoleh nilai temperatur maksimum yang lebih akurat , nilai hasil pengukuran peralatan infra view ini disetarakan dengan nilai hasil pengukuran dengan termokopel type-K untuk masing masing variasi tabung pembakar.

4.2 PERBANDINGAN PENGUKURAN TEMPERATUR MAKSIMUM NYALA API

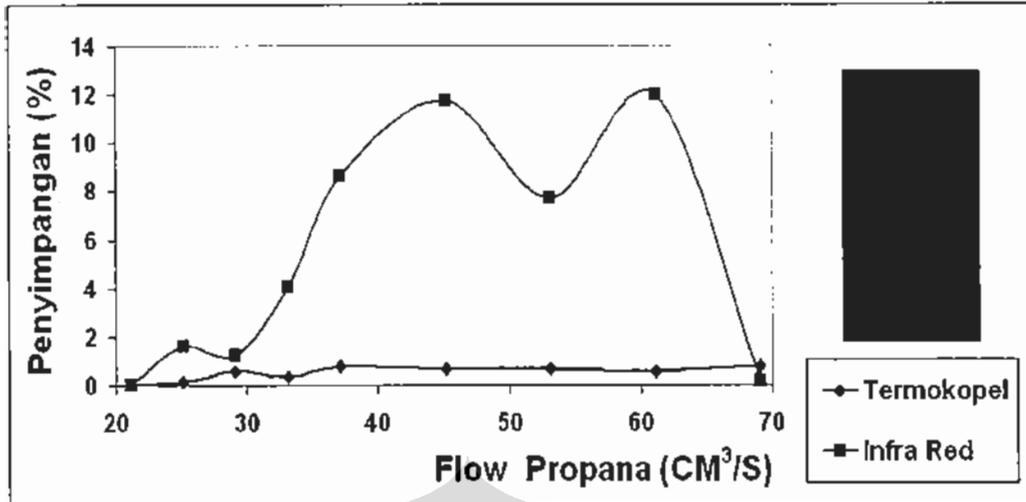
Perbandingan Pengukuran Temperatur maksimum untuk beberapa peralatan alat ukur , yakni Termokopel, Infra Red Thermografi dan Infra View Thermografi dilakukan pada pembakaran difusi dan non difusi, sejauh mana penyimpangan alat ukur tersebut disajikan di sub bab pembahasan berikut :

4.2.1 Perbandingan Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Api Difusi

Pengukuran temperatur maksimum nyala api difusi dilakukan dengan termokopel, peralatan Infra View dan peralatan Infra Red, nyala api yang di ukur temperaturnya divariasikan terhadap laju bahan bakarnya. Hasil pengukuran temperatur maksimum nyala api difusi terhadap variasi flow bahan bakar ditampilkan Gambar 4.2. Sedangkan besar nilai penyimpangan pengukuran masing masing alat terhadap peralatan Infra View dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2. Pengaruh flow bahan bakar Terhadap Temperatur maksimum Pada Pembakaran Difusi .



Gambar 4.3. Penyimpangan pengukuran pada pembakaran difusi .

Pada gambar 4.2. terlihat bahwa pengukuran temperatur maksimum nyala api dengan peralatan infra view dan termokopel, nilai penyimpangan pengukurannya relatif sangat kecil. Pengukuran temperatur dengan peralatan infra red termografi pada range flow bahan bakar 21,1 /sd 29,1 CM^3/s mempunyai penyimpangan yang relatif kecil , setelah $\text{AFR} > 29,1$ penyimpangan pengukurannya meningkat hingga kondisi blow-outnya.

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa hasil pengukuran temperatur nyala api dengan alat termokopel terhadap infra View mempunyai prosentase penyimpangan yang meningkat karena peningkatan flow bahan bakar, dengan nilai penyimpangan maksimumnya $\leq 0,775 \%$. Sedangkan untuk alat ukur Infra Red nilai prosentase penyimpangan relatif meningkat seiring dengan peningkatan flow bahan bakar dan nilai penyimpangan maksimumnya 11,943 %.

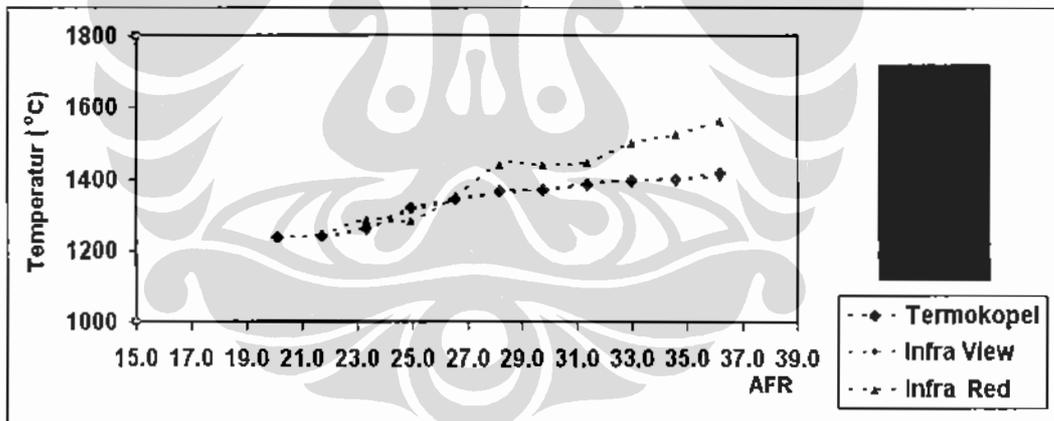
Dari kalkulasi penyimpangan pengukuran antara infra View , Termokopel dan Infra Red, dapat disimpulkan bahwa pengukuran temperatur maksimum dengan peralatan Infra Red termografi tidak dapat dilakukan secara universal dan pengukuran temperatur maksimum dengan peralatan Infra View dan termokopel dapat dilakukan secara universal , namun karena termokopel mempunyai keterbatasan range temperatur maksimum dibawah Infra View maka untuk pengukuran temperatur maksimum akan dilakukan dengan peralatan Infra Red termografi.

4.2.2 Perbandingan Pengukuran Temperatur Maksimum Nyala Api Non Difusi

Pengukuran temperatur maksimum nyala api non difusi dilakukan dengan termokopel , peralatan Infra View dan peralatan Infra Red, nyala api yang di ukur temperaturnya divariasikan terhadap tinggi tabung pembakar, diameter barel serta nilai AFR-nya .

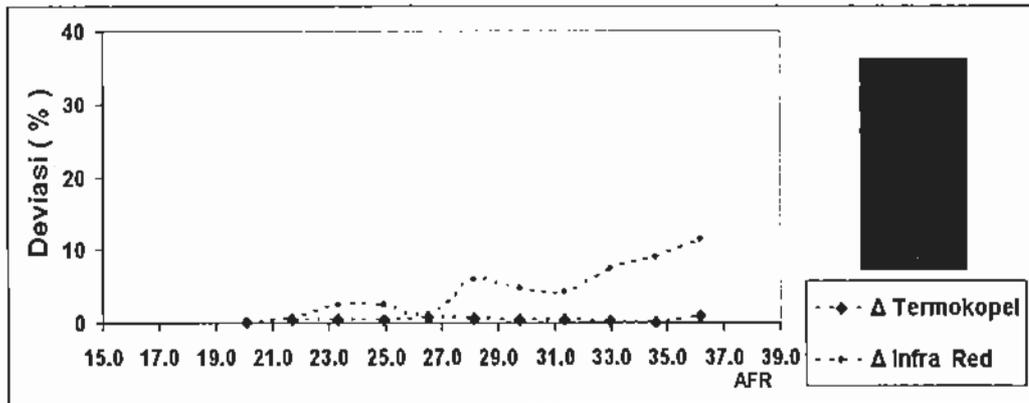
Hasil pengukuran temperatur maksimum nyala api terhadap variasi AFR pada tabung pembakar 14/38 ditampilkan Gambar 4.4. Sedangkan besar nilai penyimpangan pengukuran masing masing alat terhadap peralatan Infra View dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa pengukuran temperatur maksimum nyala api dengan peralatan infra view dan termokopel, nilai penyimpangan pengukurannya relatif sangat kecil. Pengukuran temperatur dengan peralatan infra red termografi pada range AFR 20 /sd 27 mempunyai penyimpangan yang relatif kecil , setelah AFR > 27 penyimpangan pengukurannya meningkat hingga kondisi blow-outnya.



Gambar 4.4. Pengaruh AFR Terhadap Temperatur maksimum Nyala Api Pada Tabung Pembakar 14/38

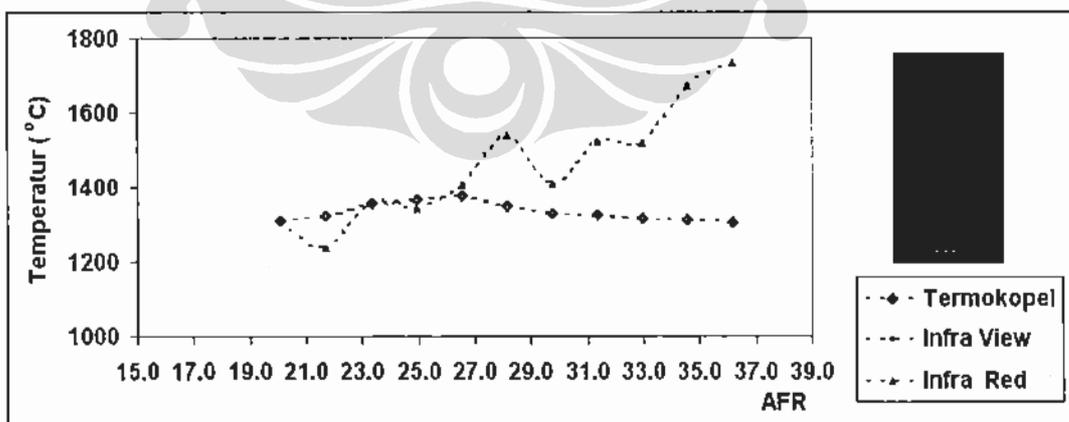
Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa hasil pengukuran temperatur nyala api dengan alat termokopel terhadap infra View mempunyai prosentase penyimpangan yang meningkat karena peningkatan AFR, dengan nilai penyimpangan maksimumnya $\leq 0,93$ %. Sedangkan untuk alat ukur Infra Red nilai prosentase penyimpangannya meningkat seiring dengan peningkatan nilai AFR pembakaran dan nilai penyimpangan maksimumnya 11,4 %.



Gambar 4.5. Prosentase selisih pengukuran temperatur maksimum nyala api pada tabung pembakar 14/38

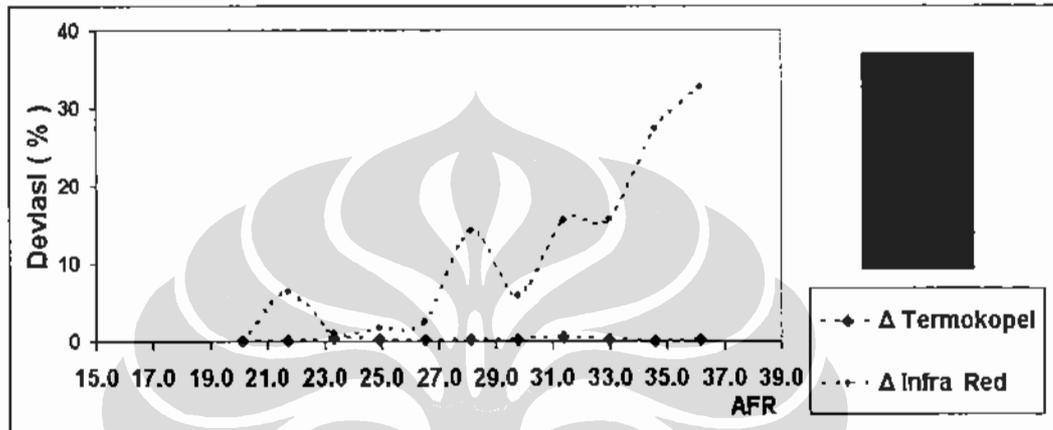
Hasil pengukuran temperatur maksimum nyala api terhadap variasi AFR pada tabung pembakar 14/25 ditampilkan Gambar 4.6. Sedangkan besar nilai penyimpangan pengukuran masing masing alat terhadap peralatan Infra View dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa pengukuran temperatur maksimum nyala api dengan peralatan infra view dan termokopel, nilai penyimpangan pengukurannya relatif sangat kecil. Pengukuran temperatur dengan peralatan infra red termografi pada range AFR 20 /sd 27 mempunyai penyimpangan yang relatif kecil , setelah AFR > 27 penyimpangan pengukurannya meningkat hingga kondisi blow-outnya.



Gambar 4.6. Pengaruh AFR Terhadap Temperatur maksimum Nyala Api Pada Tabung Pembakar 14/25

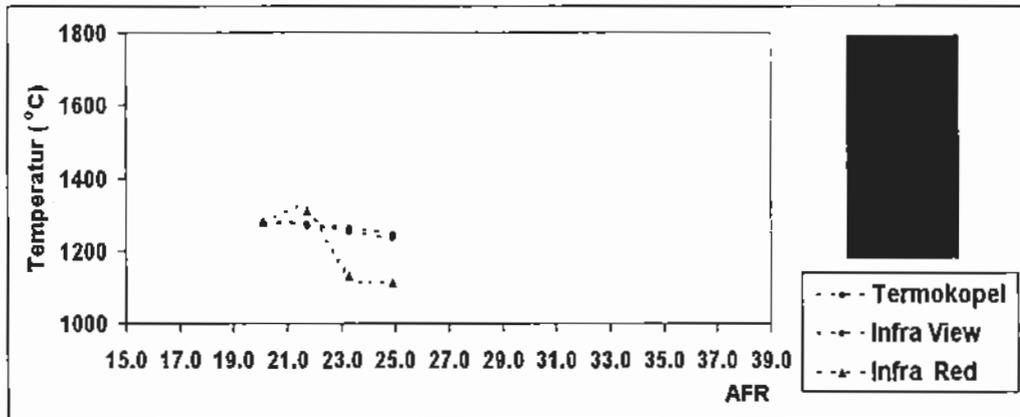
Dari gambar 4.7 dapat diketahui bahwa hasil pengukuran temperatur nyala api dengan alat termokopel terhadap infra View mempunyai prosentase penyimpangan yang meningkat karena peningkatan AFR, dengan nilai penyimpangan maksimumnya $\leq 0,5$ %. Sedangkan untuk alat ukur Infra Red nilai prosentase penyimpangannya meningkat seiring dengan peningkatan nilai AFR pembakaran dan nilai penyimpangan maksimumnya 32,7 %.



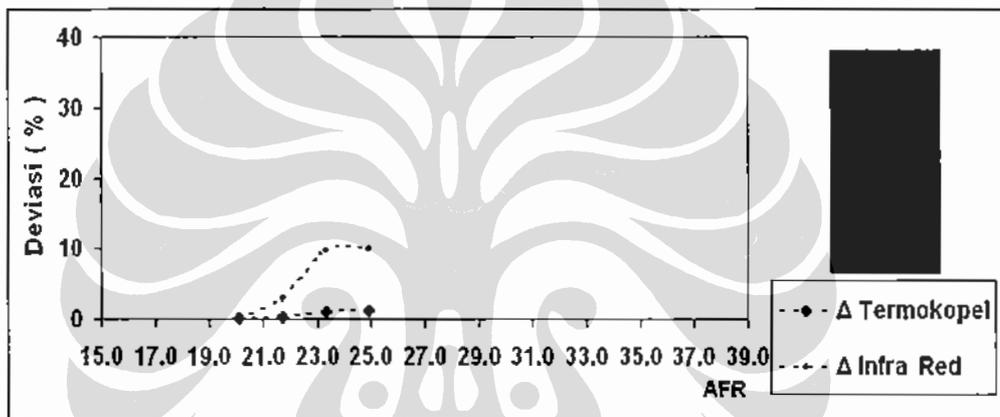
Gambar 4.7. Prosentase selisih pengukuran temperatur maksimum nyala api Pada Tabung Pembakar 14/25

Hasil pengukuran temperatur maksimum nyala api terhadap variasi AFR pada tabung pembakar 10/25 ditampilkan Gambar 4.8. Sedangkan besar nilai penyimpangan pengukuran masing masing alat terhadap peralatan Infra View dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa pengukuran temperatur maksimum nyala api dengan peralatan infra view dan termokopel, nilai penyimpangan pengukurannya naik dengan naiknya nilai AFR, tetapi hasil pengukurannya relatif tidak jauh menyimpang. Pengukuran temperatur dengan peralatan infra red termografi pada range AFR 20 /sd 22 mempunyai penyimpangan yang relatif kecil , setelah AFR > 22 penyimpangan pengukurannya meningkat hingga kondisi blow-outnya.



Grafik 4.8. Pengaruh AFR Terhadap Temperatur maksimum Nyala Api Pada Tabung Pembakar 10/25.



Gambar 4.9. Prosentase selisih pengukuran temperatur maksimum nyala api pada tabung pembakar 10/25

Dari gambar 4.9 dapat dapat diketahui bahwa hasil pengukuran temperatur nyala api dengan alat termokopel terhadap infra View mempunyai prosentase penyimpangan yang meningkat karena peningkatan AFR dengan nilai penyimpangan maksimumnya $\leq 1,12$ %. Sedangkan untuk alat ukur Infra Red nilai prosentase penyimpangannya meningkat seiring dengan peningkatan nilai AFR pembakaran dan nilai penyimpangan maksimumnya 9,88 %.

Dari penyimpangan pengukuran yang dilakukan dengan peralatan Infra Red Termografi ini dapat ditarik kesimpulan bahwa peralatan infra red termografi tidak dapat dipakai untuk mengukur temperatur maksimum nyala api secara universal, dengan kata lain bahwa pengukuran temperatur nyala api dengan peralatan ini hanya dapat dilakukan dalam rentang nilai AFR yang yang tidak sama, untuk

tabung 14/38 dengan penyimpangan yang dapat diterima hanya pada rentang $20,1 \leq AFR \leq 33$, untuk tabung 14/25 dengan penyimpangan yang dapat diterima hanya pada rentang $20,1 \leq AFR \leq 26,5$ dan untuk tabung 14/25 dengan penyimpangan yang dapat diterima hanya pada rentang $20,1 \leq AFR \leq 24,9$.

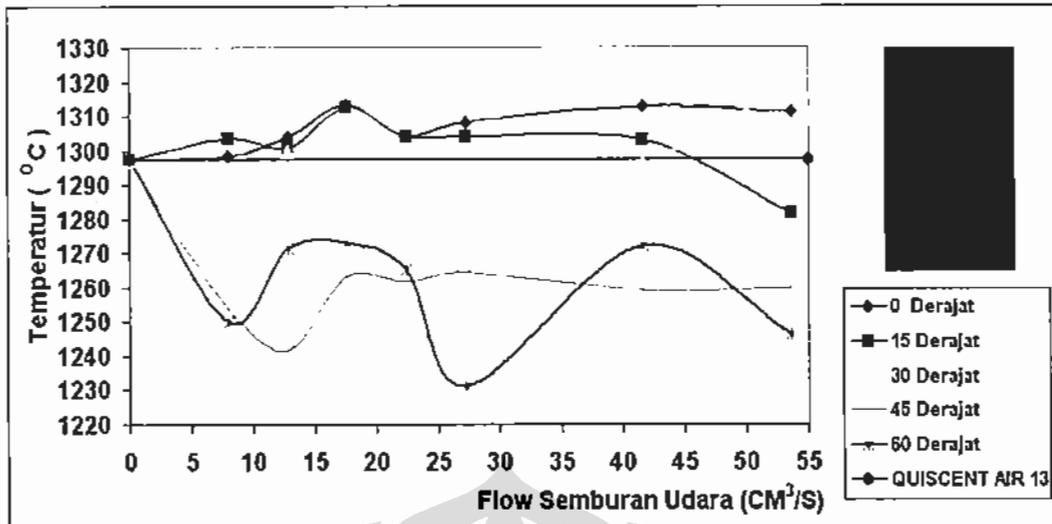
Penyimpangan pengukuran temperatur maksimum nyala api dengan peralatan termokopel ternyata relatif kecil terhadap peralatan Infra View thermografi, dengan penyimpangan rata-rata $< 0,85\%$, dari hasil ini dapat dikatakan bahwa termokopel type-K dapat dipakai untuk mengukur temperatur suatu obyek dengan rentang temperatur yang melebihi range maksimumnya, namun demikian untuk penggunaan waktu yang lama akan dapat merusak termokopel tersebut dan setiap penggunaan termokopel dapat mempengaruhi arah aliran atau bentuk apinya.

Penyimpangan pengukuran temperatur maksimum nyala api yang dilakukan dengan Infra Red thermografi relatif besar terhadap peralatan Infra View, nilai penyimpangan terbesar hingga mencapai $32,7\%$. Namun demikian kita masih dapat mempergunakan data hasil pengukuran Infra Red ini dengan batasan-batasan tertentu yang mana nilai penyimpangannya $< 10\%$ untuk melihat karakteristik distribusi temperatur Nyala Api Non Difusi.

Infra View thermografi dapat dengan mudah digunakan untuk mengukur temperatur maksimum suatu nyala api dengan bantuan termokopel sebagai data awal untuk penyetaraan pengukuran. Peralatan Infra View ini dapat digunakan secara terus menerus tanpa menyebabkan kerusakan peralatan, karena pengukuran dengan peralatan ini adalah metode non kontak maka setiap pengukuran tidak perlu mengganggu aliran/bentuk nyala api.

4.3 TEMPERATUR MAKSIMUM NYALA API DIFUSI

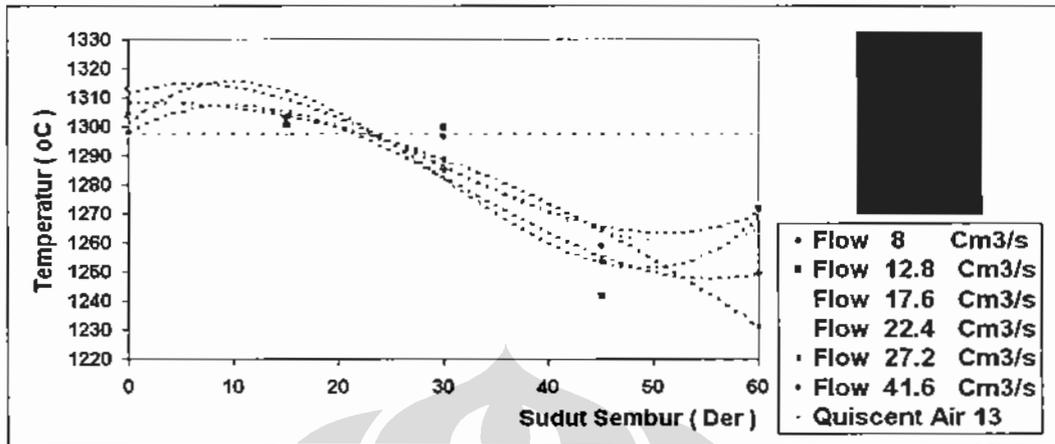
Pengukuran temperatur maksimum nyala api difusi pada variasi flow sembur dan variasi sudut sembur dapat dilihat pada gambar 4.10. Pada gambar terlihat bahwa pada range $0 < \text{Flow sembur (Cm}^3/\text{s)} < 45$ temperatur maksimumnya diatas kondisi quiscient air, pada sudut sembur 0° untuk range flow sembur $> 0 \text{ Cm}^3/\text{s}$ temperatur maksimum nyala api di atas nilai kondisi quiscient air nya.



Gambar 4.10. Pengaruh Flow dan Variasi sudut sembur udara terhadap temperatur maksimum nyala api

Kalau grafik kita balik formasinya diatas, diperoleh gambaran pengaruh sudut sembur terhadap pencapaian temperatur maksimum nyala api pada flow tertentu, seperti terlihat pada Gambar 4.11. Untuk flow semburan 8 Cm³ temperatur maksimum yang diatas quicent air pada rentang $0 \leq$ sudut sembur < 21,9 derajat dan sudut sembur > 21,9 derajat temperatur maksimum nyala api cenderung menurun dibawah kondisi quicent airnya. Untuk flow semburan 12,8 Cm³ temperatur maksimum yang diatas quicent air pada rentang $0 \leq$ sudut sembur < 23,47 derajat dan sudut sembur > 23,7 derajat, temperatur maksimum nyala api cenderung menurun dibawah kondisi quicent airnya. Untuk flow semburan 17,6 Cm³ temperatur maksimum yang diatas quicent air pada rentang $0 \leq$ sudut sembur < 25,75 derajat dan sudut sembur > 25,75 derajat, temperatur maksimum nyala api cenderung menurun dibawah kondisi quicent airnya. Untuk flow semburan 24,2 Cm³ temperatur maksimum yang diatas quicent air pada rentang $0 \leq$ sudut sembur < 22,49 derajat dan sudut sembur > 22,49 derajat, temperatur maksimum nyala api cenderung menurun dibawah kondisi quicent airnya. Untuk flow semburan 27,2 Cm³ temperatur maksimum yang diatas quicent air pada rentang $0 \leq$ sudut sembur < 22,59 derajat dan sudut sembur > 22,59 derajat, temperatur maksimum nyala api cenderung menurun dibawah kondisi quicent airnya. Untuk flow semburan 41,6 Cm³ temperatur maksimum yang diatas quicent air pada rentang $0 \leq$ sudut sembur

< 24,13 derajat dan sudut sembur > 24.13 derajat, temperatur maksimum nyala api cenderung menurun dibawah kondisi quiscent airnya.



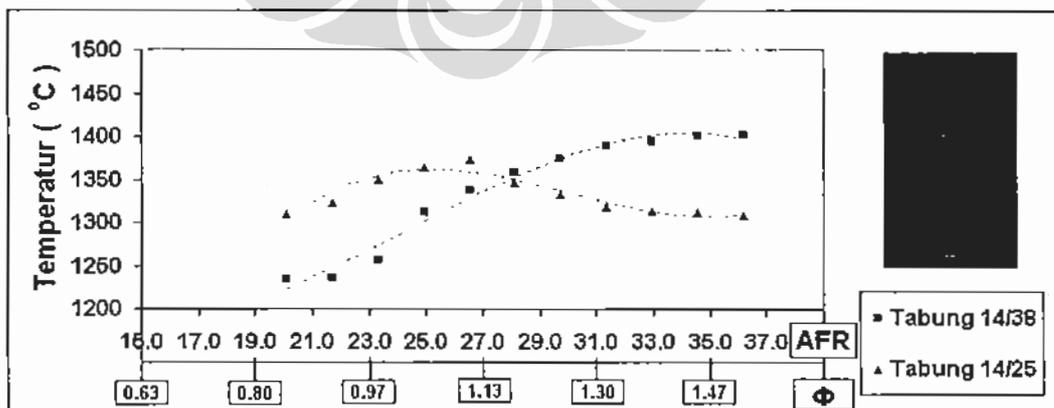
Gambar 4.11. Pengaruh Sudut dan Variasi Flow udara sembur terhadap temperatur maksimum nyala api

4.4 TEMPERATUR MAKSIMUM NYALA API NON DIFUSI

Untuk mengetahui karakteristik temperatur maksimum suatu nyala api non difusi, nyala api yang di teliti di variasikan nilai AFR-nya terhadap dan diameter tabung pembakar

4.4.1 Temperatur Maksimum Nyala Api Dengan Variasi Panjang Tabung Pembakar

Pengaruh AFR terhadap nilai temperatur maksimum nyala api pada tinggi tabung pembakar 380 mm dan 250 mm serta diameter barrel konstan (14 mm) dengan alat ukur Infra View ditampilkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Pengaruh AFR dan Variasi tinggi tabung pembakar terhadap Temperatur Maksimum nyala api

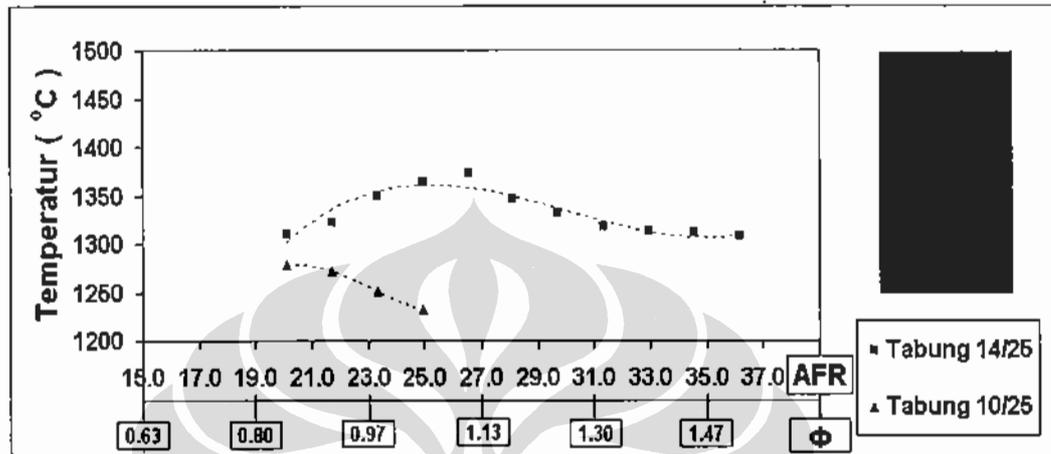
Pada panjang tabung pembakar 380 mm, nilai temperatur maksimum nyala api mempunyai trend yang cenderung meningkat bersamaan dengan meningkatnya nilai AFR atau equivalen rasionya, nilai tertinggi dicapai pada temperatur 1402,9 °C pada nilai AFR = 34,5 dan selanjutnya mempunyai trend menurun hingga kondisi blow-outnya. Untuk panjang tabung pembakar 250 mm mulai AFR = 20,1 mempunyai trend yang meningkat, hingga dicapai temperatur maksimumnya 1360,3 °C pada AFR = 25,2 dan selanjutnya menurun hingga kondisi blow-outnya.

Trend peningkatan temperatur maksimum pada tabung 380 mm di duga karena tingkat pencampuran antara bahan bakar dan udara relatif lebih sempurna dibandingkan terhadap tabung 250 mm. Selisih panjang tabung 130 mm merupakan jarak yang signifikan sebagai tempat pencampuran antara gas propana dan udara sehingga memungkinkan campuran tersebut dapat terbakar dan menghasilkan temperatur yang relatif lebih tinggi.

Kalau dari tinjauan berat molekul, gas propana mempunyai massa molekul 44 dan udara mempunyai massa molekul rata rata 28,84, dari tinjauan kecepatan fluida maka udara akan lebih cepat meloloskan diri dari tabung pembakar dengan relatif lebih mudah karena berat molekulnya lebih ringan, dengan adanya peningkatan laju udara maka densitas campuran pada tabung pembakar akan juga meningkat. Laju udara yang semakin meningkat, di duga dapat meningkatkan frekwensi tumbukan antara udara dan bahan bakar serta dapat memberikan dorongan terhadap gas propan untuk sama-sama keluar dari tabung pembakar. Tentu saja fenomena tersebut akan dapat mengkondisikan suatu keadaan bahwa konsentrasi gas propan dalam udara akan lebih meningkat dan dapat menjamin terjadinya pembakaran dengan temperatur maksimum yang lebih tinggi, dengan kata lain bahwa fenomena tersebut dapat mengkondisikan suatu kondisi dimana derajat homogenitas campuran antara udara dan bahan bakar menjadi lebih baik.

4.4.2 Temperatur Maksimum Nyala Api Dengan Variasi Diameter Barrel

Pengaruh AFR terhadap nilai temperatur maksimum nyala api pada tinggi tabung pembakar 250 mm dan diameter barrel yang divariasikan yaitu 14mm dan 10 mm dengan alat ukur Infra View ditampilkan pada Gambar 4.13.



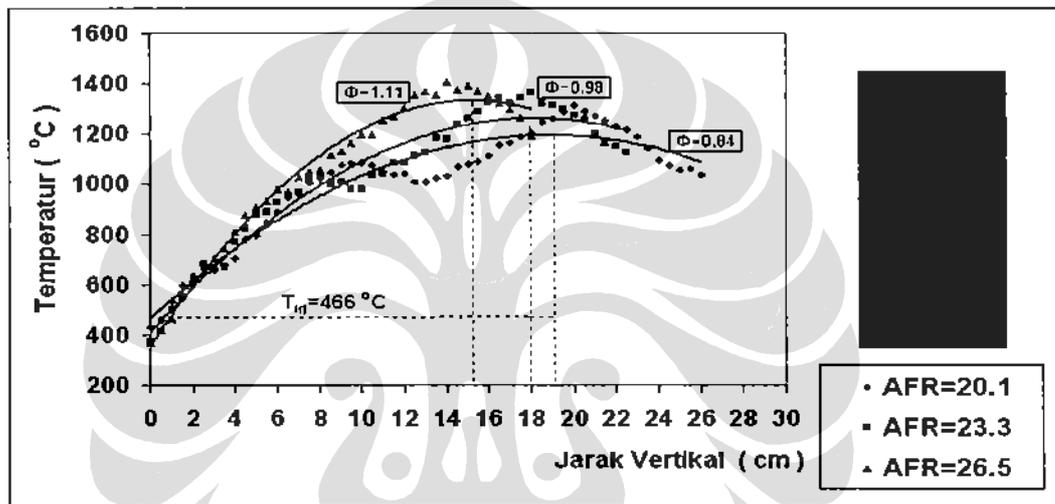
Gambar 4.13. Pengaruh AFR dan diameter barrel terhadap Temperatur Maksimum nyala api

Untuk diameter barrel 14 mm, mulai AFR = 20,1 mempunyai trend yang meningkat, hingga dicapai temperatur maksimumnya 1360,3 °C pada AFR = 25,2 dan selanjutnya menurun hingga kondisi blow-outnya. Pada diameter barrel 10 mm nilai temperatur maksimum dicapai pada AFR=20,1 selanjutnya mempunyai trend menurun hingga pada kondisi blow-outnya. Rendahnya temperatur maksimal yang dihasilkan pada tabung pembakar dengan diameter 10 mm, disebabkan oleh tingkat pencampuran antara gas propan dan udara relatif rendah, hal ini merupakan dampak dari peningkatan laju campuran karena mengecilnya diameter barrel.

Pada panjang tabung pembakar yang konstan dan variasi diameter barrel, ternyata pada diameter yang besar 14 mm mempunyai rentang stabilitas yang lebih besar relatif dibandingkan dengan diameter 10 mm. Fenomena tersebut diduga bahwa pada diameter 10 mm yang berperan utama menurunkan stabilitas nyala adalah laju campuran, dimana laju campuran yang meninggalkan tabung pembakar lebih besar melebihi kecepatan reaksi pembakarannya, sehingga rentang stabilitas nyala pada diameter yang lebih kecil menjadi lebih rendah.

4.5 DISTRIBUSI TEMPERATUR PEMBAKARAN NYALA API NON DIFUSI.

Trend distribusi temperatur nyala api ini merupakan hasil pencitraan Infra Red termografi pada posisi yang dianggap tengah-tengah nyala api dan arah vertikal ke atas. Nyala api yang di amati di buat dengan tabung pembakar 14 mm , tinggi 250 mm dan AFR/ Φ sebagai variabel yang di variasikan, hasilnya dapat di lihat pada Gambar 4.15. Nilai gradien kenaikan temperatur, panjang reaction zone dan diameter nyala api yang lebih presisi dapat dilihat pada Tabel 4.2.



Gambar 4.14. Distribusi Temperatur vertikal nyala api (*center side*) pada variasi AFR

Dari tabel 4.2. dapat dilihat bahwa kenaikan nilai AFR atau equivalen air fuel ratio berdampak mengecilnya reaction zone dan meningkatnya diameter nyala api serta gradient kenaikan temperaturnya bertambah menjadi besar. Disamping itu terlihat bahwa rentang temperatur campuran antara gas propana dan udara semakin meningkat pada nilai AFR yang membesar. Hal ini diakibatkan oleh peningkatan kecepatan udara yang keluar dari tabung pembakar, yang selanjutnya akan meningkatkan nilai kecepatan campuran antara gas propan dan udara pada nilai AFR yang meningkat.

No	Φ	AFR	Diameter Nyala Api (cm)	Reaction zone Nyala Api (cm)	Gradien Temp Nyala Api	Temp Mak Nyala Api (°C)
1	0,84	20,1	4,6	18,85	38,78	1192,8
2	0,98	23,3	6,1	18,13	45,29	1259,5
3	1,11	26,5	7,1	15,59	59,17	1330,6

Tabel 4.2. Diameter nyala api , Reaction zone dan Gradien kenaikan Temperatur Pada Diameter Tabung Pembakar 14 mm dan Panjang 250 mm

