

Sistem Peringatan Kerusakan Panel Listrik Berbasis *Internet of Things* dan *Mobile App*

Relif Hagler Sentosa Marbun^{1*}, Sukardi²

^{1,2}Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, *relifmarbun17@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penggunaan mesin industri digunakan panel kontrol sebagai alat pengendali mesin sekaligus proteksi rangkaian. Akan tetapi masih banyak terjadi kasus kerusakan panel yang menghambat proses produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem peringatan kerusakan panel listrik untuk mengatasi kerusakan panel listrik. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Objek penelitian yang digunakan adalah Panel DoL Motor Induksi 3 Fasa. Instrumen penelitian yang digunakan adalah multimeter, stopwatch, dan pembaca suhu. Berdasarkan hasil pengujian, mekanikal dan sistem peringatan kerusakan panel listrik yang dibangun dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan sebelumnya dengan rata-rata persentase keberhasilan pengujian 97%. Selain itu seluruh komponen yang digunakan dalam kondisi yang baik dan layak untuk digunakan. Akan tetapi masih terdapat *delay* sekitar 3.2 detik dalam proses mengirim dan menerima data ke *database firebase*.

Kata kunci: Panel Listrik, *Internet of Things*, Mikrokontroler, *Mobile APP*, Sistem Peringatan

ABSTRACT

In the use of industrial machines, control panels are used as a means of controlling the machine as well as circuit protection. However, there are still many cases of panel damage that hamper the production process. The aim of this research is to design and build an electrical panel damage warning system to overcome electrical panel damage. This research was conducted using an experimental method. The research object used is the 3 Phase Induction Motor DoL Panel. The research instruments used were a multimeter, stopwatch and temperature reader. Based on the test results, the mechanical and electrical panel damage warning system that was built can work well according to previous planning with an average test success percentage of 97%. Apart from that, all components used are in GOOD condition and suitable for use. However, there is still a delay of around 3.2 seconds in the process of sending and receiving data to the Firebase database.

Keywords: *Electrical Panels, Internet of Things, Microcontroller, Mobile APP, Warning System*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri di negara Indonesia semakin pesat. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia mencatat pada periode tahun 2022 jumlah industri makro Indonesia sebanyak 4.226.873 unit. Angka ini sudah meningkat dari tahun 2020 dan 2021. Pada tahun 2020, jumlah industri makro hanya mencapai 3.909.718 unit, sedangkan pada tahun 2021 hanya berjumlah 3.956.083 unit. Dengan semakin meningkatnya jumlah industri di Indonesia, teknologi otomasi industri juga ikut berkembang. Teknologi otomasi industri memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas proses produksi pabrik [1].

Seiring pesatnya perkembangan teknologi otomasi industri saat ini, tidak bisa dipungkiri bahwa listrik memegang peranan yang sangat penting agar mesin-mesin di industri bisa bekerja dengan baik. Daya listrik disalurkan dari sumber menuju mesin-mesin dengan dilengkapi komponen proteksi seperti MCCB, MCB, ACB, TOR dan lain-lain. Tujuannya agar ketika terjadi gangguan pada satu mesin, mesin lain tidak terkena dampaknya dan masih bisa beroperasi [2]. Komponen-komponen proteksi dipasang pada sebuah *casing* berbentuk *box* yang disebut panel listrik / *box* panel.

Panel listrik berfungsi untuk menyuplai, membagi, menghubungkan, mengamankan, dan mengontrol tenaga listrik dari sumbernya menuju beban [3]. Meski telah dilengkapi dengan sistem proteksi, panel listrik masih berpotensi rusak. Beberapa penyebab kerusakan panel listrik adalah terjadinya hubung singkat, *overheat* maupun *overload* [1]. Untuk masalah tersebut sebagian besar masih bisa diatasi dengan sistem proteksi yang ada seperti TOR dan CB. Namun faktor lain seperti usia pakai komponen dan suhu panas dalam panel sulit dideteksi oleh sistem proteksi panel [4].

Usia pakai komponen berpengaruh pada performa komponen karena semakin lama usia pakai komponen, maka performanya juga akan menurun [5]. Selain usia pakai, suhu di dalam panel juga dapat merusak panel listrik. Suhu panas tersebut dapat berasal dari lingkungan,

busbar dan instalasi kabel maupun panas yang dihasilkan oleh arus *eddy* [6]. Berdasarkan [7], suhu maksimal di dalam panel untuk operasional adalah 40C. Jika melebihi batas tersebut dalam waktu yang lama, dapat merusak ataupun melelehkan isolasi kabel dan casing komponen. Rusaknya isolasi kabel dan casing komponen dapat menyebabkan terjadinya hubung singkat di dalam panel yang mengakibatkan kebakaran di dalam panel [8].

Kerusakan pada panel harus diatasi secepat mungkin agar kerusakan tidak semakin parah. Untuk itu diperlukan sebuah pengembangan sistem peringatan pada kerusakan panel listrik secara *realtime*. Teknologi *realtime* yang sedang berkembang saat ini adalah *Internet of Things*. Dengan IoT, dapat dilakukan aktivitas kendali jarak jauh, bertukar data, kolaborasi bersama bermacam *hardware* maupun data dengan jaringan internet [9].

Sebuah sistem peringatan *realtime* pernah dikembangkan oleh [10] untuk mendeteksi kebakaran. Penelitian tersebut berhasil memberikan notifikasi apabila terjadi kebakaran sehingga dapat dilakukan pencegahan secara dini. Akan tetapi penelitian tersebut masih terbatas pada pendeteksian kebakaran gedung. Berdasarkan literasi yang penulis lakukan belum ada penerapan sistem peringatan berbasis IoT untuk panel listrik. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan pengembangan pada Rancang Bangun Sistem Peringatan Kerusakan Panel Listrik Berbasis *Internet Of Things* dan *Mobile App*.

2. KERANGKA TEORITIS

A. Panel Listrik

Panel listrik atau panel kendali listrik adalah suatu perangkat yang berfungsi sebagai tempat menyalurkan, membagi, menyambung, melindungi dan mengendalikan tenaga listrik dari sumbernya. Di dalam *box* panel listrik terpasang komponen-komponen listrik misalnya CB, TOR, Relay, Pilot Lamp, PLC, Kontaktor, dan lain-lainnya. Agar dapat dipakai, panel listrik mesti dirangkai sedemikian rupa agar dapat mengalirkan arus listrik. Menurut [3], panel listrik berfungsi untuk beberapa hal dalam kelistrikan yakni sebagai penghubung *supply* ke beban, pengaman peralatan dan komponen listrik, pembagi tegangan atau arus, penyuplai, dan pengontrol.

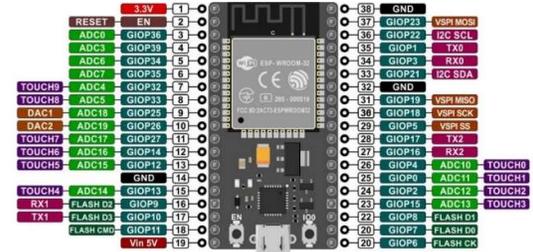
B. NodeMCUESP32

ESP32 *DevKit* adalah mikrokontroler *ekspresif* dan merupakan penerus ESP8266 yang memiliki fitur *Wi-Fi* dan *Bluetooth 4.2* yang tertanam di *board* itu sendiri [11].

Kemudian ESP32 mempunyai kecepatan *processor* yang cukup kencang yaitu *Dual-Core 32-bit* dengan kecepatan 160/240MHz. ESP32 memiliki 36 *pin*

GPIO, GPIO sendiri adalah *pin input* dan *output analog* atau digital.

Jumlah *pin* GPIO tersebut jauh lebih banyak dibanding Arduino UNO yang hanya memiliki 19 *pin* digital dan analog. Konfigurasi *pin* ESP32 ditunjukkan pada gambar 1.

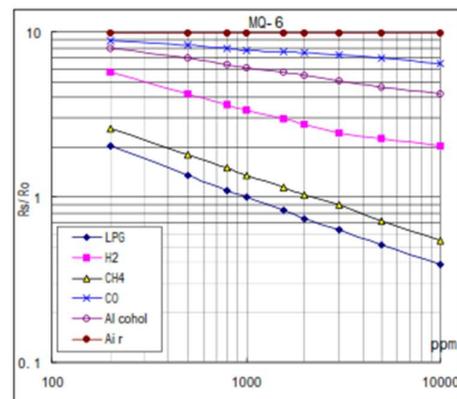


Gambar 1. Konfigurasi Pin ESP32 [11]

C. Sensor MQ-6

Sensor gas MQ-6 terbentuk dari bahan keramik mikro AL₂O₃, *TinDioxide* (SnO₂) memiliki kepekaan yang tinggi terhadap berbagai macam gas. Selain gas, sensor ini juga dapat mendeteksi asap. Pada permukaan Sensor MQ-6 terdapat tabung keramik kecil AL₂O₃, SnO₂ (TinDioksida), elektroda pengukur dan kabel pemanas yang dibungkus dengan besi dan jaring plastik. Ketika molekul gas menyentuh permukaan lapisan SnO₂ yang sensitif, satuan hambatan kawat pemanas (*heater*) akan berkurang sesuai dengan konsentrasi gas.

Sebaliknya jika konsentrasi gas menurun maka resistansi kawat pemanas akan meningkat sehingga tegangan keluaran akan menurun. Perubahan konsentrasi gas/asap dapat mengubah nilai resistansi sensor dan juga akan mempengaruhi tegangan keluaran, hal inilah yang dijadikan acuan dalam pendeteksian gas/asap. Karakteristik sensitivitas sensor MQ-6 terhadap berbagai gas seperti LPG, H₂, CH₄, CO, alkohol dan udara bersih pada kondisi pengukuran standar dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Karakteristik Sensor MQ-6

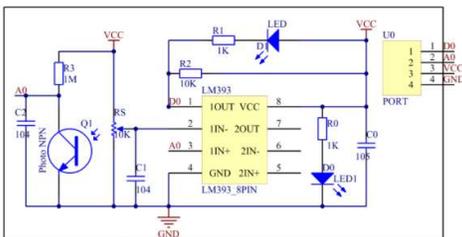
Berdasarkan gambar 2, karakteristik pada gambar 2, diperoleh simpulan yaitu bila kandungan gas atau asap meningkat pada sensor, sensor pun akan semakin sensitif.

Hal ini dapat dilihat karena nilai resistansi dari sensor semakin menurun disaat gas atau asap bertambah.

D. Flame Sensor

Sensor ini bisa mendeteksi api dengan baik dan mengubahnya sinyal pendeteksian itu menjadi representasi analog.[12]. Flame Sensor memiliki prinsip kerja memakai sinar infra merah (infrared) dalam rentang panjang gelombang 760 nm – 1100 nm, dalam jarak maksimal yaitu dibawah 1 m dan *respon time* sekitar 15 mikro detik.

Apabila terjadi kebakaran atau percikan api, maka resistansi pada sensor akan mengecil sehingga mengirimkan pulsa ke mikrokontroler dalam bentuk PWM (*pulse width modulation*). Sensor ini memiliki jangkauan sensing yang cukup jauh maksimal 100 cm dengan tegangan kerja 3V-5V DC. Sensor ini disusun dari skematik rangkaian seperti ditunjukkan pada gambar 3.

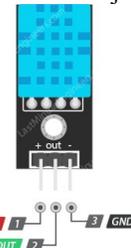


Gambar 3. Skematik Flame Sensor [12]

Berdasarkan gambar 3, flame sensor bekerja yaitu mendeteksi cahaya api melalui pemakaian cara penangkapan cahaya. Dalam flame sensor memakai *tranduser* dalam wujud *infrared* untuk media kepekaan sensor. *Tranduser* tersebut dipakai dalam mengetahui informasi penyerapan sinar dengan dimensi sinyal tertentu untuk mempermudah sistem dalam memilah antara *spectrum* sinar dalam api maupun *spectrum* sinar lainnya misalnya *spectrum* sinar lampu.

E. Sensor DHT-11

Merupakan komponen yang mampu dalam merasakan temperatur dan kelembaban yang mempunyai luaran beda potensial analog untuk bisa dikelola lebih lanjut memakai pengendali [13]. Komponen ini termasuk kategori komponen *resistif* misalnya komponen yang mengukur suhu misal bentuk nyatanya yakni NTC. Keunggulan komponen ini adalah dalam bidang membaca informasi perasa memiliki kemampuan menanggapi respon lebih cepat melalui bidang *sensing* objek suhu dan kelembaban, dan data yang terbaca tidak mudah terinterferensi. Komponen ini pada umumnya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup akurat. Konfigurasi *pin* DHT-11 ditunjukkan pada gambar 4.

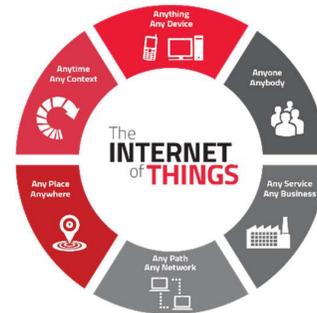


Gambar 4. Konfigurasi Pin Sensor DHT-11 [13]

Berdasarkan gambar 4, *pin* VCC dan GND disambungkan ke *pin* VCC dan GND pengendali mikro adapun *signal out* dihubungkan ke *pin* digital mikrokontroler ataupun GPIO. Komponen ini merupakan komponen yang bisa melakukan pengukuran dua acuan lingkungan bersamaan, yaitu temperatur dan kelembaban udara. Dalam komponen ini ada satu *thermistor* dengan tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) bertindak dalam pengukuran suhu, satu sensor kelembaban tipe resistif dan satu pengendali mikro 8-bit untuk mengolah kedua komponen ini serta melakukan pengiriman hasil ke *pin* luaran dalam bentuk *single-wire bi-directional*.

F. Internet of Things

Internet of Thing adalah kompetensi *device* dimana bisa tersambung dan melakukan pertukaran data melwati jaringan internet. IoT adalah satu buah kemajuan IT sehingga bisa dilakukan sebuah kendali, bertukar informasi, kolaborasi bersama bermacam hardware, data melwati jaringan internet [9]. Model dasar IoT sebetulnya sangat simple yaitu melalui kinerja yang berpedoman dari 3 komponen mendasar yakni arsitektur IoT, yakni: Barang Fisik yang dilengkapi modul IoT, Perangkat Koneksi ke Internet seperti Modem dan *Router Wireless Speedy*, dan *Cloud Data Center* tempat untuk menyimpan aplikasi beserta data *base*. *Konsep internet of Things* diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Konsep IoT [9]

Prinsip kerja dasar perangkat IoT adalah objek di dunia nyata diberikan identitas unik dan dapat direproduksi dalam sistem komputer serta dapat direpresentasikan dalam bentuk data dalam sistem komputer. Pada awal penerapan ide IoT, pengenalan yang digunakan agar objek dapat diidentifikasi dan dibaca oleh komputer adalah dengan menggunakan bar code,

Kode QR (QR Code) dan Identifikasi Frekuensi Radio (RFID). Dalam perkembangannya, suatu objek dapat diberikan pengenalan berupa alamat IP dan menggunakan jaringan internet untuk dapat berkomunikasi dengan objek lain yang mempunyai pengenalan alamat IP.

G. Firebase

Firebase adalah layanan Backend as a Service (BaaS) yang saat ini dimiliki oleh Google. Firebase dirancang untuk menyederhanakan pengembangan aplikasi seluler. Salah satu keunggulan Firebase adalah adanya fitur Firebase Remote Config dan Firebase Real Time Databas [14]. Selain itu, Firebase juga menyediakan fitur Firebase Notifikasi Console untuk mendukung aplikasi yang memerlukan pengiriman push notifikasi.

Firebase Database adalah penyimpanan database non-SQL yang memungkinkan Anda menyimpan beberapa jenis data. Data di Firebase Database disimpan sebagai objek pohon JSON. Tidak seperti database SQL, tidak ada tabel dan baris di database non-SQL. Ketika data ditambahkan, data tersebut akan menjadi node dalam struktur JSON. Selain Firebase Database, Firebase menyediakan Firebase Storage. Firebase Storage berfungsi sebagai penyimpanan cloud yang memungkinkan pengembang aplikasi mengunggah dan mengunduh file. Dengan menggunakan Firebase Storage, pengguna dapat menyimpan dan mengakses berbagai jenis file seperti gambar, video, audio, dan lain sebagainya dalam pengembangan aplikasi.

H. Mobile App

Aplikasi mobile atau sering disingkat dengan istilah Mobile App adalah suatu aplikasi perangkat lunak yang dalam pengoperasiannya dapat dijalankan pada perangkat bergerak (Smartphone, Tablet, iPod, dll), dan mempunyai sistem operasi yang mendukung perangkat lunak tersebut secara standalone[15]. Secara umum, aplikasi mobile memungkinkan pengguna untuk terhubung ke layanan internet yang biasanya hanya diakses melalui PC atau notebook. Dengan demikian, aplikasi seluler dapat membantu pengguna untuk lebih mudah mengakses layanan internet menggunakan perangkat selulernya.

Keunggulan utama aplikasi mobile adalah memudahkan pengguna dalam memperoleh informasi secara portable tanpa menggunakan PC atau notebook dan penggunaannya dalam memperoleh informasi terkini terpenuhi tanpa terhalang oleh waktu dan tempat dimana pengguna perangkat mobile tersebut berada. dan wilayah yang dapat dijangkau oleh jaringan komunikasi internet. Selain itu, akses terhadap suatu website dapat dilakukan

melalui aplikasi mobile dengan menggunakan perangkat mobile pengguna.

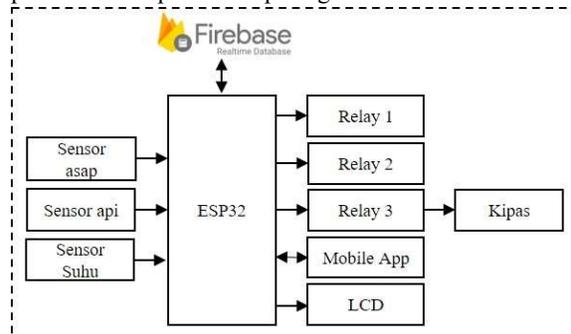
Dalam perkembangannya, aplikasi seluler telah terintegrasi dengan fitur-fitur yang terdapat pada perangkat seluler, seperti GPS, Kompas, akselometer, dll. Perangkat keras yang digunakan perangkat seluler merupakan platform utama di mana aplikasi seluler dapat berjalan, oleh karena itu perlu mengeluarkan biaya. memperhatikan beberapa bagian terkait keterbatasan pada perangkat mobile yaitu : kecepatan eksekusi proses tergantung pada kecepatan prosesor, kapasitas memori utama hanya berukuran tertentu, resolusi dan ukuran setiap layar berbeda-beda, input pada setiap perangkat mobile mempunyai sendiri-sendiri kekurangannya, serta daya tahan dan kapasitas baterai tiap perangkat seluler berbeda-beda.

3. METODE RISET

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental. Dengan metode ini, penulis mengambil beberapa data pengujian suhu lalu membandingkan dengan suhu aktual. Penulis juga mengambil beberapa data pengukuran tegangan komponen lalu membandingkan dengan *datasheet* komponen tersebut untuk menentukan kondisi dan kelayakan komponen. Objek penelitian yang digunakan adalah Panel DoL Motor Induksi 3 Fasa. Instrumen penelitian yang digunakan adalah multimeter, *stopwatch*, dan pembaca suhu. Dalam penelitian ini pertama dilakukan perancangan yang terdiri dari pembuatan blok diagram, perancangan *hardware* dan perancangan *software*.

A. Diagram Blok

Blok diagram merupakan gambaran dasar mengenai sistem yang akan dirancang dalam bentuk diagram yang terhubung dengan garis sebagai penunjuk antar blok. Sistem yang dirancang pada penelitian ini terdiri dari serangkaian *input*, proses dan *output* untuk menghasilkan sebuah sistem peringatan kerusakan panel yang dapat bekerja secara *realtime*. Blok diagram I/O pada sistem dapat dilihat pada gambar 6.

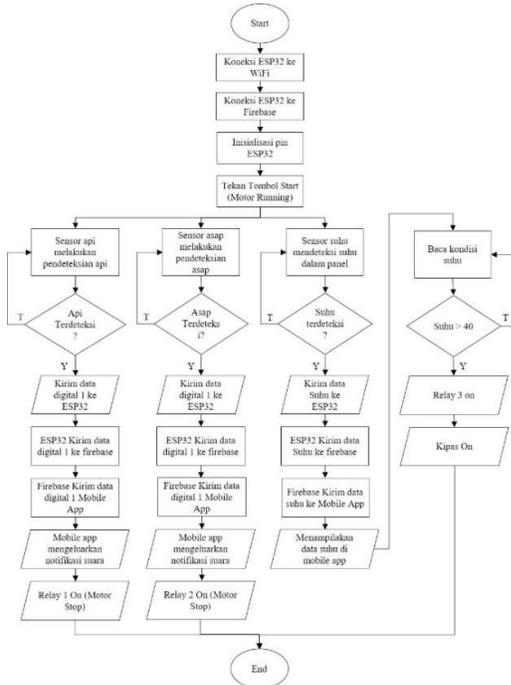


Gambar 6. Blok Diagram Alat

B. Prinsip Kerja

Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem peringatan apabila terjadi kerusakan pada sebuah panel listrik secara *realtime*. Panel yang digunakan adalah panel kontrol motor DOL motor induksi 3 fasa. Untuk menjalankan motor, user menekan tombol start pada panel atau tombol start pada aplikasi. Sehingga motor dalam kondisi running. Apabila terjadi kerusakan pada panel seperti kebakaran komponen atau kabel, maka resistansi pada sensor api dan sensor asap akan mengecil sehingga sensor mengirim data ke mikrokontroler dalam bentuk data digital. Data tersebut kemudian dikirimkan ke *database firebase*, lalu diteruskan ke mobile app. Mobile app akan memberikan notifikasi kerusakan panel melalui bunyi sirene dari mobile app. Bersamaan dengan itu, tombol stop pada mobile app akan hidup otomatis sehingga memutus arus yang masuk ke rangkaian dan ke motor. Sehingga motor dalam kondisi stop.

Sensor DHT-11 memiliki fungsi memberikan data suhu secara *realtime* ke mikrokontroler. Data tersebut juga dikirim ke database dan ditampilkan di mobile app. Apabila suhu di dalam panel melebihi 35°C, maka mikrokontroler akan mengirim perintah ke mobile app untuk membunyikan notifikasi peringatan suhu. Bersamaan dengan itu, relay channel 3 yang awalnya off, akan menjadi on. Sehingga arus dari power supply mengalir ke kipas untuk menghidupkan kipas. Prinsip kerja dari sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada flowchart yang ditunjukkan pada gambar 7

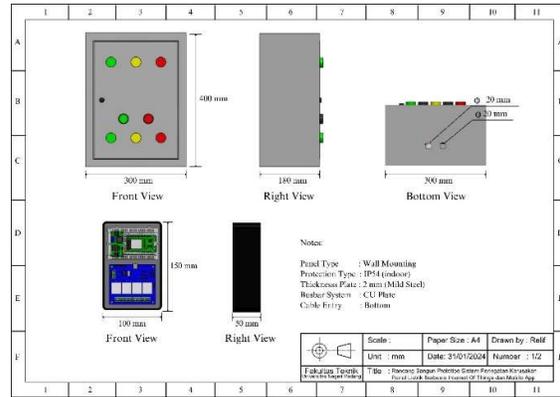


Gambar 7. Flowchart Alat

C. Perancangan Hardware

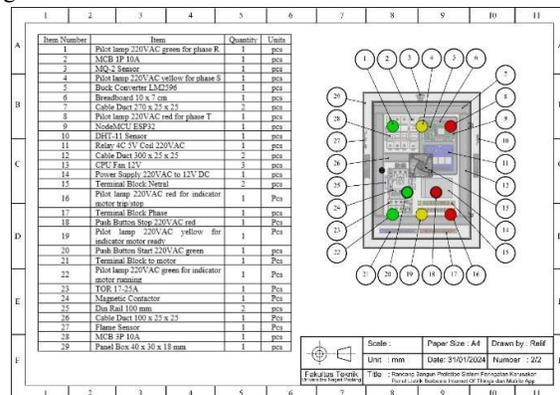
1. Perancangan Mekanikal

Perancangan mekanik dilakukan dengan menggunakan aplikasi Solidworks 2021. Pada perancangan ini didesain rangkaian panel dan sistem peringatan kerusakan panel dalam bentuk 3 dimensi. Ukuran dan dimensi dari alat yang dirancang dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Dimensi Alat

Berdasarkan gambar 8, panel listrik yang digunakan memiliki dimensi 400 x 300 x 180 mm sehingga proporsional terhadap seluruh isi di dalam panel yang terdiri dari CB, TOR, kontaktor magnet dan box rangkaian berukuran 150 x 100 x 50 mm. Panel yang digunakan merupakan panel dengan tipe *wall mounting* dan memiliki sistem proteksi IP54 sehingga dapat melindungi komponen listrik dari percikan air dan debu. Ketebalan dari panel 2 mm dengan bahan mild stell dengan sistem busbar menggunakan CU Plate dan lubang masuk kabel dari bagian bawah panel. Diameter lubang kabel 20 mm dimana lubang ini adalah lubang bawaan yang dari distributor panel. Di dalam box rangkain terdapat breadboard sebagai tempat untuk ESP32, dan power supply 5V sebagai sumber listrik untuk ESP32. Seluruh komponen isi dalam panel dapat dilihat pada gambar 9.



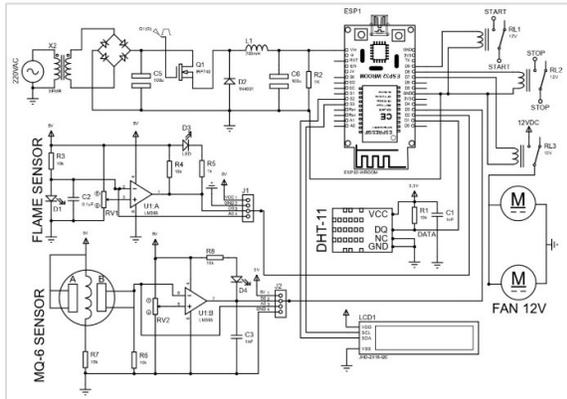
Gambar 9. Komponen Alat

Berdasarkan gambar 9, dapat dilihat keseluruhan komponen pengisi panel dengan total item sebanyak 29 item. Komponen-komponen tersebut disusun sedemikian

rupa agar dapat berfungsi dengan maksimal. Mini fan dipasang pada bagian dalam depan samping kiri dan samping kanan agar memberikan pendinginan dari segala arah pada saat suhu udara di dalam panel mulai meningkat. Sensor gas dipasang di bagian atas flame sensor di dalam sisi kiri dan sensor suhu di dalam sisi kanan panel. Dengan demikian ketiga sensor tersebut dapat mendeteksi suhu, api dan asap dengan optimal.

2. Perancangan Elektrikal

Perancangan rangkaian alat dilakukan menggunakan software simurelay dan proteus. Pada perancangan ini ditunjukkan wiring keseluruhan komponen alat. Rangkaian sistem pada rangkaian DoL ditunjukkan pada gambar 10.

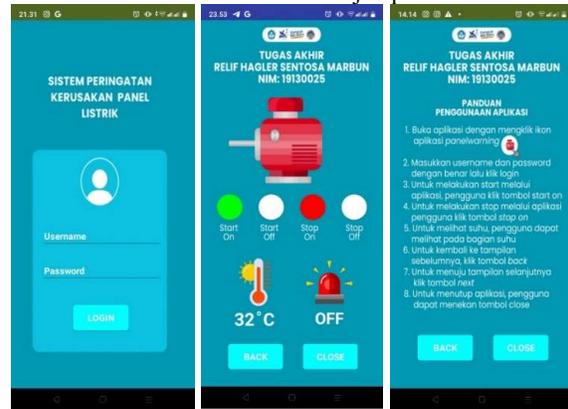


Gambar 10. Rangkaian Keseluruhan Alat

Berdasarkan gambar 3.5, terdapat tiga buah device sensor yang digunakan sebagai input, yaitu sensor MQ-6, flame sensor, dan sensor DHT-11. MQ-6 dihubungkan pada pin 27 ESP32, flame sensor dihubungkan pada pin 12 ESP32 dan sensor DHT-11 dihubungkan pada pin 14 ESP32. Untuk bagian output terdapat dua jenis device yaitu LCD dan relay. Pin SDA dan SCL pada LCD dihubungkan pada pin SDA dan SCL pada pin 21 dan pin 22 ESP32. Untuk mengendalikan kipas, NO dan NC pada rangkaian kontrol motor, digunakan relay yang masing-masing terhubung pada pin 25, 32 dan 33 ESP32.

D. Perancangan Software

Perancangan software dalam penelitian ini adalah pembuatan tampilan pada aplikasi android berbasis IoT dengan menggunakan MIT APP. Tampilan UI pada aplikasi yang dirancang dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Desain Aplikasi (a) Login (b) Monitor dan Kontrol (c) Panduan

Berdasarkan gambar 11, untuk masuk tampilan 11 (b), maka user terlebih dahulu memasukkan username dan password pada tampilan gambar 11 (a). Apabila username dan password benar, maka beralih ke tampilan b. pada tampilan 11 (b), user dapat melakukan start/stop motor secara manual dengan menekan tombol start/stop. Pada tampilan ini, user juga dapat melihat suhu panel secara realtime melalui nilai suhu panel yang ditampilkan di aplikasi. Untuk memudahkan pengguna dalam memahami aplikasi, maka dirancang pula panduan penggunaan aplikasi pada gambar 11 (c).

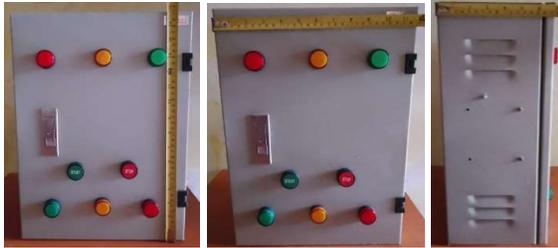
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Hardware

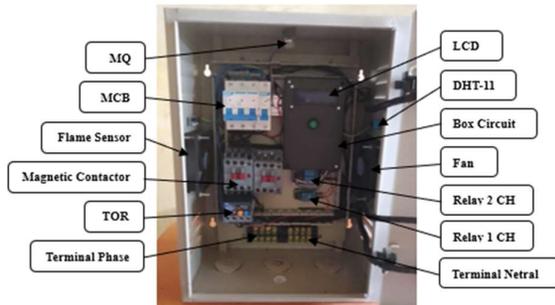
1. Pengujian Rancangan Mekanik

Pengujian rancangan mekanik ini bertujuan untuk membandingkan rancangan yang sudah dibuat sebelumnya pada BAB III dengan mekanik yang dibuat pada penelitian. Perbandingan tersebut memberikan gambaran bahwa penelitian ini sudah sesuai dengan yang diharapkan. Selanjutnya pengujian mekanik ini akan mengetahui kemampuan dari alat yang dibuat.

Pada penelitian ini, panel yang digunakan sebagai objek penelitian adalah panel DoL motor induksi 3 fasa dengan tipe wall mounting. Box panel terbuat dari bahan baja ringan (mild steel) dengan dimensi 400 x 300 x 180 mm dengan ketebalan plat 2 mm (Gambar 12). Setelah dilakukan pengujian mekanik, seluruh komponen rangkaian dapat dimuat di dalam panel secara proporsional sehingga dimensi panel yang dipilih telah sesuai dengan kebutuhan. Agar dapat melindungi rangkaian sistem dari gangguan eksternal, box panel telah memiliki *Ingress Protection Rating* IP54 yaitu berarti dapat melindungi komponen dari debu dan percikan air. Dimensi alat ditunjukkan pada gambar gambar 12.



Gambar 12. Desain Alat (a) Panjang (b) Lebar (c) Tebal Sedangkan bentuk fisik alat tampak dalam ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Bentuk Fisik Alat Tampak Dalam

Berdasarkan gambar 12 dan 13, sistem peringatan kerusakan panel yang diimplementasikan dalam panel DoL motor induksi 3 fasa telah sesuai dengan perancangan pada yang direncanakan sebelumnya pada BAB III baik dari segi dimensi, komponen-komponen yang digunakan, tipe panel maupun IP rating yang digunakan.

2. Pengujian Power Supply

Pada pengujian ini diukur tegangan output power supply kemudian dibandingkan dengan tegangan output power supply sesuai dengan spesifikasi teknisnya. Dari perbandingan tersebut maka akan didapatkan nilai error pengukuran dengan menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$\%Error = \left| \frac{\text{Nilai sebenarnya} - \text{Nilai terukur}}{\text{Nilai Sebenarnya}} \right| \times 100 \quad (1)$$

Setelah diperoleh nilai error pengukuran tegangan maka selanjutnya dilakukan identifikasi untuk mengecek kualitas sistem yang diterapkan. Hasil pengukuran tegangan output power supply ditunjukkan pada tabel 1.

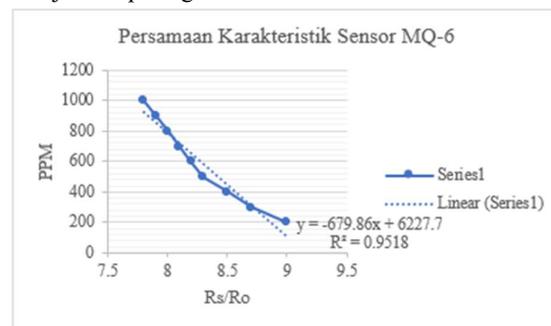
TABEL 1.
 PENGUKURAN POWER SUPPLY

Pengukuran ke	Tegangan Terukur (V)	Tegangan Sebenarnya (V)	Error (%)
1	5,169	5	0,0338
2	5,17	5	0,034
3	5,17	5	0,034
Rata-rata	5,1697	5	0,0339

Berdasarkan tabel 1, dari tiga kali pengukuran diperoleh selisih rata-rata sebesar 0,1697 V antara tegangan yang diukur dengan multimeter dengan tegangan sebenarnya yang tertulis pada spesifikasi power supply. Sehingga didapatkan rata-rata nilai error sebesar 0,0339 %. Berdasarkan nilai tersebut maka power supply dalam kondisi baik untuk digunakan karena masih memenuhi syarat nilai maksimal error yang ditentukan dalam SNI 0255:2011 yaitu Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) dimana nilai maksimal toleransi dalam pengukuran tegangan adalah $\pm 10\%$.

3. Pengujian Sensor MQ-6

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor MQ yang digunakan dalam kondisi yang baik untuk digunakan dan dapat berfungsi secara optimal. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan datasheet sensor MQ-6. Pengujian dilakukan dengan memberikan asap (CO) pada sensor lalu mengamati nilai tegangan keluaran dan nilai PPM pada sensor. Berdasarkan karakteristik sensor MQ-6 pada gambar 2, dapat diperoleh persamaan garis seperti yang ditunjukkan pada gambar 14.

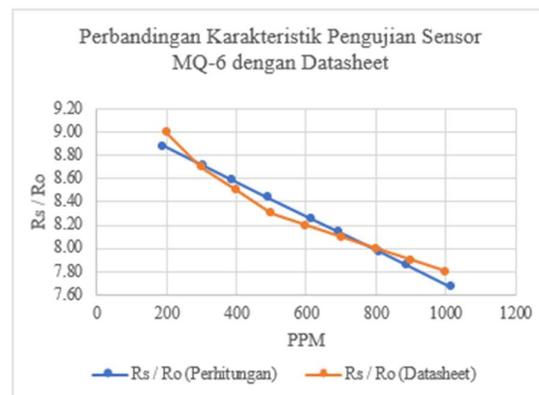


Gambar 14. Persamaan Karakteristik Sensor MQ-6

Dari gambar 14, maka dapat diperoleh hasil pengujian karakteristik melalui PPM yang terbaca (Gambar 15), menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3 berikut.

$$y = 679.86x + 6227.7 \quad (2)$$

$$x = (y - 6227.7)/(-679.86) \quad (3)$$



Gambar 15. Perbandingan Karakteristik Pengujian dengan Datasheet MQ-6

Berdasarkan gambar 15, karakteristik hasil pengujian dengan pengukuran dan perhitungan tidak memiliki perbedaan yang jauh dengan karakteristik yang ditetapkan pada datasheet sensor MQ-6. Error maksimal pada sensor berada pada nilai 0.05%. Dengan demikian sensor MQ-6 yang digunakan dalam penelitian ini masih layak dan dalam kondisi baik untuk digunakan. Selain itu, dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran pada sensor bergantung pada banyaknya gas yang dideteksi, semakin banyak gas maka semakin naik tegangan tersebut.

4. Pengujian Flame Sensor

Pada pengujian flame sensor dilakukan pengujian jarak pembacaan sensor dengan jarak yang bervariasi seperti ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL 2.
 PENGUJIAN FLAME SENSOR

No.	Jarak Pengujian (cm)	Status
1	0.5	Terdeteksi
2	1.0	Terdeteksi
3	1.5	Terdeteksi
4	2.0	Terdeteksi
5	2.5	Terdeteksi
6	3.0	Terdeteksi
7	3.5	Tidak Terdeteksi
8	4.0	Tidak Terdeteksi

Berdasarkan tabel 2, flame sensor masih dapat mendeteksi dengan baik dengan jarak maksimal 3 cm, dengan demikian sensor dalam kondisi baik untuk digunakan.

5. Pengujian DHT-11

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran suhu pada sensor dengan suhu aktual. Hasil pengujian sensor DHT-11 dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL 3.
 PENGUJIAN DHT-11

Waktu	Suhu terbaca (°C)	Suhu Aktual (°C)	Error (%)
Pukul 08.00	32	29	0.103
Pukul 10.00	32	29	0.103
Pukul 12.00	34	30	0.133
Pukul 14.00	34	31	0.097
Pukul 16.00	33	30	0.100
Pukul 18.00	33	30	0.100

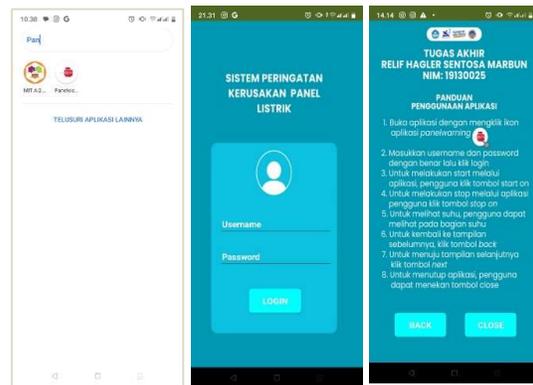
Pukul 20.00	32	29	0.103
-------------	----	----	-------

Berdasarkan tabel 3, terdapat selisih antara nilai suhu yang terbaca pada sensor dengan nilai suhu aktual. Akan tetapi selisih nilai tersebut tidak terlalu besar. Nilai error maksimal pembacaan suhu pada sensor DHT-11 adalah 0.133%. Sedangkan menurut datasheet sensor DHT-11 nilai toleransi maksimal pembacaan suhu pada sensor DHT adalah 5%. Dengan demikian sensor DHT yang digunakan dalam kondisi baik dan layak untuk digunakan.

B. Pengujian Software

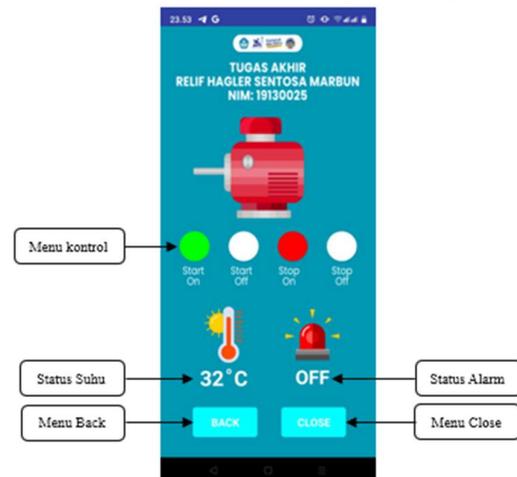
1. Pengujian Aplikasi

Pada penelitian ini dihasilkan sebuah aplikasi yang memiliki fungsi monitor dan kontrol sekaligus. Hasil aplikasi yang dibangun ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Tampilan Aplikasi (a) Ikon Aplikasi (b) Login (c) Panduan

Berdasarkan gambar 16, aplikasi yang dibangun telah dapat digunakan. Sebelum dapat membuka aplikasi dengan meklik ikon aplikasi pada gambar 16 (a). Setelah masuk ke tampilan login, pengguna memasukkan username dan password untuk masuk tampilan selanjutnya. Tampilan monitor dapat dilihat gambar 17.



Gambar 17. Tampilan Monitor dan Kontrol

Berdasarkan gambar 17, maka dilakukan pengujian keseluruhan fungsi dari aplikasi yang dapat dilihat pada tabel

TABEL 4.
 PENGUJIAN SOFTWARE

No.	Perlakuan	Akibat
1	Tombol start ditekan	Motor <i>running</i>
2	Tombol stop ditekan	Motor <i>stop</i>
3	IR mendekteksi api	Alarm pada HP berbunyi dan status alarm "ON"
4	MQ-6 mendekteksi asap	Alarm pada HP berbunyi dan status alarm "ON"
5	Suhu di LCD 32 °C	Suhu di aplikasi 32 °C
6	Tombol back ditekan	Kembali ke tampilan sebelumnya
7	Tombol next ditekan	Membuka tampilan petunjuk penggunaan

Berdasarkan tabel 4.12, software yang dirancang dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan dari fungsi tiap-tiap menu.

2. Pengujian Database

Pengujian *database* dilakukan untuk melihat apakah *database* dapat menerima data yang dikirim oleh mikrokontroler dan aplikasi dengan baik. Selain itu diuji juga kecepatan *database* dalam menerima dan mengirim data ke mikrokontroler dan aplikasi. Hasil pengujian mengirim data dari mikrokontroler ke *database firebase* dapat dilihat pada tabel 5.

TABEL 5.
 PENGUJIAN DATABASE

Pengujian ke	Proses	Status	Delay
1	Mengirim data	Data Terkirim	3
2	Mengirim data	Data Terkirim	2
3	Mengirim data	Data Terkirim	4
4	Mengirim data	Data Terkirim	3
5	Mengirim data	Data Terkirim	4
Rata-rata			3.2

Berdasarkan tabel 5, dilakukan lima kali pengujian untuk menguji proses transfer data antara mikrokontroler dan *firebase*. Rata-rata waktu delay yang terjadi dalam proses mengirim dan menerima data sensor dari mikrokontroler ke *database* adalah 3.2 detik. Delay yang dimaksud adalah waktu tunda yang terjadi pada suatu proses.

C. Pengujian Keseluruhan

Dalam pengujian ini, penulis melakukan serangkaian percobaan sebanyak 15 kali dengan menjalankan program secara keseluruhan untuk memastikan integrasi seluruh komponen berjalan sesuai yang diharapkan. Hasil pengujian dapat dilihat di tabel 6

TABEL 6.
 PENGUJIAN KESELURUHAN

Jenis Sensor	Uji ke	Status	Relay	Status Motor	Status Alarm	Kipas	Tampilan LCD	Tampilan Aplikasi
Flame Sensor	1	Mendeteksi Api	Ch2 = HIGH	Stop	On	Off		
	2	Mendeteksi Api	Ch2 = HIGH	Stop	On	Off		
	3	Mendeteksi Api	Ch2 = HIGH	Stop	On	Off		
	4	Mendeteksi Api	Ch2 = HIGH	Stop	On	Off		
	5	Mendeteksi Api	Ch2 = HIGH	Stop	Berbunyi / On	Off		
MQ-6	6	Mendeteksi Asap	Ch2 = HIGH	Stop	Berbunyi / On	Off		
	7	Mendeteksi Asap	Ch2 = HIGH	Stop	Berbunyi / On	Off		
	8	Mendeteksi Asap	Ch2 = HIGH	Stop	Berbunyi / On	Off		
	9	Mendeteksi Asap	Ch2 = HIGH	Stop	Berbunyi / On	Off		
DIT-11	10	Mendeteksi Asap	Ch2 = LOW	Run	Tidak Berbunyi / Off	Off		
	11	Suhu 35 C	Ch3 = LOW	Run	Tidak Berbunyi / Off	Off		
	12	Suhu 36 C	Ch3 = HIGH	Stop	Tidak Berbunyi / Off	On		
	13	Suhu 37 C	Ch3 = HIGH	Stop	Tidak Berbunyi / Off	On		
	14	Suhu 38 C	Ch3 = HIGH	Stop	Tidak Berbunyi / Off	On		

	15	Suhu 39 C	Ch3 = IIIII	Sup	Tidak Berbunyi / Off	On	
--	----	-----------	-------------	-----	----------------------	----	---

Berdasarkan tabel 6, secara umum pengujian berhasil dilakukan. Akan tetapi pada pengujian ke 10 terdapat kegagalan pengujian. Adapun persentase keberhasilan pengujian dapat dilihat pada tabel 7.

TABEL 7.

PERSENTASE PENGUJIAN KESELURUHAN

Pengujian ke	Persentase Keberhasilan (%)
1	100%
2	100%
3	100%
4	100%
5	100%
6	100%
7	100%
8	100%
9	100%
10	50%
11	100%
12	100%
13	100%
14	100%
15	100%
Rata-rata	97%

Berdasarkan tabel 7, persentase keberhasilan pengujian keseluruhan adalah 97% dikarenakan pada pengujian ke 10 terdapat kegagalan 50%. Sensor dapat mendeteksi asap, akan tetapi komponen lainnya tidak merespon dengan baik. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh mikrokontroler yang terjadi kesalahan pada saat transfer data karena panas pada IC akibat terlalu banyak dilakukan uploading *source kode*.

5. PENUTUP

Dari hasil pengujian dan analisa alat secara keseluruhan maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa mekanikal dan sistem peringatan kerusakan panel listrik yang dibangun pada penelitian ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan sebelumnya dengan rata-rata persentase keberhasilan pengujian 97%. Selain itu seluruh komponen yang digunakan dalam kondisi yang baik dan layak untuk digunakan.

Kelebihan dari alat ini adalah pengguna dapat memantau suhu panel secara *realtime* hanya melalui android. Selain itu tampilan aplikasi yang menarik semakin menambah nilai jual dari sistem yang dibangun. Sistem ini juga dapat memperoleh notifikasi apabila

terjadi kerusakan pada panel sehingga pengguna dapat melakukan *maintenance* dengan segera untuk mencegah kerusakan panel yang semakin parah. Pengguna juga dapat melakukan kendali jarak jauh melalui android apabila dibutuhkan. Dengan demikian sistem yang dibangun memberikan nilai kemudahan, praktis, serta bersifat *realtime*.

Kelemahan dari alat ini adalah terdapat *delay* dalam pengiriman dan penerimaan data dari dari *database* sekitar 3.2 detik dalam setiap prosesnya. Hal ini disebabkan karena pada penelitian ini masih menggunakan *database* gratis sehingga fiturnya masih terbatas.

REFERENSI

- [1] A. D. Dharmawan, L. Subiyanto, and A. T. Nugraha, "Implementasi Sistem Monitoring pada Panel Listrik," *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 02, pp. 2830–3512, 2022, doi: 10.47709/elektriase.v12i2.1685.
- [2] M. Dwi Cahyo, A. Ubaidillah, and A. Fiqhi Ibadillah, "Rancang Bangun Sistem Proteksi Dan Monitoring Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Visual Studio Uji Coba Diakses Di Pt. Pancawana Indonesia," *Cyclotron*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2018.
- [3] O. Jamaaluddin, I. Anshory, I. Sulistiyowati, A. Ahfas, J. Mojopahit, and B. Sidoarjo, *Buku Ajar Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Sidoarjo: Umsida Press, 2022.
- [4] I. Nurmalasari and Hindardi, "Analisa Pemilihan Relai Proteksi Pada Panel Listrik Untuk Studi Kasus Tegangan Menengah 20kV," 2022.
- [5] D. H. B. Santoso, "Evaluasi Kelayakan Instalasi Listrik Rumah Tangga Dengan Pemakaian Lebih Dari 15 Tahun Berdasarkan Puil 2000 Di Desa Cipaku Kecamatan Cibogo Kabupaten Subang Jawa Barat," Surakarta, 2016.
- [6] L. A. Siregar, R. Bangun, A. Yanie, Y. Ananda, and L. Adriana Siregar, "Rancang Bangun Peralatan Deteksi Panas Kabel Pada Panel Listrik Untuk Mengatasi Beban Lebih," *Journal of Electrical Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 1–7, 2021.
- [7] E. Suherman and R. Burmansyah, "Pengujian Kenaikan Suhu Pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah Di Lembaga Masalah Kelistrikan," *Jurnal Sains & Teknologi*, vol. VIII, no. 1, pp. 1–14, 2018.
- [8] A. P. Bima, "Analisis Penyebab Short Circuit Panel Auxiliary Blower Mesin Induk Di Mt. Phoenix Alpha XXXV," Doctoral Dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, Semarang, 2021.
- [9] Y. Yudhanto and A. Azis, *Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT)*. Padang: UNP Press, 2019.
- [10] F. Mulyadi, "Sistem Peringatan Dini Kebakaran Berbasis IoT di Perumahan Ndalem Parikesit," Tugas Akhir, Politeknik Harapan Bersama Tegal, Tegal, 2021.
- [11] A. Budijanto and S. Winardi, *Interfacing Esp32*. Scopindo Media Pustaka, 2021.
- [12] A. Hartono and A. Widjaja, "Prototype Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Flame, Sensor Dht11 Dan Mikrokontroler Nodemcu Esp8266 Berbasis Website," in

Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI) Jakarta-Indonesia, 2022, pp. 1–8.

[13] F. Agustia Arini, "Prototype Penjemur Pakaian Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Raindrop Dan Sensor Dht11," Yogyakarta, 2021.

[14] R. F. Purnomo, O. W. Purbo, and R. A. Aziz, *Firebase: Membangun Aplikasi Berbasis Android*. Andi, 2021.

[15] S. Rohajawati and D. P. Sari, *Mobile Apps and Organic Waste*. Yogyakarta: Deepublish, 2022.