

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor listrik tegangan menengah (6 kV) merupakan salah satu peralatan vital pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), digunakan untuk menggerakkan peralatan penunjang utama seperti *Boiler Feed Pump* (BFP), *Circulating Water Pump* (CWP), *Forced Draft Fan* (FDF) [1], dan *Induced Draft Fan* (IDF). Keandalan motor 6 kV sangat menentukan kelancaran operasi unit pembangkit. Jika motor mengalami kegagalan, maka operasi unit dapat terganggu bahkan berhenti [2].

Parameter penting yang menunjukkan kondisi kelayakan motor adalah tahanan isolasi (*Insulation Resistance*, IR). Nilai IR yang rendah mengindikasikan adanya kelembaban, kontaminasi, atau degradasi isolasi, yang berpotensi menyebabkan kegagalan start dan kerusakan permanen [3]. Pada kondisi *Reserve Shutdown* (RSH), motor tidak beroperasi dalam jangka waktu lama. Hal ini membuat suhu motor mendekati suhu lingkungan, sehingga meningkatkan risiko kondensasi pada belitan. Kondensasi inilah yang menurunkan nilai IR motor [4].

Kondisi *Reserve Shutdown* pada unit pembangkit merupakan status operasional di mana unit pembangkit tidak beroperasi secara aktif, namun tetap dipertahankan dalam kondisi siap untuk dioperasikan kembali apabila dibutuhkan oleh sistem. Dalam kondisi ini, sebagian besar peralatan utama dan peralatan bantu tidak bekerja secara kontinu, tetapi tetap berada dalam status siaga dengan pengawasan terbatas.

Status *Reserve Shutdown* umumnya diterapkan pada pembangkit untuk menyesuaikan keseimbangan sistem kelistrikan, baik akibat perubahan beban, kondisi operasi jaringan, maupun kebijakan pengaturan operasi pembangkit. Durasi kondisi ini dapat berlangsung dalam rentang waktu yang bervariasi, mulai dari beberapa hari hingga beberapa minggu, tergantung pada kebutuhan operasi sistem dan keandalan unit pembangkit.

Selama periode *Reserve Shutdown*, peralatan yang bersifat dinamis, seperti motor listrik dan sistem mekanis lainnya, berada dalam kondisi tidak beroperasi, sehingga karakteristik operasionalnya berbeda dibandingkan saat unit berada dalam kondisi

beroperasi normal. Perbedaan kondisi ini menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan dalam menjaga kesiapan dan keandalan peralatan pembangkit.

Di PLTU UP Bukit Asam, kondisi *Reserve Shutdown* dapat terjadi dalam periode tertentu yang ditentukan berdasarkan kebutuhan sistem kelistrikan serta kondisi operasional unit pembangkit. Penerapan kondisi ini umumnya berkaitan dengan pengaturan operasi unit agar tetap selaras dengan permintaan beban sistem, jadwal pemeliharaan, maupun optimalisasi operasi pembangkit secara keseluruhan.

Pada periode *Reserve Shutdown*, unit pembangkit tetap dijaga dalam kondisi siap operasi, meskipun sebagian besar peralatan tidak dijalankan secara kontinu. Kondisi lingkungan di sekitar pembangkit, seperti temperatur dan kelembaban udara, tetap memengaruhi peralatan yang berada dalam kondisi idle. Hal ini menjadi perhatian tersendiri, terutama bagi peralatan listrik dengan sistem isolasi yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Oleh karena itu, kondisi *Reserve Shutdown* di PLTU UP Bukit Asam tidak hanya berdampak pada aspek kesiapan operasi unit, tetapi juga berpotensi memengaruhi kondisi teknis peralatan listrik yang berada dalam keadaan tidak beroperasi dalam jangka waktu tertentu.

Motor listrik tegangan menengah 6 kV yang berada dalam kondisi *idle* selama periode *Reserve Shutdown* berpotensi mengalami penurunan kualitas sistem isolasi. Kondisi ini terutama dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti kelembaban udara yang relatif tinggi, yang dapat berinteraksi dengan material isolasi motor.

Pada saat motor tidak dioperasikan, tidak terjadi proses pemanasan internal yang biasanya membantu menjaga kondisi isolasi tetap kering. Akibatnya, uap air di lingkungan sekitar dapat teradsorpsi pada permukaan isolasi atau bagian internal motor, sehingga meningkatkan risiko terbentuknya arus bocor. Kondisi ini dapat berdampak pada penurunan nilai tahanan isolasi yang terukur ketika dilakukan pengujian.

Apabila kondisi tersebut berlangsung dalam jangka waktu yang cukup lama tanpa adanya upaya pengendalian, maka degradasi sistem isolasi berpotensi semakin berkembang. Oleh karena itu, kerentanan motor listrik selama periode *Reserve Shutdown* menjadi salah satu aspek teknis yang perlu mendapatkan perhatian dalam menjaga keandalan peralatan listrik di pembangkit.

Selain Tahanan Isolasi (IR) parameter lain yang digunakan untuk menilai kualitas isolasi adalah *Polarization Index* (PI) dengan nilai ≥ 2 menunjukkan bahwa sistem isolasi masih dalam kondisi baik. Penurunan IR maupun PI di bawah standar berarti motor tidak Direkomendasikan untuk dilakukan *start* [5].

Degradasi isolasi juga dipengaruhi oleh faktor *aging*, seperti panas berlebih, tegangan listrik, getaran mekanis, dan kelembaban lingkungan [6]. Proses *aging* ini berlangsung perlahan namun dapat dipercepat pada kondisi *idle* dengan kelembaban tinggi [7]. Oleh karena itu, diperlukan strategi pemeliharaan yang mampu menjaga nilai tahanan isolasi tetap berada di atas standar minimum [8].

Metode konvensional yang umum digunakan adalah pemasangan *heater* pada motor. Heater berfungsi mempertahankan suhu motor agar lebih tinggi dari suhu lingkungan, sehingga mencegah kondensasi [9]. Namun, efektivitas *heater* pada motor 6 kV kapasitas besar sering terbatas karena distribusi panas tidak merata dan memerlukan energi tambahan yang cukup besar [10].

Sebagai alternatif, digunakan metode *periodik start*, yaitu menjalankan motor secara berkala dalam periode *shutdown*. Ketika motor dijalankan, arus *start* yang besar menghasilkan pemanasan pada belitan, sehingga mencegah akumulasi kelembaban. Dengan cara ini, nilai tahanan isolasi tetap terjaga dalam batas layak, dan motor dapat di-*start* kapanpun dibutuhkan [11].

Sejumlah studi menunjukkan bahwa strategi *thermal management* melalui pemanasan periodik mampu memperlambat degradasi isolasi dan menjaga kesiapan operasional peralatan listrik [12]. Dengan demikian, perancangan pola Periodic start pada motor 6 kV di PLTU UP Bukit Asam diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif untuk menjaga keandalan motor selama Reserve Shutdown [13].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana penerapan dan efektifitas *periodic start* dalam mengendalikan kelembaban isolasi sehingga nilai tahanan isolasi dan polarisasi indeks motor 6 kV tetap memenuhi standar operasi selama kondisi *Reserve Shutdown*.
2. Faktor lingkungan apa saja berpengaruh terhadap penurunan nilai tahanan isolasi selama *Reserve shutdown*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pola *interval Periodic start* yang efektif untuk menjaga isolasi motor 6 kV selama *Reserve Shutdown*.
2. Mengevaluasi efektifitas Penerapan *Periodic start* dalam mempertahankan nilai tahanan isolasi dan *Polarization Indeks*.
3. Menganalisis hubungan antara parameter lingkungan (RH, suhu) dengan tren penurunan Tahanan Isolasi selama *Reserve Shutdown*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang di dapatkan sebagai berikut:

1. Teoritis → Memberikan kontribusi pada pengembangan strategi pemeliharaan motor listrik tegangan menengah dengan pendekatan *Periodic start*.
2. Praktis → Menjadi acuan teknis bagi unit PLTU, khususnya UP Bukit Asam, dalam menjaga keandalan motor 6 kV selama kondisi *Reserve Shutdown* dengan metode yang lebih efektif dibandingkan heater konvensional.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk membatasi penelitian agar lebih terarah, maka ruang lingkup penelitian ini ditetapkan sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada motor listrik tegangan menengah (6 kV) yang terdapat di PLTU UP Bukit Asam.
2. Penelitian difokuskan pada aspek pemeliharaan isolasi motor melalui pola pemanasan berbasis *Periodic start* selama periode RSH.
3. Analisis difokuskan pada aspek sistem isolasi motor, khususnya nilai tahanan isolasi yang dipengaruhi oleh kelembaban, kondensasi, dan perubahan suhu belitan.
4. Strategi pemeliharaan yang dibahas terbatas pada perancangan pola pemanasan (*heating cycle*) sebagai upaya menjaga keandalan isolasi motor selama periode RSH.