

Djoko Wahyudi

## PERILAKU RAMBAT API *PREMIXED* PENYALAAN BAWAH CAMPURAN GAS METANA-UDARA INHIBITOR NITROGEN (N<sub>2</sub>)

Djoko Wahyudi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga

Jl. Yos Sudarso 107 Pabean Dringu Probolinggo 67271

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

### ABSTRAK

Komposisi gas metana dalam kandungan biogas salah satu dengan menurunkan gas nitrogennya. Nitrogen dalam campuran bahan bakar gas merupakan inhibitor yang efektif. Misalkan pengaruh nitrogen pada kecepatan pembakaran dari gas metana-udara mengalami penurunan. Seberapa besar pengaruh kadar nitrogen jika ditinjau dari perilaku rambat api, maka perlu adanya suatu pengamatan atau penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah prosentase campuran Nitrogen 10%-50% dan titik penyalaan dari bawah. Prosentase nitrogen diambil dari prosentase gas metana, misal 10% nitrogen maka 90% gas metana. Campuran udara dan CH<sub>4</sub> tetap stoikiometri (9.5:1). Untuk mendapatkan nitrogen pada campuran stoikiometri dengan menghitung jumlah volume dari *helle shaw cell*, kemudian menentukan prosentase nitrogen yang masuk ke ruang bakar, sesuai variasi prosentase nitrogen. Pola rambat api yang dibentuk dari campuran gas metana-udara dan nitrogen menunjukkan perubahan yang berbeda dan berbentuk parabola yang mendatar dan akhirnya pecah menjadi beberapa parabola yang kecil-kecil.

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

### ABSTRACT

*The composition of the gas methane in the biogas deposits one by lowering the nitrogen. The Nitrogen in the fuel mixture gas is an effective inhibitor. Suppose the influence of nitrogen on burning velocity of methane-air gas has decreased. How big is the influence of the nitrogen levels if the behavior of the fire, then the vines need for an observation or research. Free variables in this study is the percentage of Nitrogen mix 10%-50% and point lighting from below. Percentage of nitrogen derived from the percentage of methane gas, e.g. 10% nitrogen and 90% methane gas. The mixture of air and CH<sub>4</sub> fixed stoichiometry (9.5: 1). To get the nitrogen in the mix with stoichiometry calculate the amount of volume of helle shaw cell, then specify the percentage of nitrogen that enters the combustion chamber, according to the percentage of variation in nitrogen. Flame vines pattern formed from methane gas-mixture of air and nitrogen shows different changes in different and parabolic horizontally and finally breaks into several small parabolic.*

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

### PENDAHULUAN

Penelitian terhadap penggunaan dan pengembangan sumber alam adalah merupakan suatu kegiatan ilmiah yang baik dalam rangka mengurangi penggunaan bahan bakar minyak. Pemanfaatan energi alternatif merupakan salah satu solusi yang harus diterapkan. Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan.

Untuk meningkatkan komposisi gas metana dalam kandungan biogas salah satu dengan menurunkan gas nitrogennya. Nitrogen dalam campuran bahan bakar gas merupakan inhibitor yang efektif. Misalkan pengaruh nitrogen pada kecepatan pembakaran dari gas metana-udara

mengalami penurunan. Seberapa besar pengaruh kadar nitrogen jika ditinjau dari perilaku rambat api, maka perlu adanya suatu pengamatan atau penelitian.

Beberapa peneliti yang melakukan penelitian tentang pembakaran adalah Tenaya [1] meneliti tentang pengaruh pemanasan campuran bahan bakar gas – udara terhadap kecepatan rambat api *premixed* pada ruang bakar model *helle-shaw cell*. Bahan Bakar Gas (BBG) diperoleh dari Natural Gas PT. Lapindo Brantas dengan kandungan 98,4% metana (CH<sub>4</sub>) dan 1,4% nitrogen (N<sub>2</sub>). Hasil penelitiannya 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. Hubungan temperatur pemanasan campuran bahan bakar gas dengan udara deformasi api.

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*.

Nurhadi [3] menambahkan inhibitor CO<sub>2</sub> terhadap batas mampu nyala refrigerant hidrokarbon dengan kandungan propane 99,5%, menunjukkan bahwa penambahan inhibitor CO<sub>2</sub> menurunkan kecepatan rambat api pembakaran karena molekul CO<sub>2</sub> menghambat reaksi tumbukan antara molekul refrigerant hidrokarbon dengan molekul udara dan juga mempengaruhi batas mampu nyala refrigerant hidrokarbon pada berbagai AFR. Pada AFR miskin penambahan 3% CO<sub>2</sub> menyebabkan campuran tidak mampu terbakar. Pada AFR stoikiometri penambahan 4% CO<sub>2</sub> menyebabkan campuran tidak mampu terbakar dan pada AFR kaya penambahan 6% CO<sub>2</sub> menyebabkan campuran tidak mampu terbakar.

Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasian (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.

Panas atau energi di sini diperlukan untuk mengaktifkan molekul-molekul bahan bakar. Panas atau energi yang dipakai untuk mengaktifkan molekul-molekul bahan bakar disebut energi aktivasi. Pada proses pembakaran kontinyu, umumnya energi aktivasi diambil dari panas hasil pembakaran lewat cara radiasi atau lewat cara konveksi (sirkulasi balik).

Proses pembakaran memiliki bentuk bermacam-macam. Walaupun demikian, dua hal selalu terjadi apabila proses pembakaran langsung. Kedua hal tersebut adalah:

1. Komposisi spesies campuran berubah terhadap waktu, dan perubahan ini disebabkan oleh proses pada tingkat molekuler.
2. Ikatan-ikatan molekul yang lemah lepas kemudian digantikan oleh ikatan yang lebih kuat. Kelebihan energi ikatan dilepas ke dalam sistem, yang biasanya menyebabkan kenaikan temperatur yang sangat tinggi.

Ada dua hal yang sangat penting yang harus dipenuhi agar proses pembakaran bisa berlangsung yaitu:

- Kesetimbangan massa, dan
- Kesetimbangan energi.

Keseimbangan massa yang diperlukan tersebut oleh para ahli kimia disebut stoikiometri dimana kata ini berasal dari bahasa Yunani *stoicheion* yang berarti elemen atau prinsip utama. Sedangkan kesetimbangan energi yang diterapkan ketika proses pembakaran berlangsung diturunkan dari prinsip-prinsip termokimia.

## METODE PENELITIAN

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

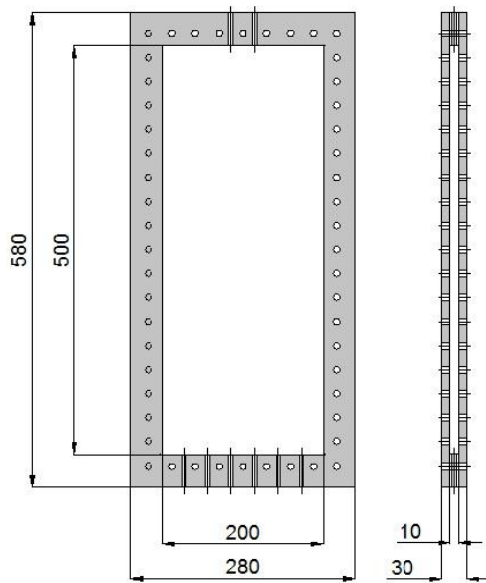
- a. Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian dilakukan.

Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah prosentase campuran Nitrogen 10%-50% dan titik penyalaan dari bawah. Prosentase nitrogen diambil dari prosentase gas metana, misal 10% nitrogen maka 90% gas metana. Campuran udara dan CH<sub>4</sub> tetap stoikiometri (9.5:1).

- b. Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah pola rambat api *premixed*.

#### 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 1. Dimensi Helle Shaw Cell

Gambar 1. menunjukkan dimensi *helle shaw cell* dengan panjang 580 mm dan lebar 280 mm. Ruang bakar mempunyai ukuran volume 500 x 200 x 10 mm. Akrilik tersusun tiga lapis dengan ketebalan masing-masing 10 mm sehingga ketebalan keseluruhan 30 mm. Pada dinding samping terdapat beberapa lubang sebagai (tempat baut dan mur) pengikat akrilik, selain itu juga untuk menghindari kebocoran pada saat gas metana, nitrogen dan udara bercampur, sehingga tekanan dalam ruang bakar tetap konstan. Dua lubang vertical diatas sebagai tempat masuk gas dan udara. Enam lubang dibawah sebagai lubang pelimpah.

Untuk mendapatkan nitrogen pada campuran stoikiometri dengan menghitung jumlah volume dari *helle shaw cell*, kemudian menentukan prosentase nitrogen yang masuk ke ruang bakar, sesuai variasi prosentase nitrogen.

Urutan pelaksanaan pengambilan data pada campuran stoikiometri dan nitrogen sebagai berikut:

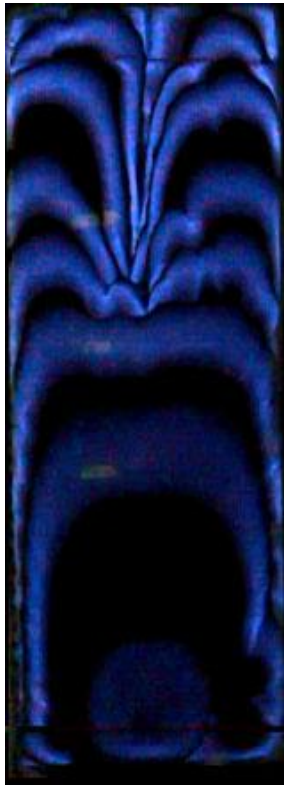
1. Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan dan disusun sesuai dengan gambar instalasi yang direncanakan.
2. Mengisi ruang bakar dengan air.
3. Kamera video diatur dudukannya diatas *threepod*.
4. Penyala dihubungkan pada terminal.
5.  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$  dan udara dimasukkan secara bergantian melalui katub sesuai dengan skala pada ruang bakar untuk memperoleh perbandingan  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$  dan udara tertentu yang akan diuji. Masuknya  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$  dan udara yang bertekanan akan menekan air dalam ruang bakar turun sampai batas skala yang ditetapkan dan air akan keluar melalui selang mengisi tabung pelimpahan yang ada di samping.
6. Setelah ruang bakar terisi campuran  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$  dan udara, kamera dihidupkan.
7. Tombol pemantik ditekan sampai api menyala. Gambar rambatan api ruang bakar diambil.
8. Setelah gambar rambatan api terekam kamera kemudian dimatikan dan gas hasil pembakaran yang tersisa dalam ruang bakar dibuang dengan membuka katup atas.
9. Kemudian dilakukan langkah-langkah seperti diatas untuk tiap-tiap variasi perbandingan campuran  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$  dan udara.

Hasil rekaman dari kamera video file.MOV ditransfer ke komputer menjadi file.AVI menggunakan software *Total Video Converter*. Dengan menggunakan Software *Ulead 8* mengedit hasil rekaman untuk mengambil video hanya proses pembakaran, sehingga waktu pembakaran tiap ledakan dapat diketahui. Dari gambar bergerak diekstrasi menjadi gambar diam dalam sejumlah frame yang tersusun berurutan dari saat menyala pertama sampai padam digunakan software *Free Video to JPG Converter*.

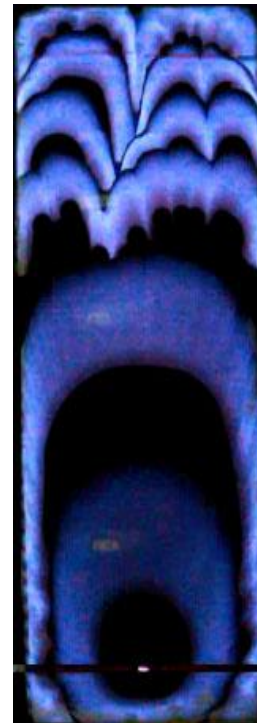
Setiap variasi dari perbandingan campuran Stoikiometri  $N_2$  akan menampilkan gambar bentuk dan pola rambatan yang berbeda-beda dalam setiap framenya. Dari hasil gambar ini dilakukan pengukuran jarak api setiap frame menggunakan software lunak *ImageJ*. Kecepatan kamera yang digunakan adalah 25 frame/detik, maka waktu yang diperlukan untuk satu frame adalah 1/25 detik. Dengan demikian kecepatan rambat api bisa didapat dengan jalan membagi jarak api pada setiap frame dengan waktu. Dengan menggunakan software Excel diperoleh tabel kecepatan yang kemudian dibuat grafik hubungan-hubungan yang dicari. Bentuk serta pola rambat api dapat ditampilkan dalam bentuk gambar transparan yang diproses menggunakan software *Adobe Photoshop CS3*.

### HASIL dan PEMBAHASAN

Setelah memproses gambar transparan dengan menggunakan software *Adobe Photoshop CS3* maka akan didapatkan gambar bentuk dan pola rambatan api.



Gambar 2. Pola Rambat Api Campuran Gas Metana-Udara dan  $N_2$  10%



Gambar 3. Pola Rambat Api Campuran Gas Metana-Udara dan  $N_2$  20%



Gambar 4. Pola Rambat Api Campuran Gas Metana-Udara dan  $N_2$  30%



**Gambar 5. Pola Rambat Api  
Campuran Gas Metana-Udara dan N<sub>2</sub> 40%**



**Gambar 6. Pola Rambat Api  
Campuran Gas Metana-Udara dan N<sub>2</sub> 50%**

Bentuk rambatan api yang dihasilkan akibat variasi campuran prosentase nitrogen dan gas metana-udara yang dilakukan ternyata menunjukkan perubahan yang berbeda-beda.

Dari bentuk framenya, pada umumnya pola rambatan api adalah berbentuk parabola, dari parabola yang kecil didekat pemantik terus berkembang menjadi parabola yang besar, bahkan semakin jauh dari pemantik awalnya berbentuk parabola yang mendatar dan akhirnya pecah menjadi beberapa parabola yang kecil-kecil, hal ini dipengaruhi daya dorong dari gaya apung yang cukup besar.

Dari jumlah framenya, dapat diketahui pada N<sub>2</sub> 10% jumlahnya 8, N<sub>2</sub> 20% jumlahnya 6, N<sub>2</sub> 30% jumlahnya 15, N<sub>2</sub> 40% jumlahnya 10, dan N<sub>2</sub> 50% jumlahnya 15.

Dari warna apinya, pada N<sub>2</sub> 10% - 50% warna api umumnya menunjukkan warna biru, tetapi pada N<sub>2</sub> 50% warna birunya semakin pudar. Warna api biru disebabkan oleh kondisi campuran yang kaya bahan bakar. Dengan pencampuran N<sub>2</sub> yang semakin besar sehingga warna biru semakin pudar, hal ini menunjukkan proses pembakaran dalam campuran tersebut berlangsung sempurna.

Dari beberapa perilaku rambat api diatas dapat diketahui bahwa N<sub>2</sub> sebagai inhibitor sangat berpengaruh sekali dalam proses pembakaran. Jumlah N<sub>2</sub> pada campuran gas metana-udara mengakibatkan panas yang dilepas pada reaksi pembakaran rendah. Rendahnya panas hasil pembakaran juga diakibatkan karena produk gas dari hasil pemakaran tak sempurna

### SIMPULAN

Rambat api yang dibentuk dari campuran gas metana-udara dan nitrogen menunjukkan perubahan yang beda-beda dan berbentuk parabola yang mendatar dan akhirnya pecah menjadi beberapa parabola yang kecil-kecil dan warna apinya biru.

### 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] Nurhadi, 2011. *Pengaruh Penambahan Inhibitor CO<sub>2</sub> terhadap Batas Mampu Nyala Refrigeran Hidrokarbon dengan Kandungan Propane 99.5%*. Tesis. Universitas Brawijaya Malang.
- [4] Wardana, 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. PT. Danar Wijaya. Brawijaya University Press. Malang.
- [5] 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.