

Perancangan Sistem Pengendalian Pendingin Ruangan Gedung Tult Berbasis IoT Menggunakan Metode V-Model

1st Rausan Fikr Maulana Hajj

Fakultas Rekayasa Industri

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

rausanfikrm@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Denny Sukma Eka Atmaja

Fakultas Rekayasa Industri

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

dennysukma@telkomuniversity.ac.id

3rd Haris Rachmat

Fakultas Rekayasa Industri

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

harisrachmat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Permintaan energi listrik terus meningkat maka dari itu disadari pentingnya keberadaan konservasi energi. Pendingin ruangan menjadi konsumen energi terbesar dalam gedung dengan rata-rata 64,3% energi suatu gedung oleh karena itu pengendalian penggunaan dapat dimulai dari pendingin ruangan yang berada di kompleks gedung. Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom sejak tahun 2021 telah melakukan perpindah gedung ke Gedung TULT Universitas Telkom di lantai 4,8, dan 18 dengan jumlah pendingin ruangan mencapai 65 unit pendingin ruangan. Jumlah 65 unit pendingin ruangan tersebut harus dilakukan pengendalian dan pengawasan sehingga penggunaan pendingin ruangan dapat terpantau penggunaannya. Untuk melakukan pengendalian dilakukan perancangan sistem kontrol penggunaan pendingin ruangan menggunakan mikrokontroler ESP8266 NodeMCU yang dikontrol melalui aplikasi Blynk berbasis IoT. Sistem tersebut dirancang menggunakan metode v-model sebagai kerangka acuan. Penerapan perancangan pengendalian berhasil dilakukan hal itu dapat dilihat dari kinerja komunikasi antar sistem dapat bekerja. Dengan telah dilakukannya perancangan sistem IoT dapat memberikan kemudahan dalam melakukan pengendalian dan pengamatan sistem pendingin ruangan secara *real-time* disebabkan *user* tidak perlu mengobservasi secara langsung keberadaan kondisi ruangan dalam keadaan menyala atau mati *user* pun dapat mematikan atau menyalakan pendingin ruangan tanpa mengobservasi secara langsung dengan jangkauan akses yang luas dimanapun *user* berada selama *user* memiliki akses internet..

Kata kunci— konservasi energi, v-model, kontrol, IoT

I. PENDAHULUAN

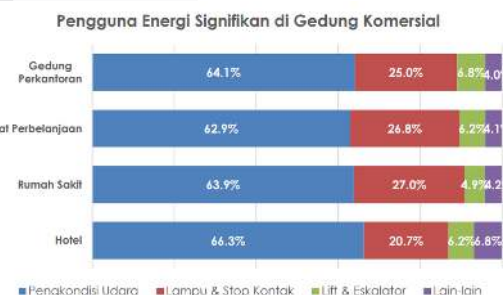
Listrik merupakan suatu energi yang dibutuhkan di era kemajuan seperti sekarang. Listrik seringkali disebut tenaga karena dapat menggerakkan suatu peralatan, seperti energi untuk menggerakkan motor listrik yang merubah listrik menjadi kinetik atau mekanik, pengoperasian komputer, dan teknologi elektronik lainnya [1].

Kebutuhan energi listrik di Indonesia selalu meningkat seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan teknologi [2]. Menurut Yasef [3] dalam Nuha [2] semakin

meningkatnya penggunaan energi sejalan dengan berkembangnya perekonomian dan industri, maka disadari pentingnya keberadaan konservasi energi.

Konservasi energi harus dilakukan dengan cara melakukan penghematan energi tanpa mengurangi efektifitas penggunaan energi [4]. Konservasi energi dapat berupa meningkatkan kesadaran bersama-sama dalam penggunaan energi, pemanfaatan sumber energi terbarukan, maupun melakukan pengawasan dan kontrol penggunaan energi.

Energi listrik merupakan energi yang dibutuhkan hampir di seluruh sektor baik itu sektor rumah tangga, industri, bisnis, sosial, bangunan perkantoran, dan penerangan jalan umum [5]. Penggunaan energi listrik pada gedung dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan cadangan energi listrik yang diperoleh dari diesel generator. Keberadaan gedung memuat penggunaan energi di beberapa bagian diantaranya pendingin ruangan, lampu & stop kontak, lift & eskalator, lain-lain. Pada Gambar 1 tersaji persentase pengguna energi signifikan di gedung komersial.



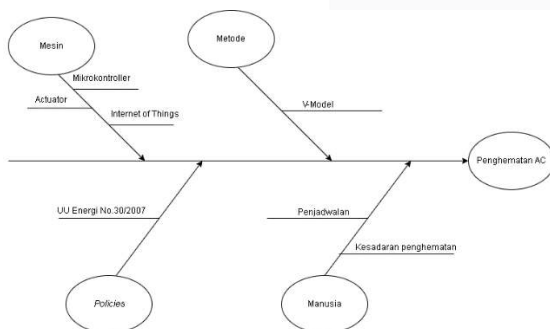
GAMBAR 1
(Pengguna Energi Signifikan di Gedung Komersial
Sumber: [6])

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa pengkondisi udara menjadi konsumen listrik terbanyak dalam suatu gedung baik itu perkantoran, pusat perbelanjaan, rumah sakit, dan hotel yaitu mencapai rata-rata 64,3% penggunaan energi. Angka tersebut merupakan angka yang besar yang

seharusnya dapat ditekan untuk mencapai konservasi energi sesuai amanat pemerintah pada UU energi No. 30/2007. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya pengontrolan dan pengawasan terhadap pendingin ruangan sebagai bagian dari upaya konservasi energi.

Universitas Telkom merupakan salah satu perguruan tinggi swasta yang berada di Indonesia yang terdiri dari tujuh fakultas yaitu Fakultas Rekayasa Industri, Fakultas Teknik Elektro, Fakultas Informatika, Fakultas Ilmu Terapan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Komunikasi dan Bisnis, dan Fakultas Industri Kreatif. Kondisi saat ini Fakultas Rekayasa Industri, Fakultas Teknik Elektro, dan Fakultas Informatika sedang melakukan proses pemindahan yang akan disatukan dalam satu gedung 19 lantai bernama TULT (Telkom University Landmark Tower).

Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom merupakan salah satu fakultas di Universitas Telkom yang melakukan perpindahan gedung ke Gedung TULT Universitas Telkom di Lantai 4,8, dan 18. Jenis pendingin ruangan yang digunakan oleh Gedung TULT di Lantai 4,8, dan 18 yaitu tipe pendingin ruangan sentral dengan jumlah indoor mencapai 65 unit AC sentral sejak bulan Agustus 2021. Pada bulan Agustus tahun 2021 atau masih dalam tahap uji coba tagihan listrik gedung TULT mencapai Rp. 49.810.167 atau hampir lima puluh juta dalam bulan agustus. Perlu diingat kondisi tersebut belum adanya aktifitas intensitas tinggi untuk aktifitas perkuliahan, administrasi, dan penelitian. Oleh karena itu perlu adanya sistem kontrol dan pengawasan pada pendingin ruangan untuk mempersiapkan aktifitas intensitas tinggi guna dapat melakukan konservasi energi. Pada Gambar 1.2 tersaji *fishbone* untuk mempermudah indentifikasi masalah.



GAMBAR 1
(Fishbone)

Perancangan kontrol pendingin ruangan sebelumnya pernah dilakukan oleh Saputra, W.W dan Zubaidi [7] menggunakan basis IOT dengan mikrokontroller NodeMCU ESP8266 yang dikontrol melalui Android menghasilkan bahwa sistem kontrol menggunakan mikrokontroller ESP8266 dan android mampu melakukan otomatisasi sesuai jadwal mata kuliah untuk menghidupkan atau mematikan pendingin ruangan. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Taştan & Gökozan [8] tentang sistem kontrol pendingin ruangan dan lampu berbasis *internet of things* menggunakan mikrokontroller NodeMCU ESP8266 yang dikontrol melalui *Blynk* (platform ios dan android interface developer for IOT)

menghasilkan sistem yang dikontrol menggunakan *Blynk SMART HOME interface* dapat dikontrol dimana saja dengan syarat terdapat jaringan internet, peneliti pun mengapresiasi kinerja aplikasi tersebut karena dapat dimanfaatkan di sektor industri, kesehatan, pertanian, energi, dan lain lain dengan biaya yang rendah, cepat, dan menjadi solusi yang andal. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Dhanalakshmi dkk [9] tentang konservasi energi untuk efisiensi penggunaan HVAC (*Heating Ventilation and Air Conditioning*) menyatakan penggunaan iot dengan tools ESP32, sensor arus, sensor PIR, dan aplikasi blynk mampu melakukan efisiensi energi mencapai 0,9 kWhr dengan sistem otomatisasi on/off pendingin ruangan menggunakan sensor PIR dengan deteksi arus menggunakan sensor arus.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian-penelitian yang telah dirancang oleh peneliti sebelumnya dapat diketahui bahwa peningkatan penggunaan energi di era industri 4.0 harus diiringi dengan upaya untuk melakukan efisiensi dengan pemanfaatan teknologi yang ada bahkan pemerintah telah mengamandatkan dalam UU Nomor 30 tahun 2007 tentang upaya dalam melakukan konservasi energi. Sistem kontrol yang masih secara manual tentu terjadi banyak kekurangan dan memiliki resiko error yang tinggi. Sehingga dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) pengelola gedung dapat melakukan kontrol dan pengawasan secara *real time* menggunakan aplikasi *smartphone* ataupun website. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan sistem kontrol dan pengawasan *air conditioner* di gedung TULT berbasis IoT. Diharapkan dengan adanya sistem ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pendingin ruangan serta dapat memberikan akses pada operator untuk melakukan pengambilan keputusan secara langsung dimanapun selama operator memiliki akses internet.

Untuk merancang sistem tersebut pada penelitian ini digunakan metode v-model sebagai metode perancangan. Metode V-model digunakan sebagai acuan dalam proses perancangan dimulai dari penentuan kebutuhan sistem yang akan dirancang setelah berhasil menentukan kebutuhan sistem, proses selanjutnya menentukan rancangan *software* dan *hardware*, selanjutnya menentukan *module design* yaitu step-step dalam melakukan implementasi, selanjutnya melakukan pengujian integrasi sistem, dan melakukan *acceptance testing* yaitu tahap validasi sistem secara keseluruhan.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things yaitu suatu konsep “*things*” yang memanfaatkan konektivitas internet yang tersambung secara *continues* yang bertujuan untuk memperluas manfaat [10]. *Internet of things* dapat dimanfaatkan untuk mengkoneksikan mesin dan peralatan lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kerjanya sendiri, sehingga mesin dapat berkolaborasi bahkan bertindak berdasarkan input baru yang diperoleh secara independen [11].

B. Otomasi

Otomasi adalah penggunaan berbagai sistem kontrol untuk mengoperasikan peralatan seperti peralatan mesin. Otomasi

dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal termasuk penghematan tenaga kerja, penghematan biaya material, peningkatan kualitas, dan penghematan energi [12]. Menurut Groover [13] terdapat tiga elemen dalam sistem otomasi yaitu *power*, *Program of instructions*, dan *Control system*.

1. Power

Power merupakan sumber tenaga yang mensuplai komponen otomasi, baik itu pneumatic, hidrolis, maupun listrik.

2. Program of Instructions

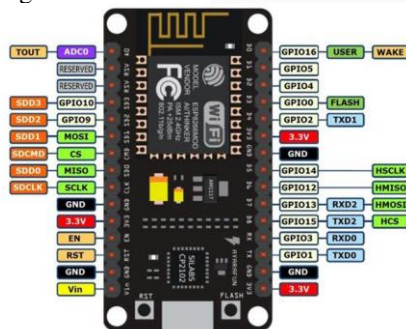
Program of Instructions yaitu serangkaian kegiatan untuk menentukan proses otomatisasi.

3. Control System

Sistem kontrol merupakan eksekutor dari *program of instructions*. Komponen *Control system* terdiri dari output (*Actuator*), *Controller*, dan input *parameter* (sensor atau instruksi input lainnya).

C. ESP8266 NODEMCU

ESP8266 merupakan modul WiFi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler agar dapat terhubung dengan jaringan internet, ESP8266 dikembangkan oleh espressif di shanghai china [14]. Sedangkan NodeMCU merupakan *developer* mikrokontroler [15]. Sehingga ESP8266 NodeMCU merupakan mikrokontroler yang menggunakan ESP8266 sebagai modul WiFi dengan espressif sebagai pengembang modul WiFi dan nodeMCU sebagai pengembang mikrokontroler. Pada Gambar 3 merupakan gambar mengenai ESP8266 NodeMCU V3.



GAMBAR 3

(ESP8266 NODEMCU V3)

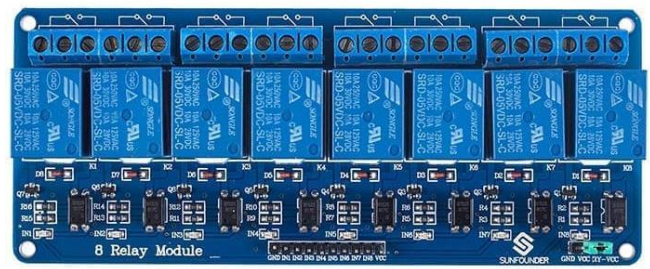
sumber : (www.components101.com)

D. Aktuator

Menurut Groover (2015) Aktuator merupakan perangkat keras yang mengubah sinyal output perintah dari kontroler menjadi parameter fisik. Adapun Aktuator yang digunakan pada sistem ini yaitu Relay dan Kontaktor.

1. Relay

Menurut Groover (2015) Relay adalah sakelar listrik on off yang terdiri dari dua komponen utama yaitu kumparan stasioner dan lengan yang dapat digerakkan melalui sinyal input berupa arus dilewatkan melalui kumparan. Relay dapat membuka atau menutup kontak listrik melalui medan magnet dengan arus 3,3 – 5 volt DC yang dapat membuka dan menutup rangkaian dengan tegangan maksimal 10A/250 Volt AC atau 10A/30 Volt DC . Pada Gambar 4 tersaji Gambar Relay yang digunakan pada sistem ini.



GAMBAR 4

(Relay)

sumber : (www.shopee.co.id)

2. Kontaktor

Kontaktor merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan daya listrik besar. Prinsip kerja pada kontaktor sama seperti relay yaitu membuka atau menutup kontak listrik melalui medan magnet perbedaannya kontaktor dapat digunakan untuk sistem kelistrikan 1 fasa ataupun 3 fasa atau daya listrik yang lebih besar dibandingkan dengan relay [16]. Kontaktor dapat membuka atau menutup kontak listrik melalui medan magnet dengan arus 220 volt AC dengan dapat membuka dan menutup rangkaian dengan arus mencapai 380 Volt AC. Pada Gambar 5 tersaji Kontaktor yang digunakan pada sistem ini.



GAMBAR 5

(Kontaktor)

sumber : (www.atstekno.com)

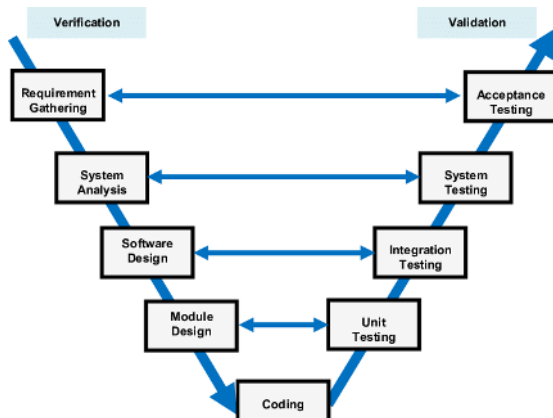
E. Blynk IoT

BLYNK adalah platform aplikasi kontrol mikrokontroler yang bersifat *opensource* yang dapat digunakan pada Android ataupun iOS dan dapat digunakan pada website. Blynk dapat mendukung jalannya perangkat keras yang terdiri dari Linux C++ (raspberry Pi), Arduino, dan Espressif (ESP8266, NodeMCU, dll) [17]. Adapun elemen-elemen pada Blynk IoT yaitu Blynk.console, Blynk.App, Blynk.Edgent, dan Blynk.Cloud.

F. Metode V-Model

V-model adalah metode pengembangan linier unik yang digunakan di seluruh siklus *System Development Life Cycle* (SDLC). *V-model* berfokus pada metode seperti *waterfall* yang mengikuti prosedur langkah demi langkah yang ketat [18]. Menurut (Pressman, 2010) dalam jurnal [19] V-Model adalah perpanjangan dari model *Waterfall* dalam pengembangan perangkat lunak. V-Model menjelaskan hubungan antara tindakan jaminan kualitas dan komunikasi awal pemodelan dan kegiatan konstruksi. Tahap di sebelah kiri V-Model turun untuk melakukan spesifikasi persyaratan

memilah-milah dasar-dasar untuk menghasilkan solusi yang lebih rinci progresif dan teknis. Setelah kode program dibuat fase naik ke sisi kanan V-Model. Menurut [20] terdapat tahapan-tahapan *v-model* yang tertera pada Gambar II.7.

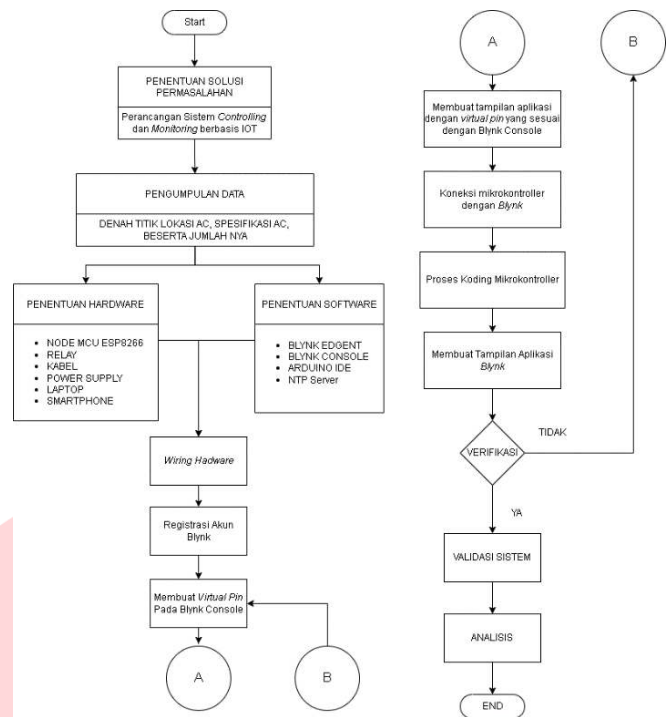


GAMBAR II.1
(V-Model Development Process)
(Sumber: <https://medium.com>)

1. *Requirement analysis*, tahap ini merupakan tahap pertama dalam siklus pada tahap ini menentukan ide gagasan yang akan dikembangkan.
2. *Functional specification / System Analysis*, tahap ini menentukan *scope* area berdasarkan *requirement analysis*.
3. *Software Design*, tahap ini merupakan tahap perancangan sistem berdasarkan tahap sebelumnya.
4. *Module Design*, tahap ini merupakan tahap identifikasi alur sistem secara terperinci sebagai acuan dalam membuat program.
5. *Implement/code*, tahap ini merupakan tahapan implementasi pembuatan sistem dengan membuat pemrograman.
6. *Unit testing*, tahap ini merupakan tahap pengujian rancangan dengan melakukan pengujian terhadap program yang telah dibuat.
7. *Integration testing*, tahap ini merupakan tahap pengujian rancangan dengan melakukan pengujian perakitan dan komponen-komponen terintegrasi
8. *System testing*, tahap ini merupakan tahap validasi pengujian terhadap sistem dengan memeriksa kesesuaiannya dengan *requirement*.
9. *User acceptance testing*, tahap ini merupakan tahap validasi pengujian secara keseluruhan.

III. METODE

Metode perancangan ini digambarkan pada Gambar 6



GAMBAR 6
(Metode Perancangan)

Metode perancangan mengacu pada pola metode v-model.

A. Deskripsi Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara survei objek penelitian secara langsung dengan menggunakan protokol kesehatan. Data yang diperlukan antara lain sebagai berikut :

1. Spesifikasi pendingin ruangan Indoor
2. Jumlah Unit pendingin ruangan Indoor

B. Mekanisme Verifikasi

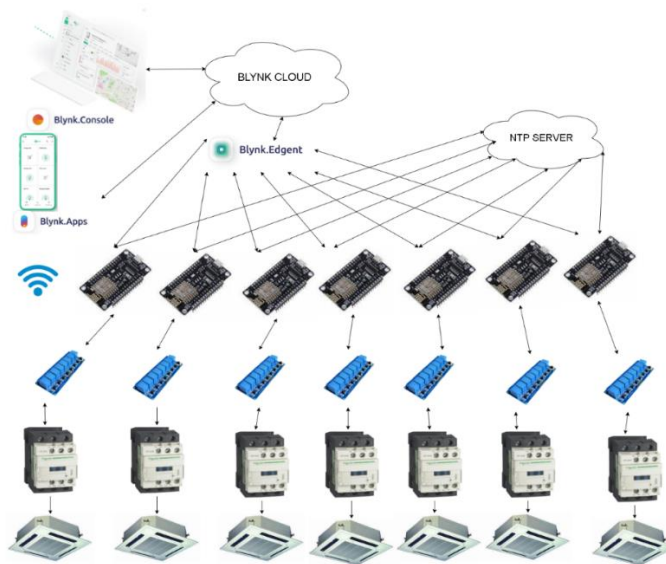
Mekanisme verifikasi dilakukan dengan menguji komunikasi aplikasi dengan *hardware*. Untuk menguji hal tersebut dilakukan proses pengujian dengan cara membuat tabel pengujian berdasarkan input/output *software* dan *hardware*.

C. Mekanisme Validasi Hasil Rancangan

Validasi dilakukan dengan menguji validitas sistem dengan pemasangan Lampu LED yang dialiri arus 220-240 Volt AC yang dikendalikan melalui kotaktor yang terhubung dengan relay sebagai indikator pengganti Air Conditioner. Kemudian indikator LED tersebut dilakukan pengujian menggunakan Avometer sebagai pengukuran kinerja sistem. Output dari uji validasi ini berupa tabel voltase pengukuran ketika sistem bekerja.

D. Spesifikasi Rancangan dan Standar Perancangan

Berdasarkan hasil dari bab sebelumnya maka diperlukan sistem rancangan untuk melaksanakan sistem. Pada Gambar 7 tersaji gambaran mengenai rancangan sistem yang dibuat.



GAMBAR 7
(Rancangan Sistem)

Microcontroller yang digunakan yaitu NodeMCU ESP8266 dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Tegangan Input : 3,3V ~ 5V
2. GPIO : 13 PIN, Available Pin for Relay : 7 PIN
3. Kanal PWM : 10 Kanal
4. 10 bits : 1 Pin
5. ADC pin : 4 MB
6. Flash Memory : 40/26/24 MHz
7. Clock Speed : IEEE 802.11 b/g/n
8. USB Port : Micro USB
9. USB to Serial Converter : CH40G

Pin yang available untuk relay yaitu pin D0, D1, D2, D5, D6, D7, dan D8. Relay yang digunakan yaitu dengan spesifikasi sebagai berikut.

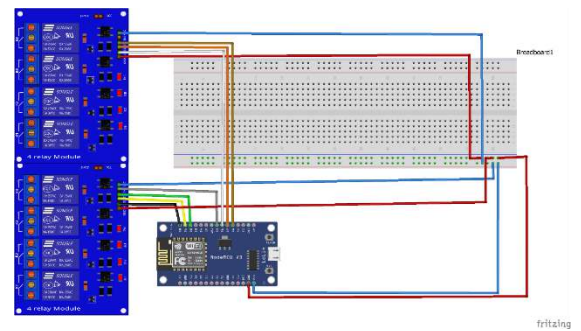
1. Tegangan yang diperlukan : 3,75 V hingga 6 V
2. Arus pemicu : 5mA
3. Arus saat relai aktif : ~70mA (tunggal), ~600mA (delapan)
4. Kontak tegangan maksimum : 250VAC, 30VDC
5. Arus maksimum pada relay : 10A

Kemudian relay akan dikoneksikan dengan kontaktor yang terhubung dengan tegangan 220 V untuk mengendalikan tegangan 380 V.

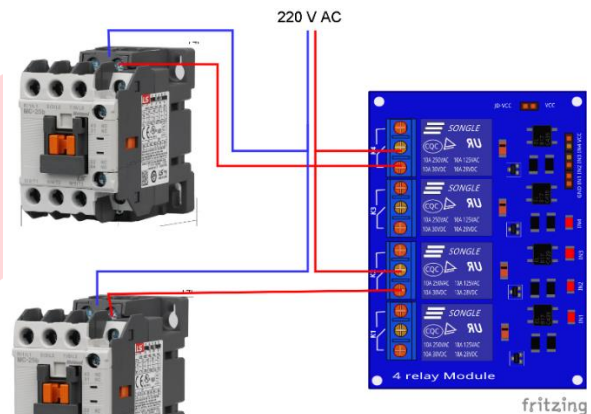
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan Perangkat Keras

Pada tugas akhir ini dibuat sebuah sistem pengendali pendingin ruangan melalui kontaktor yang dikendalikan oleh mikrokontroller ESP8266. Pada gambar IV.24 merupakan hasil rancangan perangkat keras.



GAMBAR 7
(Rangkaian Perangkat Keras)



GAMBAR 8
(Rangkaian Perangkat Keras Lanjutan)

Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan tampilan dari sebagian model simulator, terdapat 65 Relay dengan 7 buah mikrokontroller. Masing-masing relay tersebut mengontrol kontaktor yang dialiri tegangan 220-240 Volt AC yang akan mengontrol pendingin ruangan.

B. Hasil Rancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak telah dibuat tampilan untuk mengontrol seluruh ruangan yang berada di Lantai 4, 8, dan 18 Gedung TULT. Pada gambar 9 tersaji gambar mengenai rancangan desain perangkat lunak.



GAMBAR 9

(Hasil Rancangan Perangkat Lunak)

Pada gambar 9 dalam 1 ruangan terdapat tampilan mengenai pendingin ruangan pada ruangan tersebut dalam keadaan ON atau OFF, satu ruangan dapat dikontrol oleh 6 sesi waktu. Waktu yang dapat diatur diantaranya hari dan jam. Siklus waktu tersebut dapat berulang disetiap minggunya.

C. Pengujian

Pengujian dilakukan pada ESP8266 NodeMCU, Relay, Blynk, dan Kontaktor. Pengujian yang diuji berupa komunikasi antar sistem dapat bekerja seperti blynk dapat mengirim sinyal input pada mikrokontroller kemudian mikrokontroller dapat mengeluarkan output sesuai dengan perintah. Pada tabel IV.10 tersaji pengujian untuk memverifikasikan sistem bekerja

TABEL 1
(Verifikasi Rancangan)

No	Skenario Pengujian	Hasil	Kesimpulan
1	ESP8266 NodeMCU dapat terkoneksi dengan internet melalui jaringan Wi-Fi	ESP8266 NodeMCU berhasil terkoneksi dengan internet melalui Wi-Fi dengan nama Wi-Fi Redmi Rausan	Berhasil
2	Relay dapat terhubung dengan mikrokontroller	Lampu indikator pada relay menyala dan terdapat suara perpindahan tembaga	Berhasil

3	BLYNK dapat terhubung dengan mikrokontroller melalui jaringan internet	Website dan Apps Blynk dapat menampilkan indikator mikrokontroller yang terhubung	Berhasil
4	Blynk dapat mengendalikan mikrokontroller	Tampilan On/OFF sesuai dengan kendali user	Berhasil
5	Relay mampu mengendalikan kontaktor dengan tegangan 220-250 V	Lampu dapat menyala atau mati sesuai dengan kendali kontaktor	Berhasil

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem IoT pada pendingin ruangan gedung TULT menggunakan metode v-model diperoleh perancangan menggunakan v-model dapat diimplementasikan dalam sistem iot kemudian aplikasi dapat diakses secara *online* sehingga memberikan kemudahan pengamatan dan pengendalian pada sistem. Aplikasi menampilkan proses pengaturan penggunaan pendingin ruangan secara *online* dan sudah terintegrasi dengan komponen perangkat keras yang dapat diakses dimana saja terlebih lagi penggunaan *blynk* yang diakses menggunakan *smartphone* dapat lebih fleksibel dengan.

REFERENSI

- [1] H. Ponto, in *Dasar Teknik Listrik*, Yogyakarta, Deepublish, 2012, p. 4.
- [2] R. U. Nuha, "Analisis Peluang Penghematan Energi Listrik Pada Unit Spinning 1 Di PT. Delta Dunia Sandang Tekstil, Demak, Jawa Tengah," *Teknologi*, p. 2, 2019.
- [3] D. Yasef, "Studi Peluang Penghematan Energi Listrik Pada Beberapa Peralatan Industri Tekstil PT. Hintex Mitra Jaya, Bandung, Jawa Barat," 2008.
- [4] M. Azahra, "efisiensi energi," 18 April 2018. [Online]. Available: <https://environment-indonesia.com/efisiensi-energi/>.
- [5] Y. Hakimah, "Analisis Kebutuhan Energi Listrik dan Prediksi Penambahan Pembangkit Listrik di Sumatera Selatan," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, p. 130, 2019.
- [6] Balai Besar Teknologi Konversi Energi, "Benchmarking Specific Energy Consumption Di Bangunan Komersial," Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Tangerang, 2020.
- [7] M. M. Saputra, I. G. P. W. W.W dan A. Zubaidi, "Sistem Penjadwalan Air Conditioner (AC) Ruangan Berdasarkan Jadwal Matakuliah Menggunakan ESP8266, PIR Sensor Dan Android," *JTIKA*, pp. 133-145, 2021.
- [8] M. Taştan dan H. Gökozan, "An Internet of Things

- Based Air Conditioning and Lighting Control System for Smart Home," *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, pp. 181-189, 2018.
- [9] S. Dhanalakshmi, M. Poongothai and K. Sharma, "IoT Based Indoor Air Quality and Smart Energy Management for HVAC System," *Third International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet'19)*, pp. 1800-1809, 2020.
- [10] F. Panduardi dan E. S. Haq, "Wireless Smart Home System Menggunakan Raspberry Pi," *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, pp. 320-325, 2016.
- [11] M. K. Arafat, "SISTEM PENGAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266," *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik "Technologia"*, 7(4), pp. 262-268, 2016.
- [12] D. Mikelsten, *Otomasi dan Teknologi Berkembang*, Cambridge Stanford Books, 2019.
- [13] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, London: Pearson, 2015.
- [14] T. Widiyaman, "Pengertian Modul Wifi ESP8266," 22 Mei 2022. [Online]. Available: <https://www.warriornux.com/pengertian-modul-wifi-esp8266/>.
- [15] NodeMCU, "Home," 2018. [Online]. Available: https://www.nodemcu.com/index_en.html#fr_54745c8bd775ef4b99000011.
- [16] L. M. Hayusman, *DASAR INSTALASI TENAGA LISTRIK*, BANJARMASIN: POLIBAN PRESS, 2020, p. 14.
- [17] P. Seneviratne, *Hands-On Internet Of Things with Blynk*, Birmingham: Pact Publishing, 2018.
- [18] qnp, "qnp blog," 16 Februari 2021. [Online]. Available: <https://qnp.co.id/blog/v-model-sdlc-definisi-dan-cara-menggunakannya/>.
- [19] A. D. Herlambang, A. Rachmadi, K. Utami, R. I. Hakim dan N. Rohmah, "PENGEMBANGAN FITUR E-MATUR DENGAN V-MODEL SEBAGAI ALAT," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 467-474, 2019.
- [20] M. I. Luthfi, 7 Februari 2020. [Online]. Available: <https://unydevelopernetwork.com/index.php/2020/02/07/belajar-sdlc-mengenal-v-model-kelebihan-kekurangannya/>.