

Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan serta Kendali Dua Heater pada Kubikel 20 kV Berbasis Sistem Informasi Geografis

Arief Rahmadani¹, Novie Ayub Windarko², Lucky Pradigta Setiya Raharja³

[Submission: 19-07-2022, Accepted: 28-08-2022]

Abstract— One of the disturbances that occur in the medium-voltage switchgear or cubicle 20 kV one of the disturbances that occur in cubicle 20 kV is when the temperature and humidity conditions are high, then one-day water vapor will arise that sticks to the cubicle wall and affects the corona. Therefore, the cubicle has a heater to heat the space to maintain the humidity. However, when in the field, the heater performance condition is often less than optimal and does not work. Under these conditions, a temperature and humidity monitoring system and a control system for two heaters are needed to prevent damage to the heater. The system is built using the STM32F103C8T6 microcontroller, the DHT-22 sensor is equipped with an *exhaust fan* to maintain the cubicle termination room temperature. The minimum permissible temperature parameter is 35 C to a maximum limit of 40 C with humidity below 90% following the cubicle brand datasheet, Schneider, and IEC 62271-1 standard. Furthermore, the data from the monitoring can be displayed on the LCD and a website-based Geographic Information System. With this tool, it can facilitate the community, especially the PLN, in the process of monitoring and maintaining cubicles 20 kV.

Intisari— Salah satu gangguan yang terjadi pada kubikel 20 kV adalah pada saat kondisi suhu dan kelembapan yang tinggi, maka suatu saat akan timbul uap air yang menempel pada dinding kubikel dan mempengaruhi terjadinya korona. Untuk mengatasi hal itu kubikel telah dilengkapi heater yang berfungsi memanaskan ruang kubikel agar kelembapannya terjaga. Namun ketika di lapangan seringkali ditemukan kondisi kinerja heater yang kurang maksimal dan tidak berfungsi. Dengan kondisi tersebut diperlukan sistem *monitoring* suhu dan kelembapan serta sistem kendali dua heater guna mencegah kerusakan pada heater. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler STM32F103C8T6, sensor DHT-22 dilengkapi dengan *exhaust fan* untuk menjaga suhu ruang terminasi kubikel tetap terjaga. Parameter suhu yang diperbolehkan minimal sebesar 35 °C sampai batas maksimal 40 °C dengan kelembapan dibawah 90% sesuai dengan datasheet kubikel merek kubikel, Schneider dan standard IEC 62271-1. Selanjutnya data hasil dari monitoring dapat ditampilkan pada LCD dan Sistem Informasi Geografis berbasis website. Dengan adanya alat ini, dapat memudahkan masyarakat khususnya pihak PLN dalam proses *monitoring* dan pemeliharaan kubikel 20 kV.

Kata Kunci— Kubikel, Korona, Suhu, Heater, Sistem Informasi Geografis

I. PENDAHULUAN

Kubikel 20 kV merupakan peralatan penyaluran energi listrik yang dialiri dengan tegangan 20 kV yang mana pada tegangan 20 kV ini tergolong dengan tegangan menengah yang sangat berbahaya apabila terjadi gangguan [1]. Salah satu gangguan yang terjadi pada kubikel 20 kV adalah pada saat kondisi suhu dan kelembapan yang tinggi, maka suatu saat akan timbul uap air yang menempel pada dinding kubikel sehingga dapat mempengaruhi terjadinya korona [2]. Kondisi munculnya korona merupakan peristiwa yang terjadi ketika udara disekitar penghantar atau konduktor mengalami ionisasi sehingga terjadi pelepasan muatan. [3] Dari peristiwa tersebut dapat mengakibatkan kegagalan isolasi pada udara hingga menimbulkan terjadinya hubung singkat [4], yang mana dapat mengganggu penyaluran tenaga listrik kepada konsumen. Untuk mengatasi hal itu kubikel telah dilengkapi pemanas atau heater yang berfungsi memanaskan ruang kubikel agar kelembapannya terjaga [5]. Maka dari itu peran heater sangat penting dalam menjaga kondisi ruang kubikel agar tetap baik, sehingga keandalan dalam penyaluran energi listrik menuju konsumen tetap terjaga dan aman. Gambar 1 menunjukkan kondisi temuan korona pada kubikel.



Gambar 1. Temuan Kondisi Korona pada Kubikel di Lapangan

Di sisi lain, pada saat melakukan pekerjaan pemeliharaan kubikel di lapangan, seringkali ditemukan kondisi kinerja heater yang kurang maksimal dan tidak berfungsi. Kerusakan heater terjadi dikarenakan heater bekerja secara terus menerus memproduksi panas sampai melebihi masa pakai heater, hal itu dapat menyebabkan resistansi heater menurun hingga dapat terjadi malfungsi (jenuh) [6]. Penyebab lain yaitu aliran arus

¹Mahasiswa, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya; e-mail: rahmadaniarif354@gmail.com

^{2,3}Dosen, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya; e-mail: novie@pens.ac.id, lucky@pens.ac.id



dari suplai tegangan 220VAC instalasi konsumen yang menuju ke heater hilang [7], karena terjadi kerusakan pada sistem instalasi listrik konsumen yang akhirnya heater tidak dapat berfungsi. Hal tersebut dapat berakibat fatal apabila kondisi heater yang rusak tidak segera ditangani dan tidak diketahui oleh petugas karena dapat menyebabkan ruang terminasi kubikel menjadi lembab. Penelitian ini mengembangkan jurnal sebelumnya tentang Rancang Bangun Prototype Alat Monitoring Temperatur Pada Panel Kontrol di Gardu Induk [8] dimana pada penelitian ini dikembangkan beberapa fitur mendeteksi kerusakan heater serta terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis berbasis website. Sistem ini dapat memantau kondisi suhu, kelembapan, deteksi kerusakan heater dengan sensor arus serta kinerja heater dalam sajian berupa tampilan website peta digital. Dengan adanya alat ini diharapkan dapat mencegah dan meminimalisasi gangguan pada kubikel yang disebabkan karena adanya kerusakan pada heater.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kubikel 20 kV

Kubikel adalah salah satu dari jenis peralatan listrik tegangan menengah yang memiliki fungsi sebagai penghubung, pelindung, pengendali serta pembagi aliran listrik dari sumber energi listrik. Pemasangan kubikel 20 kV terdapat pada Gardu Hubung Beton/Kios atau pelanggan dengan kontrak Tegangan Menengan (TM). Kubikel merupakan salah satu bagian dari Gardu Hubung yang berfungsi sarana penunjang utama dalam proses penyaluran listrik pada konsumen. Pada Gambar 2 merupakan bentuk fisik dari kubikel 20 kV.



Gambar 2. Kubikel 20kV

B. Korona

Salah satu peristiwa yang terjadi ketika udara disekitar penghantar atau konduktor mengalami ionisasi disebut Korona. Dari peristiwa ionisasi tersebut dapat menyebabkan kegagalan isolasi pada udara, dikarenakan terjadi pelepasan muatan. Dalam hal ini, kegagalan listrik pada udara karena partikel polusi pada udara yang menjadikan udara tidak netral merupakan penyebab munculnya korona pada kubikel [9].

Faktor penting penyebab terjadinya korona pada kubikel yaitu nilai suhu dan kelembapan di ruang utama dan sisi incoming kubikel. Menurut *standart IEC 62271-1* serta datasheet kubikel merek Schneider, bahwa suhu yang aman pada saat kondisi normal adalah sebesar 35°C dengan nilai suhu maksimal yang diizinkan sebesar 40°C. Sedangkan untuk nilai

rata-rata kelembapan relatif selama 24 jam tidak melebihi 95% dan nilai dalam jangka satu bulan tidak melebihi 90 % [10].

Oleh karena itu, terdapat suatu heater di dalam kubikel yang selalu bekerja pada saat pengoperasian kubikel untuk menjaga kestabilan suhu udara disekitar. Salah satu bagian kubikel yang dapat memungkinkan terjadinya korona yaitu pada sisi Incoming. Bagian ini merupakan tempat masuknya kabel SKTM 20 kV menuju ruang terminasi kubikel, yang mana sebagian besar sisi incoming kubikel memiliki lubang dan udara dari luar dapat masuk ke ruang terminasi kubikel. Pada Gambar 3 ditunjukkan salah satu efek korona pada terminasi kubikel.



Gambar 3. Efek Korona pada Terminasi Kubikel

C. Heater

Kubikel terdiri atas bagian-bagian utama diantaranya yaitu terminal penghubung, busbar rel, kontak pemutus, pemisah hubung tanah, circuit breaker, Current Transformer, Potensial Transformer, peralatan mekanik kubikel, heater, tuas pengoperasian kubikel. Salah satu bagian kecil dari kubikel yang memiliki fungsi yang besar bagi kondisi kubikel yaitu heater atau pemanas. Alat ini berfungsi untuk memproduksi panas pada ruang terminal kubikel agar kelembapannya tetap terjaga. Keadaan ini diharapkan dapat mengurangi efek korona pada terminal kubikel tersebut. Suplai tegangan agar heater bekerja yaitu 220V yang disuplai dari instalasi milik pelanggan. Daya pada heater yang biasanya dipakai adalah 150W, tergantung unit PLN masing-masing yang memasang instalasi kubikel. Pemasangan heater pada ruang terminasi kubikel dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah :



Gambar 4. Heater Kubikel

Pemasangan *heater* pada kubikel dimaksudkan untuk memproduksi panas agar suhu dan kelembapan kubikel tetap terjaga. Kondisi ini diharapkan dapat mengurangi efek korona

pada kubikel. Berikut merupakan rumus (1) perhitungan daya heater yang digunakan pada kubikel :

$$Q = \rho \times V \times Cp \times \frac{dT}{dt} \quad (1)$$

Keterangan :

Q = Daya heater kubikel (W)

ρ = Massa jenis udara (kg/m³) = 1,2 kg/m³

V = Volume kubikel (m³)

Cp = Kalor jenis udara ($\frac{J}{Kg} \cdot K$) = $1000 \frac{J}{Kg} \cdot K$

dT = Selisih temperatur (K) = T akhir - T awal

dt = Waktu yang dibutuhkan memanaskan kubikel

Untuk menghitung volume kubikel dapat menggunakan persamaan perhitungan sebagai berikut :

$$V = p \times l \times t \quad (2)$$

Keterangan :

p = panjang

l = lebar

t = tinggi

D. Sistem Informasi Geografis

Sebagai tampilan serial komunikasi data, pada proyek akhir ini menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis website yang merupakan sistem komputer yang di desain untuk mengintegrasikan dan menyajikan data dalam bentuk peta digital. Implementasi dari sistem SIG ini disajikan dalam bentuk grafik serta peta dimana sangat efektif dalam menyimpan serta memvisualisasikan secara nyata seperti pada Gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Website Berbasis Sistem Informasi Geografis

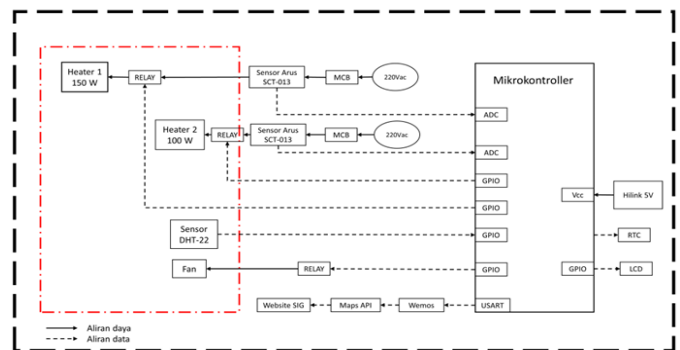
Sistem Informasi Geografis dapat diterapkan dalam lingkup permasalahan geografis seperti informasi rencana pembangunan, rute, sumber daya alam, kartografi, termasuk analisis pemetaan ketenagalistrikan, khususnya pada proyek akhir ini yang mengacu pada kondisi suhu dan kelembapan kubikel 20 kV. Terdapat banyak tools/software berbayar maupun tidak berbayar berbasis software desktop maupun berbasis website yang dapat digunakan dalam perancangan Arief Rahmadani: Rancang Bangun Sistem Monitoring ...

Sistem Informasi Geografis [11]. Terdapat banyak tools/software berbayar maupun tidak berbayar berbasis software desktop maupun berbasis website yang dapat digunakan dalam perancangan Sistem Informasi Geografis. Software desktop yang dapat diakses yaitu Map Info, Arc Gis, Arc View dan lain-lain. Sedangkan tools penyedia rancangan SIG berbasis website yaitu layanan Open Source peta digital (Maps API Service) seperti Google Maps, Leaflet JS, Mapbox dan lain-lain [12]. Leaflet JS adalah salah satu library berbentuk Javascript, yang dapat digunakan dalam membuat dan merancang aplikasi peta digital dengan waktu dan biaya yang rendah [13].

III. METODE PENELITIAN

A. Blok Diagram Sistem

Skema sistem monitoring suhu dan kelembapan serta sistem kendali dua heater pada kubikel 20 kV berbasis Sistem Informasi Geografis ini dimuat dalam blok diagram kerja sistem. Untuk lebih detailnya berikut gambaran umum dari sistem yang beserta penjelasannya :

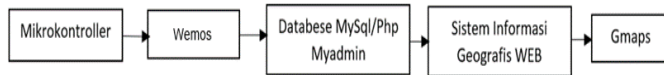


Gambar 6. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan Gambar 6. blok diagram sistem diatas, dapat dilihat bahwa prototype alat dikendalikan oleh alat kontrol berbasis microcontroller STM32F103C8T6. Terdapat dua heater yang bekerja pada waktu pagi dan malam. Kedua heater tersebut dilengkapi dengan sensor pembaca arus SCT-013 sebagai indikasi deteksi tidak berfungsinya heater. Ketika terjadi kerusakan pada heater, maka sensor arus akan mengirimkan pembacaan nilai arus ke microcontroller STM32F103C8T6. Pembacaan dari sensor arus tersebut akan diolah oleh microcontroller untuk selanjutnya memberikan notifikasi bahwa heater terjadi kerusakan. Sensor suhu dan kelembapan DHT-22 akan mengukur suhu dan kelembapan yang ada pada kubikel [14]. Kemudian terdapat juga *exhaust fan*, sebagai penurun suhu ketika kubikel mengalami panas yang tinggi [15]. Hasil pengukuran suhu, kelembapan serta status/kondisi heater tersebut akan ditampilkan menggunakan sistem informasi geografis berbasis website dengan Maps API



Service melalui serial komunikasi Wemos D1 Mini kepada PLN agar petugas dapat memantau kondisi ruang kubikel segera datang ke lokasi untuk melakukan perbaikan pada heater.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem Komunikasi Data

Berdasarkan Gambar 7 blok diagram tersebut dapat dilihat bahwasannya data dari perangkat keras/ microcontroller dikirim melalui serial komunikasi Wemos D1 Mini. Selanjutnya data tersebut disimpan dalam suatu database MySQL, kemudian ditampilkan dengan Sistem Informasi Geografis berbasis website. Dengan adanya teknologi Sistem Informasi Geografis akan berguna dalam penyajian suatu data informasi dalam bentuk peta digital sehingga dengan mudah dapat menemukan lokasi suatu kawasan atau objek tertentu [16]. Sistem Informasi Geografis dapat membantu dalam pencarian informasi suatu objek, khususnya dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui informasi kubikel dan menentukan rute terdekat untuk menuju ke lokasi kubikel tersebut.

Sistem ini dirancang untuk mengatur kerja dari dua heater secara bergantian didalam kubikel dalam kurun waktu 12 jam. Untuk Heater 1 bekerja pada pukul 05.00-17.00 WIB sedangkan Heater 2 bekerja pada pukul 17.00-05.00. Sistem ini mampu mengukur suhu dan kelembapan kubikel dengan menggunakan sensor DHT-22. Dilengkapi juga dengan sistem indikasi deteksi tidak berfungsinya heater dengan sensor arus untuk membaca arus yang mengalir pada masing-masing heater, apakah sambungan heater dengan sumber tegangan tersambung atau tidak. Produk sistem yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 8. dibawah.



Gambar 8. Tampilan Produk Sistem yang Akan Digunakan

Pada sistem ini apabila suhu dan kelembapan yang terdeteksi pada kubikel lebih dari atau sama dengan 40°C maka *exhaust fan* akan bekerja, agar kondisi suhu dan kelembapan kubikel tetap stabil. Selanjutnya *exhaust fan* akan berhenti bekerja ketika suhu kurang dari 35°C dan kelembapan lebih dari sama dengan 90% [17].

B. Perhitungan Media Pengujian

Pengujian alat ini dilakukan pada suatu media miniatur kubikel dengan menyamakan skala volume pada kubikel sebenarnya yaitu dengan merek Schneider SM6-24. Untuk

menghitung volume kubikel dapat menggunakan persamaan perhitungan (2) sebagai berikut :

$$V = v \times l \times t$$

$$V = 1,23 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$$

$$V = 1,476 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas maka dihasilkan volume kubikel sebesar $1,476 \text{ m}^3$. Pada Gambar 8. merupakan media pengujian berupa miniatur kubikel.



Gambar 9. Hasil Jadi Pembuatan Miniatur Kubikel

Pada Gambar 9 diatas merupakan bentuk fisik kubikel yang digunakan pada proyek akhir ini. Media pengujian kubikel tersebut terbuat dari plat besi yang dibentuk sesuai dengan ukuran kubikel asli. Kubikel buatan ini didalamnya terdapat dua heater sebagai pemanas yang dihasilkan untuk mengatur nilai suhu dan kelembapan pada kubikel yang ditempatkan didalam ruangan. Pembuatan miniatur kubikel didasarkan pada rating IP42 (Ingress Protection 42) yang tertera pada datasheet kubikel Schneider. Penggunaan rating atau kode IP dijelaskan pada standard IEC 60529, dimana pada suatu produk material atau barang-barang electrical yang dimaksudkan untuk menandai kemampuan proteksi barang tersebut terhadap gangguan atau dampak dari luar [18],[19]. Adapun untuk pengertian IP42 pada desain kubikel pada proyek akhir ini yaitu desain kubikel terlindung dari alat dan kabel kecil lebih besar dari 1 milimeter serta terlindung dari semprotan air tekanan rendah [20].

C. Perhitungan Kebutuhan Heater

Heater yang digunakan membutuhkan suplai tegangan 220 Vac. Dengan volume kubikel SM6-24 sebesar $1,476 \text{ m}^3$ ($1,23 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$). Suhu awal pada kubikel sebesar 28°C ($301,15 \text{ K}$) hingga suhu akhir standard kubikel sebesar 40°C ($313,15 \text{ K}$) dengan asumsi waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan kubikel adalah 3 menit (180 s), maka :

$$Q = \rho \times V \times Cp \times \frac{dT}{dt}$$

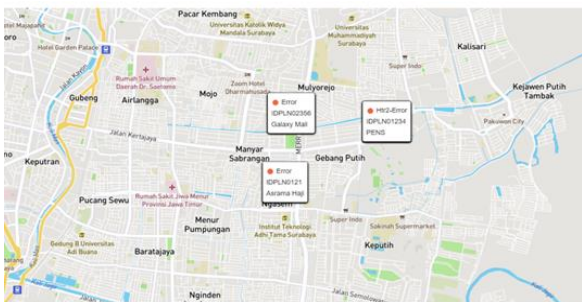
$$Q = 1,2 \times 1,476 \times 1000 \times \frac{313,15-301,15}{180} \text{ joule/s}$$

$$Q = 118,08 \text{ W}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut untuk memanaskan kubikel hingga standard suhu minimal dengan waktu 3 menit dibutuhkan daya pada heater sebesar $118,08 \text{ W}$. Pada penelitian ini digunakan kapasitas daya heater sebesar 150 W .

D. Perancangan Desain Sistem Informasi Geografis

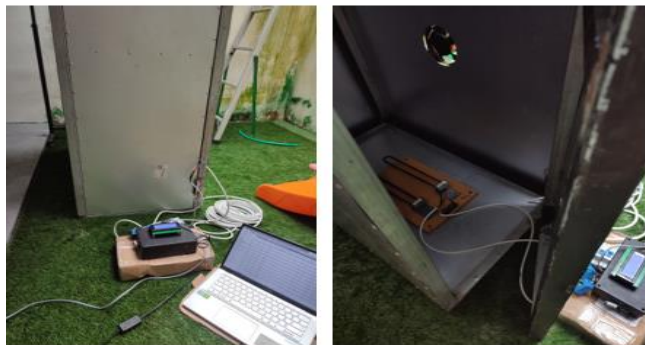
Perancangan desain user interface dan penyajian data pada website Sistem Informasi Geografis, dibuat dengan file PHP dan framework Laravel yang berfungsi untuk membantu web developer dalam memaksimalkan penggunaan PHP dalam proses pengembangan website sehingga dapat menghemat waktu. File PHP tersebut terdiri dari beberapa bahasa pemrograman, seperti HTML, CSS, serta library Javascript yaitu Leaflet Js. Library tersebut bersifat opensource yang berguna untuk membangun aplikasi peta interaktif berbasis web sesuai dengan kebutuhan web developer. Berikut merupakan tampilan perencanaan desain sistem informasi geografis berbasis website pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Website Sistem Informasi Geografis

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian integrasi merupakan pengujian dari keseluruhan sistem untuk mengetahui apakah setiap komponen sistem telah bekerja dengan baik serta menunjang antara satu dengan yang lainnya, untuk menghasilkan output sistem berupa hardware dan software yang seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian dilakukan selama 24 jam didalam sebuah ruangan, pada sebuah media miniatur kubikel dengan skala ukuran disamakan dengan kubikel asli. Miniatur kubikel dibentuk dengan menyamakan skala volume pada kubikel sebenarnya yaitu merek SM6-24 Schneider Electric berukuran 1,23 m x

0,75 m x 1,6 m. Pengujian integrasi sistem pada penelitian ini dibagi menjadi 3 aspek yaitu :

A. Pengujian Kinerja Heater Berdasarkan Waktu

Aspek pertama yaitu data pengujian kinerja heater sesuai waktu kerjanya. Pengujian dilakukan didalam sebuah ruangan dengan suhu ruangan sekitar 28°C dan Kelembapan 78,1 %RH. Pengujian dilakukan selama 12 jam dengan pengambilan data tiap 1 jam. Pengujian Shift pagi yaitu dilakukan diantara pukul 05.00 WIB -17.00 WIB, maka didapatkan hasil sebagai mana pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Kinerja Heater Shift Pagi

Waktu (WIB)	T (°C)	H (%RH)	Heater 1	Heater 2	Ket
05:00:05	28,6	73,1	ON	OFF	Heater 1 ON
06:00:25	34,0	62,4	ON	OFF	Heater 1 ON
07:00:40	40,5	56,0	OFF	OFF	Heater 1 OFF
08:00:25	38,3	60,5	ON	OFF	Heater 1 ON
09:00:30	40,4	58,2	OFF	OFF	Heater 1 OFF
10:00:15	40,2	59,6	OFF	OFF	Heater 1 OFF
11:00:10	40,3	60,1	OFF	OFF	Heater 1 OFF
12:00:45	40,5	63,0	OFF	OFF	Heater 1 OFF
13:00:20	40,2	61,8	OFF	OFF	Heater 1 OFF
14:00:30	38,7	63,4	ON	OFF	Heater 1 ON
15:00:10	40,1	59,7	OFF	OFF	Heater 1 OFF
16:00:25	37,9	64,2	ON	OFF	Heater 1 ON
16:59:55	35,3	65,0	OFF	OFF	Heater 1 OFF

Dari Tabel 1. dapat diketahui bahwa kinerja heater telah bekerja sesuai waktu kerja yang telah ditentukan pada program mikrokontroler yaitu Heater 1 akan bekerja pada pukul 05:00:00 – 16:59:59 WIB. Dari beberapa pengujian terlihat bahwa ketika nilai suhu lebih besar sama dengan 40°C dan kelembapan kurang dari 90%RH maka Heater 1 akan mati. Nilai pengukuran suhu awal sebesar 28,6 °C dengan kelembapan 73,1 %RH.

Selanjutnya untuk pengujian shift malam dilakukan selama 12 jam dengan pengambilan data setiap 1 jam. Pengujian shift malam yaitu dilakukan diantara pukul 17.00 WIB-05.00 WIB, maka didapatkan hasil sebagaimana pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Kinerja Heater Shift Malam



Waktu (WIB)	T (°C)	H (%RH)	Heater 1	Heater 2	Ket
17:00:05	34,7	65,8	OFF	ON	Heater 2 ON
18:00:10	35,1	65,0	OFF	ON	Heater 2 ON
19:00:15	39,6	68,0	OFF	ON	Heater 2 ON
20:00:20	38,0	67,4	OFF	ON	Heater 2 ON
21:00:25	40,2	64,0	OFF	OFF	Heater 2 OFF
22:00:30	39,0	63,8	OFF	ON	Heater 2 ON
23:00:05	40,1	60,0	OFF	OFF	Heater 2 OFF
24:00:10	40,4	57,0	OFF	OFF	Heater 2 OFF
00:00:15	40,0	56,4	OFF	OFF	Heater 2 OFF
01:00:20	40,3	67,3	OFF	OFF	Heater 2 OFF
02:00:25	35,3	70,0	OFF	ON	Heater 2 ON
03:00:30	37,0	65,0	OFF	ON	Heater 2 ON
04:59:35	39,2	63,5	ON	ON	Heater 2 ON

Dari Tabel 2. dapat diketahui bahwa kinerja heater telah bekerja sesuai waktu kerja yang telah ditentukan pada program mikrokontroler yaitu Heater 2 akan bekerja pada pukul 17:00:00 – 04:59:59 WIB. Dari beberapa pengujian terlihat bahwa ketika nilai suhu lebih besar sama dengan 40°C dan kelembapan kurang dari 90%RH maka Heater 2 akan mati. Nilai pengukuran suhu awal sebesar 34,7 °C dengan kelembapan 65,8 %RH.

B. Monitoring Temperature dan Kelembapan Kubikel Sesuai dengan Datasheet

Aspek kedua yaitu data pengujian penyesuaian nilai suhu dan kelembapan sesuai standard IEC 62271-1 dan datasheet kubikel merk Schneider. Pengambilan data dilakukan dengan mengamati kinerja dari kedua heater dan *exhaust fan* di dua waktu yang berbeda yaitu pada saat shift pagi dan shift malam. Tabel 3. dibawah merupakan data hasil pengujian shift pagi diantara pada pukul 05.00 WIB -17.00 WIB.

Tabel 3. Pengujian Monitoring Shift Pagi

Waktu (WIB)	T (°C)	R (%RH)	Heater 1	Heater 2	Exhaust fan
Pengujian dengan acuan data nilai suhu					
09:00:30	40,4	58,2	OFF	OFF	ON
09:05:35	34,7	70,0	ON	OFF	OFF
10:00:15	40,2	59,6	OFF	OFF	ON
10:11:40	35,0	72,1	ON	OFF	OFF
11:00:10	40,3	60,1	OFF	OFF	ON
11:09:25	34,8	71,0	ON	OFF	OFF
12:00:45	40,5	63,0	OFF	OFF	ON
12:08:50	34,9	73,5	ON	OFF	OFF
13:00:20	40,2	61,8	OFF	OFF	ON

13:14:30	35,0	70,8	ON	OFF	OFF
Pengujian dengan acuan data nilai kelembapan					
10:34:10	38,7	88,7	OFF	OFF	ON
10:35:55	37,5	90,2	ON	OFF	OFF
15:23:30	36,7	86,2	OFF	OFF	ON
15:25:05	35,1	90,0	ON	OFF	OFF

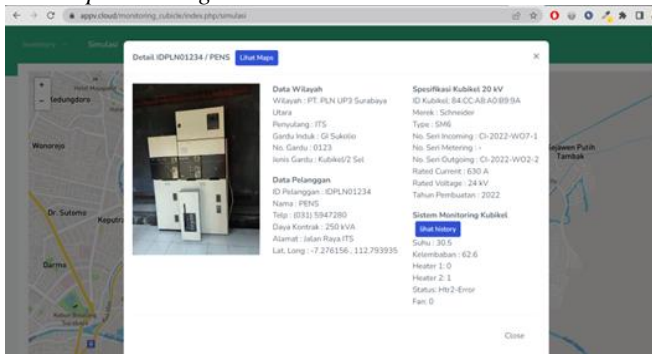
Dari Tabel 3. diatas dapat diketahui bahwa ketika suhu lebih besar sama dengan 40 °C dan kelembapan kurang dari sama dengan 90%RH, maka Heater 1 akan mati dan *exhaust fan* bekerja. Heater 1 akan bekerja serta *exhaust fan* akan mati ketika suhu kurang dari sama dengan 35 °C atau kelembapan lebih dari sama dengan 90% RH, seperti yang ditunjukkan pada data 11-15. Adapun nilai pengukuran suhu terbesar yaitu 40,5 °C, sedangkan nilai pengukuran kelembapan terbesar yaitu 90,2 %RH. Untuk selanjutnya Tabel 4. dibawah merupakan data hasil pengujian pada shift malam.

Tabel 4. Pengujian Monitoring Shift Pagi

Waktu (WIB)	T (°C)	R (%RH)	Heater 1	Heater 2	Exhaust fan
Pengujian dengan acuan data nilai suhu					
21:00:25	40,2	64,0	OFF	OFF	ON
21:05:50	34,8	70,2	OFF	ON	OFF
23:00:05	40,1	60,0	OFF	OFF	ON
23:13:35	35,0	71,1	OFF	ON	OFF
24:00:10	40,4	57,0	OFF	OFF	ON
24:15:55	34,7	70,8	OFF	ON	OFF
00:00:15	40,0	56,4	OFF	OFF	ON
00:16:05	34,8	70,5	OFF	ON	OFF
01:00:20	40,3	67,3	OFF	OFF	ON
01:09:20	35,0	72,7	OFF	ON	OFF
Pengujian dengan acuan data nilai kelembapan					
19:37:10	37,3	85,0	OFF	OFF	ON
19:39:05	36,9	90,3	OFF	ON	OFF
20:13:20	37,9	86,2	OFF	OFF	ON
20:15:05	37,2	90,1	OFF	ON	OFF

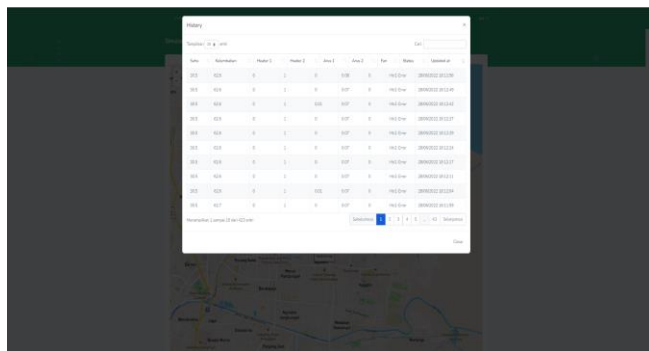
Sama seperti shift pagi, dari Tabel 4. diatas dapat diketahui bahwa ketika suhu lebih besar sama dengan 40 °C dan kelembapan kurang dari sama dengan 90%RH, maka Heater 2 akan mati dan *exhaust fan* bekerja. Heater 2 akan bekerja serta *exhaust fan* akan mati ketika suhu kurang dari sama dengan 35 °C atau kelembapan lebih dari sama dengan 90% RH, seperti yang ditunjukkan pada data 11-15. Adapun nilai pengukuran suhu terbesar yaitu 40,4 °C, sedangkan nilai pengukuran kelembapan terbesar yaitu 90,3 %RH.

Nilai data pengujian integrasi dapat dilihat pada LCD 20x4 serta data logger setiap 5 detik sekali di masing-masing lokasi titik pada peta digital. Ketika icon pada titik kubikel di klik maka akan muncul *pop-up* berisi tentang data informasi kubikel, gambar kubikel, data logger dan terintegrasi dengan tautan google maps sebagai penunjuk arah ke lokasi. Gambar 12 merupakan tampilan *pop-up* data informasi kubikel.



Gambar 12. Tampilan Pop-up Informasi Kubikel PENS

Tabel data logger akan otomatis merefresh selama 5 detik sekali untuk memonitoring hasil data yang diterima dari database server. Pada Gambar 13 dibawah merupakan tampilan tabel data logger pada lokasi titik kubikel IDPLN01234 PENS dan Tabel 5 merupakan data waktu penerimaan data pengukuran dari hardware menuju pada server database website Sistem Informasi Geografis,



Gambar 13. Tampilan Tabel Data Logger

Tabel 5. Waktu Penerimaan Data pada Server Database

T (°C)	R (%RH)	Waktu LCD	Waktu Server Database	Selisih Waktu (s)
40,4	58,2	09:00:30	09:00:53	23
34,7	70,0	09:05:35	09:05:56	21
40,2	59,6	10:00:15	10:00:40	25
35,0	72,1	10:11:40	10:12:04	24
40,3	60,1	11:00:10	11:00:35	25
40,2	64,0	21:00:25	21:00:35	10
34,8	70,2	21:05:50	21:05:58	8
40,1	60,0	23:00:05	23:00:21	16
35,0	71,1	23:13:35	23:13:44	9
40,4	57,0	24:00:10	24:00:23	13
Rata-rata selisih waktu				17,4

Dari Tabel 5. dapat diketahui bahwa, pada saat pengiriman data dari hardware menuju website, terdapat waktu delay penerimaan data pada server database, sehingga terdapat nilai rata-rata selisih waktu pembacaan yang sebesar 17,4 detik. Hal

Arief Rahmadani: Rancang Bangun Sistem Monitoring ...

tersebut dikarenakan respon koneksi yang diterima perangkat serial komunikasi Wemos D1 Mini serta respon pengolahan data dari webserver yang kurang sesuai dengan waktu pembacaan secara *real-time*.

C. Notifikasi Status Heater dan Arus

Pengujian kerusakan heater, dengan membaca arus masuk pada heater dengan sensor SCT-013-10. Apabila Heater tidak teraliri arus/dalam hal ini mengalami kerusakan maka akan mengirim notifikasi "HEATER ERROR". Pengujian menghilangkan nilai arus yang masuk pada heater dengan cara menghidupkan dan mematikan MCB (Miniature Circuit Breaker) 1 fasa dengan kapasitas 2 Ampere, yang terhubung pada kedua heater. Pada Gambar 14 terlihat bahwa ketika Heater 1 mengalami gangguan, maka akan muncul notifikasi pada LCD bertuliskan "HEATER 1 ERROR".



Gambar 14. Pengujian Notifikasi Kerusakan Heater

Hasil data pengujian integrasi sistem notifikasi status heater serta arus yang mengalir pada masing-masing heater dapat dilihat pada pada Tabel 6 dibawah.

Tabel 6. Pengujian Notifikasi Kerusakan Heater

Waktu	Arus I1 (A)	Arus I2 (A)	MCB 1	MCB 2	Status
16:37:45	0,6	0,08	ON	ON	Normal
16:30:45	0,00	0,08	OFF	ON	Heater 1 Error !
19:30:45	0,00	0,42	ON	ON	Normal
19:31:10	0,00	0,07	ON	OFF	Heater 2 Error !

Dari Tabel 6. diatas dapat diketahui bahwa, ketika shift pagi dengan kondisi MCB 1 pada Heater 1 ON, maka nilai arus I1 yang terbaca sebesar 0,6 A. Hal itu menandakan bahwa kondisi pada heater kubikel tidak terjadi kerusakan sehingga sistem mengirim notifikasi "Normal". Disisi lain, nilai dari arus I2 pada bernilai 0 A dikarenakan bukan waktu kerja dari Heater 2. Selanjutnya Heater 1 sengaja diberi gangguan dengan mematikan. Hal tersebut juga dialami pada shift malam, ketika kondisi MCB 2 pada Heater 2 ON, maka nilai arus I2 yang terbaca sebesar 0,42 A. Hal itu menandakan bahwa kondisi

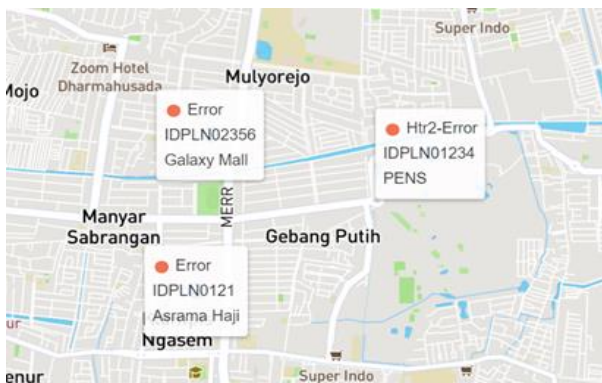


pada heater kubikel tidak terjadi kerusakan sehingga sistem mengirim notifikasi “Normal”. Disisi lain, nilai dari arus I1 pada bernilai 0 A dikarenakan bukan waktu kerja dari Heater 1. Apabila dalam kondisi “Normal”, notifikasi status heater kubikel akan muncul pada tampilan website Sistem Informasi Geografis berupa simbol berwarna biru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15 dibawah,



Gambar 15. Notifikasi Heater Normal

Selanjutnya heater kubikel diberi gangguan dengan cara mematikan aliran arus yang mengalir pada masing-masing Heater dengan menggunakan MCB 1 Fasa. Dari Tabel 6. dapat diketahui bahwa, ketika shift pagi dengan kondisi MCB 1 pada Heater 1 OFF, maka nilai arus yang terbaca sebesar 0 A. Sistem akan mengirim notifikasi berupa “Heater 1 Error” kedalam database server. Begitu pula ketika shift malam dengan kondisi MCB 2 pada Heater 2 OFF, maka nilai arus yang terbaca sebesar 0 A. Sistem akan mengirim notifikasi berupa “Heater 2 Error” kedalam database server. Gambar 16 merupakan tampilan notifikasi ketika salah satu dari kedua heater mengalami gangguan.



Gambar 16. Notifikasi Heater Rusak

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16 diatas, apabila heater pada kubikel dalam kondisi gangguan atau muncul notifikasi berupa “Heater 2 Error”, notifikasi status heater kubikel tersebut akan muncul pada tampilan website Sistem Informasi Geografis berupa simbol berwarna merah

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Sistem pergantian kinerja dua heater telah sesuai dengan setpoint waktu yang ditentukan, dimana heater pertama

2. bekerja pada pukul 05.00 – 17.00 WIB sedangkan heater kedua bekerja pada pukul 17.00 – 05.00 WIB.
3. Pada sistem yang dibuat *exhaust fan* akan bekerja dan *heater* akan mati pada saat pembacaan sensor temperatur 40°C dan kelembapan kurang dari 90% RH. *Exhaust fan* dan *heater* akan kembali bekerja apabila suhu yang terbaca sebesar 35 °C atau kelembapan lebih besar dari 90% RH
4. Pada sistem kedua *heater* ketika mengalami gangguan maka akan mengirimkan notifikasi pada website dan LCD dengan mendeteksi ada tidaknya arus yang mengalir pada kedua *heater*.
5. Mikrokontroler STM32F103C8T6 dapat memproses dan menampilkan data tegangan, arus, daya dan pembebanan secara real time melalui layar LCD yang terdapat pada box alat proyek akhir serta pada website peta digital.
6. Tampilan Sistem Informasi Geografis pada website dapat menampilkan data dan lokasi kubikel. Proses pengiriman data dari hardware ke server database mengalami selisih perbedaan waktu pembacaan rata-rata sebesar 17,4 detik yang disebabkan oleh respon kontinuitas pengolahan data dari webserver.
7. Dari alat yang telah dibuat ini, dapat memudahkan kerja pengguna/petugas untuk melakukan pengukuran suhu, kelembapan serta kondisi *heater* yang dapat termonitoring melalui website serta terintegrasi dengan tautan google maps yang berguna untuk menunjukkan arah titik lokasi kubikel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT.PLN (Persero), Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dan sivitas akademika yang telah yang telah memberi dukungan dalam membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

REFERENSI

- [1] PT. PLN Persero. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Kubikel Tegangan Menengah*. PT. PLN (Persero). Indonesia : Jakarta.
- [2] Shu, S., Xu, J., Shi, S., Wei, D., Huang, Y., & Bian, Z. (2022). Corona Onset Characteristics of Contact Box in Switchgear with Condensation under High Humidity and Pollution Conditions. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*.
- [3] Sriyadi, S., Pangestu, A., Wilyanti, S., Al Hakim, R. R., & Vresdian, D. J. (2021). Prototipe Alat Pendeteksi Korona Sebagai Proteksi Kubikel Keluaran 20 KV Pelanggan Tegangan Menengah. *Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, 1(5), 366-375.
- [4] Hu, Q., Shu, L., Jiang, X., Sun, C., Zhang, S., & Shang, Y. (2011). Effects of air pressure and humidity on the corona onset voltage of bundle conductors. *IET generation, transmission & distribution*, 5(6), 621-629.
- [5] Lestari, N., Suwanto, H., & Gunawan, R. (2020). SISTEM PEMANTAUAN KUBIKEL TEGANGAN MENENGAH BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 5(1), 37-42.
- [6] PT. PLN Persero. (2011). *Direktori Karya Inovasi XII*. PT. PLN (Persero). Indonesia : Jakarta.
- [7] Pasra, N., Makulau, A. and Abriyanto, M.O. (2018). Analisa Efek Korona Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 kV Pada Gardu

- Beton. *Jurnal Ilmiah SUTET*. 8(2), pp.103-113.
- [8] Amelia, R. (2021). Sistem Kendali 2 Heater Guna Mencegah Guna Mencegah Kerusakan Panel Kontrol 150 Kv di Gardu Induk. *J-Innovation*, 10(1), 19-23.
- [9] Faturrahman, A., Christiono, C., & Koerniawan, T. (2021). Model Deteksi Dini Kegagalan Isolasi Akibat Adanya Fenomena Korona Pada Kubikasi 20 Kv Berbasis Suara (Doctoral dissertation, INSTITUT TEKNOLOGI PLN).
- [10] Iderus, S., Peter, G., & Ganji, V. (2022). An innovative method to conduct temperature rise test on medium voltage switchgear assembly based on IEC standards in a power grid. *The Journal of Engineering*.
- [11] Supartha, I. K. D. G., Sudarma, M., & Wiharta, D. M. (2018). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Persebaran Alumni dengan Analisa Clustering. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(3), 377-384.
- [12] Imansyah, F. (2020). Pemrosesan Data Buta Aksara Berbasis WebGIS. *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, 6(3), 353-363.
- [13] Leaflet. (2022) Leaflet - an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. [Online]. Available at : <http://leafletjs.com/>
- [14] Utama, Y. A. K. (2016). Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini. *e-NARODROID: Jurnal Berkala Program Studi Sistem Komputer*, 2(2), 145-150.
- [15] Abi Rahman, M. G., & Broto, S. (2020). Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Udara pada Kubikel 20kv Berbasis Internet Of Things (IOT). *MAESTRO*, 3(2), 440-450.
- [16] Gede, P. I. B., Hartati, R. S., & Divayana, Y. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Peringatan Dan Mitigasi Gempa Bumi Berbasis Mobile Hybrid. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2), 145-150.
- [17] PT. Trias Indra Saputra. (2014). *Medium Voltage Distribution NEX 24 kV Catalogue*. Indonesia. Jakarta.
- [18] Date, A. A. (2004). ANSI/IEC 60529-2004.
- [19] Robinson, C. K. (2018). Testing for Ingress Protection of Portable Electronic Devices. WL Gore & Associates.
- [20] Rainford. (2021) IP Ratings & Standards Explained. [Online]. Available at : <https://rainfordsolutions.com/products/ingressprotection-ip-rated-enclosures/ip-enclosure-ratings-standards-explained/>



{ halaman ini sengaja di kosongkan }