BAB IV
DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pembakaran *premixed* minyak jarak pada *circular tube burner* dengan variasi debit udara dan laju penguapan minyak jarak yang berbeda diperoleh data yang berbentuk tabel. Pada hasil penelitian didapatkan tinggi api, sudut api, dan temperatur api. Data hasil penelitian pada laju penguapan minyak jarak berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.1 – 4.3.

Tabel 4.1 Data hasil penelitian pada laju penguapan minyak jarak 0,046 mL/menit

Q minyak jarak (mL/min)	Q udara (mL/min)	Tinggi api (mm)	Sudut api	Temperatur Api (◦C)		
				titik 1	titik 2	titik 3
0,046	0	1,26	4	231	421	806
0,046	30	1,065	9,9	268	644	844
0,046	60	0,979	11,51	244	775	820
0,046	90	0,99	14,77	274	788	889
0,046	120	0,933	20,68	350	862	854
0,046	150	0,839	22,75	361	865	938
0,046	180	0,811	23,9	366	830	942
0,046	210	0,725	24,11	388	830	954
0,046	240	0,758	29	349	802	982
0,046	270	0,7	33,07	360	882	980
0,046	300	0,613	33,78	369	725	991
0,046	330	0,494	35,84	442	741	1018
0,046	360	0,33	36,7	332	753	998
0,046	390	*blow off*	*blow off*	*blow off*	*blow off*	*blow off*

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.2 Data hasil penelitian pada laju penguapan minyak jarak 0,092 mL/menit

Q minyak jarak (mL/min)	Q udara (mL/min)	Tinggi api (cm)	Sudut api	Temperatur Api (◦C)		
				titik 1	titik 2	titik 3
0,092	0	1,575	2,13	308	349	835
0,092	30	1,829	3,58	245	727	841
0,092	60	1,857	8,13	364	805	910
0,092	90	1,637	7,57	344	805	886
0,092	120	1,469	9,59	309	751	837
0,092	150	1,329	10,48	315	786	885
0,092	180	1,323	10,21	280	739	965
0,092	210	1,303	13,74	284	779	951
0,092	240	1,3	16,59	286	790	967
0,092	270	1,149	20,25	298	885	990
0,092	300	1,107	20,17	334	891	993
0,092	330	1,009	21,88	374	872	1013
0,092	360	0,98	22,2	256	897	1025
0,092	390	0,865	23,82	358	821	933
0,092	420	0,841	23,85	332	768	1005
0,092	450	0,974	26,82	378	788	1030
0,092	480	0,707	27,45	389	810	1034
0,092	510	*blow off*	*blow off*	*blow off*	*blow off*	*blow off*

Tabel 4.3 Data hasil penelitian pada laju penguapan minyak jarak 0,123 mL/menit

Q minyak jarak (mL/min)	Q udara (mL/min)	Tinggi api (cm)	Sudut api	Temperatur Api (◦C)		
				titik 1	titik 2	titik 3
0,123	0	2,144	0,61	259	682	969
0,123	30	2,175	3,99	286	771	919
0,123	60	2,685	4,04	320	434	981
0,123	90	3,389	3,12	244	757	858
0,123	120	3,172	6,93	252	834	869
0,123	150	2,907	7,72	319	782	956
0,123	180	2,622	8,08	290	856	977
0,123	210	2,332	14,15	275	899	957
0,123	240	2,331	14,34	324	841	912
0,123	270	1,969	15,12	421	858	957
0,123	300	1,707	15,05	386	854	1089
0,123	330	1,583	17,78	322	867	1169
0,123	360	1,308	17,03	374	927	1201
0,123	390	0,843	17,04	389	916	1145
0,123	420	0,739	20,55	367	953	1216
0,123	450	*blow off*	*blow off*	*blow off*	*blow off*	*blow off*

4.2 Perhitungan Data

4.2.1 Perhitungan $AFR_{stoikiometri}$, AFR_{aktual} , dan *Equivalence Ratio*

$AFR_{stoikiometri}$ dapat dicari dengan reaksi kimia pembakaran minyak jarak pada kondisi stoikiometri yaitu :

$$0.00026\ C_{14}H_{28}O_2 + 0.00015\ C_{16}H_{30}O_2 + 0.00295\ C_{16}H_{30}O_2 + 0.06265\ C_{16}H_{32}O_2 + 0.00029\ C_{17}H_{34}O_2 + 0.10253\ C_{18}H_{32}O_2 + 0.15531\ C_{18}H_{34}O_2 + 0.00602\ C_{18}H_{34}O_2 + 0.03042\ C_{18}H_{36}O_2 + 0.00057\ C_{20}H_{40}O_2 + 9{,}0091\ (O_2 + 3{,}76\ N_2) \rightarrow 6{,}37\ CO_2 + 6{,}0005\ H_2O + 33{,}874\ N_2$$

Berat molekul udara = 9,0091 . (2 . 16 + 3,76 . 2 . 14)

= 1236,769 gram

Berat molekul bahan bakar = 100 gram

AFR massa stoikiometri minyak jarak pagar = $\left(\frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}}\right)$

$$= \frac{1236{,}769}{100}$$

= 12,36769 gram udara/gram bahan bakar

Sedangkan AFR_{aktual} dapat diperoleh dengan rumus :

$$AFR_{aktual} = \left(\frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}}\right) = \left(\frac{\rho_{udara} \cdot Q_{udara}}{\rho_{bahan\ bakar} \cdot Q_{bahan\ bakar}}\right)$$

Dimana (**ρ**) merupakan massa jenis dari udara dan bahan bakar, sedangkan (Q) merupakan debit dan laju penguapan udara dan bahan bakar. Massa jenis bahan bakar diperoleh dari hasil pra – penelitian dengan hasil 0,7146 gram/mL. Massa jenis udara sebesar 0,0012 gram/mL. Debit udara merupakan variabel bebas yang di variasikan selama penelitian. Debit udara divariasikan dengan kelipatan 30 mL/min pada 0 mL/min hingga api mengalami *blow off.* Sedangkan laju penguapan bahan bakar minyak jarak merupakan variabel terikat yang dijaga konstan selama penelitian, yaitu sebesar 0,046 ; 0,092 ; dan 0,123 mL/min. Contoh perhitungan AFR_{aktual} pada debit udara 360 mL/min dan laju penguapan minyak jarak 0,046 mL/min yaitu:

$$AFR_{aktual} = \left(\frac{0{,}0012\ .\ 30}{0{,}7146\ .\ 0{,}046}\right) = 13{,}017\ \frac{massa\ udara}{massa\ bahan\ bakar}$$

Untuk nilai AFR_{aktual} dengan variasi debit udara pada debit bahan bakar tertentu dapat dilihat pada Tabel 4.4 – 4.6.

Untuk mencari nilai *equivalence ratio* (ϕ) dapati dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\phi = \frac{(AFR)_{stoikiometri}}{(AFR)_{aktual}} = \frac{12,368}{13,017} = 0,95$$

4.2.2 Perhitungan Kecepatan Pembakaran (S_L)

Nilai kecepatan reaktan dapat dicari dengan rumus :

$$V_u = \left(\frac{Q_{udara} + Q_{bahan\ bakar}}{A_{nosel}}\right)$$

Dimana A_{nosel} merupakan luas penampang nosel pada *burner*, yaitu sebesar 0,07065 cm^2. Sedangkan $Q_{bahan\ bakar}$ merupakan debit laju penguapan minyak jarak, dan Q_{udara} merupakan debit udara dari kompresor. Sehingga didapatkan hasil kecepatan reaktan seperti pada Tabel 4.4 – 4.6.

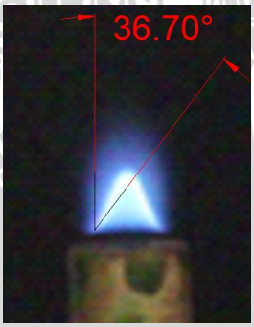
Sedangkan nilai kecepatan pembakaran didapat dengan rumus :

$$S_L = V_u \,.\, \sin\theta$$

$$= 84,9366 \,.\, \sin(36,7^\circ)$$

$$= 50,76 \text{ cm/s}$$

Dimana θ merupakan sudut kerucut api pada foto visualisasi nyala api yang terbentuk saat proses pembakaran. Untuk mencari sudut kerucut api pada debit udara 360 mL/min pada laju penguapan minyak jarak 0,046 mL/min yaitu dengan menarik garis pada sudut api yang terbentuk pada foto visualisasi nyala api seperti Gambar 4.1. Sedangkan nilai kecepatan pembakaran dapat dilihat pada Tabel 4.4 – 4.6.



Gambar 4.1 Menentukan sudut kerucut api dari foto nyala api

4.3 Data Hasil Perhitungan

Setelah data hasil penelitian didapatkan, maka dapat dicari data hasil perhitungan yang berupa *equivalence ratio,* kecepatan reaktan, dan kecepatan pembakaran seperti pada Tabel 4.4 – 4.6.

Tabel 4.4 Data perhitungan pada laju penguapan minyak jarak 0,046 mL/min

Q udara (ml/min)	AFR stoikiometrik	AFR aktual	*equivalence ratio*	Vu (cm/s)	S_L (cm/s)
0	12,368928	0	difusi	0,010954987	0,000764181
30	12,368928	1,084812917	11,40189963	7,088095822	1,218649937
60	12,368928	2,169625834	5,700949816	14,16523666	2,826516598
90	12,368928	3,254438751	3,800633211	21,24237749	5,415520999
120	12,368928	4,339251668	2,850474908	28,31951833	10,00098949
150	12,368928	5,424064586	2,280379926	35,39665916	13,6882761
180	12,368928	6,508877503	1,900316605	42,4738	17,20790273
210	12,368928	7,59369042	1,628842805	49,55094083	20,24105261
240	12,368928	8,678503337	1,425237454	56,62808167	27,45383877
270	12,368928	9,763316254	1,266877737	63,7052225	34,76159924
300	12,368928	10,84812917	1,140189963	70,78236334	39,35538426
330	12,368928	11,93294209	1,03653633	77,85950417	45,58858977
360	12,368928	13,01775501	0,950158303	84,93664501	50,76027496
390	12,368928	14,10256792	0,877069202	*blow off*	*blow off*

Tabel 4.5 Data perhitungan pada laju penguapan minyak jarak 0,092 mL/min

Q udara (ml/min)	AFR stoikiometrik	AFR aktual	*equivalence ratio*	Vu (cm/s)	S_L (cm/s)
0	12,368928	0	difusi	0,021682417	0,000805869
30	12,368928	0,548099031	22,56695833	7,098823252	0,443265706
60	12,368928	1,096198062	11,28347917	14,17596409	2,004758997
90	12,368928	1,644297094	7,522319444	21,25310492	2,799828209
120	12,368928	2,192396125	5,641739583	28,33024576	4,71972419
150	12,368928	2,740495156	4,513391667	35,40738659	6,440330761
180	12,368928	3,288594187	3,761159722	42,48452743	7,530659153
210	12,368928	3,836693219	3,22385119	49,56166826	11,77170692
240	12,368928	4,38479225	2,820869792	56,6388091	16,17157531
270	12,368928	4,932891281	2,507439815	63,71594993	22,05317708
300	12,368928	5,480990312	2,256695833	70,79309077	24,40993611
330	12,368928	6,029089343	2,051541667	77,8702316	29,01942295
360	12,368928	6,577188375	1,880579861	84,94737244	32,09658204
390	12,368928	7,125287406	1,735919872	92,02451327	37,16544811
420	12,368928	7,673386437	1,611925595	99,10165411	40,07111914
450	12,368928	8,221485468	1,504463889	106,1787949	47,90671328
480	12,368928	8,769584499	1,410434896	113,2559358	52,20808416
510	12,368928	9,317683531	1,327468137	*blow off*	*blow off*

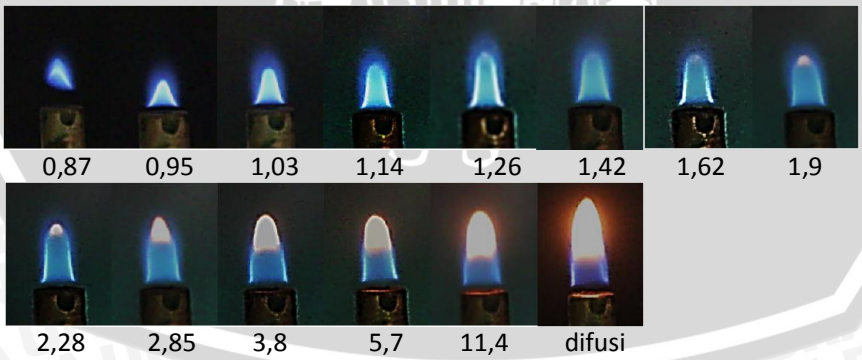
Tabel 4.6 Data perhitungan pada laju penguapan minyak jarak 0,123 mL/min

Q udara (ml/min)	AFR stoikiometrik	AFR aktual	*equivalence ratio*	Vu (cm/s)	S_L (cm/s)
0	12,368928	0	difusi	0,029040858	0,000309178
30	12,368928	0,409220409	30,22558926	7,106181693	0,494464928
60	12,368928	0,818440818	15,11279463	14,18332253	0,99925603
90	12,368928	1,227661227	10,07519642	21,26046336	1,157150994
120	12,368928	1,636881636	7,556397315	28,3376042	3,419119793
150	12,368928	2,046102045	6,045117852	35,41474503	4,757336917
180	12,368928	2,455322454	5,03759821	42,49188587	5,972474209
210	12,368928	2,864542863	4,317941323	49,5690267	12,11770831
240	12,368928	3,273763272	3,778198657	56,64616754	14,02986521
270	12,368928	3,682983681	3,358398807	63,72330837	16,62168374
300	12,368928	4,09220409	3,022558926	70,80044921	18,38417745
330	12,368928	4,501424499	2,747780842	77,87759004	23,78092912
360	12,368928	4,910644909	2,518799105	84,95473088	24,88089462
390	12,368928	5,319865318	2,325045328	92,03187171	26,96895159
420	12,368928	5,729085727	2,158970661	99,10901255	34,78970629
450	12,368928	6,138306136	2,015039284	*blow off*	*blow off*

4.4 Pembahasan

4.4.1 Visualisasi Nyala Api

Visualisasi nyala api pembakaran *premixed* minyak jarak dilakukan pada 3 variasi laju penguapan yang berbeda, yaitu sebesar 0,046; 0,092; 0,123 mL/min. Untuk setiap variasi laju penguapan minyak jarak, debit udara divariasikan dari 0 mL/min dan dinaikkan dengan kelipatan 30 mL/min hingga api mengalami *blow off*. Visualisasi api pada pembakaran *premixed* minyak jarak pada laju penguapan minyak jarak sebesar 0,046 mL/min dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Foto nyala api pembakaran minyak jarak pada laju penguapan 0,046 mL/min

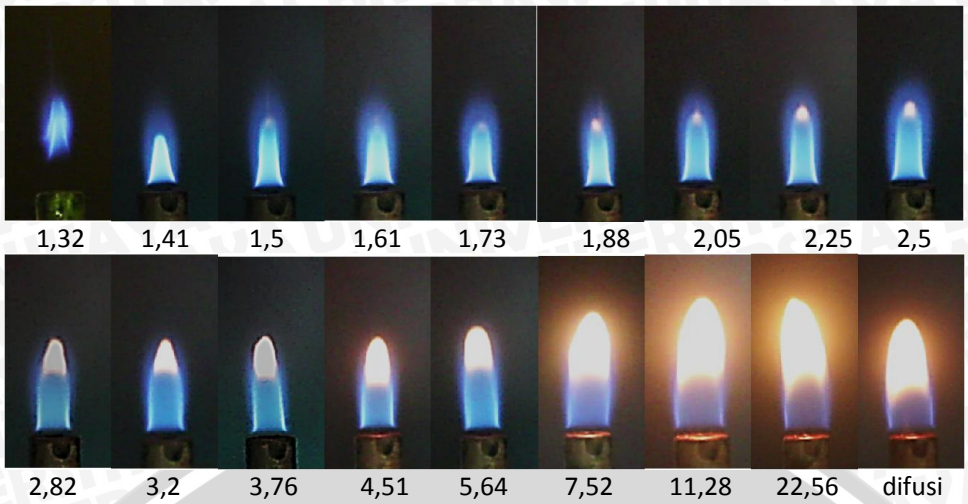
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa api dapat menyala dengan stabil pada debit udara 0 (difusi) hingga *equivalence ratio* 0,95. Pada *equivalence ratio* 0,87 api

mengalami *lift off* kemudian padam. Nyala api berwarna biru menandakan pembakaran yang terjadi mendekati stoikiometrinya dimana sebagian besar didominasi pembakaran *premixed*. Dapat dilihat foto visualisasi pada pembakaran difusi terdapat nyala api berwarna biru terang, biru gelap, dan kuning berturut-turut di daerah tepi bawah, tengah bawah, dan atas atau puncak api. Terjadi pembakaran kaya udara di daerah tepi bawah pada api difusi dengan pencampuran udara dari lingkungan sekitar. Lalu pada daerah tengah bawah api difusi terdapat daerah *preheat zone* atau daerah pemanasan awal dimana nyala api berwarna biru gelap yang diakibatkan oleh bahan bakar yang belum terbakar. Sedangkan daerah berwarna kuning disebut daerah non-stoikiometri dimana pada daerah ini rasio campuran antara bahan bakar dan udara lebih besar dari 1. Warna kuning ini diakibatkan karena adanya jelaga atau sisa bahan bakar yang belum terbakar. Sisa bahan bakar yang belum terbakar tersebut terbakar kembali dengan udara sekitar secara difusi sehingga api berwarna kuning.

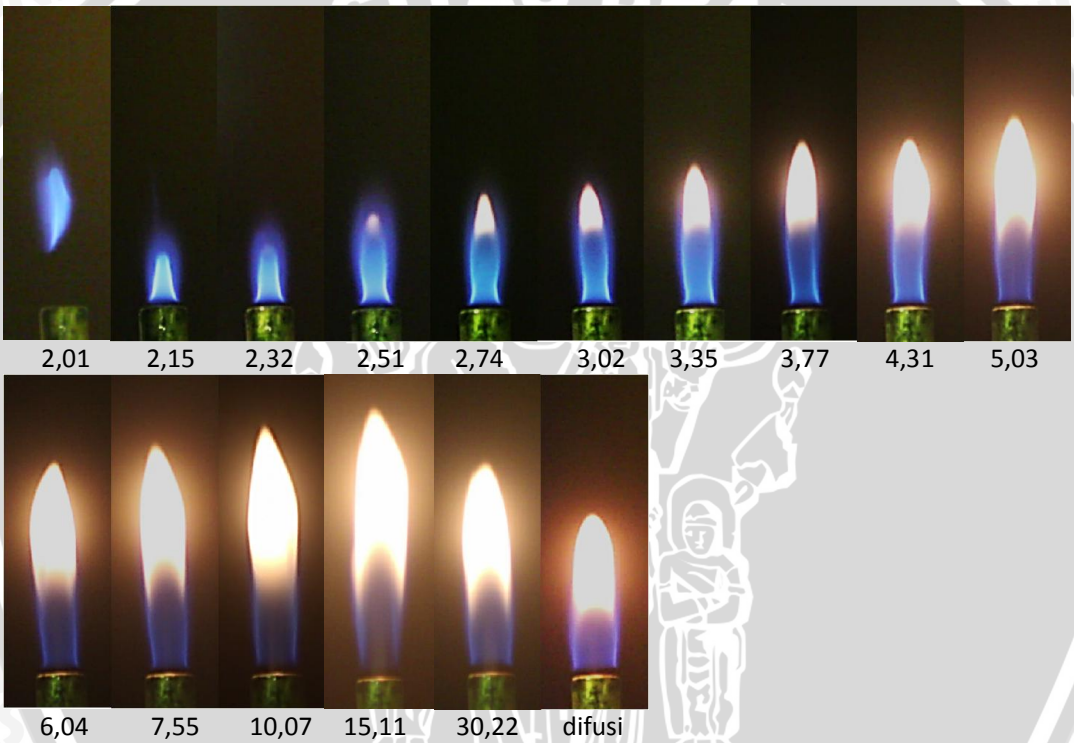
Pada *equivalence ratio* kurang dari 2,28 terlihat dua lapis kerucut api yaitu pada kerucut dalam yang ditandai dengan nyala api berwarna biru tebal. Nyala api berwarna biru tebal merupakan nyala api *premixed* akibat pencampuran bahan bakar dan udara dari T - *connector* dari udara yang disuplai dari kompresor saja. Sedangkan nyala api *premixed* biru tipis merupakan pembakaran difusi dengan udara dari lingkungan sekitar api.

Semakin mendekati nilai *equivalence ratio* 1 menyebabkan nyala api lebih terang, hal ini dikarenakan pembakaran mendekati kondisi stoikiometrinya. Kondisi api mendekati pembakaran stoikiometrinya menyebabkan bahan bakar minyak jarak terbakar sempurna dengan udara, sehingga pembakaran terbakar secara *premixed* yang menyebabkan api berwarna biru terang. Akibat pembakaran mendekati sempurna tersebut menyebabkan tidak ada daerah api berwarna kuning yang terbakar secara difusi sehingga terbentuk nyala api yang semakin pendek. Sedangkan pada puncak api dengan *equivalence ratio* semakin kecil menyebabkan api semakin tipis dan sudut puncak api yang semakin runcing, hal ini dikarenakan kecepatan reaktan yang semakin tinggi akibat debit udara yang semakin besar.

Sedangkan kestabilan api pada laju penguapan minyak jarak 0,092 mL/min dan 0,123 mL/min dapat diamati dari hasil foto visualisasi api pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3 Foto nyala api pembakaran minyak jarak pada laju penguapan 0,092 mL/min



Gambar 4.4 Foto nyala api pembakaran min~~yak~~ jarak pada laju penguapan 0,123 mL/min

Gambar 4.3 menunjukkan pada laju penguapan minyak jarak 0,092 mL/min api dapat menyala dengan stabil pada debit udara 0 (difusi) hingga *equivalence ratio* 1,41 kemudian mengalami *lift off* dan padam saat *equivalence ratio* 1,32. Sedangkan Gambar 4.4 menunjukkan pada laju penguapan minyak jarak 0,123 mL/min api dapat menyala mulai debit udara 0 (difusi) hingga *equivalence ratio* 2,15. Saat mencapai *equivalence ratio* 2,01 api mengalami *blow off* atau padam. Semakin tinggi laju penguapan minyak jarak menyebabkan api mengalami *blow off* pada *equivalence ratio* yang semakin tinggi

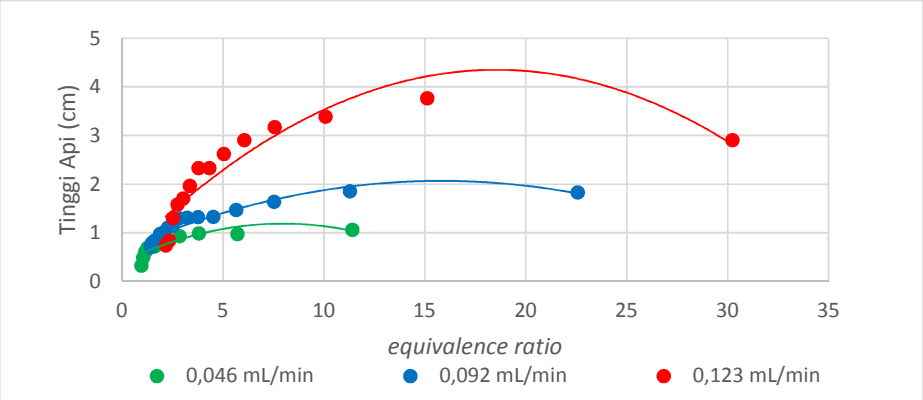
pula. Hal ini disebabkan oleh rasio bahan bakar yang terbakar semakin besar menyebabkan nilai *equivalence ratio* yang semakin besar pula pada saat api mengalami *lift off* dan *blow off*.

Dari ketiga variasi laju penguapan minyak jarak tersebut dapat dibandingkan nilai *equivalence ratio* yang hampir sama yaitu 3,8 ; 3,76 ; dan 3,77 berturut-turut pada laju penguapan minyak jarak 0,046 ; 0,092 ; dan 0,123 mL/min terjadi perbedaan ketinggian dan warna api yang terbentuk dalam pembakaran tersebut. Semakin tinggi laju penguapan minyak jarak pada nilai *equivalence ratio* yang sama menghasilkan api yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya uap minyak jarak yang terbakar sehingga menghasilkan tinggi api yang lebih besar pula.

Pada variasi penguapan minyak jarak 0,046; 0,092; dan 0,123 mL/min api tidak tampak lagi terdapat daerah berwarna kuning pada *equivalence ratio* 1,62; 1,73; dan 2,32. Nilai *equivalence ratio* tersebut membuktikan bahwa semakin rendah laju penguapan minyak jarak yang terbakar menyebabkan semakin rendah nilai *equivalence ratio* yang dibutuhkan untuk terjadi pembakaran *premixed*. Hal ini disebabkan semakin sedikit minyak jarak yang terbakar membutuhkan kandungan udara yang sedikit pula untuk mencapai pembakaran mendekati stoikiometrinya sehingga pada laju penguapan minyak jarak yang kecil membutuhkan nilai *equivalence ratio* yang semakin kecil pula untuk menghasilkan nyala api yang mendekati nilai stoikiometrinya.

4.4.2 Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Tinggi Api

Dari tabel hasil penelitian didapatkan suatu hubungan laju penguapan minyak jarak yang berbeda terhadap karakteristik tinggi api yang terbentuk. Kecenderungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



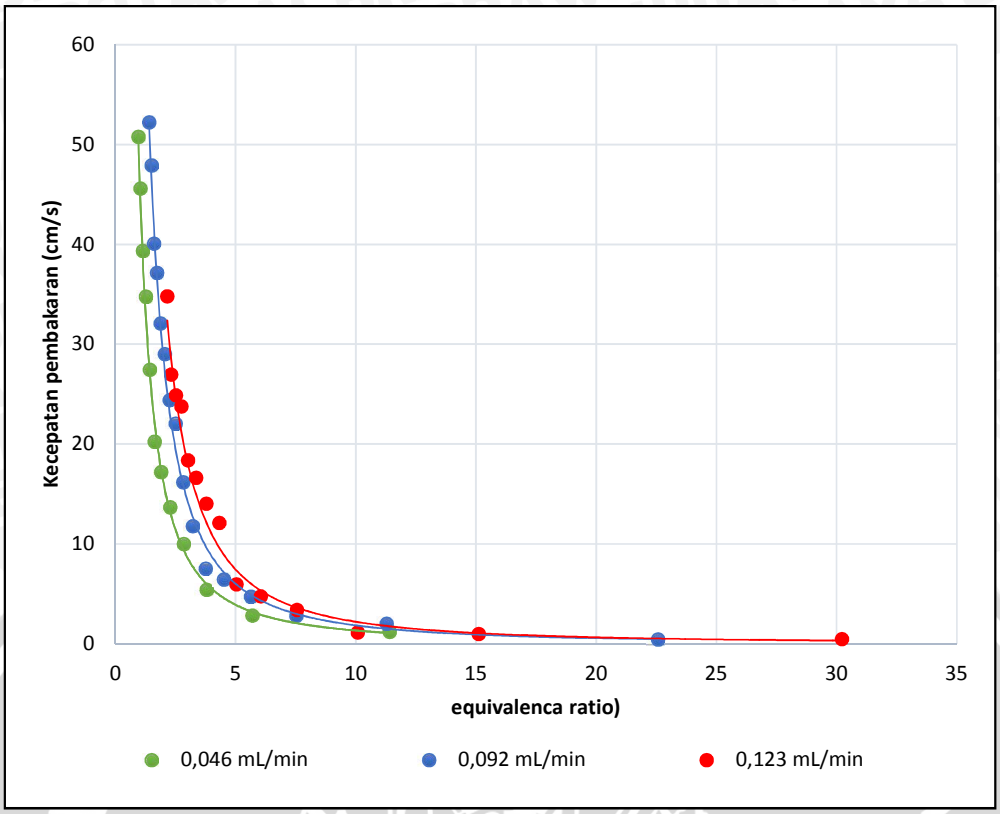
Gambar 4.5 Hubungan *equivalence ratio* terhadap tinggi api

Api cenderung semakin tinggi pada laju penguapan minyak jarak yang semakin besar. Hal ini disebabkan semakin banyaknya bahan bakar minyak jarak yang terbakar saat laju penguapan minyak jarak tinggi, sehingga mengakibatkan tinggi api yang semakin besar pula. Selain itu pada *equivalence ratio* yang semakin tinggi pada ketiga variasi laju penguapan minyak jarak terdapat kecenderungan kenaikan tinggi api. Pada *equivalence ratio* tinggi, terjadi pembakaran tidak sempurna yang ditandai dengan munculnya warna api kuning pada api bagian atas atau puncak api. Pada pembakaran miskin udara terdapat dua warna api yaitu biru dan kuning, dimana warna biru merupakan bahan bakar terbakar secara *premixed*, dan warna kuning merupakan api yang terbakar tidak sempurna karena kekurangan oksidator. Kurangnya udara sebagai oksidator menyebabkan terjadinya pembakaran secara difusi. Hal inilah yang menyebabkan warna puncak api pada pembakaran miskin udara berwarna kuning yang menyebabkan api semakin tinggi. Oleh karena itu pada *equivalence ratio* yang tinggi terbentuk nyala api yang lebih tinggi daripada *equivalence ratio* yang rendah.

Pada Gambar 4.5 antara laju penguapan minyak jarak yang tertinggi 0,123 mL/min menghasilkan grafik kenaikan ketinggian yang lebih curam dibandingkan pada laju penguapan minyak jarak rendah 0,046 mL/min. Selain itu dapat dibandingkan nyala api difusi yang terbentuk pada laju penguapan minyak jarak tertinggi terdapat zona warna kuning yang lebih tinggi daripada nyala api difusi yang terbentuk pada laju penguapan minyak jarak lebih rendah. Hal ini dikarenakan pada laju penguapan minyak jarak tertinggi menghasilkan lebih banyak bahan bakar yang tidak terbakar sempurna sehingga terdapat lebih banyak jelaga yang terbentuk akibat pembakaran non-stoikiometri pada *equivalence ratio* yang semakin tinggi yaitu pada laju penguapan tertinggi memiliki *equivalence ratio* hingga mencapai 30,22 sedangkan pada laju penguapan minyak jarak terendah hanya mencapai 11,4. Semakin tinggi nilai *equivalence ratio* menandakan semakin besar uap minyak jarak yang tidak terbakar sempurna. Sehingga pada laju penguapan minyak jarak tertinggi memiliki grafik ketinggian yang lebih curam daripada laju penguapan lain yang lebih rendah.

4.4.3 Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Kecepatan Pembakaran

Untuk mendapatkan hubungan dari kecepatan pembakaran terhadap variasi laju penguapan minyak jarak yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hubungan *equivalence ratio* udara terhadap kecepatan pembakaran

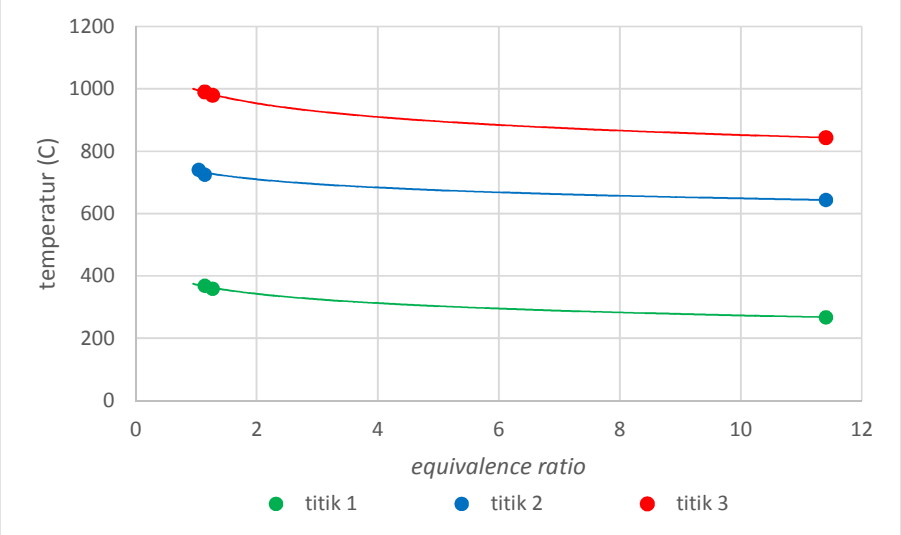
Laju penguapan minyak jarak yang semakin besar menyebabkan kecepatan pembakaran yang semakin besar pada nilai *equivalence ratio* yang sama. Hal ini disebabkan oleh sudut kerucut api yang terbentuk pada laju penguapan minyak jarak 0,123 mL/min memiliki sudut kerucut api yang lebih besar daripada laju penguapan minyak jarak 0,046 dan 0,092 mL/min pada *equivalence ratio* yang sama. Sesuai dengan rumus kecepatan pembakaran pada persamaan (2 - 6), nilai sudut kerucut api (θ) berbanding lurus dengan nilai S_L sehingga menyebabkan kecepatan pembakaran yang semakin tinggi saat sudut yang terbentuk juga semakin besar. Selain itu dari rumus kecepatan reaktan pada persamaan (2 - 7), laju penguapan minyak jarak yang semakin tinggi menyebabkan kecepatan reaktan (V_u) semakin tinggi, yang mengakibatkan semakin tinggi pula nilai kecepatan pembakaran (S_L) yang terbentuk.

Semakin rendah *equivalence ratio* menyebabkan kecepatan pembakaran semakin tinggi. Hal ini disebabkan pada *equivalence ratio* yang rendah terjadi pembakaran mendekati kaya udara, sehingga pembakaran akan berlangsung secara cepat dengan bantuan jumlah udara yang lebih besar. Pada Gambar 4.6 tampak penurunan kecepatan pembakaran yang signifikan pada *equivalence ratio* kecil. Hal ini disebabkan pada nilai *equivalence ratio* kecil terjadi pembakaran kaya udara dan mendekati pembakaran

stoikiometrinya. Hal ini ditandai dengan *equivalence ratio* mendekati 1. Bahan bakar terbakar lebih cepat saat bercampur dengan udara sebagai oksidator dengan kandungan udara yang tepat yaitu pada kondisi stoikiometrinya sehingga kecepatan pembakaran semakin meningkat pada nilai *equivalence ratio* mendekati 1.

4.4.4 Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Temperatur Api

Dapat dilihat pada Gambar 3.4, titik 1 merupakan daerah tengah api yang berjarak 2 mm dari mulut *burner*, titik 2 merupakan daerah pada puncak tertinggi api, dan titik 3 merupakan daerah pada tepi samping api yang berjarak 2 mm dari *burner*. Sedangkan grafik hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api pada laju penguapan uap minyak jarak 0,046 mL/min dapat dilihat pada Gambar 4.7.

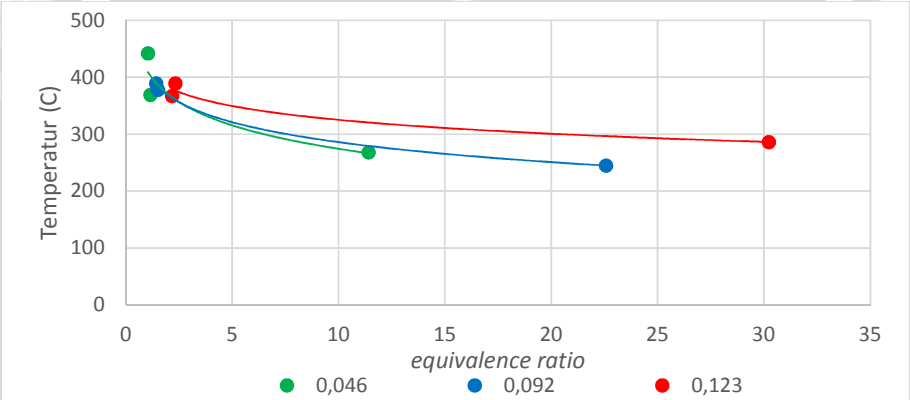


Gambar 4.7 Hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api pada laju penguapan minyak jarak 0,046 mL/min

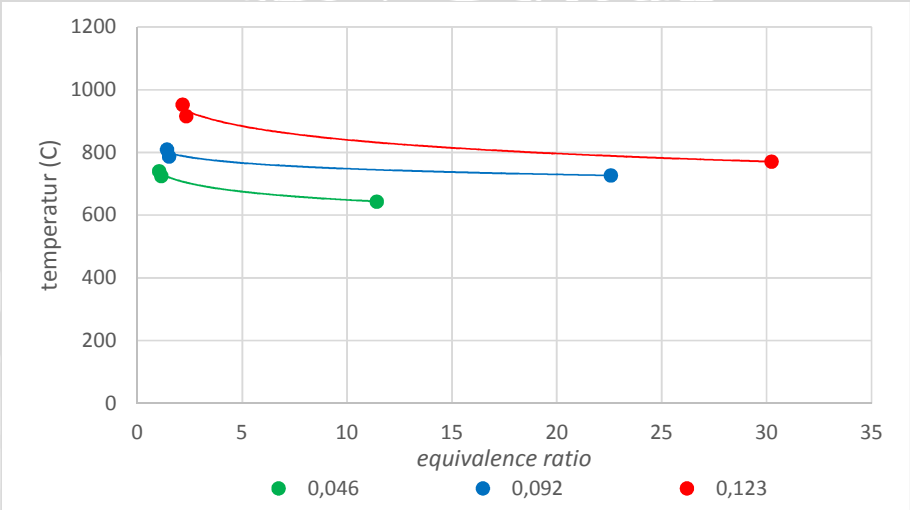
Pada Gambar 4.7 - 4.10 pengeplotan pada grafik temperatur api diambil tiga kondisi nyala api yaitu pada saat api akan mengalami *blow off*, api mulai terbentuk nyala *premixed* ditandai nyala api bewarna biru keseluruhan, dan api mendekati pembakaran difusi. Pengeplotan grafik temperatur api diambil hanya pada kodisi ketiga nyala api untuk mengetahui perbandingan temperatur api yang terbentuk pada kondisi api akan mengalami *blow off*, api terbentuk nyala *premixed*, dan api mendekati pembakaran difusi.

Dapat dibandingkan temperatur api pada laju penguapan uap minyak jarak 0,046 mL/min terlihat kecenderungan bahwa temperatur di titik 1 merupakan daerah temperatur terendah. Hal ini disebabkan oleh masih banyaknya reaktan yang belum terbakar karena zona tersebut merupakan daerah pemanasan awal sehingga temperatur yang terbentuk

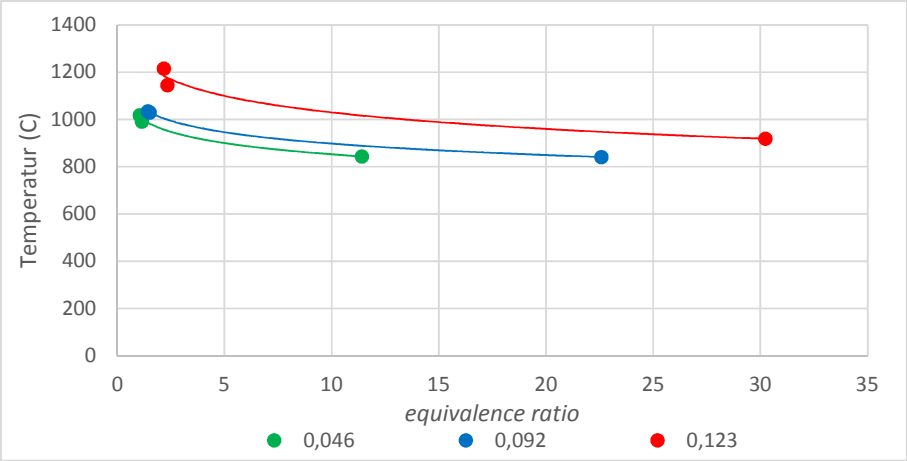
masih rendah. Pada temperatur di titik 2 lebih tinggi dari titik 1 karena bahan bakar terbakar lebih sempurna sehingga temperaturnya meningkat pada puncak api. Temperatur tertinggi pada suatu pembakaran terletak pada daerah di titik 3 yaitu terdapat pada daerah tepi samping api. Hal ini dikarenakan zona reaksi pembakaran terjadi di tepi api dan semakin lama akan menuju ke pusat api. Temperatur di daerah tengah api lebih rendah karena daerah tersebut merupakan daerah dimana fraksi reaktan masih belum terbakar secara sempurna akibat zona tersebut berada di atas mulut nosel. Sedangkan Gambar 4.8-4.10 merupakan grafik hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api di titik 1, 2, dan 3 pada laju penguapan 0,046; 0,092; dan 0,123 mL/min.



Gambar 4.8 Hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api di titik 1 pada laju penguapan 0,046; 0,092; dan 0,123 mL/min



Gambar 4.9 Hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api di titik 2 pada laju penguapan 0,046; 0,092; dan 0,123 mL/min



Gambar 4.10 Hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api di titik 3 pada laju penguapan 0,046; 0,092; dan 0,123 mL/min

Dari Gambar 4.8 - 4.10 menunjukkan bahwa laju penguapan minyak jarak 0,123 mL/min menghasilkan temperatur yang lebih tinggi di setiap grafik titik 1, 2, dan 3 dibandingkan laju penguapan minyak jarak 0,092 dan 0,046 mL/min. Reaksi pembakaran yang semakin banyak yaitu pada laju penguapan bahan bakar uap minyak jarak sebesar 0,123 mL/min menghasilkan pembentukan kalor yang lebih cepat dibandingkan reaksi pembakaran pada laju penguapan 0,046 mL/min dan 0,092 mL/min. Selain itu pada laju penguapan tertinggi mengakibatkan transfer panas dari zona reaksi yang lebih besar, sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi laju penguapan uap minyak jarak menghasilkan temperatur yang lebih tinggi pada suatu reaksi pembakaran. Pada Gambar 4.8, daerah titik 1 memiliki temperatur yang hampir sama pada setiap laju penguapan 0,046; 0,092; dan 0,123 mL/min. Hal ini disebabkan pada zona tersebut merupakan daerah pemanasan awal, sehingga masih banyak uap minyak jarak yang masih belum terbakar pada zona tersebut dan mengakibatkan temperatur yang terbentuk pada titik 1 pada laju penguapan uap minyak jarak 0,046; 0,092; dan 0,123 mL/min hampir sebanding.

Selain itu dari Grafik 4.8 - 4.10 terlihat pada *equivalence ratio* mendekati 1 temperatur api mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan pada *equivalence ratio* mendekati 1 terjadi pembakaran yang mendekati stoikiometrinya sehingga menghasilkan temperatur yang tinggi. Selain itu pada *equivalence ratio* yang semakin besar merupakan pembakaran kaya bahan bakar dimana bahan bakar tidak terbakar seluruhnya dengan sempurna akibat kurangnya udara, sehingga temperaturnya semakin menurun pada *equivalence ratio* yang semakin tinggi.