



**RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI
POTENSI *HOTSPOT* DALAM KUBIKEL 20 KV DI
GARDU INDUK BERBASIS ESP32**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun Oleh:

Nama : Mishbahul Azhar

NIM : 182220041

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA**

2025

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 13 Agustus 2025
Mahasiswa,



Mishbahul Azhar
NIM. 182220041

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Mishbahul Azhar
NIM : 182220041
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi :

**RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI POTENSI *HOTSPOT*
DALAM KUBIKEL 20KV DI GARDU INDUK BERBASIS ESP32**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Sinka Wilyanti, S.T., M.T

Pembimbing 2 : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT

Mengetahui :

Ketua Program Studi : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng (



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 13 Agustus 2025

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Mishbahul Azhar
NIM : 182220041
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi :

RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI POTENSI *HOTSPOT*
DALAM KUBIKEL 20KV DI GARDU INDUK BERBASIS ESP32

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Hamzah, S.T., M.T., Ph.D

()

Penguji 2 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., MSc.Eng

()

Penguji 3 : Legenda Prameswono Pratama, S.ST., MSc.Eng

()

13/08/25

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 13 Agustus 2025

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah saya panjatkan kepada Allah, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Orangtua, Istri dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (2) Ibu Sinka Wilyanti, S.T., M.T, dan Arisa Olivia Putri S.ST, M.IT selaku Pembina Akademik dan Pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Ibu Arisa Olivia Putri S.ST, M.IT selaku Pembimbing II yang juga telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (4) Bapak Brainvendra Widi Dionova, S.ST.,MSc.Eng selaku ketua prodi Teknik Elektro, atas segala dukungan dan arahnya selama penulis menempuh pendidikan;
- (5) Bapak Cucu Purwoko dan Bapak Maman Sudirman selaku Manajemen PT PLN (Persero) ULTG Cawang yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan; dan
- (6) Sahabat serta rekan kerja yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Akhir kata, semoga segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu mendapatkan pahala dari Allah. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 13 Agustus 2025

Penulis

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mishbahul Azhar
NPM : 182220041
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI POTENSI HOTSPOT
DALAM KUBIKEL 20KV DI GARDU INDUK BERBASIS ESP32**

Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 13 Agustus 2025

Yang menyatakan

A yellow revenue stamp from the Indonesian government, featuring the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', 'METEPAK', and 'TEMPEL'. The stamp is partially obscured by a handwritten signature in black ink.

Mishbahul Azhar

NIM. 182220041

ABSTRAK

Sistem distribusi tenaga listrik di Gardu Induk 20 kV memerlukan pemantauan suhu yang akurat untuk mencegah kegagalan peralatan akibat *hotspot*, khususnya pada kubikel tipe *close type* yang tidak memungkinkan inspeksi langsung menggunakan thermovisi. Berdasarkan pedoman SKDIR PLN 520 tahun 2022, inspeksi suhu dilakukan secara periodik atau kondisional pada peralatan yang terbuka, namun keterbatasan waktu dan akses dapat menyebabkan keterlambatan deteksi gangguan termal. Perangkat dirancang dengan menggunakan sensor suhu BME280 dan sensor arus SCT013. Data pengukuran dikirimkan ke LCD dan aplikasi android secara *real-time*, serta akan memicu alarm *buzzer* dan memberikan peringatan pada aplikasi android jika suhu melebihi ambang batas tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengukuran suhu dengan jarak sensor 30 cm dari area *finger*, rata-rata kesalahan relatif terhadap kamera thermovisi FLIR sebesar 2,49%, sedangkan pada jarak 35 cm meningkat menjadi 7,29%. Hal ini menunjukkan bahwa jarak sensor sangat mempengaruhi akurasi pembacaan suhu peralatan di dalam kubikel 20 kV. Untuk pengukuran arus, sistem menunjukkan rata-rata kesalahan sebesar 2,83% terhadap clamp meter, yang dianggap cukup akurat untuk kebutuhan deteksi awal. Pengujian respon alarm membuktikan bahwa sistem berhasil mengaktifkan peringatan jika suhu $\geq 38^{\circ}\text{C}$ dan selisih suhu dengan lingkungan $\geq 4^{\circ}\text{C}$, serta didukung dengan nilai arus $> 400\text{ A}$ sebagai indikator validasi sumber panas. Kesimpulannya, sistem yang dirancang terbukti efektif dalam mendeteksi potensi *hotspot* secara *real-time* di area kubikel tertutup yang tidak dapat dijangkau oleh *thermogun* konvensional.

Kata kunci : *Hotspot*, ESP32, sensor suhu BME280, *monitoring* suhu.

ABSTRACT

The 20 kV Substation power distribution system requires accurate temperature monitoring to prevent equipment failure caused by hotspots, especially in closed-type cubicles that do not allow direct inspection using thermographic tools. According to the SKDIR PLN 520 guidelines issued in 2022, temperature inspections are carried out periodically or conditionally on open equipment, but limited time and access can cause delays in detecting thermal disturbances. The device is designed using a BME280 temperature sensor and an SCT013 current sensor. Measurement data is sent to the LCD and an Android application in real-time, triggering a buzzer alarm and providing a warning to the Android application if the temperature exceeds a certain threshold. Experimental results show that when measuring temperature with a sensor distance of 30 cm from the finger area, the average error relative to the FLIR thermovision camera is 2.49%, while at a distance of 35 cm it increases to 7.29%. This shows that the sensor distance significantly affects the accuracy of equipment temperature readings inside the 20 kV cubicle. For current measurements, the system shows an average error of 2.83% against the clamp meter, which is considered accurate enough for early detection needs. Alarm response testing proves that the system successfully activates a warning if the temperature is $\geq 38^{\circ}\text{C}$ and the temperature difference with the environment is $\geq 4^{\circ}\text{C}$, and is supported by a current value of $>400\text{ A}$ as an indicator of heat source validation. In conclusion, the designed system has proven to be effective in detecting potential hotspots in real-time within closed cubicle areas that are inaccessible to conventional thermographic tools.

Keywords: *Hotspot, ESP32, BME280 temperature sensor, temperature monitoring.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Pengertian dan Fungsi Kubikel 20 kV	6
2.2.2 Komponen Kubikel 20 kV	7
2.2.3 Macam Kubikel 20 kV Tegangan Menengah	10
2.2.4 Pola Pemeliharaan Kubikel 20 kV	11
2.2.5 Standar dan Keamanan Operasional	13
2.2.6 Rekomendasi Pengukuran Suhu Thermovisi	14
2.3 Fenomena <i>Hotspot</i>	16
2.3.1 Pengertian <i>Hotspot</i>	17
2.3.2 Efek <i>Hotspot</i> pada Sistem Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah 20 kV	18

2.3.3	Perbedaan Selisih Suhu di Dalam dan di Sekitar Alat	19
2.3.4	Mitigasi Potensi <i>Hotspot</i>	20
2.4	Komponen Elektronik dalam Sistem Monitoring Kubikel 20 kV	22
2.4.1	Mikrokontroler ESP 32 D1 R32	22
2.4.2	Sensor Temperature BME 280	23
2.4.3	Sensor Arus SCT 013	24
2.4.4	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	25
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Alur Penelitian	28
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	28
3.3	Perancangan Alat	29
3.3.1	Diagram Blok Sistem	29
3.3.2	Diagram Wiring	31
3.3.3	Flowchart Sistem	31
3.3.4	Design 3D Perangkat	33
3.3.5	Alat dan Bahan yang Digunakan	34
3.3.6	Pemasangan Alat	37
3.3.7	Prinsip Kerja Alat	39
3.3.8	Pengaturan <i>Firebase</i>	41
3.3.9	Pembuatan Aplikasi Android	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Analisa Hasil Pengujian Perangkat	43
4.1.1	Pengujian Pengukuran Suhu	44
4.1.2	Pengujian pengukuran arus	50
4.1.3	Pengujian respon terhadap peringatan dini	54
BAB V		58
PENUTUP		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kubikel tegangan menengah 20 kV	7
Gambar 2.2 Bagian-bagian Kubikel menengah 20 kV	10
Gambar 2.3 Kubikel <i>Incoming</i>	11
Gambar 2.4 Kubikel <i>Outgoing</i>	11
Gambar 2.5 Temuan bau gosong pada <i>finger</i> dan durfur 20 kV.....	18
Gambar 2.6 Titik Uji tahanan kontak <i>finger</i> dan durfur 20 kV	21
Gambar 2.7 Titik uji tahanan <i>moving contact</i> atau kontak <i>finger</i> dan durfur 20 kV	21
Gambar 2.8 D1 R32 Esp32	23
Gambar 2.9 Tampilan Sensor BME280.....	24
Gambar 2.10 Sensor SCT	25
Gambar 2.11 LCD.....	26
Gambar 2.12 Wiring LCD	27
Gambar 2.13 Modul I2C	27
Gambar 3.1 Diagram Blok.....	30
Gambar 3.2 Diagram Wiring	31
Gambar 3.3 Flowchart Sistem.....	32
Gambar 3.4 Design 3D Sistem.....	33
Gambar 3.5 Pemasangan Alat.....	37
Gambar 3.6 Pemasangan Sensor Suhu.....	37
Gambar 3.7 Diagram Pemasangan Alat.....	37
Gambar 3.8 Diagram logika perhitungan temperature.....	41
Gambar 3.9 Rules Firebase Realtime Database	41
Gambar 3.10 Desain Aplikasi Android.....	42
Gambar 4.1 Perangkat Monitoring Tampak Depan	43
Gambar 4.2 Perangkat Monitoring Tampak Dalam.....	43
Gambar 4.3 Box Panel Kubikel	44
Gambar 4.4 Area Kontak <i>Finger</i>	44
Gambar 4.5 Jarak sensor dari durfur/kontak <i>finger</i> 30 cm dan 35 cm.....	45
Gambar 4.6 Suhu terbaca oleh thermogun merek Flir jarak sensor 30 cm.....	47
Gambar 4.7 Pengukuran pada perangkat dengan jarak 30 cm.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN (Persero) melalui Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk bertanggung jawab atas penyaluran energi listrik yang andal. Untuk memastikan keandalan sistem tersebut, dilakukan pemeliharaan rutin pada peralatan transmisi dan distribusi, termasuk inspeksi level 2 (IL2) yang mencakup pemeriksaan suhu menggunakan *thermovisi* pada kubikel incoming 20 kV. Namun, metode ini bersifat manual dan periodik 1 bulan sesuai SKDIR PLN No. 520 tahun 2014 serta hanya dapat dilakukan pada peralatan terbuka yang terdapat akses untuk dilakukan pengukurannya, sehingga potensi *hotspot* yang muncul secara tiba-tiba dapat terlewat hingga inspeksi berikutnya.

Berdasarkan temuan di lapangan, pada tahun 2024 telah dilakukan sebanyak 20 kali pengecekan bersamaan kondisi padam terhadap peralatan kubikel incoming 20 kV di 10 Gardu Induk (GI) wilayah kerja asset PLN ULTG Cawang. Dari hasil inspeksi tersebut, tercatat satu temuan kondisi *hotspot* yang mengindikasikan terjadinya kenaikan suhu tidak normal pada area ruang kontak *finger*. Sementara itu pada semester satu tahun 2025, telah dilakukan 9 kali jadwal pengecekan bersamaan kondisi bebas tegangan pada peralatan kubikel incoming 20 kV, kembali ditemukan satu kasus *hotspot* serupa. Meskipun frekuensinya tidak tinggi, kejadian tersebut menunjukkan adanya potensi risiko kritikal yang tidak dapat dipantau secara kontinu jika hanya mengandalkan inspeksi periodik bulanan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan suhu secara *real-time* dan otomatis guna mendeteksi dini potensi terjadinya *hotspot* dalam ruang tertutup kubikel 20 kV, khususnya pada bagian kontak *finger* PMT.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendeteksi *hotspot* pada peralatan gardu induk. Pada, penelitian oleh (Multi & Mubarak, 2022) menggunakan metode *thermovisi* untuk menganalisis *hotspot* pada PMS Gardu Induk 150 kV Rawadenok Depok. Hasilnya menunjukkan bahwa *thermovisi* efektif dalam mendeteksi suhu abnormal pada peralatan, namun masih bergantung pada

inspeksi manual dan tidak terpantau secara *real time* serta hanya dapat dilakukan pada peralatan yang terbuka.

Selanjutnya, (Fahturozi et al., 2024) mengevaluasi *hotspot* pada konduktor transformator 60 MVA menggunakan kamera termovisi FLIR. Penelitian ini menekankan pentingnya deteksi dini untuk mencegah kerusakan serius. Namun, pendekatan ini juga masih bersifat manual dan tidak memberikan peringatan dini secara otomatis.

Dalam upaya meningkatkan deteksi *hotspot*, (Goyal & Rajapakse, 2023) mengembangkan pendekatan pembelajaran mandiri untuk mendeteksi dan mengisolasi *hotspot* dari citra termal. Metode ini menunjukkan akurasi tinggi dalam identifikasi *hotspot*, namun penerapannya memerlukan dataset besar dan infrastruktur komputasi yang kompleks.

Selain itu, penelitian oleh (Ukiwe et al., 2024) mengusulkan model pembelajaran mendalam untuk mendeteksi *hotspot* menggunakan citra termografi inframerah pada instalasi listrik. Model ini mencapai akurasi 99,98% dalam mendeteksi anomali, namun implementasinya memerlukan pelatihan model yang intensif dan sumber daya komputasi yang signifikan.

Dari studi-studi tersebut, terlihat bahwa meskipun berbagai metode telah dikembangkan untuk mendeteksi *hotspot*, sebagian besar masih memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada inspeksi manual, kebutuhan akan infrastruktur komputasi yang kompleks, atau masih dalam tahap pengembangan awal, serta dapat dilakukan pengukurannya secara visual.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat peringatan dini potensi *hotspot* pada *moving contact* atau kontak *finger* PMT kubikel 20 kV di gardu induk yang berbasis ESP32. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi *real time*, otomatis, dan berbiaya rendah untuk mendeteksi *hotspot*, sehingga meningkatkan keandalan sistem penyaluran energi listrik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana akurasi sistem dalam mengukur suhu pada ruang kontak *finger* kubikel 20 kV?
2. Seberapa akurat sensor arus SCT013 dalam membaca arus pada salah satu fasa dibandingkan *clamp multimeter*?
3. Apakah sistem monitoring yang dirancang mampu memberikan peringatan dini secara otomatis saat terjadi kenaikan suhu dan selisih suhu terhadap *ambient* yang mengindikasikan adanya potensi *hotspot* dalam kubikel 20 kV?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis tingkat akurasi pengukuran suhu pada ruang kontak *finger* menggunakan sistem yang dirancang, dibandingkan dengan alat *thermovision*.
2. Menguji keakuratan sensor arus SCT013 dibandingkan dengan *clamp multimeter* sebagai alat validasi arus.
3. Menilai kemampuan sistem dalam memberikan peringatan dini terhadap potensi *hotspot* berdasarkan pengukuran suhu dan arus secara *real-time*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan efektivitas proses Inspeksi Level 2 pada peralatan kubikel 20 kV di Gardu Induk.
2. Memudahkan pemantauan suhu panas dalam ruang *moving contact* atau kontak *finger* PMT pada kubikel 20 kV agar sistem penyaluran tenaga Listrik dapat tetap terjaga keandalannya.
3. Menjaga faktor *safety* atau keselamatan kerja bagi petugas dalam melaksanakan inspeksi *thermovision* pada kubikel 20 kV di Gardu Induk.

1.5 Batasan Masalah

1. Penggunaan alat peringatan dini potensi *hotspot* ini untuk kubikel tegangan menengah 20 kV di dalam ruang *moving contact* atau kontak *finger* PMT yang indentik dengan tipe ruang kubikel tertutup, sehingga

sulit untuk dilakukan pengukuran thermovisi pada peralatan PMT dan *finger* PMS nya.

2. Alat ini dirancang untuk diaplikasikan pada maksimal 1 kubikel incoming TM 20 kV, dengan kapasitas pemantauan suhu ruang sampai dengan +85°C. Mikrokontroler yang digunakan adalah D1 R32, dengan integrasi sensor suhu dan sensor arus, sehingga alat mampu membaca kondisi *thermal* dan beban arus sebagai indikator kondisi abnormal.
3. Variabel yang diteliti dalam penelitian ini meliputi suhu ruang sekitar/*ambient* (dalam °C), suhu dalam ruang kontak *finger* PMT pada kubikel (dalam °C), dan arus (dalam ampere). Data yang diperoleh dari sensor akan diproses oleh mikrokontroler, ditampilkan pada LCD, dan dibandingkan dengan ambang batas normal sebagai indikator munculnya potensi *hotspot* pada kubikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, S. S., & Jamin, A. S. (2021). Pengujian Tahanan Isolasi Pada Pemutus Tenaga (Pmt) 20 Kv Di Gardu Induk Tello 150 Kv. *Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI)*, 40–43.
- Ashokkumar, T. (2009). Estimating the inside temperature of natural convection sealed enclosures. *Qpedia*. 1(1), 1–7.
- Bosch Sensortech. (2016). *BME280 Digital humidity, pressure and temperature sensor*. <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf>
- Ding, Y., Zhang, Q., Liu, X., Gao, M., Li, Y., Zhao, Y., Ma, H., Liu, G., & Wang, K. (2017). Study on thermal circuit model of typical disconnecter and current transformer. *International Conference on Electrical Materials and Power Equipment*, 179–183. <https://doi.org/10.1109/ICEMPE.2017.7982060>
- Fahturozi, R., Mubarak, R., & Munawar, A. (2024). *Evaluasi Uji Hotspot Menggunakan Thermovisi Flir Pada Bay Penghantar III Trafo 60 MVA. Journal of electronic and Electrical Power Application*.
- Goyal, S., & Rajapakse, J. C. (2023). *Self-supervised learning for hotspot detection and isolation from thermal images*. <http://arxiv.org/abs/2308.13204>
- Guan, X., Qin, J., Shu, N., & Peng, H. (2019) Studies on *Contact Degradation Process and Failure Mechanism of GIB Plug-In Connector*. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 9(9), 1776–1784. <https://doi.org/10.1109/TCPMT.2019.2930415>
- Hariansyah, M., & Awaluddin, J. (2014). Aplikasi Penggunaan Kubikel 20 kV pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Binary Cycle Dieng. *Jurnal Teknik Elektro Dan Sains*, 1(1), 1–7.

- Hudallah, L. N., & Suryanto, A. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Suhu Tanah, Kelembapan Tanah dan Resistansi. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2).
- IEC (International Electrotechnical Commission). (2021). High-voltage switchgear and controlgear Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV. In *International Standard* (3.0, p. 13). International Electrotechnical Commission.
- Kasnalestari, T., Atmajaya, G. K., & Baqaruzi, S. (2022). Optimalisasi Pemeliharaan, Pengujian, dan Penggantian Current Transformer Jenis OSKF-170. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 6(2), 222–231.
- Kusumo, B. (2023). Analisis Terjadinya Gagal Trip Penyulang Kaca Piring Pada Sistem Kubikel 20 Kv Gardu Induk Kebon Jeruk. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 2(3), 1944–1962.
- Li, S., Zou, Y., Wang, D., & Zhou, Y. (2023). *Exploration of Testing Technology of High-Voltage Electrical Equipment*. 487–490. <https://doi.org/10.1109/eeps58791.2023.10257037>
- Ljubenovic, M., Milić, M., Došić, S., Ljubenović, M., & Lukač, D. (2018). *Development of Arduino Based Thermal Inspection System for Hot Spots Detection in Power Lines*. <https://www.researchgate.net/publication/323127440>
- Multi, A., & Mubarak, H. (2022). *Analisis Hotspot Pada PMS Gardu Induk 150 KV Rawadenok Depok Menggunakan Metode Thermovision*. 32. <https://doi.org/10.37277/stch.v32i4>
- Pratama, S. A. (2019). *Rancang Bangun sistem Pengontrol Tegangan Transformator 1 Fasa 50 VA Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno*. Universitas Jember.
- PT. PLN (Persero). (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Kubikel Tegangan Menengah*. (Revisi Dokumen No. PDM/PGI/14:2014). PT PLN (Persero)

- PT. PLN (Persero). (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah Tegangan*. (Revisi Dokumen No. PDM/PGI/14:2014). PT PLN (Persero)
- Ratipramesti, R. M., & Bangsa, I. A. (2022). Optimalisasi Proteksi Relai Arus Lebih Penyulang Kemuning pada Gardu VBRA Di PT PLN (Persero) UP3 Bekasi UID Jawa Barat. *Jurnal Teknik*, 14(2), 83. <https://doi.org/10.30736/jt.v14i2.825>
- Rikumahu, J., Pattiapon, D., & Jamlaay, M. (2019). Perancangan Peningkatan Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Gardu Hubung Poka. *Jurnal Simetrik*, 9(1), 171–178. <https://doi.org/10.31959/js.v9i1.286>
- Ruang Teknisi. (2022). *Pengertian Sensor Tegangan*. <https://www.ruangteknisi.com/sensor-tegangan>
- Sadewa, M., & Permata, E. (2024). Analisis Desain Kubikel 20kV untuk Peningkatan Efisiensi dan Keandalan Sistem Distribusi Listrik. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(6), 116–129. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i6.633>
- Shojaee Nasirabadi, M., & Hattel, J. H. (2024). The effect of ambient conditions on local climate inside a pump electronics enclosure. *Electronics Cooling*.
- Sofiumayroh, H., Hasfani, H., Rekayasa, J., & Komputer, S. (2024). Pemanfaatan Protokol HTTP Pada Sistem Monitoring Suhu Air Menggunakan Website Berbasis Internet Of Things (IoT). *Coding : Jurnal Komputer Dan Aplikasi*, 12(02), 102–111.
- Suganda, W., Pathon, H., & Fuady, S. (2022). Sistem Pemantauan dan Pengendalian Nilai Tahanan Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Engineering*, 4(2).

- Sukoco, M. Y., Izzati, N., & Wardana, H. K. (2023). *Pengukuran Tahanan Isolasi Terminal Incoming Gardu Kubikel 20KV Di PT Haleyora Power Region 3 Jawa Timur Area Mojokerto*. 1(2), 32–41.
- Sullivan, G., & Spencer, M. (2022). Heat and temperature. *BJA Education*, 22(9), 350–356. <https://doi.org/10.1016/j.bjac.2022.06.002>.
- Suyadhi, T. D. S. (2022). *driver motor DCMP menggunakan IC 1298*. <https://www.robotics-university.com/2015/01/driver-motor-dcmp-menggunakan-ic-1298.html>
- Ta, W. (2013). Thermal Stability Analysis of 550 kV High-voltage Disconnecter. *High Voltage Apparatus*. https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-GYDQ201309035.htm
- Ukiwe, E. K., Adeshina, S. A., Jacob, T., & Adetokun, B. B. (2024). Deep learning model for detection of *hotspots* using infrared thermographic images of electrical installations. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s43067-024-00148-y>
- Wang, K., & Kopsidas, K. (2020). Modelling Network Reliability Considering Underground Cable Hot Spot Failures. *IEEE International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*. <https://doi.org/10.1109/PMAPS47429.2020.9183388>