

RESEARCH ARTICLE

Analysis of the Time of Dew Occurrence on the DCDB Panel at PLN GIS 150 kV Gunungsari Surabaya

(Analisis Waktu Terjadinya Embun pada Panel DCDB di PLN GIS 150 kV Gunungsari Surabaya)

Arum Vonie Rachmawati^{1*}, Satya Cantika Agustinur¹, Rio Indralaksono², Kinanta Syahriannanda², I Made Niantara Riandana³, Andu Mahdy Alim³, Meta Yantidewi¹, Dzulkifli¹

¹Program Studi Fisika Universitas Negeri Surabaya, Jl Ketintang 60231 Surabaya, Indonesia

²PLN UIP Jawa Bagian Timur dan Bali, Jl Ketintang Baru I No. 1-3 60231 Surabaya, Indonesia

³PLN GIS 150 kV Gunungsari Surabaya, Jl Jajar Tunggal Tim III 60229 Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

The DCDB panel is a panel for distributing direct current electricity. Inside the panel there are cables to carry current which affects the temperature of the panel. The greater the current flowing, the greater the resulting temperature. Dew that occurs on the DCDB panel can cause various kinds of electrical disturbances, so the DCDB panel must be kept dry and protected from condensation. The dew parameter is the dew point. In order to minimize the occurrence of dew on the DCDB panel, it is necessary to know the prediction or estimate of the occurrence of dew on the DCDB panel by evaluating the Rectifier room temperature with the external environmental weather temperature. Therefore, research was carried out for 10 days in the PT. PLN (Persero) GIS 150 kV Gunungsari Rectifier room, Surabaya, which contained a DCDB panel. The data obtained is temperature monitoring data in the Rectifier room, DCDB panel body, and DCDB panel door. From this data, observations are made to see the temperature changes that occur in the panel. Environmental weather data is obtained via the Weather Underground website. The research data obtained was analyzed using RMSE and MAPE to check errors and graph plotting using SPSS. Based on the research conducted, it can be concluded that the dew point is estimated to occur at 03.30-05.00 in July with a temperature range of 21.3°C-23.3°C.

Panel DCDB merupakan panel untuk mendistribusikan listrik arus searah. Di dalam panel terdapat kabel-kabel untuk mengalirkan arus yang mempengaruhi temperatur panel. Semakin besar arus yang mengalir, semakin besar pula temperatur yang dihasilkan. Embun yang terjadi pada panel DCDB dapat mengakibatkan berbagai macam gangguan listrik, sehingga panel DCDB harus dijaga agar kondisi tetap kering dan terhindar dari pengembunan. Parameter embun tersebut adalah titik embun (dew point). Agar meminimalisir terjadinya embun pada panel DCDB, maka perlu mengetahui prediksi atau perkiraan terjadinya embun pada panel DCDB dengan evaluasi temperatur ruangan Rectifier dengan temperatur cuaca lingkungan luar. Oleh karena itu, dilakukan penelitian selama 10 hari di ruang Rectifier PT. PLN (Persero) GIS 150 kV Gunungsari, Surabaya yang didalamnya terdapat panel DCDB. Data yang diperoleh adalah data pengamatan temperatur pada ruang Rectifier, badan panel DCDB, dan pintu panel DCDB. Dari data tersebut dilakukan observasi untuk melihat perubahan temperatur yang terjadi di dalam panel. Data cuaca lingkungan diperoleh melalui website Weather Underground. Data penelitian yang diperoleh dianalisa menggunakan RMSE dan MAPE untuk memeriksa error dan plotting grafik menggunakan SPSS. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa embun diperkirakan terjadi pada pukul 03.30-05.00 di bulan Juli dengan rentang temperatur berkisar 21,3°C-23,3°C.

Keywords: DCDB panel, temperature, dew point, PLN.

*Corresponding author:
Arum Vonie Rachmawati
E-mail: arumvonie010502@gmail.com

PENDAHULUAN

Panel *Direct Current Distribution Board* (DCDB) merupakan panel yang berfungsi untuk mendistribusikan listrik arus searah (DC). Panel DCDB ini biasanya dapat ditemukan pada *substation* (Gardu Induk) dan Panel DCDB harus diletakkan di

area yang aman dan terlindungi pada sebuah ruangan khusus dan dilengkapi dengan sistem proteksi untuk mencegah kebakaran atau ledakan [1]. Penelitian ini, Panel DCDB berada pada sebuah ruangan tertutup bernama Ruang Rectifier. Ruang Rectifier merupakan ruangan tertutup yang difasilitasi dengan *air conditioner* (AC) yang berukuran 2 PK, dimana AC ini didesain

khusus untuk ruang server sebagai pengatur temperatur ruangan dan kelembaban yang beroperasi selama 24 jam. Merujuk pada SPLN 118-3-1:1996, temperatur udara dalam panel tidak boleh melebihi 40°C dan rata-ratanya dalam 24 jam tidak melebihi 35°C. Batas temperatur udara sekitar terendah adalah -5°C. Kondisi udara untuk panel bagian dalam harus bersih dan kelembaban relatif tidak melebihi 50% pada temperatur maksimum 40°C. Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya pengembunan karena adanya perubahan temperatur. Kondisi udara untuk panel bagian luar, kelembaban relatifnya boleh mencapai 100% pada temperatur maksimum 25°C [2], [3], [4], [5]. Temperatur panel dipengaruhi oleh arus yang mengalir pada kabel-kabel yang ada di dalam panel dengan sistem kerja yang berbeda-beda. Hal ini terjadi karena adanya resistansi pada penghantar kabel yang menyebabkan energi listrik berubah menjadi energi panas. Semakin besar arus yang mengalir pada kabel, semakin besar pula energi panas yang dihasilkan. Selain itu, sudut penekukan kabel juga dapat mempengaruhi kenaikan temperatur kabel. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus dan hambatan termal juga dapat menyebabkan kenaikan temperatur pada penghantar kabel yang ditekuk [6], [7]

Faktor penting yang perlu diperhatikan terhadap panel DCDB agar tetap beroperasi dengan baik dan tanpa kendala adalah dengan menghindari terjadinya embun di dalam maupun di luar panel akibat kelembaban yang tinggi sehingga panel tetap dalam kondisi kering [8]. Apabila pada panel terjadi embun, maka akan berdampak pada sistem listrik dan juga gardu induk. Karena sistem kelistrikan tersebut akan menjadi basah, sehingga dapat menimbulkan gangguan kelistrikan seperti konsleting, karatan, dan risiko kebakaran [9]. Pengembunan disebabkan oleh pengaruh temperatur dan kelembaban. Oleh karena itu, temperatur udara di dalam ruangan panel DCDB harus terjaga sehingga tidak terjadi kelembaban yang tinggi dimana pada temperatur dengan nilai tertentu jika bertemu dengan temperatur titik embun akan terjadi pengembunan [3].

Temperatur sangat memengaruhi terjadinya titik embun atau embun. Perangkat elektronik khususnya panel sangat rentan terhadap perubahan temperatur. Sehingga, temperatur lingkungan eksternal atau temperatur cuaca luar panel juga dapat memengaruhi terjadinya embun di permukaan panel. Perubahan temperatur cuaca di luar ruangan dapat memengaruhi

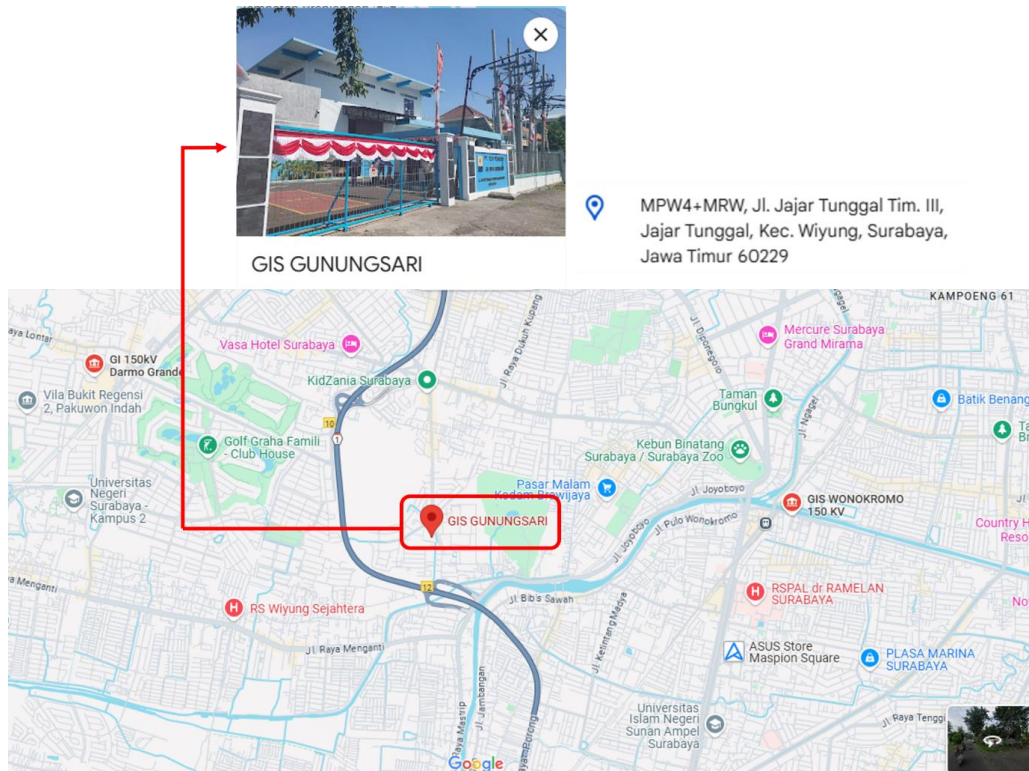
temperatur di dalam ruangan panel DCDB. Indonesia termasuk wilayah beriklim tropis, sehingga musim yang terjadi di Indonesia adalah musim kemarau (panas) dan musim hujan. Oleh karena itu, pada saat cuaca panas/kemarau, temperatur di dalam ruangan panel DCDB cenderung akan naik. Temperatur yang tinggi akan menghasilkan nilai kelembaban yang rendah dan hal ini mengurangi kemungkinan terbentuknya embun pada panel DCDB, kecuali jika temperatur turun pada saat malam hari. Namun, pada saat musim hujan dapat dikatakan temperatur luar akan turun dan udara menjadi lebih dingin dan lembab, sehingga temperatur di ruangan panel DCDB cenderung akan turun, dimana ada peningkatan kelembaban udara yang kemungkinan dapat terjadi embun. Penelitian ini dilakukan di GIS 150 kV Gunungsari Surabaya pada ruang Rectifier dimana didalam ruang Rectifier terdapat beberapa panel DCDB. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara terhadap *maintenance crew* GIS 150 kV Gunungsari Surabaya, dilaporkan bahwa panel DCDB dan panel lainnya yang berada di ruang Rectifier sering berembun pada malam hari atau pagi hari. Melihat kondisi pada saat observasi penelitian adalah musim panas, sehingga temperatur AC yang digunakan adalah sebesar 16°C.

Dalam menjaga temperatur ruangan panel DCDB yang konsisten dan menjaga agar terhindar dari pembentukan embun, maka biasanya digunakan pengendalian temperatur seperti pendingin atau pemanas yang dapat menjaga temperatur ruangan panel dan terlepas dari fluktuatif temperatur cuaca luar. Tujuan pengamatan ini adalah untuk memprediksi potensi terjadinya embun pada panel DCDB melalui evaluasi nilai temperatur cuaca luar dan nilai temperatur ruangan panel DCDB. Hasil pengamatan tersebut dapat digunakan untuk meminimalkan risiko terjadinya embun pada panel DCDB melalui pengendalian temperatur ruangan Rectifier. Pengamatan dilakukan selama 10 hari, kemudiang data diolah dengan membandingkan temperatur ruangan panel DCDB dengan temperatur cuaca wilayah Surabaya serta dianalisis menggunakan perhitungan MAPE dan RMSE. Dari hasil pengolahan data tersebut, dapat diketahui waktu dan temperatur terjadinya embun sehingga pengembunan pada panel DCDB dapat diantisipasi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif. Penelitian kuantitatif berupa deskriptif sebagai metode yang menyatakan keadaan secara objektif dengan menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data,

pemaparan, dan hasil analisis. Deskriptif kuantitatif menjabarkan hasil analisis menggunakan *software* berdasarkan grafik dan angka yang dihasilkan. Penelitian ini berfokus pada wilayah PT PLN (Persero) GIS 150 kV Gunungsari yang terletak di bagian Surabaya Selatan seperti pada Peta Lokasi penelitian di Gambar 1.

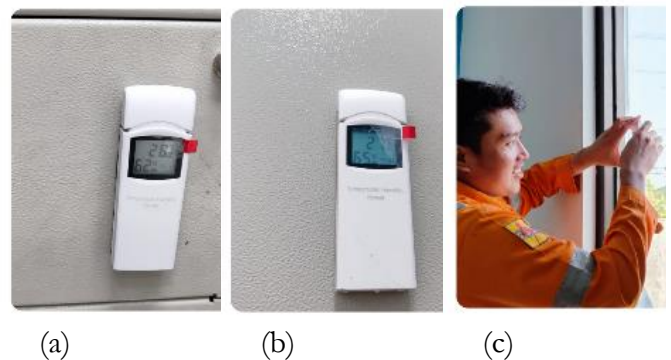


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian PT. PLN (Pesero) GIS 150 kV Gunungsari Surabaya

Oleh karena itu, data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari hasil pengamatan di PT PLN (Persero) GIS 150 kV Gunungsari Surabaya.

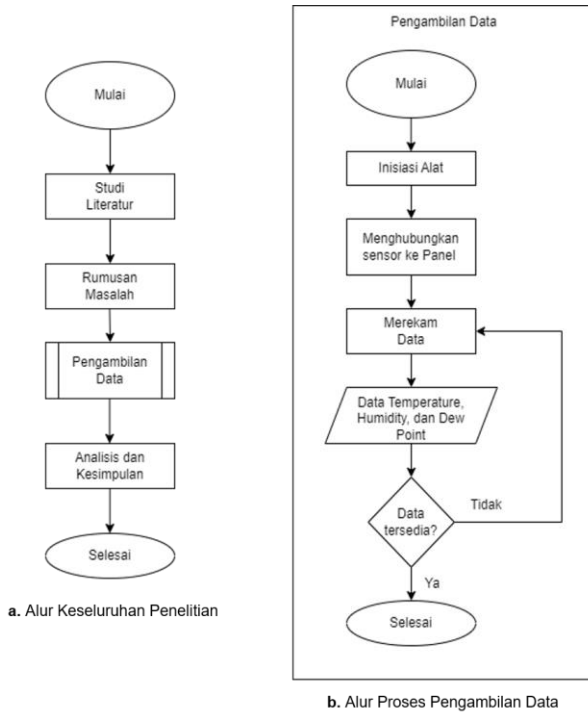
Proses pengambilan data dilakukan selama 10 hari yaitu pada tanggal 8 – 18 September 2023. Untuk mengetahui temperatur dan *dew point* (titik embun) pada panel *Direct Current Distribution Board* (DCDB) di Ruang Rectifier, temperatur AC ruang Rectifier yang berukuran 2 PK diatur sebesar 16 °C. Alat yang digunakan untuk mendeteksi nilai temperatur dan *dew point* adalah Hygrometer Digital yang memiliki 5 sensor. Namun, hanya 3 sensor yang digunakan karena yang diukur dalam penelitian ini adalah temperatur panel dan temperatur ruang Rectifier yang dapat mewakili temperatur lingkungan luar. Ketiga sensor tersebut ditempatkan pada lokasi yang strategis (lihat

Gambar 2), yaitu sensor *Channel 1* direkatkan di badan panel DCDB, sensor *Channel 3* dipasang pada kaca jendela, dan sensor *Channel 4* direkatkan di pintu panel DCDB.



Gambar 2. Letak pemasangan sensor. (a) *Channel 1* di Badan Panel; (b) *Channel 4* di Pintu Panel; dan (c) *Channel 3* di Kaca Jendela

Secara garis besar alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 yaitu diagram alur (*flowchart*) penelitian



Gambar 3. *Flowchart* Penelitian

Teknik analisis data yang dilakukan dengan membandingkan data temperatur dari sensor *Channel 3* dengan data *Weather Underground* (ISURABAY4) melalui plot grafik dan memeriksa *error* sebagai evaluasi akurasi menggunakan *Root Mean Squared Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pada *software* SPSS.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t}\right)}{n} \times 100\% \quad (2)$$

dengan,

Y_t = data aktual periode ke-t

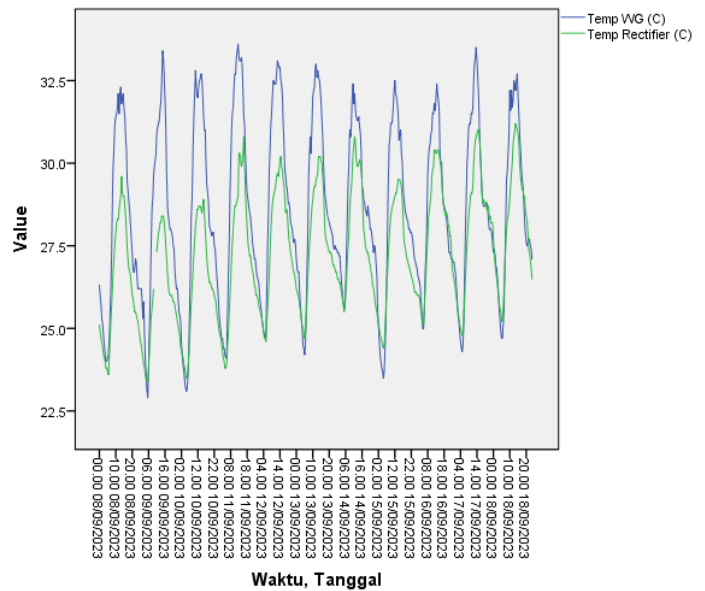
F_t = nilai prediksi periode ke-t

n = banyaknya data yang diprediksi

Apabila hasil RMSE menunjukkan nilai semakin kecil, maka data dikatakan sangat akurat. Sedangkan, nilai MAPE dapat diinterpretasikan ke dalam empat kategori, diantaranya model memiliki kinerja sangat bagus (<10%), kinerja bagus (10-20%), kinerja cukup bagus 20-50%), dan kinerja buruk (>50%) [10], [11].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Titik embun (*dew point*) terjadi karena dipengaruhi oleh parameter utama yaitu temperatur. *Dew point* yang terjadi pada panel DCDB di ruang Rectifier dapat memengaruhi kinerja panel. Apabila di biarkan terus-menerus, maka panel akan mengalami gangguan kelistrikan dan kerusakan sehingga tidak dapat bekerja secara maksimal. Ruang Rectifier pada lokasi penelitian dilengkapi dengan AC, dimana *Dew point* dapat terjadi karena dipengaruhi oleh temperatur AC. Selain itu, *Dew point* juga dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, sehingga diperlukan kondisi tertentu yang tidak dipengaruhi oleh temperatur AC. Pada ruang Rectifier, temperatur AC diatur sebesar 16°C dan temperatur lingkungan diambil dari data *Weather Underground*. Data temperatur *Weather Underground* diwakilkan dengan data temperatur kaca jendela (sensor *Channel 3*) sebagai temperatur lingkungan. Hasil pengamatan pada penelitian ini dianalisa menggunakan *error* RMSE dan MAPE. Metode RMSE dapat mengetahui seberapa besar nilai *error* dari data yang diperoleh, sedangkan MAPE sebagai tolak ukur akurasi data. Nilai MAPE yang berada di bawah 10% telah menginterpretasikan data dengan keakuratan sangat bagus. Namun pada penelitian ini, toleransi nilai MAPE yang digunakan adalah 5% guna untuk mempertajam hasil keakuratan data.



Gambar 4. Temperatur *Weather Underground* Dan Temperatur Kaca Jendela Pada Ruang Rectifier

Pada Gambar 4 diketahui bahwa, ruang Rectifier memiliki temperatur maksimal sebesar 31,2°C dan temperatur minimal 23,4°C. Sedangkan, temperatur *Weather Underground* memiliki temperatur maksimal sebesar 33,6°C dan temperatur minimal 22,9°C. Temperatur tersebut masing-masing memiliki selisih nilai di bawah 3°C. Selisih rata-rata total antara temperatur kaca jendela pada Ruang Rectifier dan temperatur *Weather Underground* sebesar 1,7°C. Bahkan, terdapat beberapa kondisi temperatur bernilai sama. Kesesuaian temperatur selanjutnya dibuktikan menggunakan analisis *error* RMSE dan MAPE. Nilai RMSE yang dihasilkan yaitu 1,82°C yang menunjukkan hasil yang sangat kecil sehingga temperatur kaca jendela ruang Rectifier sangat akurat. Sementara, nilai MAPE sebesar 4,75%. Nilai ini berada di bawah 5% sehingga dapat diinterpretasikan data memiliki keakuratan sangat bagus. Hal tersebut juga dikaitkan dengan temperatur AC yang diatur sebesar 16°C, namun AC tidak mampu atau gagal dalam mengkondisikan temperatur ruangan sebesar 16°C. Pada waktu malam AC tidak berkontribusi atau sangat kecil dalam mengkondisikan ruangan tersebut, karena memiliki deviasi atau selisih *error* yang kecil antara temperatur lingkungan luar dengan temperatur di dalam ruangan.

Berdasarkan Gambar 4 dan perhitungan RMSE dan MAPE dapat disimpulkan bahwa temperatur ruangan mengikuti temperatur luar, artinya temperatur kaca jendela ruang Rectifier sangat bersesuaian dengan temperatur *Weather Underground* dan dapat digunakan untuk mewakili pengukuran temperatur lingkungan pada ruang Rectifier.

Hasil dari wawancara pihak *maintenance crew* GIS 150 kV Gunungsari Surabaya, bahwa umumnya panel distribusi terbuat dari bahan metal yaitu besi dengan spesifikasi tidak mudah terbakar, tahan lembab, kokoh, dan memiliki ketebalan 0,5-2 mm. Panel DCDB memiliki dua rangka, yaitu bagian badan dan pintu. Pada bagian badan panel distribusi dilengkapi dengan pemutus arus utama atau pemisah serta pembatas arus. Komponen yang digunakan mencakup MCCB, ELCB, MCB, saklar terminal, busbar, dan surge protection device, dengan kapasitas yang disesuaikan dengan daya keluaran. Pada pintu panel dipasang alat ukur tegangan, arus, frekuensi, dan energi (kWh) yang diproduksi oleh pembangkit listrik. Selain itu, panel distribusi memiliki ventilasi pada sisi-sisinya, di mana

lubang ventilasi dilengkapi pelindung untuk mencegah masuknya binatang, benda kecil, atau air.

Berdasarkan spesifikasi material panel distribusi, risiko pengembunan dapat dipengaruhi dari faktor internal seperti konduktivitas termal logam, ketebalan logam, dan sifat permukaan logam [12]. Selain itu, dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti perbedaan suhu dengan lingkungan, ventilasi lingkungan, lingkungan kelembaban, dan cuaca [13].

Bagian badan dari panel DCDB memiliki temperatur yang lebih panas dibandingkan dengan pintu panel. Hal tersebut didasarkan pada hukum Joule yang menyatakan bahwa panas yang dihasilkan (Q) dalam suatu konduktor (penghantar listrik) sebanding dengan dengan arus yang mengalir sesuai persamaan (3) [14].

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (3)$$

Keterangan,

Q = Energi yang dilepaskan dalam bentuk panas (J)

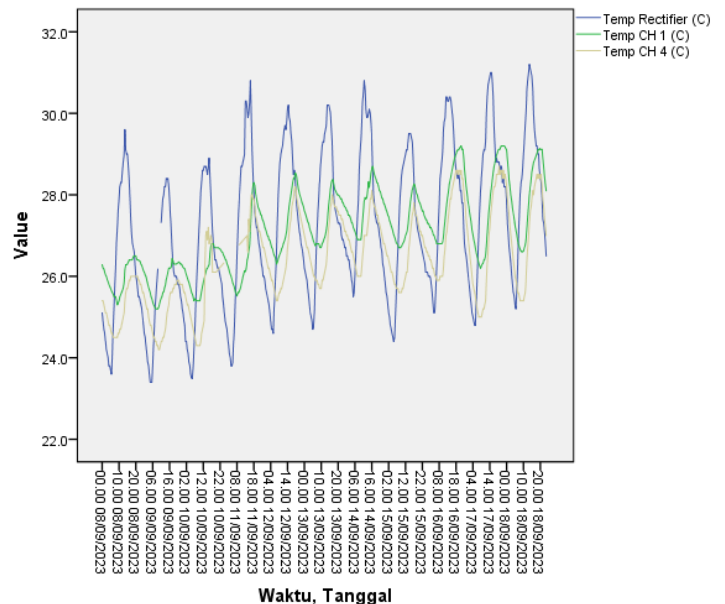
I = Arus listrik yang mengalir melalui penghantar

(A)

R = Resistansi penghantar (Ω)

t = Waktu selama arus mengalir (s)

Perbedaan temperatur dari rangka panel tersebut dapat diamati Gambar 5.



Gambar 5. Temperatur Kaca Jendela Pada Ruang Rectifier, Temperatur Badan Panel Bagian Bawah (Sensor *Channel* 1), dan Temperatur Pintu Panel Bagian Atas (Sensor *Channel* 4)

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa temperatur badan panel (sensor *Channel 1*) memiliki nilai yang lebih kecil daripada temperatur pintu panel (sensor *Channel 4*). Perbedaan temperatur tersebut karena badan panel memiliki komponen-komponen sebagai penyalur arus yang dapat menimbulkan panas. Temperatur ruangan yang bergantung pada waktu juga berpengaruh terhadap temperatur panel, begitupun dengan terjadinya *dew point*. Melalui hasil penelusuran dengan wawancara pihak GIS 150 kV Gunungsari bahwa yang sering mengalami pengembunan adalah di bagian pintu panel. Peristiwa ini berbeda dengan badan panel, yang relatif bebas dari pengembunan akibat panas yang dihasilkan oleh penyaluran arus listrik. Analisis terhadap pengembunan pada pintu panel dapat ditinjau dari konduktivitas termal material, ketebalan material, dan sifat permukaan bahan. Besi, sebagai material utama panel distribusi, memiliki konduktivitas termal yang tinggi, sehingga memungkinkan transfer energi panas yang cepat. Ketika suhu lingkungan menurun, besi dengan cepat kehilangan panas, menyebabkan permukaannya menjadi lebih dingin dibandingkan dengan suhu udara di sekitarnya. Selain itu, ketebalan material panel distribusi yang berkisar antara 0,5–2 mm memengaruhi kapasitas panasnya. Material dengan ketebalan yang lebih tipis cenderung memiliki kapasitas panas yang rendah, sehingga lebih cepat mencapai suhu lingkungan. Hal ini meningkatkan risiko terjadinya kondensasi pada permukaan logam. Pintu panel memiliki permukaan yang halus (tidak terlalu kasar) sehingga lebih rentan terhadap

pengembunan karena uap air dapat dengan mudah menempel dan membentuk embun.

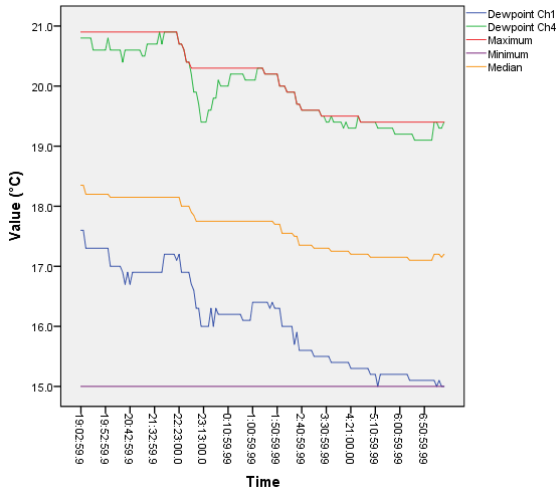
Dew point tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal tetapi juga dari faktor eksternal yaitu temperatur lingkungan, dalam penelitian ini *dew point* juga dipengaruhi oleh waktu keadaan. Sebelumnya telah disebutkan bahwa embun sering kali terjadi pada malam hari atau pagi hari, sehingga pada penelitian ini diambil dari pukul 19.00 hingga 07.30. Pada Tabel 1, temperatur kaca jendela dan temperatur panel dianalisa menggunakan RMSE dan MAPE untuk dapat melihat keakuratan prediksi temperatur dari temperatur kaca jendela dengan temperatur panel.

Ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa analisa RMSE dan MAPE bernilai kecil atau toleransi dibawah 5%, artinya semakin kecilnya nilai RMSE dan MAPE menunjukkan bahwa semakin kecil deviasi atau selisih nilai temperatur kaca jendela. Melhat Tabel 1, temperatur panel pada waktu 19.00 hingga 07.30 memiliki akurasi prediksi temperatur cukup baik, karena nilai tersebut mendekati nilai sebenarnya. Pada waktu tersebut mengindikasikan temperatur lingkungan dengan kondisi stabil, sehingga fluktuasi relative kecil [10], [11].

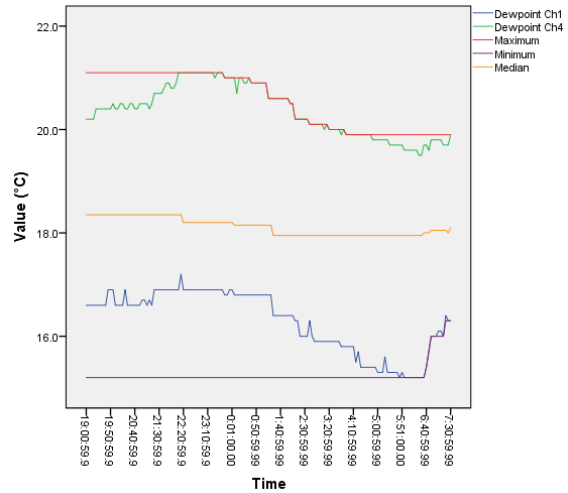
Dew point dapat diamati melalui selisih temperatur ruangan dengan temperatur *dew point*. Apabila temperatur ruangan bertemu atau berhimpitan dengan temperatur *dew point*, maka akan terjadi pengembunan ringan [2], [15], [16]. Pada Gambar 6 menunjukkan nilai *dew point* pada badan panel (*Channel 1*) dan pintu panel (*Channel 4*) serta diperoleh nilai maksimum, nilai minimum, dan nilai median dari kedua *Channel* tersebut di waktu 19.00-07.30.

Tabel 1. Analisis Statistik Pada Temperatur Kaca Jendela dan Temperatur Panel

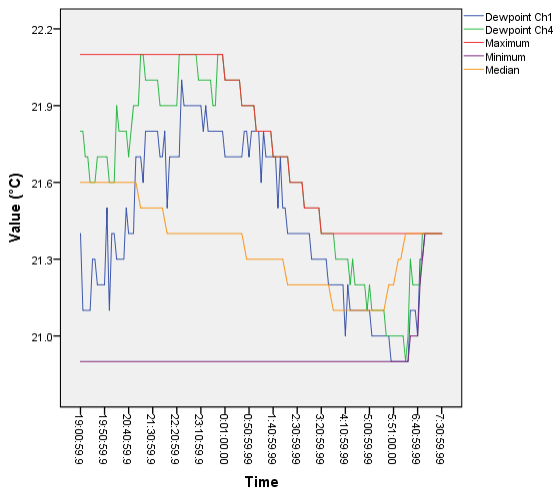
Waktu	RMSE		MAPE	
	Badan panel (°C)	Pintu panel (°C)	Badan panel (%)	Pintu panel (%)
19.00-07.30	1,37	0,80	4,96	2,76



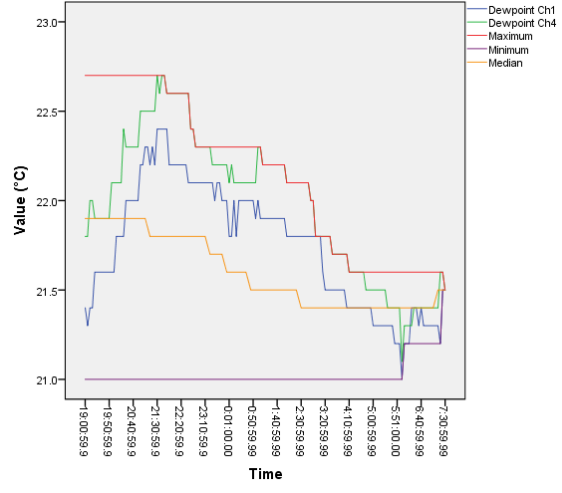
(a)



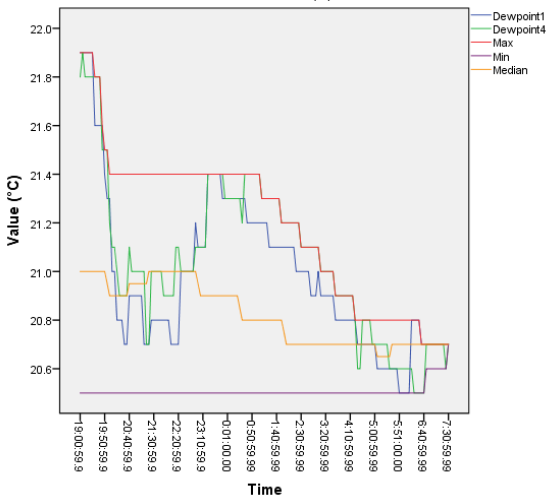
(b)



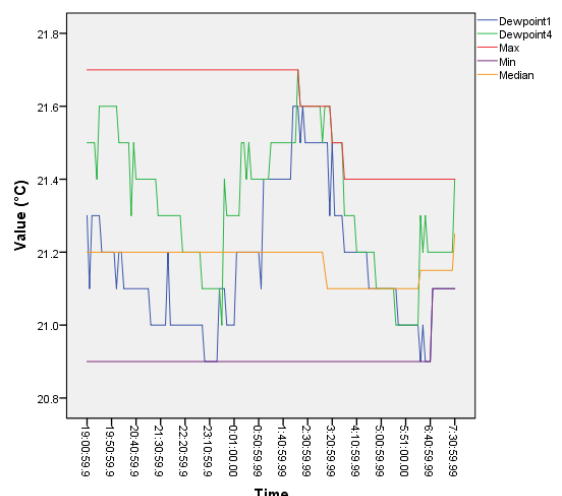
(c)



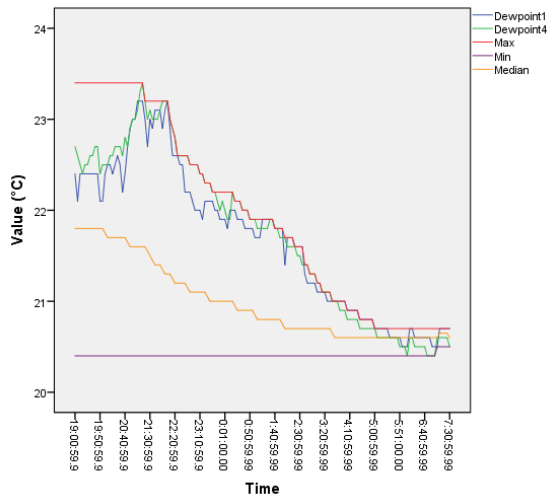
(d)



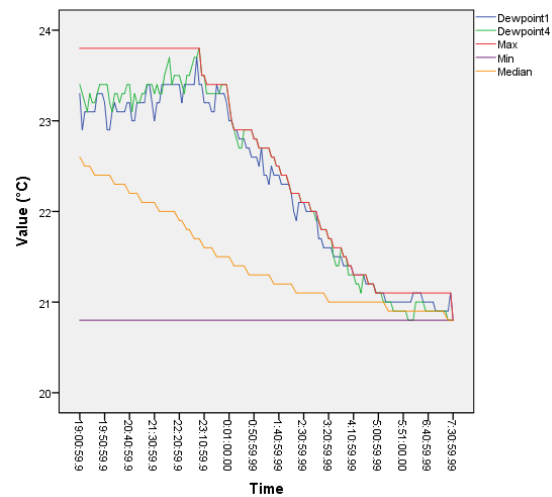
(e)



(f)



(g)



(h)

Gambar 6. Hasil Pengamatan Titik Embun pada (a) tanggal 8-9, (b) tanggal 9-10, (c) tanggal 12-13, (d) tanggal 13-14, (e) tanggal 14-15, (f) tanggal 15-16, (g) tanggal 16-17, (h) tanggal 17-18

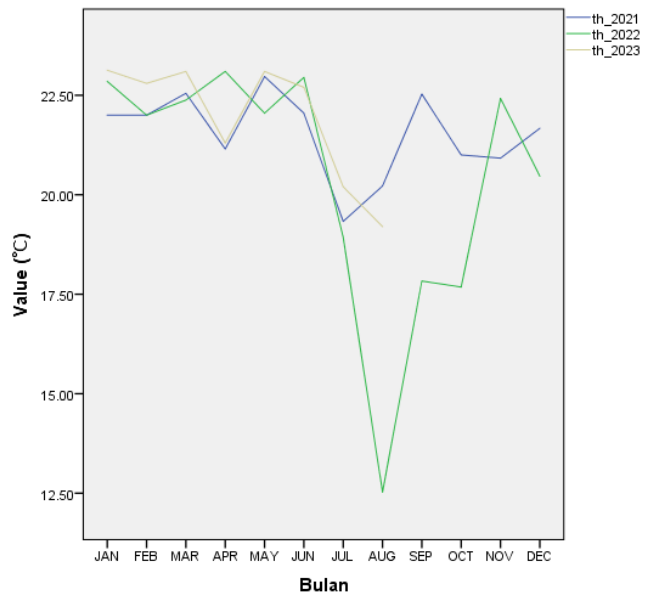
Tabel 2. Nilai Rata-rata Maksimum, Minimum, dan Median dari Dew Point Channel 1 dan Channel 4

	Maksimum	Minimum	Median
Rata-Rata	22,2°C	19,3°C	20,5°C

Berdasarkan hasil plot grafik *dew point* pada waktu 19.00 hingga 07.30 dari pengamatan yang telah dilakukan diketahui bahwa nilai *dew point* paling rendah terjadi pada tanggal 8-9 dengan *dew point* maksimum 21,1°C dan minimum 15°C, serta pada tanggal 14-15 dengan *dew point* maksimum 21,9°C dan minimum 20,5°C. Adapun nilai *dew point* paling tinggi terjadi pada tanggal 16-17 yaitu dengan *dew point* maksimum 23,8°C dan minimum 20,9°C. Dari pengamatan tersebut diperoleh rata-rata nilai *dew point* dari badan panel (*Channel 1*) dan pintu panel (*Channel 4*) berdasarkan nilai rata-rata maksimum, minimum, dan nilai tengah, yang ditunjukkan pada tabel 2 dapat diasumsikan bahwa nilai *dew point* relative konstan yaitu berada pada range 19,3°C hingga 22,2°C. Selain itu, dari tabel 2 dapat diketahui pada range 19,3°C hingga 22,2°C sering terjadi pada waktu pukul 02.30 hingga 05.00. Hal ini dikarenakan ruangan dan panel yang tertutup dan orang jarang untuk keluar masuk ruangan, serta ruangan ini didesain untuk beroperasi tanpa pemeliharaan. Selain itu, ruangan Rectifier memiliki sedikit ventilasi yang membuat sirkulasi udara minim sehingga dapat meningkatkan risiko pengembunan.

Pernyataan tersebut dapat dibuktikan dengan membandingkan nilai *dew point* hasil pengamatan dengan nilai *dew point* dari data tahun Januari 2021

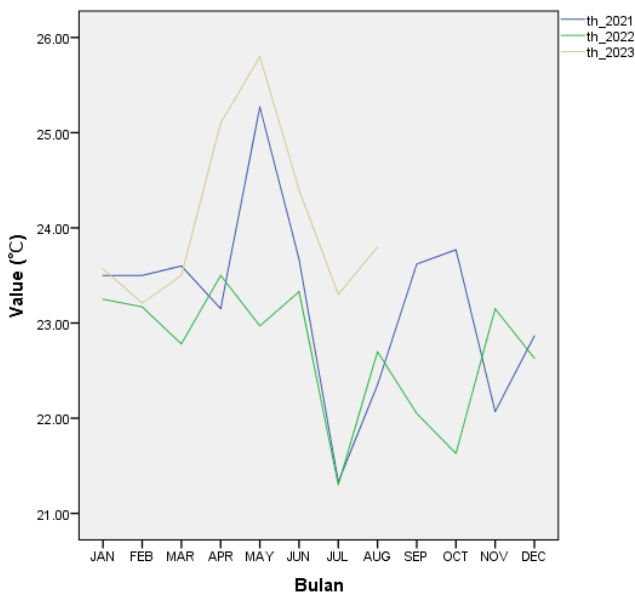
hingga Agustus 2023 di Kota Surabaya pada waktu 19.00 hingga 07.30.



Gambar 7. Grafik Dew Point Minimum Januari 2021 – Agustus 2023 Kota Surabaya

Pada Gambar 7 diketahui bahwa nilai *dew point* terendah Agustus 2022 sebesar 12,5°C. Menurut data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Juanda Jawa Timur, fluktuasi *dew point* yang

rendah pada bulan Agustus disebabkan oleh temperatur udara sebesar 32,5°C yang tinggi dan curah hujan yang rendah sebesar 25,4 mm. Temperatur udara yang tinggi akan menyebabkan uap air di atmosfer menguap dengan cepat, akibatnya titik embun menjadi rendah. Rata-rata *dew point* minimum Januari 2021 adalah sebesar 21,53°C; tahun 2022 sebesar 20,43°C; dan tahun 2023 sebesar 21,94°C. Data nilai *dew point* tersebut memperkuat asumsi bahwa nilai *dew point* hasil pengamatan relative konstan atau perubahan yang tidak terlalu signifikan sepanjang tahun yang terjadi pada waktu 19.00-07.30.



Gambar 8. Grafik Temperatur Minimum Januari 2021- Agustus 2023 Kota Surabaya

Gambar 8 adalah temperatur minimum Januari 2021 hingga Agustus 2023 dari data *Weather Underground* pada waktu 19.00-07.30 di Kota Surabaya. Pada grafik tersebut, diketahui pada bulan Juli mengalami kondisi dengan temperatur terendah yaitu dari Januari 2021 hingga Agustus 2023 secara berturut-turut sebesar 21,3°C; 21,3°C; dan 23,3°C dan pada rentang temperatur tersebut sering terjadi pada pukul 03.30 hingga 05.30. Apabila temperatur Januari 2021 hingga Agustus 2023 direpresentasikan sebagai temperatur Ruang Rectifier dengan nilai MAPE 4,75% dan hasil pengamatan *dew point* relatif konstan atau tidak terlalu berubah secara signifikan yaitu berada di rentang 19,3°C hingga 22,2°C dimana terjadi pada pukul 02.30 hingga pukul 05.00, maka keadaan tersebut dapat dimungkinkan terjadi pengembunan.

Hal itu terjadi karena *dew point* atau titik embun adalah temperatur udara menjadi jenuh dengan uap air sehingga terjadi kondensasi atau pengembunan dan semakin dekat temperatur udara dengan titik embunnya, maka semakin besar kemungkinan terjadi embun [17]. Artinya, jika temperatur titik embun berada pada rentang 19,3°C - 22,2°C bertemu atau mendekati temperatur ruang Rectifier pada rentang 21,3°C - 23,3°C, maka dimungkinkan akan terjadi pengembunan. Sehingga, berdasarkan pernyataan tersebut dan hasil penelitian, dapat diprediksi bahwa pengembunan pada pukul 03.30-05.00 dapat terjadi ketika temperatur pada rentang 21,3°C hingga 23,3°C di bulan Juli.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran temperatur kaca jendela pada ruang Rectifier dapat mewakili temperatur *Weather Underground* dengan hasil nilai MAPE sebagai tolok akurasi data sebesar 4,75%, yang artinya nilai MAPE dengan toleransi dibawah 5% memiliki keakuratan yang sangat bagus. Pada waktu malam hari atau pagi hari dilaporkan bahwa sering terjadi pengembunan, dan pada waktu malam AC tidak berkontribusi atau sangat kecil dalam mengkondisikan ruangan Rectifier. Sehingga penelitian diambil pada waktu pukul 19.00-07.30.

Hasil pengamatan *dew point* yang terjadi pada waktu tersebut relative konstan atau tidak terlalu berubah secara signifikan sepanjang tahun dibuktikan adanya kesenadaan dengan nilai *dew point* minimum dari Januari 2021 hingga Agustus 2023 yaitu berada pada rentang 19,3°C-22,2°C. Temperatur minimum dari data *Weather Underground* Januari 2021 hingga Agustus 2023 pada waktu 19.30-07.30 Kota Surabaya terjadi pada Bulan Juli secara berturut-urur 21,3°C; 21,3°C; dan 23,3°C. Apabila temperatur minimum Januari 2021 hingga Agustus 2023 direpresentasikan sebagai temperatur ruang Rectifier, maka keadaan tersebut dapat dimungkinkan terjadi pengembunan. Semakin dekat temperatur udara dengan titik embunnya, maka semakin besar kemungkinan terjadi embun. Sehingga, dapat diperkirakan pengembunan dapat terjadi pada Bulan Juli tepatnya pada waktu 03.30-05.00 ketika rentang temperatur 21,3°C-23,3°C.

Dari penelitian yang telah dilakukan, diharapkan pada waktu malam hari dan pagi hari dilakukan *treatment* pada ruangan Rectifier, yaitu seperti penambahan AC atau temperatur AC di atur dibawah temperatur titik embun dan dapat juga dilakukan penambahan *heater* atau pemanas untuk membuat temperatur ruangan diatas temperatur titik embun. *Treatment* tersebut dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya embun. *Treatment* tersebut dapat dilakukan sebelum bulan Juli.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rio Indralaksono dan Kinanta Syahriannanda selaku pegawai PT. PLN UIP JBTB II yang telah mendukung baik fisik dan dana serta membimbing penelitian ini. Selain itu, kepada I Made Niantara Riandana dan Andu Mahdy Alim selaku pegawai PT. PLN GIS 150 Kv Gunungsari Surabaya yang telah memberikan izin penelitian di Ruang Rectifier.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "DC Power Distribution Board." West Bengal State Electricity Transmission Company Limited., p. 2016.
- [2] L. Harmiyanto, "Menentukan temperatur minimal pada condensor dan reboiler dengan menggunakan kesetimbangan," *Forum Teknologi*, vol. 02, no. 2, p. 5764, 2012.
- [3] M. G. Lawrence, "The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: A simple conversion and applications," *Bull. Am. Meteorol.*, vol. 86, no. 2, pp. 225-233, 2005, doi: 10.1175/BAMS-86-2-225.
- [4] A. Arwizet, "Mesin destilasi pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan kondensor bertingkat dan pendingin kompresi uap," *INVOTEKJ. Inov. Vokasional dan Teknol*, vol. 17, no. 2, pp. 75-88, 2017.
- [5] Pembakuan Bidang Distribusi PT. PLN (Persero), "Perangkat Hubung Bagi Bagian 3-1: Spesifikasi Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah Gardu Distribusi," Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi dengan Surat Keputusan Direksi PT. PLN (PERSERO), Jakarta, Nov. 1996.
- [6] S. Sunardiyo, *Pengaruh arus terhadap temperatur kabel tanah berisolasi PVC dan kabel tanah berisolasi XLPE tegangan rendah*. Universitas Gajah Mada, 2003.
- [7] M. Manfaluthy, M. Syukur, and A. Supriyadi, "Penurunan temperatur instalasi kabel NYM 2x1.5mm 2 dengan mengatur sudut penekukan," *Teknik*, vol. 39, no. 2, pp. 86-95, 2018.
- [8] S. Shu, Z. Zhan, J. Xu, Y. Huang, W. Huang, and Y. Lin, "Three-dimensional numerical simulation and experiment of moisture condensation mechanism inside high voltage switchgear," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 151, p. 109129, Sep. 2023, doi: 10.1016/J.IJEPES.2023.109129.
- [9] M. Waqar Akram, G. Li, Y. Jin, and X. Chen, "Failures of photovoltaic modules and their detection: A Review," *Appl Energy*, vol. 313, p. 118822, May 2022, doi: 10.1016/J.APENERGY.2022.118822.
- [10] A. T. Nurani, A. Setiawan, and B. Susanto, "Perbandingan kinerja regresi decision tree dan regresi linear berganda untuk prediksi bmi pada dataset asthma," *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, vol. 6, no. 1, p. 3443, 2023.
- [11] I. Suprayogi, Trimajon, and Mahyudin, "Model prediksi liku kalibrasi menggunakan pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Studi Kasus: Sub DAS Siak Hulu)," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [12] H. Tang and X. H. Liu, "Experimental study of dew formation on metal radiant panels," *Energy Build*, vol. 85, pp. 515-523, Dec. 2014, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2014.09.067.
- [13] I. Dursun, A. Ozdemir, H. Akinc, and S. Guner, "The impacts of the temperature-humidity fluctuations in substations and practical experimental applications", doi: 10.1109/UPEC55022.2022.9917773.
- [14] G. H. D. Sinaga and R. C. Siagian, "Kalor dan Listrik," vol. 4, no. 1, 2022.
- [15] Z. Efendi, "Pengaruh Kelembaban Relatif (Relative Humidity) Terhadap Laju Perpindahan Massa Pada Proses Pengeringan.," 2019.
- [16] B. Munir, "Faktor Atmosfer Dalam Visibilitas Hilal Menurut Badan Meteorologi Klimatologi," 2019.
- [17] S. Indarwati, B. S. M. Respati, and Darmanto, "Kebutuhan daya pada air conditioner saat terjadi perbedaan suhu dan kelembaban," *Momentum*, vol. 15, no. 1, pp. 91-95, 2019.