

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA COOLING FAN TERHADAP TEMPERATUR AIR UNTUK MENINGKATKAN KINERJA GENERATOR DI PT PLN (*Persero*) PLTG PAYA PASIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana (S1) Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD FAJAR KEKE RIZKI ANANDA
1507220094



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KINERJA COOLING FAN TERHADAP
TEMPERATUR AIR UNTUK MENINGKATKAN KINERJA
GENERATOR DI PT PLN (Persero)
PLTG PAYA PASIR**

*Diajukan Guna Melengkapi Tugas – tugas dan Sebagai Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :
13 Maret 2020

Oleh :
Muhammad Fajar Keke Rizki Ananda
1507220094

Pembimbing I

(Noorly Ewalina, S.T, M.T)

Pembimbing II

(Rohana, S.T, M.T)

Penguji I

(Dr, M. Fitra Zambak, S.T, M.Sc)

Penguji II

(Elvy Sahnur Nasution, S.T, M.Pd)



Diketahui dan Disahkan
Ketua, Penguji Teknik Elektro

(Faisal Ihsan Pasaribu, S.T, M.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Fajar Keke Rizki Ananda
Tempat /Tanggal Lahir : Sidikalang, 02 Juli 1997
NPM : 1507220094
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“ANALISIS KINERJA COOLING FAN TERHADAP TEMPERATUR AIR UNTUK MENINGKATKAN KINERJA GENERATOR DI PT PLN (PERSERO) PLTG PAYA PASIR”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Maret 2020

ng menyatakan,

Muhammad Fajar Keke Rizki Ananda

ABSTRAK

Listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan wajib di setiap rumah tangga, dan dalam memenuhi kebutuhan listrik maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia, salah satunya ialah PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan bakar gas, campuran gas dan udara masuk ke turbin menjadi udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik, atau mengubah energi panas menjadi energi gerak sehingga menjadi energi listrik. Temperatur kerja generator tinggi, dimana tekanan juga tinggi (hukum gas ideal) sehingga diperlukan pendingin untuk menghindari over heating. Pendingin generator pada PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir ialah menggunakan cooling tower jenis forced draft cooler. Dimana sistem ini menggunakan hembusan udara paksa. Tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis kinerja dari cooling fan yang dipakai oleh PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir, dan juga untuk menganalisis kinerja dari generator akibat pendinginan oleh cooling fan. Dimana didapatkan hasil penelitian dengan nilai range rata-rata sebesar $6.27\text{ }^{\circ}\text{C}$, approach rata-rata sebesar $8.65\text{ }^{\circ}\text{C}$, efektivitas rata-rata sebesar 72.6%, kapasitas pendinginan rata-rata sebesar $0.79\text{m}^3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{jam}$, dan kapasitas penguapan sebesar $1.38\text{ m}^3/\text{jam}$. Akibat dari pendinginan oleh cooling fan, daya aktif yang dihasilkan oleh generator unit 7 PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir paling besar pada tanggal 31 desember 2019 dengan temperatur air sebesar $34.25\text{ }^{\circ}\text{C}$, yaitu dengan daya aktif 34.1 MW. Dimana ini sudah memenuhi kebutuhan dari PLTG Paya Pasir, dan juga menunjukkan performa dari cooling fan sudah bagus, namun belum memenuhi OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Kata Kunci : Kinerja, Temperatur, Cooling Fan, Generator

ABSTRACT

Electricity is now a mandatory requirement in every household nowadays, and to fullfiling electricity needs nowadays, many power plants have been built in Indonesia, on of them is the PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Gas power plants generate electricity using gas fuel, a mixture of gas and air into turbine into high-pressure air which is used to drive the turbine coupled to generator so as to produce electricity, or convert heat energy into motion energy so that it becomes energy electricity. The working temperature of the generator is high, where the pressure is also high (ideal gas law) so a cooler is needed to avoid over heating. Generator cooling at PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir is using a forced draft cooler type cooling tower. Where the system using for air gusts. The purpose of the research is to analyze the performance of the cooling fan used by PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir, and also to analyze the performance of the generator. Where the research results obtained with an average range is 6.27°C, approach average is 8.65 °C, an average effectiveness of 72.6%, cooling capacity average is 0.79 m³°C/hour, and evaporation capacity is 1.38 m³/hour. As a resultan of cooling by the cooling fan, the active power generated by the generator unit 7 PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir at the largest on december 31 2019 with the water temperatur 34.25 °C is 34.1 MW active power. Where this has fulfill the needs of PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir and also shows the performace of the cooling fan is good, but didnt't fulfill the OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Keywords : Temperature, Cooling Fan, Generator

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita ucapkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW karena beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawakan kita pesan ilahi untuk dijadikan pedoman hidup agar dapat selamat hidup di dunia hingga nanti kembali ke akhirat.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Analisis Kinerja Cooling Fan Terhadap Temperatur Air Untuk Meningkatkan Kinerja Generator Di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir”**

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Muhammad Siddik) dan ibunda (Nurhayati Tumangger) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Munawar Alfansury, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap, S.T,M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Noorly Evalina S.T, M.T Dosen Pembimbing I Skripsi yang selalu sabar membimbing, memberikan arahan serta motivasi kepada penulis.
7. Ibu Rohana S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2015 A1 PAGI yang selalu memberikan semangat, kebersamaan yang luar biasa.
10. Juga terima kasih kepada para pegawai Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dari proses awal kuliah sampai saya menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancer.
11. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih

Medan, 13 Maret 2020

Penulis



M. FAJAR KEKE RIZKI ANANDA

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)	8
2.2.1 Komponen Utama PLTG	9
2.2.2 Prinsip Kerja PLTG	12
2.3 Sistem Pendingin	14
2.3.1 Sistem Pendingin Udara	14
2.3.2 Sistem Pendingin Air	18
2.3.3 Kipas Pendingin	21
2.3.4 Fungsi Kipas Pendingin	21
2.3.5 Sistem Kerja Kipas Pendingin.....	22

2.3.6	Konstruksi Kipas Pendingin.....	23
2.3.7	Parameter Kerja Kipas Pendingin	24
2.4	Temperatur Air	26
2.4.1	Jenis Air.....	27
2.4.2	Pengaruh Kipas Pendingin terhadap Temperatur Air	28
2.4.3	Fungsi Air Terhadap Generator.....	29
2.5	Generator	29
2.5.1	Prinsip Kerja Generator.....	30
2.5.2	Jenis – Jenis Generator	31
2.5.3	Generator Sinkron	32
2.5.4	Konstruksi Generator Sinkron.....	33
2.5.5	Konstruksi Stator	34
2.5.6	Konstruksi Rotor	34
2.5.7	Belitan Jangkar	35
2.5.8	Daya Keluaran Generator Sinkron	36
2.5.9	Kinerja Generator	37
2.5.10	Faktor yang Mempengaruhi Pemanasan	38
2.5.11	Batas Rugi – Rugi Penyebab Pemanasan.....	39
2.5.12	Rugi – Rugi Generator Sinkron.....	40
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		42
3.1	Tempat Penelitian.....	42
3.2	Jadwal Penelitian.....	42
3.3	Data Penelitian	42
3.4	Metode Penelitian.....	47
3.5	Teknik Analisa Data	48
3.6	Diagram Alir Penelitian	50
 BAB IV ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN.....		51
4.1	Analisa Kinerja Kipas Pendingi Terhadap Temperatur Air	51
4.1.1	Jarak Batas.....	51
4.1.2	Perbedaan Suhu	53

4.1.3 Efektivitas.....	55
4.1.4 Kapasitas Pendinginan	58
4.1.5 Kehilangan Penguapan	60
4.2 Analisa Kinerja Generator.....	61
4.2.1 Daya Aktif.....	62
4.2.2 Daya Reaktif.....	62
4.2.3 Daya Semu	62
BAB V PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Generator Unit 7	42
Tabel 3.2 Data Spesifikasi <i>Cooling Fan</i> Unit 7	43
Tabel 3.3 Data <i>Cooling Water</i>	43
Tabel 3.4 Data Spesifikasi <i>Cooling Water Pump</i> Unit 7	44
Tabel 3.5 Operasional Generator Unit 7	44
Tabel 3.6 Daya Operasional Generator	44
Tabel 3.7 <i>Water Inlet</i> dan <i>Outlet</i> Generator dan <i>Cooling Fan</i>	45
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Dengan <i>Range</i>	50
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Dengan <i>Approach</i>	52
Tabel 4.3 Hasil Efektivitas	53
Tabel 4.4 Jarak Batas, Perbedaan Suhu, dan Efektivitas	55
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Kapasitas Pendinginan	57
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Kapasitas Penguapan	59
Tabel 4.7 Daya Aktif Generator Unit 7 Beserta <i>Cooling Tower</i>	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Kinerja PLTG	13
Gambar 2.2 <i>Forced Draft Cooler</i> (hembusan udara paksa).....	16
Gambar 2.3 <i>Induced Draft Cooler</i> (hembusan udara dalam).....	17
Gambar 2.4 <i>Open Recirculating CWS</i>	19
Gambar 2.5 <i>Closed Recirculating CWS</i>	20
Gambar 2.6 <i>Once Through CWS</i>	21
Gambar 2.7 <i>Cooling Fan</i>	21
Gambar 2.8 Proses Sistem Kerja <i>Cooling Fan</i>	22
Gambar 2.9 Proses Kinerja <i>Cooling Fan</i>	23
Gambar 2.10 Konstruksi <i>Cooling Fan</i>	24
Gambar 2.11 <i>Cooling Water Pump</i>	24
Gambar 2.12 Konstruksi Sederhana Sebuah Generator	30
Gambar 2.13 Konstruksi Mesin Sinkron.....	34
Gambar 2.14 Kerangka Inti Stator Mesin Sinkron.....	34
Gambar 2.15 Rotor Jenis Kutub Menonjol (<i>Salient</i>)	35
Gambar 2.16 Rotor Jenis Kutub <i>Salient</i> (a) Rotor Jenis Silinder (b)	35
Gambar 2.17 Rangkaian Belitan Jangkar.....	36
Gambar 4.1 Karakteristik Grafik Temperatur <i>Range</i>	50
Gambar 4.2 Karakteristik Grafik Temperatur <i>Approach</i>	52
Gambar 4.3 Karakteristik Grafik Efektivitas	54
Gambar 4.4 Karakteristik Persentase <i>Range, Approach, Efektivitas</i>	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Balasan Riset PT. PLN (Persero)

Lampiran 2. Data PLTG Paya Pasir Unit 7

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan wajib di setiap rumah tangga, dan dalam memenuhi kebutuhan listrik maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia, salah satunya ialah PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan bakar gas, campuran gas dan udara masuk ke turbin menjadi udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik, atau mengubah energi panas menjadi energi gerak sehingga menjadi energi listrik. Temperatur kerja generator tinggi, dimana tekanan juga tinggi (hukum gas ideal) sehingga diperlukan pendingin untuk menghindari *over heating*.

Generator sebagai mesin penghasil energi listrik di pembangkit harus dapat beroperasi kontinyu dalam jangka waktu yang relatif lama. Generator memiliki banyak konduktor dan arus yang mengalir melewati konduktor, menciptakan banyak panas. Jika panas itu tidak “dihilangkan” maka dapat menyebabkan kumparan di generator menjadi rusak (isolasi melepuh sehingga dapat terjadi *short*). Untuk mendukung kinerja generator dalam operasinya dari kondisi panas dan meningkatkan kinerja generator maka diperlukan suatu sistem pendingin yang handal.

Dalam proses pembangkitan listrik tenaga gas sistem bantuan pendinginan dibutuhkan untuk memaksimalkan pembangkitan listrik, yang salah satu pendinginan air kondensat keluaran dari kondensor yang dilakukan oleh *cooling fan* yang berpengaruh membantu proses pendinginan di dalam generator. Peran

cooling fan pada PLTG merupakan pendingin yang sangat vital karena pengaruhnya menentukan kinerja dari unit pembangkit maka dari itu perlunya memperhatikan kinerja dari *cooling fan* tersebut.

Fungsi *cooling fan* adalah memproses air yang berasal dari laut, sungai maupun air sumur yang panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali. Konstruksi *cooling fan* terdiri dari sistem pemipaan dengan banyak *nozzle, fan/blower*, bak. Air dingin yang dihasilkan dari *cooling fan* akan dialirkan ke *reservoir* yang berfungsi untuk menyimpan air atau sebagai cadangan penyimpanan air, lalu di alirkan ke pipa yang di bawahnya terdapat *cooling fan* untuk menurunkan suhu dari air yang panas menjadi dingin. Setelah itu air di pompa menggunakan *cooling water pump* lalu di alirkan ke stator generator untuk mendinginkan suhu daripada stator tersebut, air yang telah disirkulasikan dari stator turut serta mendinginkan suhu ruangan dari rotor generator.

Berdasarkan uraian diatas maka judul tugas akhir ini akan membahas tentang “Analisis Kinerja Cooling Fan Terhadap Temperatur Air Untuk Meningkatkan Kinerja Generator di PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir”.

1.2.1 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah ialah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara kerja cooling fan terhadap temperatur air di PLTG Paya Pasir PT PLN (Persero) ?
2. Bagaimana cara menganalisis kinerja generator di PLTG Paya Pasir?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis kinerja cooling fan terhadap temperatur air di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.
2. Menganalisis kinerja generator di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah ini meliputi sebagai berikut :

1. Pembahasan hanya menganalisis kinerja cooling fan terhadap temperatur air PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.
2. Pembahasan hanya menganalisis kinerja generator di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.

1.5 Manfaat Penulisan

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberi manfaat, terutama bagi penulis :

1. Menganalisis kinerja cooling fan terhadap temperatur air di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.

2. Menganalisis kinerja generator di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.

1.6 Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur/Pustaka

Pada tahapan ini dilakukan pedalaman materi untuk menyelesaikan masalah yang dirumuskan, selain itu juga dilakukan studi literature dan jurnal yang mendukung penelitian. Studi literatur dilakukan agar dapat digunakan sebagai panduan informasi untuk mendukung penyelesaian pengolahan data penelitian, informasi, studi literatur juga sangat di perlukan untuk pelaksanaan penelitian.

2. Riset

Riset/Pengambilan data dilakukan penulis guna untuk melengkapi berbagai macam data- data dari tulisan yang akan diselesaikan oleh penulis agar lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

3. Bimbingan

Bimbingan merupakan komunikasi antara penulis terhadap dosen pembimbing guna untuk memperbaiki tulisan penulis bila ada kekurangan maupun kesalahan didalam penulisan.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan Tugas Akhir, latar belakang, rumusan masalah, dan batasan masalah, manfaat penulisan, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus Tugas Akhir, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti yaitu komponen komponen utama PLTG, dan meningkatkan kinerja pada generator.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini akan menerangkan mengenai lokasi dilaksanakannya penelitian, jenis penelitian, jadwal penelitian, data penelitian, serta jalannya penelitian.

BAB 4. ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai analisa data cooling fan, kinerja cooling fan terhadap temperature air, serta efisiensi generator.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil penelitian kinerja cooling fan terhadap temperatur air untuk meningkatkan kinerja pada generator.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya oleh beberapa peneliti di bidang teknik elektro, yakni :

PT. Indonesia Power Upjp Kamojang merupakan perusahaan yang mengacu pada jasa pembangkitan listrik, salah satu pembangkitnya ialah pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP), dalam pembangkitan listrik panas memerlukan proses pendinginan, salah satu pendinginan adalah menara pendingin, proses pendinginan menara pendingin memerlukan udara dingin dari luar lalu di sirkulasi oleh *fan* untuk pendinginan air keluaran kondesor, *cooling tower* dalam pendinginan di *inter* dan *after* kodensor, menara pendingin memiliki data spesifikasi dan data aktual, data spesifikasi di dapat dari buku manual *cooling tower* data aktual dari data pengamatan ruang kendali efisiensi *cooling tower* di hitung dari perbandingan *range* pengurangan air suhu masuk dan keluar dan *approach* pengurangan suhu air *wet bulb* dan suhu keluar, uap panas keluaran turbin berpengaruh pada temperature masuk menara pendingin. (Damaputra et, al 2019)

Pada proses produksi baja sangat erat kaitannya dengan pendinginan baik untuk proses pendinginan baja maupun pendinginan mesin-mesin produksi supaya terhindar dari *over heat* sehingga dapat bekerja dengan optimal. Pada PT Krakatau Steel menggunakan beberapa sistem pendingin salah satunya adalah sistem pendingin *cooling tower* 8330 CT 01. Sistem pendingin tersebut digunakan untuk

menunjang proses produksi dan juga pendinginan mesin produksi khususnya pada *Slab Steel Plant (SSP)*, dengan peran yang sangat besar maka *cooling tower* 8330 CT 01 harus diketahui bagaimana kinerjanya. Skripsi ini membahas tentang analisis kinerja *Cooling tower* 8330 CT 01 dengan membandingkan data teori dengan data aktual berdasarkan perhitungan-perhitungan sehingga dapat diketahui bagaimana kinerja dari *Cooling tower* 8330 CT 01 tersebut. Dari hasil analisis diperoleh penurunan efisiensi sebesar 22,353%, kapasitas pendinginan 7.033,35 Kj/s, Hal tersebut diakibatkan oleh temperatur air yang masuk *Cooling tower* 8330 CT 01 tidak terlalu tinggi, karena SSP sedang dalam pengerjaan revitalisasi, agar lebih efektif dan efisien *Cooling tower* 8330 CT 01 sebaiknya lebih dimanfaatkan lagi untuk pendingin objek lainnya sehingga temperatur air yang masuk tidak terlalu rendah. (Siallagan, 2017).

Cooling tower diperlukan di industri pembangkit listrik tenaga panas bumi untuk sirkulasi air pendingin dengan cara mengontakkan dengan gas tak jenuh sehingga sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair turun PT Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd menggunakan mesin *cooling tower* untuk melakukan pendinginan. untuk mengetahui performansi kemampuan *cooling tower* yang dimiliki maka diperlukan pengukuran efektivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendinginan, pengukuran efektivitas dilakukan dengan nilai *approach* dan *range*. *Range* merupakan perbedaan atau jarak antar temperature air masuk dan keluar menara pendingin. *Approach* adalah perbedaan suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu *wet bulb ambient*. Metode yang digunakan untuk mengukur performansi *cooling tower* menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* untuk mendapatkan nilai

availability, performance efficiency, dan rate of quality. Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata OEE mesin *cooling tower* sebesar $> 85\%$ yang berarti telah memenuhi *standar world class* dan layak untuk dipergunakan, beberapa titik memiliki nilai kurang dari standar dengan nilai terendah 81% disebabkan karena lamanya waktu *downtime*. Perusahaan perlu menerapkan perawatan preventif yang rutin dan tepat waktu untuk mempertahankan performansi *cooling tower*. (Muhsin A, Pratama Z, 2018).

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

PLTG (Pembangkit listrik tenaga gas) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan gas untuk memutar turbin dan generator. Turbin dan generator adalah dua benda dengan satu poros yang sama. Jadi, jika turbin berputar, secara otomatis generator pun ikut berputar. Dan jika generator berputar, maka generator akan menghasilkan beda potensial pada medan magnetnya yang akan menghasilkan energi listrik. PLTG, secara prinsip hampir sama dengan PLTU. Hanya saja uapnya diganti dengan gas. Karena karakteristik uap dan gas secara umum berbeda, maka akan ada beberapa prinsip dasar yang berbeda antara turbin uap dan turbin gas. Selain itu, gas yang dipakai dalam PLTG bisa dibilang lebih mudah untuk disiapkan daripada uap, sehingga sebuah PLTG bisa mulai berproduksi dari keadaan “dingin” dalam hitungan menit, sebut saja sekitar 10 menit sampai 30 menit, jauh lebih cepat dari apa yang bisa dilakukan oleh sebuah PLTU.

Satu hal yang menarik pada PLTG adalah gas yang keluar dari turbin biasanya masih cukup panas. Cukup panas sehingga bila di sebelah PLTG ada

sebuah PLTU, maka gas hasil proses di PLTG masih dapat digunakan untuk memanaskan *boiler* kepunyaan PLTU. Inilah kemudian yang dikenal dengan sebutan *combine cycle*, sebuah pembangkit yang terdiri dari komponen utama PLTG terdiri atas beberapa peralatan yang satu dengan yang lainnya terintegrasi sehingga menjadi satu unit lengkap yang dapat dioperasikan sebagaimana mestinya PLTG dan PLTU.

2.2.1 Komponen-Komponen PLTG

1. Kompresor Utama

Kompresor utama adalah kompresor aksial yang berguna untuk memasok udara bertekanan ke dalam ruang bakar yang sesuai dengan kebutuhan. Kapasitas kompresor harus cukup besar karena pasokan udara lebih (*excess air*) untuk turbin gas dapat mencapai 350%. Disamping untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, udara lebih ini digunakan untuk pendingin dan menurunkan suhu gas hasil pembakaran.

2. *Combustion Chamber*

Ruang Bakar (*Combustion Chamber*) adalah ruangan tempat proses terjadinya pembakaran. Energi kimia bahan bakar diubah menjadi energi thermal pada proses pembakaran tersebut. Ada Turbin Gas yang memiliki satu atau dua *Combustion Chamber* yang letaknya terpisah dari *casing* turbin, akan tetapi yang lebih banyak di jumpai adalah memiliki *Combustion Chamber* dengan beberapa buah *Combustor Basket*, mengelilingi sisi masuk (*inlet*) turbin. Contohnya PLTG di PLTGU Gresik memiliki satu *Combustion Chamber* berisi 18 buah *Combustor*

Basket, sedangkan PLTG Bali memiliki satu *Combustion Chamber* berisi 8 buah *Combustor Basket* yang terpasang jadi satu dengan *casing* turbin.

3. Turbin Gas (*gas turbine*)

Turbin berfungsi untuk mengubah energi thermal dari hasil pembakaran di dalam ruang bakar menjadi energi kinetik dalam sudu tetap kemudian menjadi energi mekanik dalam sudu jalan sehingga energi mekanik akan memutar poros turbin.

4. Saluran gas buang

Saluran gas buang adalah suatu bagian dari sistem turbine, dimana gas yang telah dipergunakan untuk memutar poros turbin dan kemudian dibuang pada atmosfer udara. Rangka saluran gas buang dipasang pada bagian *turbine shell* dan diperkuat dengan baut. Pada rangka ini terdapat silinder - silinder luar dan dalam. Pada bagian luar dan dalam terdapat *diffuser*, dimana aliran gas bekas menjadi radial.

5. Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik putaran pada rotor yang terdapat kutub magnet, kemudian menjadi energi listrik pada kumparan stator.

6. Alat Bantu

- a. Penggerak Mula (*Prime Mover*), yaitu Diesel, Starting Motor (*Cranking Motor*), Generator sebagai Motor, memutar poros turbin gas sampai kekuatan bahan bakar dapat menggantinya (turbin gas mampu berdiri

sendiri). *Hydraulic Ratchet*, berfungsi memutar poros turbin sebelum start, sebanyak 45° setiap 3 menit, untuk memudahkan.

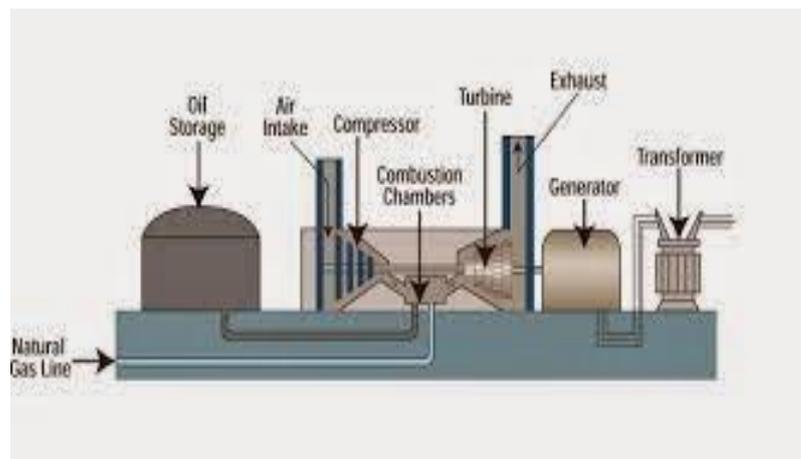
- b. Pemutaran oleh penggerak mula dan meratakan pendinginan poros saat turbin gas *stop*.
- c. *Turning Gear*, fungsinya sama seperti juga *Ratchet*, hanya poros diputar kontinyu dengan putaran lambat (± 6 RPM).
- d. *Accessories Gear*, adalah tempat roda gigi untuk memutar alat-alat bantu seperti : pompa bahan bakar, pompa pelumas, pompa hidrolis, main *atomizing air compressor*, *water pump*, tempat hubungan *Ratchet*.
- e. *Torque Converter*, sebagai kopling hidrolis, saat digunakan kopling diisi dengan minyak pelumas. Sedangkan saat dilepas, minyak pelumas di *drain*.
- f. *Load Gear*, disebut juga *Reduction Gear* atau *Load Coupling* untuk mengurangi kecepatan turbin menjadi kecepatan yang dibutuhkan oleh Generator. *Load Gear Westinghouse* dimanfaatkan untuk penggerak pompa bahan bakar dan pelumas.
- g. *Exciter*, yaitu peralatan yang berfungsi memberikan arus searah untuk penguatan kutub magnet Generator Utama.
- h. *Starting Clutch*, disebut juga *Jaw Clutch*, sebagai kopling mekanik yang berfungsi menghubungkan poros Penggerak Mula dengan poros kompresor saat proses *Start*.
- i. Bantalan (*Fouling*), terdiri dari bantalan aksial dan bantalan luncur. Bantalan luncur disebut juga disebut juga *Journal Fouling*, yang berfungsi sebagai penyangga berat poros turbin, kompresor dan generator.

Sedangkan bantalan aksial disebut juga *Thrust Fouling*, berfungsi sebagai penahan gaya aksial.

2.2.2 Prinsip kerja PLTG

Pembangkitan adalah proses produksi tenaga listrik yang dilakukan dalam pusatpusat tenaga listrik atau sentral-sentral dengan menggunakan generator. PLTG adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang menggunakan turbin sebagai *prime mover*-nya dengan gas sebagai fluida kerjanya. Dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya, komponen utama yaitu kompresor, ruang bakar, turbin gas, saluran gas buang, generator dan alat bantu. Seperti juga PLTD, PLTG atau turbin gas merupakan mesin dengan proses pengoperasian dalam (*internal combustion*). Bahan bakar berupa minyak atau gas alam dibakar di dalam ruang pembakaran (*combustor*). Udara yang memasuki kompresor setelah mengalami tekanan bersama-sama dengan bahan bakar disemprotkan ke ruang pembakaran untuk melakukan proses pembakaran. Gas panas ini berfungsi sebagai fluida kerja yang memutar roda turbin bersudu yang terkopel dengan generator sinkron kemudian mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. PLTG merupakan mesin bebas getaran, tidak terdapat bagian mesin yang bergerak translasi (bolak-balik). Temperatur turbin gas (900 - 1.300 °C) jauh lebih tinggi dari pada jenis turbin yang lain. Efisiensi konversi thermalnya mencapai 20% - 30%. PLTG berfungsi memikul beban puncak karena membutuhkan bahan bakar yang sangat besar dengan biaya mahal (biaya investasi rendah tapi biaya operasi

tinggi). Udara masuk ke dalam kompresor untuk dinaikkan tekanannya menjadi kurang lebih 13 kg/cm^2 kemudian udara tekan tersebut dialirkan menuju ruang bakar. Apabila digunakan BBG (Bahan Bakar Gas) maka gas dapat langsung dicampur dengan udara tekan tadi untuk dibakar. Tetapi bila digunakan BBM (Bahan Bakar Minyak), maka BBM tersebut harus dijadikan kabut terlebih dahulu baru dicampur dengan udara tekan untuk selanjutnya dibakar. Teknik mencampur bahan bakar dengan udara dalam ruang bakar sangat berpengaruh pada efisiensi pembakaran.



Sumber : (sihunkorean.blogspot.com)

Gambar 2.1 Proses Kinerja PLTG

Pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar menghasilkan gas bersuhu tinggi sampai kira-kira $900 - 1.300^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan 13 kg/cm^2 . Gas hasil pembakaran ini kemudian dialirkan menuju turbine untuk disemprotkan kepada sudu-sudu turbine sehingga energi gas dikonversikan menjadi energi mekanik pada poros turbin. Energi mekanik pada poros digunakan untuk memutar generator yang pada akhirnya menghasilkan energi listrik. Karena pembakaran yang terjadi pada sistem turbin gas

mencapai suhu 1.300 °C maka sudu-sudu turbin dan porosnya perlu didinginkan dengan udara atau hidrogen. Suhu yang tinggi inilah yang merupakan sebab utama timbul ke-ausan apabila unit PLTG di *start-stop*.

2.3 Sistem Pendingin

Cooling System adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendinginkan dan menjaga temperatur dari sebuah proses yang dapat menghasilkan panas, misalnya adalah generator, turbin, kompresor, dan lain – lain. Dalam sebuah *Industry cooling system* sangat penting, karena *cooling system* adalah suatu alat pendingin dan dapat menjaga temperatur pada sebuah produksi gas, dalam hal ini *cooling system* dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

a. *Air Cooling System* (sistem pendingin udara)

Pendingin udara merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan temperatur dengan menggunakan udara sekitar yang dihembuskan oleh sebuah kipas atau *fan*.

b. *Water Cooling System* (sistem pendingin air)

Pendingin air adalah metode pemindahan panas dari komponen peralatan industri. Berbeda dengan pendingin udara, air digunakan sebagai konduktor panas. Pendingin air umumnya digunakan untuk pendingin mesin pembakaran internal dan fasilitas industri besar seperti pembangkit tenaga listrik maupun kilang minyak dan pabrik kimia

2.3.1 Sistem Pendingin Udara (*Air Cooling System*)

Aerial coolers menjadi terkenal dalam semua industri karena ditemukan banyak kesulitan sehubungan dengan suplai air di unit berpendingin air (*water-cooled unit*). Dalam *aerial cooler*, fluida didinginkan atau dikondensasikan karena sirkulasi di dalam *tube* sementara udara atmosferik dipaksa melewati bagian koil tersebut. Tipe *cooler* ini dasarnya merupakan heat exchanger konveksi tanpa kontak yang diadaptasikan dengan hembusan (*draft*) *induce* atau paksa (*forced*).

Air-cooled exchanger disebut pula *finned tube exchanger* karena *fin* terpasang pada *tube* agar efisiensi bertambah. *Fin* dapat dilas pada *tube*, dililitkan atau diekspansi agar pas dengan *tube*. Tinggi, tebal, dan jumlah *fin* pada pada tiap *tube* berdasarkan pemakaiannya. *Aerial cooler* dipilih untuk proses dimana temperatur fluida yang akan didinginkan minimal 55°C. *Cooler* ini juga dipakai dimana *fouling* dari *tubes* pada sisi air pendingin dalam *cooler* dengan air menjadi perhatian. Jika aliran fluida pada temperatur tinggi membutuhkan pendinginan di bawah temperatur ambien, kombinasi *aerial cooling* diikuti *water-cooling* akan selalu terbukti efisien dan ekonomis karena sebagian besar panas dilepas sebelum air dipakai.

Air Cooling System (sistem pendingin udara) ini memiliki beberapa jenis yaitu :

a. *Forced Draft Cooler* (hembusan udara paksa)

Memiliki kipas terletak dibawah *tube* yang dihubungkan dengan motor penggerak atau *fan*. Pada sistem ini udara yang ada di sekitar dihembuskan ke atas sehingga menabrak *tube*, udara yang dihembuskan tersebut dapat menjaga temperatur dari panas yang dihasilkannya.



Sumber : (exportersindia.com)

Gambar 2.2 *Forced Draft Cooler* (hembusan udara paksa)

Kelebihan penggunaan *forced draft* adalah :

1. Memerlukan HP yang kecil meskipun udara yang digunakan sebagai media pendingin mengalir sangat panas.
2. Perawatan kipas dan fouling mudah
3. Pelepasan bundle mudah saat dilakukan pengangkatan dan kemudahan sirkulasi udara panas pada iklim dingin.

Kelemahan penggunaan *forced draft* adalah :

1. Distribusi udara pendingin di bundle kurang merata.
 2. Tingginya kemungkinan terjadi sirkulasi udara panas karena laju udara pendingin yang cukup rendah dan tidak adanya fungsi stack,
 3. Kapasitas pendinginan *natural draft* yang rendah bila terjadi kegagalan *fan*.
 4. Operasi air *cooler* sangat dipengaruhi lingkungan.
 5. *Fin* langsung terexpose ke matahari, hujan, dan angin kencang sehingga kontrol temperatur tidak stabil.
- b. *Induced Draft Cooler* (hembusan udara dalam)

Cooler hembusan udara *induce* (*induced draft air cooler*) memakai kipas berpengerak motor di atas. Kipas ini menginduce aliran udara melewati kumpulan *tube* horizontal dan membuang udara ke atas. *Tube* membawa fluida sirkuit tertutup. Ujung akhir *tube* ditutup dengan kotak yang di sebut *header* dan dipasang pada *outlet* dan *inlet*.



Sumber : (docplayer.info)

Gambar 2.3 *Induced Draft Cooler* (hembusan udara dalam)

Kelebihan penggunaan *induced draft* adalah :

1. Distribusi udara pendingin yang lebih baik dan merata,
2. Menghindari kemungkinan terjadinya aliran balik udara panas masuk kembali ke intake *fan*.
3. Mengurangi pengaruh lingkungan seperti cuaca panas atau hujan pada operasi *air cooler*.
4. Kapasitas pendinginan yang lebih tinggi pada saat ada kegagalan pada *fan*, karena efek dari *natural draft* yang lebih besar.

Kelemahan penggunaan *induced draft* adalah :

1. Kebutuhan daya yang lebih besar karena *fan* berada pada area udara panas.

2. Temperatur aliran udara panas harus dibatasi pada 95 °C untuk menghindari kemungkinan kerusakan pada *fan blade*, *fouling*, *V-belts* dan komponen-komponen mekanikal yang lain.
3. Akses *maintenance* terhadap komponen *fan drive* kurang baik.
4. Temperatur fluida proses dibatasi pada 175 °C, karena dapat mengakibatkan tingginya temperatur udara panas yang menyebabkan kerusakan pada komponen *fan*.

2.3.2 Sistem Pendingin Air (*Water Cooling System*)

Kebanyakan air yang ada digunakan untuk tujuan proses produksi di industri. Ketersediaan dan kapasitas panasnya yang besar membuat air diminati industri sebagai media penransfer panas di berbagai industri maupun alat pendingin pada mesin–mesin. Akhir–akhir ini, penggunaan air untuk pendinginan meningkat dari titik kewajaran lingkungan maupun konservasinya, hal ini menyebabkan perubahan mekanisme pendingin air hingga lebih efektif lagi.

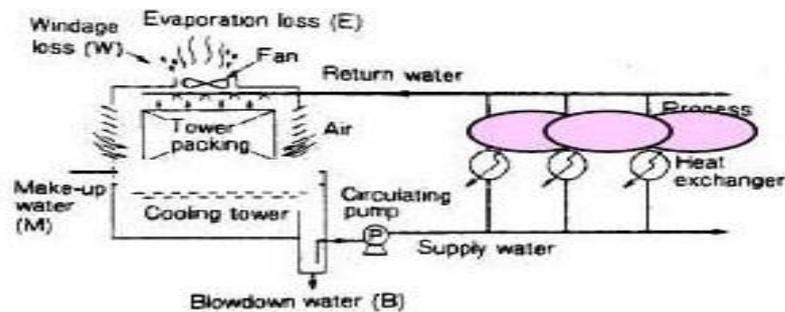
Kebanyakan sistem aliran air digunakan hanya sekali jalan dan kembali ke penampungan air. Ini menghasilkan kebutuhan air yang besar dan panas yang ditransferkan ke aliran akan semakin besar. Sebaliknya, *Tower* pendingin (*cooling Tower*) dapat menggunakan kembali air dalam sebuah mekanisme evaporasi yang paling modern sehingga mengurangi kebutuhan air hingga 90% dibandingkan pendinginan sekali jalan. Hal ini pastinya mengurangi jumlah transfer panas tetapi berdampak positif terhadap lingkungan karena panas ditransferkan ke udara. Hal ini mengubah desain sistem air pendingin (*cooling water system*) pada umumnya dan dalam operasinya ditemukan adanya pengaruh

kimia air yang menghasilkan korosi, reposisi, dan *fouling* (pengotoran). Oleh karena itu *water cooling sistem* memiliki beberapa jenis yaitu.

a. *Indirect* dan *Direct CWS*

Perbedaan *indirect* dan *direct CWS* ini terletak pada teknik transfer panasnya. Jika pada *indirect CWS*, proses fluida yang panas tidak kontak medium (air) secara langsung. Misalnya, proses fluida berada dalam suatu wadah air dialirkan melalui pipa yang mampu menghantarkan panas, seperti pada *heat exchanger*. Jika *direct CWS*, proses fluida mengalami kontak langsung dengan medium. Misalnya pendinginan pada *cooling tower* yang membiarkan proses fluida kontak dengan udara lingkungan

b. *Open Recirculating CWS*



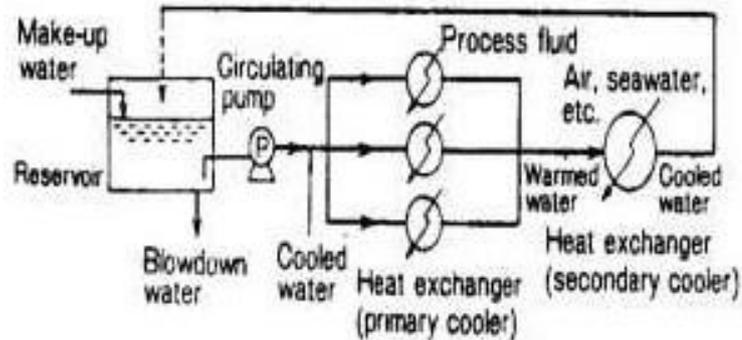
Sumber : (docplayer.info)

Gambar 2.4 *Open Recirculating CWS*

Seperti pada gambar 2.4, air yang telah ditransferi panas selanjutnya didinginkan oleh udara pada sistem terbuka, sehingga dinamakan *opened recirculating* berarti air digunakan berkali – kali melalui sistem *cooled and reused*. Kekurangan dari proses ini adalah adanya air yang lolos (*windage los* dan *evaporator los*) sehingga harus ada *make-up water*. Kontaknya dengan udara secara langsung juga menambah jumlah mineral pada air,

sehingga konsentrasi mineral ini harus dikontrol melalui *blowdown water*.
Sistem ini biasa ditemui di kilang minyak dan industri petrokimia.

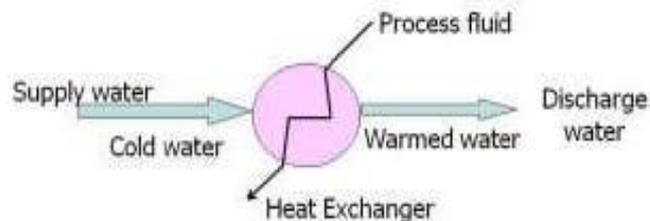
c. *Closed Recirculating CWS*



Sumber : (docplayer.info)
Gambar 2.5 *Closed Recirculating CWS*

Sistem *Close* ini menggunakan tempat tertutup untuk mentransferkan panas dari medium (air), sehingga mediumnya bisa digunakan lagi. Biasanya digunakan fluida lain sebagai medium transfer dari air yang panas. Kelebihannya adalah kehilangan air lebih sedikit karena prosesnya yang tertutup. Sistem ini biasa dijumpai pada sistem pendinginan mesin, dan AC.

d. *Once Through CWS*



Sumber : (docplayer.info)
Gambar 2.6 *Once Through CWS*

Sistem ini merupakan sistem yang paling boros air karena air hanya digunakan sekali jalan dan dibuang. Sistem ini biasa digunakan pada industri yang dekat dengan sumber air yang melimpah, contohnya pada sistem distilasi air laut.

2.3.3 Cooling Fan

Cooling fan merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan suhu panas atau menjaga temperatur dari air masuk ke dalam stator generator yang berfungsi sebagai pendingin generator. Air yang sudah mendinginkan generator lalu akan keluar menjadi air panas atau bersuhu tinggi melalui pipa, lalu mengalir ke *tube* yang di bawahnya terdapat *cooling fan* yang berfungsi untuk mendinginkan atau menjaga suhu temperatur air. Air yang sudah didinginkan oleh *cooling fan* akan dialirkan kembali atau bersirkulasi kembali ke generator.



Sumber : (wermac.org)
Gambar 2.7 *Cooling Fan*

2.3.4 Fungsi Cooling Fan

Cooling fan mempunyai fungsi sebagai alat penukar kalor atau menurunkan suhu panas menjadi lebih dingin. Umumnya *cooling fan* digunakan untuk mendinginkan air yang digunakan sebagai media pendingin mesin seperti generator, kondensor, turbin, dan lain – lain.

2.3.5 Sistem Kerja *Cooling Fan*

Sistem kerja *cooling fan* ialah sebagai pendingin air yang digunakan untuk mendinginkan generator, sebagai mana di jelaskan pada gambar berikut diagram berikut ini :

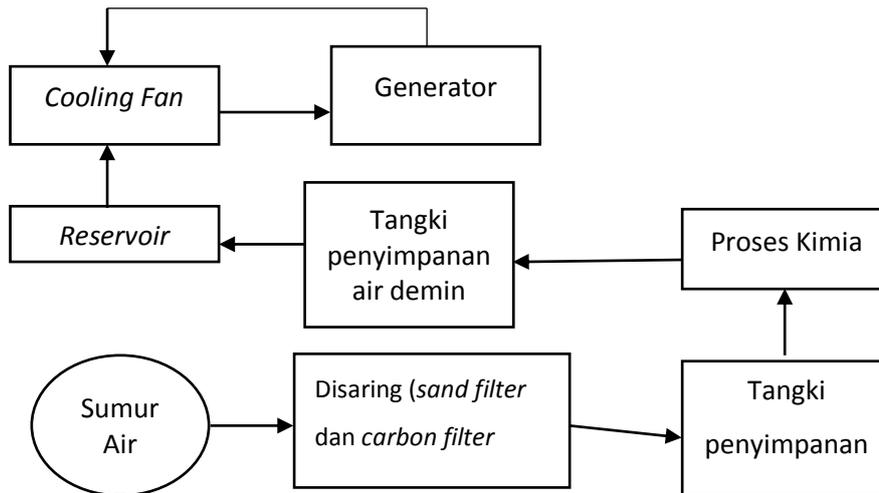
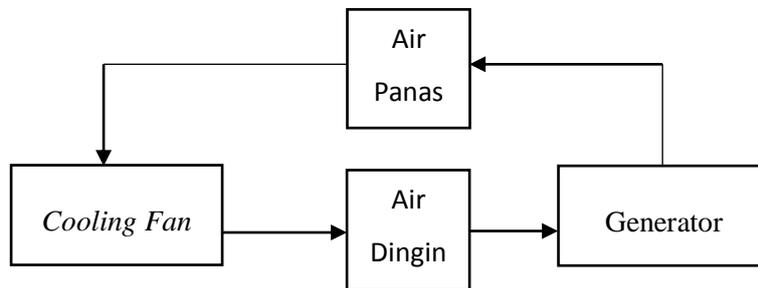


Diagram 2.8 Proses Sistem Kerja *Cooling Fan*

Air yang digunakan berasal dari sumur yang memiliki air yang tawar dan tingkat kepayauannya rendah, air yang sudah diambil dari sumur lalu dialirkan ke tempat penyaringan *sand filter* dan *carbon filter* untuk menghilangkan karbon dan juga pasir yang terkandung dalam air. Lalu air yang sudah disaring lalu disimpan melalui tangki penyimpanan air (mula) lalu di alirkan ke ke cairan kimia untuk mengubah air menjadi air demin (*demineralized*) lalu disimpan melalui tanki penyimpanan air demin, setelah itu dialirkan ke *reservoir* yang kemudian dialirkan ke *cooling fan* untuk didinginkan. Air demin yang sudah didinginkan tersebut lalu dipompa ke generator dengan menggunakan *cooling water pump*.



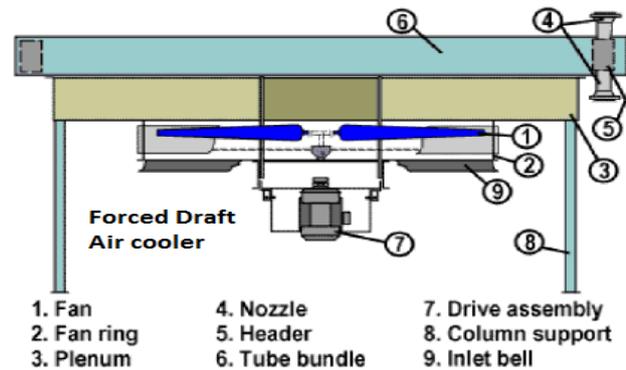
Gambar 2.9 Proses Kinerja *Cooling Fan*

2.3.6 Konstruksi *Cooling Fan*

Konstruksi dari *cooling fan* tersebut ialah:

1. *Fan* (kipas) merupakan bagian terpenting dari sebuah menara pendingin karena berfungsi untuk menarik udara dingin dan mensirkulasikan udara tersebut di dalam menara untuk mendinginkan air. Jika kipas rusak atau tidak berfungsi maka kinerja menara pendingin tidak maksimal. Kipas digerakkan oleh motor listrik dan di kopel langsung oleh poros kipas.
2. *Fan ring* untuk menjaga kipas agar cara kerja *fan* lebih efektif
3. Plenum sebagai ruangan tempat air
4. *Nozzle* berfungsi untuk mengalirkan air
5. *Header* berfungsi untuk penyanggah atau bagian kepala dari tempat *nozzle*
6. *Tube* bundel sebagai tempat penyimpanan *tube* yang berisi air
7. *Drive Assembly* adalah motor yang digunakan untuk menggerakkan *fan*
8. *Column support* ialah sebagai tiang penyangga dari konstruksi *cooling fan*
9. *Inlet belt* berfungsi sebagai pipa bagian dalam
10. *Cooling Water Pump* berfungsi sebagai pemompa air dari generator ke

cooling fan dan dari *cooling fan* ke generator.



Sumber : (barblog.blogspot.com)
Gambar 2.10 Konstruksi *Cooling Fan*



Sumber : (ksb.com)
Gambar 2.11 *Cooling Water Pump*

2.3.7 Parameter Kerja Kipas Pendingin

Parameter terukur akan digunakan untuk mengukur performa menara pendingin dengan beberapa cara yaitu:

a. *Range*

Range merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. *Range* yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = \text{temperatur air masuk } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C})$$

Atau bisa disebutkan sebagai :

$$T_{range} = T_{in} - T_{out} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : T_{range} = Temperatur *Range* ($^{\circ}C$)

T_{in} = Temperatur air masuk ($^{\circ}C$)

T_{out} = Temperatur air keluar ($^{\circ}C$)

Range bukan ditentukan oleh menara pendingin, namun oleh proses yang dilayaninya. *Range* pada suatu alat penukar kalor ditentukan seluruhnya oleh beban panas dan laju sirkulasi air yang melalui penukar panas dan menuju ke air pendingin. Menara pendingin biasanya dikhususkan untuk mendinginkan laju aliran tertentu dari satu suhu ke suhu lainnya pada suhu wet bulb tertentu.

b. *Approach*

Approach adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu wet bulb ambien. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara pendingin. Walaupun *range* dan *approach* harus dipantau, akan tetapi, *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

$$Approach (^{\circ}C) = \text{temperatur air keluar } (^{\circ}C) - \text{temperatur wet bulb } (^{\circ}C)$$

Atau bisa disebutkan sebagai :

$$T_{approach} = T_{out} - T_{wb} \dots \dots \dots (2.2)$$

Sebagaimana aturan yang umum, semakin dekat *approach* terhadap wet bulb, akan semakin mahal menara pendinginnya karena meningkatnya ukuran. Ketika ukuran menara harus dipilih, maka *approach* menjadi sangat penting, yang kemudian diikuti oleh debit air dan udara, sehingga *range* dan wet bulb mungkin akan menjadi semakin tidak signifikan.

c. Efektivitas pendinginan

Efektivitas pendinginan merupakan perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektivitas pendinginan suatu menara pendingin.

$$\text{Efektivitas pendinginan} = 100\% \times \frac{T_{in}-T_{out}}{T_{in}-T_{wb}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : T_{in} = Temperatur air masuk
 T_{out} = Temperatur air keluar
 T_{wb} = Temperatur wet bulb (26°C)

d. Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan ialah panas yang dibuang dalam kekal/jam sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik, dan perbedaan suhu. Seperti yang diketahui, konstanta penguapan adalah 0.00085(85/10000). Rumus yang digunakan ialah :

$$Kp = 0.00085 \times \text{laju sirkulasi (m}^3/\text{jam)} \cdot (T_{in} - T_{out}) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : Kp = Kapasitas Pendinginan ($m^3/C/\text{jam}$)

e. Kehilangan Penguapan

Kehilangan penguapan adalah dimana jumlah air yang diuapkan untuk proses pendinginan. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai 1.8 m^3 untuk setia 10.000.000 kKal yang dibuang. Rumus yang digunakan untuk menghitung Kehilangan akibat penguapan ialah:

$$K_{penguapan} = 0.00085 \times 1.8 \times \text{laju sirkulasi (m}^3/\text{jam)} \cdot (T_{in} - T_{out}) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : $K_{penguapan}$ = Kapasitas Penguapan (m^3/jam)

2.4 Temperatur Air

Sebagai salah satu media pendingin bagi mesin – mesin listrik, air sangat

penting peranannya sebagai media pendingin. Temperatur air dan jenis air juga berpengaruh pada proses pendinginan suatu mesin listrik, terlebih lagi air yang digunakan ini pengaplikasiannya terhadap mesin listrik bertegangan tinggi. Tentulah air yang digunakan juga harus melalui proses yang panjang agar bisa digunakan sebagai media pendingin.

Air sebagai media pendingin dibutuhkan untuk menjaga performa dari mesin listrik seperti generator, turbin, kondensor, dan lain – lain, agar tetap terjaga dari rugi – rugi panas yang di hasilkan yang mengakibatkan performa maupun kinerja dari suatu mesin listrik menjadi berkurang. Salah satu contohnya ialah generator listrik, generator listrik seperti kita ketahui memiliki waktu kerja yang lama dan juga memiliki beban yang tinggi untuk menghasilkan energi listrik. Dalam proses pembuatan energi listrik itulah, terjadi didalamnya proses perubahan energi mekanik menjadi energi listrik melalui belitan yang ada di kumparan stator.

Kumparan stator menghasilkan energi listrik dan juga panas secara kontinyu, dimana panas yang dihasilkan dari stator tidak bisa dibiarkan karena dapat mengakibatkan kurangnya performa dari listrik yang dihasilkan oleh generator. Disinilah pentingnya *cooling sistem* atau sistem pendingin diperlukan untuk menjaga performa dari mesin – mesin listrik seperti generator.

2.4.1 Jenis Air

Sebagai media pendingin suatu mesin listrik, tentunya air yang digunakan untuk proses pendinginan suatu mesin listrik haruslah air yang memiliki kualitas dan mutu yang bagus. Berbagai macam air yang digunakan pada mesin listrik

memiliki sumber berupa air laut, air sungai, maupun air sumur. Air yang digunakan tidak langsung diambil dari sumbernya lalu disalurkan langsung ke generator.

Sumber air yang digunakan sebelumnya disimpan di tank penyimpanan air lalu disaring dengan carbon filter dan sand filter yang bertujuan menghilangkan karbon dan juga pasir yang terdapat di dalam air. Lalu air yang sudah disaring masuk ke tanki yang berisi cairan kimia yang dimana prosesnya untuk menghilangkan mineral yang ada pada air tawar yang digunakan, air ini disebut air demin.

Air demin adalah air yang tanpa adanya zat *calcium*, *magnesium*, dan zat berat lainnya. Air ini dihasilkan dari proses demineralisasi khusus. Yakni proses penyaringan air mentah menjadi air yang memang khusus menjadi tipe air demin ini. Proses pemurniannya juga terkadang cukup sesuai dengan pengolahan yang selama ini dilakukan *water treatment* biasa. Dari proses ini, air yang dihasilkan adalah *soft water* dan bukan *hard water*. Mineral dipisahkan karena masuk dalam kategori *hard water*

Adapun proses dari kemunculan dari air demin ini ialah memiliki beberapa tahapan, yang pertama air dimasukkan ke dalam cairan kimia yang dimana cairan kimia itu menggunakan *ion negatif* dan juga *ion positif (anion kation)*. Adapun yang digunakan adalah *exchanger resin amnion*, dan *kation*.

2.4.2 Pengaruh *Cooling Fan* terhadap Temperatur Air

Seperti yang kita ketahui fungsi dari *cooling fan* ialah untuk mendinginkan atau melakukan perpindahan kalor dari yang panas menjadi dingin. Salah satunya

penerapan dari *cooling fan* ini ialah pada air, air yang digunakan sebagai media pendingin generator tadi bukanlah *hard water* yang memiliki mineral, melainkan *soft water* yang sudah dihilangkan mineralnya (*demineralized*) yaitu air demin. Air demin digunakan sebagai media pendingin dan juga untuk menjadi media pembersih alat-alat yang dialiri olehnya, karena didalamnya tidak terdapat zat mineral seperti *calcium*. Maka tentu ini akan membantu untuk menjaga kualitas dari mesin tersebut sehingga tidak mudah berkarat dan memiliki gangguan yang lain.

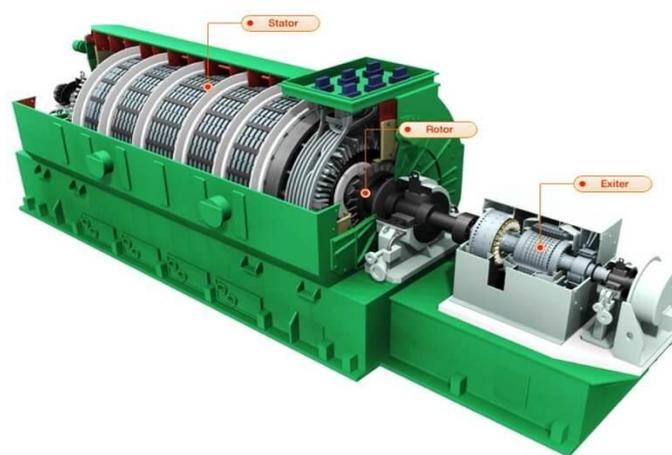
2.4.3 Fungsi Air Terhadap Generator

Fungsi air terhadap generator, memanglah memiliki peran penting sebagai media pendingin, karena salah satu media pendingin generator selain udara dan hidrogen. Dikarenakan ruang kerja generator yang sangat panas, maka diperlukanlah media pendingin untuk menjaga kinerja generator agar lebih maksimal dan mengurangi rugi-rugi panas yang dihasilkan. Air dipompakan dengan *cooling water pump* melalui pipa-pipa yang terhubung ke generator lalu masuk ke ruangan stator generator untuk mendinginkan stator dan udara di dalam rotor.

Lalu air dingin yang sudah di sirkulasi ke dalam generator akan keluar menjadi air panas dan keluar kembali menuju *cooling fan* dan selanjutnya akan mendinginkan suhu air dan menjaga temperatur air tetap terjaga dan akan disirkulasikan kembali ke generator sebagai media pendingin.

2.5 Generator

Generator listrik memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Walau generator dan motor punya banyak kesamaan, tetapi motor adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tetapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik yang lain.



Sumber : (rahman.net)

Gambar 2.12 Konstruksi sederhana sebuah generator

2.5.1 Prinsip Kerja Generator

Generator bekerja berdasarkan hukum Faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis

garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (garis gaya listrik) yang mempunyai satuan volt.

2.5.2 Jenis - Jenis Generator

Macam generator berdasarkan tegangan yang dibangkitkan generator dibagi menjadi 2 yaitu :

- a. Generator Arus Bolak-Balik (AC) Generator arus bolak-balik yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan out put) berupa tegangan bolak-balik.
- b. Generator Arus Searah (DC) Generator arus searah yaitu generator dimana tegangan yang dihasilkan (tegangan out put).berupa tegangan searah, karena didalamnya terdapat sistem penyearahan yang dilakukan bisa berupa oleh komutator atau menggunakan dioda.

Berdasarkan sistem pembangkitannya generator AC dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

- a. Generator 1 fasa Generator yang dimana dalam sistem melilitnya hanya terdiri dari satu kumpulan kumparan yang hanya dilukiskan dengan satu garis dan dalam hal ini tidak diperhatikan banyaknya lilitan. Ujung kumparan atau fasa yang satu dijelaskan dengan huruf besar X dan ujung yang satu lagi dengan huruf U.
- b. Generator 3 fasa Generator yang dimana dalam sistem melilitnya terdiri dari tiga kumpulan kumparan yang mana kumparan tersebut masing-masing

dinamakan lilitan fasa. Jadi pada statornya ada lilitan fasa yang ke satu ujungnya diberi tanda U – X; lilitan fasa yang ke dua ujungnya diberi tanda dengan huruf V – Y dan akhirnya ujung lilitan fasa yang ke tiga diberi tanda dengan huruf W – Z.

Berdasarkan letak kutubnya generator di bagi menjadi 2 yaitu :

- a. generator kutub dalam : generator kutub dalam mempunyai medan magnet yang terletak pada bagian yang berputar (rotor).
- b. generator kutub luar : generator kutub luar mempunyai medan magnet yang terletak pada bagian yang diam (stator).

Berdasarkan bentuk rotornya generator dibedakan menjadi :

- a. generator rotor kutub menonjol biasa digunakan pada generator dengan rpm rendah seperti PLTA dan PLTD
- b. generator rotor kutub rata (silindris) biasa digunakan pada pembangkit listrik / generator dengan putaran rpm tinggi seperti PLTG dan PLTU.

2.5.3 Generator Sinkron

Konstruksi dari mesin sinkron baik sebagai generator maupun sebagai motor adalah sama, perbedaannya hanya pada prinsip kerjanya. Sebagaimana pada generator arus searah, belitan (kumparan) jangkar ditempatkan pada rotor sedangkan belitan medan ditempatkan pada stator, demikian pula untuk generator sinkron untuk kapasitas kecil. Akan tetapi pada generator sinkron yang dipergunakan untuk pembangkitan dengan kapasitas besar, belitan atau kumparan

jangkar ditempatkan pada stator sedangkan belitan medan ditempatkan pada rotor dengan alasan :

- a. Belitan jangkar lebih kompleks dari belitan medan sehingga lebih terjamin jika ditempatkan pada struktur yang diam.
- b. Lebih mudah mengisolasi dan melindungi belitan jangkar terhadap tegangan yang tinggi.
- c. Pendinginan belitan jangkar mudah karena inti stator yang terbuat cukup besar sehingga dapat didinginkan dengan udara paksa.
- d. Belitan medan mempunyai tegangan rendah sehingga efisien bila digunakan pada kecepatan tinggi.

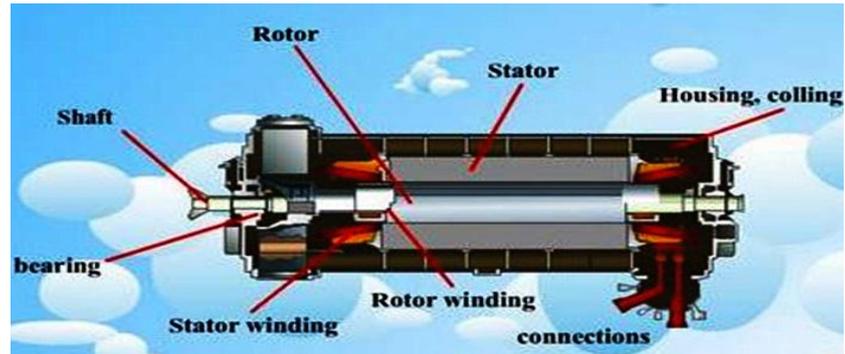
Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromagnetik. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (*prime over*) dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub disuplai oleh tegangan searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya magnet) yang berputar kecepataannya sama dengan putaran kutub. Berdasarkan Hukum Faraday apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya magnet yang diam atau lilitan yang diam dipotong oleh garis-garis gaya magnet yang berputar maka pada penghantar tersebut timbul EMF (*Electro Motive Force*) atau GGL (Gaya Gerak Listrik) atau tegangan induksi.

2.5.4 Konstruksi Generator Sinkron

Konstruksi mesin sinkron baik untuk generator maupun untuk motor terdiri dari :

- a. Stator adalah bagian yang diam dan berbentuk silinder.
- b. Rotor adalah bagian yang berputar juga berbentuk silinder.
- c. Celah udara adalah ruangan antara stator dan rotor.

Konstruksi mesin sinkron ini seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut:

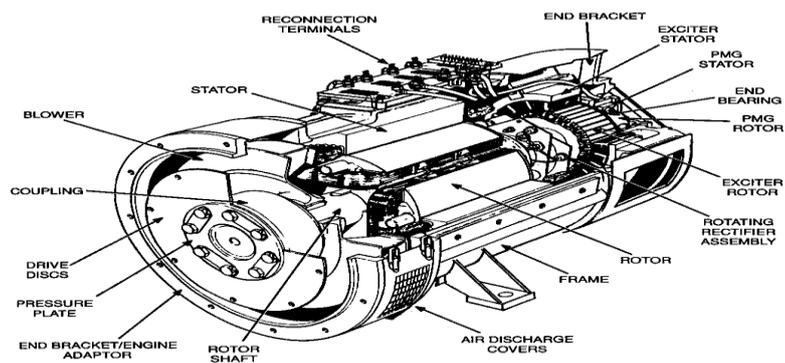


Sumber : (belajarelektronika.net)
Gambar 2.13 Konstruksi Mesin Sinkron

2.5.5 Konstruksi Stator Generator

Konstruksi stator seperti yang diperlihatkan pada gambar 2, terdiri dari :

- a. Kerangka terbuat dari besi tuang untuk menyangga inti jangkar.
- b. Inti jangkar terbuat dari besi lunak (baja silikon).
- c. Alur (slot) untuk meletakkan belitan (kumparan).
- d. Belitan jangkar terbuat dari tembaga yang diletakan pada alur (slot).

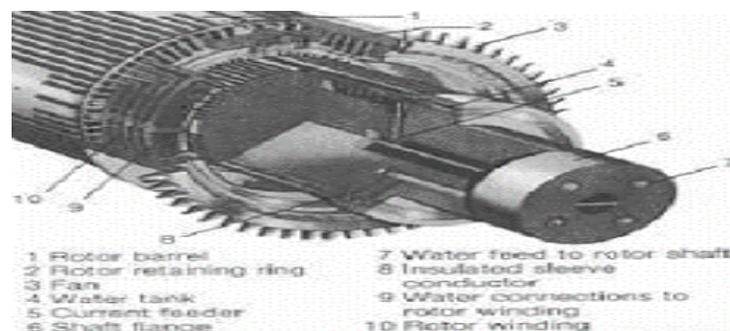


Sumber : (bas.pendidikan.id)
Gambar 2.14 Kerangka Inti Stator Mesin Sinkron

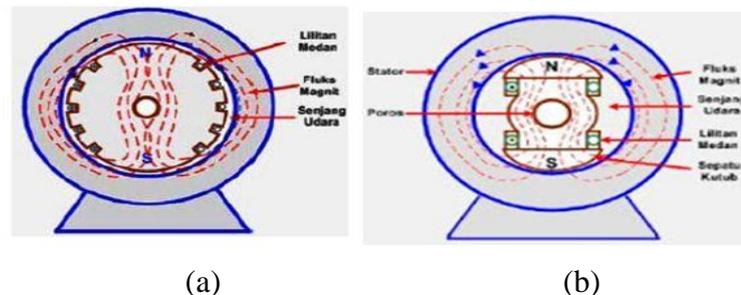
2.5.6 Konstruksi Rotor

Konstruksi rotor terdiri dari dua jenis :

- a. Jenis kutub menonjol (salient pole) untuk generator kecepatan rendah dan menengah. Kutub menonjol terdiri dari inti kutub dan sepatu kutub. Belitan medan dililitkan pada badan kutub, pada sepatu kutub juga dipasang belitan peredam (damper winding). Belitan kutub terbuat dari tembaga, sedangkan badan kutub dan sepatu kutub terbuat dari besi lunak.
- b. Jenis kutub silinder untuk generator dengan kecepatan tinggi terdiri dari alur-alur sebagai tempat kumparan medan. Alur-alur tersebut terbagi atas pasangan-pasangan kutub.



Sumber : (pt.slideshare.net)
Gambar 2.15 Rotor jenis kutub menonjol (salient)



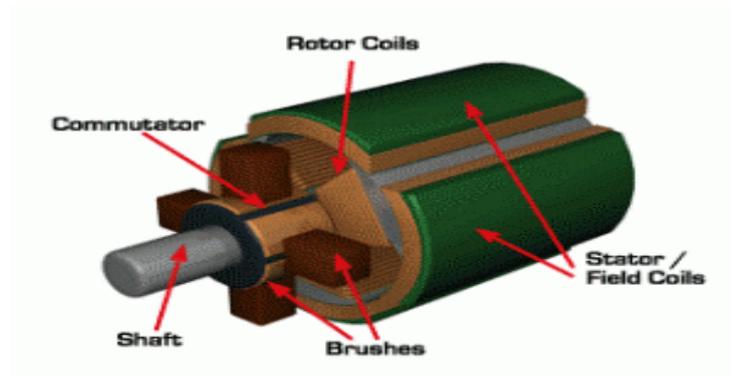
Sumber : (pt.slideshare.net)

Gambar 2.16 Rotor jenis kutub silent (a) Rotor jenis silinder (b)

2.5.7 Belitan Jangkar

Belitan Jangkar. Belitan jangkar yang di tempatkan pada stator disebut sebagai belitan stator untuk sistem tiga fasa hubungannya terdiri dari :

- Belitan satu lapis (*single layer winding*) bentuknya dua macam, mata rantai (*consentris/chain winding*). Dan gelombang (*wave*).
- Belitan dua lapis (*double layer winding*) bentuknya dua macam, Gelombang (*Wave*). Dan juga Gelung (*Lap*).



Sumber : (crizkydwi.wordpress.com)
Gambar 2.17 Rangkaian Belitan Jangkar

Generator besar menggunakan brushless exciters untuk mensuplai tegangan DC pada rotor. Terdiri dari generator AC kecil yang mempunyai kumparan medan magnet dipasang pada stator dan kumparan jangkar dipasang pada poros rotor. *Output* generator penguat (arus bolak-balik tiga fasa) yang dirubah menjadi tegangan searah dengan penyearah tiga fasa yang juga dipasang pada rotor. Tegangan searah DC dihubungkan ke rangkaian medan magnet utama. Arus medan magnet generator utama dapat dikontrol oleh arus medan magnet generator penguat, yang berada pada stator.

2.5.8 Daya Keluaran Generator Sinkron

a. Hubungan Bintang (Y)

Pada hubungan ini ujung coil dihubungkan bersama ke titik netral. Tegangan yang diinduksikan tiap belitan disebut tegangan phasa dan arusnya arus phasa. Sedangkan antara dua terminal disebut tegangan line (V_L) dan arus mengalir adalah arus line (I_L), maka daya keluar generator adalah:

$$\text{Daya total } (P_t) = 3 \times \text{daya phasa}$$

$$P_{\text{phasa}} = V_{ph} \times I_L \cos \phi$$

$$P_t = 3 \times V_{ph} \times I_L \cos \phi$$

$$V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

Maka daya total menjadi:

$$P_t = 3 \cdot \frac{V_L}{\sqrt{3}} \times I_L \times \cos \phi$$

$$P_t = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times$$

$$\cos \phi \dots \dots \dots (2.6)$$

b. Hubungan Delta (Δ)

$$\text{Daya Total } (P_t) = 3 \times V_L \times I_{ph} \cos \phi$$

$$\text{Daya phasa } (P_{ph}) = V_L \times I_{ph} \cos \phi$$

$$I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$P_t = 3 \cdot \frac{I_L}{\sqrt{3}} \times V_L \times \cos \phi$$

$$P_t = \sqrt{3} \times I_L \times V_L \times$$

$$\cos \phi \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

$\cos \phi$: 0.8		
I_L	: Arus line	I_{ph}	: Arus phasa
V_L	: Tegangan line	V_{ph}	: Tegangan phasa
P_{ph}	: Daya phasa	P_t	: Daya total

2.5.9 Kinerja Generator

Kinerja generator dapat berupa daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Daya listrik sendiri memiliki tiga bagian yaitu :

a. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Satuan daya aktif ada Watt

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos \phi \dots \dots \dots (2.8)$$

b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk luks magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar, dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah VAR

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \dots \dots \dots (2.9)$$

c. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA

$$S = V \cdot I$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots(2.10)$$

2.5.10 Faktor yang Mempengaruhi Pemanasan

Suhu kerja dari suatu generator sangat erat hubungannya dengan usia, karena keausan dari isolasinya merupakan fungsi waktu dan suhu. Keausan merupakan gejala kimiawi yang melibatkan adanya oksidasi lambat dan pengerapuhan yang menyebabkan terjadinya penyusutan mekanis dan kekuatan listrik. Kenaikan suhu juga disebabkan oleh rugi-rugi yang merupakan faktor utama dalam menentukan usia pada generator. Oleh sebab itu pemanasan pada generator harus dibatasi, dan tidak boleh melampaui batas – batas yang telah ditentukan agar usia generator menjadi panjang.

Secara garis besar faktor yang mempengaruhi pemanasan atau kenaikan temperatur pada generator sinkron yang sedang beroperasi dapat dipisahkan menjadi tiga bagian adalah:

- a. Faktor yang menimbulkan panas, diantaranya rugi – rugi tembaga, rugi – rugi besi dan rugi – rugi gesek (angin)
- b. Faktor pendingin antara lain, volume udara dari lubang pendingin dan ruang atau celah melalui pada belitan.
- c. Faktor perpindahan panas antara lain ketebalan isolasi belitan terselubung dan belitan akhir serta konduktifitasnya

2.5.10 Batas Rugi – Rugi Penyebab Pemanasan

Pertimbangan terhadap rugi – rugi mesin merupakan hal yang sangat penting, karena rugi – rugi dapat menentukan :

- a. Rugi – rugi dapat menentukan kinerja mesin dan cukup berpengaruh terhadap pemeliharaannya
- b. Rugi–rugi menentukan pemanasan mesin sehingga menentukan keluaran daya atau ukuran yang dapat diperoleh tanpa mempercepat keausan isolasi
- c. Jatuhnya tegangan atau komponen arus yang bersangkutan dengan rugi – rugi yang dihasilkan harus diperhitungkan dengan semestinya dalam penampilan mesin.

Dengan mengetahui batas temperatur maksimum suatu isolasi yang digunakan dalam sebuah generator sinkron akhirnya dapat diketahui daya keluaran yang dapat dicatu oleh generator sinkron secara kontinu.

2.5.11 Rugi–Rugi Generator Sinkron

Rugi–rugi daya yang terjadi pada generator sinkron terdiri dari rugi – rugi tembaga, rugi besi, dan rugi mekanik.

- a. Rugi listrik

Rugi listrik dikenal juga dengan rugi tembaga yang terdiri dari kumparan armatur, kumparan medan.

- b. Rugi Besi

Rugi besi disebut juga rugi magnetis yang terdiri dari rugi histrisis dan rugi arus pusar yang timbul dari perubahan kerapatan fluks pada besi mesin dengan

hanya lilitan peneral utama yang diberi tenaga pada generator sinkron, rugi ini dialami oleh besi armatur, meskipun pembentukan pulsa luks yang berasal dari mulut celah akan menyebabkan rugi pada besi medan juga, terutama pada sepatu kutub atau permukaan besi medan.

Rugi besi disebut juga rugi magnetik yang terdiri dari histerisis dan rugi arus pusar atau arus eddy yang timbul dari perubahan kerapatan fluks pada besi mesin dengan hanya lilitan peneral utama yang diberi tenaga pada generator sinkron rugi ini dialami oleh besi armatur, meskipun pembentukan pulsa fluks yang berasal dari mulut celah akan menyebabkan rugi pada besi medan juga, terutama pada sepatu kutub atau permukaan besi medan. Rugi ini biasanya data diambil untuk suatu kurva rugi-rugi besi sebagai fungsi dari tegangan armatur disekitar tegangan ukuran. Maka rugi besi dalam keadaan terbebani ditentukan sebagai harga pada suatu tegangan yang besarnya sama dengan tegangan ukuran yang merupakan perbedaan dari jatuhnya tahanan ohm armatur pada saat terbebani.

c. Rugi Mekanik

Rugi mekanik terdiri dari :

- a. Rugi gesek yang terjadi pada pergesekan sikat dan sumbu. Rugi ini dapat diukur dengan menentukan masukan pada mesin yang bekerja pada kecepatan yang semestinya tetapi tidak diberi beban dan tidak diteral.
- b. Rugi angin (*windage loss*) atau disebut juga rugi buta (*stray loss*) akibat adanya celah udara antara bagian rotor dan bagian stator.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan dengan mengambil data di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir Jalan Titi pahlawan, kompleks PLN paya pasir, Rengas pulau, kec. Medan marelan, kota medan, Sumatra utara.

3.2 Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian yang di lakukan di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir berlangsung dari 10 februari 2020 sampai dengan tanggal 12 februari 2020.

3.3 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT PLN (PERSERO) PLTG Paya Pasir, pada unit 7, yang terdiri dari generator, *cooling fan (fin fan)*, *cooling water pump*, serta parameter *cooling water* yaitu :

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Generator Unit 7

1. Generator	Pabrik	Nanjing Turbine & Electric Machinery (Group) CO., LDT
Daya		42 MW (52,5 MVA)
Tipe		QFR-42-2
$T_L=T_H$		2,9
Ratio hubung singkat		0,5
Putaran(rpm)		3000
Jumlah Kutub		2
Frekuensi (Hz)		50
Tegangan Stator (V)		10500

Arus Stator (A)	2886,8
Ratio kedua CT	15000A / 5A
PT Ratio	10500V / 100V
Power Faktor ($\cos \phi$)	0,8
Hubungan	Y
X_d	0,6 pu
X_T	12%
X_{sistem}	J 0,106
Tegangan Eksitasi (V)	184
Arus Eksitasi (A)	823

Tabel 3.2 Data Spesifikasi Cooling Fan Unit 7

2. Cooling Fan

Pabrikan	Alliance Electrical Machine Motor
Daya	7,5 kW
Tipe	160L – 8 B3
Putaran	720 rpm
Power	10 HP
Frekuensi	50 Hz
Tegangan	380/660 V

Arus Stator	17.7/10.2 A
Berat	141 kg
Suara	67 dB (A)
Date	2005

Tabel 3.3 Data Cooling Water

3.Cooling**Water**

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>
<i>Max. Temperature</i>	50°C
<i>Design Temperature</i>	32°C
<i>Cooling Water for Gas Turbine</i>	
<i>Flowrate</i>	145 m ³ /h
<i>Max. Permissible pressure drop</i>	0.15 MPa
<i>Max. Permissible pressure</i>	0.46 MPa(g)
<i>Cooling Water for Generator</i>	
<i>Flowrate</i>	150 m ³ /h
<i>Max. Permissible pressure drop</i>	0.08 MPa
<i>Max. Permissible pressure drop</i>	0.40 MPa(g)

Tabel 3.4 Data Spesifikasi Cooling Water Pump Unit 7

4. Cooling Water

<i>Pump</i>	Pabrikan	TECO
	Daya	37 kW
	Putaran	1470 rpm
	Power	50 HP
	Frekuensi	50 Hz
	Tegangan	380/415 V
	Berat	279 kg

Tabel 3.5 Operasional Generator Unit 7

<i>Active Power (MW)</i>			<i>Reactive Power (MVAR)</i>		
<i>Min</i>	<i>Normal</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Normal</i>	<i>Max</i>
0	34.1	34.1	0	16.5	25.57
<i>Frequency (Hz)</i>			<i>Power Factor (Cos ϕ)</i>		
<i>Min</i>	<i>Normal</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Normal</i>	<i>Max</i>
49	50	51	0.8	0.9	1.0
<i>Cooling Water Temp ($^{\circ}$C)</i>					
<i>Minimal</i>		<i>Normal</i>	<i>Maximal</i>		
50		36	32		

Tabel 3.6 Daya Operasional Generator

No	Tanggal	Active Power MW	Reactive Power MVAR	Power Factor Cosϕ	Frequency Hz	Cooling Water Temp. $^{\circ}$C
1	31-12-2019	34.15	14.25	0.91	50.3	34.25
2	02-01-2020	34	13.8	0.91	50.3	35
3	03-01-2020	33.85	14.25	0.91	50.3	35

4	07-01-2020	33.925	13.67	0.91	50.25	35
5	08-01-2020	34.1	13.5	0.91	50.1	33
6	09-01-2020	33.85	13.4	0.91	50.225	34.5
7	10-01-2020	33.875	13.375	0.91	50.3	34.5
8	13-01-2020	28.1	10.7	0.92	50.1	34
9	15-01-2020	32.7	13.6	0.91	50.2	35
10	16-01-2020	33.7	13.3	0.91	50.2	35.
11	27-01-2020	33.7	12.65	0.915	50.25	35
12	28-01-2020	33.7	12.65	0.915	50.25	35
13	29-01-2020	34	12.45	0.92	50.25	35
14	05-02-2020	34.1	13.6	0.92	50.3	35
15	17-02-2020	34.1	13.6	0.92	50.3	34.5

Tabel 3.7 *Water Inlet and Outlet Generator dan Cooling Fan.*

No	Tanggal	<i>Water Inlet Generator Temp (°C)</i>	<i>Water Outlet Generator Temp (°C)</i>
1	31 Desember 2019	34.25	40.3
2	2 Januari 2020	35	41
3	3 Januari 2020	35	41.5
4	7 Januari 2020	35	41.3
5	8 Januari 2020	33	40
6	9 Januari 2020	34.5	41.2
7	10 Januari 2020	34.5	41.6
8	13 Januari 2020	34	40.3
9	15 Januari 2020	35	40.2

10	16 Januari 2020	35.	40.7
11	27 Januari 2020	35	41
12	28 Januari 2020	35	41.2
13	29 Januari 2020	35	41.4
14	5 Februari 2020	35	41.8
15	17 Februari 2020	34.5	40.4

Pada Tabel 3.7 *water outlet* temperatur generator menjadi *water inlet* temperatur *cooling fan*, begitu juga dengan *water inlet* temperatur generator menjadi *water outlet cooling fan* temperatur.

3.4 Metode Penelitian

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 10 Februari 2020 sampai dengan 12 Februari 2020 bertempat di PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Objek penelitian ini adalah hal hal yang berkaitan dengan generator dan *cooling fan*. Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yaitu pengambilan data yang di ambil sesuai dengan kondisi lapangan, sedangkan data sekunder di dapatkan dari studi literatur baik berupa buku manual, jurnal – jurnal, reka pembukuan PLTG Paya Pasir, melakukan konsultasi dan diskusi dengan pembimbing akademik pegawai PT PLN (Persero) bagian HAR (pemeliharaan listrik) yang bersangkutan sehingga data yang di peroleh pada penelitian ini berupa data kualitatif dan kuantitatif.

Untuk menyelesaikan tugas akhir maka dilakukan beberapa metode :

1. Study Literatur

Dilakukan dengan membaca dari berbagai sumber yang mendukung dalam

penyelesaian tugas akhir.

2. Pengumpulan Data

Melakukan pengambilan data pada generator unit 7.

3. Analisa Data

Menghittung dan memahami data yang diperoleh sehingga dapat meyakinkan analisis berjalan dengan baik.

4. Kesimpulan

Membuat kesimpulan berupa hasil dari analisa *cooling fan*, serta kinerja generator yang sesuai dengan standar PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.

3.5 Teknik Analisa Data

Adapun teknik analisa data yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Melakukan pengumpulan data

Data pendukung untuk penulisan tugas akhir ini didapatkan di PT PLN (PERSERO) Paya Pasir. Data yang diambil merupakan data sekunder yang sudah ada di arsip PT PLN (PERSERO) Paya Pasir. Data yang diambil yaitu:

1. Data Spesifikasi *Cooling Fan*
2. Data *Cooling Water*
3. Data *Cooling Water Pump*
4. Data Spesifikasi Generator

2. Pengolahan data

Data yang sudah didapat akan dianalisis untuk mendapatkan hasil efisien generator yang sesuai dan memenuhi kebutuhan dari standar PT PLN (PERSERO) PLTG Paya Pasir setting.

3. Analisa Hasil Perhitungan

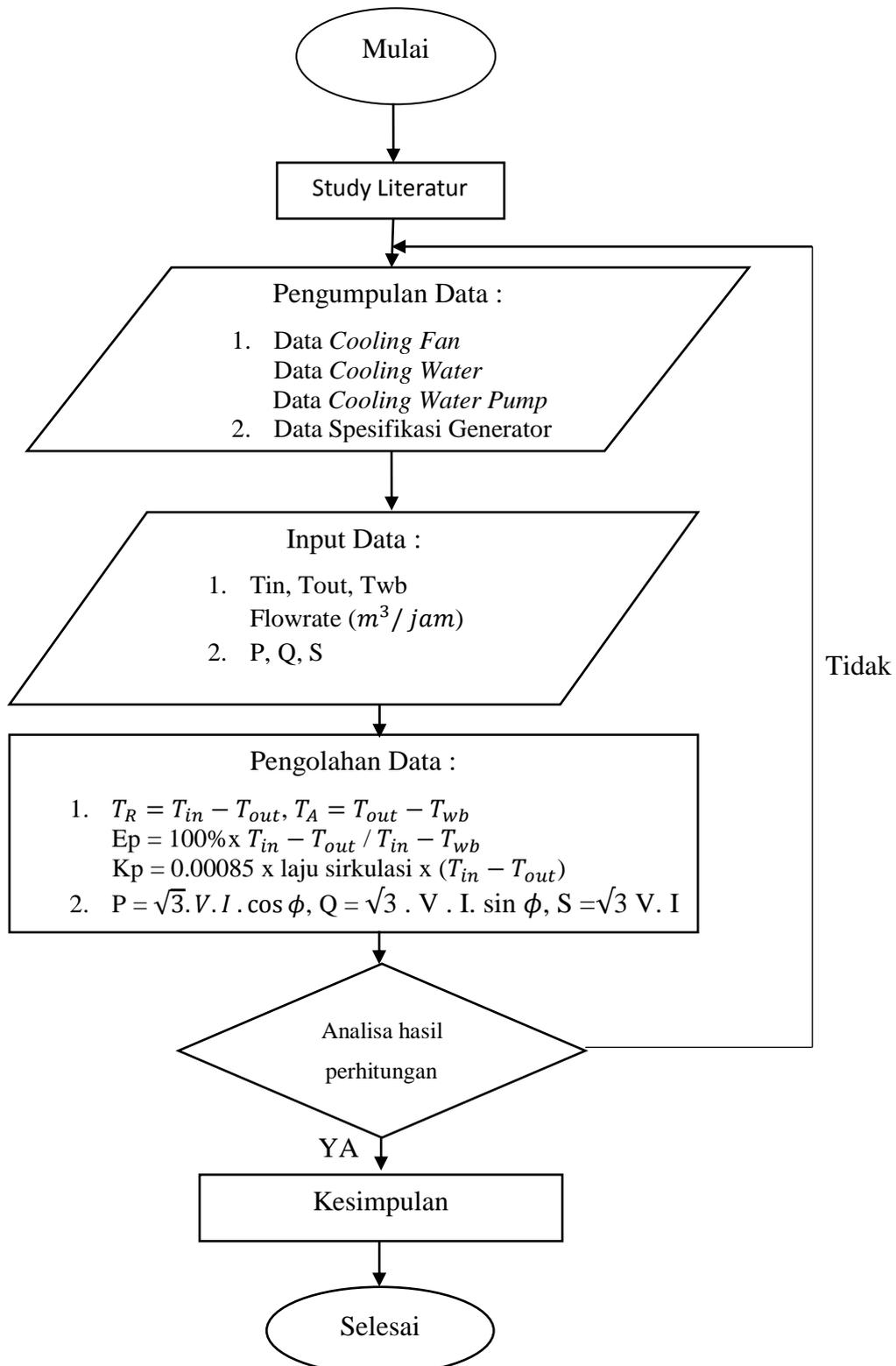
Hasil dari pengolahan data akan di analisis untuk mengetahui kinerja dari *cooling fan* terhadap temperatur air dan juga kinerja generator.

4. Pembuatan laporan

Hasil dari keseluruhan akan di tuliskan pada tugas akhir.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir dari proses metodologi penelitian :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV
ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kinerja Kipas Pendingin Terhadap Temperatur Air

Analisa dari kinerja *cooling fan* generator unit 7 pltg paya pasir dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan *range*, *approach*, efektivitas pendingin, kapasitas pendinginan, dan laju penguapan air ke udara.

4.1.1 Jarak Batas (*Range*)

Range merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. *Range* yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik ($>5^{\circ}C$).

Rumus dan

Range ($^{\circ}C$) = temperatur air masuk ($^{\circ}C$) – temperatur air keluar ($^{\circ}C$)

$$T_{range} = T_{in} - T_{out}$$

$$T_{range} = 40.3 - 34.25 = 6.05^{\circ}C$$

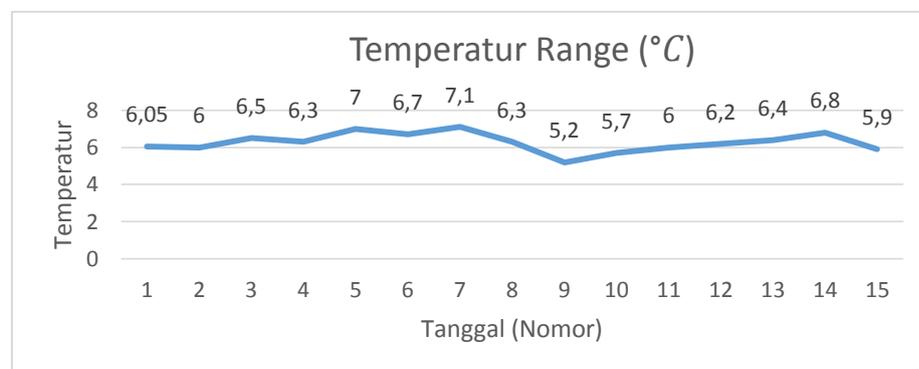
$$T_{range} = 6.05^{\circ}C$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari *range* tersebut maka dapat kita simpulkan dengan tabel 4.1 perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Dengan Jarak Batas

No.	Tanggal	<i>Range</i> ($^{\circ}C$)
1	31 Desember 2019	6.05
2	2 Januari 2020	6
3	3 Januari 2020	6.5
4	7 Januari 2020	6.3

5	8 Januari 2020	7
6	9 Januari 2020	6.7
7	10 Januari 2020	7.1
8	13 Januari 2020	6.3
9	15 Januari 2020	5.2
10	16 Januari 2020	5.7
11	27 Januari 2020	6
12	28 Januari 2020	6.2
13	29 Januari 2020	6.4
14	5 Februari 2020	6.8
15	17 Februari 2020	5.9
	Rata – Rata	6.27



Gambar 4.1 Karakteristik Grafik Temperatur *Range*

Berdasarkan hasil grafik di atas bisa kita simpulkan bahwa *range* temperatur air dari *cooling fan* memiliki berbagai macam *range* dari nomor 1 sampai dengan 15, dimana *range* tertinggi terdapat di tanggal 10 januari 2020 atau nomor 7 yaitu sebesar 7.1(°C) dan *range* terendah terdapat pada tanggal 15 januari 2020 atau

nomor 9 dengan *range* temperatur sebesar 5.2 (°C) dan memiliki rata-rata temperatur sebesar 6.27 (°C). Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari *cooling fan* masih tergolong bagus mengingat rata-rata *range* yang dihasilkan sebesar 6.27(°C). Jika *range* temperatur yang dihasilkan oleh *cooling fan* rendah atau <5 °C maka *cooling fan* tersebut tidaklah efektif penggunaannya dalam industri. (Muhsin, A., & Pratama, Z. (2018).

4.1.2 Perbedaan Suhu (*Approach*)

Approach adalah perbedaan suhu air dingin keluar dari *cooling fan* dan juga suhu wet bulb ambient. Saat kondisi *approach* rendah maka semakin baik pula performa dari *cooling fan*. Jika *approach*nya tinggi maka kinerja dari *cooling fan* bisa dibilang buruk.

Perhitungan dari *approach* sendiri bisa kita gunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Approach (}^\circ\text{C)} = T_{out} - T_{wb}$$

Dimana : $T_{out} = \text{Temperatur air keluar (}^\circ\text{C)}$

$$T_{wb} = \text{Temperatur wet bulb 26 (}^\circ\text{C)}$$

$$\text{Approach (}^\circ\text{C)} = T_{out} - T_{wb}$$

$$\text{Approach (}^\circ\text{C)} = 34.25 - 26 = 8.25(^\circ\text{C)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *approach* yang kita gunakan diatas, maka kita dapat membuat tabel 4.2 seperti berikut:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Dengan Perbedaan Suhu

No.	Tanggal	<i>Approach</i> (°C)
1	31 Desember 2019	8.25
2	2 Januari 2020	9
3	3 Januari 2020	9
4	7 Januari 2020	9
5	8 Januari 2020	7
6	9 Januari 2020	8.5
7	10 Januari 2020	8.5
8	13 Januari 2020	8
9	15 Januari 2020	9
10	16 Januari 2020	9
11	27 Januari 2020	9
12	28 Januari 2020	9
13	29 Januari 2020	9
14	5 Februari 2020	9
15	17 Februari 2020	8.5
	Rata – Rata	8.65

Gambar

4.2 Karakteristik Grafik Temperatur *Approach*

Melalui hasil perhitungan metode *approach* terhadap temperatur air dapat disimpulkan bahwa temperatur *approach* pada tanggal 8 januari 2020 atau nomor 5 memiliki *approach* terendah yaitu sebesar 7 (°C) dibandingkan pada tanggal yang lain seperti pada tanggal 15 januari 2020 sebesar 9 (°C) atau nomor 9. Berdasarkan perhitungan hasil tabel 4.2 maka didapatkan hasil rata – rata temperatur *approach* yaitu sebesar 8.65 (°C). Hal ini menunjukkan bahwa nilai

rata-rata approach sudah memenuhi dari batas standar OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) yaitu sebesar 7.8°C . (Muhsin, A., & Pratama, Z. 2018)

4.1.3 Efektivitas

Efektivitas dari kinerja *cooling fan* diperlukan untuk melakukan persentase antara *range* dan *approach* ialah perbandingan temperatur air masuk dan wet bulb ambient, atau dengan rumus :

$$\text{Efektivitas (\%)} = 100\% \times \frac{(T_{in}-T_{out})}{T_{in}-T_{wb}}$$

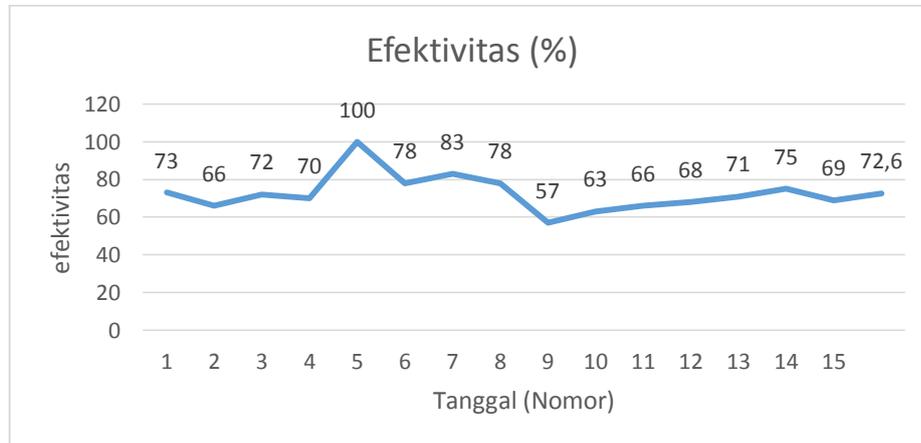
$$\text{Efektivitas (\%)} = 100\% \frac{40.3-34.25}{40.3-26} = 73\%$$

Jadi hasil yang diperoleh dari perhitungan efektivitas adalah 73% maka bisa kita buat tabel efektivitas berikut ini

Tabel 4.3 Hasil Efektivitas

No.	Tanggal	Efektivitas (%)
1	31 Desember 2019	73
2	2 Januari 2020	66
3	3 Januari 2020	72
4	7 Januari 2020	70
5	8 Januari 2020	100
6	9 Januari 2020	78
7	10 Januari 2020	83
8	13 Januari 2020	78
9	15 Januari 2020	57
10	16 Januari 2020	63
11	27 Januari 2020	66
12	28 Januari 2020	68
13	29 Januari 2020	71
14	5 Februari 2020	75

15	17 Februari 2020	69
	Rata – Rata	72.6



Grafik 4.3 Karakteristik Grafik Efektivitas

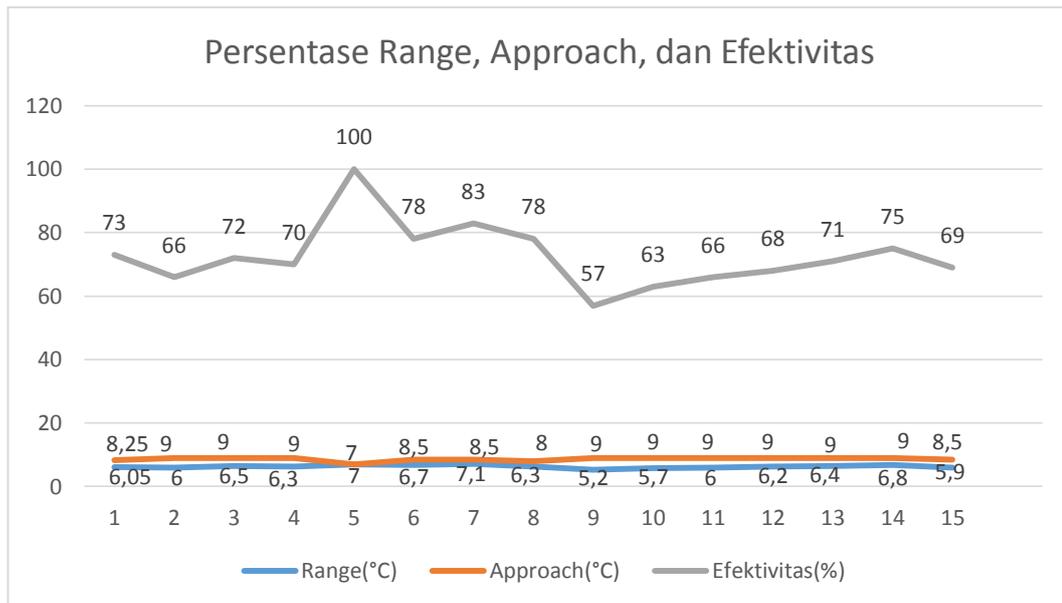
Dari hasil perhitungan performa *cooling fan* dengan metode efektivitas didapatkan hasil efektivitas tertinggi pada tanggal 8 januari 2020 atau nomor 5 yaitu sebesar 100% dan terendah pada tanggal 15 januari 2020 atau nomor 9 yaitu sebesar 57%, dengan rata-rata tingkat efektivitas sebesar 72.6%. Makin tinggi tingkat efisiensi maka semakin baik pula performa dari *cooling fan*. Dengan standar aktivitas *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* dalam performance sebesar lebih dari 95%. (Muhsin, A., & Pratama, Z. 2018).

Dari hasil perhitungan tabel 4.3 yaitu *range*, *approach*, dan efektivitas.

Sebagai berikut ini :

Tabel 4.4 Rata – Rata Jarak Batas, Perbedaan Suhu, dan Efektivitas

No.	T_{in} (°C)	T_{out} (°C)	<i>Range</i> (°C)	<i>Approach</i> (°C)	Efektivitas (%)
1	40.3	34.25	6.05	8.25	73
2	41	35	6	9	66
3	41.5	35	6.5	9	72
4	41.3	35	6.3	9	70
5	40	33	7	7	100
6	41.2	34.5	6.7	8.5	78
7	41.6	34.5	7.1	8.5	83
8	40.3	34	6.3	8	78
9	40.2	35	5.2	9	57
10	40.7	35	5.7	9	63
11	41	35	6	9	66
12	41.2	35	6.2	9	68
13	41.4	35	6.4	9	71
14	41	35	6.8	9	75
15	40.4	34.5	5.9	8.5	69
Jumlah	613.1	519.75	94.15	129,75	1089
<u>Rata-rata</u>	<u>40.87</u>	<u>34.65</u>	<u>6.27</u>	<u>8.65</u>	<u>72.6</u>



Grafik 4.4 Karakteristik Persentase *Range*, *Approach*, dan Efektivitas

Dari grafik diatas dapat kita simpulkan bahwa nilai efektivitas tertinggi terjadi pada nomor 5 atau pada tanggal 8 januari 2020 yaitu menunjukkan efektivitas sebesar 100%, dan efektivitas terkecil terjadi pada nomor 9 atau pada tanggal 15 januari 2020 dimana menunjukkan angka efektivitas sebesar 57%. Hal ini menunjukkan pada nomor 9 penggunaan dari cooling fan tidak terlalu efektif dikarenakan pada hari itu terjadi gangguan.

4.1.4 Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan ialah panas yang dibuang dalam kkal/jam, sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik, dan perbedaan suhu. Makin tinggi tingkat kapasitas pendinginan maka semakin bagus pula performa dari *cooling fan* yang digunakan. Diketahui konstanta penguapan adalah 0.00085 (85/10000), di sini menggunakan laju sirkulasi (flowrate) dari cooling water for generator pada tabel 3.3 rumus yang digunakan adalah :

$$K_{pendinginan} \text{ (} m^3 / \text{jam)} = 0.00085 \times \text{laju sirkulasi (} m^3 / \text{jam)} \cdot (T_{in} - T_{out})$$

$$= 0.00085 \times 150 \text{ (m}^3/\text{jam)} \times (40.3 - 34.25)$$

$$= 0.77 \text{ (m}^3 \text{ }^\circ\text{C /jam)}$$

Hasil perhitungan dari kapasitas pendinginan diatas maka akan dibuat tabel

4.5 sebagai berikut ini :

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Kapasitas Pendinginan

No.	T_{in} ($^\circ\text{C}$)	T_{out} ($^\circ\text{C}$)	Kapasitas Pendinginan ($\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C /jam}$)
1	40.3	34.25	0.77
2	41	35	0.76
3	41.5	35	0.82
4	41.3	35	0.80
5	40	33	0.89
6	41.2	34.5	0.85
7	41.6	34.5	0.90
8	40.3	34	0.80
9	40.2	35	0.66
10	40.7	35	0.72
11	41	35	0.76
12	41.2	35	0.79
13	41.4	35	0.81
14	41.	35	0.86
15	40.4	34.5	0.75
Jumlah	613.1	519.75	11.94
Rata-rata	40.87	34.65	0.79

Dimana T_r = Suhu Rata – Rata, dari hasil tabel 4.5 perhitungan kapasitas pendinginan dari *cooling fan* dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitas pendingin terendah terdapat pada nomor 9 atau pada tanggal 15 januari 2020 yaitu sebesar 0.66 ($\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C /jam}$). Dan hasil kapasitas pendingin tertinggi pada tanggal 7 januari

2020 atau pada nomor 7 dengan kapasitas pendingin sebesar $0.66 (m^3\text{ }^\circ\text{C} / \text{jam})$. Dengan hasil rata-rata kapasitas pendingin $0.79 (m^3\text{ }^\circ\text{C} / \text{jam})$. Jika kapasitas pendingin yang dihasilkan kecil, maka semakin buruk pula kinerja dari *cooling fan*. (Muhsin, A., & Pratama, Z. 2018).

4.1.5 Kehilangan Penguapan

Kehilangan penguapan ialah dimana jumlah air yang diuapkan untuk proses pendinginan. Semakin besar air yang di uapkan maka air yang tersimpan akan cepat habis dan harus diambil kembali dari sumbernya. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai $1.8 m^3$ untuk setiap $10.000.000 \text{ kKal}$ yang dibuang. Rumus yang digunakan adalah :

$$K_{penguapan} (m^3\text{ }^\circ\text{C} / \text{jam}) = 0.00085 \times 1,8 \times \text{laju sirkulasi} (m^3\text{ }^\circ\text{C} / \text{jam}) \cdot (T_{in} - T_{out})$$

$$K_{penguapan} (m^3 / \text{jam}) = 0.2295 \times 6.05 = 1.38 (m^3 / \text{jam})$$

Dari hasil perhitungan kapasitas penguapan maka dapat dibuat tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Kapasitas Penguapan

No.	T_{in} ($^\circ\text{C}$)	T_{out} ($^\circ\text{C}$)	Kapasitas Penguapan (m^3 / jam)
1	40.3	34.25	1.38
2	41	35	1.37
3	41.5	35	1.47
4	41.3	35	1.44
5	40	33	1.60
6	41.2	34.5	1.53
7	41.6	34.5	1.62
8	40.3	34	1.44

9	40.2	35	1.19
10	40.7	35	1.30
11	41	35	1.37
12	41.2	35	1.42
13	41.4	35	1.46
14	41.	35	1.56
15	40.4	34.5	1.35
Jumlah	613.1	519.75	21.5
Rata-rata	40.87	6.27	1.43

Hasil dari perhitungan tabel di atas tabel 4.6 maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas penguapan terbesar terjadi pada nomor 7 atau pada tanggal 10 januari 2020 yaitu sebesar $1.62 (m^3/jam)$ dan terendah pada nomor 9 atau pada tanggal 15 januari 2020 yaitu dengan kapasitas sebesar $1.19 (m^3/jam)$. Kapasitas penguapan rata-rata yang dihasilkan pada tanggal 31 desember 2019 sampai dengan 17 februari atau nomor 15 adalah $1.43 m^3/jam$. Penguapan pada nomor 7 atau tanggal 10 januari 2020 memiliki penguapan terbesar, dan mengakibatkan kehilangan air yang cukup banyak. (Muhsin, A., & Pratama, Z. 2018).

4.2 Analisa Kinerja Generator

Analisa kinerja generator diperlukan untuk menganalisis berapa persen daya yang dihasilkan oleh generator dari kebutuhan yang diperlukan di PLTG Paya Pasir. Sebelum menghitung kinerja dari generator, kita terlebih dahulu menghitung daya aktif, reaktif, dan semu dari daya keluaran generator.

4.2.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt. Berdasarkan persamaan (2.8) dan dikalikan dengan $\cos \phi$ maka dapat diperoleh :

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \\ P &= 1.73 \times 105 \times 2886,8 \times 0.8 \\ P &= 42 \text{ MW} \end{aligned}$$

4.2.1 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Berdasarkan persamaan (2.9)

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi \\ Q &= 1.73 \times 105 \times 2886,8 \times 0.6 \\ Q &= 31 \text{ MVAR} \end{aligned}$$

4.2.2 Daya Semu

Daya semu adalah daya yang merupakan hasil penjumlahan daya aktif dan daya reaktif. Berdasarkan persamaan (2.10)

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3} \times V \times I \\ S &= 1,73 \times 110 \times 2886,8 \\ S &= 54 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Daya Aktif yang dihasilkan dari PLTG Paya Pasir sendiri ialah 42 MW menurut dari spesifikasi generator pada tabel 3.1 lalu digunakan sebagai pemakaian sendiri sebesar 8 MW, dan untuk ke konsumen sebesar 34 MW. Maka dari perhitungan tersebut di dapatkan hasil pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Daya Aktif Generator Unit 7 Beserta *Cooling Tower*

No.	Tanggal	Active Power MW	Cooling Water Temp. °C
1	31-12-2019	34.1	34.25
2	02-01-2020	34	35
3	03-01-2020	33.85	35
4	07-01-2020	33.925	35
5	08-01-2020	34.1	33
6	09-01-2020	33.85	34.5
7	10-01-2020	33.875	34.5
8	13-01-2020	28.1	34
9	15-01-2020	32.7	35
10	16-01-2020	33.7	35.
11	27-01-2020	33.7	35
12	28-01-2020	33.7	35
13	29-01-2020	34	35
14	05-02-2020	34.1	35
15	17-02-2020	34.1	34.5
	Jumlah	501.8	519.75
	Rata-rata	33.45	34.65

Dapat disimpulkan bahwasanya *active power* dari generator sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau *cooling water temperature*, seperti kita lihat pada tabel 4.7 dimana daya input generator pada tanggal 31 desember 2019 sebesar 34.1 MW dimana *cooling water temperature* sebesar 34.25 (°C). Hal ini menunjukkan bahwa performa dari generator berbanding lurus dengan berapa temperatur air yang masuk ke dalam generator. Semakin besar

suhu udara yang masuk ke dalam generator, maka semakin sedikit daya aktif (*active power*) yang dihasilkan oleh generator, seperti ditunjukkan pada nomor 1 dan begitu juga sebaliknya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada analisis cooling generator unit 7 pln menunjukkan beberapa parameter perhitungan performa dari kinerja *cooling fan* ialah dengan *range*, *approach*, efektivitas, kapasitas pendinginan dan juga kapasitas penguapan air. Dengan nilai rata-rata *range* $6.2^{\circ}C$ dan performanya masih bagus. Dengan nilai rata-rata *approach* sebesar $8.65^{\circ}C$ dan performanya masih bagus. Nilai efektivitas rata-rata sebesar 72.6% angka ini menunjukkan efektivitas *cooling fan* terbilang masih bagus dan layak pakai, namun tidak memenuhi *Overal Equipment Effectiveness (OEE)* dalam performance yaitu sebesar $>95\%$, namun memenuhi dari batas normal desain dari PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir yaitu dengan hasil pendinginan $36^{\circ}C$ dengan efisiensi sebesar $>90\%$. Kapasitas pendinginan dari *cooling fan* rata-rata sebesar $0.79(m^3^{\circ}C /jam)$. Menunjukkan performa *cooling fan* yang masih bagus. Kapasitas penguapan memiliki rata-rata penguapan mencapai $1.43 (m^3 /jam)$, dan menunjukkan masih bagusnya performa *cooling fan*. Maka dari hasil yang diperoleh, *cooling fan* generator unit 7 PLTG Paya Pasir masih menunjukkan performa yang baik untuk digunakan sebagai media pendinginan generator, dan memenuhi OEE (*Overal Equipment Effectiveness*).

2. Dapat disimpulkan bahwasanya *active power* dari generator sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau *cooling water temperature*, seperti kita lihat pada tabel 4.7 dimana daya *active* generator pada tanggal 31 desember 2019 sebesar 34.1 MW dimana *cooling water temperature* sebesar 34.25 ($^{\circ}C$), dan hal ini menunjukkan bahwa performa dari *cooling fan* sudah memenuhi untuk daya keluaran dari generator unit 7.

5.2 Saran

Tentunya penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penelitian ini. Salah satunya adalah dengan tidak menggunakan simulasi, Metode simulasi dapat dijadikan salah satu solusi melakukan pengecekan rutin pada *cooling fan*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aliansyah, E., Elektro, D. T., Pendidikan, P., Ekstension, S., Teknik, F., & Utara, U. S. (2008). *Generator Sinkron Tiga Phasa Dengan Rotor Silinder*. 1–52.
- [2] Bandri, S. (2013). *Pengaruh Analisa Beban Perubahan Karakteristik Terhadap Sinkron Generator*. *Institut Teknologi Padang*, 2(1), 42–48.
- [3] Cahyadi, D. (2015). *Analisa Perhitungan Efisiensi turbine Generator QFSN-300-2-20B Unit 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU Rembang*. October.
- [4] Damaputra, M. K., Rachmat, A., & Koswara, E. (2019). *Proses Pendinginan Dan Perbandingan Efisiensi Cooling Tower Unit 3 Di PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Dan Jasa Pembangunan (UPJP) Kamojang Muhamad*. 43–46.
- [5] Fauzi, D. A., Rudiyanto, B., Dieng, U., Fauzi, D. A., Rudiyanto, B., Terbarukan, T. E., Teknik, J., & Jember, P. N. (2015). *Analisa Performa Menara Pendingin Pada Pt . Geo Dipa*. *Jurnal Ilmiah Rotari*.
- [6] Handoyo, Y. (2015). *Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma “45” Bekasi*, 3(1), 38–52.
- [7] Homzah, O. F. (2014). *Analisa Performasi Pada Menara Pendingin Dengan Menggunakan Analisis Eksergi*. 2(1), 23–28.
- [8] Leda, J., Atma, U., & Makassar, J. (2018). *Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)* (Issue October 2010). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17039.28321>
- [9] Marsudi, D. (2016). *Politeknik Negeri Sriwijaya 4. Pembangunan Energi Listrik*, 7(1), 4–31.
- [10] Muhsin, A., & Pratama, Z. (2018). *Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach*. *Opsi*, 11(2), 119. <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i2.2552>
- [11] Pratiwi, N. P., Nugroho, G., & Hamidah, N. L. (2014). *Analisa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Tipe LBC W-300 terhadap Temperatur Lingkungan*. *Jurnal Teknik Pomits*, 7(7), 1–6.
- [12] Suhardi Putra, R. (2015). *Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastik*. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 19. <https://doi.org/10.22441/jtm.v4i2.1010>
- [13] Leda, J., Atma, U., & Makassar, J. (2018). *Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)* (Issue October 2010). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17039.28321>

Nomor : 0008 /SDM.04.09/210300/2020
Lampiran : 1 (Satu) Lembar
Sifat : Biasa
Perihal : Riset

06 Februari 2020

Kepada:

Yth. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara
Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3
Medan

Sehubungan dengan surat Saudara No. 185/II.3-AU/MSU-07/F/2020 perihal Permohonan Riset 28 Januari 2020, maka dengan ini disampaikan:

1. PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan bersedia menerima Siswa atas nama :

1. M. Fajar Keke Rizki Ananda NIM : 1507220094

Untuk melaksanakan Riset di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan ULPL Paya Pasir pada tanggal 10 Februari 2020 sampai dengan 12 Februari 2020 di bawah bimbingan Manager ULPL Paya Pasir.

2. Siswa/i wajib membawa sendiri Alat Pelindung Diri (safety helmet, wearpack, dan safety shoes).
3. Siswa/i wajib mengikuti Standar Prosedur Pelaksanaan Riset PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan (terlampir).

Demikian disampaikan untuk dapat diketahui, atas perhatiannya diucapkan terimakasih.



SYARMINAN SIREGAR

Tembusan :

- Senior Manager Pengembangan SDM UIKSBU
- Manager ULPL Paya Pasir
- Knowledge Management



PT. PLN (Persero) SEKTOR PEMBANGKITAN MEDAN

No.
Dokumen

/ HAR/SMDN/2009

SETTING GENERATOR DAN TRANSFORMER

Revisi

00

Tanggal

Halaman

1 dari

1. Unit : PLTG Lot 2.2 Paya Pasir (GPP 7)

Prime Mover : Turbin Gas

1. Generator	Pabrikan	Nanjing Turbine & Electric Machinery (Group) CO., LDT	
	Buatan	China	
	Tipe	QFR-42-2	
	$T_L = T_H$	2,9	
	Daya	42 MW (52,5 MVA)	
	Putaran (r/min)	3000	
	Jumlah Kutub	2	
	Frekuensi (Hz)	50	
	Tegangan Stator (V)	10500	
	Arus Stator (A)	2886,8	
	CT Ratio	4000A / 1A	
	PT Ratio	10500V / 100V	
	Power Faktor	0,8	
	Hubungan	Y	
	X_d	0,6	
	Tegangan Eksitasi (V)	184/5%	
	Arus Eksitasi (A) / kesalahan%	823/5%	
	2. Trafo Utama	Daya	52 MW
Pendingin		ONAN	
Rasio Elektrikal		10,5 kV/150 kV	
3. Trafo Pembantu	Daya	500 kW	
	Pendingin	ONAF	
	Rasio Elektrikal	10,5 kV/400 V	
	Daya	500 kW	
	Pendingin	ONAF	
	Rasio Elektrikal	20 kV/400 V	
	Daya	630 kW	
	Pendingin	ONAF	
	Rasio Elektrikal	20 kV/400 V	
	4. Turbine	Tingkat	3
	5. Exciter	Pabrikan	Nanjing Turbine & Electric Machinery (Group) CO., LDT
Buatan		China	
Tipe		TFLW 195-300; TFY2.85-3000C	
No. Seri		200801005	
Daya		195 kW	
Putaran		3000	
Arus		930	
Kelas Proteksi		IP54	
Kelas Isolasi		F	
Frekuensi Generator Magnetolectric		400 Hz	
Tegangan Open-circuit Generator Magnetolectric		230 V	
Field Current of Exciter (75°C) pada beban lebih (AC Brushless Exciter)		6,4 A	
Boost Current Multiple		1,7	
6. DVR Excitation Control System		Tipe Regulator	DVR - 2100
		Auxiliary DC Power Supply	110 V

KELOMPOK PANEL PROTEKSI GENERATOR

I. Proteksi Differensial Longitudinal

1. Wiring Information

TA/TV Position	Phasa	Head	End
Generator End Current	Phasa A	1X:1	1X:4
	Phasa B	1X:2	1X:4
	Phasa C	1X:3	1X:4
Generator Neutral Point Current	Phasa A	1X:6	1X:5
	Phasa B	1X:7	1X:5
	Phasa C	1X:8	1X:5
Generator End Voltage	Phasa AB	2X:1	2X:1
	Phasa BC	2X:2	2X:2
	Phasa CA	2X:3	2X:3

2. Signal

Generator Ratio Differential	SG 2
Generator Differential Quick Break	SG 3
Generator TA Disconnected	SG 4
Generator PT Disconnected	SG 11

3. Outlet (Trip Mode)

Generator Ratio Differential	Mode 1
Generator Differential Quick Break	Mode 2
Generator TA Disconnected	Signaling
Generator PT Disconnected	Signaling

4. Value Setting Reference

Name Of Set Value	Symbol Of Set Value	Set Value	Unit
Starting Current	I_1	0,28	A
Breaking Coefisient	K_2	0,4	
Knee Current	I_2	0,72	A
Rated Current	I_n	0,72	A
Quick Break Multiple	I_{qd}	3	
Negative Squence Voltage	U2	10	V

II. Proteksi Generator Rotor Two-point Ground

1. Wiring Information

TV Position	Phase	Head	End
Generator End TV	AB	2X : 1	2X : 3
	BC	2X : 2	2X : 2
	CA	2X : 3	2X : 1

2. Signal

Generator Rotor Two-point Ground	SC6
----------------------------------	-----

3. Outlet (Trip Mode)

Generator Rotor Two-point Ground	Mode 1
----------------------------------	--------



PT. PLN (Persero) SEKTOR PEMBANGKITAN MEDAN

SETTING GENERATOR DAN TRANSFORMER

No Dokumen	1 HAR/3M/CT/21/09
Revisi	00
Tanggal	
Halaman	1 dari

4. Value Setting Reference

Name of Set Value	Symbol of Set Value	Set Value	Unit
Second Harmonic Voltage Setting Delay	U _{2wg}	0	V
	T ₂₁	0,5	S

III. Proteksi Generator 3U₀ Stator Ground

1. Wiring Information

TV Position	Phase	Head	End
Generator End TV Opening Δ or Neutral Point TV		2X5	2X6

2. Signal

Generator Stator Ground	SG7
-------------------------	-----

3. Outlet (Trip Mode)

Generator Stator Ground	Mode 1
-------------------------	--------

4. Value Setting Reference

Name of Set Value	Symbol of Set Value	Set Value	Unit
Zero Sequence Voltage Delay	3U _{0sz}	8	V
	t	1,5	S

IV. Proteksi Tegangan Rendah dan Arus Lebih Generator Kompon

1. Wiring Information

TV or TA Position	Phase	Head	End
Generator End TV	AB	2X : 1	2X : 2
	BC	2X : 2	2X : 3
	CA	2X : 3	2X : 1
Generator Neutral Point (or Generator End) TA	A	1X : 9	1X : 12
	B	1X : 10	1X : 12
	C	1X : 11	1X : 12

2. Signal

Generator Compound Low Voltage Overcurrent 1	SG8
Generator Compound Low Voltage Overcurrent 2	None

3. Outlet (Trip Mode)

Generator Compound Low Voltage Overcurrent 1	Mode 1
Generator Compound Low Voltage Overcurrent 2	None

4. Set Value Setting reference

Name of Set Value	Symbol of Set Value	Set Value	Unit
Current Set Value	I _{low}	1,0	A
Low Voltage Set Value	U _{low}	60	V
Negative Sequence Voltage Set Value Delay	U _{2sk}	6	V
	t11	1	S
Delay	t2	-	S

	PT. PLN (Persero) SEKTOR PEMBANGKITAN MEDAN	No. Dokumen	I HARJ/MDN/22/00
	SETTING GENERATOR DAN TRANSFORMER	Revisi	00
		Tanggal	
		Halaman	1 dari

Current Memory Time	T_r	-	S
---------------------	-------	---	---

V. Proteksi Invers Time Generator Tertinggal dari Arus Lebih Urutan Negatif

1. Wiring Information

TV Position	Phase	Head	End
Generator Neutral Point (or Generator End) TA	A	1X : 9	1X : 12
	B	1X : 10	1X : 12
	C	1X : 11	1X : 12

2. Signal

Generator Definite Time Lag Negative Sequence Overload ts	SG9
Generator Inverse Time Lag Negative Sequence Overcurrent	SG10

3. Outlet (Trip Mode)

Generator Inverse Time Lag Negative Sequence Overcurrent	Mode 2
--	--------

4. Set Value Setting Reference

Name Of Set Value	Symbol Of Set Value	Set Value	Unit
Definite Time Lag Negative Sequence Current Set Value	I_{2ol}	0,06	A
Definite Time Lag Overload Action Time	t_{11}	7	S
Inverse Time Lag Overcurrent Start Set Value	I_{2s}	0,07	A
Inverse Time Lag Overcurrent Quick Break Set Value	I_{2up}	1	A
Coefficient of Heat Emission	K_1	10	
Coefficient of Heat Value	K_2	0,05	
Long Delay Action Time	t_s	1000	S
Quick Break Action Time	t_p	0,1	S

VI. Proteksi Reverse Power Generator

1. Wiring Information

TV or TA Position	Phase	Head	End
Generator End TV	AB	2X : 1	2X : 2
	BC	2X : 2	2X : 3
	CA	2X : 3	2X : 1
Neutral Point (or Generator End) TA	A	1X : 9	1X : 12
	B	1X : 10	1X : 12
	C	1X : 11	1X : 12

2. Signal

Generator Reverse Power t1	SG12
Generator Reverse Power t2	None

3. Output (Trip Mode)

Generator Reverse Power t1	Mode 2
Generator Reverse Power t2	None

4. Set Value Setting Reference

Name of Set Value	Symbol of Set Value	Set Value	Unit
Power Element Set Value	$-P_{thr}$	-2,5	W



PT. PLN (Persero) SEKTOR PEMBANGKITAN MEDIAN

SETTING GENERATOR DAN TRANSFORMER

No. Dokumen	1447/SMON/2007
Revisi	02
Tanggal	
Halaman	1 dari

Delay	11	1	6
Delay	12		6

VII. Informasi Umum pada Kehilangan Medan Generator

1. Wiring Information

TV or TA Position	Phase	Head	End
Generator End TV	AB	2X : 1	2X : 2
	BC	2X : 2	2X : 3
	CA	2X : 3	2X : 1
Neutral Point (or Generator End) TA	A	1X : 9	1X : 12
	B	1X : 10	1X : 12
	C	1X : 11	1X : 12

2. Signal

Generator Loss of Field t0	SG15
----------------------------	------

3. Outlet (Trip Mode)

Generator Loss of Field It1	Mode 2
-----------------------------	--------

4. Set Value Setting Reference

Name of Set Value	Symbol of Set Value	Set Value	Unit
Impedance Circle Center	-Xc	-106,3	Ω
Impedance Circle Center	Xr	97,5	Ω
Action Time	t1	1,5	S
Active Power	Pt	Non-salient Pole is set to Zero	

VIII. Proteksi Tegangan Lebih Generator

1. Wiring Information

TV Position	Phase	Head	End
Generator End TV	AB	2X : 1	2X : 2
	BC	2X : 2	2X : 3
	CA	2X : 3	2X : 1

2. Signal

Generator Overvoltage	SG1
-----------------------	-----

3. Outlet (Trip Mode)

Generator Overvoltage	Mode 3
-----------------------	--------

4. Set Value Setting Reference

Name of Set Value	Symbol of Set Value	Set Value	Unit
Action Voltage	U_{over}	130	V
Delay	t	0,5	S



PT. PLN (Persero) SEKTOR PEMBANGKITAN MEDAN

SETTING GENERATOR DAN TRANSFORMER

No. Dokumen / HAR/SMDN/2009

Revisi 00

Tanggal

Halaman 1 dari

IX. Proteksi Generator Superimposed DC Rotor One-point Ground

1. Wiring Information

	Position
Rotor	4X : 19
Shaft Negative Terminal	4X : 20
Shaft Ground Terminal	

2. Signal

Generator Rotor One-point Ground	SG 5
----------------------------------	------

3. Output (Trip Mode)

Generator Rotor One-point Ground	Signaling
----------------------------------	-----------

4. Set Value Setting Reference

Name of Set Value	Symbol of Set Value	Set Value	Unit
Ground Resistance Set Value	R_g	8	K Ω
Delay	T_{rd}	3	S

Type	TAG-2	
Style Number	PY289	PY340
CT Circuit	Rated frequency	50 Hz
	Rated current	5 A AC
	Rated burden / Error CT	5 VA or less / 5%
Operating characteristic	Minimum operating value: 0,4 A fixed	
	Operating ratio near rated value: : 5 % slope, toleransi 5%, error CT 5%.	
Control circuit	Voltage	110 VDC, allowable variation range - 20 % ~+ 30 %
	Burden	60 W or less
	Ext. Resistor	Paralel connection of three 500 ohm resistors (80 W rating)
Contact capacity	Trip circuit	Opening: 110 VDC 0.3 A (less than L/R 40 ms)
		Closing: 110 VDC 15 A (resistive load)
	Alarm circuit	Opening: 110 VDC 0.6 A (resistive load)
		Closing: 110 VDC 5 A (resistive load)
Case	Type D-D5	
Weight	Relay unit only	10.0 Kg
	With case	14.5 Kg



SETTING GENERATOR DAN TRANSFORMER

1. Cooling Water

Parameter	Value
Max. Temperature	50°C
Design Temperature	32°C
Cooling Water for Gas Turbine	
Flowrate	145 T/h
Max. Permissible pressure drop	0.15 MPa
Max. Permissible pressure	0.46 MPa(g)
Cooling Water for Generator	
Flowrate	150 T/h
Max. Permissible pressure drop	0.08 MPa
Max. Permissible pressure drop	0.40 MPa(g)

2. Cooling Water Pump

Pabrikan	TECO
Daya	37 kW
Putaran	147rpm
Power	50 HP
Frekuensi	50 Hz
Tegangan	380/415 V
Berat	279 kg

3. Cooling Fan

Pabrikan	Alliance Electrical Machine Motor
Daya	7,5 kW
Tipe	160L - 8 B3
Putaran	720 rpm
Power	10 HP
Putaran	720 rpm
Frekuensi	50 Hz
Tegangan	380/660 V
Arus Stator	17.7/10.2 A
Berat	141 kg
Suara	67 dB (A)



Log Sheet GPP 7

Generator	Active Power (MW)			Reactive Power (MVAR)			Power Factor (Cos ϕ)			Frequency		
	Min	Norm	Max	Min	Norm	Max	Min	Norm	Max	Min	Norm	Max
	0	34.1	34.1	0	25,57	16,5	0,8	0,9	1,0	49	50	51

Operasional Generator unit 7

Tanggal	Active Power (MW)	Reactive Power (MVAR)	Power Factor (Cos ϕ)	Frequency (Hz)	Cooling Water Temp (°C)
31 Desember 2019	34.1	14.25	0.91	50.3	34.25
2 Januari 2020	34	13.8	0.91	50.3	35
3 Januari 2020	33.85	14.25	0.91	50.3	35
7 Januari 2020	33.925	13.67	0.91	50.25	35
8 Januari 2020	34.1	13.5	0.91	50.1	33
9 Januari 2020	33.85	13.4	0.91	50.225	34.5
10 Januari 2020	33.675	13.375	0.91	50.3	34.5
13 Januari 2020	28.1	10.7	0.92	50.1	34
15 Januari 2020	32.7	13.6	0.91	50.2	35
16 Januari 2020	33.7	13.3	0.91	50.2	35
27 Januari 2020	33.7	12.65	0.915	50.25	35
28 Januari 2020	33.7	12.65	0.915	50.25	35
29 Januari 2020	34	12.45	0.92	50.25	35
5 Februari 2020	34.1	13.6	0.92	50.3	35
17 Februari 2020	34.1	13.6	0.92	50.3	34.5

Cooling Water Generator dan Turbine

In Generator Cooling Water Temp (°C)	Out Generator Cooling Water Temp (°C)	Cooling Water for gas turbine	Cooling Water for generator	Cooling Water Temp	
				Max. Temp (°C)	Design Temp (°C)
Normal	Normal	Flowrate	Flowrate	50	32
33<	40<	145 m ³ /h	150 m ³ /h		

Cooling Water Fan Operasional Generator Unit 7

Tanggal	Water Inlet Generator Temp (°C)	Water Outlet Generator Temp (°C)
31 Desember 2019	34.25	40.3
2 Januari 2020	35	41
3 Januari 2020	35	41.5
7 Januari 2020	35	41.3
8 Januari 2020	33	40
9 Januari 2020	34.5	41.2
10 Januari 2020	34.5	41.6
13 Januari 2020	34	40.3
15 Januari 2020	35	40.2
16 Januari 2020	35	40.7
27 Januari 2020	35	41
28 Januari 2020	35	41.2
29 Januari 2020	35	41.4
6 Februari 2020	35	41.8
17 Februari 2020	34.5	40.4

	PT. PLN (Persero) SEKTOR PEMBANGKITAN MEDAN	No. Dokumen	/ HAR/SMDN/2009
	SETTING GENERATOR DAN TRANSFORMER	Revisi	00
		Tanggal	
		Halaman	1 dari

Cooling Water Fan Operasional Unt 7

Tanggal	Water Inlet Temp (°C)	Water Outlet Temp (°C)
31 Desember 2019	40.3	34.25
2 Januari 2020	41	35
3 Januari 2020	41.5	35
7 Januari 2020	41.3	35
8 Januari 2020	40	33
9 Januari 2020	41.2	34.5
10 Januari 2020	41.6	34.5
13 Januari 2020	40.3	34
15 Januari 2020	40.2	35
16 Januari 2020	40.7	35
27 Januari 2020	41	35
28 Januari 2020	41.2	35
29 Januari 2020	41.4	35
5 Februari 2020	41.8	35
17 Februari 2020	40.4	34.5



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MUHAMMAD FAJAR KEKE RIZKI ANANDA
NPM : 1507220094
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KINERJA COOLING FAN TERHADAP
TEMPERATUR AIR UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI KINERJA GENERATOR DI PLTG
PAYA PASIR PT PLN PERSERO

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1		Revisi: cara penulisan sifat font	Sudh
2	11/ 2-2020	- Pelajari pengujian kaji dan dgn hand book.	Sudh
3	13/ 2-2020	- Revisi Metode Penelitian	Sudh
4	27/ 2-2020	- Revisi dan Pelajari kembali	Sudh
5	27/ 2-2020	- Revisi analisis hasil kump generator	Sudh
6	28/ 2-2020	- Revisi dan pelajari hasil pemeriksaan dan pelatikan	Sudh
7	03/03-2020	- Revisi fbs chart yg di format	Sudh
8	04/03-2020	- Revisi Kumpul	Sudh
		Ace Suci	Sudh

Pembimbing I

3/
5-20 Ace Suci

Noorly Evelynia, ST, MT



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MUHAMMAD FAJAR KEKE RIZKI ANANDA
NPM : 1507220094
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KINERJA COOLING FAN TERHADAP
TEMPERATUR AIR UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI KINERJA GENERATOR DI PLTG
PAYA PASIR PT PLN PERSERO

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	27/12 '19	- Perbaiki judul TA. - Perbaiki & tambahkan daftar isi	
		- Perbaiki tujuan - Tambahkan materi (jurnal 2).	
2	20/02 '20	- Daftar Isi	
		- Perbaiki & Tambahkan Bab II - Perbaiki & Tambahkan Bab III	
		- Bab IV - Bab V	
3.	22/2 '20	- Perbaiki bab IV. - Perbaiki bab V - kesimpulan.	
4.	25/2 '20	- Perbaiki bab V	
5	26/2 '20	Ace ke Pembimbing I	

Pembimbing II

Rohana, ST, MT

Analisis Kinerja Cooling Fan Terhadap Temperatur Air Untuk Meningkatkan Kinerja Gienerator Di PT. PLN (persero) PLTG Paya Pasir

Muhammad Fajar Keke Rizki Ananda¹⁾, Noorly Evalina, S.T,M.T²⁾, Rohana,S.T,M.T³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{2,3)}Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email: mfajarkra123@gmail.com

ABSTRAK - Listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan wajib di setiap rumah tangga, dan dalam memenuhi kebutuhan listrik maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia, salah satunya ialah PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan bakar gas, campuran gas dan udara masuk ke turbin menjadi udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik, atau mengubah energi panas menjadi energi gerak sehingga menjadi energi listrik. Temperatur kerja generator tinggi, dimana tekanan juga tinggi (hukum gas ideal) sehingga diperlukan pendingin untuk menghindari over heating. Pendingin generator pada PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir ialah menggunakan cooling tower jenis forced draft cooler. Dimana sistem ini menggunakan hembusan udara paksa. Tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis kinerja dari cooling fan yang dipakai oleh PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir, dan juga untuk menganalisis kinerja dari generator akibat pendinginan oleh cooling fan. Dimana didapatkan hasil penelitian dengan nilai range rata-rata sebesar 6.27 °C, approach rata-rata sebesar 8.65°C, efektivitas rata-rata sebesar 72.6%, kapasitas pendinginan rata-rata sebesar 0.79m³C/jam, dan kapasitas penguapan sebesar 1.38 m³/jam. Akibat dari pendinginan oleh cooling fan, daya aktif yang dihasilkan oleh generator unit 7 PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir paling besar pada tanggal 31 desember 2019 dengan temperatur air sebesar 34.25 °C, yaitu dengan daya aktif 34.1 MW. Dimana ini sudah memenuhi kebutuhan dari PLTG Paya Pasir, dan juga menunjukkan performa dari cooling fan sudah bagus, namun belum memenuhi OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Kata kunci : Kinerja, Temperatur, Cooling Fan, Generator

1. PENDAHULUAN

Listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan wajib di setiap rumah tangga, dan dalam memenuhi kebutuhan listrik maka dibangunlah banyak pembangkit listrik di Indonesia, salah satunya ialah PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) menghasilkan listrik dengan menggunakan bahan bakar gas, campuran gas dan udara masuk ke turbin menjadi udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik, atau mengubah energi panas menjadi energi gerak sehingga menjadi energi listrik. Temperatur kerja generator tinggi, dimana tekanan juga tinggi (hukum gas ideal) sehingga diperlukan pendingin untuk menghindari over heating.

Generator sebagai mesin penghasil energi listrik di pembangkit harus dapat beroperasi kontinyu dalam jangka waktu yang relatif lama. Generator memiliki

banyak konduktor dan arus yang mengalir melewati konduktor, menciptakan banyak panas. Jika panas itu tidak “dihilangkan” maka dapat menyebabkan kumparan di generator menjadi rusak (isolasi melepuh sehingga dapat terjadi short). Untuk mendukung kinerja generator dalam operasinya dari kondisi panas dan meningkatkan kinerja generator maka diperlukan suatu sistem pendingin yang handal.

Dalam proses pembangkitan listrik tenaga gas sistem bantuan pendinginan dibutuhkan untuk memaksimalkan pembangkitan listrik, yang salah satu pendinginan air kondensat keluaran dari kondensator yang dilakukan oleh cooling fan yang berpengaruh membantu proses pendinginan di dalam generator. Peran cooling fan pada PLTG merupakan pendingin yang sangat vital karena pengaruhnya menentukan kinerja dari unit pembangkit maka dari itu perlunya

memperhatikan kinerja dari cooling fan tersebut.

Fungsi cooling fan adalah memproses air yang berasal dari laut, sungai maupun air sumur yang panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali. Konstruksi cooling fan terdiri dari sistem pemipaan dengan banyak nozzle, fan/blower, bak. Air dingin yang dihasilkan dari cooling fan akan dialirkan ke reservoir yang berfungsi untuk menyimpan air atau sebagai cadangan penyimpanan air, lalu di alirkan ke pipa yang di bawahnya terdapat cooling fan untuk menurunkan suhu dari air yang panas menjadi dingin. Setelah itu air di pompa menggunakan cooling water pump lalu di alirkan ke stator generator untuk mendinginkan suhu daripada stator tersebut, air yang telah disirkulasikan dari stator turut serta mendinginkan suhu ruangan dari rotor generator.

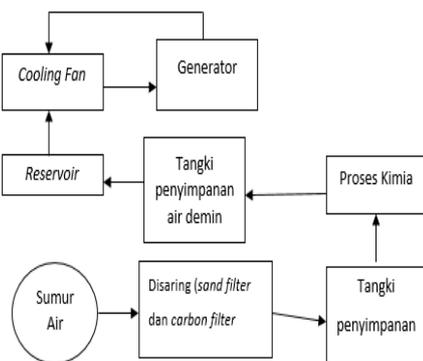
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cooling Fan

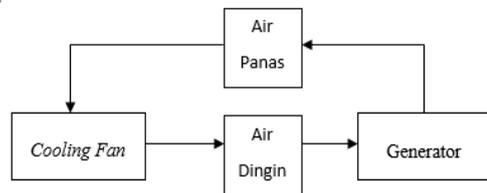
Cooling fan merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan suhu panas atau menjaga temperatur dari air masuk ke dalam stator generator yang berfungsi sebagai pendingin generator. Air yang sudah mendinginkan generator lalu akan keluar menjadi air panas atau bersuhu tinggi melalui pipa, lalu mengalir ke tube yang di bawahnya terdapat cooling fan yang berfungsi untuk mendinginkan atau menjaga suhu temperatur air. Air yang sudah didinginkan oleh cooling fan akan dialirkan kembali atau bersirkulasi kembali ke generator.

2.2 Sistem Kerja Cooling Fan

Sistem kerja cooling fan ialah sebagai pendingin air yang digunakan untuk mendinginkan generator, sebagai mana di jelaskan pada gambar berikut diagram berikut ini :



Air yang digunakan berasal dari sumur yang memiliki air yang tawar dan tingkat kepayauannya rendah, air yang sudah diambil dari sumur lalu dialirkan ke tempat penyaringan sand filter dan carbon filter untuk menghilangkan karbon dan juga pasir yang terkandung dalam air. Lalu air yang sudah disaring lalu disimpan melalui tangki penyimpanan air (mula) lalu di alirkan ke ke cairan kimia untuk mengubah air menjadi air demin (demineralized) lalu disimpan melalui tangki penyimpanan air demin, setelah itu dialirkan ke reservoir yang kemudian dialirkan ke cooling fan untuk didinginkan. Air demin yang sudah didinginkan tersebut lalu dipompa ke generator dengan menggunakan cooling water pump.



2.3 Parameter Kerja Cooling Fan

Parameter terukur akan digunakan untuk mengukur performa menara pendingin dengan beberapa cara yaitu:

a. Range

Range merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. Range yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$Range\ (^{\circ}C) = \text{temperatur air masuk}\ (^{\circ}C) - \text{temperatur air keluar}\ (^{\circ}C)$$

Atau bisa disebutkan sebagai :

$$T_{range} = T_{in} -$$

$$T_{out} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : T_{range} = Temperatur

Range ($^{\circ}C$)

T_{in} = Temperatur air masuk ($^{\circ}C$)

T_{out} = Temperatur air keluar ($^{\circ}C$)

Range bukan ditentukan oleh menara pendingin, namun oleh proses yang dilayaninya. Range pada suatu alat penukar kalor ditentukan seluruhnya oleh beban panas dan laju sirkulasi air yang melalui penukar panas dan menuju ke air pendingin.

Menara pendingin biasanya dikhususkan untuk mendinginkan laju aliran tertentu dari satu suhu ke suhu lainnya pada suhu wet bulb tertentu.

b. *Approach Approach* adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu wet bulb ambien. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara pendingin. Walaupun *range* dan *approach* harus dipantau, akan tetapi, *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

$Approach$ ($^{\circ}C$) = temperatur air keluar ($^{\circ}C$) – temperatur wet bulb ($^{\circ}C$)

Atau bisa disebutkan sebagai :

$$T_{approach} = T_{out} - T_{wb} \dots \dots \dots (2.2)$$

Sebagaimana aturan yang umum, semakin dekat *approach* terhadap wet bulb, akan semakin mahal menara pendinginnya karena meningkatnya ukuran. Ketika ukuran menara harus dipilih, maka *approach* menjadi sangat penting, yang kemudian diikuti oleh debit air dan udara, sehingga *range* dan wet bulb mungkin akan menjadi semakin tidak signifikan.

c. Efektivitas pendinginan

Efektivitas pendinginan merupakan perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektivitas pendinginan suatu menara pendingin.

$$\text{Efektivitas pendinginan} = 100\% \times \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{wb}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : T_{in} = Temperatur air masuk

T_{out} = Temperatur air keluar

T_{wb} = Temperatur wet bulb ($26^{\circ}C$)

d. Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan ialah panas yang dibuang dalam kekal/jam sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik, dan perbedaan suhu. Seperti yang diketahui, konstanta penguapan adalah 0.00085(85/10000). Rumus yang digunakan ialah :

$$Kp = 0.00085 \times \text{laju sirkulasi} (m^3 / jam) \cdot (T_{in} - T_{out}) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$$Kp =$$

Kapasitas Pendinginan ($m^3^{\circ}C / jam$)

e. Kehilangan Penguapan

Kehilangan penguapan adalah dimana jumlah air yang diuapkan untuk proses pendinginan. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai 1.8 m^3 untuk setia

10.000.000 kKal yang dibuang. Rumus yang digunakan untuk menghitung Kehilangan akibat penguapan ialah:

$$K_{penguapan} = 0.00085 \times 1.8 \times \text{laju sirkulasi} (m^3 / jam) \cdot (T_{in} - T_{out}) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana : $K_{penguapan}$ = Kapasitas Penguapan (m^3 / jam)

2.4 Generator Sinkron

Konstruksi dari mesin sinkron baik sebagai generator maupun sebagai motor adalah sama, perbedaannya hanya pada prinsip kerjanya. Sebagaimana pada generator arus searah, belitan (kumparan) jangkar ditempatkan pada rotor sedangkan belitan medan ditempatkan pada stator, demikian pula untuk generator sinkron untuk kapasitas kecil. Akan tetapi pada generator sinkron yang dipergunakan untuk pembangkitan dengan kapasitas besar, belitan atau kumparan jangkar ditempatkan pada stator sedangkan belitan medan ditempatkan pada rotor dengan alasan :

- Belitan jangkar lebih kompleks dari belitan medan sehingga lebih terjamin jika ditempatkan pada struktur yang diam.
- Lebih mudah mengisolasi dan melindungi belitan jangkar terhadap tegangan yang tinggi.
- Pendinginan belitan jangkar mudah karena inti stator yang terbuat cukup besar sehingga dapat didinginkan dengan udara paksa.
- Belitan medan mempunyai tegangan rendah sehingga efisien bila digunakan pada kecepatan tinggi.

Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromagnetik. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (prime over) dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub disuplai oleh tegangan searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya magnet) yang berputar kecepatannya sama dengan putaran kutub. Berdasarkan Hukum Faraday apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya magnet yang diam atau lilitan yang diam dipotong oleh garis-garis gaya magnet yang berputar maka pada penghantar tersebut timbul EMF (Electro Motive Force) atau GGL (Gaya Gerak Listrik) atau tegangan induksi.

2.5 Kinerja Generator

Kinerja generator dapat berupa daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Daya listrik sendiri memiliki tiga bagian yaitu:

a. Daya Aktif Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Satuan daya aktif ada Watt

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \dots\dots\dots (2.8)$$

b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk luks magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar, dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah VAR

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \dots\dots\dots (2.9)$$

c. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan ons dan arus ons dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA

$$S = V \cdot I$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (2.10)$$

3. Metodologi Penelitian

3.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan dengan mengambil data di PT PLN (PERSERO) PLTG PAYA PASIR .

3.2 Data Penelitian

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Generator Unit 7

1. Generator	Pabrikan	Nanjing Turbine & Electric Machinery (Group) CO., LDT
	Daya	42 MW (52,5

		MVA)
Tipe		QFR-42-2
T _L =T _H		2,9
Ratio hubung singkat		0,5
Putaran(rpm)		3000
Jumlah Kutub		2
Frekuensi (Hz)		50
Tegangan Stator (V)		10500
Arus Stator (A)		2886,8
Ratio kedua CT		15000A / 5A
PT Ratio		10500V / 100V
Power Faktor (cos φ)		0,8
Hubungan		Y
X _d		0,6 pu
X _T		12%
X _{system}		J 0,106
Tegangan Eksitasi (V)		184
Arus Eksitasi (A)		823

Tabel 3.2 Data Spesifikasi Cooling Fan Unit 7

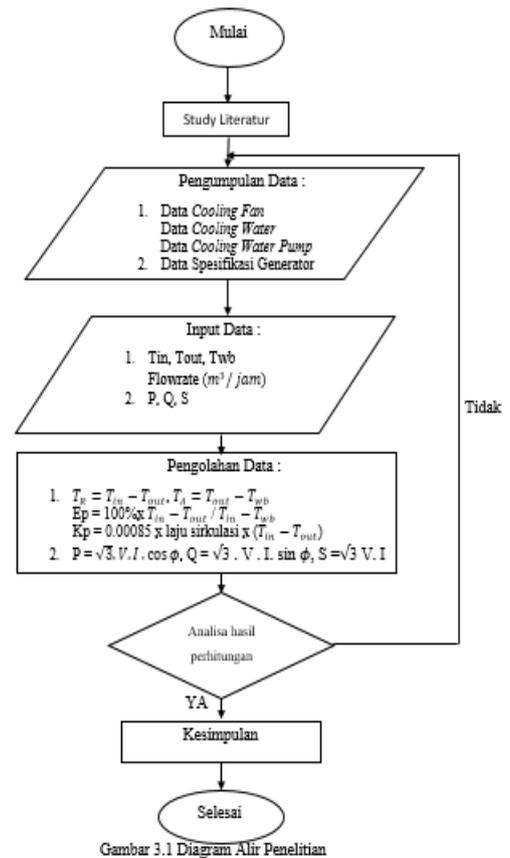
2. Cooling Fan	Pabrikan	Alliance Electrical Machine Motor
	Daya	7,5 kW
	Tipe	160L – 8 B3
	Putaran	720 rpm

Power	10 HP
Frekuensi	50 Hz
Tegangan	380/660 V
Arus Stator	17.7/10.2 A
Berat	141 kg
Suara	67 dB (A)
Date	2005

Tabel 3.3 Data Cooling Water

3. Cooling Water		Value
Parameter		
Max. Temperature		50°C
Design Temperature		32°C
<i>Cooling Water for Gas Turbine</i>		
Flowrate		145 m ³ /h
Max. Permissible pressure drop		0.15 MPa
Max. Permissible pressure		0.46 MPa(g)
<i>Cooling Water for Generator</i>		
Flowrate		150 m ³ /h
Max. Permissible pressure drop		0.08 MPa
Max. Permissible pressure		0.40 MPa(g)

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

4. ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

Berdasarkan analisa dari kinerja *cooling fan* generator unit 7 pltg paya pasir dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan *range*, *approach*, efektivitas pendingin, kapasitas pendinginan, dan laju penguapan air ke udara, maka di dapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Rata – Rata Jarak Batas, Perbedaan Suhu, dan Efektivitas

No.	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	Ran ge (°C)	Appro ach (°C)	Efektiv itas (%)
1	40.3	34.25	6.05	8.25	73
2	41	35	6	9	66
3	41.5	35	6.5	9	72
4	41.3	35	6.3	9	70
5	40	33	7	7	100

6	41. 2	34.5	6.7	8.5	78
7	41. 6	34.5	7.1	8.5	83
8	40. 3	34	6.3	8	78
9	40. 2	35	5.2	9	57
10	40. 7	35	5.7	9	63
11	41	35	6	9	66
12	41. 2	35	6.2	9	68
13	41. 4	35	6.4	9	71
14	41	35	6.8	9	75
15	40. 4	34.5	5.9	8.5	69
Juml ah	613 .1	519.7 5	94.1 5	129,75	1089
Rata -rata	40. 87	34.65	6.27	8.65	72.6

Dapat disimpulkan bahwasanya active power dari generator sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau cooling water temperature, seperti kita lihat pada tabel 4.7 dimana daya input generator pada tanggal 31 desember 2019 sebesar 34.1 MW dimana cooling water temperature sebesar 34.25 (°C). Hal ini menunjukkan bahwa performa dari generator berbanding lurus dengan berapa temperatur air yang masuk ke dalam generator. Semakin besar suhu udara yang masuk ke dalam generator, maka semakin sedikit daya aktif (active power) yang dihasilkan oleh generator, seperti ditunjukkan pada nomor 1 dan begitu juga sebaliknya.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pada analisis cooling generator unit 7 pln menunjukkan beberapa parameter

perhitungan performa dari kinerja cooling fan ialah dengan range, approach, efektivitas, kapasitas pendinginan dan juga kapasitas penguapan air. Dengan nilai rata-rata range 6.2°C dan performanya masih bagus. Dengan nilai rata-rata approach sebesar 8.65°C dan performanya masih bagus. Nilai efektivitas rata-rata sebesar 72.6% angka ini menunjukkan efektivitas cooling fan terbilang masih bagus dan layak pakai, namun tidak memenuhi Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam performance yaitu sebesar >95%, namun memenuhi dari batas normal desain dari PT PLN (Persero) PLTG Paya Pasir yaitu dengan hasil pendinginan 36°C dengan efisiensi sebesar >90%. Kapasitas pendinginan dari cooling fan rata-rata sebesar 0.79(m³°C /jam). Menunjukkan performa cooling fan yang masih bagus. Kapasitas penguapan memiliki rata-rata penguapan mencapai 1.43 (m³ /jam), dan menunjukkan masih bagusnya performa cooling fan. Maka dari hasil yang diperoleh, cooling fan generator unit 7 PLTG Paya Pasir masih menunjukkan performa yang baik untuk digunakan sebagai media pendinginan generator, dan memenuhi OEE (Overall Equipment Effectiveness).

2. Dapat disimpulkan bahwasanya active power dari generator sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau cooling water temperature, seperti kita lihat pada tabel 4.7 dimana daya active generator pada tanggal 31 desember 2019 sebesar 34.1 MW dimana cooling water temperature sebesar 34.25 (°C), dan hal ini menunjukkan bahwa performa dari cooling fan sudah memenuhi untuk daya keluaran dari generator unit 7.

5.2 Saran

Tentunya penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penelitian ini. Salah satunya adalah dengan tidak menggunakan simulasi, Metode simulasi dapat dijadikan salah satu solusi melakukan pengecekan rutin pada cooling fan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aliansyah, E., Elektro, D. T., Pendidikan, P., Ekstension, S., Teknik, F., & Utara, U. S. (2008). *Generator Sinkron Tiga Fasa Dengan Rotor Silinder*. 1–52.
- [2] Bandri, S. (2013). *Pengaruh Analisa Beban Perubahan Karakteristik Terhadap Sinkron Generator*. *Institut Teknologi Padang*, 2(1), 42–48.
- [3] Cahyadi, D. (2015). *Analisa Perhitungan Efisiensi turbine Generator QFSN-300-2-20B Unit 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU Rembang*. October.
- [4] Damaputra, M. K., Rachmat, A., & Koswara, E. (2019). *Proses Pendinginan Dan Perbandingan Efisiensi Cooling Tower Unit 3 Di PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Dan Jasa Pembangunan (UPJP) Kamojang Muhamad*. 43–46.
- [5] Fauzi, D. A., Rudyanto, B., Dieng, U., Fauzi, D. A., Rudyanto, B., Terbarukan, T. E., Teknik, J., & Jember, P. N. (2015). *Analisa Performa Menara Pendingin Pada Pt . Geo Dipa*. *Jurnal Ilmiah Rotari*.
- [6] Handoyo, Y. (2015). *Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma "45" Bekasi*, 3(1), 38–52.
- [7] Homzah, O. F. (2014). *Analisa Performasi Pada Menara Pendingin Dengan Menggunakan Analisis Eksergi*. 2(1), 23–28.
- [8] Leda, J., Atma, U., & Makassar, J. (2018). *Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)* (Issue October 2010). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17039.28321>
- [9] Marsudi, D. (2016). *Politeknik Negeri Sriwijaya 4. Pembangkitan Energi Listrik*, 7(1), 4–31.
- [10] Muhsin, A., & Pratama, Z. (2018). *Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach*. *Opsi*, 11(2), 119. <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i2.2552>
- [11] Pratiwi, N. P., Nugroho, G., & Hamidah, N. L. (2014). *Analisa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Tipe LBC W-300 terhadap Temperatur Lingkungan*. *Jurnal Teknik Pomits*, 7(7), 1–6.
- [12] Suhardi Putra, R. (2015). *Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastik*. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 19. <https://doi.org/10.22441/jtm.v4i2.1010>
- [13] Leda, J., Atma, U., & Makassar, J. (2018). *Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)* (Issue October 2010). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17039.28321>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : MUHAMMAD FAJAR KEKE RIZKI ANANDA
Panggilan : Fajar
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 2 Juli 1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : JALAN PEMUDA NO.142 TANJUNG PURA
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Muhammad Siddik
Ibu : Nurhayati Tumangger
E-mail : mfajarkra123@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1507220094
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD Negeri 050724 TANJUNG PURA	2009
2	SMP	SMP NEGERI 2 TANJUNG PURA	2012
3	SMA	SMA NEGERI 1 TANJUNG PURA	2015
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 Sampai Selesai.		