

## Kecepatan Api Premix Penyalaan Atas Campuran Stoikiometri dan Nitrogen

Djoko Wahyudi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga  
Jl. Yos Sudarso 107 Pabean Dringu Probolinggo 67271

Email : [djokowahyudi@gmail.com](mailto:djokowahyudi@gmail.com)

Terima Naskah : 15 Mei 2013

Terima Revisi : 21 Juni 2013

### ABSTRAK

Bahan bakar gas selain memiliki harga yang kompetitif juga lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan bahan bakar minyak, karena kandungan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih rendah. Penelitian-penelitian mengenai bahan bakar gas merupakan hal yang penting untuk diaktifkan kembali. Agar berbagai karakteristik, struktur, sifat, dan mekanisme dalam proses pembakarannya dapat dipahami secara maksimal. Sehingga upaya-upaya mendapatkan pembakaran yang lebih sempurna dari penggunaan bahan bakar gas sebagai sumber energi alternatif di bidang transportasi dan industri dapat tercapai. Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental, yaitu melakukan pengamatan langsung untuk mengetahui hubungan sebab-akibat dengan menggunakan satu atau lebih kelompok perlakuan. Penelitian menggunakan dua variabel; variabel bebas dan terikat. Kecepatan api premix campuran stoikiometri dan nitrogen dengan penambahan variasi nitrogen 10%-60% menunjukkan kecepatan api semakin menurun. Hal ini disebabkan nitrogen menghambat tumbukan reaksi gas metana dan udara.

**Kata kunci:** Bahan Bakar Gas, Metana, Nitrogen, Pembakaran, Stoikiometri.

### ABSTRACT

*Fuel gas in addition to having a competitive price is also more friendly to the environment than petroleum fuel because of lower CO<sub>2</sub> emissions. Research-research on gas fuel is crucial to again. In order for various characteristics, structure, properties, and mechanism in the actual process can be understood as a maximum. So the efforts to get a more complete combustion of the fuel use of gas as an alternative energy source in the field of transport and the industry can be achieved. The research method of experimental research is conducted, i.e. perform direct observation to determine a causal relationship with the use of one or more treatment groups. Research using two variables; free and bound variables. Speed of stoichiometric mixtures premix fire and nitrogen variations with the addition of 10%-60% indicates the speed of the fire getting declined. This is due to the nitrogen inhibits the reaction of methane gas collisions and air.*

**Key words:** Fuel Gas, Methan, Nitrogen, Combustion, Stoichiometric

### PENDAHULUAN

Sosialisai pemanfaatan bahan bakar gas (BBG) sebagai salah satu bahan bakar alternatif dari penggunaan premium (BBM) sebagai bahan bakar kendaraan bermotor selama ini, merupakan salah satu upaya substitusi sumber energi yang dicanangkan oleh pemerintah. Bahan bakar gas selain memiliki harga yang kompetitif juga lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan bahan bakar minyak, karena kandungan emisi CO<sub>2</sub> yang lebih rendah.

Penelitian-penelitian mengenai bahan bakar gas merupakan hal yang penting untuk diaktifkan kembali. Agar berbagai karakteristik, struktur, sifat, dan mekanisme dalam proses pembakarannya dapat dipahami secara maksimal. Sehingga upaya-upaya mendapatkan pembakaran yang lebih sempurna dari penggunaan bahan bakar gas sebagai sumber energi alternatif di bidang transportasi dan industri dapat tercapai.]

Perbandingan antara bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi merupakan salah satu faktor yang perlu menjadi perhatian dalam proses pembakaran.

Comment [D1]: aaaa

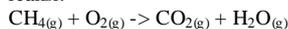
Pembakaran sering kali gagal atau kurang sempurna karena tidak sesuai dengan syarat-syarat pembakaran (oksigen yang dipergunakan tidak cukup atau campuran antara udara dengan bahan bakar yang kurang sempurna). Pembakaran yang tidak sempurna akan berdampak terhadap energi yang diperoleh tidak akan maksimal (rendah) dan bahkan menimbulkan dampak kurang baik terhadap lingkungan dengan timbulnya berbagai polutan pada hasil gas buang.

Beberapa peneliti yang melakukan penelitian tentang fenomena pembakaran adalah [1] meneliti tentang pengaruh pemanasan campuran bahan bakar gas – udara terhadap kecepatan rambat api *premixed* pada ruang bakar model *helle-shaw cell*, menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan campuran bahan bakar gas dan udara warna api semakin biru, bentuk api semakin mendatar dan terpecah menjadi parabola kecil-kecil dan kecepatan rambat api semakin cepat.

Karakteristik perambatan api melalui celah sempit dengan bahan bakar campuran LPG dan Oksigen menunjukkan bahwa tekanan awal dari gas sangat mempengaruhi kecepatan rambat api, semakin tinggi tekanan awal campuran gas maka semakin tinggi pula kecepatan rambat api. Hal ini menyebabkan api mampu melewati celah sempit. Dan jika lebar celah terlalu sempit, maka pembakarannya daerah *downstream* akan terjadi karena *jet ignition*. [2]

Karbon dioksida mampu bertindak sebagai inhibitor yang mencegah tabrakan antara molekul bahan bakar dan udara yang dapat menunda pembakaran untuk mengurangi penyebaran api dan laju reaksi terjadi lebih lambat. [3]

Metana merupakan gas yang terbentuk oleh adanya ikatan kovalen antara empat atom H dengan satu atom C. Metana merupakan suatu alkana. Alkana secara umum mempunyai sifat sukar bereaksi (memiliki afinitas kecil) sehingga biasa disebut sebagai parafin. Sifat lain dari alkana adalah mudah mengalami reaksi pembakaran sempurna dengan oksigen menghasilkan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O) dengan reaksi:



Nitrogen adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang N dan nomor atom 7. Biasanya ditemukan sebagai gas tanpa

warna dan merupakan gas diatomik bukan logam yang stabil, sangat sulit bereaksi dengan unsur atau senyawa lainnya. Dinamakan zat lemas karena zat ini bersifat malas, tidak aktif bereaksi dengan unsur lainnya.

Nitrogen mengisi 78,08 persen atmosfer Bumi dan terdapat dalam banyak jaringan hidup. Zat lemas membentuk banyak senyawa penting seperti asam amino, amoniak, asam nitrat, dan sianida.

Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi (oksigen atau udara) yang menghasilkan panas dan cahaya [4]. Proses pembakaran bisa berlangsung jika ada:

1. Bahan bakar
2. Pengoksidasi (oksigen atau udara)
3. Panas atau energi aktivasi.



Gambar 1. Ilustrasi Proses Pembakaran

Pembakaran stoikiometrik adalah pembakaran dimana semua atom dari pengoksidasi bereaksi secara kimia untuk menjadi berbagai produk.

Pengoksidasi yang paling lazim adalah udara, yang untuk berbagai keperluan dapat dianggap sebagai campuran dari 21% oksigen dan 79% nitrogen (fraksi mol atau volume).

Pada reaksi pembakaran yang sempurna, senyawa bahan bakar bereaksi dengan pengoksidasi dan produknya adalah bagian dari elemen bahan bakar dan pengoksidasi.

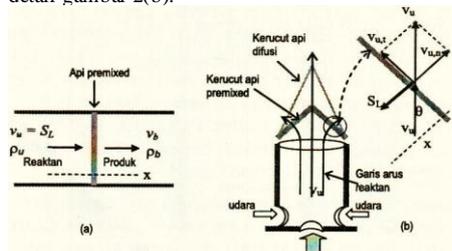
Pada kondisi yang umum udara yang dipakai untuk mengoksidasi bahan bakar pada kenyataannya mengandung oksigen (O<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), argon (Ar), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O) dan sejumlah gas dalam bagian yang cukup kecil.

**Tabel 1. Komposisi Udara Kering**

Udara	Proporsi Volume (%)		Proporsi massa (%)	
	Aktual	Penggunaan	Aktual	Penggunaan
Nitrogen	78,03	79	75,45	76,8
Oksigen	20,99	21	23,20	23,2
Argon	0,94	0	1,30	0
CO <sub>2</sub>	0,03	0	0,05	0
Gas lainnya	0,01	0	-	0

Pada pembakaran premixed, terjadi perambatan gelombang pembakaran yang disebut dengan *flame* (api). Gelombang perambatan merambat ke arah reaktan. Di belakang gelombang pembakaran terbentuk produk pembakaran.

Vektor kecepatan rambatan api premixed  $S_L$  di dalam tabung (gambar 2(a)) sejajar dengan vektor kecepatan yang lainnya yakni vektor kecepatan reaktan  $v_u$  dan kecepatan produk  $v_b$ . Karena sifat fluida yang cenderung mengalir ke kerapatan lebih rendah maka gas berbelok menuju ke api secara tegak lurus. Dengan demikian maka penguraian komponen vektor kecepatan gas reaktan  $v_u$  pada api adalah seperti nampak pada detail gambar 2(b).



**Gambar 2. Struktur Api Premixed:**  
(a) didalam tabung pembakar; (b) pada nosel Bunsen

**METODE**

Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental, yaitu melakukan pengamatan langsung untuk mengetahui hubungan sebab-akibat dengan menggunakan satu atau lebih kelompok perlakuan.

Ada dua buah variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu

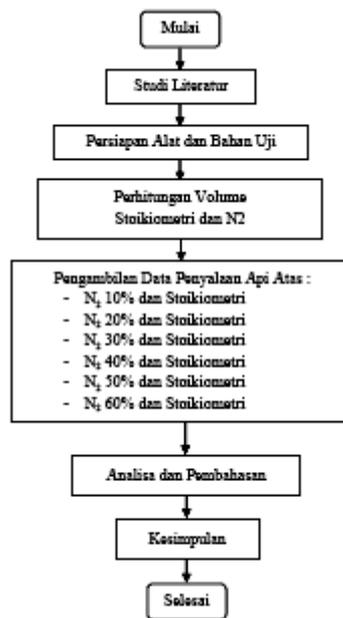
- a. Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian dilakukan.

Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah perbandingan campuran stoikiometri dan nitrogen.

- b. Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah kecepatan api *premix* penyalaan atas.

**Alat dan Bahan**

1. Ruang bakar model *Helle Shaw Cell*
2. Pemantik
3. Kamera Video
4. Komputer
5. Gas Metana
6. Gas Nitrogen
7. Kompresor/Pompa Angin Manual
8. Selang gas
9. Katup masuk



**Gambar 3. Diagram Alir Penelitian**

**HASIL dan PEMBAHASAN**

**Tabel 1.**

Frame	Waktu	Kecepatan Api pada Campuran N2 10% Penyalaan Atas																			
		Panjang Titik Pengukuran Api dari Jarak Penyala																			
		-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.04							1505.2	1576.575	1652.45	1718.275	1800	1767.75	1693	1621.15	1546.175					
2	0.08																				
3	0.12																				
4	0.16																				
5	0.2																				
6	0.24																				
7	0.28																				
8	0.32																				
9	0.36																				

**TABEL 2.**

Frame	Waktu	Kecepatan Api pada Campuran N2 20% Penyalaan Atas																			
		Panjang Titik Pengukuran Api dari Jarak Penyala																			
		-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.04																				
2	0.08																				
3	0.12																				
4	0.16																				
5	0.2																				
6	0.24																				
7	0.28																				
8	0.32																				
9	0.36																				
10	0.4																				
11	0.44																				
12	0.48																				
13	0.52																				
14	0.56																				
15	0.6																				
16	0.64																				
17	0.68																				
18	0.72																				
19	0.76																				

**TABEL 3.**

**Kecepatan Api pada Campuran N2 30% Penyalan Atas**  
**Panjang Titik Pengukuran Api dari Jarak Penyal**

Frame	Waktu	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.04					1399,25	1470,75	1557,45	1693,55	1700,15	1722,1	1700,275	1654,725	1469,9								
2	0.08					1255,8	1337,563	1354,275	1354,675	1387,563	1381,863	1395,288	1353	1338,438	1237,25	1079,638	999,0625					
3	0.12		1007,783	1036,05	1208,45	1255,125	1291,267	1346,108	1389,342	1408,017	1410,8	1416,692	1411,875	1399,725	1374,492	1372,375	1328,325	1234,517	1096,233	1045,158	1001,8	
4	0.16		1037,5	1093,75	1187,5	1193,75	1181,25	1156,25	1150	1156,25	1131,25	1100	1068,75	1081,25	1112,5	1100	1093,75	1056,25	981,25	975		
5	0.2		1000	1045	1085	1110	1105	1095	1070	1075	1035	975	865	920	950	980	995	1005	1000	930	925	
6	0.24		983,333	1020,333	1045,833	1066,667	1033,333	1020,333	1004,167	975	958,333	950	841,6667	804,1667	870,8333	900	937,5	950	954,1667	912,5	891,6667	
7	0.28		957,1429	971,4286	992,8571	1000	992,8571	971,4286	935,7143	914,2857	900	875	835,7143	742,8571	821,4286	857,1429	875	889,2857	892,8571	878,5714	839,2857	
8	0.32		925	946,875	965,625	978,125	968,75	950	931,25	915,625	881,25	856,25	800	771,875	796,875	821,875	837,5	834,375	825	812,5		
9	0.36		877,7778	897,2222	911,1111	919,4444	911,1111	891,6667	872,2222	861,1111	841,6667	816,6667	772,2222	719,4444	730,5556	747,2222	761,1111	766,6667	775	766,6667	758,3333	
10	0.4		837,5	845	862,5	857,5	842,5	822,5	797,5	805	772,5	720	692,5	692,5	707,5	720	727,5	722,5	717,5	707,5		
11	0.44		784,0909	800	802,2727	800	806,8182	793,1818	777,2727	759,0909	759,0909	729,1667	716,6667	672,9167	688,75	679,1667	683,3333	670,8333	663,3333	672,9167	689,5833	
12	0.48																					
13	0.52																					
14	0.56		633,9286	644,6429	646,4286	642,8571	644,6429	641,0714	637,5	641,0714	646,4286	648,2143	635,7143	621,4286								
15	0.6		613,3333	620	621,6667	616,6667	606,6667	603,3333	608,3333	610	618,3333	618,3333	608,3333	605	605	598,3333	608,3333	613,3333	618,3333	625	641,6667	
16	0.64		631,25	632,8125	629,6875	625	612,5	592,1875	576,5625	582,8125	590,625	589,0625	584,375	587,5	590,625	595,3125	598,4375	603,125	603,125	617,1875	632,8125	
17	0.68																					

**TABEL 4.**

**Kecepatan Api pada Campuran N2 40% Penyalan Atas**  
**Panjang Titik Pengukuran Api dari Jarak Penyal**

Frame	Waktu	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.04					1654,725	1714,825	1789,025	1822,95	1875	1919,98	2025	2030,55	1997,65	1982,75	1861,625	1712,625	1515,125				
2	0.08		1546,825	1593	1588,675	1654,725	1689,9	1765,113	1821,438	1903,325	1925,038	1940,763	1941,163	1907,388	1864,85	1779,225	1643,55	1477,8	1304,375			
3	0.12		1316,667	1333,333	1400	1441,667	1450	1466,667	1483,333	1500	1516,667	1491,667	1458,333	1450	1433,333	1383,333	1316,667	1250	1125	883,3333		
4	0.16		1200	1218,75	1206,25	1193,75	1200	1218,75	1193,75	1156,25	1131,25	1156,25	1118,75	1093,75	1087,5	1081,25	1093,75	1100	1081,25	1075	1031,25	
5	0.2		1125	1150	1145	1145	1130	1090	1095	1040	985	925	900	880	910	940	970	995	1010	1005	1000	
6	0.24		1287,5	1304,167	1295,833	1233,333	1204,167	1166,667	1100	1075	1041,667	887,5	929,1667	975	1008,333	1050	1083,333	1100	1108,333	1095,833		
7	0.28		1182,143	1200	1189,286	1175	1121,429	1103,571	1067,857	1042,857	960,7143	953,5714	892,8571	850	896,4286	932,1429	960,7143	978,5714	1000	1021,429	1025	
8	0.32		1093,75	1106,25	1090,625	1068,75	1034,375	996,875	971,875	943,75	871,875	843,75	800	831,25	856,25	881,25	903,375	931,25	953,125	950		
9	0.36		1002,778	1013,889	1008,333	1002,778	994,4444	980,5556	950	913,8889	877,7778	872,2222	794,4444	777,7778	772,2222	797,2222	805,5556	861,1111	880,5556	891,6667	886,1111	
10	0.4		925	937,5	932,5	925	912,5	892,5	872,5	862,5	822,5	782,5	737,5	735	752,5	795	817,5	830	840	847,5		
11	0.44		879,5455	890,9091	875	879,5455	886,3636	886,3636	870,4545	843,1818	852,2727	827,2727	793,1818	761,3636	796,3636	777,2727	797,7273	818,1818	825	825	825	
12	0.48		839,3833	856,25	839,3833	836,25	838,3333	841,6667	833,3333	822,9167	812,5	781,25	764,5833	752,0833	766,6667	797,9167	810,4167	816,6667	818,75	825		
13	0.52		809,6154	813,4615	832,6923	842,3077	842,3077	859,6154	863,4615	834,6154	825	811,5385	778,8462	761,5385	773,0769	823,0769	811,5385	803,8462	798,0769	790,3946		
14	0.56																					

**TABEL 5.**

**Kecepatan Api pada Campuran N2 50% Penyalaan Atas**

**Panjang Titik Pengukuran Api dari Jarak Penyala**

Frame	Waktu	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.04											950	925	778.625								
2	0.08											894.8625	874.0125	884.6	885.7375	800.3875	795	786.7				
3	0.12											727.675	688.4	675.05	671.8383	638.85	639.1167	644.475	641.0167	685.2083		
4	0.16											631.25	625	587.5	606.25	612.5	593.75	581.25	556.25	525	512.5	
5	0.2											540	520	510	495	510	525	530	520	505	505	
6	0.24											425	404.1667	408.3333	445.8333	475	512.5	520.8333	525	538.3333	520.8333	
7	0.28											364.2857	389.2857	421.4286	442.8571	471.4286	489.2857	500	517.8571	539.2857	557.1429	
8	0.32											412.5	387.5	421.875	440.625	465.625	471.875	500	515.625	528.125	537.5	
9	0.36											416.6667	402.7778	388.8889	400							
10	0.4											390	402.5	392.5	385							
11	0.44											379.5455	379.5455	375	363.6864	356.8182						
12	0.48											358.3333	364.5833	362.5	354.1667	345.8333	339.5833					

**TABEL 6.**

**Kecepatan Api pada Campuran N2 60% Penyalaan Atas**

**Panjang Titik Pengukuran Api dari Jarak Penyala**

Frame	Waktu	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.04											775.4	728.875	570.1								
2	0.08											620.975	696.425	775.4	539.675	525.6	513.875	497.65				
3	0.12											495.2875	514.325	550.1375	383.425	384.15	413.825	449.917	447.6	479.075		
4	0.16											407.0583	397.3	383.425	384.15	413.825	449.917	447.6	479.075			
5	0.2											390	385	320	355	385	380	360	335	280	280	
6	0.24											270.8333	295.8333	308.3333	312.5	304.1667	312.5	316.6667	320.8333	325	335.3333	
7	0.28											264.2857	264.2857	271.4286	278.5714	310.7143	317.8571	314.2857	321.4286	342.8571	357.1429	
8	0.32											268.75	271.875	278.125	312.5	309.375	321.875	334.375	356.25	362.5	356.25	

Dari tabel 1 sampai 6 kecepatan api campuran stoikiometri dan nitrogen menunjukkan kecepatan api mengalami penurunan, hal ini dapat dilihat dari kecepatan api maksimum yang terjadi setiap pengujian dari penambahan campuran gas nitrogen, sebagai berikut:

Tabel 1 kecepatan api premix = 2233.3 mm/dtk;

Tabel 2 kecepatan api premix = 1640.5 mm/dtk;

Tabel 3 kecepatan api premix = 1722.1 mm/dtk;

Tabel 4 kecepatan api premix = 2030.6 mm/dtk;

Tabel 5 kecepatan api premix = 950 mm/dtk; dan

Tabel 6 kecepatan api premix = 775.4 mm/dtk.

Pada tabel 2-4 kecepatan api sedikit mengalami kenaikan hal ini disebabkan pencampuran gas nitrogen belum sempurna pada saat proses pengujian sehingga gas nitrogen sangat kecil sekali menghambat tumbukan reaksi gas metana dan udara.

#### SIMPULAN

Kecepatan api premix campuran stoikiometri dan nitrogen dengan penambahan variasi nitrogen 10%-60% menunjukkan kecepatan api semakin menurun. Hal ini disebabkan nitrogen menghambat tumbukan reaksi gas metana dan udara.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tenaya, 2010. *Pengaruh Pemanasan Campuran Bahan Bakar Gas-Udara terhadap Kecepatan Rambat Api Premixed pada Ruang Bakar Model Helle-Shaw Cell*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9. Palembang.
- [2] Sentanuhady, Prabowo, Rachmat, 2010. *Karakteristik Perambatan Api melalui Celah Sempit dengan Bahan Bakar Campuran LPG dan Oksigen*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9. Palembang.
- [3] Ilminnafik, Hamidi, Wardana, 2011. *Behavior of Flame Propagation in LPG Premixed Combustion with Carbondioxide Inhibitor*. International Journal of Academic Research. Vol. 3 No. 2 March, 2011, Part III.
- [4] Wardana, 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. PT. Danar Wijaya. Brawijaya University Press. Malang.