

Rancang Bangun Sistem Kendali Dan *Monitoring* Performa Alat Peraga Praktik Refrigerator

Mutaufiq Mutaufiq, Asep A. Ruri Irwanto, Ega Taqwali Berman, Kamin Sumardi, Apri Wiyono

Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40154 Jawa Barat Indonesia
E-mail: taufiqtop@upi.edu

Naskah Masuk: 07 Juli 2022; Diterima: 03 Agustus 2022; Terbit: 18 Agustus 2022

ABSTRAK

Abstrak – Refrigerator merupakan salah satu alat peraga pendidikan di Laboratorium Refrigerasi Universitas Pendidikan Indonesia. Sistem kontrol pada alat ini masih konvensional, seperti refrigerator yang digunakan di rumah tinggal. Sehingga alat peraga refrigerator tidak dapat digunakan sebagai media pendidikan jarak jauh, seperti saat pandemi Covid-19 yang mewajibkan pendidikan dilaksanakan secara daring. Melalui penelitian ini, telah dikembangkan sistem kontrol peraga praktik refrigerator agar dapat diakses secara daring dari rumah tinggal. Sistem kontrol refrigerator dikembangkan menjadi modul SKMP (Sistem Kendali dan *Monitoring* Performa) refrigerator jarak jauh. Pengembangan dilakukan pada sistem kontrol *ON/OFF* refrigerator dan sistem *monitoring* performa refrigerator agar bisa dilakukan secara daring melalui telepon seluler Android. Secara umum tahapan penelitian untuk mengembangkan alat kontrol menggunakan pendekatan *research and development* yang meliputi *concept, design, collecting materials, assembly*, dan uji coba. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kehandalan kontrol *ON/OFF* jarak jauh dan mengetahui hasil *monitoring* performa refrigerator jarak jauh selama 60 menit beroperasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul SKMP dapat mengontrol secara *ON/OFF* alat peraga refrigerator dengan baik melalui telepon seluler. Selain itu performa refrigerator juga dapat diamati dengan mudah melalui aplikasi *eWelink* pada telepon seluler. Sehingga alat peraga refrigerator yang telah dilengkapi modul SKMP dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai media belajar secara daring.

Kata kunci: *Internet of thing*, kontrol *ON/OFF*, *monitoring* performa, praktikum daring, refrigerator.

ABSTRACT

Abstract - Refrigerator is one of the educational teaching aids in the Refrigeration Laboratory of the Indonesian Education University. The control system on this device is still conventional, such as a refrigerator used in homes to store food. So that refrigerator teaching aids cannot be used as a medium for distance education, such as during the Covid-19 pandemic which requires education to be carried out online. In this study, a refrigerator practice demonstration control system has been developed so that it can be accessed online from the residence. The refrigerator control system was developed into a remote refrigerator SKMP (Performance Control and *Monitoring* System) module. The development is carried out on the refrigerator *ON/OFF* control system and refrigerator performance *monitoring* system so that it can be done online via an Android cell phone. In general, the stages of research to develop control devices use a research and development approach which includes concept, design, collecting materials, assembly, and testing. The test was conducted to determine the reliability of the remote *ON/OFF* control and to find out the results of *monitoring* the performance of the remote refrigerator for 60 minutes of operation. The results showed that the SKMP module controls the *ON/OFF* of the refrigerator props well via cell phones. In addition, refrigerator performance can also be easily observed through the *eWelink* application on cellular phones. So that the refrigerator props that have been equipped with the SKMP module can be used as online learning media.

Keywords: *Internet of thing*, *ON/OFF* control, performance monitoring, online practicum, refrigerator.

Copyright © 2022 Universitas Muhammadiyah Jember.

1. PENDAHULUAN

Pada masa COVID-19 kegiatan pendidikan harus dilaksanakan secara daring [1] termasuk kegiatan pembelajaran praktikum. Kegiatan pembelajaran praktikum yang biasanya dilakukan secara luring di Laboratorium kampus UPI menggunakan alat peraga praktik refrigerator, terpaksa harus dilakukan secara daring. Padahal kegiatan praktikum sangat sulit dilaksanakan secara daring sebagaimana kegiatan teori. Pada kegiatan pembelajaran praktikum mahasiswa perlu hadir secara langsung ke Laboratorium untuk melihat alat peraga praktik, mengobservasinya, berlatih menggunakan peralatan praktik, menggunakan alat ukur, dan melakukan uji performa mesin refrigerator. Rangkaian kegiatan praktikum teknik refrigerasi tersebut biasa dilakukan secara luring, sehingga saat pembelajaran daring diberlakukan, kegiatan praktikum teknik refrigerasi sulit dilaksanakan.

Fakta di atas perlu menjadi perhatian serius. Karena kegiatan pembelajaran praktikum harus tetap bisa dilaksanakan untuk memberikan wawasan yang lengkap kepada mahasiswa. Sehingga perlu diupayakan agar alat peraga praktikum refrigerator dapat diakses/dikendalikan secara daring dari rumah tinggal. Sistem kendali jarak jauh sudah banyak dibangun sebelum pandemi COVID-19 untuk menyambut *era industry 4.0*. Sehingga pengembangan alat peraga praktik refrigerator agar bisa dikendalikan dari jarak jauh sangat mungkin direalisasikan. *Internet of Things* (IoT) telah hadir menawarkan solusi teknologi yang cocok untuk aplikasi di berbagai bidang kehidupan manusia. Perangkat IoT terhubung bersama-sama untuk membentuk sistem yang bertujuan khusus untuk menghadirkan manfaat yang diharapkan [2]. Implementasi protokol MQTT untuk sistem *monitoring* suhu jarak jauh menggunakan sensor LM35, Arduino Uno, dan modul Wifi Esp8266 ver 01 berhasil direalisasikan dengan baik [3], sistem *monitoring* tangki air berbasis *Internet of Things* dengan menggunakan Node MCU ESP8266 dan Sensor Ultrasonik mampu *memonitoring* ketinggian pada tangki air secara akurat dan *real-time* [4], selanjutnya sistem *monitoring* berbasis internet menggunakan arduino uno R3, sensor ACS712 dan ZMPT101b dapat memonitor daya listrik pada kamar kos [5], dan lain-lain. Ini merupakan riset-riset untuk membangun sistem kendali jarak jauh yang memanfaatkan teknologi internet.

Pada beberapa riset membangun sistem kendali jarak jauh berbasis internet di atas menggunakan Arduino Uno dan beberapa perangkat elektronik yang membutuhkan proses cukup rumit dalam realisasinya. Sehingga kurang praktis, karena membutuhkan kemahiran khusus di bidang elektronika. Pada artikel ini, pengembangan alat kontrol peraga praktik refrigerator, menggunakan peralatan elektronik yang sangat sederhana dan mudah dalam proses perakitan serta integrasinya. Komponen yang digunakan hanya sonoff TH16/TH10 untuk kontrol *ON/OFF* dan *monitoring* temperatur, serta Sonoff POWR2 untuk *monitoring* daya listrik refrigerator. Komponen-komponen tersebut sudah diprogram oleh pabrik pembuatnya untuk mudah berkomunikasi melalui aplikasi android *eWelink* sehingga mudah dikendalikan dari jarak jauh melalui telepon seluler android.

Pada tulisan ini telah diupayakan pengembangan sistem kontrol alat peraga refrigerator, agar dapat beroperasi secara daring. Hasil pengembangan berupa Modul SKMP (Sistem Kendali dan *Monitoring* Performa). Modul SKMP telah dirancang untuk dapat berkomunikasi dengan telepon seluler yang sudah terinstal aplikasi *Android eWelink*. Melalui aplikasi *eWelink* alat peraga refrigerator dapat diobservasi fisiknya secara *visual*, dikendalikan secara *ON/OFF*, dan dapat dipantau performanya (temperatur evaporator, temperatur *condenser*, dan daya listrik) secara daring dari tempat mana saja yang terhubung jaringan internet.

2. KAJIAN PUSTAKA

Untuk membangun dan mengembangkan sistem kendali otomatis, kontrol jarak jauh, dan sistem *monitoring* jarak jauh berbasis internet banyak dilakukan untuk menyambut datangnya era *industry 4.0*. Hal ini sangat membantu manusia dalam menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat dengan tenaga manusia yang dibutuhkan lebih sedikit. Apalagi di era pandemi COVID-19 yang melanda bumi menjadikan sistem tersebut menjadi kebutuhan pokok. Agar kegiatan/aktifitas tetap dapat dilaksanakan dengan resiko tertular COVID yang rendah. Penelitian untuk membuat sistem *monitoring* sistem PV (*Photovoltaic*) berbasis *Internet of Things* (IoT) telah dilakukan pada tahun 2016. Penelitian dilatarbelakangi oleh sistem PV yang diterapkan di pedesaan sebagai solusi pembangkit listrik terbarukan sulit untuk dipantau secara terus-menerus. Penelitian difokuskan pada sistem *monitoring* nirkabel untuk memantau energi listrik dan parameter lingkungan pada sistem *photovoltaic* berbasis IoT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *monitoring* dapat bekerja dengan baik dan menampilkan data secara *real time* melalui *web browser*. Perangkat *node* dapat membaca dan mengolah data keluaran sensor dengan tingkat *error* yang kecil (di bawah 1,69%), serta mengirimkan data pemantauan ke internet dengan rata-rata waktu pengiriman sebesar 57 detik dari desain waktu pengiriman 60 detik, dan deviasi waktu pengiriman sebesar 2 detik [6].

Penelitian dengan tujuan untuk memonitor penggunaan air tawar dalam tangki telah dilakukan pada tahun 2017. *Monitoring* perubahan volume tangki air dilakukan secara *real time* menggunakan modul *WiFi ESP8266* sebagai *transmitter* yang dipadukan dengan sensor ultrasonik. Hasil *monitoring* dapat diakses dari berbagai *browser* seperti *mozilla*, *google chrome*, dan lainnya sehingga mudah dipantau dari mana saja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *monitoring* tangki air berbasis *Internet of Things* dengan menggunakan Node MCU ESP8266 dan Sensor Ultrasonik mampu *me-monitoring* ketinggian pada tangki air secara akurat dan *real-time* [4].

Penelitian lain dilakukan untuk meningkatkan efisiensi panel surya dengan cara membersihkan debu yang menempel pada panel surya. Metode pembersihan menggunakan *wiper* seperti pada kaca mobil bagian depan. Hanya saja pada penelitian ini, *wiper* dikontrol secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi IoT, sehingga *wiper* dapat dikendalikan dari jarak jauh. Penelitian ini menggunakan modul IoT ESP8266

dengan Arduino mega 2560. Hasil pengujian dengan skala laboratorium menunjukkan bahwa efisiensi panel surya meningkat 10,86% [7].

Pada tahun 2019 PT. Sandy Globalindo telah melakukan penelitian untuk merancang *monitoring* jarak jauh menggunakan sensor getaran untuk memprediksi kerusakan mesin CNC *milling* A. Penelitian dilatarbelakangi oleh sering terjadinya kerusakan mesin akibat *coolent* yang secara terus-menerus membasahi *bearing rail* sehingga permukaan *bearing rail* tidak lagi rata dan berkarat. Ini menyebabkan proses produksi menjadi terganggu, karena *output* produk yang dihasilkan tidak presisi dan tidak lulus QC (*Quality Control*). Perangkat kontrol di desain menggunakan Aduino Uno, ESP8266, dan sensor getaran 801S. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul kontrol dapat memberikan peringatan dini secara *real time* saat terjadi masalah pada mesin CNC *milling* A [8].

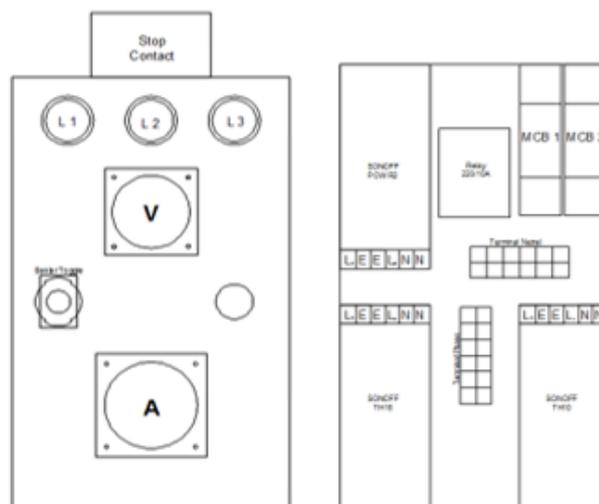
Penelitian-penelitian di atas, merupakan pemanfaatan teknologi jarak jauh yang difokuskan pada pengontrolan menggunakan alat-alat seperti Mikrokontroler Aduino uno, ESP8266, dan sensor-sensor seperti sensor getaran 801S atau lainnya. Pengontrolan jarak jauh menggunakan alat-alat tersebut tidak praktis, karena membutuhkan kemampuan dibidang elektronika yang cukup mendalam (rumit). Sehingga sulit diaplikasikan oleh orang pada umumnya. Pada penelitian ini sistem kendali jarak jauh yang dikembangkan untuk mengontrol dan memonitor performa alat peraga praktik refrigerator sangat sederhana dan mudah dilakukan oleh siapapun. Melalui komponen Sonoff TH10, TH16 dengan sensor Si7021/DS18B20, dan Sonoff POWR2 yang di *assembly* dalam sebuah modul kontrol, maka pengontrolan dan *monitoring* jarak jauh alat peraga refrigerator mudah dilakukan. Karena alat-alat tersebut sudah terprogram dan di desain mudah berkomunikasi dengan aplikasi android *eWelink*. Sehingga pengguna dapat mengontrol dan memonitor alat peraga praktik refrigerator dari manapun melalui telepon seluler Android yang sudah diinstal aplikasi *eWelink*. Apabila hasil pengontrolan jarak jauh dapat beroperasi dengan baik maka alat peraga praktik refrigerator dapat digunakan untuk pembelajaran praktikum jarak jauh secara daring.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berkaitan dengan pengembangan alat kontrol refrigerator agar dapat diakses secara daring sebagai media pendidikan jarak jauh. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *research and development* meliputi *concept, design, collecting materials, assembly*, dan uji coba. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kehandalan sistem kontrol *ON/OFF* jarak jauh serta mengetahui kehandalan sistem *monitoring* performa refrigerator. Diagram alur pengembangan modul kontrol alat peraga refrigerator ditampilkan pada gambar 2 diagram alur rancang bangun modul sistem kendali dan *monitoring* performa.

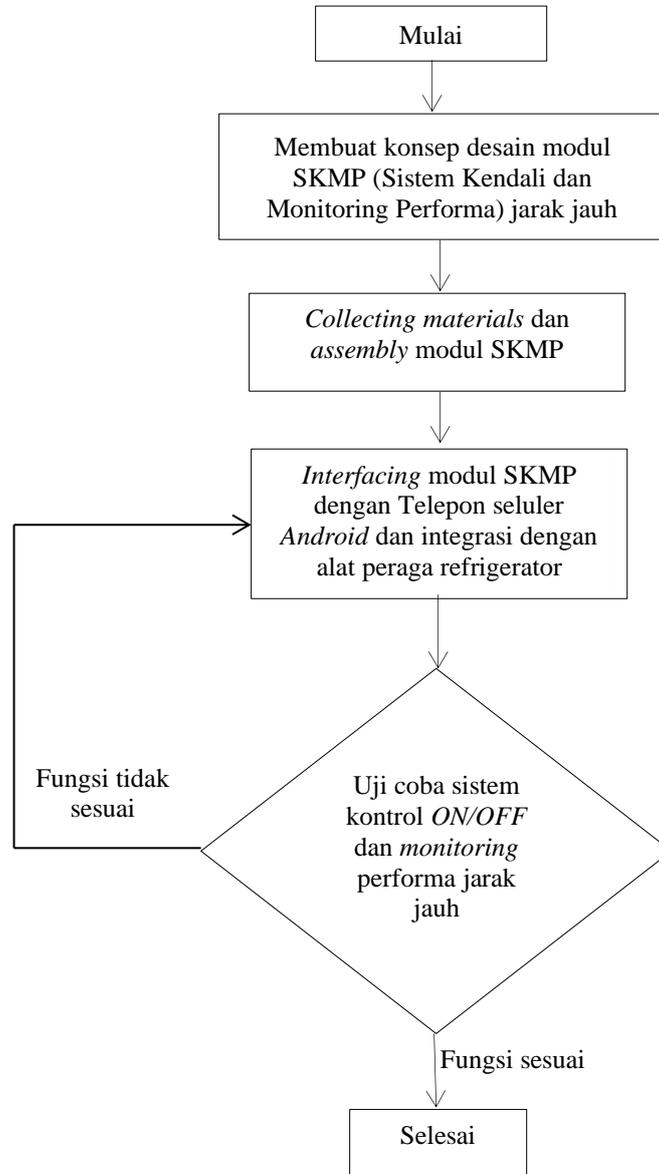
3.1. Concept dan Design

Konsep dasar pengembangan sistem kontrol alat peraga refrigerator adalah agar alat peraga refrigerator dapat digunakan sebagai alat peraga pendidikan jarak jauh secara daring. Untuk itu alat kontrol peraga ini dikembangkan menjadi modul SKMP (Sistem Kendali dan *Monitoring* Performa) jarak jauh. Modul SKMP dibangun menggunakan perangkat elektronik yang *user friendly*, mudah diperoleh dipasaran, mudah dirakit, dan mudah diintegrasikan dengan refrigerator.



Gambar 1. *Layout* susunan komponen modul SKMP (a) bagian depan, (b) bagian dalam

Modul SKMP didesain agar mudah untuk diintegrasikan dengan alat peraga refrigerator. Modul ini dirancang agar setelah sensor dan steker dari alat peraga refrigerator dihubungkan ke stopkontak modul SKMP, maka alat peraga refrigerator dapat dikendalikan *ON/OFF* dan dipantau performanya dari jarak jauh secara daring.



Gambar 2. Diagram alur rancang bangun modul sistem kendali dan *monitoring* performa

3.2. *Collecting Materials dan Assembly*

Sesuai rancangan pada konsep desain, alat dan bahan yang untuk mengembangkan sistem kontrol refrigerator diupayakan seefisien mungkin. Ini bertujuan agar mudah dalam proses perakitan dan integrasi dengan sistem kelistrikan refrigerator. Diantara alat dan bahan yang dibutuhkan adalah sonoff TH10, sonoff TH16, sonoff POWR2, *relay AC* 10A, MCB 10A, lampu indikator, panel *amperemeter analog*, panel *voltmeter analog*, dan *toggle switch*. Untuk uji coba modul SKMP menggunakan alat peraga refrigerator. Alat peraga refrigerator ini, merupakan hasil pengembangan penelitian sebelumnya yang dapat beroperasi menggunakan refrigeran yang ramah lingkungan [9].

Sonoff TH10/TH16

Sonoff TH10/16 merupakan perangkat kontrol produk sonoff yang digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban dari jarak jauh melalui telepon seluler. Alat ini adalah versi sonoff yang dapat me-

monitor dan mengatur suhu dan kelembaban melalui APP *eWelink*. Sama seperti namanya, perangkat sonoff TH versi baru mendukung dua spesifikasi catu daya yaitu 10A dan 16A. Sonoff TH 10/16 mendukung setelan yang telah diatur untuk suhu atau kelembaban pada perangkat Sonoff TH10/16. Ketika suhu atau kelembaban yang terbaca sesuai dengan setelan, maka sonoff TH 10/16 secara otomatis akan menghidupkan atau mematikan perangkat elektronik yang terhubung dengan sonoff TH10/16.

Pada modul SKMP, sonof TH 10 digunakan untuk mengukur temperatur *condenser* dan sonof TH16 digunakan untuk mengukur temperatur evaporator. Selain mengukur temperatur evaporator, sonof TH16 juga digunakan untuk mengontrol *ON/OFF* alat peraga refrigerator melalui *relay* AC 220V dan sonof POWR2.



Gambar 3. Komponen sonoff TH16

Perangkat ini mendukung koneksi ketiga jenis sensor suhu dan kelembaban yaitu Si7021, AM2301, DS18B20, DHT11. Sebenarnya, Sonoff TH 10A/16A dapat berfungsi sebagai Sonoff ketika tanpa terhubung ke sensor dengan pengoperasian yang mudah. Yang paling penting, dengan dukungan aplikasi *eWelink* terbaru, kita dapat membuat rantai pernyataan kondisional sederhana. Ini berarti kita dapat menggunakannya dengan sensor suhu dan kelembaban seperti Si7021, AM2301, DS18B20, dan DHT11, untuk mengumpulkan data suhu dan kelembaban. Melalui data suhu dan kelembaban ini, dapat sebagai *setpoint* untuk memicu *ON/OFF* perangkat yang terhubung dengan Sonoff TH 10A/16A.

Sonoff POWR2

Sonoff POWR2 adalah perangkat kontrol produk Sonoff yang digunakan untuk memonitor konsumsi daya peralatan elektronik seperti lampu, *heater*, *Air Conditioning*, dan peralatan elektronik lainnya. Melalui Sonoff POWR2 konsumsi daya peralatan elektronik yang terhubung dengan sonoff dapat di-monitor dari jauh melalui ponsel yang sudah diinstal aplikasi *eWelink*. Selama ada jaringan internet konsumsi daya peralatan elektronik dapat terus dipantau dimanapun kita berada.



Gambar 4. Komponen sonoff POWR2

Pada modul SKMP, sonoff POWR2 berfungsi untuk memantau konsumsi daya alat peraga refrigerator. Selain itu komponen ini dapat digunakan untuk menghidupkan/mematikan alat peraga refrigerator dari jarak jauh. Sehingga alat peraga praktik ini dapat digunakan secara daring sebagai media pendidikan.

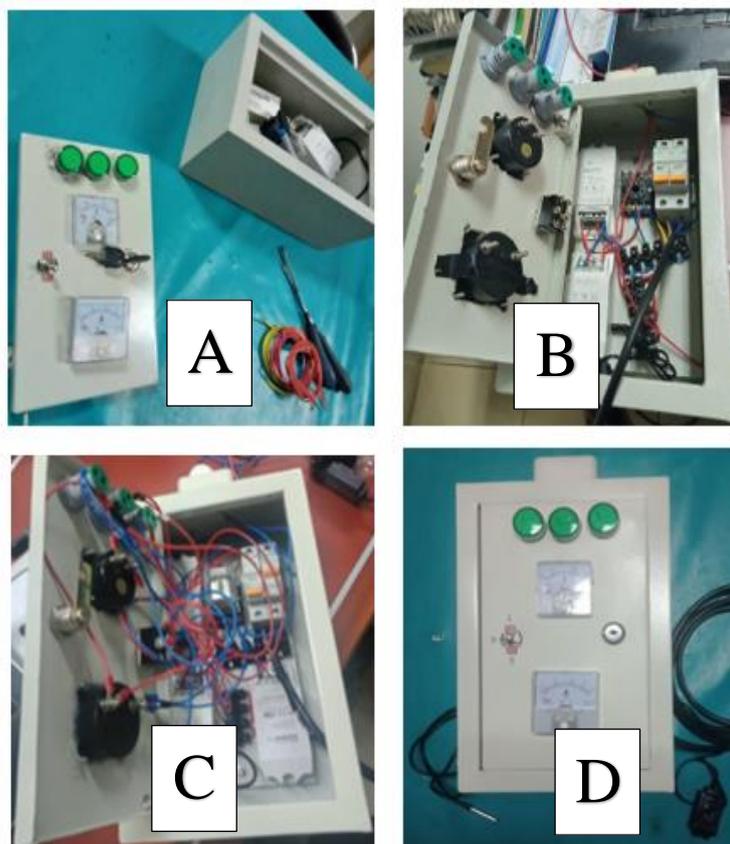
Relay AC

Relay merupakan komponen elektronik yang terdiri dari dua bagian utama yaitu kumparan (koil) dan kontak NO/NC. Kumparan berfungsi untuk menggerakkan kontak/saklar NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*) relay. Pada saat arus listrik mengalir ke kumparan, maka akan timbul medan magnet disekitar kumparan. Sehingga kontak-kontak relay akan tertarik yang mengakibatkan kontak NO berubah menjadi NC dan sebaliknya. Pada dasarnya alat ini seperti saklar listrik yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus arus listrik. Hanya saja penggerak saklarnya bukan tangan manusia tetapi kumparan/koil.



Gambar 5. Komponen relay AC 220V

Untuk membangun modul SKMP, alat-alat yang sudah terkumpul disusun dan dirakit sebagaimana Gambar 6 layout susunan komponen modul SKMP (a) bagian depan, (b) bagian dalam, pada bagian konsep desain. Komponen-komponen tersebut dirakit menggunakan kabel NYAF pada sebuah kotak panel kontrol untuk mendapatkan fungsi sesuai dengan rancangan. Hasil perakitan modul SKMP ditunjukkan pada gambar 6 perakitan modul SKMP pada kotak panel kontrol.

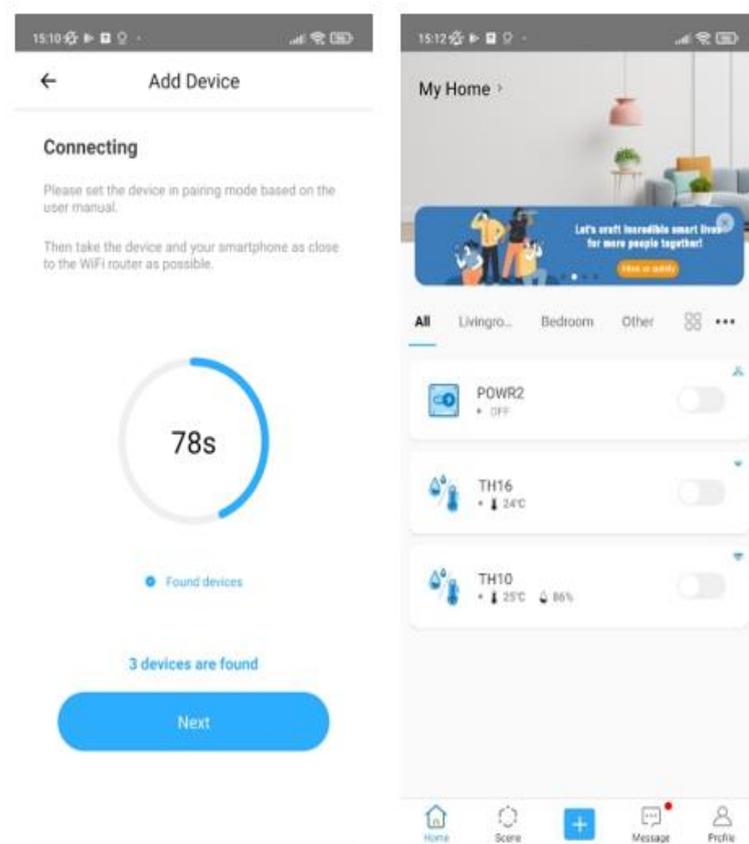


Gambar 6. Perakitan modul SKMP pada kotak panel control

3.3. *Interfacing, integrasi, dan pengujian modul SKMP*

Modul SKMP (Sistem Kendali dan *Monitoring* Performa) yang ditampilkan pada gambar 6 perakitan modul SKMP pada kotak panel kontrol, bagian D, menunjukkan modul kontrol ini sudah siap untuk digunakan. Hanya saja sebelum integrasi modul SKMP dengan alat peraga refrigerator perlu dilakukan *interfacing* komponen-komponen kontrol pada modul SKMP dengan telepon seluler Android. Tujuannya agar komponen-komponen tersebut dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui telepon seluler.

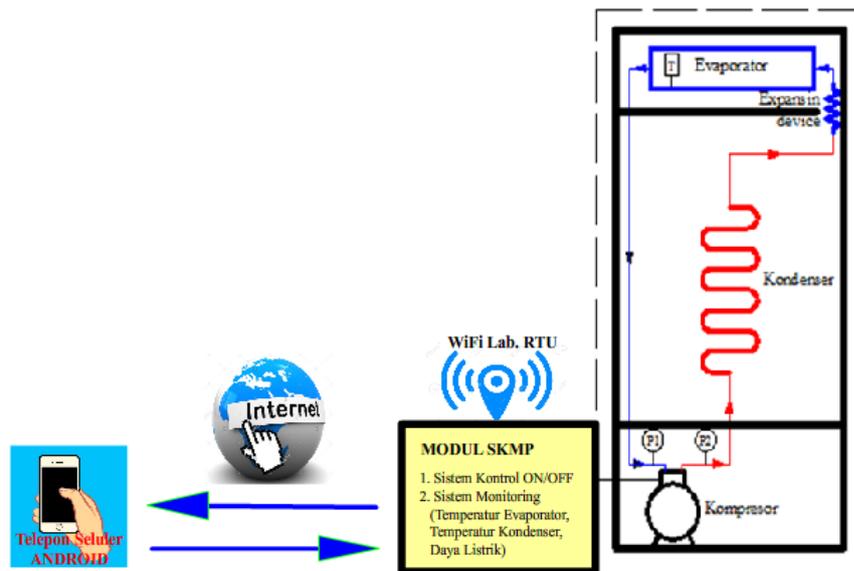
Untuk melakukan *interfacing* langkah pertama yang perlu dilakukan yaitu meng-*install* aplikasi android *eWelink* melalui *play store*. Setelah proses instalasi, perlu membuat akun di aplikasi *eWelink*. Akun ini bisa digunakan sebagai gerbang awal untuk mengakses kompone-komponen kontrol produk sonoff dalam modul SKMP. Apabila proses *interfacing* selesai, peralatan kontrol di dalam modul SKMP dapat dikenali dan dikendalikan melalui telepon seluler android. Gambar 7 menunjukkan proses *interfacing* komponen dalam modul SKMP dengan telepon seluler.



Gambar 7. *Interfacing* komponen dalam modul SKMP dengan telepon seluler

Setelah seluruh komponen kontrol yang ada di dalam modul SKMP dapat dikenali oleh aplikasi *eWelink* dalam telepon seluler, maka proses integrasi dapat dilakukan. Proses integrasi modul SKMP dengan alat peraga refrigerator sangat mudah dilakukan. Proses integrasi cukup dengan menghubungkan steker refrigerator ke stopkontak modul SKMP dan memasang sensor temperatur modul SKMP ke pipa evaporator dan pipa *condenser* refrigerator. Setelah proses ini dilakukan, modul SKMP sudah siap untuk diuji keandalannya.

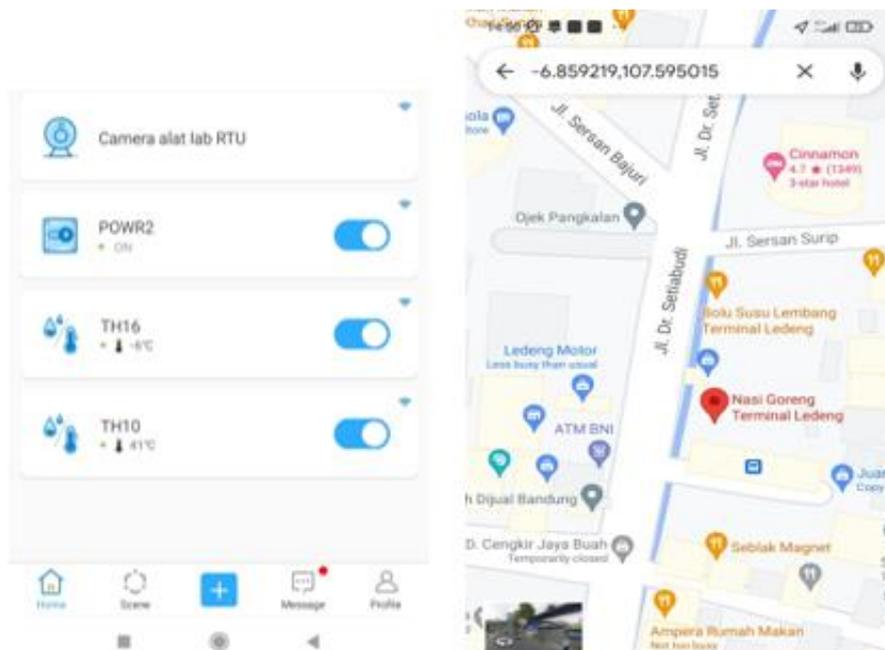
Pengujian dilakukan dalam dua tahap untuk mengetahui keandalan modul SKMP. Pada tahap satu pengujian dilakukan untuk melihat keandalan modul SKMP dalam mengontrol alat peraga refrigerator secara *ON/OFF* dan pada tahap dua untuk melihat keandalan modul SKMP dalam memantau performa refrigerator melalui telepon seluler. Performa alat peraga refrigerator yang diamati yaitu jumlah konsumsi daya listrik, temperatur evaporator, dan temperatur condenser. Melalui data awal ini, *monitoring* performa refrigerator dapat ditelusuri lebih lanjut dengan *software CoolPack versi 1,5* sesuai kebutuhan pengguna. Gambar 8 menunjukkan pengujian keandalan modul SKMP pada alat peraga refrigerator.



Gambar 8. Pengujian kehandalan modul SKMP pada alat peraga refrigerator

Pada tahap pertama pengujian kehandalan modul SKMP dalam mengendalikan *ON/OFF* alat peraga refrigerator melalui telepon seluler diuji dengan 2 cara, yaitu *ON/OFF* secara manual dan *ON/OFF* secara otomatis. Pengujian *ON/OFF* secara manual refrigerator melalui telepon seluler dilakukan dengan menghidupkan dan mematikan refrigerator setiap interval waktu 10 menit selama satu jam (60 menit). Uji coba dilakukan dari menit ke-0 sampai menit ke-60. Pada menit ke-0, alat peraga refrigerator dihidupkan. Kemudian refrigerator dimatikan/dihidupkan lagi pada menit ke-10, kemudian dimatikan/dihidupkan lagi pada menit ke-20, dan seterusnya sampai menit ke-60 refrigerator dimatikan.

Pengujian *ON/OFF* secara otomatis dilakukan dengan memanfaatkan fitur *thermostat* pada aplikasi *eWelink* di telepon seluler. Pada fitur kontrol *ON/OFF* otomatis ini, temperatur evaporator disetel pada rentang $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sehingga pada saat temperatur evaporator di atas $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ refrigerator beroperasi dan pada saat temperatur evaporator di bawah $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ refrigerator akan mati.

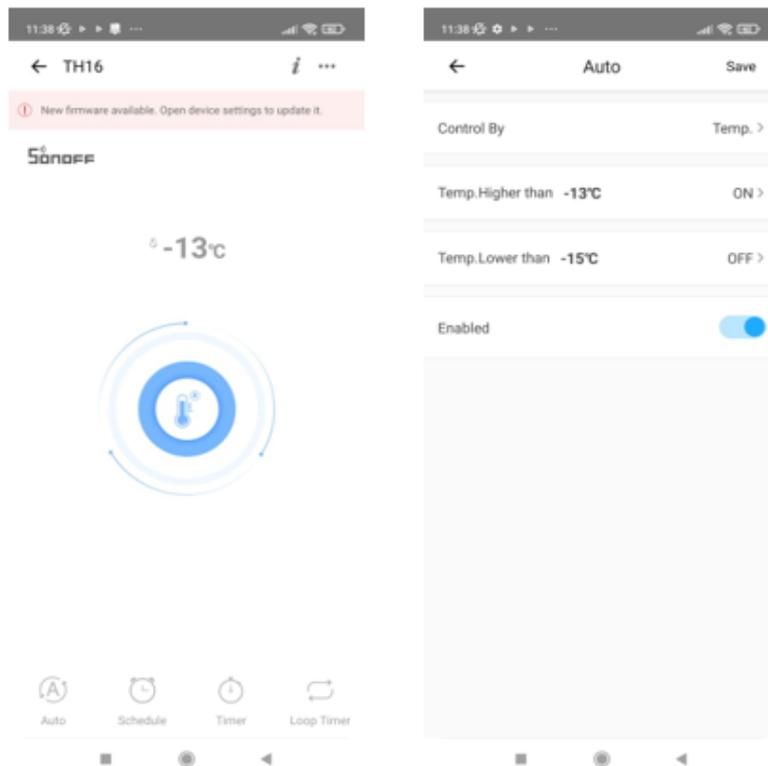


Gambar 9. Pemantauan daring performa refrigerator dari terminal Ledeng Bandung

Pengujian tahap kedua dilakukan untuk mengetahui kehandalan modul SKMP dalam memantau performa refrigerator secara *real time* dari berbagai tempat yang terkoneksi jaringan internet. Pengujian dilakukan dengan cara memantau data konsumsi daya listrik, temperatur evaporator, dan *condenser* melalui aplikasi *eWelink* yang sudah terinstal pada telepon seluler. Pengambilan data dilakukan setiap interval waktu 5 menit pada selang waktu pengambilan data selama 60 menit. Pemantauan performa refrigerator dengan jarak 1 Km ditunjukkan pada gambar 9 pemantauan daring performa refrigerator dari terminal Ledeng Bandung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kehandalan modul SKMP (Sistem Kendali dan *Monitoring* Performa) jarak jauh pada alat peraga refrigerator telah dilakukan sesuai rancangan. Hasil pengujian tahap pertama disajikan pada tabel 1 data hasil pengujian sistem kontrol *ON/OFF* modul SKMP pada refrigerator. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa modul SKMP dapat menghidupkan dan mematikan alat peraga refrigerator melalui telepon seluler pada rentang interval waktu sesuai rancangan pengujian. Pada menit ke-0 saat alat peraga refrigerator dihidupkan melalui telepon seluler, refrigerator beroperasi dengan baik. Kemudian pada menit ke-10 saat refrigerator dimatikan dan dihidupkan kembali, alat peraga refrigerator juga bekerja sesuai dengan perintah yang dilakukan melalui aplikasi *eWelink* pada telepon seluler android. Begitu juga pada interval waktu menit ke-20, ke-30, ke-40, ke-50, dan ke-60 alat peraga refrigerator bekerja sesuai perintah dari telepon seluler.



Gambar 10. Fitur pengontrolan otomatis melalui TH16 modul SKMP

Data pengujian pada tabel 1 data hasil pengujian kehandalan sistem kontrol *ON/OFF* modul SKMP pada refrigerator, menunjukkan bahwa modul SKMP dapat bekerja dengan baik untuk mengontrol secara *ON/OFF* alat peraga refrigerator dari jarak jauh melalui telepon seluler. Pengujian kontrol *ON/OFF* tahap pertama ini merupakan pengujian pengontrolan *ON/OFF* refrigerator melalui telepon seluler secara manual dengan menekan tombol *ON/OFF* pada layar telepon. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian kontrol *ON/OFF* refrigerator secara otomatis. Modul SKMP dapat mematikan dan menghidupkan kembali refrigerator secara otomatis dengan mengaktifkan fitur *thermostat* TH16. Setelah fitur *thermostat* TH16 pada modul SKMP diaktifkan dan rentang temperatur hidup/mati refrigerator telah diatur pada TH16, maka alat peraga refrigerator hidup/mati secara otomatis sesuai pengaturan temperatur pada TH16. Gambar 10 menampilkan fitur pengontrolan otomatis temperatur melalui TH16 modul SKMP.

Tabel 1. Data hasil pengujian sistem kontrol *ON/OFF* modul SKMP pada refrigerator

Waktu (menit)	Kondisi refrigerator saat sistem kontrol <i>ON/OFF</i> diujicobakan	
	Berfungsi Baik	Tidak Berfungsi
0	v	-
10	v	-
20	v	-
30	v	-
40	v	-
50	v	-
60	v	-

Keterangan: interval waktu pengujian adalah 10 menit selama 60 menit.

Hasil uji coba pengontrolan *ON/OFF* refrigerator secara otomatis disajikan pada tabel 2 uji coba sistem kendali *ON/OFF* otomatis alat peraga refrigerator. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa modul SKMP dapat mengontrol *ON/OFF* secara otomatis pada setpoint yang telah ditentukan. Pada saat temperatur di bawah setpoint (-15°C), maka refrigerator mati secara otomatis sehingga temperatur naik kembali. Kemudian pada saat temperatur di atas setpoint (-13°C), maka refrigerator beroperasi kembali secara otomatis. Pada rentang waktu pengambilan data pada tabel 2 uji coba sistem kendali *ON/OFF* otomatis alat peraga refrigerator, refrigerator mati pada saat nilai temperatur satu derajat lebih rendah dari pada temperatur setpoint dan beroperasi kembali saat satu derajat di atas temperatur setpoint.

Tabel 2. Uji coba sistem kendali *ON/OFF* otomatis alat peraga refrigerator

Setpoint Temperatur	Menit ke-	Kondisi refrigerator	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
Temperatur di bawah -15°C refrigerator	0	ON	23
OFF dan temperatur di atas -13°C refrigerator ON	9	OFF	-16
	11	ON	-12
	15	OFF	-16
	20	ON	-12
	23	OFF	-16
	28	ON	-12

Pengujian tahap kedua untuk memantau performa refrigerator dari jarak jauh telah dilakukan, hasil pengujian disajikan pada tabel 3 data *monitoring* performa refrigerator. Parameter performa untuk melihat kinerja refrigerator berupa temperatur evaporator, temperatur kondenser, dan konsumsi daya listrik dapat teramati dengan baik melalui layar telepon seluler. Pada interval waktu pengambilan data setiap 5 menit selama 60 menit, temperatur evaporator turun dari 22°C pada menit ke-0 sampai mencapai temperatur terendah -26°C pada menit ke-25, ke-30, ke-35, ke-40, ke-45, kemudian temperaturnya naik lagi menjadi -15°C pada menit ke-50, ke-55, dan ke-60. Untuk parameter performa temperatur *condenser* menunjukkan nilai fluktuatif mulai dari yang terendah 24°C pada menit ke-0 dan temperatur tertinggi 38°C pada menit ke-30, ke-35, ke-40, ke-50, ke-55, ke-60. Kemudian untuk parameter performa konsumsi daya listrik, nilainya juga fluktuatif seperti pada parameter performa temperatur *condenser*. Konsumsi daya listrik tertinggi terjadi pada menit ke-0 sebesar 274,5 Watt dan terendah pada menit ke-20 sebesar 173,36 Watt.

Tabel 3. Data *monitoring* performa refrigerator

Waktu (menit)	T. Evaporator ($^{\circ}\text{C}$)	T. Condenser ($^{\circ}\text{C}$)	Daya Listrik (Watt)
0	22	24	274,5
5	3	36	198,15
10	-16	36	174,22
15	-23	35	173,87

Waktu (menit)	T. Evaporator (°C)	T. Condensor (°C)	Daya Listrik (Watt)
20	-25	34	173,36
25	-26	36	181,57
30	-26	38	185,13
35	-26	38	186,81
40	-26	38	189,24
45	-26	37	189,57
50	-25	38	193,33
55	-25	38	189
60	-25	38	191,87

Keterangan: monitoring dilakukan setiap 5 menit, dari menit ke-0 sampai menit ke-60.

5. KESIMPULAN

Rancang bangun modul SKMP (Sistem Kendali dan *Monitoring* Performa) jarak jauh telah dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul SKMP dapat mengontrol secara *ON/OFF* alat peraga refrigerator dengan baik melalui telepon seluler. Selain itu data performa alat peraga refrigerator juga dapat diamati dengan mudah melalui aplikasi *eWelink* pada telepon seluler. Sehingga alat peraga refrigerator yang telah dilengkapi modul SKMP layak dipertimbangkan untuk digunakan sebagai media belajar secara daring.

REFERENSI

- [1] Felicia A, Tan K, Lauw A, Rosalya W, Sheerleen, Fitri W. DAMPAK PENYEBARAN COVID-19 TERHADAP DUNIA PENDIDIKAN DAN SANITASI DI INDONESIA. *Syntax Idea*. 2021;3(1):6.
- [2] Serpanos D, Wolf M. Industrial Internet of Things. In: *Internet-of-Things (IoT) Systems*. Springer, Cham; 2018. 37–54 p.
- [3] Totok B. Sistem Monitoring Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT. *Semin Ris Teknol Inf*. 2016;353–8.
- [4] Ulumuddin U, Sudrajat M, Rachmildha TD, Ismail N, Hamidi EAZ. Prototipe Sistem Monitoring Air Pada Tangki Berbasis Internet of Things Menggunakan Nodemcu Esp8266 Sensor dan Ultrasonik. *Semin Nas Tek Elektro* 2017. 2017;(2016):100–5.
- [5] Hudan, Ivan Safril RT. Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things (Iot). *J Tek ELEKTRO*. 2019;08(01):91–9.
- [6] Winasis W, Nugraha AWW, Rosyadi I, Nugroho FST. Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT). *J Nas Tek Elektro dan Teknol Inf*. 2016;5(4):328–33.
- [7] Arif Wicaksono D, Ariyani S, Nurwahyudin R, Aulia Ajie F. Peningkatan Efisiensi Panel Surya pada Instalasi Rooftop berbasis Internet of Things (IoT). *J Tek Elektro dan Komputasi*. 2021;3:104–10.
- [8] Maysarah AP, Atmaji FTD, Alhilman J. PERANCANGAN SIMULASI MONITORING JARAK JAUH DENGAN SENSOR GETARAN UNTUK MEMPREDIKSI KERUSAKAN MESIN CNC MILLING A PADA PT. SANDY GLOBALINDO. *e-Proceeding Eng*. 2019;6(2):7130–6.
- [9] Mutaufiq, Sulistyio H, Berman ET, Wiyono A. Investigasi Eksperimental Retrofit Refrigeran Pada Alat Praktik Refrigerator dengan Refrigeran Produk Domestik yang Ramah Lingkungan. *Flywheel J Tek Mesin UNTIRTA*. 2019;V(2):51–7.