UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Dampak Perubahan Tegangan Operasi Terhadap Proteksi Elektrik Transformator Tenaga di Wilayah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta
Jaka Purnama, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T.; Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Perubahan tegangan operasi sisi tegangan menengah transformator tenaga dari 20 kV menjadi 21 kV di wilayah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta diterapkan untuk menjaga kualitas tegangan di jaringan distribusi. Perubahan tegangan operasi tersebut menyebabkan perubahan rasio operasi transformator akibat kerja *on-load tap changer* yang berpotensi memengaruhi kinerja sistem proteksi elektrik transformator tenaga. Penelitian sebelumnya telah membahas pengaruh perubahan *tap changer* dan variasi tegangan terhadap proteksi transformator, namun belum secara khusus menganalisis dampak perubahan tegangan operasi 20 kV menjadi 21 kV pada kondisi operasi aktual di PT PLN (Persero). Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak perubahan tegangan operasi terhadap kinerja proteksi elektrik transformator tenaga serta menentukan rekomendasi perbaikan untuk menghindari potensi mal operasi proteksi.

Metode penelitian dilakukan melalui studi literatur, pengambilan data operasi transformator tenaga, analisis matematis, dan simulasi menggunakan *DIgSILENT PowerFactory* yang dijalankan melalui *Python* pada *Jupyter Notebook*. Analisis dilakukan pada transformator tenaga 150/22 kV daya 60 MVA dengan *on-load tap changer* pada rentang tegangan operasi sisi tegangan tinggi 135 kV hingga 157,5 kV. Parameter yang dianalisis meliputi arus diferensial, arus sisi tegangan tinggi, arus hubung singkat, koordinasi proteksi arus lebih, dan tegangan kritis proteksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tegangan operasi dari 20 kV menjadi 21 kV meningkatkan arus diferensial proteksi diferensial transformator, namun nilainya masih berada di bawah batas aman *setting* sehingga tidak menyebabkan mal operasi. Proteksi *restricted earth fault* (REF) tidak terdampak oleh perubahan tegangan operasi. Proteksi arus lebih sisi tegangan tinggi menjadi proteksi yang paling terdampak karena arus sisi tegangan tinggi pada kondisi pembebanan maksimum dan tegangan minimum sistem melebihi batas bawah *setting* proteksi arus lebih sehingga berpotensi mengalami mal operasi atau *overload*. Evaluasi terhadap data historis tegangan operasi menunjukkan terdapat 53 gardu induk dari 87 gardu induk di wilayah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta yang pernah mengalami tegangan operasi di bawah tegangan kritis proteksi arus lebih sebesar 140,23 kV.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa perubahan tegangan operasi transformator tenaga dari 20 kV menjadi 21 kV memerlukan evaluasi dan penyesuaian *setting* proteksi elektrik agar sistem proteksi tetap andal pada kondisi operasi aktual. Rekomendasi perbaikan dilakukan melalui penyesuaian *setting* proteksi diferensial, perubahan *setting* proteksi arus lebih, atau pembatasan pembebanan transformator tenaga sehingga potensi mal operasi proteksi dapat dihindari pada pengoperasian transformator tenaga di tegangan 21 kV.

Kata kunci — transformator, *on-load tap changer*, proteksi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Dampak Perubahan Tegangan Operasi Terhadap Proteksi Elektrik Transformator Tenaga di Wilayah Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta
Jaka Purnama, Dr. Ir. M. Isnaeni Bambang Setyonegoro, M.T.; Husni Rois Ali, S.T., M.Eng., Ph.D., DIC., SMIEEE.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The change in the medium-voltage operating level of power transformers from 20 kV to 21 kV in the Central Java and Special Region of Yogyakarta was implemented to maintain voltage quality in the distribution network. This operating voltage change causes a shift in the transformer operating ratio due to the operation of the on-load tap changer, which may affect the performance of transformer electrical protection systems. Previous studies have discussed the effects of tap changer operation and voltage variation on transformer protection; however, no study has specifically analyzed the impact of changing the operating voltage from 20 kV to 21 kV under actual operating conditions at PT PLN (Persero). This study aims to analyze the impact of operating voltage changes on transformer electrical protection performance and to determine improvement recommendations to prevent protection maloperation.

The research method was conducted through literature review, transformer operational data collection, mathematical analysis, and simulation using DIgSILENT PowerFactory integrated with Python in Jupyter Notebook. The analysis was performed on a 150/22 kV 60 MVA power transformer equipped with an on-load tap changer under high-voltage operating conditions ranging from 135 kV to 157.5 kV. The analyzed parameters included differential current, high-voltage side current, short-circuit current, overcurrent protection coordination, and protection critical voltage.

The results show that the operating voltage change from 20 kV to 21 kV increases the differential current of transformer differential protection; however, the current remains below the protection setting safety limit and does not cause maloperation. Restricted earth fault (REF) protection is not affected by the operating voltage change. High-voltage side overcurrent protection becomes the most affected protection because the high-voltage side current under maximum loading and minimum system voltage exceeds the lower protection setting limit, creating the potential for maloperation or overload. Evaluation of historical operating voltage data indicates that 53 out of 87 substations in Central Java and the Special Region of Yogyakarta experienced operating voltages below the overcurrent protection critical voltage of 140.23 kV.

This study concludes that changing the operating voltage of power transformers from 20 kV to 21 kV requires evaluation and adjustment of electrical protection settings to maintain protection system reliability under actual operating conditions. Recommended improvements include adjusting differential protection settings, modifying overcurrent protection settings, or limiting transformer loading to prevent protection maloperation during 21 kV transformer operation.

Keywords - power transformer, on-load tap changer, protection system.