

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR AIR
CONDITIONING (AC) BERDASARKAN JUMLAH ORANG DALAM
RUANGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY DENGAN ARDUINO
UNO R3 BERBASIS ATMEGA 328P**

(Skripsi)

Oleh

ALIF ATHAMUFID



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR AIR CONDITIONING (AC) BERDASARKAN JUMLAH ORANG DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY DENGAN ARDUINO UNO R3 BERBASIS ATMEGA 328P

Oleh:

Alif Athamufid

Pada penelitian ini menerapkan metode logika fuzzy Mamdani yang dapat menentukan suhu optimal yang akan dikeluarkan oleh AC pada ruang tertutup berdasarkan jumlah orang dan luas ruangan. Ruangan yang digunakan memiliki luas sebesar 100m² dan 410m². Penghitungan orang menggunakan sensor HC-SR04 berbasis mikrokontroler Arduino. Selain itu, suhu kerja AC juga akan dikontrol menggunakan *remote control* yang sudah tersambung ke relay agar dapat dilakukan secara otomatis. Hasil dari perhitungan orang dan suhu kerja AC akan ditampilkan pada LCD. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dibuat bekerja dengan baik. Dengan luas ruangan 100m² dan orang yang berada dalam ruangan berjumlah 1-8 menunjukkan suhu sebesar 25°C dan termasuk ke dalam himpunan panas, sedangkan untuk orang yang berjumlah 9-15 menunjukkan suhu sebesar 23°C dan termasuk ke dalam himpunan sedang. Luas ruangan 410m² dengan orang berjumlah 1-8 menunjukkan suhu sebesar 25°C dan termasuk ke dalam himpunan panas, untuk orang berjumlah 9-22 menunjukkan suhu sebesar 23°C dan termasuk ke dalam himpunan sedang, dan ketika orang berjumlah 23-30 menunjukkan suhu sebesar 20°C dan termasuk ke dalam himpunan dingin. Serta tingkat keakuratan pengukuran untuk ruang dengan luas sebesar 410m² adalah 98,84% dan untuk ruang dengan luas sebesar 100m² adalah 99,06%.

Kata kunci — Temperatur ruangan, Sensor HC-SR04, Logika Fuzzy Mamdani

ABSTRACT

DESIGN OF AIR CONDITIONING (AC) TEMPERATURE CONTROLLER SYSTEM BASED ON THE NUMBER OF PEOPLE IN THE ROOM USING FUZZY METHOD WITH ARDUINO UNO R3 BASED ON ATMEGA 328P

By:

Alif Athamufid

This research applies the Mamdani fuzzy logic method which can determine the optimal temperature that will be issued by the air conditioner in an enclosed space based on the number of people and the area of the room. The room used has an area of 100m² and 410m². People counting uses the Arduino microcontroller-based HC-SR04 sensor. Apart from that, the working temperature of the AC will also be controlled using a *remote control* that is already connected to a relay so that it can be done automatically. The results of the calculation of people and the working temperature of the air conditioner will be displayed on the LCD. The measurement results show that the control system created works well. With a room area of 100m² and people in the room numbering 1-8 showing a temperature of 25°C and belonging to the hot group, while people numbering 9-15 showing a temperature of 23°C and belonging to the medium group. The area of the room is 410m² with 1-8 people showing a temperature of 25°C and included in the hot group, people totaling 9-22 showing a temperature of 23°C and belonging to the medium group, and when people totaling 23-30 showing a temperature of 20°C and included in the cold set. As well as the level of accuracy of measurement for a room with an area of 410m² is 98.84% and for a room with an area of 100m² is 99.06%.

Keywords — Room temperature, HC-SR04 Sensor, Mamdani Fuzzy Logic

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI TEMPERATUR AIR
CONDITIONING (AC) BERDASARKAN JUMLAH ORANG DALAM
RUANGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY DENGAN ARDUINO
UNO R3 BERBASIS ATMEGA 328P**

Oleh

**ALIF ATHAMUFID
1715031010**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI
TEMPERATUR AIR CONDITIONING (AC)
BERDASARKAN JUMLAH ORANG DALAM
RUANGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY
DENGAN ARDUINO UNO R3 BERBASIS ATMEGA
328P**

Nama Mahasiswa : **Alif Athamufid**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1715031010**

Jurusan : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**



1. **Komisi Pembimbing**

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 19690228 199803 1 001

Emir Nasrullah, S.T., M.Eng.
NIP. 19600614 199402 1 001

2. **Mengetahui**

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001

Ketua Program Studi
Teknik Elektro

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP 19740422 200012 2 001

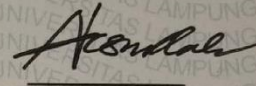
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

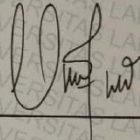
Ketua : Herlinawati, S.T., M.T.



Sekretaris : Emir Nasrullah, S.T., M.Eng.



**Penguj Bukan
Peming : Umi Murdika S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ↓
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Desember 2022

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak ada terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar lampung, 9 Februari 2023



Alif Athamufid



Penulis dilahirkan di Prabumulih, Provinsi Sumatra Selatan pada tanggal 06 Oktober 1999. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Mulyo dan Ibu Juniliyanti yang diberi nama Alif Athamufid. Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SDN 80 Prabumulih pada tahun 2011, lulus Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Prabumulih pada tahun 2014, lulus Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Prabumulih pada tahun 2017, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama masa perkuliahan penulis telah melaksanakan Kerja Praktik di PT. Telkom Indonesia (Persero) Tbk Bandar Lampung, dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Babakan, Kecamatan Pugung, Kabupaten Tanggamus. Penulis merupakan asisten Laboratorium Teknik Elektronika, Teknik Elektro, Universitas Lampung. Penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Fakultas Teknik Universitas Lampung sebagai anggota Komunikasi dan Informasi Organisasi pada periode 2018 dan kepala divisi Komunikasi dan Informasi (KOMINFO) pada periode 2019.

PERSEMBAHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Kuucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawatku kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi pedoman hidupku

Kupersembahkan karyaku ini kepada Mulyo dan Mami Junilyanti sebagai wujud bakti, cinta, kasih sayang dan terimakasihku atas segala yang telah diberikan, untuk adiku Amirah Dzakiah atas dukungan, doa dan kasih sayang yang telah diberikan.

Lembaga yang telah mendidik, mendewasakan, dan mencerdaskanku

dalam berpikir dan bertindak

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Dan untuk

INDONESIA

Motto

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang bingung, lalu Dia memberikan petunjuk”

(Q.S Ad-Duha: 7)

“Manusia tidak merancang untuk gagal, mereka gagal untuk merancang”

(William J. Siegel)

“Anger dwells only in the bosom of fools”

(Albert Einstein)

“Jangan sesali apa yang telah kamu lakukan, yang harus disesali adalah tidak melakukan apa-apa ketika punya kesempatan”

SANWACANA

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Allhamdulillah puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengendali Temperatur *Air Conditioning* (Ac) Berdasarkan Jumlah Orang Dalam Ruangan Menggunakan Metode *Fuzzy* dengan Arduino UNO R3 Berbasis Atmega 328P “ yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan juga Dosen Pembimbing Utama, terima kasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
2. Pak Meizano Ardhi Muhammad, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Dr.Eng. Charles Ronald Harahap, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik penulis atas saran yang membangun dan arahan yang telah diberikan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Emir Nasrullah, M.Eng. selaku Pembimbing Pendamping tugas akhir saya terima kasih atas masukan, bimbingan, arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Umi Murdika S.T., M.T. selaku Penguji Utama, terima kasih atas masukannya guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas didikannya, arahan dan bimbingan yang telah diberikan.

8. Mbak Nurul dan jajaran staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Orang Tua yang sangat saya sayangi, adik yang sangat saya banggakan serta semua keluarga yang telah mendukung penuh sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
10. Ananda Miftahul Jannah yang telah mendukung saya secara pribadi sehingga saya dapat mengerjakan tugas akhir dengan semangat.
11. Chantika, Tiya, dan Putri yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi ini.
12. Seluruh Keluarga HIRO 2017 atas waktu, senang dan sedih saat pengkaderan yang telah dirasakan bersama-sama selama perkuliahan ini.
13. Penghuni Lab Konversi atas waktu, tempat, dan bantuan yang telah diberikan selama saya mengerjakan skripsi.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Bandar Lampung, 5 Januari 2023

Penulis,

Alif Athamufid

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Hipotesis	2
1.7. Sistematika Penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. <i>Air Conditioning</i> (AC).....	7
2.3. Arduino UNO R3	9
2.4. Sensor HC-SR04.....	10
2.5. Relay	12
2.6. <i>Infrared Remote Control</i>	14
2.6.1. Pengiriman Data Inframerah	14
2.6.2. <i>Remote Control</i> Pendingin Ruangan.....	15
2.7. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	15
2.8. Logika <i>Fuzzy</i>	18
2.8.1. Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	18
2.8.2. Fungsi Keanggotaan	19
2.8.4. Logika <i>Fuzzy</i> Mamdani.....	21
2.8.5. Defuzzifikasi	22
III. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	24

3.2.	Alat dan Bahan.....	24
3.3.	Tahapan Penelitian.....	24
3.4.	Diagram Alir Penelitian	24
3.5.	Diagram Blok.....	25
3.6.	Diagram Alir Sistem	26
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1.	Prinsip Kerja	33
4.2.	Desain Sistem	32
4.3.	Logika Fuzzy pada Perancangan	33
4.3.1.	Fuzzyfikasi.....	33
4.3.2.	Rules Fuzzy	36
4.3.3.	Mesin Inferensi	37
4.4.	Pengujian	38
4.4.1.	Pengujian Fungsi Modul.....	38
4.4.2.	Pengujian Keseluruhan Sistem	44
V.	PENUTUP.....	56
5.1.	Kesimpulan	56
5.2.	Saran	56
	DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Cara Kerja <i>Air Conditioning</i> (AC)	8
2. 2 Arduino UNO R3 Berbasis Atmega 328P	9
2. 3 Konfigurasi Arduino UNO R3 Berbasis Atmega 328P	10
2. 4 Sensor HC-SR04	11
2. 6 Ilustrasi Cara Kerja Sensor Ultrasonik	12
2. 7 Bentuk Fisik Relay	13
2. 8 <i>Pulse</i> dan <i>Space</i> Pada Transmisi Sinyal Inframerah	14
2. 9 Data yang dikirimkan ketika menekan tombol pada <i>remote control</i> pendingin ruangan.	15
2. 10 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	16
2. 11. Representasi Kurva Segitiga	19
2. 12. Representasi Kurva Trapesium.	20
2. 13 Metode Defuzzifikasi <i>Centroid</i>	22
3. 1 Diagram Alir Penelitian	24
3. 2 Diagram Blok Sistem	25
3. 3 Diagram Alir Sistem	26
3. 4 Diagram Alir <i>Fuzzy Logic</i>	27
3. 5 Desain Alat	28
4. 1 Perangkat pengendali temperatur AC	33
4. 2 Tampak Atas Black Box	33
4. 3 <i>Membership Function</i> Jumlah Orang.	35
4. 4 <i>Membership Function</i> Luas Ruangan	35
4. 5 <i>Membership Function</i> Suhu Kerja AC	35
4. 6 Mesin Inferensi Matlab	37
4. 7 Menghubungkan mikroprosesor dengan perangkat komputer	39

4. 8 Aplikasi Arduino IDE	39
4. 9 (a) Pilihan Board di Arduino IDE, (b) Pilihan Port di Arduino IDE.....	39
4. 10 Tampilan Serial Monitor Arduino IDE	39
4. 11 Rangkaian Mikroprosesor dengan Sensor Ultrasonik HC-SR04	40
4. 12 Program Sensor Ultrasonik	40
4. 13 Tampilan Serial Monitor Sensor Ultrasonik	41
4. 14 Rangkaian Mikroprosesor dengan LCD 16x2.....	42
4. 15 (a) Tampilan Program Pencarian Alamat I2C (b) Tampilan Serial Monitor pada Arduino IDE	42
4. 16 Tampilan pada LCD 16x2.	42
4. 17 Rangkaian Mikroprosesor dengan Modul Relay.....	43
4. 18 Perubahan Indikator LED pada relay.	43
4. 19 Grafik Data Hasil Pengujian dengan Luas Ruangan 410m ²	46
4. 20 Grafik Data Hasil Pengujian dengan Luas Ruangan 100m ²	48
4. 21 Grafik Data Hasil Simulasi pada MATLAB dengan Luas Ruangan 410m ²	50
4. 22 Grafik Data Hasil Simulasi MATLAB dengan Luas Ruangan 100m ²	51
4. 23 Grafik Perbandingan Data Hasil Penelitian dan Data Hasil Simulasi MATLAB pada Luas Ruangan 410m ²	53
4. 24 Perbandingan Data Hasil Pengujian dengan Data Hasil Simulasi MATLAB pada Luas Ruangan 100m ²	55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Spesifikasi Arduino UNO R3.....	10
2.3 Karakteristik Sensor PIR.....	12
3. 1 Spesifikasi Alat dan Bahan.....	24
4. 1 Data hasil pengujian sensor Ultrasonik.....	41
4. 2 Data Hasil Pengujian Relay.....	44
4. 3 Hasil Pengukuran Pertama.....	44
4. 4 Hasil Pengukuran Kedua.....	45
4. 5 Hasil Pengukuran Ketiga.....	45
4. 6 Hasil Pengukuran Pertama.....	47
4. 7 Hasil Pengukuran Kedua.....	47
4. 8 Data Hasil Simulasi pada MATLAB dengan Luas Ruang 410m ²	49
4. 9 Data Hasil Simulasi pada MATLAB dengan Luas Ruang 100m ²	51
4. 10 Perbandingan Data Hasil Pengukuran dengan Data Hasil Simulasi untuk Luas Ruang Sebesar 410m ²	52
4. 11 Perbandingan Data Hasil Pengukuran dengan Data Hasil Simulasi untuk Luas Ruang Sebesar 100m ²	55

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air Conditioning (AC) merupakan perangkat elektronik yang berfungsi membuat suatu ruangan menjadi lebih nyaman dibandingkan menggunakan kipas angin. AC memiliki besaran yaitu 1 *Paard Kracht* (PK) yang berarti 735,5Watt atau setara dengan 0,986 *Horsepower* (HP), yang mana 1 HP setara dengan 9000 *British Thermal Unit* (BTU). AC satu PK mampu bekerja efisien untuk mendinginkan ruangan dengan luas 50 m² [1]. Suhu ruangan dapat dipengaruhi dengan jumlah orang yang berada dalam ruangan serta luas tersebut, semakin banyak orang maka suhu dalam ruangan akan semakin panas begitu pula sebaliknya.

Penggunaan AC memiliki sisi negatif juga, yaitu penggunaan daya listrik yang besar dan dapat menimbulkan polusi udara karena AC menggunakan campuran bahan kimia yang disebut *refrigerants* yaitu *klorofluorokarbon* (CFC), *hidro klorofluorkarbon* (HCFC), ataupun *perfluorocarbon* (FC). Oleh karena itu penggunaan AC harus dibatasi agar tidak terjadi pemanasan global serta dapat menghemat energi listrik.

Sisi negatif penggunaan AC yang tidak efisien dapat diminimalisir dengan menggunakan sistem untuk mengatur penggunaan AC yang ramah lingkungan serta meminimalkan penggunaan energi listrik yang berlebih sehingga menjadi lebih efisien. Dengan mengatur suhu AC berdasarkan jumlah orang yang ada dalam ruangan dan mengatur AC dalam keadaan *stand by*.

Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Logic* sebagai dasar untuk membuat sistem tersebut. logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *Soft Computing*. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Dengan inferensi *Fuzzy* dapat ditentukan suhu optimal

yang akan dikeluarkan oleh pendingin ruangan pada ruang tertutup berdasarkan jumlah orang yang berada pada ruangan tersebut [2].

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pengendali temperatur *Air Conditioning* (AC) berdasarkan jumlah orang dalam ruangan menggunakan kontrol logika *fuzzy* dengan Arduino UNO R3 berbasis Atmega 328P?
2. Apa saja parameter yang dibutuhkan untuk mengatur temperatur kerja pendingin ruangan?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *circuit board* Arduino UNO R3 berbasis mikrokontroler Atmega 328P.
2. Mengatur temperatur suhu AC menggunakan logika *fuzzy*.
3. Jumlah orang dalam ruangan maksimal 30 orang.
4. Sensor ultrasonik diletakkan pada bingkai pintu bagian atas dengan sudut masing-masing 45°.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah membuat rancang bangun sistem pengendali temperatur *Air Conditioning* (AC) berdasarkan jumlah orang dalam ruangan menggunakan metode *fuzzy* dengan Arduino UNO R3 berbasis Atmega 328P.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem pengendali temperatur *Air Conditioning* (AC) berdasarkan jumlah orang dalam ruangan menggunakan metode *fuzzy* dengan Arduino UNO R3 berbasis Atmega 328P.

1.6. Hipotesis

Dengan menggunakan sistem yang dibuat pada skripsi ini dapat membuat kerja AC lebih efisien serta

1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

BAB I – PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II – TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tinjauan pustaka secara teoritis mengenai landasan dalam penelitian ini dan berisi literatur penelitian terdahulu.

BAB III – METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, serta langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

BAB IV – PEMBAHASAN

Menjelaskan perancangan dan analisis dari hasil pengujian.

BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta saran-saran mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan sistem pengendali *Air Conditioning* (AC) berdasarkan jumlah orang dalam ruangan berbasis Arduino UNO, diantaranya yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tema Penelitian
1	M. Natsir, Dwi Bayu Rendra dan Acep Derby Yudha Anggara dari Universitas Serang Raya pada tahun 2019	Implementasi Iot Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya	<ul style="list-style-type: none">• Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik, mikrokontroler yang digunakan ATmega 2560, remote AC, LED dan Buzzer sebagai indikator dari orang yang masuk ke dalam ruangan.• Penelitian ini alat dapat bekerja saat mahasiswa masuk ke ruang kelas dan sensor ultrasonik akan menghitung jumlah orang yang masuk ke ruang kelas tersebut. Hasil inputan dari sensor suhu dan sensor ultrasonik akan diproses oleh mikrokontroler ATmega 2560 yang akan mengambil keputusan untuk mengatur suhu ruang kelas. Dan data akan disimpan di dalam <i>Web Server</i>.
2	Martina Pineng dan Silka dari Universitas Kristen Indonesia Toraja pada tahun 2018	Sistem Cerdas Pengatur Suhu Secara Otomatis Sebagai Alternatif Penghematan Energi Listrik	<ul style="list-style-type: none">• Penelitian ini menggunakan sensor LM35 untuk membaca suhu, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO, Relay, transformator untuk menentukan putaran kipas, dan LCD sebagai tampilan <i>output</i>.• Penelitian ini memiliki cara kerja saat sensor LM35 membaca suhu ruangan, apabila suhu ruangan berada pada suhu diatas 30°C maka kipas pada AC akan mati dan pada saat Sensor LM35 membaca suhu ruangan berada pada suhu kurang dari 27°C maka kipas AC akan mati.

3	Muhammad Ridha Fauzi dan Harun Mukhtar dari Universitas Muhammadiyah Riau pada tahun 2016	Rancang Bangun Sistem Pengaturan Temperatur Ruangan Menggunakan Sensor DHT11 Berbasis Mikrokontroler Arduino	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menggunakan sensor DHT11 sebagai pembacaan suhu ruangan, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO, relay, serta menggunakan LCD untuk tampilan <i>output</i>. • Penelitian ini memiliki prinsip kerja saat temperatur ruangan diset pada temperatur 20 – 26°C. Jika temperatur ruangan yang dideteksi sensor DHT11 melebihi 26°C maka motor pada AC akan ON dan lampu indikator juga akan menyala. Jika temperatur ruangan di bawah 20°C maka motor pada AC akan <i>OFF</i>.
---	-------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Berdasarkan tabel 2.1 dapat diuraikan pada uraian dibawah:

Pada penelitian yang berjudul “Implementasi Iot Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya” oleh M. Natsir, Dwi Bayu Rendra, Acep Derby Yudha Anggara Program Studi Rekayasa Sistem Komputer Universitas Serang Raya pada tahun 2019. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, *InfraRed (IR)*, Suhu DS18B20, *Internet of Things (IoT)*, *Ethernet Shield W5500*, *Light Emitting Diode (LED)*, *Liquid Crystal Display (LCD)*, *Buzzer* dan *Modul I2C Backpack LCD*.

Pada penelitian ini alat dapat bekerja saat mahasiswa masuk ke ruang kelas dan sensor ultrasonik akan menghitung jumlah orang yang masuk ke ruang kelas tersebut. Hasil input berupa data jumlah orang yang masuk ke ruang kelas ini akan diproses oleh mikrokontroler ATmega 2560 yang digunakan untuk mengatur suhu ruang kelas yaitu suhu biasa, suhu sedang, dan suhu tinggi. Data suhu ruang kelas diperoleh dari pembacaan sensor suhu DS18B20. Hasil input dari sensor suhu dan sensor ultrasonik akan diproses oleh mikrokontroler ATmega 2560 yang akan mengambil keputusan untuk mengatur suhu ruang kelas.

Setelah data diproses, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal IR untuk mengontrol AC yang mana sinyal ini diperoleh dari hasil pemrosesan input dari jumlah orang yang masuk ke ruang kelas. Setelah itu Modul *Ethernet Shield* akan menjadikan minimum sistem ATmega 2560 sebagai *web server* yang mana *webservice* ini akan menampilkan data suhu ruang kelas, data jumlah orang yang masuk ke ruang kelas dan *user interface*

untuk mengendalikan AC secara manual berupa tombol *on* dan *off*. *Output* dari alat ini juga berupa LED indikator dan *buzzer* yang akan bekerja pada saat menerima data jumlah orang yang masuk ke ruang kelas dan pada saat mengirim data ke *webserver*. *Output LCD* juga digunakan untuk menampilkan data suhu ruang kelas dan data jumlah orang yang masuk ke ruang kelas [3].

Pada penelitian yang berjudul “Sistem Cerdas Pengatur Suhu Secara Otomatis Sebagai Alternatif Penghematan Energi Listrik” Oleh Martina Pineng dan Silka Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia pada tahun 2018 [4]. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, Sensor LM35, *Liquid Crystal Display* (LCD), dan Relay. Penelitian ini memiliki cara kerja saat sensor LM35 membaca suhu ruangan, apabila suhu ruangan berada pada suhu diatas 30°C maka kipas pada AC akan mati dan pada saat Sensor LM35 membaca suhu ruangan berada pada suhu kurang dari 27°C maka kipas AC akan mati.

Pada penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengaturan Temperatur Ruang Menggunakan Sensor DHT11 Berbasis Mikrokontroler Arduino” oleh Muhammad Ridha Fauzi dan Harun Mukhtar Fakultas Teknik dan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Riau pada tahun 2016 [5].

Dalam Penelitian ini menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO, Sensor DHT11, Relay dan *Liquid Crystal Display* (LCD). Penelitian ini membahas tentang kontrol temperatur ruang menggunakan sensor DHT11 berbasis Arduino UNO. Yang mana, putaran motor air conditioner divariasikan menggunakan relay untuk menghemat pemakaian energi listrik sesuai kebutuhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dibuat bekerja dengan baik. Temperatur ruangan diset pada temperatur 20 – 26°C. Jika temperatur ruangan yang dideteksi sensor DHT11 melebihi 26°C maka motor pada AC akan *ON* dan lampu indikator juga akan menyala. Jika temperatur ruangan di bawah 20°C maka motor pada AC akan *OFF*.

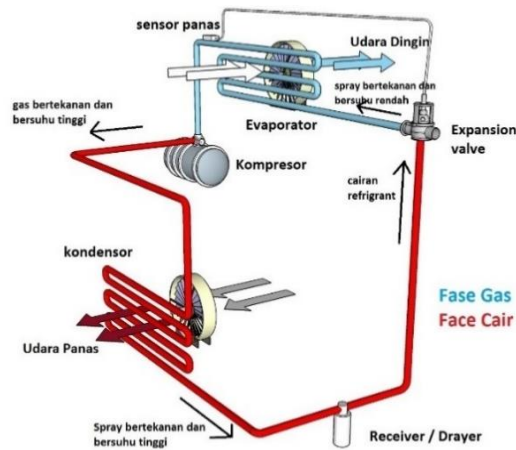
Terdapat perbedaan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan, pada penelitian ini penulis akan membuat alat dengan sistem pengendali temperatur

AC berdasarkan jumlah orang dalam ruangan menggunakan kontrol logika *fuzzy* dengan mikrokontroler Arduino UNO berbasis Atmega 328P. Perbedaannya adalah pada penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk menghitung jumlah orang dengan kapasitas ruangan maksimal 30 orang, serta menggunakan kontrol logika *fuzzy* sebagai metode untuk membuat sistem pengendali temperatur AC.

2.2. Air Conditioning (AC)

Sistem Tata Udara (*air condition*) dapat diartikan sebagai alat pengkondisian udara yang dimodifikasi dengan mengembangkan dari beberapa teknologi mesin pendingin. Mesin pendingin dipengaruhi beberapa faktor antara lain faktor suhu udara, tingkat kelembaban udara, pergerakan udara, distribusi udara dan polusi udara. Sebagian besar dari faktor tersebut dapat berpengaruh terhadap kesehatan tubuh dan kenyamanan hidup. AC atau sistem tata udara merupakan salah satu modifikasi sistem teknologi mesin pendingin yang dikembangkan saat ini. AC dipakai dengan tujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan nyaman serta menyediakan uap air dan udara yang dibutuhkan bagi tubuh manusia. Penggunaan AC ini sering ditemui di daerah tropis yang temperatur suhu udara yang panas. Suhu udara saat musim panas yang tinggi dapat mengakibatkan dehidrasi cairan pada tubuh manusia yang dapat mengakibatkan lemas bahkan bisa berakibat fatal hingga kematian.

Selain itu, AC juga dimanfaatkan sebagai kenyamanan saat berada di rumah. Pada lingkungan tempat kerja, AC juga dimanfaatkan sebagai salah satu cara yang digunakan untuk peningkatan produktivitas dalam kerja karena manusia membutuhkan lingkungan yang nyaman dan udara yang tenang untuk dapat bekerja secara efektif dan optimal. Tingkat kenyamanan dalam suatu ruangan akan ditentukan oleh temperatur ruangan, kelembaban udara, sirkulasi dan kebersihan udara.



Gambar 2. 1 Cara Kerja *Air Conditioning* (AC)

AC dibagi menjadi 5 bagian utama yaitu:

a. Kompresor

Pada sistem refrigerasi kompresor bekerja membuat perbedaan tekanan pada masing-masing bagian. Karena dengan adanya perbedaan antara sisi tekanan tinggi dan tekanan rendah, maka bahan pendingin cair dapat melalui alat pengatur aliran ke evaporator. Fungsi kompresor adalah menghirup gas *refrigerant* dari evaporator yang bertekanan dan bertemperatur rendah kemudian memampatkan gas tersebut menjadi gas yang bertekanan dan bertemperatur yang tinggi.

b. Kondensor

Kondensor adalah alat untuk membuat kondensasi bahan pendingin gas dari kompresor dengan suhu tinggi dan tekanan tinggi.

c. Evaporator

Evaporator merupakan jaringan pipa yang berfungsi sebagai penguapan.

d. Pengering

Pengering terdiri dari sebuah silinder yang berisi desikan. Desikan tersebut dibungkus dengan maksud untuk mempermudah saat pengantiannya. Fungsi lain dari pembungkus desikan tersebut agar serbuk desikan yang halus tidak keluar dari pengering dan ikut larut bersama *refrigerant*. Sedangkan pengering sendiri berfungsi untuk menghilangkan uap air dari *refrigerant*.

e. Pipa kapiler atau ekspansi

Pipa kapiler adalah suatu pipa pada mesin pendingin yang mempunyai diameter paling kecil jika dibandingkan dengan pipa-pipa yang lainnya. Pipa kapiler ini biasanya

berukuran diameter 0,8 – 2,0 mm dengan Panjang kurang lebih 1 meter. Pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan mengatur cairan *refrigerant* yang mengalir di pipa kapiler. Ekspansi berfungsi sebagai pengontrol *refrigerant* yang mengalir dari pipa ke pipa lainya [6].

2.3. Arduino UNO R3

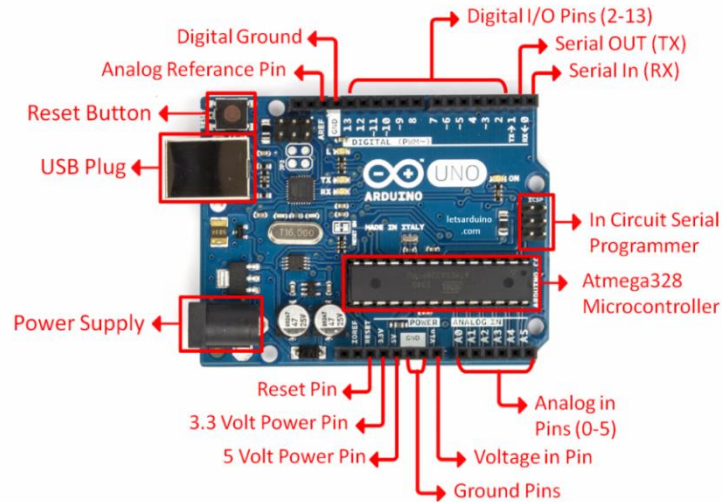
Arduino UNO R3 atau Arduino UNO (Revisi 3) adalah papan berbasis mikrokontroler Atmega 328P yang dirancang khusus agar mudah digunakan oleh setiap pengguna oleh desainer (bukan teknisi). Menurut Massimo Banzi, salah satu pembuat atau pendiri Arduino, Arduino adalah platform perangkat keras *open source* dengan *input* dan *output* yang sederhana.

Atmega328 adalah *chip* mikrokontroler berbasis AVR-RISC 8-bit yang diproduksi oleh Atmel, yang memiliki memori *flash* ISP 32KB dengan kemampuan baca / tulis, EEPROM 1KB, SRAM 2KB, dan karena kapasitas memori *Flash* 32KB, *chip* tersebut diberi nama ATmega328. Fitur lengkap yang terdapat pada modul Arduino UNO memudahkan dalam penggunaan, cukup sambungkan modul Arduino UNO ke PC dengan kabel USB atau gunakan adaptor DC-DC, modul siap digunakan. Modul Arduino UNO adalah *platform* komputasi fisik *open source*. Saat digunakan, modul Arduino UNO dikaitkan dengan bahasa pemrograman C yang ditulis dalam *Integrated Development Environment* (IDE) [7].



Gambar 2. 2 Arduino UNO R3 Berbasis Atmega 328P

Atmega 328P yang menjadi *chip* pada papan sirkuit Arduino UNO R3 dapat bekerja pada tegangan 1,8 – 5,5 V dengan frekuensi sebesar 0-4 MHz serta dapat bekerja pada suhu -40°C sampai dengan 85°C [7].



Gambar 2. 3 Konfigurasi Arduino UNO R3 Berbasis Atmega 328P

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino UNO R3

Mikrokontroler / Chip	ATMEGA328P
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan <i>Input</i> (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V – 12V
Tegangan <i>Input</i> (limit, via jack DC)	6V – 20V
Digital I/O pin	14 Buah, 6 diantaranya menyediakan PWM
Analog Input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3V	50 mA
Memori Flash	32 KB, 0,5 KB telah digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 Mhz

2.4. Sensor HC-SR04

Sensor ultrasonik merupakan salah satu alat elektronika yang mempunyai kemampuan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik. Sensor HC-SR04 merupakan tipe ultrasonik yang paling sering digunakan untuk mendeteksi jarak benda (objek) dengan sensor. Sensor ini terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang dinamakan *transmitter* dan penerima yang disebut *receiver*.

Jarak yang bisa ditangani berkisar antara 2 cm sampai dengan 400 cm, dengan tingkat presisi sebesar 0,3. Sudut deteksi yang bisa ditangani tidak lebih dari 15°. Arus yang dibutuhkan tidak lebih dari 2mA dengan tegangan kerja sebesar +5 Volt. Jumlah pin yang dimiliki berjumlah 4. Untuk mengetahui konfigurasi masing-masing pin pada sensor HC-SR04 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Sensor HC-SR04

Jarak antara sensor dan objek yang memantulkan gelombang suara dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Jarak} = \text{Kecepatan suara} \times T/2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dalam hal ini, T adalah waktu yang tempuh dari saat sinyal ultrasonik dipancarkan hingga Kembali. Perlu diketahui bahwa kecepatan suara adalah 343m/s. Prinsip pengiriman sinyal oleh Trig dan penerima oleh Echo seperti berikut:

- a. Trig harus dalam keadaan HIGH paling tidak selama 10 mikrodetik
- b. Modul ultrasonik akan mengirimkan gelombang kotak dengan frekuensi 40KHz
- c. Gelombang yang dikirim tersebut akan dipantau sendirinya oleh modul ultrasonik.

Dalam hal ini, waktu yang digunakan saat pengiriman sinyal hingga diterima balik adalah T. Pada waktu itulah pin Echo akan berada dalam keadaan HIGH. Waktu T ini dapat diperoleh dengan memberikan perintah di Arduino.

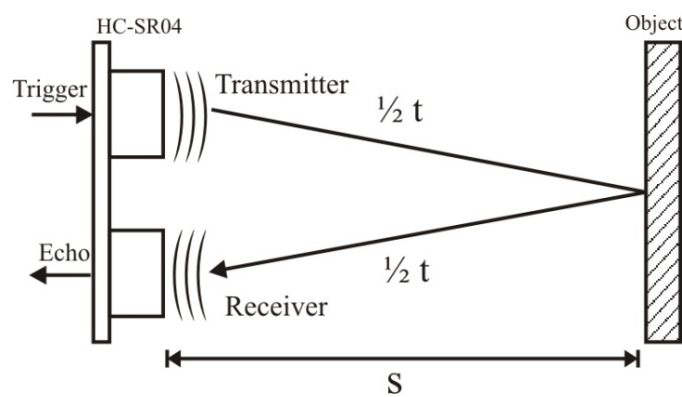
$$T = \text{pulseIn}(\text{PIN_ECHO}, \text{HIGH});$$

- d. Karena T telah diperoleh, jarak dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1)

Pembagi 2 diperlukan karena T adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh sensor ke objek dan dari objek ke sensor. Dengan nilai kecepatan suara sebesar 343 m/s atau 343000 cm/s sehingga jarak dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan [8]:

$$\text{Jarak} = 343000 \times \left(\frac{T}{10^{-6}}\right) / 2 \text{ cm} = 0,0343 \times T / 2 \text{ cm} \dots\dots\dots(2.2)$$

Gambar 2.5 menunjukkan bagaimana ilustrasi sensor ultrasonik bekerja, mulai sinyal dikirim oleh pin Trig sampai diterima kembali oleh pin Echo [8].



Gambar 2. 5 Ilustrasi Cara Kerja Sensor Ultrasonik

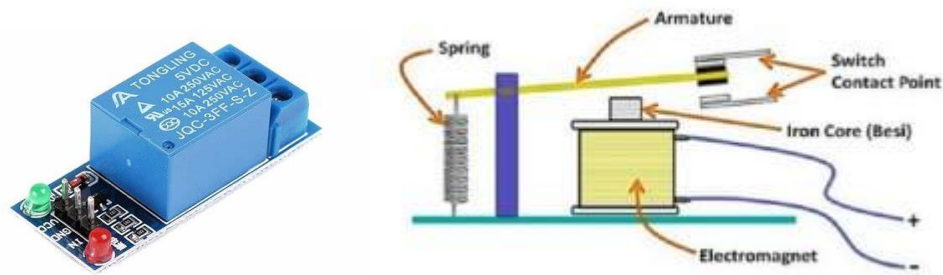
Tabel 2.3 Karakteristik Sensor Ultrasonik [9]

<i>Electrical Parameters</i>	HC-SR04 Ultrasonik Module
<i>Operating Voltage</i>	5VDC
<i>Operating Current</i>	15Ma
<i>Operating Frequency</i>	40KHz
<i>Farthest Range</i>	4m
<i>Nearest Range</i>	2cm
<i>Measuring Angel</i>	15°
<i>Input Trigger Signal</i>	10us min. TTL Pulse
<i>Output Echo Signal</i>	TTL Level Signal, Proportional to Distance
<i>Board Dimensions</i>	45mm x 20mm x 15mm
<i>Board Connections</i>	4 X 0.1" Pitch Right Angle Header Pins

2.5. Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. Relay memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju ini,

kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka. Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply*. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet relay terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Bagian utama relay elektro mekanik adalah sebagai berikut. Kumparan elektromagnet saklar atau kontaktor *Swing Armatur Spring* (Pegas). Tampilan relay dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2. 6 Bentuk Fisik Relay

Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu:

1. Elektromagnet (*coil*)
2. *Armature*
3. Saklar (*Switch Contact Point*)
4. *Spring*

Prinsip kerja relay yaitu, ketika Besi (*Iron Core*) dililit oleh kumparan elektromagnetik yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* dialiri arus listrik, maka akan muncul gaya elektromagnetik yang menarik *armature* sehingga dapat berpindah dari posisi sebelumnya tertutup atau *Normally Close* (NC) menjadi posisi terbuka atau *Normally Open* (NO).

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Rangkaian penggerak relay dapat dilihat pada gambar 2.6. Diantara aplikasi relay yang dapat ditemui diantaranya adalah: Relay sebagai kontrol *ON/OFF* beban dengan tegangan sumber berbeda. Relay sebagai selektor atau

pemilih hubungan. Relay sebagai eksekutor rangkaian *delay* (tunda). Relay sebagai protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu [10].

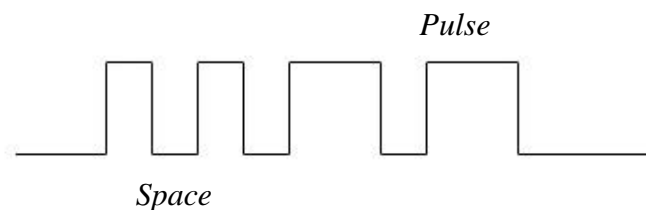
2.6. *Infrared Remote Control*

Inframerah adalah radiasi gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang yang lebih panjang dari tampak tetapi lebih rendah dari radiasi gelombang radio. Panjang gelombang dari inframerah berkisar antara 700 nm hingga 1 mm. Berdasarkan daerah panjang gelombangnya, inframerah dibedakan menjadi tiga daerah, yaitu:

- Inframerah jarak dekat dengan panjang gelombang 0,75 – 1,5 μm
- Inframerah jarak menengah daerah panjang gelombang 1,5 – 10 μm
- Inframerah jarak jauh dengan panjang gelombang 10 – 100.

2.6.1. Pengiriman Data Inframerah

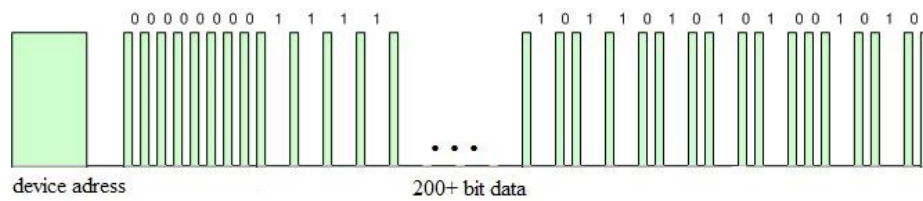
Penggunaan inframerah sebagai kontrol sering digunakan pada *remote control* perangkat seperti AC, televisi, VCD, dan lain-lain. Pada komputer dan ponsel, dukungan inframerah digunakan untuk mengirim data dengan protokol terpisah, yaitu protokol irDA. *Remote control* digunakan untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh. Semua *remote control* menggunakan transmisi inframerah yang memiliki sinyal pembawa dengan frekuensi tertentu, yaitu dari 30 KHz sampai 40 KHz.



Gambar 2. 7 *Pulse* dan *Space* Pada Transmisi Sinyal Inframerah

Dalam transmisi inframerah ada dua istilah yang sangat penting, yaitu *space* yang berarti tidak ada sinyal pembawa dan *pulse* berarti ada sinyal pembawa. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.7. Setiap tombol pada *remote control* memiliki data yang berbeda saat dikirimkan. Pada AC, data yang dikirim dengan menekan tombol pada *remote control* dapat mengatur semua kondisi pada AC mulai dari suhu, kecepatan kipas, *mode* AC serta *timer*. sehingga data yang dikembalikan membutuhkan waktu

lama. Data yang dikirim adalah *string* data *biner*. Gambar 2.8 menunjukkan data yang dikirim saat tombol *remote control* AC ditekan.



Gambar 2. 8 Data yang dikirimkan ketika menekan tombol pada *remote control* pendingin ruangan.

Setiap AC memiliki *device address* yang berbeda-beda tergantung pada jenis yang digunakan AC. Bit data dikirimkan diawali oleh *device address* dari AC dan diikuti oleh bit data yang sangat panjang dari setiap kondisi pendingin ruangan mulai dari besar temperatur, kecepatan kipas dan *timer*. *Device address* merupakan kode awal yang dimiliki oleh masing-masing pendingin ruangan. Untuk bit 0 dan bit 1 juga berbeda-beda tergantung pada jenis pendingin ruangan, perbedaan pada bit 0 dan 1 terletak pada panjang dari *space* [11].

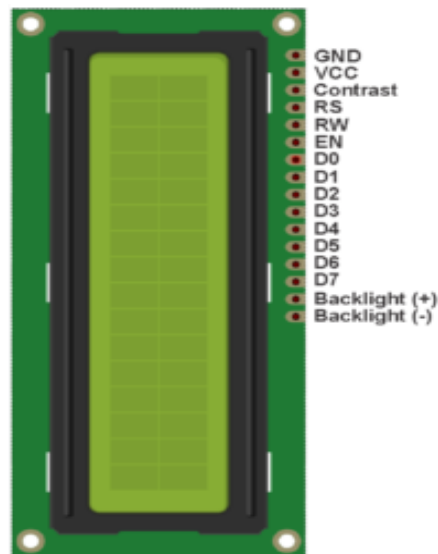
2.6.2. Remote Control Pendingin Ruangan

Remote control pendingin ruangan adalah alat untuk mengatur unit AC sesuai dengan kebutuhan. Terdapat bagian-bagian dari *remote control* pendingin ruangan seperti transmitter LED, *button pad*, *button contacts* dan sirkuit terpadu (IC). Transmitter berupa LED inframerah merupakan bagian dari *remote control* pendingin ruangan yang memiliki fungsi untuk mengirimkan data menuju ke *receiver* pada pendingin ruangan. *Button contacts* pada papan sirkuit *remote control* menjadi aktif saat *button pad remote control* ditekan. Ketika *button pad* ditekan dan menyentuh *button contacts*, maka arus akan mengalir pada *button contacts* dan data sesuai dengan letak *button contacts* akan dikirimkan melalui transmitter LED [12].

2.7. Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu jenis *display* elektronik yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi

memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya *backlight*.



Gambar 2. 9 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD adalah:

- *Display Data Random Access Memory (DDRAM)* merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- *Character Generator Random Access Memory (CGRAM)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah sesuai dengan keinginan.
- *Character Generator Read Only Memory (CGROM)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrik pembuat LCD tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM

Register *control* yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.

- Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya [13].

Fitur-Fitur LCD meliputi:

1. Tegangan operasi LCD ini adalah 4,7V-5,3V.
2. Terdapat 2 baris dimana setiap baris dapat menghasilkan 16 karakter.
3. Pemanfaatan arus adalah 1mA tanpa *backlight*.
4. Setiap karakter dapat dibangun dengan kotak 5 x 8 piksel.
5. Huruf dan angka LCD *alfanumerik*.
6. Tampilan ini dapat bekerja pada dua mode seperti 4-bit dan 8-bit.
7. Dapat diperoleh dalam *backlight* biru dan hijau.
8. Dapat menampilkan beberapa karakter yang dibuat khusus.

Pinout LCD 16 x 2 adalah:

1. Pin1 (*Ground / Source Pin*) adalah pin tampilan GND, digunakan untuk menghubungkan terminal GND unit mikrokontroler atau sumber daya.
2. Pin2 (*VCC / Source Pin*) adalah pin catu tegangan pada layar, digunakan untuk menghubungkan pin catu daya dari sumber listrik.
3. Pin3 (*V0 / VEE / Control Pin*) adalah pin untuk mengatur perbedaan tampilan, yang digunakan untuk menghubungkan POT yang dapat diubah yang dapat memasok 0 hingga 5V.
4. Pin4 (*Register Select / Control Pin*) adalah pin yang dapat berganti-ganti antara perintah atau data register, digunakan untuk menghubungkan pin unit mikrokontroler dan mendapatkan 0 atau 1 (0 = mode data, dan 1 = mode perintah).
5. Pin5 (Pin Baca / Tulis / Kontrol) adalah pin untuk mengaktifkan tampilan di antara operasi baca atau tulis, dan terhubung ke pin unit mikrokontroler untuk mendapatkan 0 atau 1 (0 = Operasi Tulis, dan 1 = Operasi Baca).
6. Pin 6 (Mengaktifkan / Mengontrol Pin) adalah pin yang harus dipegang tinggi untuk menjalankan proses Baca / Tulis, dan terhubung ke unit mikrokontroler & terus-menerus dipegang tinggi.

7. Pin 7-14 (Pin Data) adalah pin yang digunakan untuk mengirim data ke layar. Pin ini terhubung dalam mode dua-kawat seperti mode 4-kawat dan mode 8-kawat. Dalam mode 4-kawat, hanya empat pin yang terhubung ke unit mikrokontroler seperti 0 hingga 3, sedangkan dalam mode 8-kawat, 8-pin terhubung ke unit mikrokontroler seperti 0 hingga 7.
8. Pin15 (+ve pin LED) adalah pin yang terhubung ke +5V
9. Pin 16 (-ve pin LED) adalah pin yang terhubung ke GND.

2.8. Logika *Fuzzy*

Konsep tentang logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada 1962. Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, *embedded system*, jaringan PC, *multi-channel* atau *workstation* berbasis akuisisi data, dan sistem kontrol. Metodologi ini dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau kombinasi keduanya. Dalam logika klasik dinyatakan bahwa segala sesuatu bersifat *biner*, yang artinya adalah hanya mempunyai dua kemungkinan, “Ya atau Tidak”. Dengan demikian, semua ini dapat memiliki nilai keanggotaan 0 atau 1. Namun, dalam logika *fuzzy* kemungkinan nilai keanggotaan berada diantara 0 dan 1. Artinya, bisa saja suatu keadaan dapat mempunyai dua nilai “Ya dan Tidak” secara bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya [14].

2.8.1. Operasi Himpunan *Fuzzy*

Operasi himpunan *fuzzy* diperlukan untuk proses inferensi. Dalam hal ini yang dioperasikan adalah derajat keanggotaannya. Derajat keanggotaan yang dihasilkan dari operasi dua buah himpunan *fuzzy* disebut sebagai *fire strength* atau α predikat.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.
2. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
3. Semesta pembicaraan adalah himpunan nilai yang diizinkan untuk beroperasi dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan

real yang senantiasa naik (meningkat) dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif atau negatif. Terkadang nilai semesta pembicaraan ini tidak terbatas pada batas atasnya.

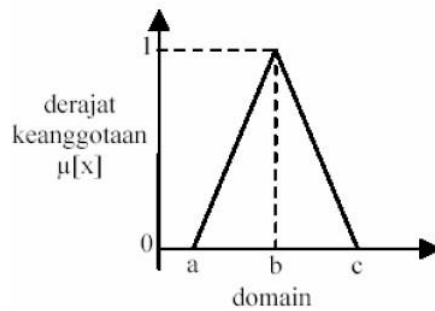
4. Domain himpunan *fuzzy* merupakan keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, *domain* adalah himpunan bilangan *real* yang terus meningkat (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain bisa berupa bilangan positif dan negatif.

2.8.2. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah grafik yang menyatakan derajat keanggotaan setiap variabel input antara 0 dan 1. Derajat keanggotaan suatu variabel x dilambangkan dengan simbol $\mu(x)$. Aturan menggunakan nilai keanggotaan sebagai faktor bobot dapat berpengaruh ketika melakukan inferensi untuk mencapai suatu kesimpulan.

Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan antara lain:

1. Representasi Linier, pada representasi linier pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Pada representasi Kurva Segitiga, Kurva segitiga pada dasarnya adalah gabungan antara dua garis lurus.



Gambar 2. 10. Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga adalah:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

Nilai minimum dan maximum fungsi keanggotaan dapat ditentukan oleh rumus dibawah ini.

$$\mu(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

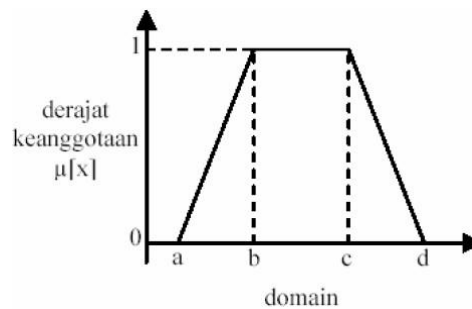
a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

2. Representasi Kurva Trapesium, Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapezium dapat dilihat pada Gambar 2. 11.



Gambar 2. 11. Representasi Kurva Trapesium.

Representasi kurva trapezium adalah:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; c \leq x \leq d \end{cases} \dots\dots\dots (2.5)$$

Nilai minimum dan maximum fungsi keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\mu(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu.

d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol.

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*.

2.8.3. Operator Dasar *Fuzzy*

Pada logika *fuzzy*, terdapat beberapa operasi yang diartikan secara khusus untuk memodifikasi serta mengkombinasikan himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan dari dua operasi disebut α -predikat. Terdapat tiga operator dasar yaitu:

1. Operator *AND*

Operator ini berhubungan dengan operasi interaksi pada himpunan. Operator *AND* adalah operator yang mengambil nilai dari keanggotaan terkecil antara dua himpunan yang bersangkutan.

$$\mu A \cap B = \min(\mu A(x), \mu B(x)) \dots\dots\dots (2.7)$$

2. Operator *OR*

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. Operator *OR* adalah operator yang mengambil nilai dari keanggotaan terbesar antara dua himpunan yang bersangkutan.

$$\mu A \cup B = \max(\mu A(x), \mu B(y)) \dots\dots\dots (2.8)$$

3. Operator *NOT*

Operator ini berhubungan dengan operasi negasi pada himpunan. Operator *NOT* adalah operator yang mengambil nilai dari keanggotaan pada himpunan yang bersangkutan dari 1 [15].

$$\mu A' = 1 - \mu A[x] \dots\dots\dots (2.9)$$

2.8.4. Logika *Fuzzy Mamdani*

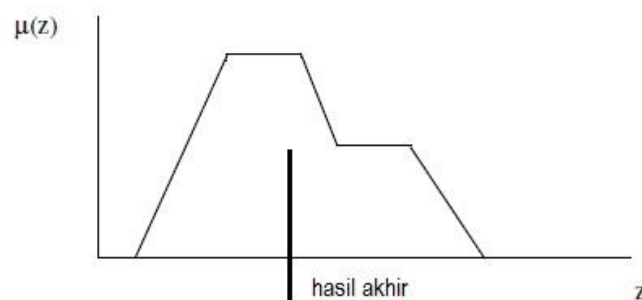
Metode Mamdani paling sering digunakan dalam aplikasi-aplikasi karena strukturnya yang sederhana, yaitu menggunakan operasi *MIN-MAX* atau *MAX-PRODUCT*. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan empat tahapan berikut:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*. Pada proses fuzzifikasi langkah yang pertama adalah menentukan variabel *fuzzy* dan himpunan *fuzzy* nya. Kemudian tentukan derajat kesepadanan (*degree of match*) antara data masukan *fuzzy* dengan himpunan *fuzzy* yang telah didefinisikan untuk setiap variabel masukan sistem dari setiap aturan *fuzzy*. Pada metode mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi pada metode mamdani. Fungsi implikasi yang digunakan adalah min. Lakukan implikasi *fuzzy* berdasar pada kuat penyulutan dan himpunan *fuzzy* terdefinisi untuk setiap variabel keluaran di dalam bagian konsekuensi dari setiap aturan. Hasil implikasi *fuzzy* dari setiap aturan ini kemudian digabungkan untuk menghasilkan keluaran inferensi *fuzzy*.
3. Komposisi Aturan. Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka infrensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: max, *additive* dan probabilistik OR.
4. Penegasan (*defuzzy*). *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

2.8.5. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dapat didefinisikan sebagai proses pengubahan besaran *fuzzy* dimana input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy* dan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut atau mendapatkan kembali nilai tegas (*crisp*). Salah satu metode defuzzifikasi pada komposisi aturan mamdani adalah metode *centroid*. Pada metode *centroid* nilai *crisp* diperoleh dengan menghitung pusat gravitasi dari daerah *agregasi* [16].



Gambar 2. 12 Metode Defuzzifikasi *Centroid*

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Sedangkan waktu penelitian tugas akhir ini dimulai dari bulan November 2021 sampai dengan bulan Desember 2022.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1. Spesifikasi Alat dan Bahan

No	Alat dan bahan	Fungsi
1	Arduino UNO R3	Mikroprosesor
2	Modul Relay	<i>Switch Pengatur Remote Control AC Universal</i>
3	Sensor Ultrasonik	Pendeteksi Orang
5	Modul SD Card	Penyimpanan Data
4	<i>Remote AC Universal</i>	Pengatur suhu kerja AC
5	LCD	Tampilan suhu kerja AC dan jumlah orang dalam ruangan
6	Laptop <i>Acer Aspire A315-42</i>	Merancang <i>hardware</i>

3.3. Tahapan Penelitian

Dalam tugas akhir ini masalah yang dihadapi adalah bagaimana membuat sistem pengendali temperatur *Air Conditioning* (AC) berdasarkan jumlah orang dalam ruangan menggunakan metode *fuzzy* dengan Arduino UNO R3 berbasis Atmega 328P. Maka untuk menyelesaikan masalah ini akan melalui beberapa langkah, di antaranya sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mempelajari dan mengumpulkan literatur mengenai perancangan pembuatan alat beserta memahami karakteristik alat dan bahan yang akan digunakan. Literatur tersebut berasal dari beberapa sumber, seperti buku, dan jurnal ilmiah.

2. Perancangan *Hardware* dan *Software*

Pada tahap ini, penulis melakukan perancangan *hardware* dan *software* dalam menyelesaikan Rancang Bangun Sistem Pengendali *Air Conditioning* (AC) Berdasarkan Jumlah Orang Dalam Ruangan Menggunakan Metode *Fuzzy* Dengan Arduino UNO R3 Berbasis Atmega 328P sesuai dengan tujuan penelitian.

3. Pengambilan dan Pengolahan Data

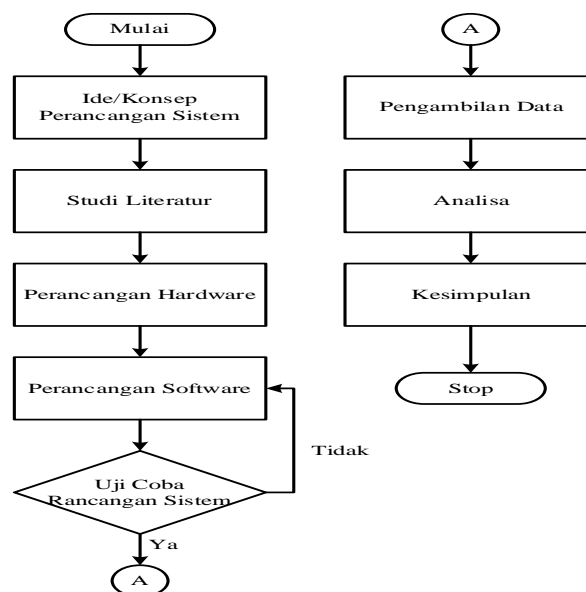
Pada tahap ini, pengambilan dan pengolahan data dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat. Data yang didapatkan disesuaikan dengan tujuan sehingga data yang terukur sudah *valid*.

4. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, penulis menyajikan hasil dari penelitian dalam bentuk laporan akhir. Hasil penelitian ini adalah berjalannya alat yang dibuat dan didapatkan hasil pengukuran suhu yang diharapkan. Laporan ini digunakan sebagai bentuk tanggung jawab penulis terhadap tugas akhir yang telah dilakukan dan digunakan untuk melakukan seminar akhir

3.4. Diagram Alir Penelitian

Pada diagram alir akan menggambarkan prosedur penelitian ini yang tujuannya agar memperjelas serta mempermudah langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Pada Gambar berikut:

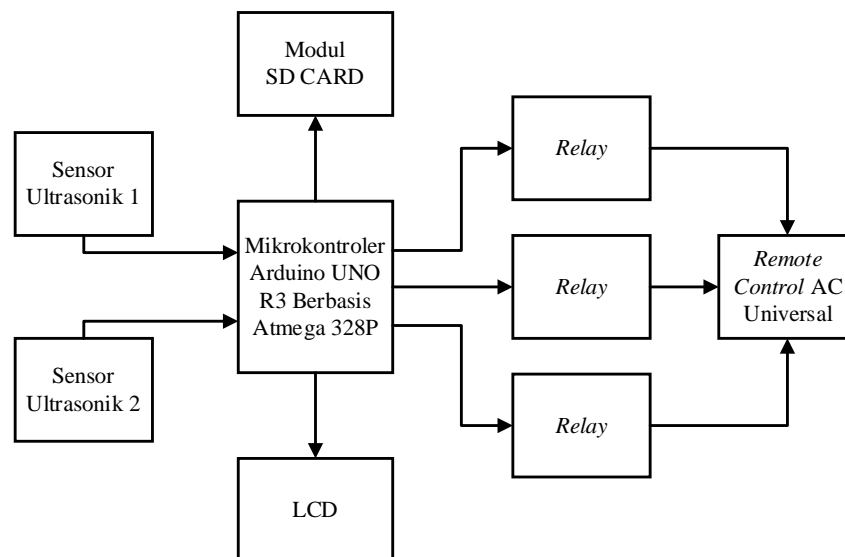


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa penelitian ini dimulai dengan studi literatur sebagai bahan acuan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya. Kemudian berlanjut menuju tahap Perancangan *hardware* dan *software*. Kemudian Uji Coba Perancangan sistem jika sistem yang dirancang sudah memenuhi spesifikasi maka dapat dilakukan pengambilan data. Jika pengujian sistem dengan berbagai parameter yang telah ditentukan sebelumnya berhasil maka selanjutnya akan dilakukan analisa dan menentukan kesimpulan yang didapat dari Analisa data.

3.5. Diagram Blok

Tahapan yang dilakukan dalam sistem untuk mengakses sistem Pengendali Temperatur *Air Conditioning* (AC) Berdasarkan Jumlah Orang Dalam Ruangan dapat direpresentasikan dalam diagram blok seperti pada gambar 3.2. berikut ini

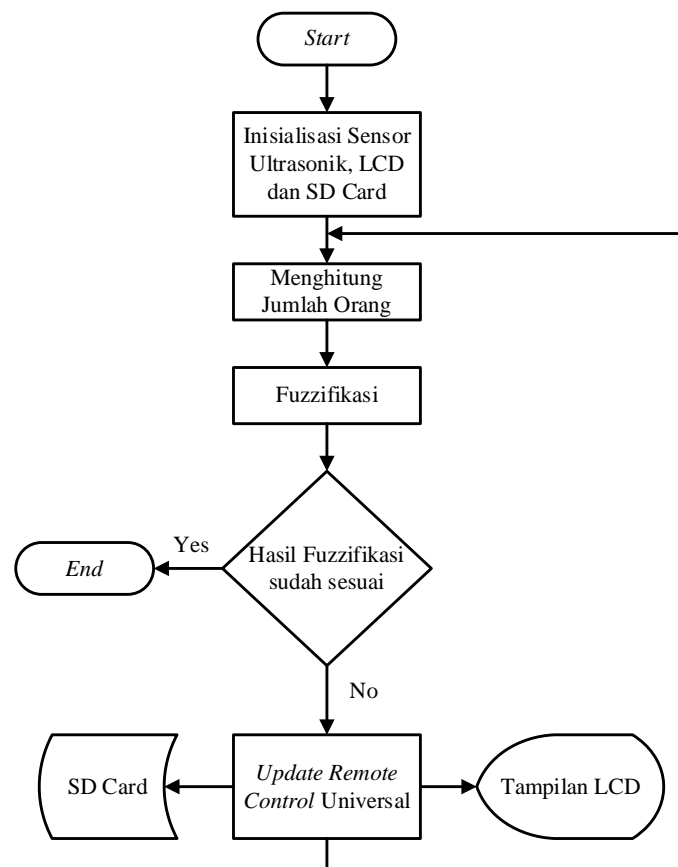


Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem

Seperti terlihat pada gambar 3.2. tentang diagram blok untuk mengakses sistem pengendali temperatur AC berdasarkan jumlah orang dalam ruangan. Sensor Ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi orang yang akan memasuki ruangan, cara kerja sensor ini dapat mendeteksi apakah ada orang yang masuk atau tidak adalah saat sensor ultrasonik 1 mendeteksi ada orang kemudian orang tersebut terdeteksi juga oleh sensor ultrasonik 2 maka orang yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik ini dinyatakan berada dalam ruangan. Begitu pula sebaliknya saat sensor ultrasonik 2 mendeteksi

adanya orang kemudian orang tersebut terdeteksi oleh sensor ultrasonik 1 maka orang tersebut dinyatakan keluar ruangan. Kemudian data dari orang yang terdeteksi akan masuk ke Mikrokontroler Arduino UNO R3 berbasis Atmega 328P, di dalam mikrokontroler ini terdapat penggolongan suhu AC yang akan di set berdasarkan jumlah orang dalam ruangan. Apabila golongan sudah ditentukan maka mikrokontroler akan memberi perintah kepada relay 3 *channel* dimana *channel* 1 berfungsi untuk menghidup dan mematikan AC, *channel* 2 berfungsi untuk menaikkan suhu kerja AC dan *channel* 3 berfungsi untuk menurunkan suhu kerja AC. Setelah *remote control AC universal* di-update maka *remote control AC universal* akan memberikan sinyal ke AC untuk merubah suhu kerja pada AC. Serta terdapat tampilan pada LCD berupa suhu kerja AC dan jumlah orang dalam ruangan.

3.6. Diagram Alir Sistem

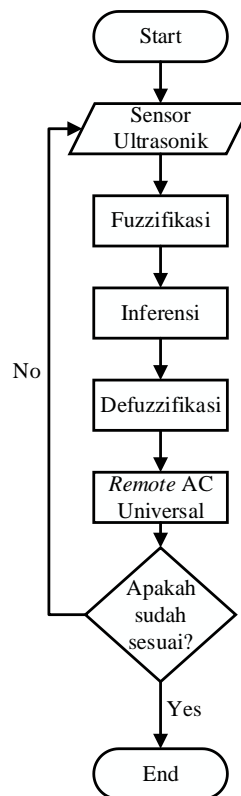


Gambar 3. 3 Diagram Alir Sistem

Pada diagram alir sistem dapat dilihat, *Start* untuk memulai selanjutnya sensor ultrasonik, LCD dan modul SD card akan dihidupkan, kemudian sensor ultrasonik

akan mengambil *input* berupa jumlah pengunjung. Proses fuzzifikasi adalah proses dimana nilai *input* diubah menjadi nilai tegas dan didapatkan hasil dari fuzzifikasi apabila sudah sesuai dengan aturan yang dibuat maka sistem akan dihentikan. Saat nilai hasil fuzzifikasi belum sesuai dengan aturan yang dibuat maka *remote control* AC akan mengubah suhu kerja pada AC dengan menggunakan relay dan jumlah orang serta suhu kerja AC akan ditampilkan pada LCD dan data akan disimpan di dalam SD Card agar mempermudah dalam pemantauan dan pengolahan data. Kemudian menghitung jumlah orang lagi sehingga sesuai dengan hasil fuzzifikasi yang ditentukan. Berikut merupakan diagram alir perancangan model sistem secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Gambar 3.3

3.7. Diagram Alir Sistem *Fuzzy Logic*

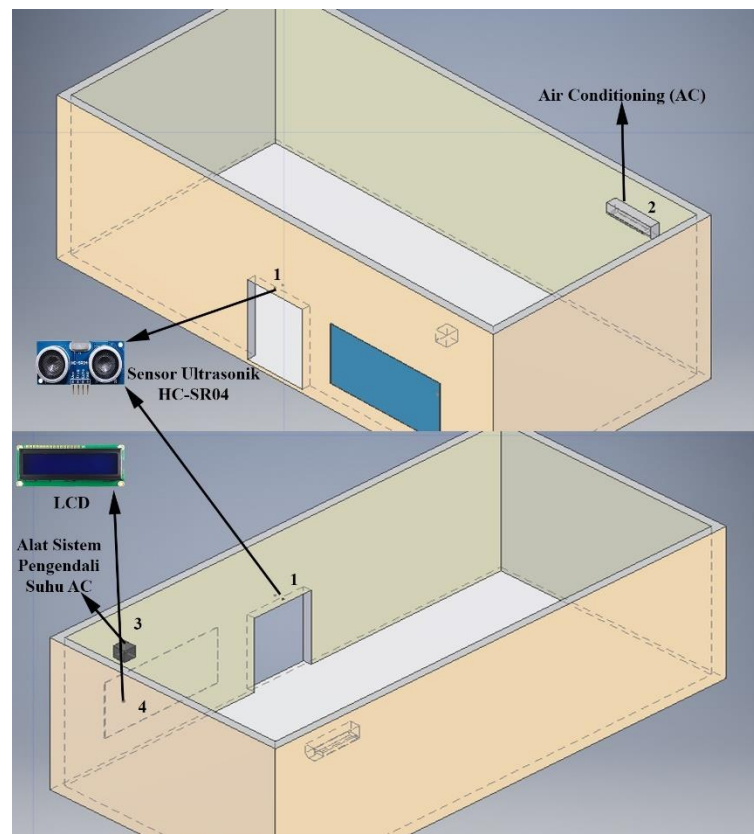


Gambar 3. 4 Diagram Alir *Fuzzy Logic*

Pada diagram sistem *fuzzy logic* pada start dilanjutkan dengan pembacaan sensor ultrasonik untuk menghitung jumlah orang dalam ruangan dan luas ruangan akan digunakan sebagai variabel input. Dengan himpunan dari jumlah orang adalah sedikit, sedang, dan banyak sedangkan himpunan dari luas ruangan adalah luas dalam

dan luas luar. Sedangkan variabel *output*-nya adalah suhu kerja AC. Proses inferensi merupakan kumpulan dari aturan yang dibuat untuk menentukan *output* dari sistem *fuzzy*. Defuzzifikasi adalah proses penentuan *output* yang akan dipilih berdasarkan aturan yang telah dibuat. Jika sudah nilai defuzzifikasi sudah diketahui maka *remote AC universal* akan mengubah suhu kerja AC berdasarkan hasil dari defuzzifikasi. Diagram alir sistem *fuzzy logic* dapat dilihat pada Gambar 3.4

3.8 Denah Penempatan Alat



Gambar 3. 5 Desain Alat

Pada gambar 3.5 merupakan desain perangkat pada ruangan yang sudah dilengkapi dengan AC yang ditunjukkan pada nomor 2 serta terdapat Alat Sistem Pengatur Temperatur AC seperti di gambar pada nomor 3 yang berada di dinding depan AC, yang mana Alat Sistem Pengatur Temperatur AC Alat Sistem Pengatur Temperatur AC ini berisikan *remote control AC universal*, Mikrokontroler, Relay serta catu daya. Untuk sensor ultrasonik diletakan di bagian atas depan pintu yang ditunjukkan pada nomor 1 serta di dalam pintu yang berfungsi untuk mendeteksi adanya gerakan orang

yang masuk ke dalam ruangan. Lalu LCD diletakan pada nomor 4 di bawah Alat Sistem Pengatur Temperatur AC dengan tinggi sebahu orang dewasa agar dapat dengan mudah melihat tampilan suhu dan berapa banyak orang yang terdapat pada ruangan tersebut.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Terealisasinya sistem pengendali temperatur *Air Conditioning* (AC) berdasarkan jumlah orang dalam ruangan menggunakan kontrol logika *fuzzy* dengan Arduino UNO berbasis Atmega 328P.
2. Hasil pengukuran pada penelitian ini untuk ruangan dengan luas 410m² memiliki presentase keakuratan sebesar 98,84% dan untuk ruangan dengan luas 100m² memiliki presentase keakuratan sebesar 99,06%.
3. Hasil pengukuran pada alat menunjukkan bahwa saat orang berjumlah 1 sampai 8 suhu akan masuk ke dalam himpunan panas, kemudian saat orang berjumlah 9 sampai 22 suhu akan masuk ke dalam himpunan sedang, dan saat orang berjumlah 23 sampai dengan 30 suhu akan masuk ke dalam himpunan dingin.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan, maka dapat diambil saran sebagai berikut:

1. Menggunakan *Internet Of Things* untuk memudahkan dalam memonitoring jumlah pengunjung serta suhu kerja AC.
2. Menggunakan metode *fuzzy logic* Tsukamoto dan Sugeno pada penelitian selanjutnya sebagai pembandingan untuk mengetahui metode mana yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Units and calculators explained British thermal units (Btu)," U.S. Energy Information Administration, 13 Mei 2021. [Online]. Available: <https://www.eia.gov/energyexplained/units-and-calculators/british-thermal-units.php>. [Accessed 4 September 2021].
- [2] G. Yanto, "LOGIKA FUZZY UNTUK KENDALI SUHU RUANGAN PADA AIR CONDITIONER (AC) DI RUANG DOSEN STMIK INDONESIA PADANG," *FISITEK: Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 23-32, 2017.
- [3] M. N. D. B. Rendra and A. D. Y. Anggara, "IMPLEMENTASI IOT UNTUK SISTEM KENDALI AC OTOMATIS PADA RUANG KELAS DI UNIVERSITAS SERANG RAYA," *Jurnal PROSISKO*, vol. 6, no. 1, pp. 69-72, 2019.
- [4] M. Pineng and Silka, "SISTEM CERDAS PENGATUR SUHU SECARA OTOMATIS SEBAGAI ALTERNATIF PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK," *Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, pp. 18-22, 2018.
- [5] M. R. Fauzi and H. Mukhtar, "Rancang Bangun Sistem Pengaturan Temperatur Ruangan Menggunakan Sensor DHT11 Berbasis Mikrokontroler Arduino," *1 th Celscitech-UMRI 2016*, vol. 1, pp. 122-126, 2016.
- [6] K. D. KW,ST and Z. Novardi, "PENERAPAN INFERENSI FUZZY UNTUK KENDALI SUHU RUANGAN PADA PENDINGIN RUANGAN (AC)," *Seminar Nasional Informatika 2010 (semnasIF 2010)*, pp. 22-27, 2010.
- [7] P. Handoko, "SISTEM KENDALI PERANGKAT ELEKTRONIKA MONOLITIK BERBASIS ARDUINO UNO R3," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*, pp. 1-11, 2017.
- [8] D. A. Bohn, "Environmental Effect on the Speed of Sound," *Journal Audio Engineering*, vol. No. 4, p. 36, 1988.
- [9] H. Purwanto, M. Riyandi, D. W. w. Astuti and I. W. A. W. Kusuma, "Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan JSN-SR04T Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air," *SISMETRIS*, vol. 10, pp. 718-719, 2019.
- [10] E. J. Morgan, "HC-SR04 Ultrasonik Sensor," *DataSheet*, p. 2, 2014.
- [11] D. A. O. Turang, "Pengembangan Sistem Relay Pengendalian dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile," *Seminar Nasional Informatika Yogyakarta*, 2015.
- [12] "Infra Merah : Teori Infra Merah & Prinsip Kerja Infra Merah," *Elektronika Digital*, 10 Mei 2015. [Online]. Available: <http://zoniaelektro.net/infra-merah-media-komunikasi-cahaya/>. [Accessed 4 September 2021].
- [13] I. G. B. P. Raditya, RANCANG BANGUN SISTEM PENGATUR TEMPERATUR KERJA PENDINGIN RUANGAN MENGGUNAKAN

KONTROL LOGIKA FUZZY DENGAN RASPBERRY PI, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017 .

- [14] Y. P. Tanjung, "Rancang Bangun Alat Pengering Rumput Laut Berdasarkan Perubahan Massa Berbasis ATMEGA 8535," Medan, Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [15] T.Sutojo, E. Mulyanto and V. Suhartono, Kecerdasan Buatan, Yogyakarta: Andi Offset, 2011.
- [16] A. J. Rindengan and Y. A. R. Langi, Sistem Fuzzy, Bandung: CV. Patra Media Grafindo.
- [17] R. Munir, Sistem Inferensi Fuzzy, Bandung: Teknik Informatika STEI ITB, 2014.