ANALISIS EFEKTIVITAS *COOLING FAN* TERHADAP *BASE LOAD* YANG DICAPAI, DENGAN METODE OBSERVASI LAPANGAN PADA SISTEM PENDINGIN *GAS TURBINE GENERATOR FRAME* #9

MUHAMMAD LUTFI AL HAFIDZ
NIM : 41319110090

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2021

lib.mercubuana.ac.id

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS EFEKTIVITAS *COOLING FAN* TERHADAP *BASE LOAD* YANG DICAPAI, DENGAN METODE OBSERVASI LAPANGAN PADA SISTEM PENDINGIN *GAS TURBINE GENERATOR FRAME* #9

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama	: Muhammad Lutfi Al Hafidz
NIM	: 41319110090
Program Studi	: Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2021

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS EFEKTIVITAS *COOLING FAN* TERHADAP *BASE LOAD* YANG DICAPAI, DENGAN METODE OBSERVASI LAPANGAN PADA SISTEM PENDINGIN *GAS TURBINE GENERATOR FRAME* #9

Disusun Oleh:

Nama	: Muhammad Lutfi Al Hafidz
NIM	: 41319110090
Program Studi	: Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 27 Juli 2021

Telah dipertahankan di depan penguji

Pembimbing TA	Penguji Sidang I
Dadang Suhendra Permana, Ir,M.Si	Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng
NIP. 612650444	NIP. 216910097
Penguji Sidang II	Penguji Sidang III
Dr. Nanang Ruhyat, MT.	Nurato, ST, MT
NIP. 101730256	NIP. 197580211.

Mengetahui

Kaprodi Teknik Mesin	Koordinator Tugas Akhir
Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D	Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng
NIP. 118690617	NIP. 216910097

lib.mercubuana.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	: Muhammad Lutfi Al Hafidz
NIM	: 41319110090
Jurusan	: Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik
Judul Tugas Akhir	: Analisis Efektivitas *Cooling Fan* terhadap *Base Load* yang dicapai, dengan metode observasi lapangan pada sistem pendingin *Gas Turbin Generator Frame* #9

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 11 Agustus 2021



Muhammad Lutfi Al Hafidz

lib.mercubuana.ac.id

PENGHARGAAN

Puji syukur selalu penulis panjatkan kepada kehadirat Tuhan yang Maha Esa, Allah Subhanahuwata'ala karena atas nikmat, ridho, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu dan dapat menyusun Laporan Tugas Akhir.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan pelaksanaan Tugas Akhir dan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam proses melaksanakan kegiatan dan peyusunan Laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moral maupun langsung.

Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih sebesar -besarnya kepada :

1. Bapak Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D selaku ketua Program Studi Teknik Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Koordinator Tugas Akhir.
3. Bapak Dadang Suhendra Permana, Ir, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah mengarahkan dan memberikan bimbingan penulis hingga menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
4. Kedua Orang Tua penulis yang selalu mendukung dan mensupport.
5. Istri dan Anak penulis sebagai penyemangat penulisan laporan ini.
6. Teman-teman Tugas Akhir
7. Keluarga besar Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.
8. Semua pihak yang telah membantu seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini hal tersebut tidak lain karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis.

lib.mercubuana.ac.id

Oleh karena itu, penulis dengan sangat terbuka menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, penulis berharap agar Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 11 Agustus 2021



Muhammad Lutfi Al Hafidz

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

ABSTRAK

PT. Cikarang Listrindo untuk menjaga kelancaran operasional, kehandalan dan mutu tenaga listriknya, pada Gas Turbin (GT) Frame #9 dilengkapi dengan beberapa alat bantu (*auxiliary equipment)*, yang salah satunya berupa sistem pendingin (*Cooling System*). Saat ini *cooling system* tidak bekerja maksimal, ini di tandai dengan terjadinya kenaikan temperature pada area generator dan penurunan produksi daya yang dihasilkan. Setelah dilakukan analisis dan *hystorical report* ditemukanlah beberapa faktor penyebab dan utamanya terletak pada ketidakstabilan kinerja *fan cooling*. Kemudian di ambil langkah langkah perbaikan dan inspeksi langsung di unit GT Frame #9, disertai pengambilan data permasalahannya. Pengambilan data dilakukan sebelum dan sesudah perbaikan ACWS. Data yang diambil berupa vibrasi pada *blower*, temperatur air masuk dan keluar ACWS, temperatur udara masuk dan keluar *fan cooling* dan besaran sudut *fan blade*. Data data akan dilakukan perhitungan secara teoritis untuk mendukung perbaikan ini. Setelah dilakukan perbaikan, ditemukan titik berat permasalahan terdapat pada sudut *fan blade* yang tidak optimal. Berdasarkan arahan *engineer* dan TA GE terkait, di buatlah simulasi perbaikan dengan melakukan tiga kali perubahan sudut *fan blade* berbeda yaitu 39.8° , 40.5° , 41.9° kemudian di monitor. Tujuan penelitian ini yaitu menemukan metode perbaikan yang tepat pada ACWS, dan menentukan sudut *fan blade* yang tepat untuk mendukung kinerja turbin yang optimal. Dengan menggabungkan hasil *monitoring* dan perhitungan teoritis, hasilnya pengaturan sudut fan blade 41.9°, dinilai lebih baik diantara pengaturan sudut *fan blade* lainnya. Ini di tandai dengan daya pembangkitan maksimum yang dihasilkan lebih besar dari lainnya, yaitu sebesar 117 MW. Secara teoritis sudut fan blade 41.9° juga memiliki nilai yang baik dengan efektivitas pendinginan mencapai 44%. Dengan hasil demikian maka pengaturan *sudut fan blade* 41.9° pada *fan cooling* dinilai tepat diterapkan saat ini pada ACWS PT. Cikarang Listrindo.

Kata kunci: GTG frame #9, *auxiliary equipment, cooling system, fan cooling, fan blade*

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

COOLING FAN EFFECTIVENESS ANALYSIS ON THE ACHIEVED BASE LOAD, WITH THE FIELD OBSERVATION METHOD ON THE GAS TURBINE COOLING SYSTEM GENERATOR FRAME # 9

ABSTRACT

PT. Cikarang Listrindo to maintain the smooth operation, reliability and quality of its electric power, the Gas Turbine (GT) Frame #9 is equipped with several auxiliary equipment, one of which is a cooling system. Currently the cooling system is not working optimally, this is indicated by an increase in temperature in the generator area and a decrease in the resulting power production. After doing the analysis and historical report, several factors were found, and the main factor lies in the instability of the fan cooling performance. Then corrective steps were taken and direct inspection at the GT Frame #9 unit, accompanied by data collection on the problem. Data collection was carried out before and after ACWS repair. The data taken are the vibration of the blower, the temperature of the water entering and leaving the ACWS, the temperature of the air entering and leaving the fan cooling and the angle of the fan blade. The data will be calculated theoretically to support this improvement. After repairs, it was found that the center of the problem was found in the fan blade angle that was not optimal. Based on the direction of the engineer and the related GE TA, a repair simulation was made by making three different fan blade angle changes, namely 39.8° , 40.5° , 41.9° and then monitored. The purpose of this study is to find the right repair method on ACWS, and determine the right fan blade angle to support optimal turbine performance. By combining the results of monitoring and theoretical calculations, the result is that the fan blade angle setting is 41.9°, which is considered better among other fan blade angle settings. This is indicated by the maximum generation power generated which is greater than the others, which is 117 MW. Theoretically the fan blade angle of 41.9° also has a good value with cooling effectiveness reaching 44%. With these results, the fan blade angle setting of 41.9° on the fan cooling is considered appropriate to be applied at this time to ACWS PT. Cikarang Listrindo.

Keywords: GTG frame #9, *auxiliary equipment, cooling system, fan cooling, fan blade*

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN **ii**

HALAMAN PERNYATAAN **iii**

PENGHARGAAN **iv**

ABSTRAK **vi**

ABSTRACT **vii**

DAFTAR ISI **ix**

DAFTAR GAMBAR **xii**

DAFTAR TABEL **xiii**

DAFTAR SIMBOL **xiv**

DAFTAR SINGKATAN **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 LATAR BELAKANG 1

1.2 RUMUSAN MASALAH 4

1.3 TUJUAN 5

1.4 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH 5

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**

2.1 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG) 7

2.2 PENELITIAN TERDAHULU 8

2.2.1 Pengaruh Sudut *Fan Blade Radiator* GTG pada Sistem Pendingin 8

2.3 SISTEM PENDINGIN 9

2.3.1 Sistem Pendingin Udara 10

2.3.2 Sistem Pendingin Air 11

2.4 SISTEM PENDINGIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK 11

2.5 KIPAS PENDINGIN (*COOLING FAN*) 13

2.6 FUNGSI KIPAS PENDINGIN 13

2.7 PRINSIP KERJA KIPAS PENDINGIN 14

2.8 KONSTRUKSI KIPAS PENDINGIN 14

2.9 PARAMETER KERJA KIPAS PENDINGIN 16

lib.mercubuana.ac.id

2.10 KONSTRUKSI *COOLING SYSTEM* 17
2.11 PENUKAR KALOR (HEAT EXCHANGER) 20
2.12 SISTEM PENDINGIN LOOP TERTUTUP (*CLOSED COOLING SYSTEM)* 22
2.12.1 *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* 23
2.12.2 Prinsip Kerja *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* 23
2.12.3 Pertukaran Panas Dengan Aliran Silang (*Cross Flow*) 24
2.13 PENGARUH PERUBAHAN UDARA *AMBIENT* PADA SISTEM PENDINGINAN *GAS TURBINE* 24
2.14 PENGARUH MERUBAH SUDUT PITCH BLADE 25
2.15 HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA 26
2.15.1 Hukum Termodinamika untuk Sistem Tertutup 26
2.16 KINERJA *COOLING FAN* 28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 31
3.1 DIAGRAM ALIR PENULISAN TUGAS AKHIR 31
3.1.1 DIAGRAM ALIR PENGAMBILAN DATA 33
3.1.2 DIAGRAM ALIR SIMULASI PERBAIKAN 35
3.2 ALAT DAN BAHAN 36
3.2.1 Persiapan Pengambilan Data 37
3.2.2 Teknik Pengujian 37
3.2.3 Cara Kerja 37
3.2.4 *Layout Fan Cooling* Yang Akan Di Analisis 38
3.2.5 Pengambilan Data Aktual 39
3.2.5. Pengukuran Sudut *Fan Blade* 41
3.2.6 Data Pengukuran *Fan Cooling* Frame #9 Sebelum Perbaikan 42
3.2.7 Data Pengukuran *Fan Cooling* Frame #9 Saat Perbaikan 43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 47
4.1 HASIL DARI METODE PERBAIKAN SISTEM PENDINGIN 47
4.2 PERHITUNGAN *COOLING FAN* DENGAN SUDUT *FAN BLADE* 39.8^{o} 48
4.1.1 Laju Aliran Udara *Cooling Fan* Pada Sudut *Fan* 39.8^{o} 48
4.1.2 Kalor Yang Dilepas Dan Diterima Pada Sudut *Fan Blade* 39.8^{o} 49
4.1.3 Kemampuan *Cooling Fan* Pada Sudut *Fan Blade* 39.8^{o} 51

lib.mercubuana.ac.id

4.2 PERHITUNGAN *COOLING FAN* DENGAN SUDUT 40.5º 51
4.2.1 Laju Aliran Udara *Cooling Fan* Pada Sudut *Fan Blade* 40.5º 52
4.2.2 Kalor Yang Dilepas Dan Diterima Pada Sudut *Fan Blade* 40.5º 53
4.2.3 Kemampuan *Cooling Fan* Pada Sudut *Fan Blade* 40.5º 54
4.3 PERHITUNGAN *COOLING FAN* DENGAN SUDUT 41.9° 55
4.3.1 Laju Aliran Udara *Cooling Fan* Pada Sudut *Fan Blade* 41.9° 55
4.3.2 Kalor Yang Dilepas Dan Diterima Pada Sudut *Fan Blade* 41.9° 56
4.3.3 Kemampuan Cooling Fan Pada Sudut *Fan Blade* 41.9° 57
4.4 PEMBAHASAN HASIL PERHITUNGAN TEORITIS 58
4.4.1 Pengaruh Sudut *Fan Blade* Terhadap Performa *Gas Turbine* 59
4.4.2 Pengaruh Sudut *Fan Blade* Terhadap Kalor Yang Dilepas 60
4.4.3 Hubungan Antara Laju Aliran Udara Dengan Kalor Yang Di Lepas 61
4.4.4 Hubungan Antara Laju Aliran Udara dengan *Range* Dan *Approach* 61

BAB V PENUTUP 63
5.1 KESIMPULAN 63
5.2 SARAN 64

DAFTAR PUSTAKA 65

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. *Fan Cooling* GT Frame #9 13
Gambar 2.2. Komponen Penyusun Motor Electramo 15
Gambar 2.3. Komponen *Blower Fan Cooling* 16
Gambar 2.4. Konstruksi Pompa dan Perpipaan Sistem Pendingin 17
Gambar 2.5. Konstruksi Rangka, *Fan Cooling* dan Perpipaan Sistem Pendingin 18
Gambar 2.6. P&ID *Cooling Water System* 19
Gambar 2.7. Komponen NT Plate HE 20
Gambar 2.8. Frame HE Ecoflex 21
Gambar 2.9. Ilustrasi Fungsi PHE Single Pass 22
Gambar 2.10. Ilustrasi Fungsi PHE Multi Pass 22
Gambar 3.1. Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir 31
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengambilan Data 33
Gambar 3.3. Diagram Alir Simulasi Perbaikan 35
Gambar 3.4. Layout *Fan Cooling* GTG Frame #9 38
Gambar 3.5. Pengukuran *Flow* Air Masuk Sistem Pendingin 39
Gambar 3.6. Pengambilan Data Temperatur Pada *Pressure Indicator* 40
Gambar 3.7. Penampakan Alat Anemometer 40
Gambar 3.8. Pengukuran Vibrasi *Fan Cooling* Aktual 41
Gambar 3.9. Cara Pengukuran Sudut *Fan Blade* 42
Gambar 3.10. Pengukuran Sudut *Fan Blade* Pada *Fan Cooling* 42
Gambar 4.1. Grafik Daya Yang Dihasilkan Berdasarkan Sudut *Fan Blade* 59
Gambar 4.2. Grafik Kalor yang Dilepas Berdasarkan Sudut *Fan Blade* 60
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Laju Udara Terhadap Kalor yang Dilepas 61
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Laju Aliran Udara Terhadap *Range* dan *Approach* 62

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Pengamatan Objek Permasalahan 32

Tabel 3.2. Spesifikasi *Cooling System* Unit Frame #9 34

Tabel 3.3. Data Pengukuran Pada *Fan Cooling* Sebelum Perbaikan 43

Tabel 3.4. Data *Fan Cooling* (Sudut *Fan Blade* 39.8°) 44

Tabel 3.5. Data *Fan Cooling* (Sudut *Fan Blade* 40.5°) 44

Tabel 3.6. Data *Fan Cooling* (Sudut *Fan Blade* 41.9°) 45

Tabel 3.7. Data Ampere Motor Terhadap Perubahan Sudut *Fan Blade* 45

Tabel 3.8. *Monitoring* Data *Operational* Turbin 46

Tabel 4.1. Hasil Pengolahan Data 58

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
Mw_3	Laju aliran air masuk *cooling fan* [m^3/h]
hw_3	Enthalpy air masuk *cooling fan* [kj/kg]
Ma_1	Laju aliran udara masuk *cooling fan* [m^3/h]
ha_1	Enthalpy udara masuk *cooling fan* [kj/kg]
Mw_1	Laju aliran air (pavour) masuk *cooling fan* [m^3/h]
hw_1	Enthalpy air (Pavour) masuk *cooling fan* [kj/kg]
Mw_4	Laju aliran air keluar *cooling fan* [m^3/h]
hw_4	Enthalpy air keluar *cooling fan* [kj/kg]
Ma_2	Laju aliran udara keluar *cooling fan* (m^3/h)
ha_2	Enthalpy udara keluar *cooling fan* (kj/kg)
Mw_2	Laju aliran air (pavour) keluar *cooling fan* (m^3/h)
hw_2	Enthalpy air (pavour) keluar *cooling fan* (kj/kg)
$\dot{Q}$	Energi (kW)
$\dot{m}$	Massa alir (kg/s)
c_p	Kalor jenis air (kJ/kg ^oC)
ΔT	Perbedaan temperatur air masuk dan temperatur air keluar (^oC)
$\dot{Q}sp$	Kapasitas pendinginan (kW/ m^2)
Q	Kalor yang dilepas (kW)
$A_{fintube}$	Luas penampang fintube (m^2)

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
GTG	*Gas Turbine Generator*
GT	*Gas Turbine*
FC	*Fan Cooling*
MW	Mega Watt
PLTG	Pembangkit Listrik Tenaga Gas
TEWAC	*Totally Enclosure Water to Air Cooling*
SDM	Sumber Daya Manusia
GE	*General Electric*
HRSG	*Heat Recovery Steam Generator*
CCW	*Closed Cooling Water*
TCA	*Turbine Cooling Air*
PDM	*Predictive Maintenance*
AC	*Alternating current*
HE	*Heat Exchanger*
PHE	*Plate Heat Exchanger*
DE	*Drive End*
NDE	*Non Drive End*
P&ID	*Piping and Instrument Diagram*
ACWS	*Auxilliary Cooling Water System*

UNIVERSITAS MERCU BUANA

lib.mercubuana.ac.id