

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam menunjang aktivitas masyarakat modern, baik pada sektor industri, perdagangan, maupun rumah tangga. Keandalan sistem tenaga listrik menjadi faktor penting dalam menjamin kontinuitas penyaluran energi listrik dari pembangkit hingga konsumen. Menurut [1], meningkatnya kebutuhan listrik akibat perkembangan industri menuntut sistem penyediaan tenaga listrik yang andal, ekonomis, serta memiliki tingkat gangguan yang rendah. Penyaluran energi listrik dari pembangkit menuju pusat beban dilakukan melalui sistem transmisi yang memiliki jarak cukup jauh dan rentan terhadap gangguan eksternal maupun internal.

Saluran transmisi memiliki peranan vital dalam sistem tenaga listrik karena berfungsi menyalurkan energi listrik antar wilayah dalam jarak yang sangat jauh. Gangguan pada saluran transmisi dapat menyebabkan pemadaman listrik dalam skala luas serta membutuhkan biaya perbaikan yang besar [2]. Selain gangguan petir, angin, perubahan beban, maupun fenomena transient akibat proses switching, komponen mekanis pada sistem transmisi juga menjadi faktor penting yang mempengaruhi keandalan sistem tenaga listrik. Gangguan transient sendiri merupakan perubahan tegangan atau arus dalam waktu singkat yang dapat meningkatkan kerapatan energi pada sistem sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan peralatan maupun instabilitas sistem tenaga listrik [3].

Sistem Transmisi Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV memiliki peranan strategis dalam menyalurkan energi listrik dari pembangkit berskala besar menuju pusat beban. Oleh karena itu, tingkat keandalan sistem transmisi harus dijaga agar waktu padam dapat diminimalisir. Pada konfigurasi konduktor bundle, khususnya *quadruple conductor*, digunakan perangkat spacer yang berfungsi menjaga jarak antar konduktor agar tidak terjadi kontak antar fasa serta mengurangi pengaruh getaran mekanis. [4] menjelaskan bahwa

spacer berperan dalam menjaga stabilitas mekanis konduktor serta mengurangi risiko benturan akibat pengaruh angin dan beban dinamis.

Namun, pada beberapa jalur transmisi wilayah kerja PLN UPT Salatiga, seperti jalur Ungaran-Pedan, Kediri-Pedan, dan Pedan-Kesugihan, masih ditemukan anomali berupa spacer yang kendor maupun lepas. Kondisi ini berpotensi menimbulkan kerusakan serius, seperti terjadinya gesekan antara konduktor dan spacer yang dapat menyebabkan rantasnya konduktor bahkan putus. Kerusakan tersebut dapat meningkatkan hambatan listrik, memicu hotspot, serta berpotensi meningkatkan nilai *Transmission Line Outage Duration* (TLOD) dan *Transmission Line Outage Frequency* (TLOF). Apabila tidak segera ditangani, gangguan ini dapat menurunkan keandalan sistem transmisi dan berdampak pada kontinuitas penyaluran energi listrik.

Spacer pada sistem transmisi SUTET menggunakan baut sebagai pengikat yang dilengkapi dengan ring per (spring washer) untuk menjaga kekencangan sambungan. Namun, penggunaan ring per memiliki keterbatasan dalam mempertahankan gaya penjepit baut terhadap pengaruh getaran jangka panjang. Faktor seperti getaran konduktor, perubahan temperatur, beban mekanis, serta tekanan gaya tarik dapat menyebabkan baut mengalami kelonggaran bahkan terlepas. [5] menjelaskan bahwa *spring washer* dapat mengalami penurunan kemampuan anti-loosening akibat keausan permukaan kontak serta berkurangnya gaya penjepit sehingga kurang efektif digunakan pada sistem yang mengalami getaran dinamis.

Fenomena getaran konduktor merupakan permasalahan umum pada sistem transmisi listrik yang dapat terjadi akibat pengaruh angin, perubahan beban, maupun resonansi mekanis. [6] menjelaskan bahwa getaran dapat menyebabkan pelemahan sistem penguncian baut akibat resonansi frekuensi tertentu sehingga meningkatkan risiko kegagalan sambungan mekanis. Kondisi ini menunjukkan pentingnya penggunaan sistem penguncian baut yang memiliki ketahanan terhadap getaran.

Sebagai alternatif solusi, dikembangkan teknologi *wedge lock washer* yang bekerja berdasarkan prinsip sudut wedge yang lebih besar dibanding sudut ulir baut sehingga mampu meningkatkan gaya penguncian ketika terjadi

pergerakan rotasi. [7] menjelaskan bahwa *wedge lock washer* memiliki mekanisme penguncian berbasis *wedge effect* yang mampu mempertahankan gaya penjepit baut secara lebih stabil terhadap getaran. Penelitian [8] juga menunjukkan bahwa sistem *wedge lock* memiliki kemampuan mempertahankan kekuatan penguncian pada kondisi getaran ekstrem serta mampu meningkatkan stabilitas struktur mekanis.

Pada wilayah kerja PLN UPT Salatiga, penerapan *wedge lock washer* mulai diimplementasikan sejak Februari 2023 sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem transmisi. Penggunaan teknologi ini diharapkan mampu mengurangi potensi kelonggaran baut pada *quadruple spacer*, menekan risiko kerusakan konduktor, serta meningkatkan efisiensi biaya pemeliharaan sistem transmisi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai optimalisasi pemasangan *wedge lock washer* pada *quadruple spacer* untuk mengetahui efektivitasnya dalam meningkatkan keandalan sistem transmisi listrik di wilayah kerja PLN UPT Salatiga.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah untuk pembahasan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana nilai gangguan akibat spacer lepas atau kendor pada SUTET 500 kV?
2. Bagaimana efektivitas *wedge washer* dibandingkan ring per dalam menjaga kekencangan baut?
3. Apa dampak penggunaan *wedge washer* terhadap keandalan jaringan SUTET 500 kV?

## 1.3 Tujuan

Melihat rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis nilai gangguan akibat spacer lepas atau kendor pada SUTET 500 kV.
2. Menganalisis efektivitas *wedge washer* dibandingkan ring per dalam menjaga kekencangan baut.

3. Menganalisis dampak penggunaan wedge washer terhadap keandalan jaringan SUTET 500 kV.

#### **1.4 Manfaat**

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

1. Teknis: Meningkatkan kekuatan dan kestabilan baut spacer dalam menghadapi getaran, sehingga mengurangi risiko kerusakan konduktor.
2. Ekonomi: Menghemat biaya material, perawatan, dan downtime akibat spacer lepas atau konduktor putus.
3. Operasional: Mengurangi frekuensi pengecekan dan perbaikan, sehingga waktu dan sumber daya dapat dialihkan ke pekerjaan lain.
4. Keandalan Sistem: Menurunkan risiko TLOD dan TLOF, serta meningkatkan kontinuitas penyaluran listrik.

#### **1.5 Ruang Lingkup Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, untuk mendapat hasil yang diharapkan maka penulis membatasi pembahasan dengan membuat ruang lingkup masalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada jalur transmisi SUTET 500 kV di wilayah kerja UPT Salatiga Ungaran- Boyolali dan Boyolali-Pedan.
2. Analisis terbatas pada perbandingan fungsi *ring* per dan *wedge washer* dalam menjaga kekencangan baut spacer.
3. Kajian mencakup dampak teknis, operasional, dan ekonomis dari penerapan *wedge washer*.
4. Tidak membahas detail desain keseluruhan spacer maupun sistem transmisi secara menyeluruh, melainkan pada aspek fastening (penguncian baut).