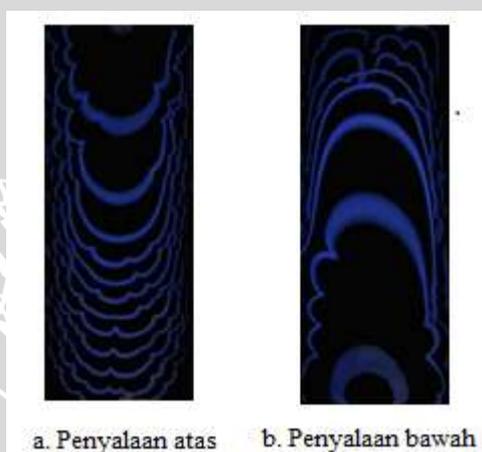


BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Hasil rekaman proses pembakaran gas metana yang berupa video, terlebih dahulu dirubah menjadi gambar diam dengan menggunakan *software Video to JPG Converter*. Video tersebut dipotong dengan kecepatan 25 fps (*frame per sekon*), dimana dalam satu detik dapat menghasilkan 25 gambar diam. Setelah didapatkan potongan dari video tersebut, langkah selanjutnya yaitu mengambil potongan – potongan gambar disaat api mulai terbentuk hingga padam. Kemudian gambar – gambar tersebut dipotong hanya pada bagian ruang bakar, dengan menggunakan *software Adobe Photoshop* sebesar sesuai dengan ukuran sebenarnya. Gambar hasil dari *Adobe Photoshop* tersebut, kemudian digabungkan menjadi satu *frame* yang ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Penyalaan atas dan bawah

Untuk perhitungan cepat rambat api, gambar susunan rambatan api yang telah dihasilkan kemudian dimasukkan kedalam *Adobe Photoshop*. Sehingga dapat dihitung jarak perpindahan api tiap *framena*. Dari hasil jarak tersebut dapat diketahui cepat rambat api dengan membagi jarak per satuan waktu.

4.2 Pengolahan Data dan Analisa Data

4.2.1 Analisa Data CH₄ Tanpa Menggunakan Gas *Mixer* dan Menggunakan Gas *Mixer* Pada Penyalaan Atas dan Bawah

Pembahasan ini dilakukan untuk mendapatkan pola kecenderungan dari data hasil penelitian karakteristik pembakaran metana dan udara tanpa kadar CO₂ pada campuran kaya dan miskin dengan penyalaan dari atas dan bawah. Pengaruh

Penambahan Gas *Mixer* Terhadap Batas Mampu Nyala (*flammability limit*) dapat dilihat pada table 1 dan 2

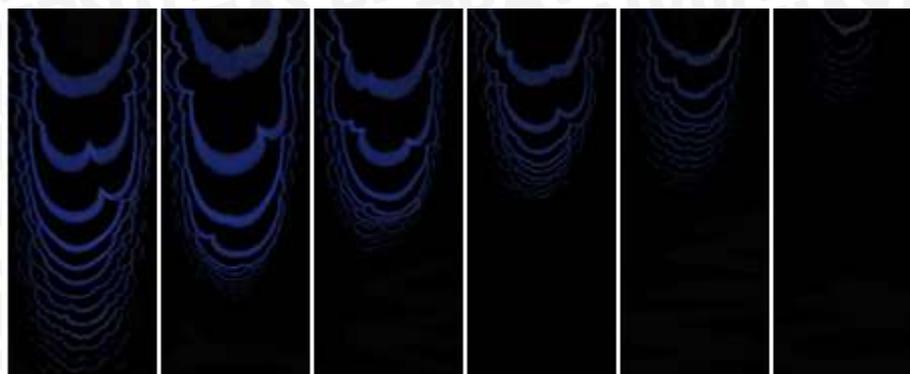
Tabel 4.1 Penyalaan Atas

No	Penyalaan Atas	AFR kaya	AFR miskin
1	Tanpa gas <i>mixer</i>	9.5	14
2	Gas <i>mixer</i>	8	12

Tabel 4.2 Penyalaan Bawah

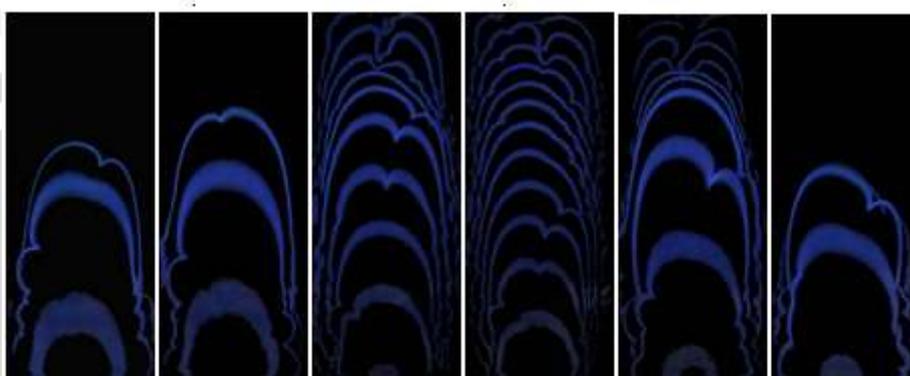
No	Penyalaan Bawah	AFR kaya	AFR miskin
1	Tanpa gas <i>mixer</i>	7	11
2	Gas <i>mixer</i>	8	12

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa batas mampu nyala api antara tanpa gas *mixer* dan penambahan gas *mixer* berbeda pada penyalaan atas maupun bawah. Pada penyalaan atas batas mampu nyala api tanpa gas *mixer* antara AFR 9,5 – 14 sedangkan pada penyalaan bawah batas mampu nyala tanppa menggunakan gas *mixer* terletak pada AFR 7-10. Penyalaan atas maupun bawah yang megunakan gas *mixer* didapatkan batas mampu nyala api yang sama yaitu terletak pada AFR 8-12. Hal ini disebabkan dengan adanya gas *mixer* campuran reaktan yang terdiri antara udara dan baha bakar dapat tercampur merata sehingga dapat terbakar pada pada AFR yang sama akan tetapi kecepatan rambat api pada penyalaan atas dan bawah lebih cepat penyalaan bawah, ini disebabkan karena adanya gaya apung pada bahan bakar (CH_4) yang membuat bahan bakar cenderung naik keatas. Gaya apung ini disebabkan karena adanya perbedaan massa molekul reaktan yang berbeda. Selain itu pada penyalaan atas maupun bawah tanpa menggunakan gas *mixer* cenderung tidak stabil. Kejadian ini terjadi karena campuran bahan bakar dan udara belum tercampur secara merata karena adanya perbedaan masa molekul pada reaktan. Nyala api dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



AFR 9.5:1 AFR 10:1 AFR 11:1 AFR 12:1 AFR 13:1 AFR 14:1

a. Penyalaaan atas

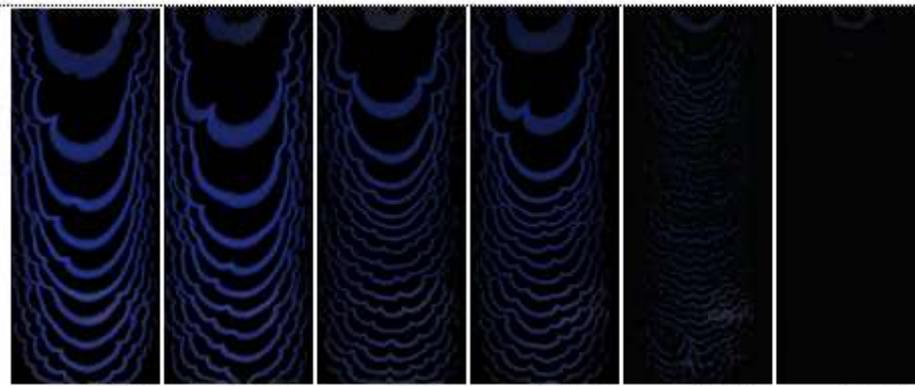


AFR 7:1 AFR 8:1 AFR 9:1 AFR 9.5:1 AFR 10:1 AFR 11:1

b. Penyalaaan bawah

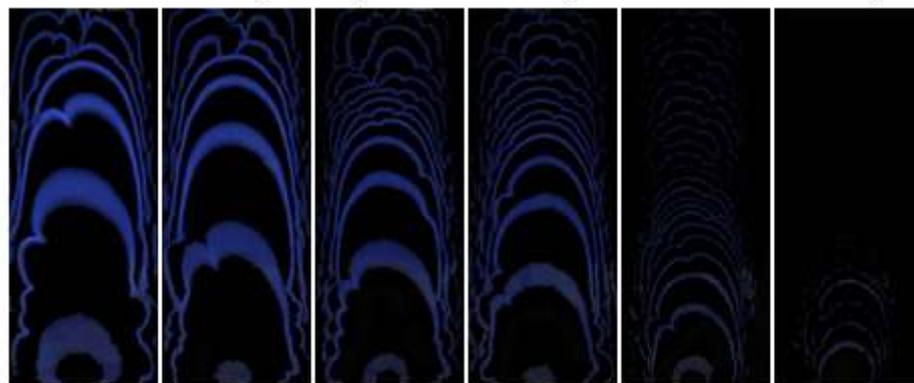
Gambar 4.2 Gambar penyalaaan atas dan bawah tanpa menggunakan gas *mixer*





AFR 8:1 AFR 9:1 AFR 9.5:1 AFR 10:1 AFR 11:1 AFR 12:1

a. Penyalaan atas



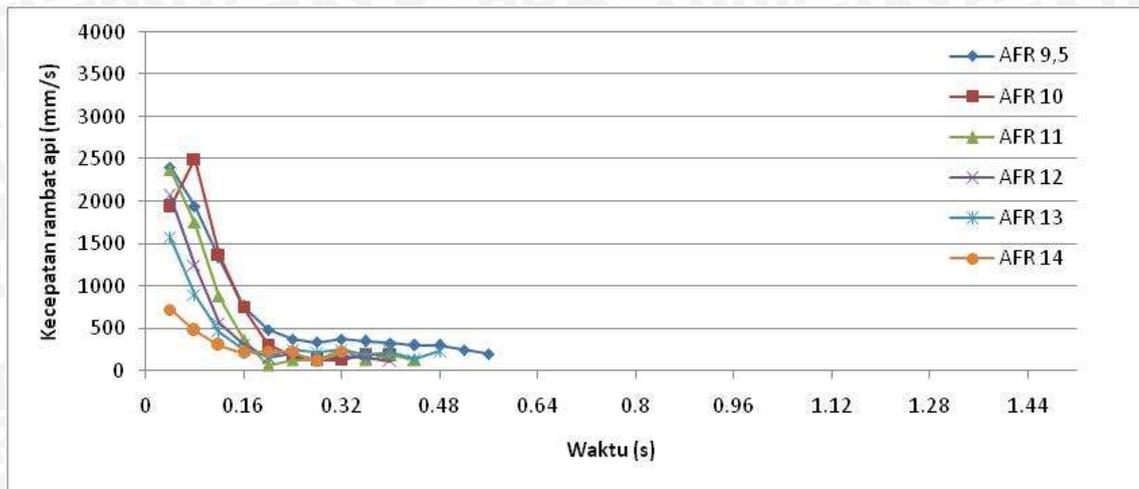
AFR 8:1 AFR 9:1 AFR 9,5:1 AFR 10:1 AFR 11 :1 AFR 12:1

b. Penyalaan bawah

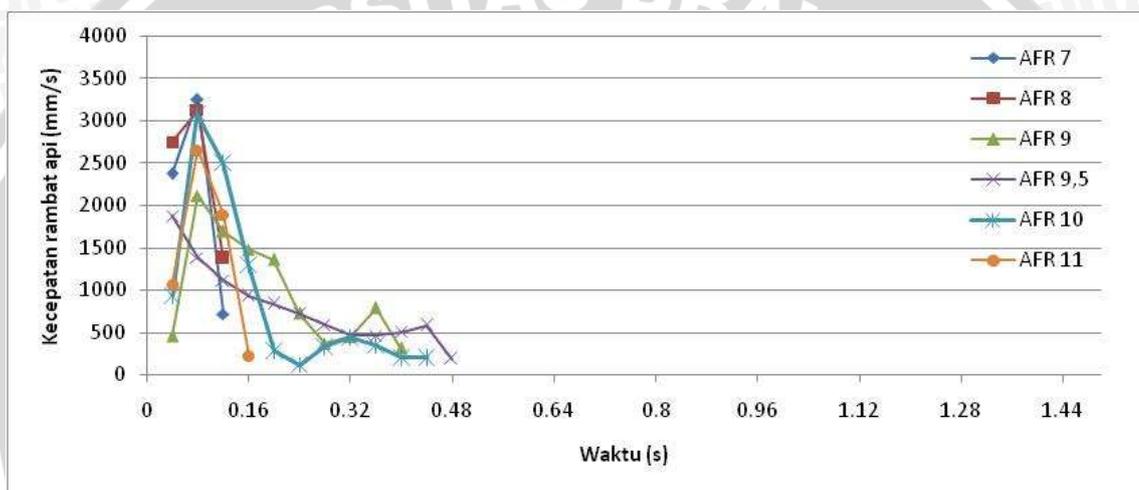
Gambar 4.3 Penyalaan atas dan bawah menggunakan gas *mixer*

Pada gambar 4.2 dan 4.3 dapat diketahui bahwa dengan penambahan gas *mixer* jarak rambat api dapat teratur dan bisa terbakar sampai ke ujung ruang pembakaran sedangkan pada penyalaan tanpa menggunakan gas *mixer* nyala api cenderung padam sebelum mencapai sisi ujung ruang pembakaran. Hal ini disebabkan dengan adanya gas *mixer* campuran reaktan dapat tercampur secara merata sehingga pembakarannya dapat terbakar secara merata.

Grafik hubungan kecepatan rambat api pada penyalaan atas maupun bawah tanpa menggunakan gas *mixer* dapat dilihat pada gambar 4.4



a. Penyalan atas



b. Penyalan bawah

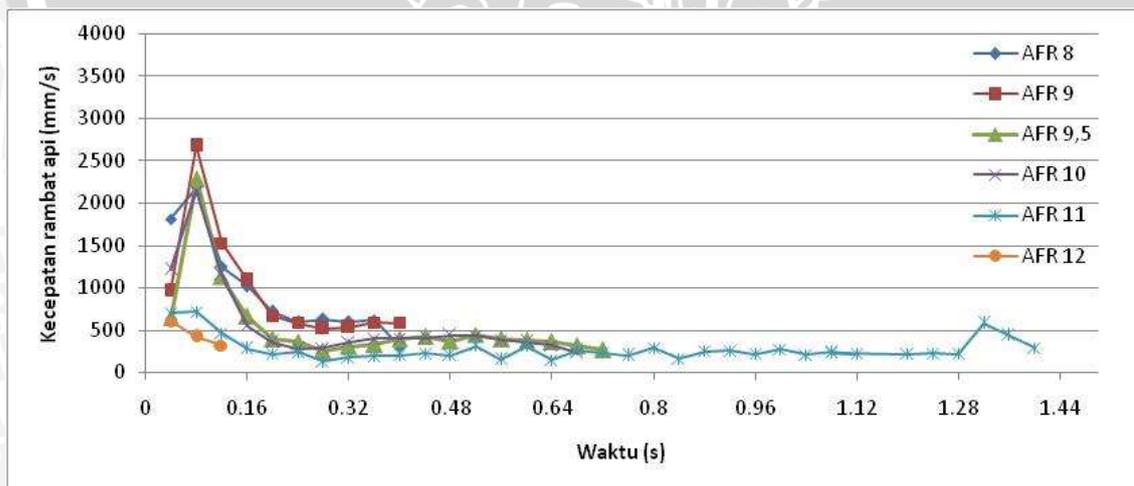
Gambar 4.4 Grafik kecepatan rambat api Penyalan atas 4.4(a) dan bawah tanpa menggunakan gas *mixer* 4.4(b)

Pada Gambar 4.4a pada penyalan atas dapat dilihat bahwa kecepatan rambat api tertinggi ada pada AFR 10:1 sebesar 2500 mm/s sedangkan kecepatan terendah terletak pada AFR 14:1 dengan kecepatan rambat api sebesar 725 mm/s. Dari grafik dapat diketahui bahwa laju rambat api pada awal-awal penyalan cenderung tinggi dan mencapai puncak kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan. Hal ini dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan gaya apung yang menekan laju rambat api kebawah, sehingga menghambat pencapaian laju rambat api puncak pada awal penyalan.

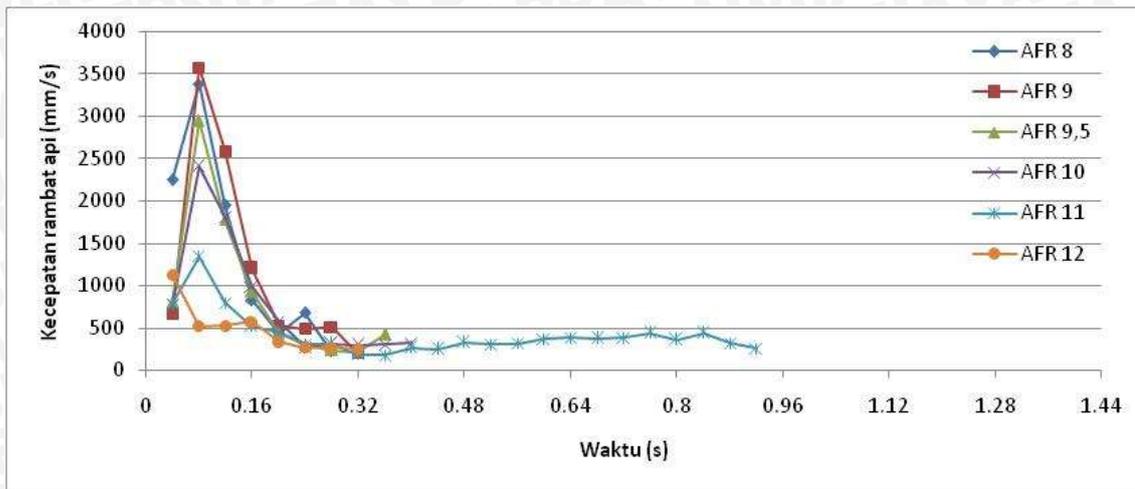
Pada Gambar 4.4b pada penyalan bawah dapat dilihat bahwa kecepatan rambat api tertinggi ada pada AFR 7:1 sebesar 3250 mm/s sedangkan kecepatan terendah terletak

pada AFR 9,5 : 1 dengan kecepatan rambat api sebesar 1880 mm/s. Dari grafik juga dapat diketahui bahwa laju rambat api pada awal-awal penyalaan cenderung tinggi dan mencapai puncak kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan. Hal ini dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan gaya apung yang mempercepat laju rambat api keatas, sehingga laju rambat api lebih cepat pada awal penyalaan. Gaya apung timbul karena adanya perbedaan densitas campuran antara bahan bakar dan udara akibat adanya perbedaan temperatur. Perbedaan temperatur timbul karena adanya panas yang dihasilkan akibat reaksi pembakaran antara bahan bakar dengan udara, dimana secara vertikal temperatur pembakaran bagian bawah lebih besar dari temperatur pembakaran bagian atas, sehingga densitas reaktan dibawah lebih ringan dari densitas atas yang nantinya akan menyebabkan aliran secara vertical dari bawah ke atas, aliran ini akan menghambat rambatan api dari atas kebawah, Begitu juga pada pembakaran atas temperatur pembakaran bagian atas lebih kecil dari temperatur bagian bawah, sehingga densitas reaktan diatas lebih berat dari densitas bawah yang nantinya akan menyebabkan aliran secara vertical dari atas ke bawah, aliran ini akan menghambat rambatan api dari bawah ke atas.

Grafik hubungan kecepatan rambat api yang menggunakan gas *mixer* dapat dilihat pada gambar 4.5



a. Penyalaan atas



b. Penyalaan Bawah

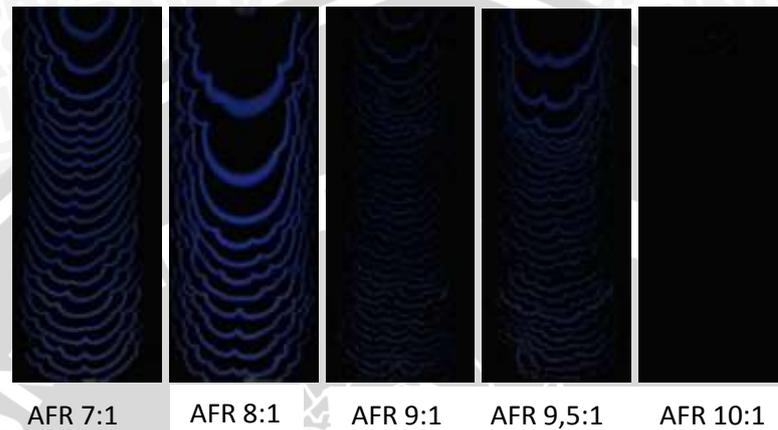
Gambar 4.5 Grafik kecepatan rambat api Penyalaan atas 4.5(a) dan bawah menggunakan gas *mixer* 4.5(b)

Pada Gambar 4.5a pada penyalaan atas dapat dilihat bahwa puncak laju rambat api sesaat ada pada AFR 9:1 yaitu sebesar 2675 mm/s dan yang paling rendah terletak pada AFR 12:1 dengan kecepatan sebesar 610 mm/s. Dari grafik dapat diketahui bahwa laju rambat api pada awal-awal penyalaan cenderung tinggi dan mencapai puncak kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena dengan adanya gas *mixer* udara dan bahan bakar dapat tercampur secara merata sehingga dapat terbakar seluruhnya sehingga pada proses pembakaran waktu pembakarannya relatif lama dibanding dengan pembakaran tanpa menggunakan gas *mixer*.

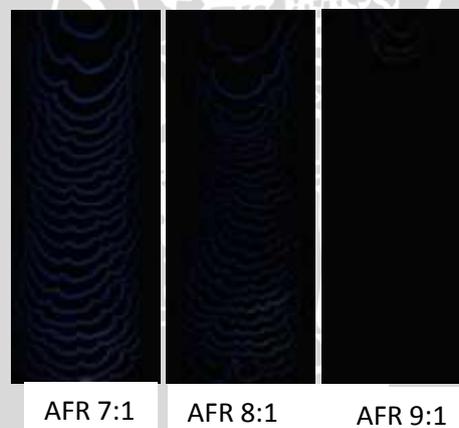
Pada Gambar 4.5b pada penyalaan bawah dapat dilihat bahwa kecepatan rambat api tertinggi ada pada AFR 9:1 sebesar 3572.5 mm/s dan terkecil terletak pada AFR 12 dengan kecepatan 1135 mm/s. Dari grafik juga dapat diketahui bahwa laju rambat api pada awal-awal penyalaan cenderung tinggi dan mencapai puncak kemudian berangsur-angsur mengalami penurunan, bila dibandingkan dengan penyalaan bawah pada gambar 4.4(b) cepat rambat api menggunakan gas *mixer* cenderung lebih cepat dibanding dengan pembakaran tanpa gas *mixer*.

4.2.2 Analisa Data CH₄ Menggunakan Gas *Mixer* Dengan Variasi Kadar CO₂ Penyalaan Atas

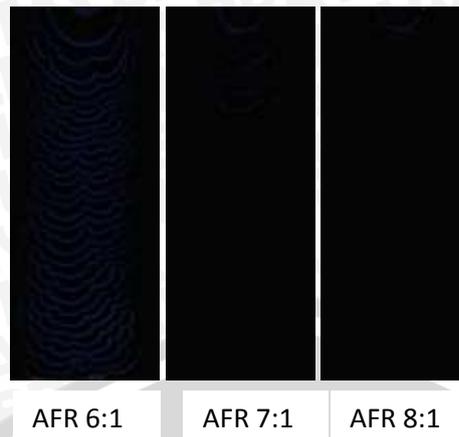
Data hasil penelitian didapatkan gambar perambatan pola rambat api yang menggunakan gas *mixer* dengan variasi CO₂ dari 10% sampai 40% yang ditunjukkan pada gambar 4.6 sampai 4.9



Gambar 4.6 Penyalaan atas menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 10%



Gambar 4.7 Penyalaan atas menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 20%

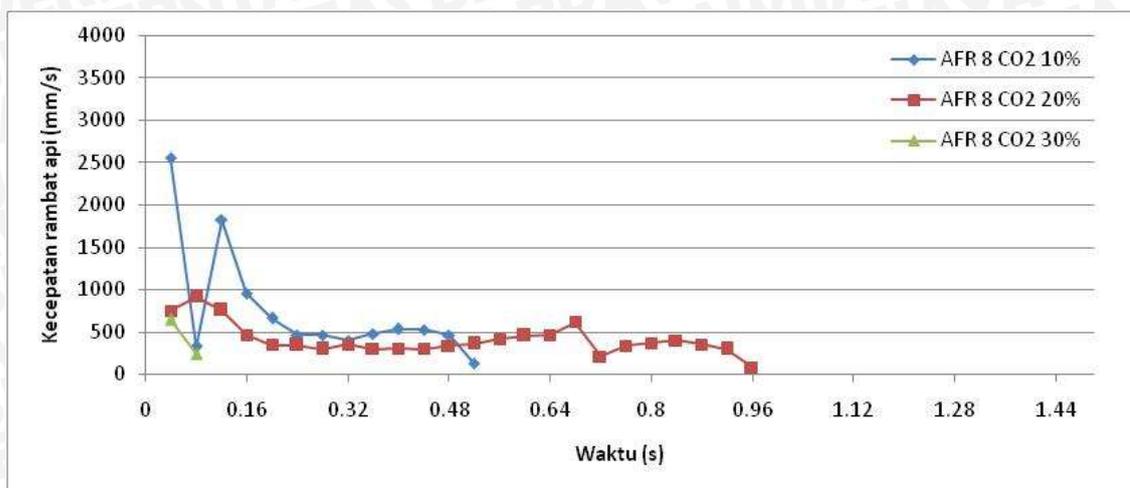


Gambar 4.8 Penyalaan atas menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 30%



Gambar 4.9 Penyalaan atas menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 40%

Pada gambar diatas didapatkan pola yang berbeda-beda pada pembakaran CH₄ dengan CO₂ 10%, 20%, 30% dan 40%. Pada penyalaan atas CO₂ 10% didapatkan batas mampu nyala api terletak antara AFR 7:1 sampai AFR 10:1 dan pembakaran stokiometri terletak pada AFR 8. pembakaran CH₄ dengan CO₂ dengan kadar 20% didapatkan batas mampu nyala api terletak pada AFR 7:1 sampai AFR 9:1, sedangkan pada kadar CO₂ 30% terjadi batas mampu nyala api pada AFR 6:1 sampai AFR 8:1. Terakhir pada CO₂ 40% hanya terjadi pembakaran pada AFR 6:1. Hal ini terjadi karena adanya kandungan CO₂ pada reaktan,. CO₂ merupakan zat inhibitor pada reaksi pembakaran, dimana semakin besar kandungan CO₂ menyebabkan reaktan sulit untuk terbakar atau mengalami reaksi pembakaran. Grafik hubungan kecepatan rambat api terhadap kadar CO₂ pada AFR 8:1 dapat dilihat pada gambar 4.10,

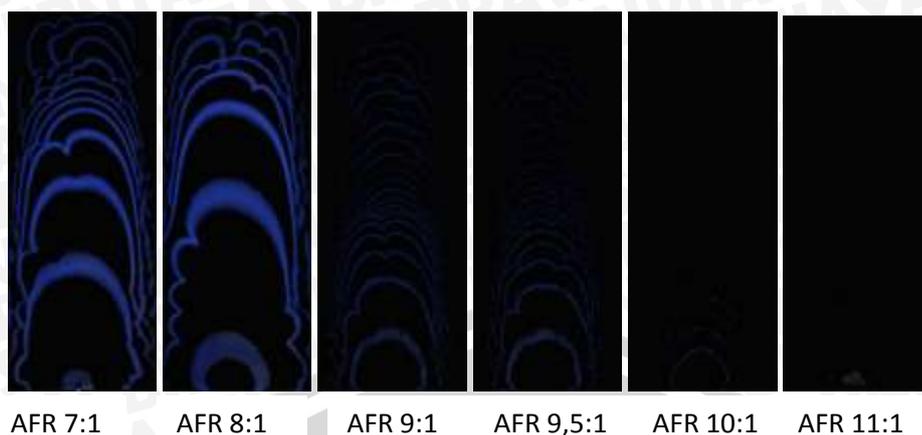


Gambar 4.10 Kecepatan rambat api penyalan atas pada AFR 8 dengan variasi CO₂

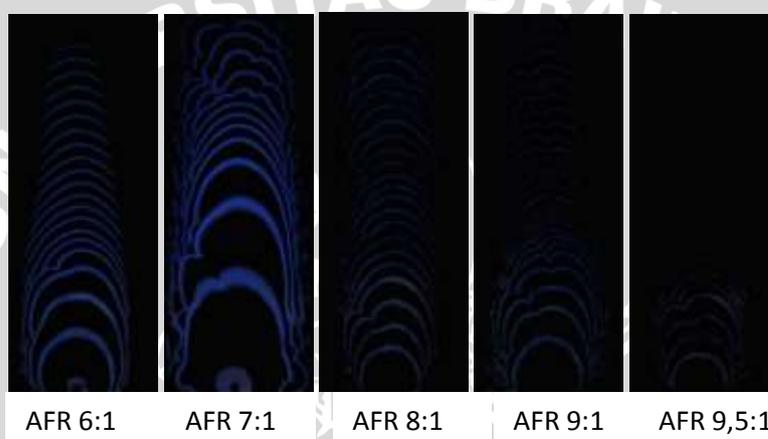
Pada gambar 4.10 dapat dilihat bahwa puncak laju rambat api dengan urutan dari terbesar sampai terkecil pada campuran CH₄ dengan CO₂ terletak pada kadar CO₂ 10%, CO₂ 20%, dan CO₂ 30% dengan kecepatan rambat api dari yang terbesar sampai terkecil adalah 2250 mm/s, 912 mm/s, dan 642.5 mm/s. Hal ini disebabkan gas CO₂ merupakan suatu gas yang dapat menghambat laju pembakaran karena CO₂ adalah zat inhibitor. Maka dari itu semakin besar kadar CO₂ pada gas CH₄ akan menghambat laju pembakarannya bahkan sampai tidak dapat terbakar pada kadar CO₂ tertentu

4.2.3 Analisa Data CH₄ Menggunakan Gas Mixer Dengan Variasi Kadar CO₂ Pada Penyalan Bawah

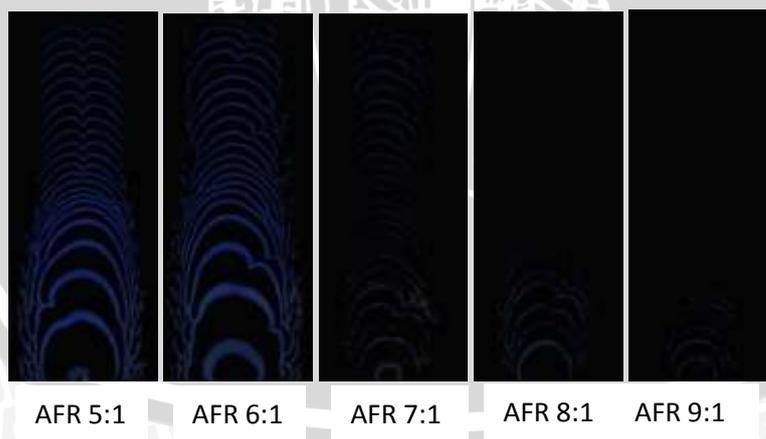
Data hasil penelitian didapatkan gambar perambatan pola rambat api yang menggunakan gas *mixer* dengan variasi CO₂ dari 10% sampai 40% yang ditunjukkan pada gambar 4.11 sampai 4.14



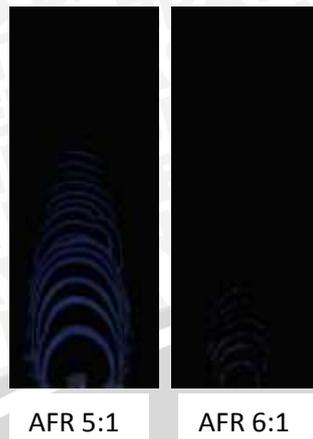
Gambar 4.11 Penyalaaan bawah menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 10%



Gambar 4.12 Penyalaaan bawah menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 20%

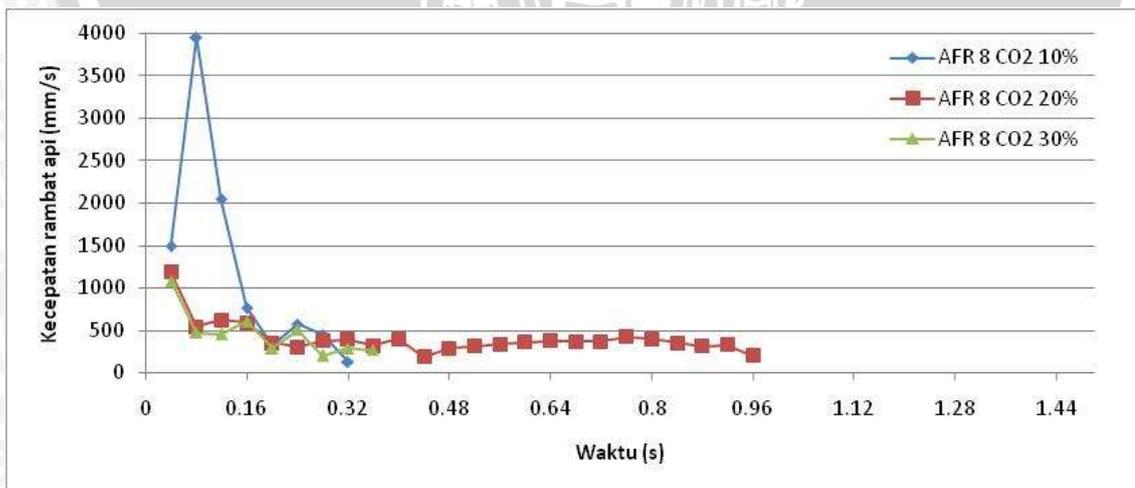


Gambar 4.13 Penyalaaan bawah menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 30%



Gambar 4.14 Penyalan bawah menggunakan gas *mixer* kadar CO₂ 40%

Pada gambar diatas didapatkan pola yang berbeda-beda pada pembakaran CH₄ dengan CO₂ 10%, 20%, 30% dan 40%. Pada penyalan bawah CO₂ 10% didapatkan batas mampu nyala api terletak antara AFR 7:1 sampai AFR 11:1 dan pembakaran stokiometri terletak pada AFR 8. pembakaran CH₄ dengan CO₂ dengan kadar 20% didaptkan batas mampu nyala api terletak pada AFR 6:1 sampai AFR 9,5:1, sedangkan pada kadar CO₂ 30% terjadi batas mampu nyala api pada AFR 5:1 sampai AFR 9:1. Terakhir pada CO₂ 40% hanya terjadi pembakaran pada AFR 5:1 dan AFR 6:1. Hal ini terjadi karena adanya kandungan CO₂ pada reaktan,. CO₂ merupakan zat inhibitor pada reaksi pembakaran, dimana semakin besar kandungan CO₂ menyebabkan reaktan sulit untuk terbakar atau mengalami reaksi pembakaran. Grafik hubungan kecepatan rambat api terhadap kadar CO₂ pada AFR 8:1 dapat dilihat pada gambar 15,



Gambar 4.15 Grafik kecepatan rambat api pada penyalan bawah AFR 8:1 dengan variasi CO₂

Pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa puncak laju rambat api dengan urutan dari terbesar sampai terkecil pada campuran CH_4 dengan CO_2 terletak pada kadar CO_2 10%, CO_2 20%, dan CO_2 30 % dengan kecepatan rambat api dari yang terbesar sampai terkecil adalah 3952 mm/s, 1185 mm/s, dan 1082 mm/s. Hal ini disebabkan gas CO_2 merupakan suatu gas yang dapat menghambat laju pembakaran karena CO_2 adalah zat inhibitor. Maka dari itu semakin besar kadar CO_2 pada gas CH_4 akan menghambat laju pembakarannya bahkan sampai tidak dapat terbakar pada kadar CO_2 tertentu

