

Desain Jaringan Sensor dan Aktuator Nirkabel untuk Pengaturan Pencahayaan dan Udara Ruangan di Ruang Belajar

Maulidya Nurrafifah dan Wirawan

Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: wirawan@ee.its.ac.id

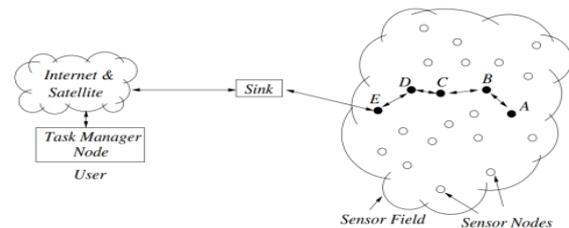
Abstrak—Penggunaan listrik di Indonesia kian meningkat di tiap tahunnya bisa menjadi tantangan untuk kampus cerdas sebagai gabungan dari teknologi pintar dengan infrastruktur fisik, yaitu memberi upaya untuk penghematan penggunaan energi listrik di kampus. Salah satu aplikasi yang sudah marak digunakan pada zaman serba digital ini adalah lampu pintar yang masih jarang diaplikasikan pada kampus di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain jaringan sensor dan aktuator nirkabel yang memiliki potensi penghematan energi. Penelitian akan dilakukan dengan metode pengujian prototipe. Pada penelitian ini, telah dirancang prototipe dengan sebuah mikrokontroler, tiga sensor, dan aktuator untuk mengatur pencahayaan dan pengaturan udara ruang. Sensor yang digunakan pada prototipe adalah sensor cahaya yang dibertugas untuk mendeteksi intensitas cahaya, sensor infra merah pasif yang bertugas untuk mendeteksi pergerakan manusia, serta sensor temperatur dan kelembapan akan mendeteksi temperatur dan kelembapan ruangan. Ketiga sensor tersebut memberi data ke mikrokontroler yaitu NodeMCU ESP8266, kemudian mikrokontroler memberi perintah pada aktuator. Prototipe dari penelitian ini tersambung dengan pencahayaan dan pengaturan udara dalam ruangan. Dari jaringan sensor dan aktuator nirkabel tersebut, didapat sistem pencahayaan dan pengaturan udara otomatis. Didapat juga penghematan penggunaan lampu sebesar 33%, sementara penghematan penggunaan *air conditioner* sebesar 13%.

Kata Kunci—aktuator, jaringan sensor, NodeMCU ESP8266, sensor cahaya, sensor gerak, sensor temperatur dan kelembapan.

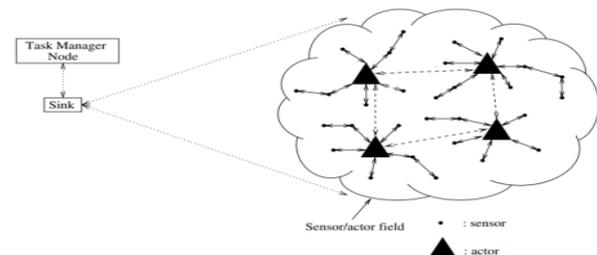
I. PENDAHULUAN

PENGGUNAAN listrik kian meningkat di tiap tahunnya. Awal 2022 lalu, konsumsi listrik di Jawa Timur mengalami peningkatan sebesar 2,41% dibanding tahun 2021. Surabaya yang merupakan kota besar tentu memiliki jumlah konsumsi energi listrik paling besar dibandingkan kota dan kabupaten lain di Jawa Timur. Total konsumsi energi listrik Surabaya di tahun 2019 sebesar 8,358,784 MWH, satu perempat dari konsumsi energi listrik di Jawa Timur. Hal ini tidak dipungkiri karena banyaknya perkantoran, sekolah, dan industri lain yang ada di Surabaya.

Berdasar permasalahan tersebut, upaya penghematan energi harus diterapkan di kampus yang penggunaan listriknya cukup banyak. Di dalam kampus, terbagi menjadi banyak bagian infrastruktur. Mulai dari infrastruktur fisik, teknologi, analisis perangkat lunak, sistem keamanan, dan metode penelitian. Pada permasalahan ini, infrastruktur yang bisa dibenahi agar berdampak pada efisiensi energi adalah pada infrastruktur fisik. Infrastruktur fisik ini terdiri dari bangunan, kelas, laboratorium, tempat umum, tempat parkir, pencahayaan, transportasi dalam kampus, dan



Gambar 1. Node Sensor yang Tersebar di Bidang Sensor.



Gambar 2. Arsitektur WSAN yang Terdiri dari Sensor, Sktuator, dan Sink.



Gambar 3. NodeMCU ESP8266.

kendaraan otonom.

Infrastruktur fisik yang akan dimanfaatkan untuk penghematan energi pada penelitian ini adalah pencahayaan dan pengaturan udara dalam ruangan. Penelitian ini akan melakukan perancangan desain jaringan sensor dan aktuator nirkabel yang diinstalasi untuk pencahayaan dan pengaturan udara dalam ruang. Sensor yang akan digunakan pada prototipe antara lain sensor cahaya, sensor infra merah pasif, serta sensor temperatur dan kelembapan. Ketiga sensor tersebut nanti akan disusun dalam satu prototipe bersama dengan mikrokontroler yaitu NodeMCU ESP8266 dan aktuator. Dari data yang diberi sensor ke mikrokontroler, aktuator bisa mendapat perintah untuk mengatur pencahayaan dan pengaturan udara dalam ruang. Pengaturan yang akan diberikan adalah pengaturan nyala mati otomatis dan pengaturan naik-turunnya temperatur pendingin ruangan berdasar temperatur di ruangan dan banyaknya manusia. Dari jaringan tersebut, akan didapat sistem pencahayaan dan pengaturan udara otomatis yang bisa hemat daya.

Penelitian akan dilakukan dengan metode pengujian prototipe yang telah dirancang. Ruangan yang akan dijadikan tempat pengujian adalah dua ruangan dengan ukuran dan kondisi yang berbeda. Prototipe akan terdiri dari beberapa



Gambar 4. Sensor Passive Infrared Receiver (PIR).



Gambar 5. Light Dependent Resistor (LDR).



Gambar 6. Sensor DHT11.



Gambar 7. Relay.

sensor dengan mikrokontroler dan aktuator. Pemrograman dari prototipe akan dilakukan pada perangkat lunak Arduino IDE dan penyimpanan database menggunakan MySQL.

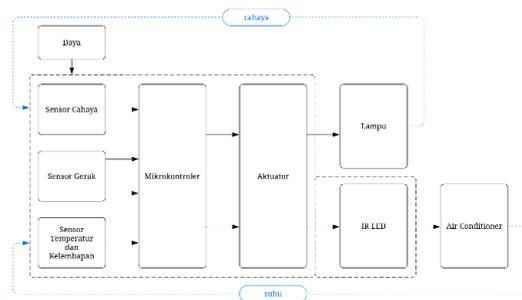
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Wireless Sensor and Actuator Network (WSAN)

Wireless sensor network (WSN) atau jaringan sensor nirkabel, memerlukan protokol komunikasi yang canggih dan efisien untuk diwujudkan. Dengan kemajuan terbaru dalam teknologi *micro electro-mechanical systems* (MEMS), komunikasi nirkabel, elektronik digital, desain, dan pengembangan node sensor multifungsi berbiaya rendah, berdaya rendah, dan multifungsi yang berukuran kecil dan berkomunikasi tanpa kabel dalam jarak pendek telah menjadi layak. WSN terdiri dari sejumlah besar node sensor yang memiliki banyak kemampuan, antara lain penginderaan, pemrosesan data, dan komunikasi. Node sensor ini melakukan komputasi data secara lokal dan mengirimkan data.

Wireless Sensor and Actuator Network (WSAN) memiliki node sensor atau aktuator, *sink* dan *gateway* sebagai elemen dasarnya [1]. WSAN terdiri dari dua komponen yaitu sensor dan aktuator. Komponen aktuator adalah node yang kaya akan sumber daya dan dilengkapi dengan kemampuan pemrosesan dan transmisi yang lebih tinggi serta daya tahan yang lebih lama. Sama dengan node sensor, node aktuator dapat disematkan dengan aktuator yang berbeda untuk melakukan tugas yang berbeda. Aktuator dapat berkoordinasi untuk memutuskan tindakan berdasar informasi yang diterima dari sensor [2].

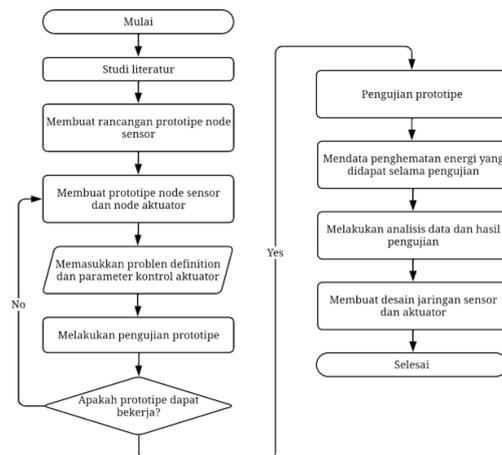
Untuk menghubungkan perangkat nirkabel, ada



Gambar 8. Diagram Blok Perancangan Prototipe.



Gambar 9. Diagram Blok Pengiriman Data.



Gambar 10. Flowchart Pengujian Tugas Akhir.

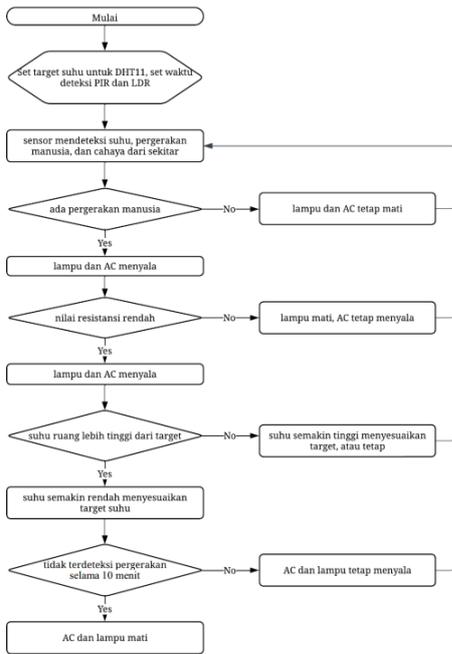
beberapa jenis teknologi yang bisa digunakan, antara lain Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, dan lain-lain. Teknologi-teknologi tersebut memiliki kelebihan masing-masing. Diantara Wi-Fi, Bluetooth, dan Zigbee, Wi-Fi memiliki kecepatan dan stabilitas paling tinggi [3].

B. Wi-Fi

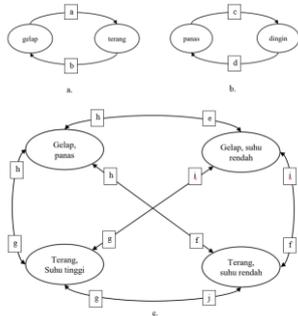
Wi-Fi atau *Wireless Fidelity* adalah seperangkat standar jaringan nirkabel berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11. Wi-Fi pada awalnya digunakan untuk mendukung perangkat nirkabel dan jaringan area lokal (LAN), tetapi saat ini lebih umum digunakan untuk mengakses Internet. Teknologi Wi-Fi didasarkan pada *platform* standar IEEE 802.11. Adapun prinsip kerja Wi-Fi, yaitu menggunakan gelombang radio LAN nirkabel dari komputer, *router* nirkabel memainkan peran penting dalam sistem Wi-Fi. Kemudian adaptor ini menerima data dari komputer dalam bentuk digital. Kemudian mengubah data menjadi bentuk gelombang radio dan mengirimkannya ke *router* melalui antena. *Router* menerjemahkan sinyal dan mengirimkannya ke Internet. Proses ini dibalik saat data dikirim dari Internet ke komputer. Wi-Fi menggunakan frekuensi tinggi 2,4 GHz atau 5 GHz [4].

C. Arsitektur Jaringan

Node-node sensor biasanya tersebar di bidang sensor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Masing-masing node sensor yang tersebar ini memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan merutekan data kembali ke sink/gateway dan pengguna akhir. Data dirutekan kembali ke end-user dengan arsitektur multi-hop infrastruktur tanpa



Gambar 11. Flowchart Pemrograman NodeMCU ESP8266.



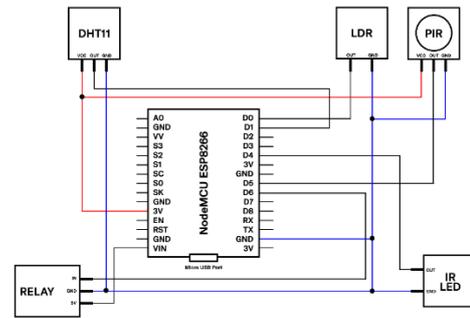
Gambar 12. Statechart Prototipe Bekerja.

infrastruktur melalui sink seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sink dapat berkomunikasi dengan task manager/pengguna akhir melalui Internet atau satelit atau jenis jaringan nirkabel apa pun (seperti WiFi, jaringan mesh, sistem seluler, WiMAX, dll.), atau tanpa jaringan ini di mana sink dapat langsung terhubung ke pengguna akhir [2].

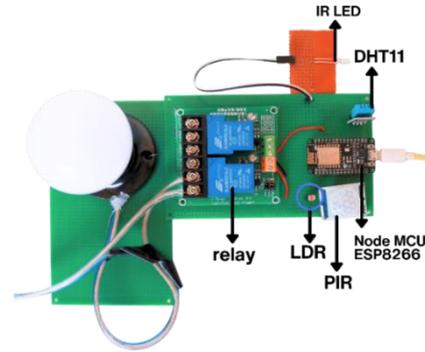
Arsitektur WSAN ditunjukkan pada Gambar 2, dimana beberapa node sensor tersebar di suatu area untuk mengamati fenomena fisik. Informasi dari node sensor diteruskan ke node aktuator. Node *sink* juga bisa terlibat dalam pemantauan, pengambilan keputusan, dan penugasan elemen. Karena sensor dan aktuator memiliki kemampuan yang berbeda, jumlah aktuator yang tersebar tidak sebanyak sensor. WSAN memiliki beberapa karakteristik, yaitu heterogenitas, kebutuhan *real-time*, dan koordinasi. Memiliki karakteristik heterogenitas karena WSAN memiliki komponen heterogen yang membuat kemampuan komunikasi, komputasi dan memori dalam komponen sangat bervariasi.

D. NodeMCU ESP8266

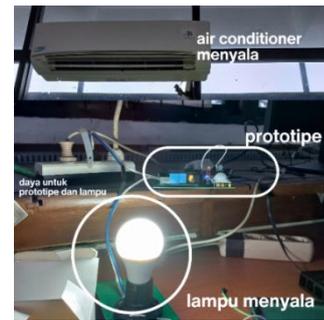
NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat open source berbasis chip ESP8266, yang dapat menjalankan fungsi mikrokontroler serta koneksi internet atau Wi-Fi. Ada beberapa pin input dan output, sehingga dapat dikembangkan menjadi aplikasi pemantauan dan kontrol untuk proyek IoT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. NodeMCU ESP8266 dapat diprogram dengan compiler Arduino



Gambar 13. Skema Node Sensor Menggunakan NodeMCU ESP8266.



Gambar 14. Rangkaian Prototipe.



Gambar 15. Pengujian Prototipe.

menggunakan Arduino IDE. Bentuk fisik NodeMCU ESP8266 memiliki konektor USB (mini-USB) yang memudahkan pemrograman. NodeMCU ESP8266 adalah modul pengembangan turunan dari keluarga ESP-12 dari modul platform Internet of Things (IoT) ESP8266 [5].

E. Sensor Passive Infrared (PIR)

Sensor inframerah pasif atau PIR yang ditunjukkan pada Gambar 4 adalah perangkat berdaya rendah dan hemat biaya untuk deteksi gerakan. PIR ini bersifat pasif sehingga tidak memancarkan sinar infra merah, namun akan mendeteksi gelombang infra merah yang ditimbulkan oleh makhluk hidup yang berada dalam jangkauannya. Sensor akan membandingkan pancaran infra merah yang diterima setiap satuan waktu, sehingga jika ada pergerakan maka akan terjadi perubahan pembacaan pada sensor [6].

F. Light Dependent Resistor (LDR)

Sensor cahaya yang digunakan adalah light dependent resistor (LDR) yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Sensor cahaya LDR adalah jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansi apabila mengalami perubahan penerima cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya

Tabel 1.
Penggunaan lampu dan air conditioner tanpa prototipe di ruang pengujian 1.

Waktu	Lampu	Menit	Pendingin Ruangan	Menit
09.00	Mati	0	Mati	
09.00-14.00	Mati	0	Nyala	300
14.00-19.00	Mati	0	Mati	0
19.00-20.00	Nyala	60	Nyala	60
Total Nyala		60		360

Tabel 2.
Penggunaan lampu dan air conditioner dengan prototipe di ruang pengujian 1.

Waktu	Lampu	Menit	Pendingin Ruangan	Menit
09.00	Mati	0	Mati	
09.00-09.01			Nyala	1
09.01-11.45			Nyala	165
11.50-12.20	Mati	0	Mati	0
12.20-12.21			Nyala	1
12.22-14.00			Nyala	100
14.00-19.00	Mati	0	Nyala	5
14.05-19.00	Mati	0	Mati	0
19.00-19.20	Nyala	20	Nyala	20
19.25-19.40	Mati	0	Mati	0
19.41-20.00	Nyala	20	Nyala	20
20.00-20.05	Mati	0	Mati	0
Total Nyala		40		312



Gambar 16. Denah Rencana Letak Prototipe dalam Kelas 6,5 x 6,5 x 3 meter.

mencapai sekitar 10 MΩ (megaohm) dan resistansinya turun menjadi 150Ω (ohm) pada tempat terang. Seperti resistor konvensional umumnya, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis dengan pemasangan resistor biasa [7].

G. Sensor DHT11

Sensor temperatur dan kelembapan yang dipakai adalah sensor DHT11 pada Gambar 6. Sensor DHT11 adalah sensor ekonomis yang mampu mengukur kelembapan relatif antara 20 dan 90% RH dalam kisaran temperatur penggunaan 0°C sampai 50°C dengan akurasi ±5% RH. Temperatur juga diukur dalam kisaran penggunaan 0°C sampai 50°C dengan akurasi ±2% RH. Pemasangan sensor DHT11 sangat mudah karena telah dikalibrasi pabrik dan mengirimkan data serial. Modul sensor DHT11 memiliki tiga pin, yaitu VCC untuk power supply 3.5V sampai 5.5V, pin data untuk keluaran data temperature dan kelembapan, dan ground untuk menyambungkan ke ground rangkaian [8].

H. Relay

Relay yang ditunjukkan pada Gambar 7 adalah saklar elektro yang menggunakan electromagnet untuk memindahkan saklar dari posisi mati/off ke posisi nyala/on.

Relay bisa mengendalikan sesuatu yang membutuhkan daya besar meskipun mengaktifkan relay hanya butuh daya yang kecil (Wicaksono & Hidayat, 2017). Relay dapat digunakan untuk memutus atau menghubungkan kembali daya ke perangkat listrik lainnya. Rangkaian kontrol ini didasarkan pada program mikrokontroler dengan sinyal kontrol dari mikrokontroler. Ketika sinyal berlogika tinggi (5 Volt), lampu yang dikontrol akan terhubung ke saluran AC dan ketika sinyal berlogika 0 volt, lampu yang dikontrol akan diputus dari saluran AC [9].

I. Arduino IDE

Arduino *Integrated Development Environment* atau Arduino IDE adalah perangkat lunak yang memiliki peran sangat penting dalam pemrograman mikrokontroler, menyusun kompilasi biner, dan memuat memori mikrokontroler. Keunggulan Arduino IDE yaitu bersifat *open source*, baik perangkat kerasnya maupun perangkat lunaknya. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ yang telah dipermudah melalui *library* Arduino IDE [10].

J. Database MySQL dan PHP

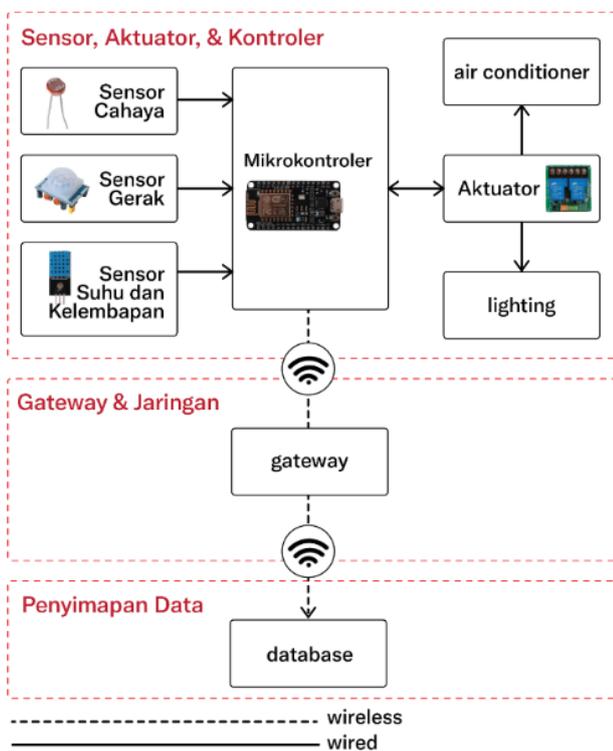
MySQL adalah manajemen sistem *database* yang *open source* dengan tipe perangkat lunak bebas dan perangkat lunak berpemilik yang penggunaannya terbatas. MySQL bisa digunakan untuk keperluan pribadi dan juga komersial. Kelebihan MySQL antara lain memiliki kecepatan tinggi, dapat digunakan secara gratis, dapat menangani *database* dengan skala besar, keamanan dan konektivitas terjamin, fleksibel terhadap teknologi yang digunakan, dan dapat berjalan di berbagai sistem operasi. MySQL bisa menggunakan bahasa pemrograman PHP, Java, C++, dan lainnya. Untuk mengakses MySQL, dibutuhkan aplikasi *open source* XAMPP [11].

PHP (*Hypertext Preprocessor*) adalah bahasa pemrograman yang *script*-nya diproses di *server* dan bisa dimodifikasi serta dikembangkan sesuai dengan kebutuhan karena PHP bersifat *server-side* dan *open source*. PHP banyak digunakan karena memiliki banyak kelebihan. Kelebihan PHP antara lain, mudah dipelajari, berkecepatan tinggi, selalu diperbarui sesuai dengan perkembangan internet, bisa digunakan pada hampir semua *web server*, bisa terkoneksi ke banyak *database* yang gratis maupun berbayar, bersifat *open source* dan gratis, serta banyak referensi untuk kode-kode PHP [12].

III. METODOLOGI

A. Metode yang Digunakan

Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah pengujian prototipe. Prototipe yang telah dirancang, diuji secara langsung dan dihitung berapa persen penghematan energi listrik yang digunakan. Sebelum melakukan pengujian, akan dilakukan perhitungan penggunaan energi listrik jika tidak menggunakan prototipe sehingga bisa dibandingkan persen penghematannya.



Gambar 17. Jaringan Sensor dan Aktuator Nirkabel.

Perangkat keras atau peralatan yang digunakan adalah sensor PIR sebagai sensor gerak, sensor LDR sebagai sensor cahaya, sensor DHT11 sebagai sensor temperatur dan kelembapan, IR LED, *relay* sebagai aktuator, dan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler. Sementara perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE dan MySQL.

Gambar 8 adalah diagram blok perancangan prototipe node sensor yang akan dibuat. Cara kerja dari prototipe ini adalah dimulai dari *power supply* yang akan memberikan energi kepada node sensor melalui relay dan NodeMCU ESP8266 agar seluruh rangkaian bisa berjalan dengan baik. Kemudian NodeMCU ESP8266 akan membaca data temperatur dan kelembapan dari sensor DHT11, membaca data nilai resistansi dari sensor LDR, dan mendeteksi pergerakan di sekitar dari sensor PIR. Setelah mendapat data dari sensor DHT11, LDR, dan PIR, NodeMCU ESP8266 akan memberikan perintah kepada relay untuk mengatur hidup/mati lampu dan *air conditioner*, serta menurunkan temperatur pendingin ruangan apabila belum memenuhi target temperatur.

Gambar 9 adalah diagram blok dari proses pengiriman data dari NodeMCU ESP8266 ke database. Prototipe dengan nodeMCU ESP8266 ini berbasis Arduino. Pemrograman prototipe dikerjakan dengan bahasa pemrograman C++ menggunakan perangkat lunak Arduino IDE 2.1.0. Selain mengatur *relay*, pemrograman juga mengatur konektivitas NodeMCU ESP8266 ke internet agar *database* tetap bisa diakses apabila rangkaian prototipe tidak terhubung langsung ke laptop atau komputer user. Laptop disini bekerja sebagai *server*. Perlu adanya aplikasi XAMPP untuk mengaktifkan akses ke MySQL. Setelah menyalakan XAMPP, MySQL dapat diakses. *Database* akan disimpan pada MySQL dan membutuhkan kode untuk konektivitas, tampilan pada *web server*, instalasi isi *database* dari pemrograman di Arduino IDE ke MySQL. Pemrograman untuk MySQL menggunakan bahasa pemrograman PHP. Setelah program berjalan,

tampilan data dari sensor bisa dipantau melalui *web server* pada laptop atau perangkat lainnya seperti ponsel atau tablet yang berada di dalam jangkauan Wi-Fi yang sama.

B. Urutan Pelaksanaan Penelitian

Urutan Pelaksanaan Penelitian ditunjukkan pada Diagram Flowchart Gambar 10.

IV. ANALISA HASIL

A. Hasil Perancangan Prototipe

Pemrograman NodeMCU ESP8266 akan memulai program dengan sensor PIR mendeteksi keberadaan manusia, apabila terdeteksi pergerakan manusia, maka lampu dan air conditioner akan menyala seperti yang ditunjukkan pada Flowchart Gambar 11 Sensor LDR kemudian mendeteksi cahaya, apabila cahaya dalam ruangan atau nilai LDR kurang dari 110, maka lampu akan tetap menyala, apabila nilai LDR lebih dari 110 maka lampu akan mati. Sensor DHT11 juga memberi data berupa suhu pada ruangan, suhu akan dinaikkan mengikuti suhu pada ruangan dengan batas minimal dinaikkan ke 26 derajat selsius dan maksimal diturunkan ke 24 derajat selsius. Selanjutnya, apabila sensor tidak mendeteksi keberadaan manusia, dalam 10 menit, maka lampu dan air conditioner akan mati. Program akan berjalan secara loop dari tiap hasil kondisi yang diterima oleh sensor. Data akan terbaru setiap 1 detik, namun eksekusi untuk perubahan nyala-mati lampu dan air conditioner akan diperbarui tiap 1 menit.

Gambar 12 adalah statechart dari kerja prototipe. Berikut adalah penjelasan bagaimana prototipe bekerja.

1. Lampu menyala apabila nilai LDR kurang dari 110 dan sensor PIR mendeteksi pergerakan manusia
2. Lampu mati apabila nilai LDR lebih dari 110 dan tidak mendeteksi pergerakan manusia. Atau, lampu mati meskipun PIR mendeteksi pergerakan namun nilai LDR lebih dari 110.
3. Air conditioner menyala apabila sensor PIR mendeteksi pergerakan manusia. Suhu air conditioner akan turun (makin dingin) apabila suhu dalam ruang lebih dari 26°C.
4. Air conditioner akan mati apabila sensor PIR tidak mendeteksi pergerakan manusia. Suhu air conditioner akan naik (makin panas) apabila suhu dalam ruang kurang dari 24°C.
5. Apabila PIR mendeteksi gerakan, maka air conditioner akan menyala, dan lampu akan tetap mati apabila nilai LDR lebih dari 110.
6. Apabila PIR mendeteksi gerakan, maka air conditioner akan menyala, dan lampu akan menyala apabila nilai LDR kurang dari 110.
7. Apabila suhu ruang kurang dari 24°C, maka suhu air conditioner dinaikkan.
8. Lampu dan air conditioner akan mati apabila sensor PIR tidak mendeteksi pergerakan selama 10 menit.

Gambar 13 adalah skema rangkaian prototipe dari Gambar 14. Seperti pada diagram blok pada bab 3, sensor cahaya atau sensor LDR, sensor gerak atau sensor PIR, dan sensor temperatur dan kelembapan atau sensor DHT11, akan terhubung pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Ketiga sensor tersebut memberi informasi ke NodeMCU ESP8266 berupa data nilai LDR sesuai dengan intensitas cahaya yang

ditangkap, deteksi gerak manusia berupa algoritma 0 apabila sensor PIR tidak mendeteksi gerakan dan algoritma 1 apabila sensor PIR mendeteksi gerakan, serta data temperatur dan temperatur ruangan.

Perintah yang diberikan pada relay adalah untuk menyalakan dan mematikan lampu serta air conditioner. Berikut adalah kondisi lingkungan, respon sensor, dan hasil dari perintah mikrokontroler.

1. Lampu akan menyala saat sensor PIR mendeteksi pergerakan manusia pada detik-detik pertama prototipe disambungkan dengan sumber daya.
2. Lampu akan tetap menyala apabila sensor PIR mendeteksi gerak manusia dan nilai LDR kurang dari 110.
3. Lampu akan mati apabila nilai LDR lebih dari 110 meskipun sensor PIR mendeteksi pergerakan manusia.
4. Air conditioner akan menyala apabila sensor PIR mendeteksi pergerakan manusia.
5. Air conditioner akan mati apabila sensor PIR sudah tidak mendeteksi pergerakan manusia selama 10 menit (waktu bisa diatur pada listing program).

Umumnya, *air conditioner* pada semua ruangan di Departemen Teknik Elektro, di-*setting* pada temperatur minimal 24 derajat. Untuk menentukan nilai minimum LDR, ditentukan dari rata-rata nilai LDR pada kelas-kelas di Departemen Teknik Elektro pada saat semua lampu menyala dan jendela ditutup oleh tirai pada pagi, siang, maupun sore hari (pada jam perkuliahan). Dari pengukuran pada beberapa kelas di gedung C (ruang kelas C-102, C-107, dan C-110), rata-rata nilai LDR yang didapat adalah 110. Sehingga nilai minimal untuk menentukan nyala-mati lampu adalah 110.

Mikrokontroler juga diberi *listing* program untuk menyambungkan mikrokontroler ke Wi-Fi dengan memasukkan nama, kata sandi, dan alamat IP Wi-Fi. Setelah diberi *listing* program untuk koneksi jaringan, mikrokontroler juga diberi *listing* program untuk mengirim data ke *database*. Wi-Fi yang digunakan untuk koneksi antara server (laptop) dan prototipe (mikrokontroler) harus sama. Meskipun *router* atau akses poin berbeda, namun Wi-Fi sama, maka tetap bisa terkoneksi. Koneksi Wi-Fi tersebut digunakan untuk mengirim data sensor ke *database*.

B. Hasil Pengujian Prototipe

Gambar 15 menunjukkan bahwa prototipe dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Relay dan IR LED dapat menyalakan *air conditioner*, sementara lampu bisa menyala apabila nilai LDR kurang dari 110 dan ada pergerakan dalam jangkauan PIR.

Ruangan yang dipakai untuk pengujian adalah Laboratorium B-304 yang memiliki ukuran 9,2 meter x 9,2 meter dengan tinggi 4,5 meter. Data pengukuran penggunaan lampu dan *air conditioner* disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

C. Pembahasan

Data pengujian yang disajikan pada Tabel 2 adalah menggunakan pembulatan kebawah, yaitu error lampu menyala tidak terhitung sebagai lampu menyala. Dari data tersebut, dibuat perbandingan saat ruang tidak memakai

IR LED sebagai remot kontrol ke air conditioner, dan relay; (2) Prototipe yang telah dirancang, dapat mengontrol

prototipe dan saat tidak menggunakan prototipe. Berikut adalah perhitungan penghematan energi yang didapat.

1. Lama lampu menyala tanpa node sensor : 60 menit.
2. Lama lampu menyala dengan node sensor : 42 menit.

Penghematan yang didapat :

$$\text{Penggunaan Lampu} : \frac{42}{60} \times 100 = 67\%$$

Penghematan : 33%

3. Lama pendingin ruangan menyala tanpa node sensor : 360 menit.
4. Lama pendingin ruangan menyala dengan node sensor : 312 menit.

Penghematan yang didapat :

$$\text{Penggunaan pendingin ruangan} : \frac{312}{360} \times 100 = 87\%$$

Penghematan : 13%

Dari hasil perhitungan penghematan energi, didapat penghematan penggunaan lampu sebesar 33% dan penghematan penggunaan air conditioner sebesar 13%.

Dari pengujian yang dilakukan, dalam menentukan rencana peletakan prototipe, perlu memperhatikan hal-hal berikut.

1. IR LED harus dekat dengan air conditioner, sehingga peletakan prototipe harus dekat dengan air conditioner agar prototipe bisa berjalan sesuai dengan perencanaan.
2. Jarak radius sensor PIR adalah kurang lebih 5 meter dan kemampuan deteksi sebesar 110 derajat.
3. Prototipe harus dekat dengan lampu karena prototipe belum bisa wireless terhadap lampu.
4. Prototipe membutuhkan daya sehingga harus ada stop kontak di sekitar prototipe.

Dari Gambar 16, dapat dilihat bahwa 2 dari 5 prototipe, dilokasikan di dekat air conditioner dan dua prototipe yang dekat dengan air conditioner dilengkapi dengan IR LED yang berfungsi untuk mengatur hidup dan mati air conditioner.

Setelah mendapat rancangan denah untuk letak prototipe, didapat jaringan sensor dan aktuator yang tepat untuk koneksi antara prototipe dan database. Gambar 17 adalah gambar dari jaringan sensor dan aktuator nirkabel yang sesuai dengan hasil tugas akhir ini. Dimulai dari prototipe yaitu berisi node sensor dan aktuator. Ketiga sensor mengirim data hasil deteksi ke NodeMCU ESP8266, kemudian NodeMCU ESP8266 memberi perintah kepada relay sesuai dengan data yang diberi oleh node sensor. Setelah mendapat perintah dari mikrokontroler, relay mengatur lampu dan air conditioner. Prototipe yang sudah terhubung dengan mikrokontroler dan sudah diberi kode pada Arduino IDE, mengirim data dari prototipe disimpan pada database. Pengiriman data tersebut membutuhkan portal berupa IP dan jaringan Wi-Fi. Selain tersimpan di database, data yang diberikan oleh prototipe juga dapat dipantau oleh klien melalui perangkat yang berada pada akses poin atau koneksi Wi-Fi yang sama.

V. KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut: (1) Dilakukan perancangan prototipe dengan komponen mikrokontroler (NodeMCU ESP8266), sensor cahaya atau sensor LDR, sensor gerak atau sensor PIR, sensor temperatur dan kelembapan atau sensor DHT11, lampu dan air conditioner. Data dari prototipe tersimpan pada database menggunakan MySQL. Koneksi dari

mikrokontroler prototipe ke database menggunakan jaringan Wi-Fi; (3) Dengan spesifikasi alat yang dipakai, pada ruang berukuran 6,5m x 6,5m x 3m, bisa menggunakan empat sampai lima prototipe dengan beberapa ketentuan. Dua prototipe yang berada di dekat air conditioner, diberi IR LED yang berfungsi sebagai remot untuk menyala-matikan air conditioner. Jarak antar prototipe adalah sekitar 3 meter karena sudut deteksi dari sensor PIR adalah 110 derajat dan mengurangi error apabila radius deteksi dari sensor PIR tidak sampai 5 meter; (4) Dari hasil pengujian prototipe, didapat penghematan penggunaan lampu sebesar 33% pada ruang b; (5) Jendela besar tanpa tirai dan 20% pada ruang yang lebih kecil dan sumber cahaya dari luar terhalang tirai. Sementara penghematan penggunaan air conditioner sebesar 13% dan 25%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Verdone, D. Dardari, G. Mazzini, and A. Conti, *Wireless Sensor and Actuator Networks: Technologies, Analysis and Design*. Londokn, UK: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2010.
- [2] I. F. Akyildiz and M. C. Vuran, *Wireless Sensor Networks*. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2010.
- [3] M. H. Rifai, H. Rachmat, and M. D. Prasetyo, "Pemanfaatan Internet Of Things (IOT) untuk Rancang Bangun UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Alat Pengukuran Polutan Co Dan Co2 di Pabrik Manufaktur Menggunakan Esp-now," *eProceedings Eng.*, vol. 8, no. 5, 2021.
- [4] L. Angrisani *et al.*, "An Innovative Air Quality Monitoring System Based on Drone and IoT Enabling Technologies," in *2019 IEEE international workshop on metrology for agriculture and forestry (MetroAgriFor)*, 2019, pp. 207–211.
- [5] N. H. L. Dewi, "Prototype Smart Home dengan Modul Nodemcu ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT)," *Computer Information and Technology Department, Universitas Islam Mojopahit Mojokerto*, 2019.
- [6] R. Toyib, I. Bustami, D. Abdullah, and O. Onsardi, "Penggunaan sensor passive infrared receiver (PIR) untuk mendeteksi gerak berbasis short message service gateway," *Pseudocode*, vol. 6, no. 2, pp. 114–124, 2019.
- [7] I. Jaelani, S. R. U. A. Sompie, and D. J. Mamahit, "Rancang bangun rumah pintar otomatis berbasis sensor suhu, sensor cahaya, dan sensor hujan," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2016.
- [8] W. Gay and W. Gay, *DHT11 Sensor*. Berkeley, CA: Springer, 2018.
- [9] I. G. Friansyah, I. Safe, and D. F. Waidah, "Implementasi sistem bluetooth menggunakan android dan arduino untuk kendali peralatan elektronik," *J. Tikar*, vol. 2, no. 2, pp. 121–127, 2021.
- [10] S. P. Santosa and F. Wijayanto, "Rancang bangun akses pintu dengan pintu dengan sensor suhu dan handsanitizer otomatis berbasis arduino," *J. ELEKTRO*, vol. 10, no. 1, pp. 20–31, 2022.
- [11] R. Fitri, S. Kom, and M. Kom, *Pemrograman Basis Data Menggunakan MySQL*. Banjarmasin: Deepublish, 2020.
- [12] D. Krisbiantoro, M. Kom, P. D. Abda'u, and M. Kom, *Dasar Pemrograman Web dengan Bahasa HTML, PHP, dan Database MySQL*, vol. 1. Banyumas, Jawa Tengah: Zahira Media Publisher, 2021.