

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

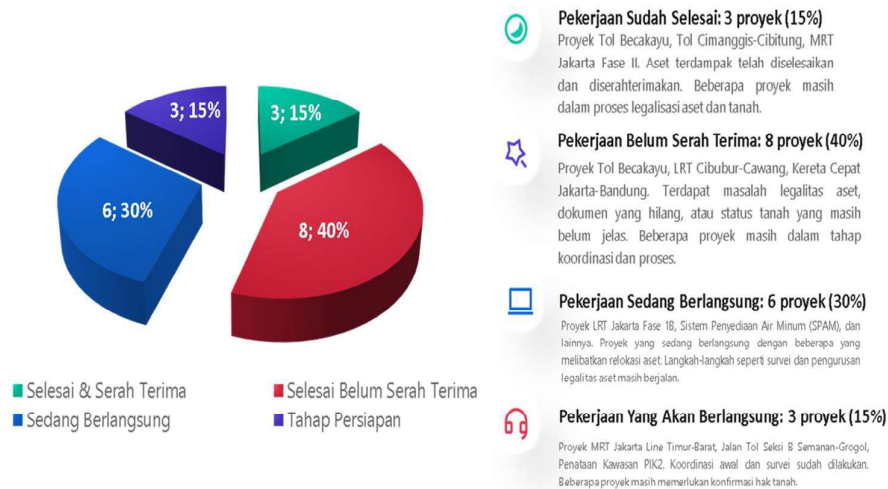
Keandalan penyediaan energi listrik merupakan prasyarat mutlak bagi pertumbuhan industri dan stabilitas sosial. Dalam sistem transmisi tegangan tinggi, integritas isolasi dielektrik pada aset vital seperti Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) dan Transformator Tenaga adalah garda terdepan penentu keandalan sistem.[1] Oleh karena itu, Pengujian Tegangan Tinggi (*High Voltage Test / HV Test*) bukan hanya sekadar prosedur, melainkan sebuah kegiatan verifikasi mutu dan diagnostik wajib yang diatur oleh standar internasional.[2] Kegagalan untuk mendeteksi kelemahan isolasi secara dini dapat berujung pada kerusakan aset, berlanjut menjadi gangguan sistem skala besar (*system-wide failure*), yang mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan, meliputi biaya perbaikan yang mahal dan kerugian ekonomi akibat Energi yang Tidak Tersalurkan (*Energy Not Served / ENS*).

Kebutuhan akan pengujian tegangan tinggi mengalami peningkatan pesat, khususnya di wilayah kerja PLN Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Barat (UIT JBB). Peningkatan ini dipicu oleh dua faktor utama yang saling terkait. Pertama, tingginya potensi dan insidensi gangguan pada SKTT 150 kV yang sering dipicu oleh faktor lingkungan, penuaan, atau aktivitas pihak ketiga. Setiap perbaikan besar atau penggantian segmen kabel paska-gangguan mensyaratkan uji *commissioning HV* yang ketat (Terlampir pada tabel 1 rekapitulasi gangguan SKTT 150 kV periode 2024-2025 di wilayah PLN UIT JBB). Kedua, maraknya Proyek Strategis Nasional (PSN) dan Proyek Strategis Daerah (PSD), terutama di area urban, yang secara rutin menuntut relokasi dan modifikasi jalur SKTT 150 kV. Setiap pekerjaan relokasi, termasuk penyambungan kabel (*jointing*), mengharuskan dilakukannya Pengujian Tegangan Tinggi untuk menjamin insulasi sambungan yang baru dipasang, sebelum aset tersebut dapat dioperasikan kembali. Kondisi ini menciptakan beban permintaan pengujian yang tinggi dan berkelanjutan di lingkungan PLN UIT JBB.

Tabel 1.1 Rekapitulasi Gangguan SKTT 150 kV Tahun 2024-2025

NO	TANGGAL	BAY PENGHANTAR	PENYEBAB
1	15 Maret 2024	AGP-Danayasa #2	Breakdown Fasa R,S,T Akibat kegiatan vandalisme berupa pencurian kabel di span JP 7 - 8
2	1 April 2024	Tamara-Cawang Baru	Breakdown fasa T Akibat pekerjaan Boring air bersih oleh PT Jasa Tirta
3	24 Juli 2024	AGP-Danayasa #1	Breakdown Fasa R Akibat kegiatan vandalisme berupa pencurian kabel di didekat JP 5
4	19 Agustus 2024	G.Sahari-Pademangan #1	Breakdown fasa S akibat pekerjaan Boring Tol Harbour 2
5	1 November 2024	JGC-Kandang Sapi #1	Breakdown fasa S akibat pekerjaan SPAM PT Adhi Karya
6	24 November 2024	Ancol-Priok Timur #2	Breakdown fasa S akibat pekerjaan Boring Tol Harbour 2
7	8 Pebruari 2025	Gedungpola-Gambir Baru #1	Bocor pada Plumbingan yang menyebabkan trip. Diduga akibat getaran Project LRT
8	15 Agustus 2025	Tamara-Durentiga #2	Breakdown fasa R akibat pekerjaan boring kabel FO
9	22 Agustus 2025	Tamara-Cawang Baru	Breakdown fasa R akibat pekerjaan penggunaan alat berat Bechoe PT PDAM

Permintaan relokasi akibat adanya pekerjaan PSN (Proyek Strategis Nasional) maupun PSD (Proyek Strategis Daerah) yang menyebabkan beberapa SKTT 150 kV diharuskan pindah (*reroute*). Proses pemindahan ini terdiri dari beberapa fase, yakni sudah selesai, sedang berlangsung dan akan berlangsung beberapa tahun kedepan.



Gambar 1.1 Presentase Pekerjaan PSD/PSN yang bersinggungan dengan aset PLN (Sumber : PPT Paparan aset terdampak UIT JBB 02 Juli 2025)

Tingginya frekuensi permintaan pengujian Tegangan Tinggi ini sayangnya dihadapkan pada kendala efisiensi metodologi konvensional. Pengujian *HV test* di lapangan (terutama untuk SKTT) umumnya mengandalkan Unit Uji Keliling (*Mobile Test Unit / MTU*). Ketergantungan ini menimbulkan masalah logistik yang kompleks dan biaya operasional yang tinggi. *Mobile Test Unit* adalah aset mahal yang memerlukan mobilisasi dan demobilisasi yang rumit, membutuhkan waktu persiapan (*setting time*) yang lama dan secara signifikan meningkatkan kebutuhan personel lapangan. Selain itu, biaya depresiasi dan pemeliharaan *Mobile Test Unit* menjadi beban operasional yang substansial. Permasalahan ini menuntut pengembangan solusi pengujian yang lebih ringkas, hemat biaya dan memanfaatkan aset internal yang sudah tersedia.

Inovasi proses merupakan dimensi penting dalam strategi perusahaan listrik untuk menciptakan efisiensi yang menunjang keberlanjutan performa unit.[3] Sebagai respon terhadap tantangan efisiensi tersebut, tesis ini mengusulkan dan menganalisis Metode Pengujian *HV test* menggunakan metode *reverse* Trafo Daya 150/20 kV *step up* sebagai komparasi terhadap metode *HV Test* konvensional menggunakan *Mobile Test Unit*. Metode ini menawarkan inovasi dengan memanfaatkan secara cerdas Transformator Tenaga yang sudah terpasang di Gardu Induk sebagai sumber induksi tegangan uji, yang diaplikasikan melalui sisi

tegangan rendahnya (penyulang 20 kV). Pendekatan *HV Test* menggunakan tegangan *step up* Trafo Daya ini berpotensi besar untuk mengeliminasi ketergantungan logistik pada *Mobile Test Unit* eksternal. Untuk memvalidasi efektivitas dan kelayakan teknis metode ini, penulis melakukan penelitian pada SKTT 150 kV Taman Rasuna – Durentiga Sirkuit #2 sebagai tempat studi kasus. Lokasi ini dipilih karena adanya kebutuhan mendesak untuk pengujian SKTT 150 kV tersebut paska-gangguan, di mana Transformator Tenaga 150/20 kV di GIS Durentiga menjadi aset kunci yang dapat dimanfaatkan untuk melaksanakan uji *HV Test* tersebut yang di desain *step up* menggunakan Tegangan Menengah 20 kV. Metode ini perlu dilakukan perhitungan *setting* proteksi yang tepat guna menjaga agar peralatan tetap aman apabila hasil Uji Tegangan Tinggi ini mengalami kegagalan akibat hasil *Jointing* yang yang tidak sempurna.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, maka masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain Topologi Jaringan pengujian *HV Test* menggunakan metode *reverse* Trafo Daya 150/20 kV eksisting?
2. Bagaimana implementasi *setting* proteksi metode *HV Test* menggunakan metode *reverse* Trafo Daya 150/20 kV eksisting ini sehingga didapatkan hasil yang akurat?
3. Bagaimana hasil simulasi dengan *software* ETAP terkait Pengujian *HV Test* metode *reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting pada SKTT 150 kV Taman Rasuna – Durentiga #2?
4. Bagaimana kajian keekonomian terkait efisiensi biaya, waktu *assembly* peralatan dan kebutuhan personel yang dapat dicapai dengan Pengujian *HV Test* metode *reverse* menggunakan Trafo Daya Eksisting?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui desain topologi jaringan *HV Test* metode *reverse* dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan keandalan sistem di PLN

2. Untuk menentukan *setting* proteksi yang tepat dalam mengimplementasikan metode *HV Test reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting ini
3. Untuk mengetahui hasil simulasi pengujian *HV Test* melalui metode *reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting menggunakan *software* ETAP
4. Untuk menentukan efisiensi biaya, waktu dan operasional dalam penerapan metode pengujian *HV Test* yang efektif, efisien dan aman

1.4. Manfaat

Adapun manfaat yang kami harapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan khususnya terkait metode Pengujian Tegangan Tinggi pada peralatan Gardu Induk
2. Sebagai masukan manajemen terkait urgensi pengujian *HV Test* metode *reverse* menggunakan Trafo Daya eksisting, dimana saat ini permintaan pengujian tegangan tinggi cukup banyak dibutuhkan
3. Sebagai referensi penelitian dimasa yang akan datang dalam mengembangkan pola pengujian yang efektif, efisien dan aman

1.5. Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup yang dijelaskan oleh penulis dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada analisis Tekno-Ekonomi pengujian tegangan tinggi (HV Test) dengan metode *reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting.
2. Objek studi kasus adalah SKTT 150 kV sirkit Taman Rasuna - Durentiga #2.
3. Analisis teknis mencakup simulasi aliran daya menggunakan perangkat lunak ETAP dan koordinasi proteksi OCR/GFR.

4. Kajian ekonomi mencakup perbandingan biaya operasional antara metode *reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting dan metode konvensional (*Mobile Test Unit*).

1.6. Kebaharuan

Kebaharuan dalam penelitian ini terletak pada integrasi analisis teknis dan ekonomi yang mendalam terkait penggunaan metode *reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting sebagai alternatif pengujian dielektrik pada SKTT 150 kV. Adapun poin-poin kebaruan tersebut antara lain :

1. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya fokus pada aspek teknis arus dan tegangan, penelitian ini menyajikan data kuantitatif komparatif mengenai efisiensi biaya dan waktu secara terperinci antara metode *reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting dan *Mobile Test Unit* (MTU).
2. Studi Kasus SKTT 150 kV Taman Rasuna – Durentiga #2 aset dari Unit Pelayanan Transmisi Cawang. Implementasi pada objek spesifik SKTT 150 kV dengan konfigurasi GIS ke GIS memberikan data aktual mengenai efektivitas metode ini pada jaringan perkotaan yang memiliki tingkat kritikalitas beban yang tinggi
3. Koordinasi Proteksi Kaskading Khusus Topologi metode HV Test *Reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting. Penelitian ini merumuskan pola koordinasi relai OCR/GFR yang spesifik untuk kondisi *reverse* Menggunakan Trafo Daya eksisting (aliran arus terbalik), memastikan selektivitas proteksi tetap terjaga tanpa memicu *nuisance trip* selama proses pengujian tegangan tinggi berlangsung.

1.7. Hipotesis

Berdasarkan perumusan masalah dan tinjauan pustaka, hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Hipotesis Teknis: Implementasi pengujian HV Test metode *reverse* menggunakan Transformator Daya eksisting mampu menghasilkan

tegangan uji yang stabil dan sesuai dengan standar dielektrik SKTT 150 kV tanpa mengganggu sistem proteksi jaringan 20 kV.

2. Hipotesis Ekonomi: Penggunaan metode *reverse* Transformator Daya eksisting secara signifikan memberikan efisiensi biaya operasional (*OpEx*) dan waktu pengerjaan yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan *Mobile Test Unit* (MTU) konvensional.
3. Hipotesis Proteksi: Penerapan *setting* relai *Line Current Diff*, OCR dan GFR dengan pola kaskading yang tepat mampu menjamin selektivitas pemutusan gangguan saat pengujian HV Test metode *reverse* menggunakan Transformator Daya eksisting berlangsung.