

STUDI PROSES *COOLING* SISTEM PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS DI PT. PJB UBJOM PLTMG ARUN

Muammar¹, Fauzan², Zamzami³

^{1,2,3}) Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: muammar291010@gmail.com¹, ozan.pnl@gmail.com², zamzami@pnl.ac.id³

Abstrak —PT. Pembangkit Jawa -Bali Unit Bisnis Jasa Operasi dan Maintenance, Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas Arun memiliki kapasitas 184 MW. Proses sistem pendingin Air didinginkan dalam radiator dengan kipas pendingin yang digerakkan secara elektrik. Suhu di Sirkuit LT (Temperatur rendah) dan HT (Temperatur tinggi) dikendalikan oleh katup tiga arah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prinsip kerja sistem pendingin, pengaruh sistem pendingin terhadap kinerja mesin dan pengaruh suhu ambient terhadap suhu mesin di PT. PJB. UBJOM.PLTMG ARUN. Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode kualitatif dengan melakukan observasi langsung ke lapangan terhadap data yang ditemukan dengan mendapatkan hasil bahwa proses sistem pendingin menggunakan air tawar yang diolah secara kimia. Sistem terbagi menjadi sirkuit air pendingin suhu rendah dan suhu tinggi. Pendinginan air disirkulasikan dalam sistem dengan pompa sentrifugal yang digerakkan langsung yang dipasang di mesin. Air HT mendinginkan jaket mesin, pengaruh water temperature terhadap suhu mesin sangat signifikan apabila water temperature nya turun suhu mesinnya juga semakin menurun dan juga apabila suhu water temperature nya tinggi suhu mesinnya akan meningkat, jadi water temperature atau air pendingin sangat berpengaruh terhadap suhu mesin tersebut. Pengaruh suhu ambient terhadap suhu mesin sangat berpengaruh tergantung pada kondisi suhu ambient nya jika pada saat siang hari suhu ambient nya tinggi dan itu berpengaruh pada suhu mesin nya dan begitu juga pada saat malam hari suhu dari ambient nya rendah itu berdampak pada suhu mesin. . Suhu ambient tertinggi mencapai 33 (°C) dan suhu terendah nya mencapai 22 (°C), sedangkan suhu mesin tertinggi mencapai 53 (°C) dan suhu terendah nya mencapai 46 (°C).

Kata Kunci: *Cooling Sistem, Suhu Mesin, Water Temperature, Suhu Ambient.*

I. PENDAHULUAN

Teknologi semakin berkembang dan telah memberikan banyak manfaat di berbagai aspek, salah satunya adalah industri Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) untuk menunjang kelangsungan hidup manusia. Pada unit Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Arun 184 MW, dalam menjalankan tugasnya untuk penyediaan listrik bagi masyarakat, PLN mempunyai divisi Pusat Pengaturan dan Pengendalian Beban (P3B), tugas utama dari P3B ini adalah menyesuaikan permintaan daya listrik dari luar dengan kapasitas pembangkit yang harus dioperasikan. Pada PLTMG, terdapat Cooling Water System (CWS) pada pendinginan mesin. Sistem ini merupakan sistem salah satu bagian terpenting dalam PLTMG. Sebelum start turning sistem pendingin mulai mendinginkan pada lube oil cooler. Sistem pendingin mesin menggunakan air tawar yang diolah secara kimia [1].

Sistem terbagi menjadi sirkuit air pendingin suhu rendah (LT) dan suhu tinggi (HT). Pendinginan air disirkulasikan dalam sistem dengan pompa sentrifugal yang digerakkan langsung yang dipasang di mesin. Air HT mendinginkan jaket mesin. Air didinginkan dalam radiator dengan kipas pendingin yang digerakkan secara elektrik. Suhu di Sirkuit LT dan HT dikendalikan oleh katup tiga arah. Pada kondisi operasional, Di PT.PJB UBJOM PLTMG ARUN, air pendingin pada CWS ini dilalui oleh pipa - pipa yang saling menghubungkan satu sama lain menuju masing - masing *lube oil cooler* pada

Input air pendingin yang akan didinginkan berkisar antara 52°C–93°C dan output air pendingin setelah

dinginkan, yaitu : $\leq 36^{\circ}\text{C}$. Jumlah kipas yang beroperasi harus dikendalikan sesuai dengan suhu lingkungan. Jika suhu dari CWS telah diketahui lebih dari 93°C, operator akan menambah jumlah kipas yang berputar di CWS agar mencapai suhu $\leq 36^{\circ}\text{C}$. Jika suhu dari CWS lebih rendah dari 36°C, operator akan mematikan kipas agar dapat meminimalisasi pemakaian listrik. Jadi terjadi peningkatan sistem dalam proses pengendalian CWS merupakan hal yang penting di industri pembangkit listrik tenaga gas [1].

Pada bagian sistem pendingin diperlukan suatu alat pengendalian kipas agar dapat bekerja secara maksimal. Alat pendingin yang terdiri dari sensor thermocouple sebagai pendeteksi suhu, dan converter radiator sebagai pengendali, serta pompa 16 kipas, dalam 1 unit mesin. Sistem ini dilengkapi interface untuk memudahkan dalam, menjalankan mengendalikan dan memonitoring. Terdapat dua mode pengendalian kipas, yaitu : manual dan otomatis. Mode otomatis menerapkan pengendalian perhitungan level suhu untuk menyalakan jumlah kipas sesuai suhu yang terbaca oleh sensor agar mencapai set – point CWS merupakan hal yang penting di industri pembangkit listrik tenaga gas peningkatan sistem dalam proses pengendalian CWS. [2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prinsip kerja sistem pendingin, pengaruh sistem pendingin terhadap kinerja mesin, Pengaruh water temperature terhadap suhu mesin dan pengaruh suhu ambient terhadap suhu mesin di PT.PJB.UBJOM.PLTMG ARUN.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG)

Pada sebuah PLTMG, sistemnya tidak terlalu rumit. Terdiri dari satu bagian utama : (*main equipment*), yang berupa mesin dan pelengkap (*engines and auxiliary*), dan sistem pendukung (*Balance Of Plant – BOP*). Bagian utama PLTMG umumnya adalah paket mesin dan pelengkapnya. Bagian mesin yang dikopel dengan generator, dibantu sistem pelengkap yang mengatur pendingin (*pelumas/lube oil*, air pendingin/*cooling water* dan alat penukar panas/*radiator - cooling tower - heat exchanger*), sistem udara pembakaran (*charge air*), sistem udara terkompresi untuk menghidupkan mesin dan kebutuhan instrumen (*starting & instrument air*), sistem udara sisa pembakaran (*exhaust air*), sistem pemipaan -instrumen (*pipng and instrument system*), sistem listrik (*electrical system*) dan sistem instrumentasi - kontrol (*instrumentation - control system*). Selain terdiri atas sistem utama, unit PLTMG juga dilengkapi dengan sistem pendukung, yang terdiri atas sistem bahan bakar (*fuel system gas*), sistem air baku (*water treatment system*), dan sistem proteksi terhadap kebakaran (*fire protection system*) [1].



Gbr 1. Mesin Wartsila 34 SG

B. Radiator

Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang tujuannya untuk mendinginkan maupun memanaskan pada mesin. Radiator yang kita kenal pada umumnya digunakan pada mesin gas yang memerlukan pendinginan ekstra. Fungsinya adalah agar mesin mendapatkan pendinginan yang maksimal sesuai yang dibutuhkan. radiator terdiri dari tangki air bagian atas (*upper tank*), tangki bagian bawah (*lower water tank*) dan *radiator core* pada bagian tengahnya. *Radiator turbine gas* atau Radiator turbin gas adalah komponen sistem pendingin turbin gas yang berfungsi untuk mendinginkan air pendingin yang disirkulasikan ke beberapa komponen - komponen pendinginan turbin gas dengan menggunakan udara lingkungan sebagai media pendinginannya. Air pendingin digunakan untuk mendinginkan berbagai komponen - komponen pada sistem turbin gas. Diantaranya adalah pendingin *heat exchanger lube oil*, pendingin udara *atomizing* dan juga

pendingin hidrogen yang digunakan untuk mendinginkan generator [3].

C. Bagian Utama Sistem Pendingin

Prinsip pendinginan pada sistem pembangkit listrik adalah proses menurunkan temperatur fluida kerja dalam hal ini utamanya uap. Namun kenyataan sebenarnya yang diharapkan adalah proses perubahan fasa air dari fasa uap (air - uap) menjadi cair, sehingga sehingga proses yang terjadi adalah proses pengembunan (kondensasi). Proses kondensasi terjadi apabila ada perpindahan panas dari fluida kerja (uap) dan melepaskan sejumlah kalor kepada media pendingin, sehingga proses pengembunan ini terjadi karena terjadinya penurunan temperatur.

Media pendingin umumnya menggunakan air, disamping beberapa sistem ada yang menggunakan udara. Pemilihan air utamanya adalah karena pada daerah tertentu mudah didapat dan biayanya sangat murah. Selain itu pertimbangan utama adalah air bertemperatur lebih rendah dibanding temperature udara [5].



Gbr 2. Jalur Colling Sistem

D. Air

Air berfungsi sebagai media pertukaran panas dengan oli. Sistem pendinginan air bersirkulasi ini berfungsi untuk menjaga suhu oli sesuai dengan temperatur kerjanya. Sistem pendingin air (*water cooling system*) merupakan sistem pendingin dengan tingkat kegagalan sangat rendah. Seperti Gambar 3. Berikut.

Composition

■ To prevent corrosion, scale deposits or other deposits in cooling water systems, the water must be correctly treated with additives



Gbr 3 . Komposisi Air di Sistem Pendingin

Air yang diuapkan dan air keran berkualitas baik biasanya direkomendasikan untuk digunakan sebagai air

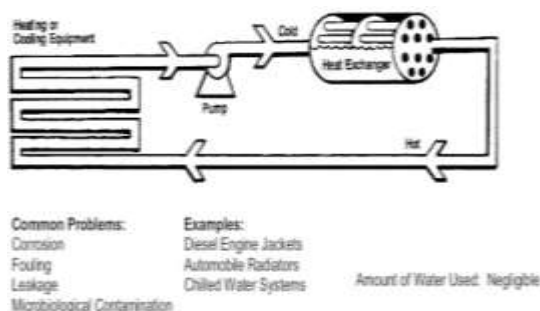
baku. Air dari proses reverse osmosis juga dapat digunakan jika memenuhi spesifikasi. Air laut yang tidak diolah, air tawar, dan air hujan tidak cocok [4].

E. Gas Hidrogen

Cooling system gas hidrogen akan menjadi lebih ekonomis jika dibandingkan dengan menggunakan pendingin udara. Sebenarnya gas helium memiliki konduktivitas termal yang baik pula (0,142 W/m·K), namun karena harganya yang jauh lebih mahal ketimbang gas hidrogen maka ia tidak digunakan. Tetapi bukankah hidrogen adalah gas yang sangat mudah terbakar, hidrogen memang gas yang sangat mudah terbakar atau meledak. Dengan alat ini, sekecil apapun gas hidrogen tercampur dengan gas lain akan mudah diketahui. Jika pembacaan kemurnian hidrogen turun, sebuah sistem purging selalu siap digunakan untuk meningkatkan angka kemurnian gas hidrogen. Sistem purging biasanya juga termasuk di dalamnya sistem kontrol tekanan gas hidrogen agar selalu terjaga pada angka tertentu. Di sisi lain, ada sebuah sistem bernama *hydrogen dryer* yang juga berfungsi untuk menjaga kemurnian hidrogen dari kelembaban yang jika dibiarkan berpotensi memicu adanya percikan api di dalam generator. Ada dua jenis sistem pendinginan hidrogen pada generator yang lazim digunakan, yakni : hidrogen mendinginkan generator rotor sekaligus stator, serta generator dengan pendingin hidrogen untuk sisi rotor dan air pada sisi stator. Generator yang menggunakan pendingin hidrogen pada rotor dan air pada sisi stator biasanya berukuran besar dan menghasilkan energi [6].

F. Closed Recirculating Systems

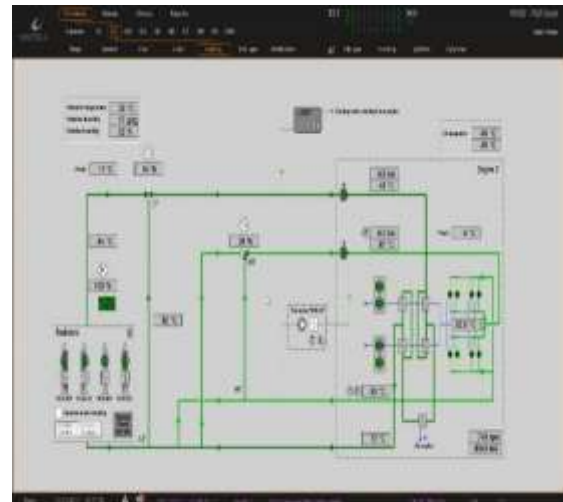
Sistem ini yang paling banyak digunakan di industri saat ini. Pada sistem ini terdiri atas pompa, *heat - exchanger* (HE), dan *cooling tower*. Pompa akan menjaga air diresirkulasi (dikembalikan lagi) melalui *heat - exchanger*. Panas akan ditransfer ke *cooling water* dan selanjutnya akan mengalir kembali ke *cooling tower* dan panas dibuang melalui proses evaporasi (penguapan), karena terjadi proses evaporasi dalam kondisi sistem terbuka sehingga disebut "*open recirculating systems*". Proses evaporasi akan menyebabkan zat terlarut dalam proses pendingin yang digunakan untuk mendinginkan mesin [5].



Gbr 4. Closed Recirculating Sistem

III. METODOLOGI

A. Objek Penelitian



Gbr 5. Single Line Sistem Pendingin PT PJB UBJOM PLTMG ARUN

Gambar 5 menunjukkan sistem *cooling* di PT PJB yang meliputi proses sistem pendingin pada engine, mulai dari suhu awal dan setelah suhu di dinginkan.

B. Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data lapangan. Pengambilan data lapangan dilakukan di PJB UBJOM Arun 184 MW meliputi, data *engine*, generator, dan *single line diagram*, data-data tersebut dapat pada tabel. Berikut Tabel 1 spesifikasi mesin.

Tabel I
Spesifikasi Mesin Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG)

| | |
|-----------------------------------|-------------------|
| Jumlah mesin | 19 Unit |
| Output pembangkit listrik | 8.8 MW/Mesin |
| Jenis mesin | Warstila 18V50 SG |
| Jumlah silinder mesin | 18 |
| Lubang bor silinder | 510 mm |
| Langkah piston | 600 mm |
| Putaran | 750 rpm |
| Tenaga nominal | 11000 v |
| Tegangan sekunder | 400 VAC |
| Frekuensi | 50 Hz |
| Berat mesin tanpa <i>flywheel</i> | 360 Ton |
| Tegangan utama | 11000V |

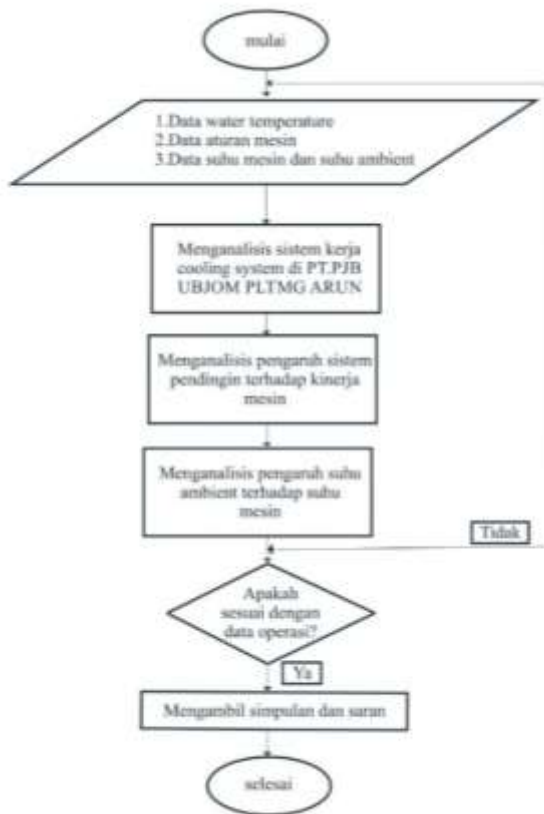
Adapun engine pada PLJB UBJOM Arun 184 MW terdapat 19 unit engine yang dimana satu engine terdapat 18 piston dan frekuensi 50 Hz. Pengapian bahan bakar yang sangat ramping biaya, dan benar teknologi pengapian diperlukan untuk menyediakan sumber pengapian berenergi tinggi. Pilihan teknologi pengapian

paling cocok untuk mesin berbahan bakar gas murni. Percikan api dengan *pre-chamber* juga dikenal sebagai teknologi SG, digunakan pada mesin gas murni yang ada. Berikut adalah tabel data teknis Radiator seperti pada Tabel 2.

Tabel II
Data Teknis Radiator Pembangkit Listrik PT.PJB UBJOM PLTMG ARUN

| | |
|-------------------|--------------------|
| Manufacture | Radiator Converter |
| Type | BLP021 |
| Status | Running |
| Actual Speed | 100 % |
| Output frequency | 30 Hz |
| Motor Speed | 586 Rpm |
| Shaft Power | 68.3 % |
| Current | 109.4 A |
| Motor Voltage | 380 V |
| DC-link Voltage | 522 V |
| Active fault code | 0 |
| Enclosure | IP23 |
| Flow | Axial |

C. Flowchart

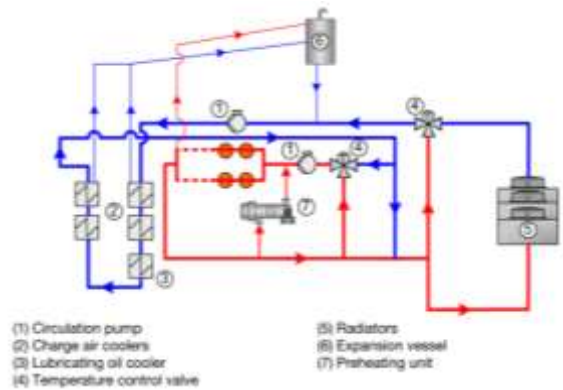


Gbr 6 Flowchart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prinsip Kerja Sistem Pendingin Di PLTMG Arun

Prinsip kerja sistem pendingin di PLTMG Arun Sistem pendingin mesin menggunakan air tawar yang diolah secara kimia. Sistem terbagi menjadi sirkuit air pendingin suhu rendah (LT) dan suhu tinggi (HT). Pendinginan air disirkulasikan dalam sistem dengan pompa sentrifugal yang digerakkan langsung yang dipasang di mesin air HT mendinginkan jaket mesin air LT disirkulasikan melalui udara muatan dan pendingin oli pelumas. Air didinginkan dalam radiator dengan kipas pendingin yang digerakkan secara elektrik. Suhu di Sirkuit LT dan HT dikendalikan oleh katup tiga arah. Katup kontrol suhu mengarahkan air ke radiator atau kembali ke mesin, tergantung pada suhu air. Kecepatan kipas radiator diatur sesuai dengan suhu air di dalam saluran balik dari radiator unit pemanasan awal digunakan untuk memanaskan air jaket sebelum mesin dihidupkan. Sirkuit LT dan HT.



Gbr 7. Proses Cooling System

B. Pengaruh Sistem Pendingin Terhadap Kinerja Mesin

Pengaruh sistem pendingin terhadap kinerja mesin adalah untuk mengkondisikan suhu mesin pada unit pembangkit energi listrik. Sistem pendingin sangat dibutuhkan untuk mengurangi panas berlebih pada mesin. Dengan adanya sistem pendingin, kinerja mesin optimal hal ini dikarenakan panas yang berlebih pada mesin telah diturunkan oleh sistem pendingin tersebut. Jika sebuah mesin tidak memiliki sistem pendingin, maka panas berlebih yang ditimbulkan oleh mesin akan menyebabkan komponen mesin cepat rusak, terjadi penurunan temperature air, pengaruh sistem pendingin terhadap kinerja mesin saat dilakukan pengoperasian pada jam 10.00 water temperature pada bagian LT mencapai nilai 48,60 (°C) dengan nilai HT nya di angka 86,90 (°C) sehingga kecepatan mesinnya mencapai 749 Rpm dengan suhu mesinnya mencapai 52 (°C) dan pada saat jam 11.00 water temperature nya mengalami kenaikan di karenakan semakin panas suhu dari water temperature nya yang mencapai angka 50,10 (°C) dengan suhu HT nya bernilai 86,90 (°C) dan kecepatan mesin mencapai 752 Rpm dan juga suhu mesin naik menjadi 53

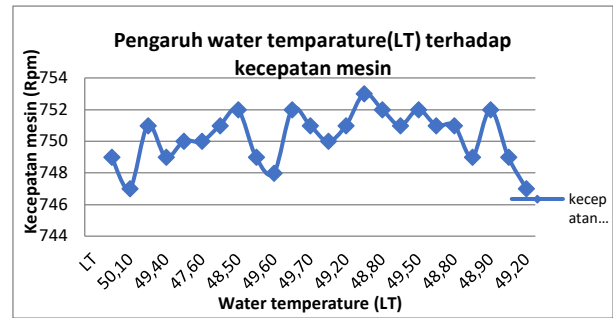
(°C), mengikuti suhu ambient yang mencapai 32 (°C) kemudian pada saat jam 14.00 suhu dari water temperature turun di karenakan terjadi perubahan suhu menjadi 48,40(°C) dan kecepatan mesin menjadi 750 Rpm begitu juga dengan suhu mesinnya turun menjadi 50 (°C) dan semakin mengalami penurunan pada jam 18.00 suhu water temperature nya menjadi 48,20 (°C) dan kecepatan mesin menjadi 749 Rpm kemudian untuk suhu mesinnya menjadi 49 (°C). Dengan demikian di dapatkan hasil bahwa tinggi dan rendah nya suhu air temperature dalam sistem pendingin dan juga suhu ambient sekitar akan berpengaruh terhadap kinerja mesin dan dapat di tunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel III
Pengaruh Sistem Dingin

| No | Jam | Suhu air (°C) | | Engine speed (rpm) | Suhu ambient (°C) | Suhu mesin (°C) |
|----|-------|---------------|-------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | | LT | HT | | | |
| 1 | 10:00 | 48,60 | 86,90 | 751,00 | 32 | 52 |
| 2 | 11:00 | 50,10 | 86,90 | 750,00 | 33 | 53 |
| 3 | 12:00 | 50,20 | 87,10 | 751,00 | 33 | 53 |
| 4 | 13:00 | 49,40 | 87,00 | 749,00 | 32 | 51 |
| 5 | 14:00 | 48,40 | 86,90 | 750,00 | 31 | 50 |
| 6 | 15:00 | 47,60 | 87,00 | 750,00 | 30 | 49 |
| 7 | 16:00 | 47,20 | 86,70 | 751,00 | 28 | 48 |
| 8 | 17:00 | 48,50 | 87,00 | 752,00 | 27 | 50 |
| 9 | 18:00 | 48,20 | 86,9 | 749,00 | 25 | 49 |
| 10 | 19:00 | 49,60 | 86,90 | 748,00 | 24 | 51 |
| 11 | 20:00 | 49,30 | 86,90 | 752,00 | 25 | 48 |
| 12 | 21:00 | 49,70 | 86,80 | 751,00 | 25 | 51 |
| 13 | 22:00 | 50,10 | 86,80 | 749,00 | 26 | 47 |
| 14 | 23:00 | 49,20 | 87,00 | 751,00 | 24 | 46 |
| 15 | 00:00 | 49,30 | 87,00 | 753,00 | 24 | 46 |
| 16 | 01:00 | 48,80 | 86,90 | 752,00 | 23 | 48 |
| 17 | 02:00 | 48,70 | 86,80 | 751,00 | 23 | 46 |
| 18 | 03:00 | 49,50 | 87,00 | 752,00 | 22 | 48 |
| 19 | 04:00 | 48,50 | 86,90 | 751,00 | 23 | 47 |
| 20 | 05:00 | 48,80 | 86,90 | 751,00 | 24 | 49 |
| 21 | 06:00 | 48,70 | 86,90 | 748,00 | 25 | 48 |
| 22 | 07:00 | 48,90 | 86,90 | 752,00 | 25 | 50 |
| 23 | 08:00 | 48,60 | 86,90 | 749,00 | 26 | 52 |
| 24 | 09:00 | 49,20 | 87,10 | 752,00 | 26 | 51 |

C. Pengaruh Water Temperature Terhadap Kecepatan Mesin (Rpm)

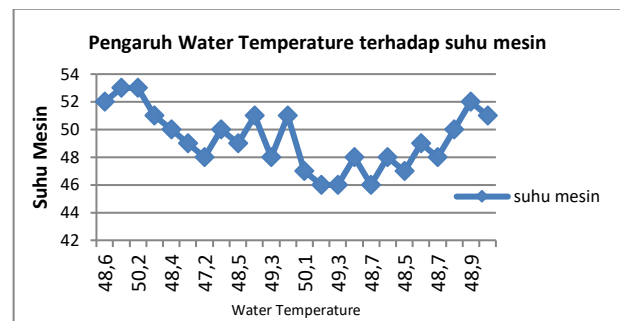
Dari grafik pada gambar 8 dapat diamati pengaruh dari *water temperature* terhadap suhu mesin perubahannya sangat signifikan apabila *water temperature* nya turun suhu mesin semakin menurun, begitu juga sebaliknya jika suhu *water temperature* nya tinggi itu mengakibatkan suhu mesin juga semakin tinggi jadi *water temperature* atau air pendingin sangat berpengaruh terhadap suhu mesin.



Gbr 8. Pengaruh Water Temperature Terhadap Suhu

D. Pengaruh Water Temperature Terhadap Suhu Mesin

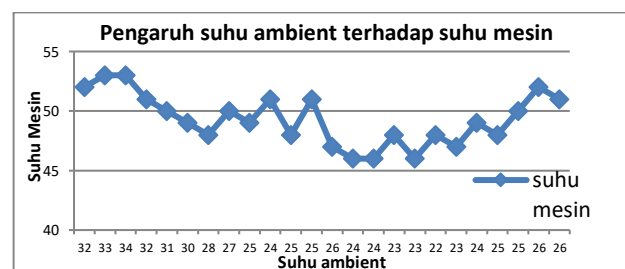
Pengaruh *water temperature* terhadap suhu mesin perubahannya sangat signifikan apabila *water temperature* nya turun suhu mesin semakin menurun, begitu juga sebaliknya jika suhu *water temperature* nya tinggi itu mengakibatkan suhu mesin juga semakin tinggi jadi *water temperature* atau air pendingin sangat berpengaruh terhadap suhu mesin. Grafik pengaruh suhu air terhadap suhu mesin ditunjukkan pada gambar 9.



Gbr 9. Pengaruh Suhu Air Terhadap Suhu Mesin

E. Pengaruh Suhu Ambient Terhadap Suhu Mesin

Berdasarkan grafik pada gambar 10, dapat dilihat bahwa pengaruh suhu ambient terhadap suhu mesin akan berpengaruh tergantung kondisi suhu ambient nya jika pada saat siang hari suhu ambient nya tinggi maka akan berpengaruh pada suhu mesin nya dan begitu juga sebaliknya jika pada saat malam hari suhu dari ambient nya rendah yang dapat berdampak pada suhu mesin



Gbr 10. Pengaruh Suhu Ambient Terhadap Suhu Mesin

V. KESIMPULAN

1. Proses sistem pendingin di PLTMG Arun menggunakan air tawar yang diolah secara kimia. Sistem terbagi menjadi sirkuit air pendingin suhu rendah (LT) dan suhu tinggi (HT). Pendinginan air disirkulasikan dalam sistem dengan pompa sentrifugal yang digerakkan langsung yang dipasang di mesin.
2. Pengaruh sistem pendingin terhadap kinerja mesin terutama pada kecepatan mesin, perubahan kecepatan mesin dikarenakan pengaruh dari suhu air, perubahannya tidak terlalu signifikan namun relative naik pada satu putaran mesin nya mengalami kenaikan dikarenakan dari water temperature nya semakin rendah maka putaran dari mesin akan naik. Dan apabila water temperature nya turun maka putaran dari mesin akan turun.
3. Pengaruh suhu *ambient* terhadap suhu mesin sangat berpengaruh tergantung pada kondisi suhu *ambient* nya jika pada saat siang hari suhu *ambient* nya tinggi dan itu berpengaruh pada suhu mesin nya dan begitu juga pada saat malam hari suhu dari *ambient* nya rendah itu berdampak pada suhu mesin, suhu *ambient* tertinggi mencapai 33(°C) dan suhu mesin tertinggi mencapai 53 (°C) suhu terendah dari suhu *ambient* nya mencapai 22 (°C) dan suhu terendah pada mesinnya mencapai 46(°C).

REFERENSI

- [1] Arun, P. 2014. **Warsila ABB.Power Plant**, Helsinki
- [2] Afiqi Muhammad. 2019. **Pengendalian Otomatis Cooling Water Sistem pada Proses Pendinginan Turbin Gas**. Univesitas Trunojoyo, Madura.
- [3] Arun Warsila. 2019. **power plant electrification**.
- [4] Anwar Syarifil. 2016. **Sistem Pendingin Alternator pada PLTU Asam – Asam Tanah Laut**, Kalimantan Selatan.
- [5] Didik Ribowo .2013. **Sistem Pendinginan Generator PT Indonesia Power UBP SURALAYA** , Cilegon, Banten.
- [6] Kiki Rezki Lestari. 2020 **Sistem Pendingin dan Gas Hidrogen** pada pembangkit Universitas Sriwijaya, Palembang.