

Metode pemeliharaan generator sinkron pada unit PLTP

Leonardo Dicaprio Purba¹, Andi¹, Eko Ardiansah¹, Muhammad Ridho Hilman¹, Rangga Bayu Pranajaya¹, Salman Al Farisi¹, Fajar Paundra¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera

Penulis Korespondensi : Fajar Paundra (fajar.paundra@ms.itera.ac.id)

ABSTRAK

Pemeliharaan generator merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan guna menjaga dan memastikan komponen generator dalam kondisi yang baik dan optimal, sehingga kinerja serta keandalan komponen generator dapat dipertahankan dengan maksimal. Proses pemeliharaan ini mencakup berbagai tindakan seperti pemeriksaan berkala, perawatan rutin, penggantian suku cadang yang aus, dan perbaikan jika diperlukan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memastikan kinerja optimal generator dalam memproduksi energi listrik yang stabil dan berkelanjutan. Penelitian ini menguraikan secara mendalam metode pemeliharaan preventif, prediktif, dan korektif yang diterapkan pada generator sinkron di PLTP. Pemeliharaan preventif meliputi inspeksi rutin, pengujian, dan penggantian komponen secara terjadwal untuk mencegah kerusakan. Pemeliharaan prediktif menggunakan teknik monitoring kondisi dan analisis tren untuk mendeteksi potensi kegagalan sebelum terjadi. Sedangkan pemeliharaan korektif dilakukan setelah terjadi kegagalan untuk memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu PLTP dalam mengoptimalkan program pemeliharaan generator sinkron, sehingga meningkatkan keandalan pasokan listrik dan efisiensi operasional.

KATA KUNCI efisiensi operasional; generator sinkron; korektif ; preventifa

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia. Semakin meningkatnya jumlah penduduk, maka akan semakin meningkat pula permintaan akan energi listrik. Oleh karena itu, dibutuhkan pembangkit listrik yang handal guna memenuhi kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin mengalami peningkatan. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) hadir sebagai jawaban sekaligus solusi yang menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang tinggi.

Energi panas bumi merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui, sehingga akan selalu tersedia di alam. Dengan begitu, pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) dikatakan sebagai pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi panas bumi sebagai sumber energi dalam membangkitkan energi listrik [1].

Pada sistem PLTP, komponen generator memainkan peranan yang sangat penting dalam proses pembangkitan energi listrik. Generator merupakan mesin listrik yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi

elektromagnetik yang dihasilkan oleh medan magnet permanen yang ada dalam komponen generator [2]. Salah satu tipe Generator yang digunakan dalam sistem pembangkit PLTP adalah Generator Sinkron, Generator sinkron atau biasa disebut dengan alternator merupakan mesin listrik yang menghasilkan arus bolak balik [3]. Mesin listrik ini dinamai generator sinkron karena memiliki kecepatan putaran rotor yang selalu sama dengan kecepatan putaran medan magnetik pada stator. Generator akan bertugas menghasilkan energi listrik melalui putaran turbin yang digerakkan oleh uap panas (*Steam*). Energi listrik yang dihasilkan oleh generator diperoleh melalui proses induksi elektromagnetik. Sehingga, dapat dikatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi proses pembangkitan energi listrik pada PLTP ialah komponen generator. Seiring berjalannya waktu pengoperasian generator, maka akan timbul berbagai permasalahan seperti penurunan performa, keausan komponen maupun risiko kerusakan serta gangguan lainnya yang dapat menyebabkan menurunnya produksi energi listrik.

Untuk menjaga kondisi generator agar selalu optimal, perlu dilakukan pemeliharaan atau perawatan yang baik dan benar serta berkala pada komponen generator untuk memastikan kondisi optimal generator

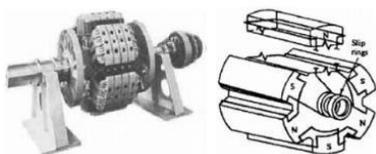
dalam memproduksi energi listrik. Pemeliharaan atau perawatan adalah serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi siap pakai pada suatu komponen peralatan, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan efektif dan efisien [4]. Pentingnya melakukan pemeliharaan generator pada sistem PLTP akan berkaitan dengan keamanan operasional generator. Generator yang tidak dilakukan pemeliharaan akan menimbulkan potensi kecelakaan yang dapat membahayakan lingkungan sekitar. Selain itu, kegiatan pemeliharaan generator dapat meningkatkan efisiensi dan produksi energi listrik pada pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP). Pemeliharaan generator yang rutin dan berkala dapat memperpanjang umur operasional generator, sehingga dapat meminimalisir biaya perbaikan dan penggantian komponen generator serta dapat mengurangi waktu henti operasional generator (*downtime*). Pemeliharaan generator bukan hanya sekedar kegiatan teknis saja. Akan tetapi, hal ini dilakukan sebagai tindakan dalam manajemen fasilitas yang efektif. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan generator pada pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) sangat penting dilakukan dengan teratur dan sesuai dengan jadwal pemeliharaan. Tujuannya adalah untuk memastikan kinerja optimal generator dalam memproduksi energi listrik yang stabil dan berkelanjutan.

Pada proses pemeliharaan terdapat beberapa jenis pemeliharaan yaitu pemeliharaan preventif, pemeliharaan prediktif, dan pemeliharaan korektif. Pemeliharaan preventif adalah jenis pemeliharaan yang dilakukan pada komponen mesin dengan tujuan mencegah terjadinya kerusakan, atau dengan kata lain pemeliharaan yang direncanakan untuk tujuan pencegahan (*preventive*) [5]. Pemeliharaan prediktif adalah jenis pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemantauan dan analisis pada suatu komponen peralatan atau mesin [6]. Pemeliharaan korektif adalah upaya perawatan yang bertujuan untuk mengembalikan fungsi mesin yang telah mengalami kerusakan, termasuk kerusakan ringan, sedang, atau parah, sehingga mesin tersebut dapat kembali beroperasi dengan baik [5].

Berdasarkan latar belakang penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode pemeliharaan pada sistem PLTP kemudian mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari PLTP serta mengetahui solusi dari permasalahan pada kinerja PLTP.

2. BAHAN DAN METODE

A. Rotor



Gambar 1. Rotor

Rotor adalah komponen generator yang akan bergerak memutar untuk menghasilkan medan magnet yang menghasilkan tegangan dan akan diinduksikan ke

stator [7]. Di dalam rotor terdapat kutub-kutub magnet dengan belitan yang dialiri arus searah, melewati cincin geser dan sikat. Generator sinkron memiliki dua jenis tipe rotor yakni rotor berbentuk kutub sepatu (*salient pole*) dan rotor yang berbentuk kutub dengan celah udara sama rata (*cylindrical*)

B. Maintenance

Pemeliharaan merupakan rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan atau mesin tetap berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kondisi optimalnya [8]. Kegiatan pemeliharaan memegang peranan penting dalam sistem manajemen fasilitas pada suatu industri. Pemeliharaan mampu mengidentifikasi serta mengatasi berbagai risiko kerusakan sebelum kerusakan tersebut berkembang menjadi permasalahan yang lebih serius, yang pada akhirnya dapat mengancam keselamatan operasional dan menimbulkan biaya perawatan 19 yang tinggi.

C. Preventif

Pemeliharaan preventif adalah jenis pemeliharaan yang dilakukan pada komponen mesin dengan tujuan mencegah terjadinya kerusakan, atau dengan kata lain pemeliharaan yang direncanakan untuk tujuan pencegahan (*preventive*) [5]. Kegiatan pemeliharaan ini dilakukan secara rutin dan berkala dengan periode tertentu dengan kondisi mesin dalam keadaan beroperasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jenis Jenis Pemeliharaan Generator PLTP

Preventive Maintenance

PLTP melakukan kegiatan *preventive maintenance* satu kali dalam setiap bulannya. Kegiatan ini dilakukan secara rutin dan berkala untuk menjaga keandalan dari sistem generator. terdapat 6 komponen yang dilakukan pemeliharaan yakni:

a. Stator

Stator Winding (Belitan Stator)

Stator winding atau biasa disebut juga dengan belitan stator adalah kumpulan kumparan (*coils*) yang dililitkan di inti stator. Fungsi utama dari belitan stator adalah menciptakan medan magnet yang berputar yang diperlukan untuk menggerakkan rotor generator. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), biasanya menggunakan tipe generator tiga fasa dimana pada setiap fasa saling terpisah satu sama lain. Fasa pada generator tiga fasa terdiri atas kumparan U, kumparan V dan kumparan W.

Tabel 1. Temperatur Belitan Stator PLTP

	Generator 1			Generator 2		
	Kumparan U (°C)	Kumparan V (°C)	Kumparan W (°C)	Kumparan U (°C)	Kumparan V (°C)	Kumparan W (°C)
Januari	75.6	77.8	75.2	75.4	77.8	75.8
Februari	73	74.9	73.1	75.4	77.8	75.8
Maret	73	74.9	73.1	75.4	77.8	75.8
April	73	74.9	73.1	75.4	77.8	75.8
Mei	73	74.9	73.1	75.4	77.8	75.8

Temperatur belitan stator mengacu pada suhu di setiap kumparan pada generator sinkron tiga fasa. PLTP melakukan pemeriksaan dan pengukuran temperatur *stator winding* pada saat *preventive maintenance* yang dilaksanakan setiap 1 bulan sekali. Hasil pemeriksaan temperatur belitan stator tersebut dapat dilihat pada Tabel 1

Berdasarkan Tabel 1, ditemukan perbedaan temperatur kumparan stator generator 1 pada bulan januari di setiap kumparan. Pada Kumparan U, temperatur belitan stator pada bulan januari adalah 75,6°C, dan dari bulan februari hingga mei mengalami penurunan suhu sebesar 2,6°C menjadi 73°C. Penurunan suhu yang serupa terlihat pada kumparan V, dengan temperatur belitan stator pada bulan januari mencapai 77,8°C, dan dari bulan februari hingga mei mengalami penurunan sebesar 2,9°C menjadi 74,9°C. Hal yang sama terjadi pada kumparan W, dengan penurunan temperatur belitan stator sebesar 2,1°C antara bulan januari dan bulan februari hingga Mei. Pada bulan januari, kumparan W memiliki suhu 75,2°C, sementara pada bulan februari hingga mei, suhunya turun menjadi 73,1°C.

Stator Exciter

Stator Exciter adalah komponen yang menghasilkan medan magnet tetap pada stator generator. Medan magnet tetap ini diperlukan agar rotor generator sinkron dapat berputar dan menghasilkan energi listrik. Temperatur *stator exciter* adalah suhu pada masing masing kumparan *stator exciter* yang disebabkan oleh pengoperasian generator. Pemantauan dan pengendalian temperatur *stator exciter* sangat penting dilakukan mengingat fungsi dari *stator exciter* yang sangat krusial pada generator sinkron tiga fasa.

PLTP melakukan pengukuran dan pemantauan secara teratur dan berkala pada bagian stator exciter. Pengukuran *stator exciter* ini dilakukan secara berkala setiap satu bulan sekali. Berikut merupakan hasil pengukuran temperatur exciter pada PLTP.

Tabel 2. Temperatur *Stator Exciter* PLTP

	Generator 1			Generator 2		
	Kumparan U (°C)	Kumparan V (°C)	Kumparan W (°C)	Kumparan U (°C)	Kumparan V (°C)	Kumparan W (°C)
Januari	49,7	46,3	50,4	48,6	43,3	43,8
Februari	51,6	49,3	51,9	48,6	43,3	43,8
Maret	51,6	49,3	51,9	48,6	43,3	43,8
April	51,6	49,3	51,9	48,6	43,3	43,8
Mei	51,6	49,3	51,9	48,6	43,3	43,8

Dari Tabel 2, terlihat bahwa terjadi peningkatan temperatur *stator exciter* generator 1 pada masing-masing kumparan antara bulan januari dan bulan februari hingga mei. Pada bulan januari, temperatur exciter U adalah 49,7°C, tetapi dari bulan februari hingga mei, temperaturnya naik sebesar 1,9°C menjadi 51,6°C. Sama halnya dengan exciter V, dimana temperaturnya naik sebesar 3°C, dari 46,3°C pada bulan januari menjadi 49,3°C dari bulan februari hingga mei. Exciter W juga mengalami peningkatan temperatur, dari 50,4°C pada bulan januari menjadi 51,9°C dari bulan

februari hingga mei, dengan peningkatan temperatur sebesar 1,5°C.

b. Rotor

Field Voltage dan Field Current

Field Voltage atau tegangan medan merupakan tegangan yang diterapkan pada belitan medan (*Field winding*) pada rotor generator sedangkan *Field Current* merupakan arus yang mengalir pada belitan medan (*field winding*). *Field Voltage* dan *Field Current* merupakan parameter yang dapat mempengaruhi kinerja dari sistem eksitasi pada generator sinkron 3 fasa.

Tabel 3. *Field Voltage* dan *Field Current* PLTP

	Generator 1		Generator 2	
	<i>Field Voltage</i> (Volt)	<i>Field Current</i> (Ampere)	<i>Field Voltage</i> (Volt)	<i>Field Current</i> (Ampere)
Januari	11	8,10	11,1	8,6
Februari	11	7,75	11,1	8,6
Maret	11	7,75	11,1	8,6
April	11	7,75	11,1	8,6
Mei	11	7,75	11,1	8,6

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 3, untuk generator 1 nilai *field voltage* sangat stabil pada setiap bulannya dengan nilai 11 volt. Namun, untuk nilai *field current*-nya mengalami penurunan sebesar 0,35 ampere antara bulan januari dengan bulan februari hingga mei. Saat bulan januari nilai *field current*-nya bernilai 8,10 ampere akan tetapi saat bulan februari hingga mei nilai *field current*-nya menjadi 7,75 ampere. Jika dibandingkan dengan generator 2, nilai dari *field voltage* dan *field current* nya sangat stabil. Dimana pada bulan januari sampai mei nilai *field voltage*-nya sebesar 11,1 volt dan nilai *field current*-nya sebesar 8,6 ampere.

c. Bearings/Bearing Stands

Bearings adalah komponen yang berfungsi untuk menopang poros rotor generator agar dapat berputar dengan lancar dan stabil. *Bearings* membantu mengurangi gesekan dan panas yang dihasilkan selama pengoperasian generator. *Bearing stands* adalah struktur yang mendukung dan menahan bearings tersebut, memastikan bahwa bearings tetap dalam posisi yang semestinya. Terdapat 2 komponen yang dilakukan pengecekan pada saat kegiatan *preventive maintenance*. Komponen tersebut ialah pengecekan tingkat dan tekanan minyak pelumas, serta pengecekan kebocoran minyak pelumas.

Berdasarkan hasil *preventive maintenance bearings/bearing stands* menyatakan bahwa mulai dari mulai januari hingga mei kedua komponen tersebut berada pada kondisi yang baik. Hasil ini berlaku untuk generator 1 dan 2 PLTP. Kondisi “baik” pada pengecekan tingkat dan tekanan minyak pelumas menyatakan bahwa minyak pelumas terlihat normal dan berada pada tekanan 2,75 Bar, sedangkan kondisi “baik” pada pengecekan kebocoran minyak pelumas menyatakan tidak terdapat kebocoran pada minyak pelumas.

d. Air Cooler

Air Cooler merupakan bagian dari sistem pendingin generator. Sesuai dengan namanya, *air cooler* berfungsi untuk mendinginkan bagian generator dengan cara mensirkulasikan udara pada ruang generator dengan menggunakan media pendingin. Umumnya, media pendingin yang digunakan pada *air cooler* generator adalah air.

PLTP melakukan pemeliharaan rutin *air cooler* generator setiap satu kali dalam sebulan. Pemeliharaan ini meliputi pengecekan kondisi pipa *air cooler* generator dan pengukuran suhu air yang masuk dan yang keluar dari *air cooler* generator. Hasil pengecekan pipa *air cooler* generator menunjukkan bahwa dari bulan januari hingga mei, kondisinya dalam keadaan baik, tanpa adanya kebocoran air pada pipa maupun pada *radiator cooler*. Hasil ini berlaku untuk kedua generator, yaitu generator 1 dan generator 2 PLTP.

Tabel 4 Temperatur *Air Cooler* PLTP

	Generator 1		Generator 2	
	Temperatur Hot/Out (°C)	Temperatur Cold (°C)	Temperatur Hot/Out (°C)	Temperatur Cold (°C)
Januari	54,4	36,1	54,9	34,7
Februari	56,3	41,2	54,9	34,7
Maret	56,3	41,2	54,9	34,7
April	56,3	41,2	54,9	34,7
Mei	56,3	41,2	54,9	34,7

Berdasarkan Tabel 4, pada generator 1, terlihat bahwa suhu air yang dikeluarkan oleh *air cooler* pada bulan januari mencapai 54,4°C, sementara pada bulan februari hingga mei, suhu tersebut meningkat menjadi 56,3°C. Dengan demikian, terjadi peningkatan suhu air yang dikeluarkan oleh *air cooler* generator 1 sebanyak 1,9°C. Sama halnya dengan suhu air yang masuk ke dalam *air cooler* generator 1, pada bulan januari suhu airnya tercatat sebesar 36,1°C, tetapi pada bulan februari hingga mei, suhu air yang masuk ke dalam *air cooler* mencapai 41,2°C. Dengan demikian, terdapat selisih suhu air yang masuk ke dalam *air cooler* generator 1 sebesar 5,1°C.

e. Pentanahan

Pentanahan atau dalam dunia teknik dikenal dengan pembumian adalah sistem keamanan kelistrikan yang menghubungkan peralatan atau instalasi listrik dengan tanah (bumi), dalam hal ini adalah generator. Tujuan dari sistem ini adalah untuk melindungi manusia dari risiko kejutan listrik dan juga melindungi komponen-komponen instalasi dari potensi bahaya yang disebabkan oleh tegangan arus yang tidak normal. Unit PLTP telah melakukan pemeriksaan pentanahan generator dalam setiap bulannya. Hasil *preventive maintenance* pentanahan generator menunjukkan bahwa mulai bulan januari hingga mei kondisi pentanahan generator 1 dan generator 2 dalam keadaan baik. Kondisi “baik” disini menyatakan bahwa baut atau sambungan pentanahan generator dalam kondisi kencang.

Tabel 5. Hasil Pengecekan Pentanahan Generator PLTP

	Pentanahan	
	Generator 1	Generator 2
Januari	Baik	Baik
Februari	Baik	Baik
Maret	Baik	Baik
April	Baik	Baik
Mei	Baik	Baik

f. Earthing Brushes (Sikat Pentanahan)

Earthing brushes (sikat pentanahan) adalah alat dalam sistem grounding yang menjaga peralatan listrik yang bergerak agar selalu terhubung dengan tanah. Sikat ini mencegah lonjakan arus listrik berbahaya pada peralatan yang berputar, dalam hal ini adalah generator. Dalam pemeliharaan *earthing brushes* terdapat 2 komponen yang dilakukan pengecekan oleh tim pemeliharaan PLTP yakni pembersihan dan pemeriksaan visual kondisi kontak antara *earthing brushes* dan poros, serta pengukuran tegangan poros.

Berdasarkan hasil *preventive maintenance* yang dilakukan oleh PLTP pada setiap bulannya menunjukkan bahwa kondisi kedua komponen tersebut dalam keadaan baik mulai dari bulan januari hingga mei. Dimana, kondisi “baik” pada pembersihan dan pemeriksaan visual kondisi kontak antara *earthing brushes* dan poros menyatakan bahwa *earthing brush* area bersih dan panjang *brush* cukup, sedangkan kondisi “baik” pada pengukuran tegangan poros menyatakan bahwa hasil ukur tidak dapat kebocoran pada poros.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah metode pemeliharaan yang dilakukan di PLTP meliputi pertama, cleaning area generator. Kedua, *preventive maintenance* yang terdiri atas pemeriksaan *stator*, rotor, *bearings/bearing stands*, *air coolers*, pentanahan dan *earthing brushes*. Ketiga, minor inspection yang terdiri atas pemeriksaan mekanik dan listrik & instrument control dan keempat, major overhaul yang terdiri atas pengujian relay proteksi generator, pengujian resistansi winding generator serta pengujian resistance exciter dan generator.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] C. Sihombing, "Analisa Efisiensi Termal Turbin, Kondensor, dan Menara Pendingin pada Pembangkit Listrik Panas Bumi," vol. X, p. 5, 2020.

[2] N. G. T. P. Zaputra, "Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan dan Kecepatan Putar Terhadap Efisiensi Pada Permanent Magnet Synchronous Generator 18 Slot 16 Pole," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. VIII, no. 2, pp. 1-2, 2022.

[3] Z. Anthony, "Mesin Listrik Dasar," ITP PRESS, Padang, 2018.

[4] M. Y. A. Islami, "Optimalisasi Perawatan Diesel Generator No. 1 Guna Menunjang

Pengoperasian Pada Kapal MV. Indonesia Bulker, Jakarta: Kementerian Perhubungan Badan Pengembangan SDM Perhubungan Sekolah Tinggi Pelayaran," Jakarta, 2021.

- [5] P. Z. M. d. Denis, "Studi Penggunaan dan Pemeliharaan Cooling Water Sytem di PLTA Asahan-1 PT PJB Service," *Electronica and Electrical journal of Innovation Technology*, vol. IV, no. 1, p. 33, 2023.
- [6] P. D. Saputra, Usulan Perawatan Mesin Generator Set 6.D15 Mitsubishi Menggunakan Metode Reability Centerec Maintenance (RCM) di Perumahan Staff PT. Surya Intisari Raya Perawang, Riau: Universitas Syarif Kasim , 2023.
- [7] R. H. Y. S. M. Farhan, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 PLTMH Curug," *Jurnal Simetrik*, vol. XI, no. 1, p. 399, 2021.
- [8] I. D. Pranowo, "Sistem dan Manajemen Pemeliharaan," deepublish Publisher , Yogyakarta, 2019.