

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transmisi tenaga listrik umumnya terbagi menjadi dua sistem saluran yaitu saluran udara (*overhead lines*) dan saluran kabel bawah tanah (*underground cables*). Meskipun saluran kabel bawah aman terhadap gangguan lingkungan, namun saluran udara lebih banyak digunakan karena lebih murah dan mudah dalam pemeliharaan [1]. PT PLN (Persero) adalah perusahaan listrik milik negara di Indonesia yang salah satu bisnisnya adalah sebagai operator dan pemilik aset transmisi. PT PLN (Persero) sendiri memiliki sistem transmisi 70kV, 150kV, dan 500kV dengan jaringan transmisi 150kV yang lebih banyak digunakan [2].

Saluran transmisi udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV berperan penting sebagai pondasi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke gardu induk di berbagai wilayah. Sebagai bagian integral dari kelistrikan, SUTT 150 kV memegang posisi vital dalam keberlanjutan dan kestabilan pasokan listrik ke pusat distribusi serta pusat beban. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik di Indonesia serta program pemerintah “35.000 MW”, keandalan jaringan transmisi menjadi prioritas utama [3]. Oleh karena itu, salah satu aspek dalam menjaga keandalan dan meminimalkan waktu pemadaman dan gangguan pada jaringan transmisi [4].

Gangguan pada saluran transmisi dapat berasal dari berbagai faktor, termasuk kondisi alam seperti petir, angin kencang, dan hujan, serta masalah teknis seperti kerusakan komponen atau kelebihan beban [5]. Sambaran petir dapat menyebabkan *Backflashover (BFO)* antara konduktor dan kawat tanah atau fasa lain yang mempercepat kerusakan isolator [6].

Isolator tension berfungsi sebagai penahan gaya mekanis dari konduktor dan menjaga isolasi listrik antara konduktor dan menara transmisi. Isolator rentan mengalami degradasi akibat pengaruh lingkungan (suhu ekstrem, kelembapan, polusi atau paparan listrik bolak-balik). Hasil pengujian kebocoran insulator (*puncture test*) digunakan sebagai standar

untuk menentukan apakah suatu pekerjaan pemeliharaan insulator secara bertegangan (*On line*) dapat dilakukan atau tidak. Bila hasil ukur kebocoran insulator menunjukkan bahwa lebih dari $50\% + 1$ jumlah insulator dalam satu renceng tidak sesuai standar, maka pekerjaan pemeliharaan insulator harus dilaksanakan secara tidak bertegangan (*Off line*) [7].

Selain kondisi isolator, keandalan sistem isolasi juga dipengaruhi oleh kualitas isolasi dan selubung pada penghantar, dimana ketebalan isolasi memiliki peran penting dalam melindungi konduktor dari pengaruh suhu dan lingkungan. Ketidaksesuaian standar isolasi dapat menimbulkan arus bocor, panas berlebih, hingga risiko kebakaran akibat pelelehan isolasi kabel, sehingga pemeliharaan dan penggantian komponen isolasi harus dilakukan secara tepat dan aman untuk menjaga kontinuitas penyaluran tenaga Listrik [8].

Keandalan sistem isolasi sangat penting karena saluran udara tegangan tinggi berfungsi menyalurkan energi listrik antar wilayah, sehingga gangguan pada sistem transmisi dapat menyebabkan pemadaman listrik. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah sambaran petir yang menimbulkan kegagalan perisai (shielding failure) dan berpotensi menyebabkan flashover pada isolator. Faktor yang mempengaruhi kondisi tersebut meliputi sudut lindung, arus puncak petir, dan desain menara transmisi sehingga diperlukan optimasi sistem proteksi untuk meningkatkan keandalan jaringan [9]. Selain itu, pemeliharaan peralatan sistem tenaga seperti transformator dan isolator juga penting untuk mencegah gangguan operasi, di mana sistem monitoring mampu mendeteksi gangguan lebih awal [10], penggunaan perangkat proteksi dapat menekan tegangan lebih pada sistem tegangan tinggi [11], serta optimalisasi pemeliharaan jaringan dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik [12]. Oleh karena itu, penggunaan Adjustable Strain Carrier Yoke diperlukan sebagai solusi untuk mendukung pekerjaan penggantian isolator tension pada jaringan SUTT 150 kV secara aman dan efisien guna menjaga keandalan sistem transmisi [9].

Sebagian besar jaringan SUTT 150 kV menggunakan *double* konduktor sebagai media penghantar dan *double string isolator* sebagai media isolasi.

Sistem isolasi tegangan tinggi diatur oleh standar internasional seperti IEC 60071 (*Insulation Coordination*) dan IEEE C62.82, serta peraturan nasional yang berlaku. Oleh karena itu, penggantian *isolator tension* secara berkala menjadi bagian esensial dari pemeliharaan sistem transmisi agar tetap andal dan aman [5] . Namun, kenyataan di lapangan terjadi anomali serius yang mengurangi efektivitas dan keselamatan proses pemeliharaan tower.

Berdasarkan data lapangan PT. PLN UPT Salatiga, pekerjaan perbaikan dan penggantian isolator pecah pada tower tension SUTT 150 kV dengan konfigurasi *double conductor-double isolator* mengalami tingkat kegagalan yang sangat tinggi mencapai 80%. Angka kegagalan yang melonjak ini merupakan indikasi bahwa peralatan dan metode konvensional yang digunakan saat ini tidak mampu menangani kompleksitas dan tantangan teknis pekerjaan penggantian isolator di lapangan. Penyebab utama kegagalan ini adalah penggunaan peralatan *strain carrier yoke* konvensional yang bersifat statis (spesifikasi tetap) dan sulit disesuaikan dengan variasi kondisi lapangan. Peralatan konvensional tersebut dirancang dengan dimensi dan sudut kerja yang fixed, sehingga tidak dapat menyesuaikan dengan perbedaan sudut tower (tipe BB, CC, DD dengan sudut belok 3°-90°), variasi panjang jarak antar isolator yang tidak seragam, dan arah tarikan konduktor yang berbeda-beda sesuai topografi lokasi kerja.

Akibat dari ketidakfleksibilan peralatan konvensional, terjadi distribusi beban yang tidak merata pada kedua string isolator. Pada tower tension dengan konfigurasi *double conductor*, tarikan konduktor menciptakan gaya mekanis yang sangat besar. Penggunaan alat statis menyebabkan fenomena *unbalanced loading* yaitu distribusi beban tidak merata antara string isolator kiri dan kanan, yang menciptakan kondisi ketidakseimbangan. Fenomena ini meningkatkan *stress* pada isolator yang sedang diganti dan isolator sekitarnya an mengakibatkan sering terjadi kerusakan tambahan atau isolator yang baru terpasang langsung mengalami kerusakan.

Berdasarkan hal tersebut, alat bantu penggantian isolator yang lebih fleksibel, aman dan ergonomis diperlukan. Inovasi alat berupa *Adjustable Strain Carrier Yoke* (ASCY) yaitu alat bantu pengganti isolator yang dapat

diatur panjang dan sudutnya sesuai kebutuhan medan kerja. Desain yang dapat disesuaikan ini diharapkan mampu meningkatkan fleksibilitas, memudahkan proses instalasi, dan meningkatkan keselamatan kerja pekerja. Selain itu, peralatan ini dapat mempercepat waktu pekerjaan dan mengurangi risiko kegagalan mekanis akibat ketidaksesuaian alat dengan kondisi lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kondisi awal *isolator tension* sebelum diterapkan *Adjustable Strain Carrier* pada jaringan SUTT 150 kV PLN?
2. Bagaimana implementasi *Adjustable Strain Carrier Yoke* dalam kondisi simulasi lapangan (*mock-up test*) pada jaringan SUTT 150 kV dapat dilakukan secara optimal?
3. Bagaimana efektivitas *isolator tension* pasca implementasi *Adjustable Strain Carrier* pada jaringan SUTT 150 kV PLN?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, penelitian ini memiliki tujuan yaitu:

1. Mengetahui bagaimana kondisi awal dari *isolator tension* sebelum diterapkan *Adjustable Strain Carrier* pada jaringan SUTT 150 kV PLN.
2. Mengimplementasikan *Adjustable Strain Carrier Yoke* dalam kondisi simulasi lapangan (*mock-up test*) secara optimal pada jaringan SUTT 150 kV PLN.
3. Menganalisis efektivitas implementasi *Adjustable Strain Carrier* dalam pekerjaan penggantian *isolator tension* pada jaringan SUTT 150 kV PLN.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan hadir dalam penelitian ini antara lain:

1. Hasil penelitian ini dapat menjadi *evidence-based verification* bahwa *Adjustable Strain Carrier Yoke* dapat diterapkan secara efektif pada pekerjaan penggantian isolator di jaringan SUTT 150 kV PLN.
2. Hasil penelitian ini dapat mempermudah pekerjaan di lapangan dan meningkatkan kecepatan dan akurasi pelaksanaan penggantian isolator.
3. Penelitian ini dapat menjadi referensi dan menambah ilmu pengetahuan dalam perancangan alat pemeliharaan transmisi tegangan tinggi.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup dalam penelitian ini yang dibuat supaya penelitian lebih fokus dan terarah :

1. Penggunaan peralatan inovasi "*Adjustable Strain Carrier Yoke*" sebagai peralatan utama pekerjaan penggantian isolator pada SUTT *tower tension* dengan *double* konduktor sebagai media penghantar dan *double string isolator* sebagai media isolasi.
2. Pengujian dan evaluasi kinerja alat dilakukan dalam skala simulasi lapangan (*mock up test*) pada jaringan transmisi SUTT 150 kV dengan spesifikasi sesuai kondisi lapangan PT. PLN UPT Salatiga.