

Rancang Bangun Pengontrolan AC (*Air Conditioner*) Untuk Penghematan Energi Dengan Kendali *Fuzzy Logic Sugeno* Berbasis IoT (*Internet of Things*) Menggunakan LoRa

1st Billy Ahmad Abdilah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

billyahmad@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Ary Murti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

arymurti@telkomuniversity.ac.id

3rd Azam Zamhuri Fuadi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

azamzamhurifuadi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— AC (*Air Conditioner*) merupakan suatu alat yang dapat menyejukkan dan menghangatkan udara. Indonesia sebagai negara tropis lebih menggunakan AC sebagai penyejuk udara. Sudah menjadi suatu hal wajib bagi gedung, kantor, ataupun rumah untuk memiliki AC, bahkan untuk daerah pedesaan sudah banyak yang menggunakan AC. Oleh sebab itu, AC menjadi salah satu penyebab pemborosan energi listrik di seluruh dunia, karena pemakaian yang tidak efisien dengan pengaturan suhunya yang rendah. Dalam peraturan pemerintah yang di keluarkan oleh menteri ESDM no.13 tahun 2012 tentang penghematan pemakaian energi listrik, perlu untuk lebih efisien dalam penggunaan energi listrik tanpa mengurangi keselamatan, kenyamanan dan produktivitas. Agar dapat menghemat energi listrik, perlu sebuah alat yang dapat mengendalikan suhu secara otomatis sehingga dapat mengontrol kinerja dari AC. Rancangan alat berupa remote control AC dengan modul LoRa, pada alat ini terdapat sistem kendali suhu AC secara otomatis sesuai dengan nilai suhu dalam dan luar ruangan menggunakan kendali Fuzzy Logic Sugeno. Alat ini dilengkapi dengan perangkat IoT menggunakan jaringan LoRa, fungsi dari LoRa sebagai penerima data dari perangkat pembacaan suhu luar ruangan dan juga sebagai pengirim data kedalam Platform Antares melalui gateway LoRa terdekat. Hasil dari pengujian tugas akhir ini dapat melakukan penghematan konsumsi energi listrik AC sebesar 23,79 kWh atau 41,28% selama 57 jam pengujian.

Kata kunci— air conditioner, remote control, LoRa, fuzzy logic sugeno, penghematan energi

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis, suhu yang ada di negara Indonesia cukup panas, sehingga segala aktifitas yang terdapat di dalam ruang cukup terganggu dengan adanya suhu yang tinggi. Selain suhu yang tinggi, polusi udara yang terdapat di berbagai daerah mengakibatkan aktifitas diluar ruangan tidak nyaman, sehingga para pekerja ataupun masyarakat lebih banyak melakukan kegiatan di dalam ruangan. Dari hal tersebut, pemanasan global menjadi salah satu faktor utama naiknya suhu di setiap tahun[1].

Dalam keadaan suhu yang panas diperlukan alat yang dapat menyejukkan udara, AC (*Air Conditioner*) merupakan salah satu alat yang sangat diperlukan karena dapat menyejukkan ataupun menghangatkan ruangan. Penggunaan AC tidak hanya di perkotaan, gedung dan kantor, di daerah

pedesaan sudah banyak yang menggunakan AC sebagai penyejuk udara[2]. Dari keadaan tersebut penggunaan AC dianggap mampu menstabilkan suhu ruangan dengan sistem pendingin. Di samping dari manfaatnya yang dapat menyejukkan udara, AC menjadi salah satu faktor dalam penggunaan energi listrik terbanyak, karena pemakaiannya yang tidak efektif dan pengontrolan suhu yang rendah membuat kinerja waktu operasi dari kompresor semakin lama[3]–[5]. Untuk mengatasi pemborosan energi listrik akibat peralatan penyejuk udara, Pemerintah melalui Dirjen Kelistrikan Kementerian ESDM telah mengatur temperatur gedung pemerintah menjadi diwajibkan pada settingan 24°C guna proses penghematan listrik[6].

Pada penelitian sebelumnya, perancangan kontrol AC yang dilakukan menggunakan ESP8266 yang dilengkapi IR Transmitter dan juga IR Receiver, sensor DHT22, dan sensor D6T yang dapat terhubung dengan perangkat IoT dengan jaringan WiFi. Dalam hal pengatur suhu, metode logika fuzzy digunakan untuk memproses input suhu dari pengguna dan suhu luar ruangan sehingga mendapatkan suhu akhir yang menjadi suhu set pada unit AC[7]. Dikarenakan adanya keterbatasan jangkauan sinyal efektif dari WiFi yang hanya mencapai 10 meter sampai dengan 15 meter[8] dan juga penggunaannya yang tidak dikarenakan pengguna harus memiliki langganan WiFi dan juga jarak router tidak boleh terlalu jauh dari perangkat IoT yang dirancang. Maka dari itu, penulis merancang remote AC dengan menggunakan modul LoRa rfm95w, modul LoRa mempunyai jangkauan sinyal yang cukup luas sampai dengan 2 Km dengan kondisi daerah yang padat dengan bangunan tinggi[9]. Selain itu, konsumsi daya pada LoRa cukup rendah, sehingga sangat tepat untuk digunakan dalam jangka waktu yang lama[10] dan juga dalam pengaturan awal, penggunaan LoRa lebih mudah karena tidak perlu mengatur MAC address, SSID dan lainnya seperti halnya pengaturan pada WiFi, sehingga dalam jumlah penggunaan yang cukup banyak, LoRa sangat baik karena penggunaannya yang mudah, dan juga hanya dengan menggunakan satu gateway dapat mengakomodir banyak device[11].

II. KAJIAN TEORI

A. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Octara Pribadi. Penelitian tersebut melakukan simulasi pada smartphone dengan software Blynk[12]. Penelitian selanjutnya adalah membandingkan metode kendali fuzzy dengan kendali PID, penelitian ini dilakukan oleh Safa Riyadh Waheed dkk, Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kendali *fuzzy logic* memperoleh hasil lebih baik dibandingkan dengan kendali PID dalam penghematan energi listrik pada ruangan kelas[13]. Selanjutnya penelitian komparasi metode fuzzy Mamdani dan Sugeno yang dilakukan oleh Teguh Budi Santoso dkk, didapatkan hasil bahwa metode Sugeno lebih baik 36,9% dibandingkan dengan metode Mamdani dalam penghematan konsumsi energi listrik[14]. Penelitian selanjutnya menggunakan modul LoRa untuk monitoring dari *remote assets*, penelitian ini dilakukan oleh Aiden J dkk, dalam penelitian ini konsumsi daya yang digunakan oleh modul LoRa sebesar 1 mA dengan jarak tempuh sejauh 3 Km[15].

B. Energi Listrik

Energi listrik merupakan sumber utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik, energi listrik terbentuk dari arus listrik dengan satuan *ampere* (A) dan tegangan listrik dengan satuan *volt* (V) dan konsumsi daya yang digunakan pada peralatan listrik memiliki nilai satuan *Watt* (W). kWh adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi aktif yang menggunakan satuan alat hitung serta memakai asas induksi. KWH meter merupakan alat untuk menghitung jumlah kerja listrik (*Watt jam*) dalam waktu tertentu[16].

C. AC (*Air Conditioner*)

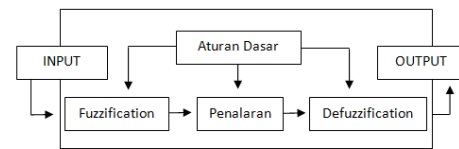
AC merupakan sebuah mesin yang di ciptakan untuk dapat menstabilkan suhu dan juga kelembaban udara di suatu ruangan. AC dapat digunakan untuk mendinginkan ataupun menghangatkan ruangan sesuai dengan kebutuhan, untuk kebutuhan di negara tropis seperti Indonesia, AC sering digunakan sebagai pendingin ruangan.

D. Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* saat ini sudah mulai banyak digunakan pada sistem kendali, logika fuzzy sendiri memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem kendali tradisional seperti PID, berikut ini adalah beberapa faktor penting yang dimiliki oleh logika *fuzzy*:

1. Sangat fleksibel untuk digunakan.
2. Konsep mudah dimengerti.
3. Memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat.
4. Mampu memodelkan fungsi non-linier yang kompleks.

Pada gambar 1 menunjukkan diagram alur dari logika *fuzzy* dimulai dari proses *fuzzification*, penalaran dan *defuzzification*.



GAMBAR 1
(DIAGRAM ALIR *FUZZY LOGIC*)

E. Metode Fuzzy Sugeno

Metode *Fuzzy Sugeno* memiliki penalaran yang mirip dengan metode Mamdani, yang membedakan yaitu keluaran dari Metode *Fuzzy Sugeno* berupa nilai konstanta atau persamaan linier. Metode *Fuzzy Sugeno* diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang pada tahun 1985. Terdapat aturan khas dalam model *fuzzy Sugeno*, yaitu:

$$\text{if } x \text{ is } A \text{ and } y \text{ is } B \text{ then } z = f(x, y)$$

Dimana A dan B himpunan *fuzzy* anteseden dan $z = f(x, y)$ fungsi tegas dalam konsekuen.

- Jika $f(x, y)$ polinomial orde satu, FIS yang dihasilkan disebut model *fuzzy Sugeno* orde satu.
- Jika f konstan, dihasilkan model *fuzzy Sugeno* orde nol.

Sistem inferensi *fuzzy Sugeno* memiliki karakteristik, yaitu konsekuen tidak merupakan himpunan *fuzzy*, namun merupakan suatu persamaan linier dengan variabel-variabel sesuai dengan variabel-variabel *input*-nya[17].

- Metode *Fuzzy Sugeno* orde-0

Secara umum bentuk model *fuzzy Sugeno* orde-0 adalah:

$$\text{if } (x_1 \text{ is } A_1) \diamond (x_2 \text{ is } A_2) \diamond \dots \diamond (x_i \text{ is } A_i) \text{ then } z \\ = p_1 x_1 z + \dots + p_i x_i + q$$

Dimana:

A_i = himpunan *fuzzy* ke - i pada variabel x_i

k = konstanta tegas sebagai konsekuen

\diamond = operator *fuzzy*

- Metode *Fuzzy Sugeno* orde-1

Secara umum bentuk model *fuzzy Sugeno* orde-1 adalah:

$$\text{if } (x_1 \text{ is } A_1) \diamond (x_2 \text{ is } A_2) \diamond \dots \diamond (x_i \text{ is } A_i) \text{ then } z \\ = k$$

Dimana:

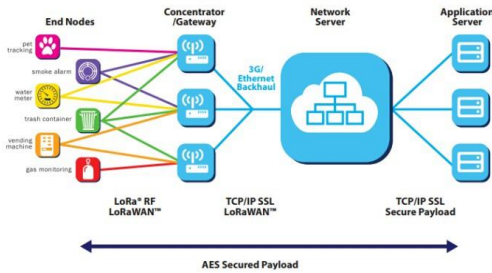
A_i = himpunan *fuzzy* ke - i pada variabel x_i

k = konstanta tegas sebagai konsekuen

\diamond = operator *fuzzy*

F. LoRa (Long Range)

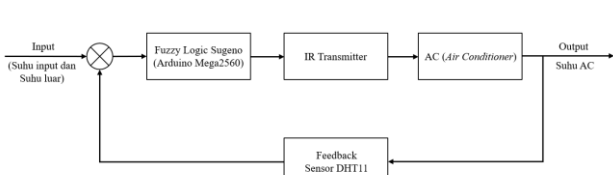
LoRa merupakan teknologi *Low Power Wide Area Network (LPWAN)* yang memiliki sifat berdaya rendah dan jangkauan jarak jauh. Jaringan LoRaWAN diterapkan pada topologi *star to star* yang artinya dibutuhkan suatu jembatan penghubung yang disebut sebagai *gateway*[18]. Frekuensi LoRa telah ditetapkan sesuai dengan regulasi yang diatur oleh Kementerian Kominfo dan mengikuti standar frekuensi LoRa yang ditetapkan oleh *LoRa Alliance* untuk wilayah Indonesia dengan frekuensi 920-923 MHz[19]. Gambar 2 merupakan arsitektur dari LoRa.



GAMBAR 2 (ARSITEKTUR LORAWAN[18])

III. METODE

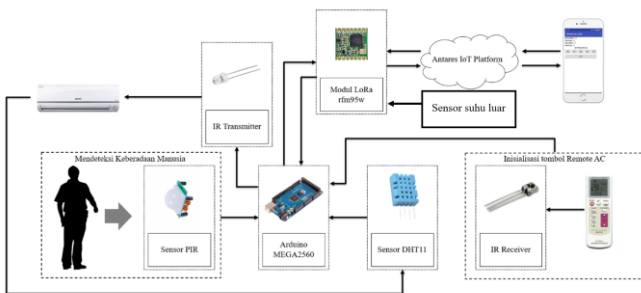
A. Diagram Blok



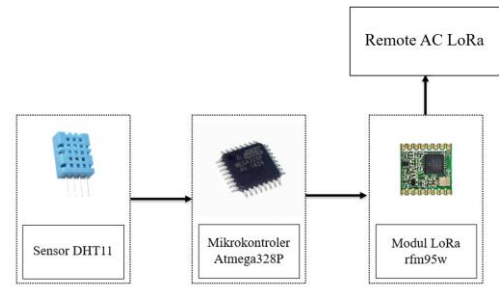
GAMBAR 3 (DIAGRAM BLOK SISTEM)

Pada Gambar 3 ditunjukkan diagram blok sistem menggunakan kontrol *close loop*. Input dari diagram blok sistem berupa set point dari input pengguna, sistem kendali yang digunakan adalah *fuzzy logic* yang diproses menggunakan mikrokontroler Arduino Mega2560. Hasil nilai kontrol dari *fuzzy logic* digunakan untuk mengendalikan AC melalui *IR transmitter*, suhu luar ruangan dibaca oleh sensor DHT11 sebagai *feedback* untuk *fuzzy logic*. Jika suhu ruangan tidak mencapai *set point* maka sistem akan menaikkan suhu AC sesuai dengan suhu dalam yang dibaca oleh sensor DHT11.

B. Desain Sistem



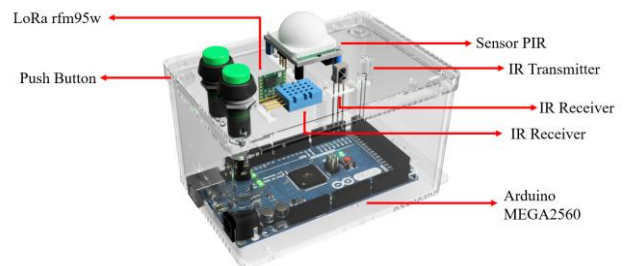
GAMBAR 4 (DESAIN SISTEM REMOTE AC LORA)



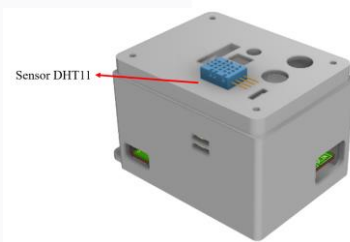
GAMBAR 5 (DESAIN SISTEM SENSOR SUHU LUAR)

Pada Gambar 4 dirancang sebuah alat berupa *remote AC LoRa* yang dapat mengontrol suhu AC di suatu ruangan dan dirancang dan pada Gambar 5 dirancang sebuah alat berupa sensor suhu yang dapat berkomunikasi secara *wireless* menggunakan modul LoRa, pengontrolan suhu berjalan secara otomatis dengan suhu set yang dapat diatur dalam aplikasi yang dibuat. Semua data yang didapat dari remote AC LoRa akan di simpan pada *IoT platform* Antares dan dapat ditampilkan pada aplikasi. Pada bagian inisialisasi *remote AC*, raw data akan dibaca menggunakan *IR receiver* dan selanjutnya data tersebut disimpan pada *global variabel* secara manual dengan cara *copy paste* dari *serial monitor*, untuk pembacaan suhu luar diperlukan sebuah alat yang dapat membaca nilai suhu dan dapat mengirimkan data melalui komunikasi *peer to peer* LoRa.

C. Desain Perangkat Keras

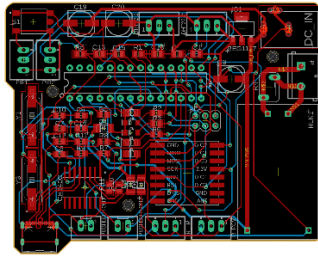


GAMBAR 6 (DESAIN PERANGKAT KERAS REMOTE AC LORA)

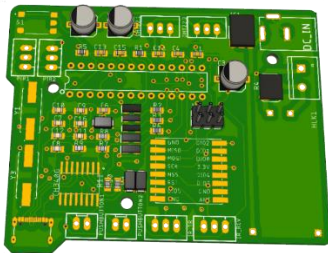


GAMBAR 7 (DESAIN PERANGKAT KERAS SENSOR SUHU LUAR RUANGAN)

Pada Gambar 6 ditunjukkan desain perangkat keras yang akan dibuat untuk mengontrol suhu AC dan pada Gambar 7 merupakan desain perangkat keras dari sensor suhu luar ruangan. Arduino Mega2560 digunakan untuk membaca nilai dari sensor DHT11, PIR, *IR receiver* dan LoRa, dan juga dapat mengontrol suhu menggunakan *IR transmitter*. Pada perangkat sensor suhu luar ruangan hanya digunakan untuk membaca suhu luar ruangan dan mengirim data suhu dengan LoRa *peer to peer*.



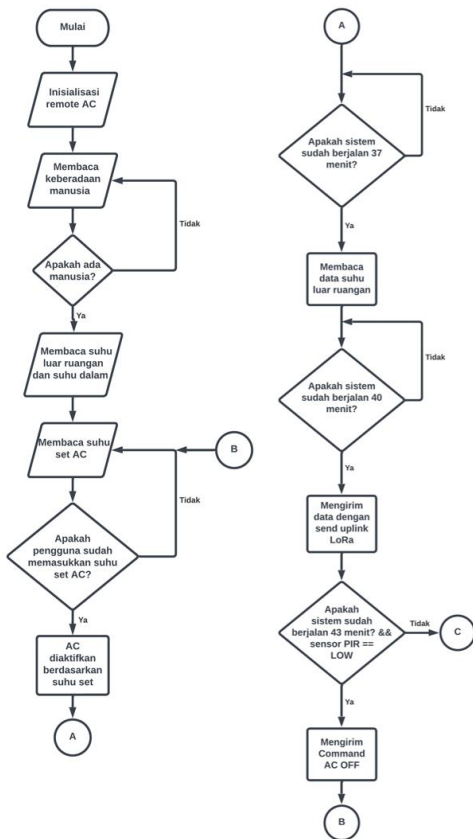
GAMBAR 8
(LAYOUT PCB SENSOR SUHU LUAR RUANGAN)



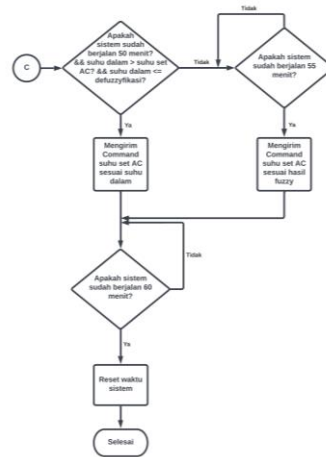
GAMBAR 9
(DESAIN PCB SENSOR SUHU LUAR RUANGAN)

Gambar 8 dan 9 merupakan hasil dari desain PCB perangkat suhu luar ruangan, PCB dibuatkan PCB dengan *dual layer*, pada PCB ini terdapat ATmega328p DIP, DHT11, PIR, IR transmitter, IR receiver, push button dan modul LoRa rfm95w, untuk *layout* dan desain PCB dapat dilihat pada.

D. Diagram Alir



GAMBAR 10
(DIAGRAM ALIR SISTEM (1))



GAMBAR 11
(DIAGRAM ALIR SISTEM (2))

Pada Gambar 3 ditunjukkan diagram alir sistem dari remote AC LoRa, proses diagram alir sistem dimulai dengan inisialisasi suhu *remote* AC, selanjutnya membaca pergerakan manusia, ketika keberadaan manusia sudah terdeteksi maka akan dilanjutkan dengan membaca suhu dalam dan luar ruangan, selanjutnya menunggu pengguna mengirimkan nilai suhu set AC dengan menggunakan aplikasi, jika data sudah terkirim maka AC akan diaktifkan sesuai dengan suhu set AC yang ditentukan. Selanjutnya akan masuk menuju sistem utama, dalam sistem utama terdapat 6 keputusan yaitu:

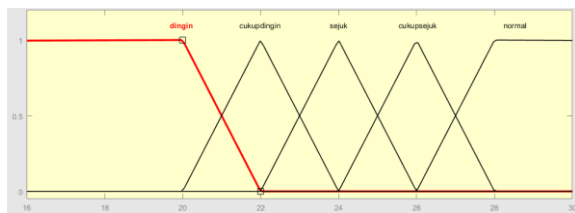
- Setelah sistem berjalan selama 37 menit maka akan membaca suhu luar ruangan.
- Setelah sistem berjalan selama 40 menit maka akan mengirim data hasil defuzzyfikasi, suhu *input*, suhu dalam, dan suhu luar.
- Setelah sistem berjalan selama 43 menit dan sensor PIR tidak mendeteksi pergerakan manusia maka AC akan di nonaktifkan.
- Setelah sistem berjalan selama 50 menit, suhu dalam lebih besar dari suhu set dan suhu dalam lebih kecil sama dengan hasil defuzzyfikasi maka suhu set AC akan diubah menjadi suhu dalam.
- Setelah sistem berjalan selama 55 menit maka suhu set AC akan diubah berdasarkan hasil defuzzyfikasi.
- Setelah sistem berjalan selama 60 menit maka waktu sistem akan direset kembali menjadi 0 menit.

E. Perancangan Fuzzy Logic

1. Fuzzyfication

Fuzzyfication merupakan proses mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas (*crisp*) menjadi variabel linguistik. Pada pengaturan suhu AC terdapat 2 input yaitu nilai dari suhu input pengguna dan suhu luar ruangan. Terdapat 5 domain pada suhu input yaitu:

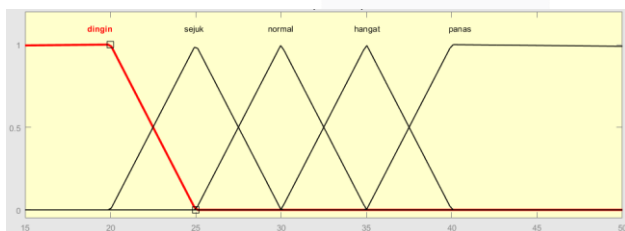
- Dingin = 16 - 22°C
- Cukup Dingin = 20 - 24°C
- Sejuk = 22 - 26°C
- Cukup Sejuk = 24 - 28°C
- Normal = 26 - 30°C



GAMBAR 12 (FUNGSI KEANGGOTAAN SUHU INPUT).

Rentang suhu pada suhu *input* hanya 16 - 30°C karena menyesuaikan pada *remote* AC yang hanya bisa mengatur suhu 16 - 30°C, dan untuk *input* kedua adalah nilai dari suhu luar, fungsi keanggotaan pada suhu luar memiliki 5 domain yaitu:

- Dingin = 15 - 25°C
- Sejuk = 20 - 30°C
- Normal = 25 - 35°C
- Hangat = 30 - 40°C
- Panas = 35 - 50°C



GAMBAR 13 (FUNGSI KEANGGOTAAN SUHU LUAR RUANGAN)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pengiriman Data Ke Antares Menggunakan Modul LoRa rfm95w

Pengujian pengiriman data dilakukan dengan cara data dikirim menuju *gateway* terdekat terlebih dahulu, lalu *gateway* akan mengirimkan data ke dalam *platform* Antares. Data yang dikirim berupa nilai defuzzyfikasi, suhu input, suhu dalam, dan suhu luar. Pengujian ini dilakukan sebanyak

tiga kali dalam waktu 5 menit, hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15

```
14:32:48.825 -> Sending: {"DF":22.00,"SI":20.00,"SD":22.00,"SL":27.00}
14:32:48.919 -> fport: 5 Ch: 0 Freq: 29376
14:32:49.532 -> Defuzzyfikasi : 22.80
14:32:49.579 -> Set Point AC : 20
14:32:49.579 -> Suhu Dalam : 22
14:32:49.579 -> Suhu Luar : 27
14:32:49.627 -> Suhu set AC : 20
14:32:49.627 -> =====
14:37:49.429 -> Sending: {"DF":22.00,"SI":20.00,"SD":22.00,"SL":27.00}
14:37:49.476 -> fport: 5 Ch: 0 Freq: 29376
14:37:50.116 -> Defuzzyfikasi : 22.80
14:37:50.116 -> Set Point AC : 20
14:37:50.164 -> Suhu Dalam : 22
14:37:50.164 -> Suhu Luar : 27
14:37:50.206 -> Suhu set AC : 20
14:37:50.206 -> =====
14:37:50.243 ->
14:42:49.929 -> Sending: {"DF":22.00,"SI":20.00,"SD":22.00,"SL":27.00}
14:42:50.023 -> fport: 5 Ch: 0 Freq: 29376
14:42:54.684 -> Defuzzyfikasi : 22.80
14:42:54.684 -> Set Point AC : 20
14:42:54.731 -> Suhu Dalam : 22
14:42:54.731 -> Suhu Luar : 27
14:42:54.731 -> Suhu set AC : 20
14:42:54.778 -> =====
14:42:54.778 ->
```

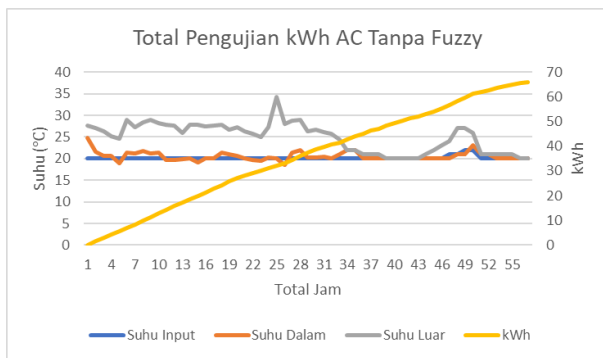
GAMBAR 14 (SERIAL MONITOR PENGIRIMAN LORA)

```
2022-08-24 /antares-cse/cin-
14:33:30 _c3qrQZ_Te69L5DI
{
  "type": "uplink",
  "port": 5,
  "data": {
    "DF": 22,
    "SI": 20,
    "SD": 22,
    "SL": 27
  },
  "counter": 0,
  "devEui": "c7312438ae04f010",
  "radio": {
    "gps_time": 1345361587807,
    "hardware": {
      "snr": 11,
      "rssi": -90
    },
    "datarate": 2,
    "modulation": {
      "bandwidth": 125000,
      "spreading": 10
    },
    "delay": 0.09682703018188477,
    "freq": 921.4,
    "size": 58
  }
}
```

GAMBAR 15 (DATA TERKIRIM PADA ANTARES)

B. Pengujian kWh AC Tanpa Kendali Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui konsumsi energi listrik AC sebelum menggunakan kendali *fuzzy*. Sebelum melakukan pengujian, suhu ruangan dinetralkan terlebih dahulu dengan cara membuka pintu dan jendela ruangan, kemudian mengatur suhu set AC menjadi 20°C lalu diamati suhu dalam dan luar ruangan dengan sensor DHT11. Pengujian ini dilakukan pada siang dan malam hari dengan total selama 57 jam.

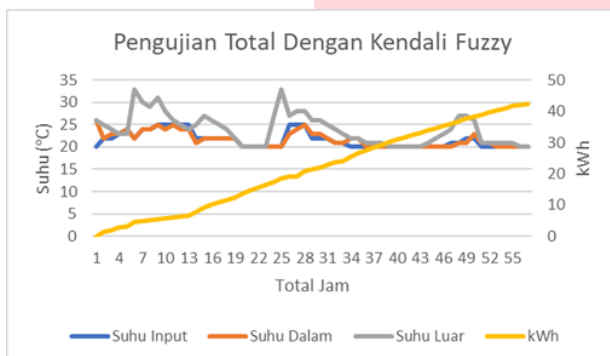


GAMBAR 16
(PENGUJIAN TANPA KENDALI FUZZY)

Dari total pengujian selama 57 jam didapatkan konsumsi energi listrik tanpa kendali fuzzy sebesar 66,07 kWh.

C. Pengujian kWh AC Menggunakan Kendali Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui konsumsi energi listrik AC dengan menggunakan kendali *fuzzy*. Sebelum melakukan pengujian, suhu ruangan dinetralkan terlebih dahulu dengan cara membuka pintu dan jendela ruangan, kemudian mengatur suhu set AC menjadi 20°C lalu diamati suhu dalam dan luar ruangan dengan sensor DHT11. Sama seperti pengujian tanpa kendali fuzzy, pengujian ini dilakukan pada siang dan malam hari dengan total selama 57 jam.

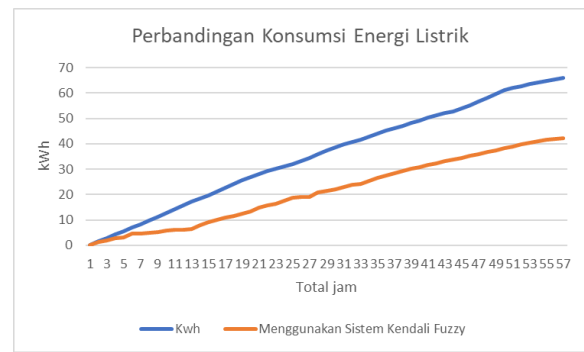


GAMBAR 17
(PENGUJIAN MENGGUNAKAN KENDALI FUZZY)

Dari total pengujian selama 57 jam didapatkan konsumsi energi listrik menggunakan kendali fuzzy sebesar 42,28 kWh.

D. Perbandingan kWh AC Tanpa Kendali Fuzzy dan Menggunakan Kendali Fuzzy

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan konsumsi energi listrik AC sebelum menggunakan alat adalah 66,07 kWh dan setelah menggunakan alat adalah 42,28 kWh. Rata-rata konsumsi energi listrik perjam tanpa menggunakan kendali *fuzzy* adalah 1,16 kWh dan dengan menggunakan kendali *fuzzy* adalah 0,74 kWh. Sehingga didapatkan penghematan konsumsi energi listrik dari alat yang telah dirancang adalah 23,79 kWh atau 41,28%.



GAMBAR 18
(PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem, pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- Alat yang dirancang dapat mengatur suhu awal AC dan mengirimkan data secara IoT ke *platform* Antares dengan menggunakan modul LoRa rfm95w
- Alat yang dirancang dapat digunakan untuk semua jenis merk AC.
- Alat yang dirancang dapat menghemat konsumsi energi listrik AC hingga 23,79 kWh atau sebesar 41,28% dengan rata-rata konsumsi energi sebesar 0,74 kWh perjam dari total pengujian selama 57 jam.

REFERENSI

- [1] J. Samidjo and Y. Suharso, "MEMAHAMI PEMANASAN GLOBAL DAN PERUBAHAN IKLIM," 2017. [Online]. Available: <http://e-journal.ikip-veteran.ac.id/index.php/pawiyatan>
- [2] E. Kasli, D. Rehan, and H. Mazlina, "AC Portable Tanpa Menggunakan Freon Sebagai Alternatif Pendingin Udara Ramah Lingkungan," *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, vol. 7, no. 1, pp. 42–46, Jun. 2019, doi: 10.24815/jpsi.v7i1.13544.
- [3] J. Ristek, A. Ahmad Ilham, and A. A. Ramschie, "SISTEM MONITORING DAN KENDALI KERJA AIR CONDITIONING BERBASIS MIKROKONTROLLER ATmega 8535," vol. 2, no. 1, 2013.
- [4] A. Zamhuri Fuadi, Irsyad Nashirul Haq, and Edi Leksono, "Support Vector Machine to Predict Electricity Consumption in the Energy Management Laboratory," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 3, pp. 466–473, Jun. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i3.2947.
- [5] A. Ramschie, J. Makal, and V. Ponggawa, "Penerapan Mode Hemat Listrik Pada Peralatan Penyejuk Udara," *Penerapan Mode Hemat Listrik Pada Peralatan Penyejuk Udara*, vol. 9, no. Vol 9 (2018): Industrial Research Workshop and National Seminar, pp. 1–8, 2018, doi: 10.35313/irwns.v9i0.1033.
- [6] MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA, "PERATURAN MENTERI ENERGI DAN

- SUMBER DAY A MINERAL REPUBLIK INDONESIA NOMOR: 13 TAHUN 2012,” 2012
- [7] M. Adhi Pradana, “DESIGN AND CONTROL OF AC (AIR CONDITIONER) WITH FUZZY ALGORITHM FOR ENERGY SAVING TUGAS AKHIR,” 2021.
- [8] M. Hanafi, D. Suryadi,) Program, S. T. Elektro, and J. T. Elektro, “ANALISIS SIMULASI PENGARUH UJI KUAT SINYAL WIFI DARI BAHAN-BAHAN OBSTACLE,” 2019.
- [9] A. Yanziah, S. Soim, and M. Mujur Rose, “ANALISIS JARAK JANGKAUAN LORA DENGAN PARAMETER RSSI DAN PACKET LOSS PADA AREA URBAN,” *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, vol. 13, no. 1, pp. 1–9, Aug. 2020.
- [10] A. I. Ali, S. Zorlu Partal, and H. P. Partal, “ZigBee and LoRa based Wireless Sensors for Smart Environment and IoT Applications,” *2019 1st Global Power, Energy and Communication Conference (IEEE GPECOM2019)*, pp. 1–5, Jun. 2019, doi: 10.1109/GPECOM.2019.8778505.
- [11] J. Petäjajarvi, K. Mikhaylov, M. Pettissalo, J. Janhunen, and J. Iinatti, “Performance of a low-power wide-area network based on lora technology: Doppler robustness, scalability, and coverage,” *Int J Distrib Sens Netw*, vol. 13, no. 3, Mar. 2017, doi: 10.1177/1550147717699412.
- [12] O. Pribadi, “Sistem Kendali Jarak Jauh Air Conditioner (AC) Berbasis IoT,” 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.stmik-time.ac.id>
- [13] S. Riyadh Waheed, M. Mundher Adnan, N. Mohd Suaib, and M. Shafry Mohd Rahim, “Fuzzy Logic Controller for Classroom Air Conditioner,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Jun. 2020, vol. 1484, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1484/1/012018.
- [14] T. B. Santoso, A. Priambodo, and B. Panjaitan, “ANALISA KOMPARASI METODE MAMDANI DAN SUGENO PADA FUZZY INFERENCE SISTEM UNTUK PENGURANGAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA AIR CONTIONER,” 2019.
- [15] A. J. Ziegelaar, B. C. Travaglione, and M. R. Hodkiewicz, “Sensing system for low cost condition monitoring of remote assets,” in *IFAC-PapersOnLine*, 2020, vol. 53, no. 3, pp. 60–65. doi: 10.1016/j.ifacol.2020.11.010.
- [16] S. Darma and S. Sistem, “STUDI SISTEM PENERAAN KWH METER,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 1–8, Oct. 2019.
- [17] A. Saepullah and R. S. Wahono, “Comparative Analysis of Mamdani, Sugeno And Tsukamoto Method of Fuzzy Inference System for Air Conditioner Energy Saving,” *Journal of Intelligent Systems*, vol. 1, no. 2, 2015, [Online]. Available: <http://journal.ilmukomputer.org>
- [18] A. Ramadhani, A. Rusdinar, and A. Z. Fuadi, “DATA KOMUNIKASI SECARA REAL TIME MENGGUNAKAN LONG RANGE (LORA) BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK PEMBUATAN WEATHER STATION REAL TIME COMMUNICATION DATA USING LONG RANGE (LORA) BASED INTERNET OF THINGS FOR WEATHER STATION.”
- [19] Mainsuri *et al.*, “A 923 MHz Steerable Antenna for Low Power Wide Area Network (LPWAN),” in *2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite, Comnetsat 2020 - Proceedings*, Dec. 2020, pp. 246–250. doi: 10.1109/Comnetsat50391.2020.9328990.