UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Termal Ruang Kontrol Gardu Induk dan Pengaruhnya terhadap Kondisi Termal Relay Proteksi: Studi Kasus GI 150 kV Muara Tawar
Rendi Afrino, Prof. Dr. Ir. Faridah, S.T., M.Sc., IPU. ASEAN Eng.; Dr. Eng. Ir. Mohammad Kholid Ridwan, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

KARAKTERISASI TERMAL RUANG KONTROL GARDU INDUK DAN PENGARUHNYA TERHADAP KONDISI TERMAL RELAY PROTEKSI : STUDI KASUS GI 150 kV MUARA TAWAR

oleh

Rendi Afrino

Diajukan ke Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada pada 15 Juli 2026 untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat Magister Program Studi Teknik Fisika

INTISARI

Gardu Induk memainkan peran kritis dalam keandalan sistem tenaga listrik, dengan *relay* proteksi di ruang kontrol bertugas mendeteksi dan mengisolasi gangguan. Kondisi termal ruang kontrol secara langsung memengaruhi kinerja *relay* tersebut, sehingga turut menentukan keandalannya dalam jangka panjang. Karakterisasi termal berbasis CFD dilakukan pada ruang kontrol GI 150 kV Muara Tawar, Jakarta Utara, yang memiliki rasio jendela-dinding besar pada fasad barat sehingga menghasilkan perolehan panas matahari yang signifikan. Model CFD tiga dimensi dibangun menggunakan *Ansys Fluent* dan divalidasi terhadap data pengukuran lapangan dengan RMSE sebesar 0,73°C. Model tersebut digunakan untuk mengkarakterisasi lingkungan termal pada delapan belas titik observasi, terdiri dari enam titik ruangan dan dua belas titik panel *relay*. Karakterisasi dilakukan pada lima kelompok skenario operasional, meliputi kondisi iklim, posisi matahari harian, kejernihan langit, operasi sistem AC, dan beban okupansi. Hasil menunjukkan seluruh titik panel *relay* melebihi rentang operasi ideal 22°C–24°C pada seluruh kondisi yang diperiksa, bahkan pada malam hari tanpa beban matahari, dengan suhu panel tertinggi mencapai 30,79°C pada kondisi iklim kritis. Kejernihan langit menghasilkan perbedaan suhu yang tidak signifikan. Kegagalan satu unit AC secara signifikan menurunkan keseragaman termal ruangan, sementara beban okupansi saat kondisi pemeliharaan hanya menaikkan suhu panel maksimal 0,49°C. Evaluasi rekomendasi teknis yang menggabungkan rekayasa material bangunan, sistem pendingin, dan panel proteksi berhasil menurunkan suhu panel rata-rata dari 29,70°C menjadi 25,94°C, meskipun masih berada di atas rentang ideal 22°C–24°C.

Kata Kunci : karakterisasi termal, gardu induk, ruang kontrol, *relay* proteksi, simulasi CFD, *Ansys Fluent*

Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Faridah, S.T., M.Sc., IPU. ASEAN Eng.

Pembimbing Pendamping : Dr. Eng. Ir. Mohammad Kholid Ridwan, S.T., M.Sc., IPU.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Karakterisasi Termal Ruang Kontrol Gardu Induk dan Pengaruhnya terhadap Kondisi Termal Relay Proteksi: Studi Kasus GI 150 kV Muara Tawar
Rendi Afrino, Prof. Dr. Ir. Faridah, S.T., M.Sc., IPU. ASEAN Eng.; Dr. Eng. Ir. Mohammad Kholid Ridwan, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

THERMAL CHARACTERISATION OF A SUBSTATION CONTROL ROOM AND ITS EFFECT ON PROTECTION RELAY THERMAL CONDITIONS: CASE STUDY OF 150 KV MUARA TAWAR SUBSTATION

by

Rendi Afrino

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on 15 July 2026 as one of the requirement to obtain the Master's Degree in Engineering Physics

ABSTRACT

Substations play a critical role in power system reliability, with protection relays in the control room responsible for detecting and isolating faults. The thermal condition of the control room directly affects the operating performance of these relays, thereby influencing their long-term reliability. A CFD-based thermal characterisation was conducted on the control room of 150 kV Muara Tawar Substation, North Jakarta, which has a high window-to-wall ratio on its west-facing façade, resulting in significant solar heat gain. A three-dimensional CFD model was constructed using Ansys Fluent and validated against field measurement data with an RMSE of 0.73°C. The model was used to characterise the thermal environment at eighteen observation points, consisting of six room points and twelve relay panel points. Characterisation was performed across five groups of operational scenarios, covering climatic conditions, daily solar position, sky clearness, AC system operation, and occupancy load. Results show that all relay panel points exceeded the recommended ideal operating range of 22°C–24°C under all conditions examined, even at night without solar load, with the highest panel temperature reaching 30.79°C under critical climatic conditions. Sky clearness produced an insignificant temperature difference. The failure of one AC unit significantly reduced the room's thermal uniformity, while occupancy load during maintenance conditions raised the panel temperature by no more than 0.49°C. Evaluation of the technical recommendations, combining building material engineering, cooling system enhancement, and protection panel modification, successfully reduced the average panel temperature from 29.70°C to 25.94°C, although it remained above the ideal range of 22°C–24°C.

Keywords **:** *thermal characterisation, electrical substation, control room, protection relay, CFD simulation, Ansys Fluent*

Supervisor : Prof. Dr. Ir. Faridah, S.T., M.Sc., IPU. ASEAN Eng.

Co-Supervisor : Dr. Eng. Ir. Mohammad Kholid Ridwan, S.T., M.Sc., IPU.