



Analisis Perubahan Tap Trafo Unit 2 PLTG Payo Selincah untuk Memenuhi Kelayakan Sinkronisasi saat Tegangan Sistem Melebihi 153 kV

Denny Boy Panggabean^{1*}, Haris Gunawan², Dino Erivianto³

¹⁻³Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi, Indonesia

dennypanggabean77@gmail.com¹, harisgunawan@dosen.pancabudi.ac.id², derivianto@gmail.com³

*Penulis korespondensi: dennypanggabean77@gmail.com

Abstract. Synchronization between power plants and interconnected systems requires matching voltage, frequency, and phase angle parameters. At the Payo Selincah Unit 2 Gas Turbine Power Plant (PLTG), synchronization often encounters issues due to transmission system voltage frequently exceeding 153 kV. This study aims to analyze the need for adjusting the tap position of the 11.5 kV/150 kV step-up transformer to ensure synchronization is still possible even under overvoltage conditions. The methodology includes a literature review, field testing, and TTR (Tap Transformer Ratio) analysis based on voltage readings from the HV (High Voltage) and LV (Low Voltage) sides. The results show that changing from Tap 3 to Tap 2 reduces the LV side voltage from 19.89 kV to 19.42 kV, while the HV side voltage drops from 11.93 kV to 11.65 kV. This reduction ensures that synchronization can still be performed even when the system voltage reaches 155–157 kV. Based on these findings, the study provides technical recommendations for system operators to adjust the tap positions accurately, ensuring reliable synchronization of the power plant with the interconnected system safely and effectively under overvoltage conditions.

Keywords: Gas Turbine Power Plant; Step-Up Transformer; Synchronization; System Voltage; Transformer Tap

Abstrak. Sinkronisasi antara pembangkit dan sistem interkoneksi memerlukan kesesuaian parameter tegangan, frekuensi, dan sudut fasa. Di PLTG Payo Selincah Unit 2, proses sinkronisasi sering menghadapi kendala akibat tegangan sistem transmisi yang sering kali meningkat melebihi 153 kV. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan penyesuaian posisi Tap trafo step-up 11.5 kV/150 kV agar sinkronisasi tetap memungkinkan meskipun terjadi kondisi *overvoltage*. Metodologi yang digunakan mencakup studi literatur, pengujian lapangan, dan analisis nilai TTR berdasarkan pembacaan tegangan sisi HV (*High Voltage*) dan LV (*Low Voltage*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan dari Tap 3 ke Tap 2 mampu menurunkan tegangan sisi LV dari 19,89 kV menjadi 19,42 kV, sementara tegangan sisi HV turun dari 11,93 kV menjadi 11,65 kV. Penurunan ini memastikan bahwa sinkronisasi tetap dapat dilakukan meskipun tegangan sistem transmisi mencapai 155–157 kV. Berdasarkan temuan ini, penelitian ini memberikan rekomendasi teknis bagi operator sistem untuk melakukan penyesuaian Tap secara tepat, guna menjaga keandalan dalam proses sinkronisasi pembangkit dengan sistem interkoneksi yang aman dan efektif dalam kondisi *overvoltage*.

Kata kunci: PLTG; Sinkronisasi; Tap Trafo; Tegangan Sistem; Trafo Step-Up

1. LATAR BELAKANG

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan kebutuhan energi yang terus meningkat, memerlukan sistem transmisi listrik yang andal dan terintegrasi. Di Pulau Sumatera, sistem jaringan transmisi telah berkembang pesat untuk menjawab tantangan elektrifikasi wilayah serta mendukung pertumbuhan industri dan beban masyarakat. Dua jenis saluran transmisi utama yang digunakan adalah Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), yang masing-masing berfungsi untuk mengalirkan daya

dalam jumlah besar dari pusat pembangkit ke gardu-gardu distribusi di berbagai wilayah (Stevenson, 1994; Saadat, 2010).

Seiring waktu, jaringan transmisi di Sumatera mengalami berbagai penguatan dan perluasan. Salah satu tonggak penting adalah pembangunan dan pengoperasian gardu induk serta saluran transmisi 150 kV seperti SUTT Takengon–Bireun sepanjang 73 km, serta proyek saluran transmisi 275 kV seperti jalur Payakumbuh–Perawang, yang disebut sebagai *backbone* transmisi Sumatera. Di samping itu, proyek-proyek interkoneksi sistem Sumbagsel dan Sumbagut juga mengandalkan SUTT 150 kV sebagai jalur utama (Machowski, 2008; Dirjen Ketenagalistrikan, 2020). Namun, perkembangan jaringan ini juga menghadapi berbagai tantangan operasional, salah satunya adalah ketidaksesuaian tegangan sistem (*overvoltage*) pada saat proses sinkronisasi pembangkit baru ke jaringan, seperti yang dialami di PLTG Payo Selincah, Kota Jambi sejak April 2023.

PLTG Payo Selincah sendiri merupakan pembangkit dengan sistem *step-up transformer* untuk menaikkan tegangan dari 11,5–20 kV ke 150 kV. Namun, pada kondisi tertentu, sistem mengalami tegangan jaringan di atas ambang normal sinkronisasi (misalnya >153 kV), yang menyebabkan unit tidak laik sinkron secara otomatis. Hal ini menuntut adanya penyesuaian Tap pada trafo agar rasio tegangan sesuai dan sinkronisasi dapat dilakukan dengan aman dan andal.

Pada tanggal 22 November 2023, dilakukan pengujian terhadap unit ini karena adanya kesulitan sinkronisasi. Masalah utama yang ditemukan adalah tingginya tegangan sistem transmisi yang melebihi batas normal sinkronisasi (>153 kV). Dalam kondisi tersebut, transformator step-up berada pada posisi Tap 3, sehingga rasio transformasinya menyebabkan tegangan terminal generator menjadi terlalu tinggi dan tidak sesuai untuk sinkronisasi.

Pihak teknisi telah melakukan verifikasi terhadap perangkat *Potential Transformer* (PT) dan sinkronizer, dan hasilnya berada dalam batas normal. Setelah analisis lebih lanjut, disepakati bahwa solusi teknis terbaik adalah mengubah posisi Tap trafo dari Tap 3 menjadi Tap 2. Dengan perubahan ini, diharapkan tegangan sisi generator dapat menyesuaikan agar berada dalam rentang toleransi sistem dan sinkronisasi dapat berhasil dilakukan.

Data hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan data teknis pusertif tahun 2022 untuk memastikan bahwa rasio dan performa trafo masih sesuai standar. Berdasarkan pengukuran aktual, perubahan Tap terbukti menurunkan tegangan sisi LV dan membuat kondisi sinkronisasi menjadi layak.

Seiring dengan pentingnya peran trafo dalam proses ini, maka dilakukanlah penelitian yang bertujuan menganalisis perubahan posisi Tap trafo pada Unit 2 PLTG Payo Selincah. Penelitian ini mengevaluasi dampak penyesuaian Tap terhadap kelayakan sinkronisasi, serta menyusun rekomendasi teknis berbasis data pengukuran aktual, konfigurasi trafo (dari manual *book*), dan sistem transmisi yang berlaku di Sumatera.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik terdiri dari 3 komponen utama yaitu pembangkit tenaga listrik, transmisi dan distribusi. Pada pusat listrik dilakukan pembangkitan tenaga dengan cara memanfaatkan generator sinkron. Saluran-saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit listrik dan sistem-sistem distribusi, dan melalui hubungan-hubungan antar sistem dapat pula menuju ke sistem tenaga yang lain (Stevenson, 1994). Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban-beban yang terpisah antara satu dengan yang lainnya menggunakan saluran transmisi.

Kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat ditetapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan (*limit thermal*) dari penghantar, jatuh tegangan (*voltage drop*) yang diperbolehkan, keandalan, dan persyaratan-persyaratan kestabilan sistem (*system stability*), yaitu penjagaan bahwa mesin-mesin pada sistem tersebut tetap berjalan serempak satu terhadap yang lain (Saadat, 2010; Machowski, 2008). Kebanyakan faktor-faktor ini masih tergantung pula pada panjangnya saluran.

Dasar Teori Sinkronisasi Generator

Sinkronisasi generator adalah proses penyamaan parameter listrik antara terminal generator dengan sistem jaringan (busbar) sebelum breaker penghubung ditutup. Tujuan utama dari proses sinkronisasi adalah untuk memastikan bahwa generator dapat terhubung ke sistem tanpa menimbulkan arus kejutan (*inrush current*) atau torsi mendadak yang berpotensi merusak peralatan (Sutanto, 2021). Adapun syarat-syarat sinkronisasi adalah sebagai berikut:

Tegangan Sama (Voltage Magnitude Equality)

Tegangan terminal generator harus sama besar dengan tegangan sistem (busbar). Jika tegangan generator lebih tinggi, maka arus akan mengalir dari generator ke sistem secara tiba-tiba. Sebaliknya, jika tegangan generator lebih rendah, arus akan mengalir dari sistem ke generator. Toleransi umum perbedaan tegangan adalah $\pm 5\%$ dari tegangan nominal sistem (Dirjen Ketenagalistrikan, 2020).

Frekuensi Sama (Frequency Equality)

Frekuensi output generator harus sama dengan frekuensi sistem agar tidak terjadi perbedaan kecepatan rotasi sudut listrik. Jika frekuensi generator lebih tinggi, maka setelah sinkron generator akan mendorong daya aktif ke sistem. Jika lebih rendah, generator akan cenderung menyerap daya dari sistem. Toleransi perbedaan frekuensi biasanya $\pm 0,2$ Hz.

Urutan Fasa Sama (Phase Sequence Equality)

Urutan fasa dari tegangan keluaran generator (misalnya R-S-T) harus sama dengan urutan fasa sistem. Perbedaan urutan fasa dapat menyebabkan hubungan singkat antar fasa saat breaker ditutup. Pemeriksaan dilakukan menggunakan *phase sequence indicator* sebelum proses sinkronisasi.

Sudut Fasa Sama (Phase Angle Equality)

Sudut fasa antara tegangan generator dan tegangan sistem harus berimpit atau sangat kecil. Jika sudut fasa berbeda terlalu jauh, maka lonjakan arus besar akan timbul ketika breaker ditutup. Toleransi umum perbedaan sudut fasa adalah $\pm 10^\circ$.

Bentuk Gelombang Sama (Waveform Similarity)

Bentuk gelombang tegangan generator harus sinusoidal murni dan seirama dengan sistem. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan sistem dan menghindari distorsi harmonisa.

Alat Uji Omicron CPC 100

Perangkat multifungsi pengujian primer (primary test set) yang digunakan dalam industri ketenagalistrikan. Omicron CPC 100 dirancang untuk melakukan pengujian untuk peralatan tenaga: transformator daya/distribusi, CT/PT, kabel, pemutus, pentanahan, dll. Satu unit dapat menghasilkan arus/tegangan uji dan melakukan akuisisi ukur, sehingga banyak pengujian bisa dilakukan tanpa banyak peralatan terpisah. Didukung aksesori (mis. CP TD untuk tan- δ /kapasitansi, CP SB untuk CT, CP CU untuk arus besar, dll).

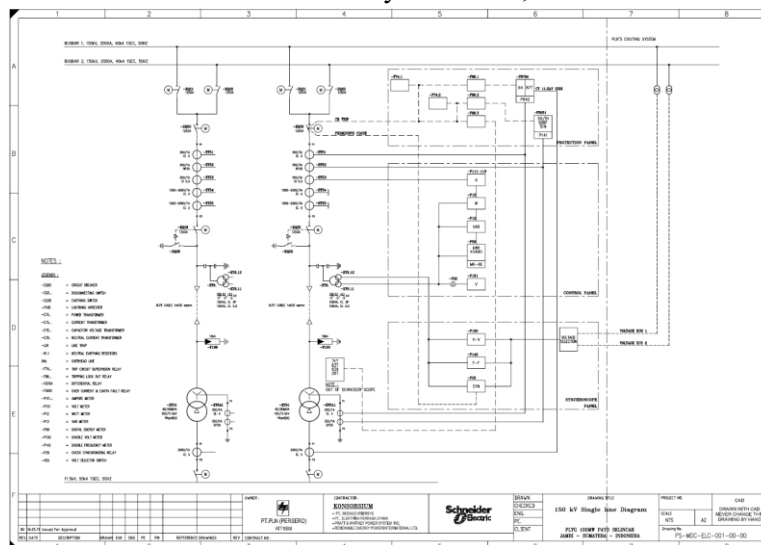
Pengujian umum yang dapat dilakukan meliputi beberapa aspek, yaitu transformator daya, CT (*Current Transformer*), PT/VT, serta jaringan dan pentanahan. Untuk transformator daya, pengujian yang dilakukan meliputi rasio dan vektor grup (TTR/*vector group*), resistansi belitan (DC *winding resistance*) dan demagnetisasi otomatis, eksitasi atau magnetisasi (*open-circuit*) serta arus magnetisasi, impedansi hubung-singkat atau reaktansi bocor (*short-circuit impedance*), pengujian polaritas dan kontinuitas sambungan, serta verifikasi posisi tap baik pada *off-load* maupun OLTC (*on-load tap changer*) untuk OLTC, dianjurkan untuk menambah aksesori atau alat khusus untuk DRM. Pada CT, pengujian meliputi rasio, polaritas, kelas akurasi, titik knee (saturasi), dan V-I curve, serta burden atau impedansi sekunder dan eksitasi. Untuk PT/VT, pengujian mencakup rasio, polaritas, beban, dan uji isolasi dasar. Terakhir, pada

jaringan dan pentanahan, pengujian yang dilakukan meliputi resistansi *grounding* dengan konfigurasi tertentu atau aksesoris, serta uji kontinuitas dan impedansi loop, yang tergantung pada setup yang digunakan.

Spesifikasi Trafo PLTG Payo Selincah

Tabel 1. Spesifikasi Trafo PLTG Payo Selincah

Spesifikasi	
Merk & Tipe	UNINDO Three Phase Auto Transformer
Kapasitas	80 MVA
Tegangan Sisi HV	150 kV $\pm 5 \times 12,5\%$ (Tap Changer)
Tegangan Sisi LV	11,5 kV
Frekuensi	50 Hz
Winding Connection	YNd11
Cooling Method	ONAF (Oil Natural Air Forced)
Impedansi	12,5% base on 80 MVA
Tap Changer	OFTC (Off Load Tap Changer)
Core Losses	40kW
Standar	IEC 60076
Lokasi	PLTG Payo Selincah, Jambi



Gambar 1. Schematic Single Line Diagram 150kV PLTG Payo Selincah

Sistem sinkronisasi merujuk pada batas toleransi tegangan terminal generator dalam rentang $\pm 5\%$ dari tegangan sistem (PLN, 2010). Jika sistem berada pada 155 kV, maka tegangan terminal harus antara 147,25 – 162,75 kV. Dengan memperhatikan rasio trafo, batas tegangan di sisi primer (generator) juga dapat dihitung.

3. METODE PENELITIAN

Kasus yang dianalisa pada penelitian ini Adalah sistem kelistrikan antara PLTG Payo Selincah dengan jaringan kelistrikan Sumatera Bagian Tengah. Data yang digunakan adalah hasil pengujian ratio trafo pada tanggal 22 November 2023. Ada beberapa tahap yang dilalui dalam pengolahan data yaitu:

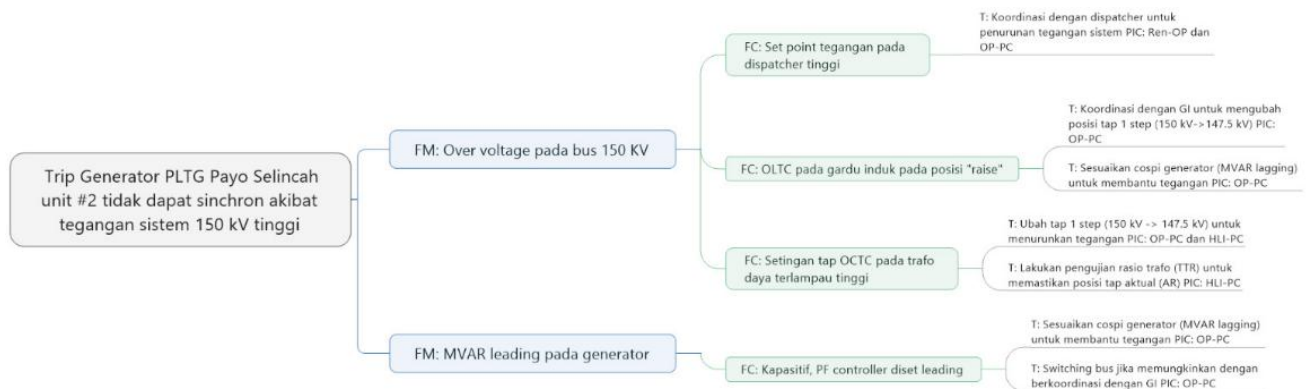
- Studi data hasil uji lapangan terhadap tap trafo (Barboza, 2011).
- Perbandingan antara tap 3 dan tap 2 berdasarkan nilai TTR (Turn Ratio) dan tegangan sisi LV (Eko, 2023).
- Evaluasi apakah tegangan sisi generator memenuhi kelayakan sinkronisasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sinkronisasi pada PLTG Payo Selincah Unit 2 tidak dapat dilakukan saat tegangan sistem melebihi 153 kV. Hal ini disebabkan oleh tidak sesuai tegangan sisi generator terhadap batas toleransi sinkronisasi akibat posisi Tap trafo yang tidak sesuai.

Tidak adanya penyesuaian posisi Tap trafo berdasarkan perubahan tegangan sistem transmisi menyebabkan tegangan terminal generator melebihi batas toleransi sinkronisasi.

Root Cause Problem Solving



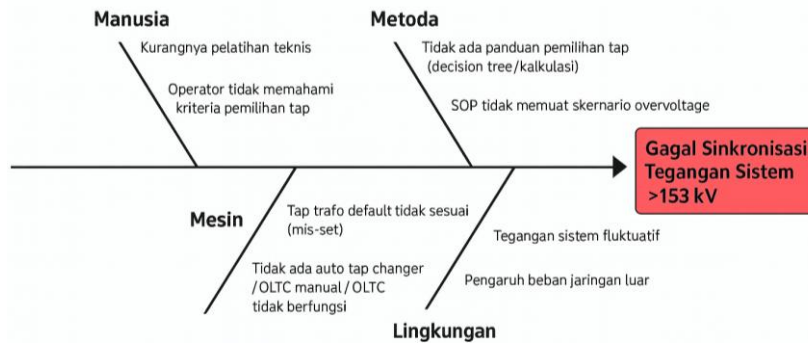
Gambar 2. Diagram Root Cause Problem Solving

Dari diagram di atas, kegagalan sinkronisasi disebabkan oleh kombinasi faktor eksternal (tegangan sistem 150 kV tinggi) dan internal (konfigurasi Tap trafo serta daya reaktif generator). Penanganan harus dilakukan melalui pendekatan sistematis: mulai dari koordinasi *dispatcher*, penyesuaian Tap trafo, hingga pengaturan faktor daya dan *switching* sistem.

Diagram Fishbone (Tulang Ikan)

- Manusia: Operator tidak menyesuaikan posisi tap dengan kondisi tegangan
- Mesin: Tap trafo berada pada posisi default (tap 3) yang tidak sesuai
- Metode: SOP tidak mengatur penyesuaian tap dalam kondisi *overvoltage*

d. Lingkungan: Tegangan sistem fluktuatif dan kadang melebihi 153 kV



Gambar 3. Diagram Fishbone

Tindakan Korektif yang Direkomendasikan

Tabel 2. Rekomendasi Tindakan Korektif

No	Tindakan	Penanggung Jawab	Status
1	Ubah default posisi Tap ke Tap 2 saat tegangan sistem >153 kV	Tim Operasi	Direkomendasikan
2	Buat SOP penyesuaian Tap trafo berbasis rentang tegangan sistem	Supervisor Operasi	Belum dibuat
3	Tambahkan pengukuran dan alarm real-time tegangan sinkronisasi	Tim Pemeliharaan	Belum tersedia
4	Lakukan pelatihan ulang prosedur sinkronisasi	Tim Operasi	Opsional

Hasil Pengujian Tap Trafo

Turns Ratio Prim-Sec										(2) Turns Ratio Prim-Sec																													
Test voltage					Use CP SB1					No					Test voltage					Use CP SB1					No														
Type of tap changer					Mode					Manual					Type of tap changer					Mode					Manual														
IEC 61378-1										No										IEC 61378-1										No									
Comments																																							
Standard test																																							
Tap		Nom. ratio		Phase A		Phase B		Phase C		Assessment		Tap		Nom. ratio		Phase A		Phase B		Phase C		Assessment																	
3		7.873		TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	Not ass	3		7.873		TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	Not ass	7.54	-4.23 %																
Per-phase																																							
Phase A					Phase B					Phase C					Phase A					Phase B					Phase C														
Tap	Nom. ratio	V prim	I prim	I phase	V sec	V phase	TTR	Ratio dev		Tap	Nom. ratio	V prim	I prim	I phase	V sec	V phase	TTR	Ratio dev		Tap	Nom. ratio	V prim	I prim	I phase	V sec	V phase	TTR	Ratio dev											
3	7.873	99.98 V	3.440 mA	-64.43°	13.26 V	-0.050°	7.5423	-4.20 %		3	7.873	V	A	*	V	*					3	7.873	149.96 V	4.515 mA	-61.66°	19.89 V	-0.040°	7.54	-4.23 %										

Gambar 4. Pengujian pada Turn Test Ratio pada Tap 3

Pengujian pertama, dilakukan pada posisi Tap 3 dengan injeksi tegangan sebesar 100V pada sisi HV (High Voltage). Nilai TTR (Turn Test Ratio) aktual yang diperoleh adalah 7,54. Pada pengujian kedua, dilakukan pada posisi Tap 3 dengan injeksi tegangan sebesar 150 V pada sisi HV. Hasil pengukuran menunjukkan tegangan terbaca di sisi HV sebesar 149,96 V, sedangkan disisi LV (Low Voltage) sebesar 19,89V.

Berdasarkan perhitungan, kemampuan tegangan sisi LV untuk mencapai tegangan 150 kV dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Tegangan Mampu } LV_{\phi-N} = \frac{V_{LV1}}{\sqrt{3}} = \frac{19,89}{1,733} = 11,48 \text{ V}$$

Sementara itu, pada saat tegangan sistem mencapai 156 kV, maka tegangan terminal sisi generator yang dibutuhkan untuk dapat sinkron adalah

$$\text{Tegangan Mampu } HV_{\phi-\phi} = \frac{V_{HV1}}{TTR_{(tap\ 3)}} = \frac{156}{7,54} = 20,69 \text{ V}$$

$$\text{Tegangan Mampu } HV_{\phi-N} = \frac{V_{HV1(\phi-N)}}{\sqrt{3}} = \frac{20,69}{1,733} = 11,93 \text{ V}$$

Dengan nilai tersebut, tegangan eksitasi yang dibutuhkan oleh generator melebihi kemampuan aktualnya, sehingga sinkronisasi tidak dapat dilakukan. Hal ini mengindikasikan bahwa Tap 3 tidak layak digunakan saat sistem berada pada tegangan diatas 153 kV.

(3) Turns Ratio Prim-Sec

Test voltage	100 V	Use CP SB1	No
Type of tap changer	DETC	Mode	Manual
IEC 61378-1	No		

(4) Turns Ratio Prim-Sec

Test voltage	150 V	Use CP SB1	No
Type of tap changer	DETC	Mode	Manual
IEC 61378-1	No		

Standard test (3)

Tap	Nom. ratio	Phase A		Phase B		Phase C		Assessment
		TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	
2	6.0698	7.7252	-4.27 %	7.7241	-4.28 %	7.7253	-4.27 %	Not ass.

Standard test (4)

Tap	Nom. ratio	Phase A		Phase B		Phase C		Assessment
		TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	TTR	Ratio dev	
2	6.0698	7.7233	-4.29 %	7.7233	-4.29 %	7.7231	-4.30 %	Not ass.

Per-phase (3)

Phase A							
Tap	Nom. ratio	V prim	I prim	I phase	V sec	V phase	Ratio dev
2	6.0698	99.98 V	2.484 mA	-63.14 °	12.94 V	-0.050 °	7.7252 -4.27 %

Per-phase (4)

Phase A							
Tap	Nom. ratio	V prim	I prim	I phase	V sec	V phase	Ratio dev
2	6.0698	149.96 V	4.139 mA	-60.99 °	19.42 V	-0.060 °	7.7233 -4.29 %

Gambar 5. Pengujian pada *Turn Test Ratio* pada Tap 2

Setelah dilakukan perubahan ke Tap 2, pengujian kembali dilakukan dengan parameter yang sama. Tegangan injeksi sebesar 150 V menghasilkan pembacaan sisi HV sebesar 149,69 V dan sisi LV sebesar 19,42 V, dengan nilai TTR sebesar 7,72.

Kemampuan tegangan sisi LV untuk mencapai tegangan 150 V dihitung sebagai berikut:

$$\text{Tegangan Mampu } LV_{\phi-N} = \frac{V_{LV2}}{\sqrt{3}} = \frac{19,42}{1,733} = 11,20 \text{ V}$$

Sedangkan pada kondisi tegangan sistem 156 kV, maka tegangan terminal sisi generator yang dibutuhkan untuk dapat sinkron adalah

$$\text{Tegangan Mampu } HV_{\phi-\phi} = \frac{V_{HV2}}{TTR_{(tap\ 3)}} = \frac{156}{7,72} = 20,20 \text{ V}$$

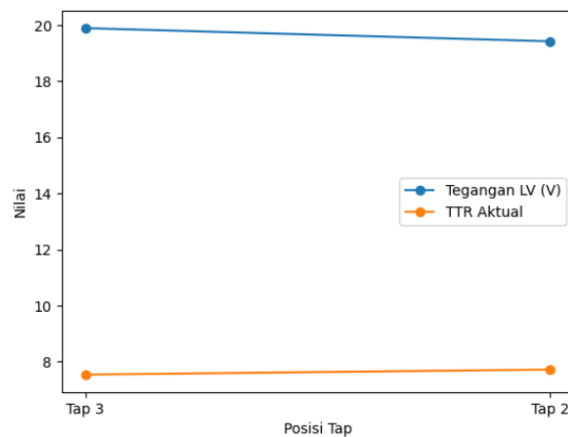
$$\text{Tegangan Mampu } HV_{\phi-N} = \frac{V_{HV2(\phi-N)}}{\sqrt{3}} = \frac{20,20}{1,733} = 11,65 \text{ V}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, tegangan yang dibutuhkan untuk sinkronisasi lebih rendah dibandingkan Tap 3, sehingga generator dapat dengan lebih mudah memenuhi syarat tegangan terminal untuk sinkronisasi. Perubahan ke Tap 2 membantu menurunkan tegangan sisi LV, dan menjadi solusi teknis yang tepat untuk kondisi *overvoltage* pada range tegangan sistem sebesar 154 kV – 157 kV.

Tabel 3. Hasil Pengujian TTR pada Tap 3 dan Tap 2

Posisi Tap	Tegangan Sisi HV (uji)	Tegangan Sisi LV (uji)	TTR Aktual	Status Sinkronisasi
Tap 3	150 V	19.89 V	7.54	Tidak laik – tegangan terlalu tinggi
Tap 2	150 V	19.42 V	7.72	Laik – tegangan terminal turun dan sesuai

Kondisi sebelum perubahan (Tap 3) menghasilkan tegangan sisi primer (generator) yang lebih tinggi dari batas atas sinkronisasi saat sistem berada pada 155–157 kV. Setelah dilakukan perubahan ke Tap 2, pengujian ulang menunjukkan bahwa tegangan sisi LV menjadi lebih rendah dan masuk dalam rentang toleransi sinkronisasi.



Gambar 5. Grafik Tegangan LV dan TTR Aktual

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sinkronisasi sebelumnya gagal dilakukan pada Tap 3 karena tegangan sistem sudah mencapai 155 kV, yang menyebabkan tegangan sisi generator harus mendekati atau melebihi 20.67 kV, melebihi batas atas sistem kontrol eksitasi. Setelah berpindah ke Tap 2, tegangan sisi generator turun menjadi sekitar 19.42 kV, yang masih dalam rentang $\pm 5\%$ dari sistem dan memungkinkan sinkronisasi berjalan lancar.

Perubahan posisi Tap trafo dari Tap 3 ke Tap 2 di PLTG Payo Selincah Unit 2 memungkinkan pelaksanaan sinkronisasi dengan aman pada kondisi tegangan sistem >153 kV. Hasil pengujian menunjukkan penurunan tegangan sisi generator sebesar 0.47 kV yang membawa nilai terminal generator ke dalam rentang toleransi sinkronisasi. Implementasi hasil ini harus diiringi dengan pemantauan tegangan sistem secara *real-time* dan SOP yang jelas bagi operator lapangan.

Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut. Pertama, posisi Tap default disarankan untuk berada pada Tap 2 ketika kondisi tegangan sistem melebihi 153 kV. Kedua, petunjuk teknis pengoperasian sebaiknya mencantumkan standar operasional prosedur (SOP) mengenai perubahan Tap yang harus dilakukan saat terjadi *overvoltage* pada sistem. Terakhir, pengujian berkala perlu dilakukan untuk memastikan keakuratan rasio transformasi dan kesesuaian nilai TTR, guna menjaga kinerja yang optimal dan mencegah masalah teknis pada sistem.

DAFTAR REFERENSI

- Anisah, S. R. (2018). *Analisis perbaikan tegangan ujung pada jaringan tegangan menengah 20 KV Express Trienggadeng daerah kerja PT PLN (Persero) Area Sigli Rayon Meureudu dengan simulasi E-Tap*. Panca Budi.
- Aryza, S. P. (2025). *An optimal effect of overload and unbalanced load on transformer lifetime in 20kV distribution substation*. Seaninstitute.
- Aryza, S. R. (2025). *Studi analisis konsumsi dan prognosa penghematan daya listrik PT PLN IP UP Payo Selincah pada tahun 2023*. Seaninstitute.
- Barboza, L. V., & Luciano, H. H. (2011). *Load tap change transformers: A modeling reminder*. Dirjen Ketenagalistrikan. (2020). *Peraturan Direktur Jenderal Ketenagalistrikan No. 555 Tahun 2020 tentang sinkronisasi pembangkit listrik ke sistem*. Jakarta.
- Eko, M. (2023). *Laporan pengujian tap trafo PLTG Payo Selincah unit 2*. PLN Indonesia Power UBP Jambi.
- Erivianto, D. D. (2020). *Sistem konversi energi listrik sebagai energi alternatif untuk kebutuhan rumah tangga*. Panca Budi.
- Gunawan, H. S. (2024). *Design and build a charging battery solar cell using the maximum power point tracker (MPPT) system*. Panca Budi.
- I. S. 1159. (2019). *Recommended practice for monitoring electric power quality*. McGraw-Hill.
- Machowski, J. B. (2008). *Power system dynamics: Stability and control*. John Wiley & Sons.
- P. J. (Persero). (2010). *Instruction manual power transformer 60/80 MVA 115/11.5 kV*. UNINDO.
- Saadat, H. (2010). *Power system analysis (3rd ed.)*. McGraw-Hill.

Stevenson, W. G. (1994). *Power system analysis*. McGraw-Hill.

Sutanto, D. (2021). *Power system analysis*. Andi.

Wibowo, P. A. (2025). *Analisis pengaruh penggantian konduktor pada saluran udara tegangan menengah 20kV terhadap drop tegangan di PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang*. Panca Budi.