

# STUDI INSPEKSI DAN PEMELIHARAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI SIPANSIHAPORAS UNIT 1 SIBOLGA SUMATERA UTARA

Mifthahurrazaq Al Ghifari<sup>1</sup>, Yassir<sup>2</sup>, Zulfikar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: mifthahurrazaq@gmail.com<sup>1</sup>, yassirasnawi@gmail.com<sup>2</sup>, [zul\\_elka@pnl.ac.id](mailto:zul_elka@pnl.ac.id)

## ABSTRAK

PLTA Sipansihaporas di Sibolga Sumatera Utara menghasilkan energi listrik 50 MW yang dibagi menjadi dua Power Station (PS) yang mana pada Power Station 1 menghasilkan energi listrik 33 MW dan Power Station 2 menghasilkan energi listrik 17 MW yang diharapkan mampu memproduksi energi sebesar 203,6 GWh per tahun. Maka tujuan penelitian ini penulis melakukan inspeksi dan pemeliharaan pada PLTA Sipansihaporas unit 1 ini melakukan Pengujian Peralatan pada pembangkit listrik tenaga air dan Scope Pekerjaan pada inspeksi dan pemeliharaan pembangkit listrik tenaga air di PLTA Sipansihaporas unit 1. Dalam proses pengujian pada performance peralatan pada pembangkit di PLTA Sipansihaporas unit 1 pada pengujian elektrikalnya hanya yang di uji Insulation resistancenya saja yang mana mengukurnya menggunakan alat ukur Megger dan untuk pengukuran mekanikalnya menggunakan fuller gauge. Pada Scope Pekerjaan pemeliharaan pada pembangkit listrik tenaga air di PLTA Sipansihaporas unit 1 penelitian mengenai jadwal – jadwal kegiatan pada Scope Pekerjaan Inspeksi dan Pemeliharaan pada PLTA Sipansihaporas unit 1.

**Kata Kunci:** Inspeksi, Pemeliharaan, PLTA, Pembangkit

## I. PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya jumlah penduduk kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan di Indonesia bertambah. Sejatinya tidak sejalan dengan persebaran listrik yang tidak merata. Sehingga persebaran penggunaan listrik hanya menjangkau daerah perkotaan, sedangkan daerah pelosok belum mendapatkan pasokan listrik yang cukup. Pembangkit listrik tenaga air sebagai energi listrik yang memanfaatkan bentuk perubahan dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik. Untuk mengantisipasi kebutuhan akan energi listrik terutama menggunakan sumberdaya air seperti PLTA. Keberadaan dan dibangunnya PLTA sipansihaporas untuk menunjang sistem kelistrikan yang ada di Sumatera Utara dan Aceh juga mempunyai arti khusus didalam pertumbuhan kegiatan usaha ketenagaan listrik di Indonesia saat ini.

PLTA sipansihaporas berlokasi didesa Husor, Sibuluan dan Sihaporas Kecamatan Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah Propinsi Sumatera Utara, mempunyai 50 MW (33MW + 17 MW) dan diharapkan mampu memproduksi energi sebesar 203,6 GWh per tahun. Adapun pusat listrik yang ada di sipansihaporas, terdiri dari dua power station dan satu dam site. Antara power station 1 (PS1) dan power station 2 (PS2) letaknya tidak pada satu elevasi, tapi bertingkat yaitu, PS1 terletak pada elevasi 107 meter dari atas permukaan laut. Operation komersial pada September tahun 2004 dengan daya terpasang 33MW, PS2 terletak pada elevasi 36,8 meter dari atas permukaan laut. Operation komersial pada September tahun 2002 dengan daya terpasang 17MW, serta dam site terletak pada elevasi 239 meter dari atas permukaan laut yang berfungsi sebagai regulator untuk

pasokan air ke PLTA PS1. PLTA sipansihaporas merupakan pembangkit listrik tenaga air yang dapat membangkitkan daya sebesar 50MW. Bersumber dari dua power station yaitu power station 1 di upstream, yang merupakan pembangkit listrik tenaga air tipe kolam (pondage) dengan konstruksi regulating dam dari pertemuan tiga aliran sungai yaitu: air sungai aek sarumanggita, aek natolbak, aek bargot. Power station 2 yang terletak di downstream merupakan pembangkit listrik tenaga air tipe run of river, yaitu memanfaatkan air keluaran (*tailrace*) dari power station 1. Kedua power house pembangkit ini menggunakan tipe semi bawah tanah (*Ground Type*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsep perhitungan efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar spesifik mesin gas serta pengaruh dari variasi beban yang terjadi pada setiap jam terhadap efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar mesin gas pada PLTMG.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas

*Performance analysis of propeller turbine open flume* tipe TC 60 kapasitas 100 W terhadap perubahan debit, penelitian ini bertujuan menganalisa performance dari turbin *propeller open flume* TC 60 yang dipengaruhi oleh perubahan debit. Metode yang digunakan adalah metode analisis deskriptif. Pengujian turbin dimulai dengan membuat 9 rentang debit air yaitu mulai dari 1,28 liter / detik hingga 4,85 liter / detik kemudian dilakukan pengujian pada setiap debit air tersebut. [1]

Scope pekerjaan pemeliharaan inspection, merupakan pemeliharaan 40.000 jam atau setara dengan 5 (lima) tahunan. Pelaksanaan Inspeksi turbin unit 1 dilaksanakan bertujuan untuk meningkatkan optimalisasi performa dan menjaga keandalan pasokan energi listrik terutama menjelang siaga natal dan tahun baru.[2]

Scope pekerjaan inspeksi turbin unit 1 meliputi pengukuran awal (run out check sebelum Inspeksi) untuk mengetahui deviasi shaft, runner, dan rotor sebelum dilakukan sebelum dilakukan pembongkaran. Tahap inspeksi dan perawatan dilakukan pada seluruh bagian turbin dan generator secara menyeluruh meliputi, peralatan utama dan peralatan penunjang, melakukan pengukuran pada part – part kritical serta mengganti beberapa part dengan sparepart baru.

#### B. Pembangkit Tenaga Air

Air merupakan salah satu sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Salah satu penggunaan energi air yang sangat esensial adalah manfaatnya untuk menghasilkan energi listrik. Jumlahnya yang berlimpah menjadikan air sebagai salah satu sumber energi terbarukan.

Pembangkit listrik tenaga air adalah bentuk sumber daya energi terbarukan, yang berasal dari air yang mengalir. Untuk menghasilkan listrik, maka sumber air yang digunakan sebagai sumber energi harus bergerak (air terjun atau air mengalir). Ketika air terjatuh dari ketinggian tertentu akibat gaya gravitasi, maka di dalam air tersebut memiliki energi potensial yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik. Menurut lembaga energi internasional (IEA), pasokan pembangkit listrik tenaga air skala besar saat ini mencapai 16% dari kebutuhan listrik dunia. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (SDM) Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Makro Hidro (PLTM/ PLTMH) sebesar 770 MW dan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Indonesia diperkirakan sebesar 75.000 Megawatt (MW). Adapun kelebihan PLTA ialah energi terbarukan karena PLTA menggunakan air sebagai sumber energi yang sepenuhnya dapat diperbarui dan tidak akan pernah habis kecuali air berhenti mengalir, tidak melepaskan emisi ke atmosfer berbeda dengan pembangkit lainnya, menghasilkan lebih banyak energi saat dibutuhkan atau mengurangi produksi/ output energi saat tidak diperlukan, dan mendorong pembangunan daerah. Kekurangan PLTA ialah lokasi yang terbatas, biaya awal yang cukup tinggi serta rentan terhadap kekeringan.[3]

#### C. Komponen PLTA

Terdapat komponen penyusun PLTA. Ada banyak penggolongan bendungan. Seperti bahan, konstruksi, pengambilan air, dan sebagainya. Secara umum, bendungan untuk PLTA digunakan untuk menampung air persediaan untuk jangka waktu tertentu, dan untuk menaikkan tinggi permukaan air terhadap poros turbin. Tetapi apabila hanya digunakan untuk PLTA saja efisiensi bendungan menjadi buruk. Karena bendungan dapat juga

dimanfaatkan untuk keperluan lain. Sehingga bendungan dapat dikatakan bendungan serba guna (*multi-purpose*).

Syarat yang cukup penting dari sebuah bendungan adalah bendungan tersebut harus dapat menahan resepan air. Oleh karena itu, biasanya pada bendungan yang terbuat dari beton akan dilapisi oleh lapisan licin yang tahan air pada bagian yang terkena langsung air. Sedangkan pada bendungan tipe urugan pada bagian tengah bendungan dipasang dinding yang tahan rembesan. Apabila terjadi rembesan yang kecil ke dalam struktur bendungan, maka sedikit demi sedikit kebocoran tersebut akan menggoroti struktur bendungan dan pada saatnya nanti akan menghancurkan bendungan itu sendiri. Sehingga pada perancangan dan pembangunan bendungan itu harus diperhatikan dengan seksama. Pada saat proses pembangunan bendungan, supaya tempat yang akan dibangun bendungan menjadi kering, digunakan saluran pengelak.

Ada peralatan penting yang harus terdapat juga dalam bendungan yaitu tersedianya saluran limbah (*spillway*). *Spillway* adalah pintu air yang dapat digunakan untuk mengendalikan kelebihan air yang ada pada waduk. Saat terjadi banjir, maka ketinggian air di waduk dapat meningkat secara drastis. Batasan debit air pasang adalah 1,2 kali debit banjir yang diperkirakan. Dengan demikian, saluran limbah ini harus diperhatikan penempatannya sehingga dapat menyalurkan air saat terjadi kenaikan permukaan air.

Pada bendungan yang terbuat dari beton, saluran limbah dapat diletakkan sedikit di bawah puncak bendungan dan dibuat supaya dapat mengalirkan air ke bawah. Tetapi pada bendungan tipe urugan hal tersebut tidak dapat dilakukan, karena dapat merusak bendungan itu sendiri. Oleh karena itu, biasanya pada bendungan tipe urugan, saluran limbah diletakkan disamping bendungan.

*Pipa penstock* merupakan terowongan saluran air yang menghubungkan *surge tank* dengan *power house* serta berfungsi untuk mengalirkan air dari intake ke turbin. Di PLTA Sipansihaporan memiliki 3 pipa penstock yang mana letaknya di unit 1 ada 2 pipa penstock dengan panjang 272 m dan di unit 2 ada 1 pipa penstock dengan masing – masing mengalirkan air ke turbin.

Turbin terdapat didalam sebuah sistem PLTA, turbin air merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat yang dirancang untuk merubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik inilah yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk roda turbin. Jadi berbeda dengan yang terjadi dengan mesin torak, pada turbin tidak terdapat bagian mesin yang bergerak transmisi. Bagian turbin yang berputar dinamakan rotor atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak bergerak dinamakan stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak didalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar beban (generator listrik, baling-baling dan lain-lain). Prinsip kerja turbin air

adalah menggunakan energi potensial dari air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Perubahan energi potensial menjadi energi mekanik dikarenakan oleh dari salah satu mekanisme yang pokok dan paling mendasar. Terdapat jenis-jenis turbin seperti turbin pelton, turbin turgo, turbin *cross-flow*, dan turbin reaksi. Generator adalah sebuah mesin yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik. Generator mengkonversikan energi dari bentuk energi mekanik menjadi energi listrik yang berlangsung di daerah medan magnet. Karena adanya energi mekanik yang diberikan pada generator, maka timbul arus listrik dalam suatu penghantar akibat perubahan medan magnet di sekitar kawat penghantar tersebut. Dalam hukum Faraday, dikatakan bahwa bila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet yang berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik (GGL).

GGL induksi yang ditimbulkan dapat diperbesar dengan cara memperbanyak lilitan kumparan, menggunakan magnet permanen yang lebih kuat, mempercepat putaran kumparan, dan menyisipkan inti besi lunak ke dalam kumparan. Arus listrik yang terjadi disebut arus imbas atau arus induksi.

Bangunan sentral (*power house*) adalah nama umum bagi fasilitas yang berisikan turbin air, generator dan mesin – mesin pembantu lainnya. Ada berbagai macam bangunan sentral menurut bagiannya yang terletak di atas tanah dan menurut bentuk pondasi turbin air dan generator. Pada umumnya apabila bangunan sentral direncanakan pemilihan lokasi dan bentuk bangunan atas tanahnya (*super structure*) penting sekali..

Governor adalah sebuah peralatan mekanis yang berfungsi untuk mengatur putaran dari sebuah mesin (turbin), yaitu dengan cara mengatur jumlah masuknya aliran fluida (air) ke turbin. Pada dasarnya kerja dari sebuah governor itu sederhana hanya menghandalkan kecepatan putaran mesin itu sendiri. Sebuah governor yang terhubung dengan sebuah poros yang berputar. Sepasang bandul dihubungkan pada poros, bandul tersebut berputar seiring dengan adanya perputaran poros. Gaya sentrifugal yang terjadi akibat adanya putaran menyebabkan bandul lempar. Bandul tersebut dihubungkan dengan collar yang terdapat pada poros, collar akan naik sesuai dengan perherakan keluar dari gaya berat pada bandul dan jika bandul bergerak turun maka collar akan bergerak turun, Pengerakan collar ini digunakan untuk mengoperasikan atau mengatur aliran fluida.[4]

#### D. Pengukuran *Insulation Resistance*

Nilai *Insulation Resistance Test* / Megger Test merupakan pengujian yang paling mudah dan sederhana untuk menentukan kemampuan isolasi. Megger Test ini dilakukan pada stator dan rotor generator, selain itu juga dapat diterapkan pada semua mesin atau lilitan kecuali rotor motor sangkar tupai karena tidak mempunyai isolasi untuk ditest. Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini disebut Mega Ohm Meter atau Megger

Tester atau Megger. Nilai resistansi minimumnya adalah sebesar tegangan operasi dalam KV ditambah 1 kemudian dikalikan 100 MΩ yang dapat di rumuskan dan hasil data pengukuran sebagai berikut:

$$R_{\min} = (V_{rms} + 1) \times 100 \text{ M}\Omega \quad (1)$$

Keterangan:

Rmin = Resistansi minimum lilitan (MΩ)

Vrms = Tegangan kerja dalam KV (Line – to – Line)

*Index* yang biasa digunakan dalam menunjukkan pembacaan megger dikenal sebagai dielektrical absorption, yang diperoleh dengan pembacaan yang berkelanjutan untuk periode selama 10 menit, megger akan mempunyai kemampuan untuk mempolarisasikan untuk mencharger kapasitansi tinggi ke isolasi stator, dan pembacaan resistansi akan meningkat jika isolasi bersih dan kering. Rasio pembacaan 10 menit dibandingkan pembacaan 1 menit dikenal sebagai *Polarization Index (PI)* atau Indeks Polarisasi (IP).

Jika nilai *Polarization Index (PI)* terlalu rendah ini mengindikasikan bahwa lilitan mungkin tidak bagus atau terkontaminasi oli, kotoran, serangga, atau terbasahi oleh air (lembab). Besar *Polarization Index (PI)* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PI = \frac{\text{Pengukuran } R_{IS} \text{ 10 menit}}{\text{Pengukuran } R_{IS} \text{ 1 menit}} \quad (2)$$

Nilai parameter *Polarization Index (PI)* menurut standart IEEE 43- 2000 tentang *Polarization Index* dan Resistance Isolasi adalah sebagai berikut:

lebih rendah dari 1.0 = Berbahaya

1.0 sampai 1.4 = Buruk

1.5 sampai 1.9 = Dipertanyakan

2.0 sampai 2.9 = Cukup Bagus

3.0 sampai 4.0 = Bagus

Lebih dari 4.0 = Sangat Bagus

Jika nilai PI kurang dari 2.0 maka kemungkinan adanya kontaminasi pada isolasi stator, misalnya isolasi winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator.

### III. METODOLOGI

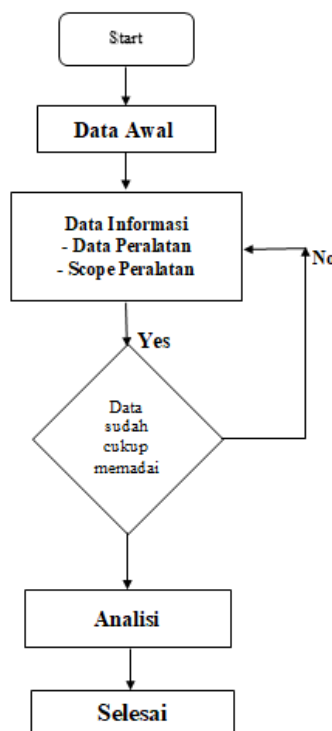
#### A. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada pembangkit listrik Tenaga Air (PLTA) di Sipansihaporas didesa Husor, Sibuluan dan Sihaporas Kecamatan Sibolga, Kabupaten Tapanuli Tengah Propinsi Sumatera Utara. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.



Gbr 1 Lokasi PLTA Sipansihaporas

B. Flowchart Penelitian



Gbr.2 Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Peralatan Pembangkit Dan Scope Pekerjaan Pada Pemeliharaan

Data hasil penelitian pengujian peralatan pembangkit yang datanya terdapat pada hasil pengukuran IR (*Insulation Resistance*) Test generator, pada PLTA Sipansihaporas unit 1

TABEL II

. Hasil Pengukuran IR (*Insulation Resistance*) Test Generator

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
10 KV	U – G	3,35 GΩ	11,40 GΩ	3,41
	V – G	2,12 GΩ	5,74 GΩ	2,71
	W – G	2,7 GΩ	8,95 GΩ	3,31
500V	U – V	5,6 GΩ	18,28 GΩ	3,26
	U – W	10,95 GΩ	44,9 GΩ	4,10
	V – W	11,06 GΩ	29,2 GΩ	2,64

Data pada tabel 2 merupakan nilai PI yang dibawah 2.0 itu kemungkinan adanya kontaminasi pada isolasi stator, misalnya isolasi winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator. Dan ada juga yang nilai PI yang diatas 2.0 sampai dengan 4.0 itu berarti tahanan isolasinya tidak ada nya kontaminasi pada isolasi stator pada generator.

TABEL III

. Data Hasil Pengukuran Test Kebocoran Cooler Radiator

Cooler Generator	Presure	Waktu	Keterangan
Cooler Generator Nomor 1	1 MPA	10 Menit	OK
Cooler Generator Nomor 2	1 MPA	10 Menit	OK
Cooler Generator Nomor3	1 MPA	10 Menit	OK
Cooler Generator Nomor 4	1 MPA	10 Menit	OK
Cooler Generator Nomor 5	1 MPA	10 Menit	OK
Cooler Generator Nomor 6	1 MPA	10 Menit	OK

Cara melakukan inspeksi kebocoran air pada cooler radiator adalah dengan cara mengetes tekanan pada system pendinginan adalah sebagai berikut:

1. Mengisi air radiator hingga 1 MPA
2. Memberikan tekanan pompa ke radiator melalui leher pengisian
3. Menaikkan tekanan pada system dan jangan melebihi tekanan standar pada system yang sudah ditentukan.
4. ketika system dalam keadaan bertekanan lihat gauge atau alat pengukur. Jika tekanan tidak berubah berarti system dalam keadaan bagus. Jika tekanan turun periksa kembali hubungan leher pengisian untuk memastikan kebocoran, apakah sudah kencang atau tidak, dan hosanya lepas atau kebocoran.
5. Jika hose dan hubungan leher dalam keadaan bagus, atau semuanya bagus, tetapi tekanan tetap turun, maka terjadi kebocoran pada cooling system.

TABEL IV  
Data Hasil Pengukuran Ketebalan Pada *Carbon Brush*

No	Carbon Bush	Ketebalan (mm)	Kondisi	Keterangan
1	1A	42,59	Baik	
2	2A	44,36	Baik	
3	3A	46,52	Baik	
4	4A	43,72	Baik	
5	5A	48,20	Baik	
6	6A	43,25	Baik	
7	7A	44,28	Baik	
8	8A	45,62	Baik	
9	9A	45,27	Baik	
10	10A	48,2	Baik	
11	1B	35,65	Baik	Diganti
12	2B	35,15	Baik	Diganti
13	3B	35,75	Baik	Diganti
14	4B	34,80	Baik	Diganti
15	5B	35,80	Baik	Diganti
16	6B	34,91	Baik	Diganti
17	7B	36,43	Baik	Diganti
18	8B	35,43	Baik	Diganti
19	9B	34,82	Baik	Diganti
20	10B	36,93	Baik	Diganti

Pada tabel 4 penyebab *carbon brush* cepat habis adalah sebagai berikut:

1. Kualitas yang kurang baik sehingga cepat panas dan mudah terbakar akibat gesekan ekstrim
2. Pemakaian mesin yang terlalu lama dan dipaksa serta cara pakai yang salah
3. Menggunakan bearing yang sudah rusak, sehingga putaran armature yang tidak stabil dan mengakibatkan proses pembakaran tidak normal sehingga mengakibatkan *carbon brush* habis tidak merata.

*Carbon brush* dirancang berdasarkan kekerasan dan komposisi untuk tujuan yang berbeda – beda. Fungsi *carbon brush* pada motor listrik dan generator sifatnya hanya terbalik, namun memiliki prinsip kerja dan fungsi yang sama. *Carbon brush* terdiri dari bubuk karbon dengan komposisi campuran tertentu yang didapatkan dengan menggunakan tekanan tinggi pada pembentukan awal dan diproses dengan suhu tinggi sekitar 1200 °C dan mengapa ketebalan pada *carbon brush* dibawah 40 mm harus diganti karena ketebalan pada *carbon brush* sudah tidak layak dipakai walaupun dalam kondisi baik.

TABEL V.  
Data Hasil Pengukuran Insulation Resistance Lubricating Oil

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
250 V	HV-Ground	8,6 GΩ	13,32 GΩ	1,12
	LV-Ground	57,2 GΩ	62,72 GΩ	1,09
	HV-LV	10,7 GΩ	16,07 GΩ	1,5

Data Lubricating Oil pada tabel 5 ini nilai PI terdapat dibawah 2.0 yang kemungkinan adanya kontaminasi pada isolasi stator, misalnya isolasi winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat

penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator.

TABEL VI.  
Data Hasil Pengukuran Insulation Resistance Trafo Ground

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
500 V	Phasa – Ground (Lubricating Oil)	2,75 MΩ	3,28 MΩ	1,19

Data pada tabel 6 nilai PI yang dibawah rata – rata 2.0 itu kemungkinan adanya kontaminasi pada isolasi stator, misalnya isolasi winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator. Untuk memenuhi standart PI yang sudah ditentukan yaitu diatas 4.0 maka tahanan isolasi pada trafo ground harus diperhatikan atau diganti tahanan isolasi yang memenuhi standart nilai PI.

TABEL VII.  
Data Hasil Pengukuran Insulation Resistance Primary Pump A

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
500 V	U - G	2,31 GΩ	3,20 GΩ	1,39
	V - G	3,72 GΩ	6,30 GΩ	1,43
	W - G	6,92 GΩ	8,49 GΩ	1,23
500 V	U - V	5,66 GΩ	9,92 GΩ	1,75
	U - W	14,75 GΩ	26,1 GΩ	1,77
	V - W	19,42 GΩ	1,96 GΩ	1,01

Data pada tabel 7 nilai PI yang dibawah rata – rata 2.0 itu kemungkinan adanya kontaminasi pada isolasi stator, misalnya isolasi winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator. Untuk memenuhi standart PI yang sudah ditentukan yaitu diatas 4.0 maka tahanan isolasi pada Primary Pump A harus diperhatikan supaya tahanan isolasinya memenuhi standart nilai PI.

TABEL VIII  
Data Hasil Pengukuran Insulation Resistance Primary Pump B

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
500 V	U - G	43,6 GΩ	65,1 GΩ	1,48
	V - G	36,1 GΩ	36,7 GΩ	1
	W - G	32,4 GΩ	52,1 GΩ	1,61
500 V	U - V	48,8 GΩ	18,2 GΩ	1,8
	U - W	41,2 GΩ	86,6 GΩ	1,97
	V - W	43,1 GΩ	87,5 GΩ	2,03

Data Trafo PS pada tabel 8 terlihat nilai PI yang dibawah 2.0 kemungkinan adanya kontaminasi pada isolasi stator winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator. Dan ada juga yang tahanan isolasinya OL itu menandai over load (melebihi batas ketentuan) pada tahanan isolasi itu sendiri, nilai PI yang diatas 2.0 sampai melebihi 4.0 itu berarti tahanan isolasinya bagus kemungkinan tidak adanya berkontaminasi pada isolasi stator pada Trafo PS.

TABEL IX.  
Data Hasil Pengukuran Insulation Resistance Scondary Pump A

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
500 V	U - G	55,1 GΩ	126,4 GΩ	2,93
	V - G	22,6 GΩ	31,6 GΩ	1,41
	W - G	44,2 GΩ	79,1 GΩ	1,79
500 V	U - V	72,78 GΩ	230 GΩ	3,16
	U - W	109 GΩ	353 GΩ	3,24
	V - W	56,5 GΩ	175,7 GΩ	3,11

Data scondary pump A pada tabel 9 dapat dilihat nilai PI yang dibawah 2.0 itu lebih sedikit karena sebagian tahanan isolasi memenuhi standart nilai PI yang sudah ditentukan yaitu diatas 2.0 sampai melebihi 4.0, yang dibawah 2.0 itu tidak memenuhi standart nilai PI berarti nilai tahanan isolasinya berkontaminasi pada isolasi stator winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu di perhatikan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator.

TABEL X  
Data Hasil Pengukuran Insulation Resistance Scondary Pump B

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
500 V	U - G	4,65 GΩ	6,7 GΩ	1,75
	V - G	4,92 GΩ	7,56 GΩ	1,43
	W - G	3,78 GΩ	5,1 GΩ	1,33
500 V	U - V	12,7 GΩ	18,2 GΩ	1,52
	U - W	15,2 GΩ	21,22 GΩ	1,57
	V - W	16,8 GΩ	23,4 GΩ	1,74

Data scondary pump B pada tabel 10 dapat dilihat nilai PI yang dibawah 2.0 itu lebih banyak karena tahanan isolasi tidak memenuhi nilai standart PI yang berarti nilai tahanan isolasinya berkontaminasi pada isolasi stator winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu di perhatikan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator supaya dapat memenuhi nilai standart PI yaitu 2.0 sampai melebihi 4.0.

TABEL XI.  
Data Hasil Pengukuran Insulation Resistance Strainer A & B

Voltage	Phase	1 Menit	10 Menit	PI
500 V	Phasa- Ground (Stainer A)	1,128 G	1,830 G	1,62
	Phasa- Ground (Stainer B)	1,038 G	1,057 G	1,02

Data *strainer* A & B pada tabel 11 ini dapat dilihat nilai PI yang dibawah 2.0 itu lebih banyak karena tahanan isolasi tidak memenuhi nilai standart PI yang berarti nilai tahanan isolasinya berkontaminasi pada isolasi stator winding terlalu banyak menyerap uap air (lembab) atau terdapat penumpukan kotoran konduktive, sehingga perlu di perhatikan pemeliharaan yaitu membersihkan winding stator dari kontaminasi kotoran atau dengan cara mengeringkan winding stator supaya dapat memenuhi nilai standart PI yaitu 2.0 sampai melebihi 4.0. Data pada scope pekerjaan pada pemeliharaan pembangkit PLTA Sipansihaporas unit 1 ini yang dilakukan pada Generator, Turbin, Primary Pump A dan b, Scondary Pump A dan B, Strainer A dan B, Governor A dan B, dan Main Trafo hanya pengukuran tahanan *Insulation Resistance*. Pada bagian Auxiliaries, Drainage System, Air Supply System, Battery dan Charger, System Excitation, MCC, Low Voltage Circuite Breaker, Medium Voltage Switchgear, Control System, Gate, Civil Work yang hanya dilakukan inspeksi dan pemeliharaannya.

B. Hasil Pengukuran Mekanik

Untuk mendapatkan hasil pengukuran pada *Clearence Turbine Guide Vane* ini mempunyai dua sisi yang mana pada posisi jarak upper berada diatas vane dan posisi jarak lower berada dibawah vane, sedangkan outer itu berada diantara 1 vane dengan vane yang lain. Menggapa outer itu hasilnya 0 karena outer itu berada disisi bagian luar setiap vane lain itulah mengapa outer hasilnya 0 karena pada bagian *upper*, *lower* maupun *outer* itu tidak ada celah untuk mengukurnya begitu juga dengan vane 1 dan vane 2, hasilnya 0 karena tidak ada celah untuk alat ukur *Fuller Gauge* untuk mengukurnya.

Pada alat ukur *fuller gauge* itu sendiri memiliki ukuran yang berbeda ada yang 0,01 mm – 0,1 mm, dan ada yang 0,01 – 1 mm, jika kita menggunakan alat ukur *fuller gauge* yang lebarnya 0,01 tidak dapat mengukurnya maka bisa dikatakan *clearancenya* adalah 0.

C. Instruksi Kerja

Instruksi kerja ini disusun untuk bertujuan sebagai pendoman untuk melaksanakan inspeksi dan pemeliharaan pada PLTA Sipansihaporas. Instruksi kerja ini mendefinisikan kegiatan dan tanggung jawab pada saat persiapan, pembongkaran, pengujian IR test sisi stator, pengujian IR test sisi rotor, pengukuran resistansi belitan sisi stator, pengukuran resistansi belitan rotor, dan

pemasangan kembali. Adapun alat yang digunakan berupa APD (alat pelindung diri) seperti *safety helmet*, *safety shoes*, *waterpack*, sarung tangan, *ear plug*, maskersertambahan yang digunakan berupa majun, *contact cleaner*, *isolasi scotch 69*, kuas, *spay vasnish*, plastik 5 kg dan alat bantu lainnya berupa *combination wrench 14 mm*, *socket wrench 19 mm*, kabel *grounding 3m*, *combination wrench 19 mm*, *insulation resistance tester*, *torgue wrench*, *cutter*, *multimeter*, kunci kombinasi 12, 19, 24, dan 36 mm, kunci *socket 19, 24, dan 36 mm*, kunci 1 ukuran 2 mm, kunci *moment*, *tang snap ring*, *pry bar*, sikat baja, sekrup, palu, *bearing puller*, *bearing heater*, dial indikator, lever/ pengungkit.

## V. KESIMPULAN

1. Proses pengujian *performace* peralatan pada inspeksi dan pemeliharaan pada pembangkit di PLTA Sipansihaporas unit 1 untuk nilai pada pengujian *insulation resistancenya* terdapat tidak memenuhi standart dan nilai PI (*Polarization Index*) yang mana nilai standart PI 2.0 sampai melebihi 4.0.
2. Pada data scope pekerjaan pemeliharaan pada pembangkit listrik tenaga air di PLTA Sipansihaporas unit 1 yaitu data mengenai jadwal – jadwal kegiatan apa saja yang akan dilakukan untuk penginspeksi dan pemeliharaan pada pembangkit listrik tenaga air di PLTA Sipansihaporas unit 1.

## REFERENSI

- [1] Wahyu K. Sugandi Dkk 2021 *Performance analysis of propeller turbine open flume tipe TC 60 kapasitas 100 W*
- [2] Bayu Herjunadi (2021) **Scope pekerjaan pemeliharaan inspection**
- [3] Mahesa Gusti Rianta ST., M. Sc 2018. **Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Makro Hidro (PLTM/ PLTMH) sebesar 770 MW dan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Indonesia diperkirakan sebesar 75.000 Megawatt (MW).**
- [4] Sri Sadono, 2013. **Governor sebuah peralatan mekanis yang berfungsi untuk mengatur putaran dari sebuah mesin (turbin), yaitu dengan cara mengatur jumlah masuknya aliran fluida (air) ke turbin**