

Analisis Penyebab Kegagalan Pembacaan *Flame Detector* pada Turbin Gas di PLTGU PRIOK

Andreas Suryadinata¹, Abdurrahman², P. Jannus³, Maykel TE Manawan⁴

Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Program Studi Teknik Konversi Energi
Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Kota Depok,
Jawa Barat 16424, Indonesia, Tlp., +625777347144, Fax. (021) 7270034, natandinata@gmail.com¹

Abstrak

Flame detector merupakan alat instrumen sensor yang dapat mendeteksi nilai intensitas dan frekuensi api pada proses pembakaran di ruang bakar pada PLTG. Prinsip kerja *Flame detector* menggunakan metode optik yang bekerja seperti UV (ultraviolet) dan IR (infrared), pencitraan visual api, serta spektroskopi yang berfungsi untuk mengidentifikasi percikan api. Reaksi intens bahan yang memicu kebakaran dapat ditandai oleh sinar UV, terlihatnya emisi karbondioksida, dan radiasi dari infrared. *Flame detector* juga mampu membedakan antara peringatan palsu dan api pembakaran sungguhan melalui komponen sistem yang dirancang dengan fungsi mendeteksi adanya penyerapan cahaya yang terjadi pada gelombang tertentu. Permasalahan yang ditemukan pada *flame detector* salah satunya adalah kotornya kaca *flame detector* berupa jelaga pembakaran di dalam ruang bakar yang menutupi permukaan kaca. Hal ini mengakibatkan penunjuk indikator tidak tepat (*fault*), bahkan tidak ada penunjuk sama sekali dan mengakibatkan unit turbin gas mati. *Flame detector* di PLTGU Blok 1—2 menggunakan tipe UVIA sensor series D40—41 fireeye dengan sensor UV. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya pengendapan kotoran pada kaca *flame detector* di PLTGU Blok 1-2 dan mencari solusi untuk mencegah terjadinya pengendapan kotoran pada kaca *flame detector*. Metode penyelesaian masalah berupa pengamatan, penelitian, dan wawancara dengan pihak-pihak yang terkait. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa kegagalan pembacaan *flame detector* di PLTGU Blok 1—2 salah satunya disebabkan kaca *flame detector* yang kotor sehingga menghambat sensor membaca nyala api. Pengendapan kotoran pada *flame detector* di PLTGU Blok 1—2 disebabkan oleh beberapa hal, yaitu: komposisi bahan bakar HSD, pola operasi yang tidak kontinu, dan segitiga pembakaran yang tidak sempurna.

Kata kunci: Kaca *flame detector*, Pengendapan kotoran, PLTGU Blok 1—2.

Abstract

Flame detector is one of instrument with a sensor which can detect intensity and frequency of fire at burning process in combustor at gas turbine unit. Working principle *Flame detector* uses optical methods that work like UV (ultraviolet) and IR (infrared), fire visual imaging, as well as spectroscopy that serves to identify sparks or flame. Intense reactions of fire-inducing materials can be marked from UV rays, emissions of carbon dioxide, and radiation from infrared. *Flame Detector* is also able to distinguish between false alert with real burning fire through system components designed with the function of detecting the absorption of light that occurs in certain waves. Problems found in the *flame detector* one of them is the dirty glass *flame detector* in the form of burning coal inside the combustor covering the glass surface. This resulted in the indicator pointer *fault* even there is no pointer at all and cause in turbine gas unit trip. *Flame detector* in PLTGU Block 1—2 uses UV sensor type D40—41 fireeye series with UV sensor. This study aims to analyze the causes of sediment deposition on the *flame detector* glass in PLTGU Block 1—2 and find a solution to prevent the occurrence of dirt deposition on the *flame detector* glass. Method of problem solving in the form of observation, research and interview with related parties. So it can be concluded that the failure of *flame detector* reading in PLTGU Block 1—2 one of them due to the dirty *flame detector* glass that inhibits the flame reading sensors. Precipitation of dirt on *flame detector* in PLTGU block 1-2 is caused by several things, namely: HSD fuel composition, non-continuous operation pattern, and incomplete combustion triangle.

Keywords : *Flame detector* glass, Precipitation dirt, PLTGU Blok 1—2.

I. PENDAHULUAN

Flame Detector atau *flame scanner* merupakan alat instrumen yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan api di ruang bakar, prinsip kerja *flame detector* sendiri adalah api akan bisa dideteksi oleh keberadaan spectrum cahaya infrared maupun ultraviolet, dan dari situ semacam sensor dalam *flame detector* akan bekerja untuk

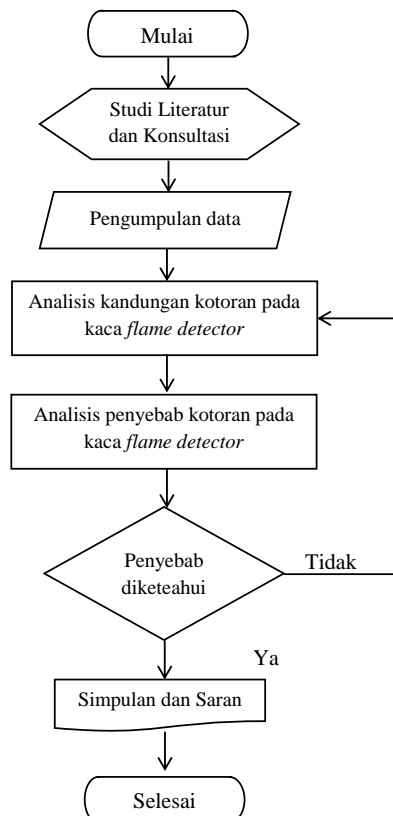
membedakan spectrum cahaya yang terdapat pada api yang terdeteksi tersebut. kegagalan pembacaan pada alat ini sering terjadi salah satunya diakibatkan kaca atau lensa *flame detector* yang kotor, hal ini mengakibatkan petunjuk indikator menjadi tidak tepat (*fault*) bahkan tidak ada petunjuk sama sekali dan menyebabkan terjadinya trip pada turbin gas. Dalam pemeliharaan alat instrument ini kaca atau lensa yang kotor tersebut harus diganti dengan yang baru, dan harga lensa ini relatif mahal. Penyebab kotornya kaca atau lensa pada *flame detector* yang ada pada turbin gas PLTGU Priok diduga disebabkan oleh penggunaan bahan bakar HSD, dengan dampak yang ditimbulkan tentu masalah ini sangat merugikan dalam pengoperasian dan dapat menyebabkan keandalan PLTGU mengalami penurunan.

Dengan adanya analisis penyebab kegagalan pembacaan *flame detector* pada turbin gas di PLTGU-PRIOK dapat diketahui faktor-faktor yang menyebabkan kotornya kaca *flame detector*, mengetahui secara pasti mengapa kaca atau lensa *flame detector* bisa kotor, dan dapat memberikan rekomendasi agar masalah tersebut bisa diatasi.

II. METODE PENELITIAN

1. Diagram Alir

Metode penelitian merupakan proses mendapatkan data yang digunakan untuk analisis teoriti yang diperlukan. Secara sistematis langkah-langkah penelitian sebagaimana Gambar 1



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

2. Studi Literatur dan Konsultasi

Studi literatur dan konsultasi bertujuan untuk menolong penyusun mengerti dasar teori yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan.

1. Studi literatur

Penulis melakukan studi literatur melalui manual *maintenance* GT ABB blok 1-2, manual *operation* GT ABB Blok 1-2, dan Jurnal *e-book*.

2. Konsultasi

Penulis melakukan konsultasi dengan beberapa pihak terkait, diantaranya :

- Dosen Pembimbing
- SPS Instrumentasi
- SP GT Blok 1-2
- Teknisi Instrumentasi
- Teknisi Senior Mekanik

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk tugas akhir ini dilaksanakan pada saat kerja praktik di PLTGU-Priok Blok 1-2. Adapun data yang di kumpulkan untuk penulisan tugas akhir ini, yaitu :

- Data riwayat *Trip* GT Blok 1-2 sepanjang tahun 2017
- Data analisis komposisi bahan bakar gas dan HSD sepanjang tahun 2017
- Data analisis komposisi udara ambient sepanjang tahun 2017

4. Analisis Kandungan Kotoran Yang Menempel Pada Kaca Flame Detector

Melakukan pegujian di laboratorium untuk mengetahui kandungan kotoran yang menempel pada kaca, berikut beberapa foto sampel yang diuji.



(a)



(b)

Gambar 2 (a) & (b) Kaca *Flame Detector* yang kotor

Gambar 2 merupakan bagian kaca *Flame Detector* yang kotor sehingga menyebabkan terhalangnya cahaya pembakaran dari ruang bakar yang akan masuk menuju sensor flame, Oleh karena itu sensor flame tidak mendeteksi adanya pembakaran diruang bakar dan menyebabkan turbin gas trip karena bahan bakar tidak masuk ke ruang bakar.

Untuk mencari masa karbon yang terbentuk dari pembakaran HSD maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Mol} = m/\text{Mr}$$

[Persamaan 1]

Mol = Mol Senyawa

m = Massa Senyawa (gr)

Mr = Massa Molar (Massa Relatif)

5. Analisis

Setelah kandungan unsur pada kotoran kaca *flame detector* diketahui langkah selanjutnya adalah mencocokkan kandungan unsur tersebut dengan kandungan unsur pada bahan bakar dan udara ambient yang telah dikumpulkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Reaksi Pembakaran Bahan Bakar

Data yang dibutuhkan untuk reaksi pembakaran berupa komposisi bahan bakar yang digunakan pada PLTGU-Priok yaitu gas alam dan HSD, Berikut data komposisi bahan bakar gas alam sebagaimana Table 1

Tabel 1

Component	Mole %	GPM
N2 Nitrogen	0.564	
CO2 Carbon Dioxide	3.816	
H2S Hydrogen Sulphide	0.000	
C1 Methane	90.680	
C2 Ethane	3.240	0.866
C3 Propane	0.964	0.266
iC4 i-Butane	0.227	0.074
nC4 n-Butane	0.248	0.078
iC5 i-Pentane	0.100	0.037
nC5 n-Pentane	0.062	0.022

Compositional Analysis of Gas

Sumber : Line PGN

Tabel 1 merupakan data komposisi bahan bakar gas alam yang digunakan untuk operasi Turbin gas di PLTGU-Priok

Reaksi pembakaran bahan bakar pada kondisi stoikiometri (100 % udara teoritis) adalah:

- Reaksi pembakaran sempurna CH₄ (Methane)

$$\text{CH}_4 + 2(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2(3,76\text{N}_2)$$
- Reaksi pembakaran sempurna C₂H₆ (Ethane)

$$\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3,5(3,76\text{N}_2)$$
- Reaksi pembakaran sempurna C₃H₈ (Propane)

$$\text{C}_3\text{H}_8 + 5(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \longrightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 5(3,76\text{N}_2)$$
- Reaksi pembakaran sempurna C₄H₁₀ (Butane)

$$\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \longrightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} + 6,5(3,76\text{N}_2)$$

Tabel 2 Fuel Analysis Report

Tabel 3 Fuel Analysis Report

Parameter Test	Unit	Result
Density 60 degF	Kg/m ³	0.8466
Viscosity Kinematic at 40 degC	cSt	4.08
Pour Point	ASTM Color	-6
Total Acid Number/ TAN	mg KOH/g	0.11
Water Content by distillation	% vol	<0.05
Flash Point, PMCC	°C	69
Condration Carbon Residue/ CCR	% wt	0.03
Sediment	% wt	0.002
Sulphur Content	% wt	0.13
Gross Calorific Value	MJ/kg	45.54
Net Caloric Value	MJ/kg	42.74
Distillation		
IBP	°C	185
10	°C	216
50	°C	283
90	°C	352
EP	°C	381
Recovered	%	99
Residue	%	0.5
Loss	%	0.5
Analisa Kandungan C, H, O, N		
C	%	80.24
H	%	8.01
O	%	9.94
N	%	0.90
Analisa Kandungan Logam		
V (Vanadium)	ppm	0
Na (Sodium)	ppm	<1
Pb (Lead)	ppm	<1
Ca (Calcium)	ppm	5
Mg (Magnesium)	ppm	<1
K (Potasium)	ppm	<1

Tabel 2 merupakan data komposisi bahan bakar HSD yang digunakan untuk operasi di PLTGU-Priok. Senyawa minyak bumi termasuk senyawa hidrokarbon.

Alkana → rumus kimia = C_nH_{2n+2}

HSD → Diesel Oil → C_8H_{18}

- Reaksi pembakaran sempurna C_8H_{18}



Standart Emisi Pembakaran Sempurna

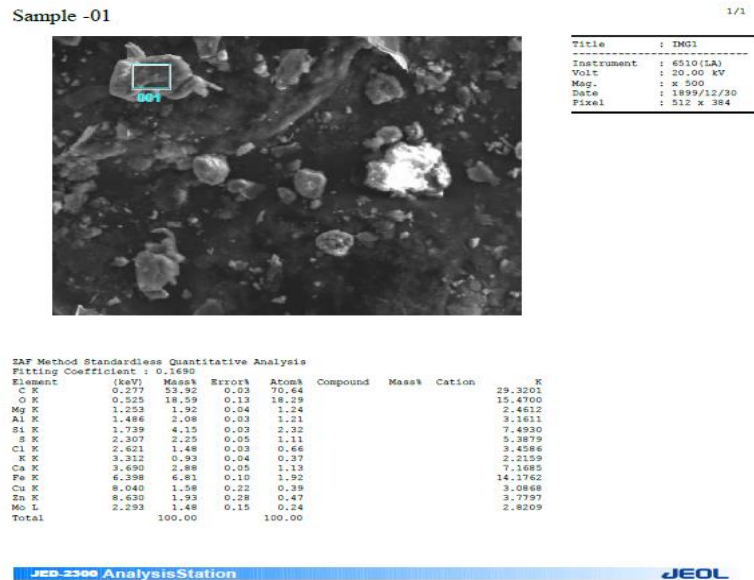
Tabel 3 Standar batas dari buku manual SWD 9TM 620

Batas nilai emisi HSD		
Properti	Nilai	Satuan
Viskositas pada 50° C	Maks. 700	mm ² / s
Massa jenis pada 15° C	Maks. 0,991	g/ ml
Kandungan air	Maks. 1,0	% volume
Kandungan sulfur	Maks. 5,0	% massa
Kandungan abu	Maks. 0,2	% massa
Kandungan vanadium	Maks. 600	mg/ kg
Kandungan sodium	Maks. 100	mg/ kg
Residu karbon	Maks. 22	% massa
Kandungan aspal	Maks. 14	% massa
Flash point	Min. 60	°C
Pour point	Maks. 30	°C
Kandungan aluminium + silikon	Maks. 80	mg/ kg
Sedimen total	Maks. 0,1	% massa

2. Hasil Uji Laboratorium

Hasil pengujian diambil dari 30 kaca dan datanya dikelompokkan menjadi 3 sampel yang sama. Hasil pengujian menunjukkan jumlah karbon yang mengindikasikan terjadinya pembakaran yang tidak sempurna.

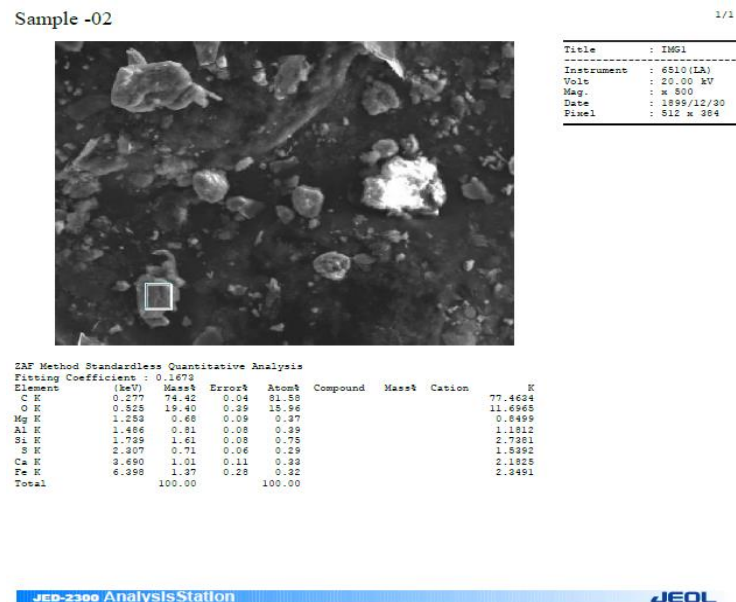
2.1 Sampel 1



Gambar.3 Topografi hasil uji SEM EDS Sampel 1

Gambar 3 merupakan hasil sampel pengujian jelaga pada kaca *Flame Detector* yang dilakukan menggunakan alat uji SEM EDS didapatkan bahwa kandungan karbon (C) 53.92% ; oksigen (O) 18.59% ; Magnesium (Mg) 1.92% ; Alumunium (Al) 2.08% ; Silikon (Si) 4.15% ; Sulfur (S) 2.25% ; Klorin (Cl) 1.48% ; Kalium (K) 0.93% ; Kalsium (Ca) 2.88% ; Besi (Fe) 6.81% ; Tembaga (Cu) 1.58% ; Seng (Zn) 1.93 % ; Molibdenum (Mo) 1.48%.

2.2 Sampel 2



Gambar.4 Topografi hasil uji SEM EDS Limbah 2

Gambar 4 merupakan hasil sampel pengujian jelaga pada kaca *Flame Detector* yang dilakukan menggunakan alat uji SEM EDS didapatkan bahwa kandungan karbon (C) 74.42% ; oksigen (O) 19.40 % ; Magnesium (Mg) 0.68% ; Alumunium (Al) 0.81 % ; Silikon (Si) 1.61 % ; Sulfur (S) 0.71% ; Kalsium (Ca) 1.01 % ; Besi (Fe) 1.37% ; Tembaga (Cu) 1.58% ; Seng (Zn) 1.93 % ; Molibdenum (Mo) 1.48%.

2.3 Sampel 3



Gambar.5 Topografi hasil uji SEM EDS Limbah 3

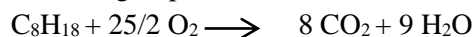
Gambar 5 merupakan hasil sampel dari pengujian jelaga pada kaca *Flame Detector* yang dilakukan menggunakan alat uji SEM EDS didapatkan bahwa kandungan karbon (C) 68,48 % ; oksigen (O) 26.95 % ; Magnesium (Mg) 0.51 % ; Alumunium (Al) 0.58 % ; Silikon (Si) 1.30 % ; Sulfur (S) 0.42 % ; Klorin (Cl) 1.48% ; Kalsium (Ca) 0.56 % ; Besi (Fe) 1.19% ; Tembaga (Cu) 1.58%

4. Hasil Perhitungan presentase massa Carbon menggunakan reaksi pembakaran sempurna

Berikut ini adalah hasil perhitungan presentase massa carbon dari 2 (dua) jenis bahan bakar yang berbeda yaitu HSD (*High Speed Diesel*) dan LNG (*Liquid Natural Gas*) dengan jumlah massa yang dibakar dimisalkan masing-masing adalah 1000 gram dengan reaksi pembakaran sempurna . Perhitungan ini bertujuan untuk membandingkan nilai presentase massa Carbon dari 2 (dua) jenis bahan bakar yaitu HSD (*High Speed Diesel*) dan LNG (*Liquid Natural Gas*) yang digunakan pada Turbin Gas ABB Blok 1—2

Reaksi Pembakaran Sempurna HSD (*High Speed Diesel*)

HSD (High Speed Diesel)



Mencari nilai molekul pada C_8H_{18}

$$mol = \frac{Massa}{Mr}$$

$$mol = \frac{1000 \text{ gr}}{114}$$

$$mol = 8.77$$

Didapatkan bahwa nilai mol pada 1000 gram HSD adalah 8,77 mol

Mencari nilai molekul pada CO₂

rasio CO₂ : C₈H₁₈ = 8:1 (*berdasar perbandingan koefisien pada persamaan reaksinya)

mol CO₂ : 8 = mol C₈H₁₈ : 1

-> mol CO₂ : 8 = 8.77 mol : 1

-> mol CO₂ = 8.77 x 8 = 70,16 mol

Mencari massa CO₂

$$mol = \frac{Massa}{Mr}$$
$$70.16 = \frac{Massa}{44}$$

$$Massa = 3087.04 \text{ gram}$$

Didapatkan bahwa nilai massa CO₂ dari pembakaran sempurna 1000 gram HSD adalah 3087.04 gram

Presentase massa Carbon pada pembakaran sempurna 1000 gram HSD

$$Massa (C) = \frac{Ar (C)}{Mr(CO_2)} \times massa (CO_2)$$

$$Massa = \frac{12}{44} \times 3087.04 \text{ gram}$$

$$Massa = 841.92 \text{ gram}$$

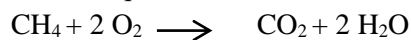
$$\% \text{ Massa} = \frac{Massa \text{ Carbon}}{Massa \text{ HSD}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Massa} = \frac{841.92 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Massa Carbon} = 84.19 \%$$

Dapat disimpulkan bahwa pada pembakaran 1000 gram HSD carbon yang adalah terbentuk sebesar 84.19% Massa.

LNG (*Liquid Natural Gas*)



Mencari nilai molekul pada CH₄

$$mol = \frac{Massa}{Mr}$$
$$mol = \frac{1000 \text{ gr}}{16}$$
$$mol = 62.5$$

Didapatkan bahwa nilai mol pada 1000 gram LNG adalah 62.5 mol

Mencari nilai molekul pada CO₂

rasio CO₂ : CH₄ = 1:1 (*berdasar perbandingan koefisien pada persamaan reaksinya)

mol CO₂ : 1 = mol CH₄ : 1

-> mol CO₂ : 1 = 62.5 mol : 1

-> mol CO₂ = 62.5 x 1 = 62.5 mol

Mencari massa CO₂

$$mol = \frac{Massa}{Mr}$$

$$62.5 = \frac{\text{Massa}}{44}$$

$$\text{Massa} = 2750 \text{ gram}$$

Didapatkan bahwa nilai massa CO₂ dari pembakaran sempurna 1000 gram LNG adalah 2750 gram

Presentase massa Carbon pada pembakaran sempurna 1000 gram LNG

$$\text{Massa (C)} = \frac{Ar(C)}{Mr(CO_2)} \times \text{massa (CO}_2)$$

$$\text{Massa} = \frac{12}{44} \times 2750 \text{ gram}$$

$$\text{Massa} = 750 \text{ gram}$$

$$\% \text{ Massa} = \frac{\text{Massa Carbon}}{\text{Massa LNG}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Massa} = \frac{750 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Massa Carbon} = 75 \%$$

Dapat disimpulkan bahwa pada pembakaran 1000 gram HSD carbon yang adalah terbentuk sebesar 75 % Massa. Dari perhitungan diatas disimpulkan bahwa presentase massa Carbon HSD (*High Speed Diesel*) lebih besar daripada presentase massa Carbon LNG (*Liquid Natural Gas*), yaitu masing- masing sebesar 84.19% pada pembakaran HSD (*High Speed Diesel*) dan 75% pada pembakaran LNG (*Liquid Natural Gas*).

Sehingga dapat dibuktikan bahwa pembakaran HSD (*High Speed Diesel*) menghasilkan lebih banyak Carbon daripada bahan bakar LNG (*Liquid Natural Gas*).

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan;

1. Jelaga yang terdapat pada kaca *Flame Detector* dikarenakan hasil pembakaran yang tidak sempurna dengan rata-rata kadar karbon (C) pada 3 sampel yang diuji sebesar 65.6% massa. Melebihi nilai standart yang diijinkan sebesar 22% massa.
2. Presentase massa Carbon pada bahan bakar HSD (*High Speed Diesel*) adalah 84.19% dan pada bahan bakar LNG (*Liquid Natural Gas*) adalah 75%
3. Presentase massa Carbon pada bahan bakar HSD (*High Speed Diesel*) lebih besar dari bahan bakar LNG (*Liquid Natural Gas*) sehingga presentase massa carbon yang menempel pada kaca *Flame detector* disebabkan ketika unit turbin gas menggunakan HSD (*High Speed Diesel*)

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tao Sun, Lili Ding, "The Design of Multi-sensor Flame Detector Based on Information Fusion Technology", Proceedings of the International Symposium on Intelligent Information Systems and Applications (IISA'09)
- [2] Flame Detection Basic Principles, <https://id.scribd.com/document/44376286/Flame-Detection-Basic-Principles>
- [3] Dolok Martin O. D. S, "Rancang Ruang Bakar Turbin Gas Pada Sebuah Pembangkit Listrik Dengan Daya 21 MW", Universitas Sumatera Utara, 2009
- [4] Rhino Fieldianto, S.T. "Pengaruh Kualitas HFO Terhadap Kinerja Mesin" PLTD Trisakti, Sektor Barito, Banjarmasin, Desember 2010.
- [5] Glassman Irvin, Combustion, Departement of Aerospace and Mechanical Sciences, New York San Francisco London, 1997, hal 240